

"مجله علوم زراعی ایران"
جلد دوم، شماره ۳، ۱۳۷۹

تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های گندم بهاره از نظر انباشت ماده خشک و نیتروژن در دانه در شرایط مطلوب و تنش خشکی بعد از گرده افشانی II - عملکرد پروتئین و صفات وابسته به آن*

Genetic variation for dry matter and nitrogen accumulation in grain of spring wheat genotypes under optimum and post - anthesis drought stress conditions. II - Protein yield and related traits.

احمد نادری^۱، عبدالمجید رضائی^۲، ابوالحسن هاشمی دزفولی^۳، قربان نورمحمدی^۴ و اسلام مجیدی هروان^۵

چکیده

به منظور بررسی تنوع ژنتیکی و مطالعه تغییرات عملکرد پروتئین و صفات وابسته به آن در دانه ژنوتیپ‌های گندم بهاره در شرایط مطلوب و تنش خشکی بعد از گرده افشانی، شانزده ژنوتیپ گندم (چهار ژنوتیپ گندم دوروم و دوازده ژنوتیپ گندم نان) در دو آزمایش جداگانه، هر یک در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۷۸-۱۳۷۷ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اهواز مورد ارزیابی قرار گرفتند. در یک آزمایش، آبیاری‌ها تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی بر اساس نیاز گیاه انجام شد، در حالی که در آزمایش دیگر، آخرین آبیاری در حدود یک هفته قبل از گرده افشانی صورت گرفت. نتایج نشان داد که اثر محیط فقط برای شاخص برداشت معادل گلوکز در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. تفاوت ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد پروتئین دانه، پروتئین کاه، شاخص برداشت نیتروژن، عملکرد پروتئین کل، شاخص غلظت پروتئین، نسبت پروتئین دانه به پروتئین کاه و شاخص برداشت معادل گلوکز در سطح ۱٪ و برای غلظت پروتئین دانه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. ژنوتیپ‌های دوروم از شاخص برداشت نیتروژن بالاتری برخوردار بودند، اما به دلیل عملکرد دانه کمتر، بیشترین عملکرد پروتئین دانه، از ژنوتیپ‌های نان به دست آمد. بجز شاخص برداشت نیتروژن در شرایط تنش، تفاوت ضرایب تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های گندم دوروم و نان برای کلیه صفات مورد مطالعه در هر دو شرایط محیطی این تحقیق در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. تفاوت در سهم صفات مؤثر در مدل رگرسیون چندگانه عملکرد پروتئین دانه، نشان دهنده وجود مکانیسم‌های سازگاری یا عکس العمل متفاوت ژنوتیپ‌های مختلف گندم نسبت به تغییرات شرایط محیطی است.

واژه‌های کلیدی: عملکرد پروتئین، گندم، شاخص برداشت نیتروژن، رگرسیون چندگانه.

خصوصیات کیفی آن از جمله اهداف اصلی در برنامه‌های به
نژادی بشمار می‌رود. به دلیل همبستگی غالباً منفی عملکرد دانه
و درصد نیتروژن با پروتئین آن، دست یابی به ژنوتیپ‌هایی با

تاریخ پذیرش: ۱۳۷۹/۱۰/۲۲

مقدمه

معرفی ژنوتیپ‌های نیمه پاکوتاه، تحول شگرفی در تولید
دانه گندم بوجود آورد. به موازات افزایش عملکرد دانه، بهبود

تاریخ دریافت: ۱۳۷۹/۲/۴

* این مقاله بخشی از تحقیق رساله دکتری نگارنده اول در گروه تخصصی زراعت واحد علوم و تحقیقات است.

۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ به ترتیب عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی خوزستان، استاد دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشیار دانشگاه شهید چمران اهواز، استاد واحد علوم و تحقیقات تهران و استاد پژوهش مؤسسه تحقیقات بیوتکنولوژی کشاورزی.

VanSanford and Mackown, 1987; Loffler et al., 1985) مقدار پروتئین دانه گندم را می‌توان همانند یک صفحه مرکب تصور نمود که ابعاد آن تحت تأثیر عوامل محیطی تغییر می‌کند. عواملی نظیر مقدار جذب و سرعت متابولیسم نیتروژن، سرعت رشد دانه و ارتباط آن با میزان درخواست ترکیبات نیتروژنه و همچنین حرکت مواد حاصل از متابولیسم نیتروژن و یا از اندام‌های رویشی به دانه از جمله مهم‌ترین عوامل مؤثر در تغییر ابعاد صفحه مرکب موصوف هستند (Beninat and Bush, 1992). یکی از بزرگ‌ترین موانع در پیشبرد و معرفی ژنوتیپ‌های گندم با مقدار یا درصد نیتروژن دانه بالا، اثرات متقابل شدید اجزاء و عوامل مذکور با محیط است (May et al., 1991; Dhugga and Waines, 1991).

