Archive of SID

"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 نیازگیاه 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٪ معنی دار بود. ژنوتیپ‌های دوروم از شاخص برداشت نیتروژن بالاتری برخوردار بودند، امّا 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 کلیهٔ صفات مورد مطالعه در هر دو شرایط محیطی این تحقیق در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود. تفاوت در سهم صفات مؤثر در مدل رگرسیون چندگانهٔ عملکرد پروتئین دانه، نشان دهندهٔ 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.

مقدمه

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

تاریخ دریافت: ۱۳۷۹/۲/۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۷۹/۱۰/۲۲

* این مقاله بخشی از تحقیق رساله دکتری نگارنده اوّل 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.

www.SID.ir

Archive of SID

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

مطالعهٔ پویائی و روند انباشت نیتروژن در دانهٔ ژنوتیپ‌های گندم و ارزیابی تنوع ژنتیکی آن‌ها نیازمند اطلاعات پایه در مورد چگونگی ذخیرهٔ 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 اهّمیت ویژه دارد، امّا 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 نیتروژنهٔ انباشته شده در اندام‌های رویشی اهّمیت ویژه یافته و می‌توانند به عنوان یک تعدیل کننده، 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 اندازهٔ 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; VanSanford and Mackown, 1987; Loffler et al., 1985).

مقدار پروتئین دانه گندم را می‌توان همانند یک صفحهٔ 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 دانهٔ 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 هزینهٔ 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 اهّمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا در چنین شرایطی به علّت 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

www.SID.ir

Archive of SID

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 اوّل آبیاری کرت‌های آزمایشی بر اساس شرایط محیطی و نیاز گیاه به طور معمول انجام شد. در آزمایش دوّم 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 سانتیمتربود. 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 درهکتار N در نظر گرفته شد که پس از آزمون خاک، مقدار نیتروژن خاک از کود پایه کسر گردید. مقدار نیتروژن بر اساس ۵۰، ۵۰، ۳۵ کیلوگرم در هکتار به ترتیب به صورت پایه، سرک در مرحله ساقه رفتن و سرک در مرحله ظهور سنبله مصرف شد. کلیهٔ مراقبت‌های زراعی به صورت یکنواخت اعمال گردید. در زمان رسیدگی کامل، که بر اساس طول دورهٔ 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 خرمنکوبی 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 Straw Nitrogen Concentration (SNC) 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 Cocentration غلظت پروتئین دانه (GPC) = GNC × ۵/۷

Straw Protdein Concentration غلظت پروتئین کاه (SPC) = SNC × ۵/۷

Grain Protein Yield عملکرد پروتئین دانه (GPY) = Grain Yield GY × GPC

Straw Protein Yield عملکرد پروتئین کاه (SPY) = Straw yield SY × SPC

Total Protein Yield عملکرد پروتئین کل (TPY) = GPY + SPY

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

نسبت عملکرد پروتئین دانه به کاه (GPY/SPY Ratio) = (GPY/SPY)

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

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

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

با توجّه 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 Glucose Equivalent Harvest Index (GEHI) معرفی می‌شود. در این شاخص توانائی 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 گلولز به صورت زیر محاسبه می‌شود :

$$GEHI = (\frac{\text{GYGE (Grain Yield Glucose Equivalent) گلوز معادل عملکرد دانه}}{\text{BYGE (Biological Yield Glucose Equivalent) گلوز معادل عملکرد بیولوژیکی}})\times 100$$

$$GEHI = (\frac{[(GY-GPY)/0/83+(GPY)/0/4]}{[(BY-TPY)/0/83+(TPY)/0/4]})\times 100 = \frac{40GY+43GPY}{40BY+43TPY}$$