یکی از مهم‌ترین علل فیزیولوژیکی همبستگی منفی بین عملکرد دانه و درصد پروتئین گندم، نسبت بالای هزینه انرژی برای متابولیسم، انباشت و انتقال نیتروژن به دانه در مقایسه با انباشت کربوهیدرات است (Cox et al., 1986). سایر علل فیزیولوژیکی برای همبستگی منفی بین میزان ماده خشک و نیتروژن دانه گندم به خوبی شناخته نشده است (Beninati and Bush, 1992). ارزیابی همه جانبه عملکرد پروتئین و اجزاء آن، امکان دست یابی به صفات مؤثر و استفاده از آن‌ها را در برنامه‌های به نژادی فراهم می‌سازد. شناخت صفات مؤثر بر عملکرد پروتئین یا نسبت نیتروژن دانه، بخصوص در شرایط محیط‌های دشوار از جمله تنش خشکی بعد از گرده افشانی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا در چنین شرایطی به علت پیری برگ‌ها و کاهش سطح پشتیبانی‌کننده گیاه برای متابولیسم مواد و انباشت آن‌ها در دانه، عملکرد به شدت کاهش می‌یابد.

هدف از این تحقیق، ارزیابی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های گندم بهاره از نظر انباشت نیتروژن در دانه و بررسی عملکرد پروتئین و صفات وابسته به آن در شرایط محیطی مطلوب و تنش خشکی بعد از گرده افشانی است.

مواد و روش‌ها

شانزده ژنوتیپ گندم بهاره (چهار ژنوتیپ گندم دوروم و

عملکرد دانه بالا و درصد نیتروژن یا پروتئین زیاد، تاکنون قرین موفقیت نبوده است. (Beninati and Busch, 1992; Cox et al., 1985).

درصد نیتروژن یا پروتئین از خصوصیات مهم کیفی دانه گندم محسوب می‌شود. یک روش انتخاب برای ژنوتیپ‌هایی با حفظ خصوصیات کیفی آن‌ها در شرایط محیطی متنوع، انتخاب ژنوتیپ‌هایی است که واریانس تغییرات پروتئین و همچنین عملکرد پروتئین دانه آن‌ها در شرایط مذکور معنی دار نباشد، چنین ژنوتیپ‌هایی از نظر متابولیسم نیتروژن و انتقال آن به دانه کارا هستند (Cox et al., 1986).

مطالعه پویایی و روند انباشت نیتروژن در دانه ژنوتیپ‌های گندم و ارزیابی تنوع ژنتیکی آن‌ها نیازمند اطلاعات پایه در مورد چگونگی ذخیره این مواد در اندام‌های رویشی و حرکت آن‌ها به سمت دانه است. تأمین مواد نیتروژنه از جمله اسیدهای آمینه یا سایر ترکیبات پروتئینی از متابولیسم جاری گیاه اهمیت ویژه دارد، اما در شرایط محیط‌های دشوار که ممکن است متابولیسم جاری گیاه یا سایر فرایندهای متأثر از شرایط محیطی دچار نقصان گردد، نقش انتقال و انتقال مجدد مواد نیتروژنه انباشته شده در اندام‌های رویشی اهمیت ویژه یافته و می‌تواند به عنوان یک تعدیل‌کننده، کاهش انباشت این مواد در دانه، در اثر کاهش متابولیسم جاری را جبران نمایند (Flood et al., 1995).

در شرایط مطلوب، شاخص برداشت نیتروژن با مقدار نیتروژن گیاه در مرحله گرده افشانی ممکن است همبستگی مثبت داشته باشد، زیرا وجود نیتروژن بالا در گیاه در این مرحله می‌تواند از یک سو به عنوان شاخصی برای سازمان فتوسنتزکننده گیاه و از سوی دیگر به عنوان منبعی برای انتقال نیتروژن به دانه در فرآیند توزیع مجدد مورد ارزیابی قرار گیرد (McMullan et al., 1988). در شرایط محیط‌های دشوار که اندازه دانه به دلیل تعداد کمتر سلول‌های آندوسپرمی، کاهش می‌یابد (Nicolsa et al., 1985)، به سبب محدودیت در متابولیسم نیتروژن در گیاه و یا انتقال آن، مقادیر انباشت نیتروژن در دانه با مقدار آن در مرحله گرده افشانی همبستگی نشان نمی‌دهد (Gregory et al., 1981).

Straw Protein Concentration (SPC) = SNC × ۵۷

Grain Protein Yield (GPY) = Grain Yield GY × GPC

Straw Protein Yield (SPY) = Straw yield SY × SPC

Total Protein Yield (TPY) = GPY + SPY

Nitrogen Harvest Index (NHI) = (GPY/TPY) × ۱۰۰

(GPY/SPY Ratio) = (GPY/SPY) × ۱۰۰

Total Protein Concentration (TPC) = (TPY/BY Biological Yield) × ۱۰۰

Protein Concentration Index (PCI) = (GPC/TPC) × ۱۰۰

PCI = $\left[\frac{GPY/GY}{TPY/BY}\right] \times 100 = \left[\frac{GPY \times BY}{TPY \times GY}\right] \times 100$

با توجه به نتایج تحقیقات بنیناتی و بوش

(Beninati and Bush, 1992) که مقدار انباشت کربوهیدرات و

پروتئین به ازاء مصرف یک گرم گلوکز را به ترتیب ۰/۸۳ و

۰/۴ گرم ارزیابی نمودند، صفت شاخص برداشت معادل

گلوکز (GEHI) Glucose Equivalent Harvest Index

معرفی می‌شود. در این شاخص توانایی تولید هر ژنوتیپ بر

اساس مقدار گلوکز مصرف شده جهت انباشت کربوهیدرات و

پروتئین به صورت یک جا محاسبه شده و در نتیجه عملکرد

دانه و پروتئین ژنوتیپ با یک شاخص قابل ارزیابی است.

شاخص برداشت معادل گلوکز به صورت زیر محاسبه می‌شود:

GEHI = $\frac{\text{GYGE (Grain Yield Glucose Equivalent)}}{\text{BYGE (Biological Yield Glucose Equivalent)}} \times 100$

GEHI = $\left[\frac{(GY-GPY) \cdot \left(\frac{0.83}{0.4}\right) + (GPY) \cdot \left(\frac{0.4}{0.4}\right)}{(BY-TPY) \cdot \left(\frac{0.83}{0.4}\right) + (TPY) \cdot \left(\frac{0.4}{0.4}\right)}\right] \times 100 = \frac{40 \cdot GY + 44 \cdot GPY}{40 \cdot BY + 44 \cdot TPY}$

همبستگی ساده بین عملکرد پروتئین دانه با اجزاء آن برای

هر گروه از ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در هر یک از شرایط

محیطی و بر اساس داده‌های هر آزمایش و داده‌های هر دو

آزمایش محاسبه گردید.

تجزیه واریانس ساده داده‌ها در هر محیط و تجزیه مرکب

داده‌های به دست آمده از هر دو آزمایش انجام شد. برای تعیین

اجزاء مدل و سهم هر یک از آن‌ها در مدل تغییرات عملکرد

پروتئین دانه، تجزیه رگرسیون مرحله‌ای Stepwise regression

صورت گرفت. تجزیه کلاستر Cluster analysis برای بررسی

تشابه تغییرات صفات در ژنوتیپ‌های مختلف و در هر یک از

شرایط محیطی این تحقیق انجام شده و با استفاده از تجزیه

کلاستر بر اساس میانگین صفات در تکرارهای مختلف هر

دوازده ژنوتیپ گندم نان) در دو آزمایش جداگانه هر یک در

قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال

زراعی ۷۸-۱۳۷۷ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اهواز که

از نظر اقلیمی از ایستگاه‌های مناطق گرم محسوب می‌شود از

نظر همبستگی عملکرد پروتئین و اجزاء آن مورد بررسی قرار

گرفتند. در آزمایش اول آبیاری کرت‌های آزمایشی بر اساس

شرایط محیطی و نیاز گیاه به طور معمول انجام شد. در آزمایش

دوم برای ایجاد شرایط تنش خشکی بعد از گرده افشانی پس از

انجام آخرین آبیاری در حدود یک هفته قبل از گرده افشانی،

آبیاری‌های بعدی صورت نگرفت.

هر کرت آزمایشی شامل شش ردیف کاشت به طول چهار

متر و فاصله بین ردیف بیست سانتیمتر بود. تاریخ کاشت

۱۳۷۷/۸/۲۱ و تراکم بذر در واحد سطح برای ژنوتیپ‌های

نان و دوروم به ترتیب ۴۰۰ و ۵۰۰ بذر در متر مربع در نظر

گرفته شد. مقدار مصرف کود نیتروژن بر اساس ۱۳۵ کیلوگرم

در هکتار N در نظر گرفته شد که پس از آزمون خاک، مقدار

نیتروژن خاک از کود پایه کسر گردید. مقدار نیتروژن بر اساس

۵۰، ۵۰، ۲۵ کیلوگرم در هکتار به ترتیب به صورت پایه،

سرک در مرحله ساقه رفتن و سرک در مرحله ظهور سنبله

مصرف شد. کلیه مراقبت‌های زراعی به صورت یکنواخت

اعمال گردید. در زمان رسیدگی کامل، که بر اساس طول دوره

رشد ژنوتیپ‌ها از ۱۳۷۹/۱/۲۰ لغایت ۱۳۷۹/۲/۵ بود،

محصول هر کرت آزمایشی با حذف حواشی از دو خط میانی

در سطح ۱/۲ متر مربع کف بر شد و پس از توزین خرمونکوبی

گردید. با قرار دادن یک نمونه تصادفی از کاه و دانه از هر کرت

آزمایشی در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت،

درصد رطوبت نمونه‌ها تعیین و عملکرد بیولوژیکی و عملکرد

دانه بر اساس وزن اولیه و درصد رطوبت آن‌ها تصحیح شد.

غلظت نیتروژن دانه Grain Nitrogen Concentration

(GNC) و کاه (SNC) Straw Nitrogen Concentration به

روش اتوکجلدال تعیین گردید و عملکرد و اجزاء عملکرد

پروتئین دانه هر ژنوتیپ در هر کرت آزمایشی از روابط زیر

محاسبه شد:

Grain Protein Concentration (GPC) = GNC × ۵۷

عملکرد پروتئین دانه بخوبی قابل تشخیص است. نتایج به دست آمده این رهیافت را تأیید می‌نمایند که عملکرد بالاتر دانه و تأثیر آن بر عملکرد پروتئین دانه نسبت به صفاتی نظیر شاخص برداشت نیتروژن یا شاخص غلظت پروتئین که خصوصیات کیفی محصول دانه را توجیه می‌نمایند، دارای تنوع بیشتری بوده و اثرات واضح‌تری بر عملکرد پروتئین در واحد سطح دارد، نتایج این تحقیق با یافته‌های می و همکاران (May et al., 1991) که صفات وابسته به مقدار پروتئین دانه را بشدت متأثر از محیط گزارش دادند مطابقت داشت. تغییر در صفات وابسته به پروتئین دانه بخصوص شاخص برداشت نیتروژن و نسبت پروتئین دانه به پروتئین کاه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این تحقیق ممکن است به کارایی متفاوت آن‌ها در متابولیسم نیتروژن در مرحله پر شدن دانه و یا مقدار وابستگی این صفات به انتقال و حرکت مواد نیتروژنه از اندام‌های رویشی به دانه بخصوص در شرایط تنش هم‌چنان که کاکس و همکاران (Cox et al., 1986) بیان داشتند بستگی داشته باشد. با توجه به انرژی خواه بودن فرایندهای وابسته به انباشت نیتروژن در دانه به نظر می‌رسد ژنوتیپ‌هایی که قادرند در شرایط متنوع محیطی، انرژی مورد نیاز خود را در دوره پر شدن دانه در فرآیند فتوسنتز در حد بالایی تأمین نمایند، از نظر جذب نیتروژن از خاک و متابولیسم و انتقال آن کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرند.

نقش شاخص برداشت معادل گلوکز در گندم‌های دوروم به دلیل بالا بودن غلظت پروتئین آن‌ها، واضح‌تر بود. ارزیابی نقش شاخص برداشت معادل گلوکز و استفاده از این صفت در برنامه‌های به‌زادای نیازمند تحقیقات بیشتر است.

اثر محیط فقط برای شاخص برداشت معادل گلوکز معنی‌دار شد. به جز تفاوت شاخص برداشت نیتروژن که در سطح ۵٪ معنی‌دار بود، تفاوت ژنوتیپ‌ها از نظر سایر صفات مورد بررسی در سطح ۱٪ معنی‌دار گردید. اثر متقابل ژنوتیپ در محیط فقط برای عملکرد پروتئین کل در سطح ۱٪ معنی‌دار بود.

در شرایط مطلوب، بین ژنوتیپ‌ها از نظر میانگین عملکرد پروتئین کل و شاخص برداشت معادل گلوکز در سطح ۱٪ و از

ژنوتیپ، تشابه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در هر محیط و بر اساس میانگین هر دو محیط صورت گرفت. ضرایب تنوع ژنتیکی صفات در هر محیط برای هر گروه از ژنوتیپ‌های مورد مطالعه محاسبه شده و تفاوت ضرایب مذکور مورد مقایسه آماری قرار گرفت.

نتایج و بحث

میانگین عملکرد پروتئین دانه و صفات وابسته به آن در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در هر یک از آزمایش‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. همچنان که ملاحظه می‌شود بالاترین عملکرد پروتئین دانه در هر دو شرایط محیطی مطلوب و تنش خشکی بعد از گرده افشانی از رقم ویناک به دست آمد، در حالی که بالاترین عملکرد دانه در شرایط مطلوب و تنش خشکی به ترتیب از ارقام چمران و فلات حاصل شد.

در بررسی تغییرات صفات در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شاخص برداشت نیتروژن و نسبت پروتئین دانه به پروتئین کاه رقم سیمره و غلظت پروتئین دانه و شاخص غلظت پروتئین دانه رقم شوا از مقادیر این صفات در لاین گرین و رقم استورک بالاتر بود، اما با توجه به نقش عملکرد دانه و تغییرات این صفت در ژنوتیپ‌های مذکور، لاین گرین بیشترین عملکرد پروتئین دانه را به خود اختصاص داد. ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه بالا از این برتری برخوردارند که به وسیله عملکرد دانه بیشتر، درصد کم پروتئین دانه خود را بر اساس پروتئین در واحد سطح جبران نمایند. شاخص برداشت معادل گلوکز لاین گرین از سایر ژنوتیپ‌های دوروم بالاتر بود که نشان دهنده تثبیت انرژی بیشتر در ژنوتیپ مذکور در شرایط مطلوب است (جدول ۱).

در شرایط تنش در حالی که بالاترین مقادیر شاخص برداشت نیتروژن، نسبت پروتئین دانه به پروتئین کاه و شاخص غلظت پروتئین به لاین گرین تعلق داشت، اما بیشترین عملکرد پروتئین دانه و عملکرد پروتئین کل به ترتیب از دو رقم سیمره و استورک به دست آمد. در مورد ژنوتیپ‌های نان نیز بیشترین عملکرد پروتئین به ژنوتیپ‌هایی با شاخص برداشت نیتروژن، نسبت پروتئین دانه به پروتئین کاه و شاخص غلظت پروتئین بالا تعلق نداشت. در ژنوتیپ‌های نان نیز نقش عملکرد دانه در

جدول ۲- مقادیر F برای صفات مختلف در ژنوتیپ‌های گندم بهاره در شرایط مطلوب و تنش خشکی بعد از گرده افشانی و مقایسات متعامد بین ژنوتیپ‌های دوروم و نان در هر صفت

Table 2. F Values for various traits of spring wheat genotypes under optimum and post-anthesis drought stress conditions and orthogonal contrast between durum and bread wheat genotypes for each trait.

Experimental conditions		شرایط آزمایش		
Optimum condition		Post - anthesis drought stress condition		
صفات	F Values	Orthog. cont.	F Values	Orthog. cont.
GPC	1.21 ^{ns}	ns	0.98 ^{ns}	ns
GPY	2.37*	**	3.51**	**
TPY	2.61**	**	5.61**	**
NHI	1.58 ^{ns}	*	1.46 ^{ns}	*
PCI	1.26 ^{ns}	ns	2.81**	ns
GP/SP	1.21 ^{ns}	ns	1.44 ^{ns}	ns
GEHI	3.26**	ns	2.41*	**

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪. * and **: Significant at the 5 and 1% leveles of probability respectively.
ns : Non significant. تفاوت معنی دار نیست.

جدول ۳- تجزیه مرکب واریانس برای عملکرد پروتئین دانه و صفات وابسته به آن در ژنوتیپ‌های گندم بهاره بر اساس دو محیط مطلوب و تنش خشکی بعد از گرده افشانی

Table 3. Combined analysis of variance for grain protein yield and its related traits of spring wheat genotypes based of optimum and post-anthesis drought stress environments

S.O.V.	منابع تنوع	df	میانگین مربعات							
			GPY(۱)	NHI	TPY	GNC	GP/SP	GPC	GEHI	PCI
Env.	محیط	1	64351 ^{ns}	28.9 ^{ns}	48283 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.25 ^{ns}	0.89 ^{ns}	0.035**	0.198 ^{ns}
Env.(Rep)	تکرار(محیط)	6	150979	243.6	196598	0.04	3.91	1.57	0.003	0.182*
Genotype	ژنوتیپ	15	36886**	83.3**	74099**	0.15**	1.46*	4.95*	0.003**	0.116**
Gen. x Env.	ژنوتیپ x محیط	15	13887 ^{ns}	7.6 ^{ns}	33620**	0.04 ^{ns}	0.20 ^{ns}	1.39 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.070 ^{ns}
Error		90	9139	30.0	14873	0.07	0.62	2.41	0.0007	0.044

1. For legend see table 1.

۱- برای اختصارات به جدول ۱ مراجعه شود.

* and **: Significant at the 5 and 1% leveles of probability, respectively.

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪.

ns : Non significant.

ns : تفاوت معنی دار نیست.

شاخص برداشت نیتروژن ژنوتیپ‌های دوروم در سطح ۵٪ از شاخص برداشت نیتروژن ژنوتیپ‌های نان برتر بود. بالاتر بودن شاخص برداشت نیتروژن ژنوتیپ‌های دوروم، باعث برتری این ژنوتیپ‌ها در عملکرد پروتئین دانه و عملکرد پروتئین کل نگردید، زیرا از یک طرف عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی ژنوتیپ‌های نان از ژنوتیپ‌های دوروم بالاتر بود، و از طرف دیگر تفاوت غلظت پروتئین دانه ژنوتیپ‌ها معنی دار نبود.

نظر عملکرد پروتئین دانه در سطح ۵٪ اختلاف معنی دار مشاهده شد. در شرایط تنش تفاوت بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد پروتئین دانه، عملکرد پروتئین کل و شاخص غلظت پروتئین در سطح ۱٪ و از نظر شاخص برداشت معادل گلوکز در سطح ۵٪ معنی دار شد. در مقایسات متعامد، عملکرد پروتئین دانه و عملکرد پروتئین کل ژنوتیپ‌های نان در هر دو شرایط آزمایشی، نسبت به ژنوتیپ‌های دوروم برتری داشتند.

توجه به انرژی‌خواه بودن این فرآیندها، احتمالاً فقط در شرایط مطلوب، که گیاه توانایی حفظ آسمیلاسیون جاری خود را در حد مناسبی دارد، یک ارجحیت محسوب می‌شود. در شرایط تنش علاوه بر محدودیت فتوسنتز، مقادیری از انرژی ذخیره‌ای گیاه در فرایند انتقال و حرکت مجدد مواد نیز مصرف می‌شود که در این شرایط گیاه با کمبود انرژی بیشتری مواجه می‌گردد. در تجزیه کلاستر، تشابه رقم فونگ با لاین گرین در شرایط مطلوب، عمدتاً به دلیل تشابه این دو ژنوتیپ در میزان

بالتر بودن نسبی درصد پروتئین دانه ژنوتیپ‌های دوروم، کاهش عملکرد دانه آن‌ها را نسبت به ژنوتیپ‌های نان جبران نمود (جدول ۱).

در شرایط مطلوب بین ژنوتیپ‌های دوروم و نان از نظر شاخص برداشت معادل گلوکز تفاوت معنی‌دار وجود نداشت، در حالی که در شرایط تنش، این صفت در ژنوتیپ‌های نان در سطح ۱٪ از ژنوتیپ‌های دوروم برتر بود. کارایی ژنوتیپ‌های دوروم در متابولیسم و انباشت مقادیر بیشتر پروتئین در دانه، با

جدول ۴- خلاصه نتایج تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌های گندم بهاره بر اساس عملکرد و اجزاء عملکرد پروتئین دانه در شرایط مختلف آزمایش

Table 4. Cluster analysis summary of spring wheat genotypes based on grain protein yield and yield components

in different experimental conditions			
Experimental conditions	شرایط آزمایشی	ژنوتیپ‌ها Genotypes	میزان تشابه (%) Similarity
Optimum	مطلوب	Foong & Green	فونگ و گرین > 95
		Chenab & Stork	چناب و استورک > 95
Drought stress	تنش خشکی	Saymareh & Showa	شوا و سیمره > 95
		Saymareh & Showa	شوا و سیمره > 90
		Saymareh & Chenab	چناب و سیمره > 90
Optimum + Stress	مطلوب + تنش	Star & Showa	شوا و استار > 97
Mean of two experiments	میانگین دو آزمایش	Maroon & Zagroos	زاگروس و مارون > 97
Mean of two experiments	میانگین دو آزمایش	Star & Saymareh	سیمره و استار > 96
Mean of two experiments	میانگین دو آزمایش	Saymareh & Green	گرین و سیمره > 95
Mean of two experiments	میانگین دو آزمایش	Saymareh & Chenab	چناب و سیمره > 95
Mean of two experiments	میانگین دو آزمایش	Maroon & Foong	مارون و فونگ > 95

به جز تفاوت ضریب تنوع ژنتیکی شاخص برداشت نیتروژن در شرایط تنش، تفاوت سایر ضرایب تنوع ژنتیکی در ژنوتیپ‌های گندم نان با ژنوتیپ‌های گندم دوروم معنی‌دار بود. در شرایط مطلوب تنوع ژنتیکی GEHI، GP/SP، GPY، NHI و PCI ژنوتیپ‌های نان از تنوع این صفات در ژنوتیپ‌های دوروم بیشتر بود. در شرایط تنش خشکی بعد از گرده افشانی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های نان در GPY، TPY، GPC، GEHI و GP/SP بیشتر از تنوع صفات مذکور در ژنوتیپ‌های دوروم بود.

عملکرد پروتئین دانه و عملکرد پروتئین کل بود. دو رقم چناب و استورک از یک سو و شوا و سیمره از سوی دیگر در شرایط تنش به دلیل عدم تفاوت معنی‌دار در دو صفت مذکور در دو کلاس جداگانه با بالاترین تشابه قرار گرفتند. علت تشابه ژنوتیپ‌های مختلف نان و دوروم به دلیل تشابه در مقادیر عملکرد پروتئین دانه و عملکرد پروتئین کل بود، این دو صفت در حقیقت حاصل برآیند اثرات عملکرد و اجزاء عملکرد دانه و پروتئین بوده که افزایش یک صفت به وسیله کاهش صفت یا صفات دیگر جبران می‌شود.

جدول ۵- نتایج مقایسه ضریب تنوع ژنتیکی صفات در ژنوتیپ‌های نان در مقابل ژنوتیپ‌های دوروم در شرایط مطلوب و تنش خشکی بعد از گرده افشانی

Table 5. Results of genetic variation coefficients comparison among traits of bread genotypes versus durum wheat genotypes under optimum and post-anthesis drought wheat stress conditions

صفات traits	شرایط آزمایشی	
	Optimum conditions شرایط مطلوب	Post-Anthesis drought stress conditions شرایط تنش خشکی بعد از گرده افشانی
GPY	**	**
NHI	**	ns
TPY	**	**
GPC	**	**
GP/SP	**	**
GEHI	**	**
PCI	**	**

ns و ** به ترتیب عدم تفاوت معنی دار و معنی دار در سطح ۱٪ احتمال. ns & ** Non significant and significant at the 1% level of probability, respectively.

بین شاخص برداشت نیتروژن و درصد پروتئین دانه را به دلیل تنوع در فاکتورهای نظیر جذب نیتروژن، ذخیره کربوهیدرات و فعالیت نترات رداکتاز منتسب نموده و بیان داشتند که بهبود ژنوتیپ‌های گندم بر اساس شاخص برداشت نیتروژن بالا امکان‌پذیر است، اما این احتمال وجود دارد که انتخاب بر اساس شاخص برداشت بالا به درصد پروتئین بالا در دانه منجر نگردد زیرا در این حالت شاخص برداشت نیتروژن بالا ممکن است در اثر عملکرد دانه بیشتر استوار شده باشد. علاوه بر آن انتخاب همزمان برای افزایش عملکرد دانه و درصد بالای پروتئین دانه نیز ممکن است قرین موفقیت نباشد زیرا این احتمال وجود دارد که انتخاب بر اساس درصد پروتئین بالای دانه منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی گردد که اساساً ظرفیت ساخت و انباشت کربوهیدرات کمتری داشته و یا قسمت عمده‌ای از آن را در فرآیند انباشت نیتروژن در دانه مصرف کرده باشند. نتایج این تحقیق با یافته‌های لوفلر و بوش (Loffler and Busch, 1982) و دوگا و وینز (Dhugga and Waines, 1989) در ارزیابی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های گندم از نظر صفات مؤثر در عملکرد پروتئین دانه مطابقت دارد.

در تجزیه کلاستر صفات در ژنوتیپ‌های نان و دوروم در هر دو شرایط مطلوب و تنش دو صفت عملکرد پروتئین دانه و عملکرد پروتئین کل بیش از ۹۵٪ تشابه نشان دادند. تشابه دو

تغییرات تنوع ژنتیکی برخی صفات در شرایط مختلف محیطی احتمالاً به دلیل تفاوت در مکانیسم‌های تحمل به تنش این ژنوتیپ‌ها و یا زمان و کارایی ظهور ژن‌های متحمل در برخی از این ژنوتیپ است. در شرایط مطلوب به علت فراهم بودن شرایط برای آسیمیلایون جاری گیاه، عدم وجود تنوع ژنتیکی برای صفت شاخص برداشت نیتروژن در ژنوتیپ‌های دوروم مورد مطالعه در این تحقیق قابل انتظار بود. اثر مطلوب بودن محیط از نظر کارایی جذب و متابولیسم نیتروژن در ژنوتیپ‌های دوروم و مهیا بودن انرژی برای فرایندهای وابسته به انباشت نیتروژن در دانه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تنوع ژنتیکی GPY و TPY در ژنوتیپ‌های دوروم در شرایط مطلوب اساساً به دلیل تنوع بالای این ژنوتیپ‌ها در عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی آن‌ها می‌باشد (نادری و همکاران ۱۳۷۹). در شرایط تنش احتمالاً به دلیل تفاوت ژنتیکی در مکانیسم‌های تحمل ژنوتیپ‌های گندم و اثر محیط بر عملکرد دانه و عملکرد پروتئین کل باعث تنوع ژنتیکی GPY شد. تنوع در صفت GPC در ژنوتیپ‌های نان، احتمالاً علاوه بر دوام جذب و متابولیسم نیتروژن آن‌ها در شرایط تنش، به دلیل کارایی متفاوت این ژنوتیپ‌ها در فرایندهای حرکت و انتقال مجدد مواد نیتروژنه از اندام‌های رویشی به دانه مرتبط باشد. لوفلر و بوش (Loffler and Busch, 1982) عدم ارتباط

صفت عملکرد پروتئین دانه و شاخص برداشت معادل گلوکز در ژنوتیپ‌های دوروم در شرایط تنش، نشان دهنده وابستگی بیشتر ژنوتیپ‌های دوروم به تولید انرژی جهت انباشت پروتئین در دانه است (جدول ۶). در تجزیه رگرسیون مرحله‌ای در شرایط مطلوب و تنش، عملکرد پروتئین کل به ترتیب ۸۱ و ۷۹ درصد تغییرات مدل عملکرد پروتئین دانه را توجیه نمود. بدون توجه به شرایط محیطی و بر اساس کلیه داده‌ها نیز عملکرد پروتئین کل به عنوان مهم‌ترین جزء در مدل، به تنهایی ۶۳ درصد تغییرات را به خود اختصاص داد (جدول ۷).

جدول ۶ - خلاصه نتایج تجزیه کلاستر صفات وابسته به عملکرد پروتئین دانه در ژنوتیپ‌های گندم بهاره

Table 6. Summary of cluster analysis of grain protein yield related traits of spring wheat genotypes

Traits	صفات	Similarity level	سطح تشابه
		GPY & TPY	95%
Optimum	مطلوب	GPY & TPY & GEHI	82%
		GPY & TPY	89%
Drought stress	تنش خشکی	GPY & TPY & GEHI	75%
		GPY & TPY	97%
All data	کلیه داده‌ها	GPY & TPY & GEHI	84%

جدول ۷ - نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای گام به گام برای عملکرد پروتئین دانه و اجزاء آن در ژنوتیپ‌های گندم بهاره در شرایط مطلوب و تنش خشکی بعد از گرده افشانی

Table 7. Results of stepwise regression analysis of grain protein and its components in spring wheat genotypes under optimum and post-anthesis drought stress conditions

Exp. condition	شرایط آزمایشی	Model	Partial R2	Model R2
Optimum	مطلوب	GPY = -1153 + 0.703 TPY + 268.9 PCI	0.81 + 0.11	0.92
Stress	تنش	GPY = -166 + 0.73 TPY + 565 GP/SP	0.79 + 0.18	0.97
All data	کلیه داده‌ها	GPY = -873.7 + 0.69 TPY + 3.21 NHI	0.63 + 0.34	0.97

دوروم در شرایط مطلوب در مقایسه با تفاوت میانگین این صفت در شرایط تنش خشکی بعد از گرده افشانی کمتر بود. انرژی خواه بودن فرایندهای وابسته به انباشت نیتروژن در دانه ضرورت تجدید نظر در توصیه کشت ارقام دوروم در شرایط محیطی مختلف را با تکیه بر نتایج بعدی آشکار می‌سازد. اگر چه میانگین نسبت پروتئین دانه به کاه ارقام دوروم از ارقام نان بیشتر بود اما در ژنوتیپ‌های نان، ارقامی نظیر چمران، کائوز - ۲

تدوین برنامه‌های به نژادی برای دست‌یابی به ژنوتیپ‌های پر محصول گندم با درصد پروتئین دانه بالا مستلزم شناخت صفات مؤثر بر دو جزء مهم از عملکرد دانه و پروتئین دانه است. تنوع ژنتیکی مطلوبی در ژنوتیپ‌های گندم نان و دوروم در صفات مختلف مؤثر بر عملکرد دانه و پروتئین وجود دارد. ارقامی نظیر ویناک، اترک، چمران و داراب - ۲، GEHI بالایی را برخوردارند. تفاوت میانگین GEHI ژنوتیپ‌های

مطلوب و تنش، به ترتیب لاین گرین و رقم استورک بالاترین GPY را تولید نمودند.

یک روش کارآمد در برنامه‌های به نژادی ممکن است بر دست‌یابی به ژنوتیپ‌هایی با صفات منفرد برتر و استفاده از آن‌ها در برنامه‌های دورگ‌گیری استوار گردد. صفات مؤثر بر عملکرد پروتئین دانه ژنوتیپ‌های گندم، اگر چه در بسیاری از مطالعات شناخته شده‌اند، اما با بررسی جامع‌تر، حصول به ژنوتیپ‌هایی با صفات مؤثر برتر امکان‌پذیر می‌گردد. با بررسی یکباره صفات مؤثر بر عملکرد پروتئین دانه و ارزیابی تعداد بیشتری از ژنوتیپ‌های گندم در شرایط متنوع محیطی می‌توان صفاتی را که دارای همبستگی بالا و اثرات بارزتر بر عملکرد پروتئین هستند، شناسایی نموده و از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی استفاده نمود.

و استار بالاترین نسبت GP/SP را داشتند، که می‌توان از این صفت در برنامه‌های به نژادی استفاده نمود. این ژنوتیپ‌ها احتمالاً علاوه بر توانایی حفظ جذب و متابولیسم نیتروژن از کارایی بالایی از نظر انتقال مجدد مواد نیتروژنه از اندام‌های رویشی به دانه نیز برخوردارند. این فرضیه بخصوص با توجه به افزایش نسبی این صفت در دو رقم چمران و کائوز - ۲ در شرایط تنش تأیید می‌شود.

اگر چه درصد پروتئین ارقام دوروم از ژنوتیپ‌های نان بالاتر بود، اما در ارقام نان تنوع ژنتیکی مناسبی برای صفت GPC مشاهده می‌شود. ارقام مارون و فونگ دارای GPC بالایی هستند. ارقام ویناک، فلات و فونگ در شرایط مطلوب و ارقام ویناک، مارون و زاگرس از نظر GPC نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتر بودند. در ژنوتیپ‌های دوروم در شرایط

References

منابع مورد استفاده

- نادری، ا. مجیدی هروان، ا. هاشمی دزفولی، ا. نورمحمدی، ق. و رضایی ع. م. ۱۳۷۹. تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های گندم بهاره از نظر انباشت ماده خشک و نیتروژن در دانه در شرایط مطلوب و تنش خشکی بعد از گرده افشانی. I- عملکرد دانه و صفات وابسته به آن مجله علوم زراعی ایران، جلد دوم شماره ۲.
- BENINATI, N.F., and R.H. BUSCH. 1992. Grain protein inheritance and nitrogen uptake and redistribution in a spring wheat cross. *Crop Sci.* 32:1471-1475.
- COX, M.C., C.O. QUALSET, and D.W.RAINS. 1985. Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation. I: Dry matter and nitrogen accumulation.
- COX, M.C., C.O. QUALSET, and D.W.RAINS. 1986. Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat. III : Nitrogen in relation to grain yield and protein. *Crop Sci.* 26:737-740.
- DHUGGA, K.S., and J.G.WAINES. 1989. Analysis of nitrogen accumulation and use in bread and durum wheat. *Crop Sci.* 29:1232-1239.
- FLOOD, R.G., P.J. MARTIN., and W.K.GARDNER. 1995. Dry matter accumulation and partitioning and its relationships to grain yield in wheat. *Aust. J. Exp. Agric.* 35:495-502.
- GREGORY, P.J., B. MARSHALL., and P.V.BISCOE. 1981. Nutrient relations of winter wheat. 3. Nitrogen uptake, photosynthesis of flag leaves and translocation of nitrogen to grain. *Aust. J. Agric. Sci.* 96:539-347.
- LOFFLER, C.M. and R.H. BUSCH. 1982. Selection for grain protein, grain yield, and nitrogen in hard red spring wheat. *Crop Sci.* 22:591-595.
- LOFFLER, C.M. and . T.L. RAUCH, and R.H.BUSCH. 1985. Grain and plant protein relationships in hard red spring wheat. *Crop Sci.* 25:521-524.

- MAY, L., D.A.VANSANFORD, C.J. MACKOWN, and P.L.CORNELUS. 1991. Genetic variation for nitrogen use in soft red x hard red winter wheat populations. *Crop Sci.* **31**:626-630.
- MCMULLAN, P.M., P.B.MCVETTY and A.A.URQULHART. 1988. Dry matter and nitrogen accumulation and redistribution and their relationship to grain yield and grain protein in wheat. *Plant Sci.* **63**:311-329.
- NICOLAS, M.E., H. LAMBERS. R.J.SIMPSON, and M.J.DALLING. 1985. Effect of drought on partitioning of nitrogen in two wheat varieties differing in drought tolerance. *Ann. Bot.* **55**:743-754.
- VANSANFORD, D.A., and C.T.MACKOWN. 1987. Cultivar differences in nitrogen remobilization during grain filling in soft red winter wheat. *Crop Sci.* **27**:295-300.