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 سادهٔ 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. تجزیهٔ 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

www.SID.ir

Archive of SID

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، امّا با توجّه به نقش عملکرد دانه و تغییرات این صفت در ژنوتیپ‌های مذکور، لاین گرین بیشترین عملکرد پروتئین دانه را به خود اختصاص داد. ژنوتیپ‌هائی 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، امّا 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 ژنوتیپ‌هائی 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 عملکرد پروتئین دانه بخوبی قابل تشخیص است. نتایج به دست آمده این رهیافت را تائید 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 کارائی 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 توجّه به انرژی خواه بودن فرایندهای وابسته به انباشت نیتروژن در دانه به نظر می‌رسد ژنوتیپ‌هائی که قادرند در شرایط متنوع محیطی، انرژی مورد نیاز خود را در دورهٔ پرشدن دانه در فرآیند فتوسنتز در حد بالائی 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 به نژادی 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

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱ـ میانگین عملکرد پروتئین دانه و اجزاء آن در ژنوتیپ‌های گندم بهاره در شرایط مطلوب و تنش خشکی بعد از گرده افشانی

Table 1 . Mean protien yield and yield components of spring wheat genotypes under optimum and post-anthesis stress conditions

Experimental conditions شرایط آزمایشی																				
Post - anthesis drought stress condition تنش خشکی بعد از گرده افشانی											Optimum condition شرایط مطلوب									
genotypes ژنوتیپ‌ها	BY+	GY	PCI	GEHI	GP/SP	GPC	GNC	NHI	TPY	GPY	BY[1]	GY[2]	PCI[3]	GEHI[4]	GP/SP[5]	GPC[6]	GNC[7]	NHI[8]	TPY[9]	GPY[10]
Vec / Nac	15574	6170	1.80	43	2.91	13.12	2.30	72.2	1024	743	14206	5728	1.84	42	2.64	13.10	2.30	71.9	1138	820
Maroon	12810	4969	2.06	35	2.21	13.58	2.38	68.5	1026	704	15477	5173	2.00	41	2.83	13.15	2.32	72.5	840	651
Stork*	11060	4126	1.68	38	2.27	11.76	2.06	68.7	799	551	12763	4686	1.91	39	2.43	12.01	2.11	70.1	687	485
Hirmand	13900	4529	1.86	36	1.93	11.95	2.10	63.5	860	543	103287	4530	2.02	35	2.19	12.37	2.17	66.2	860	568
Atrak	14427	5915	1.99	38	2.92	11.44	2.01	72.2	848	634	14723	5362	1.97	43	3.11	10.5	1.84	76.4	787	637
Symareh*	12937	4836	2.16	37	3.12	11.96	1.60	75.5	762	575	13823	4867	2.04	40	3.47	12.13	2.13	76.0	776	589
Chenab	13446	5292	1.99	38	2.47	14.73	2.09	71.1	789	564	13154	4683	1.87	41	2.75	11.54	2.02	72.6	846	622
Green*	15183	6214	2.42	34	3.56	10.83	1.90	77.0	625	480	13997	4456	1.85	43	3.13	11.83	2.18	75.4	977	732
Zagroos	13153	5236	1.84	41	2.60	13.11	2.30	71.0	983	692	13918	5298	1.81	42	2.84	12.24	2.15	72.0	894	647
Falat	15942	6148	1.89	39	2.43	11.24	1.97	70.4	956	674	16076	6001	1.83	40	2.62	11.24	1.97	70.1	984	702
Chamran	15324	6287	2.17	38	3.73	11.21	1.97	77.8	814	627	15668	5632	1.86	43	3.28	11.01	1.93	75.8	924	706
Kauz - 2	12895	5111	2.07	38	3.36	10.69	1.87	74.3	720	545	13926	4992	1.96	42	3.54	10.73	1.88	77.6	715	550
Star	15746	5703	2.17	36	2.69	10.79	1.89	72.7	682	498	13809	4617	2.08	38	3.18	11.93	2.09	75.2	903	678
Foong	13938	5429	1.90	40	2.89	11.51	2.02	73.3	876	648	14503	5584	1.98	41	2.70	13.76	2.41	72.3	986	749
Darab	13353	5469	1.90	38	2.37	11.81	2.07	68.6	899	619	14458	5222	1.66	43	2.21	11.18	1.96	68.0	906	608
Showa*	13455	4776	2.11	31	2.96	12.11	2.12	73.5	755	556	13643	4695	2.07	38	2.95	12.48	2.19	73.1	816	606

* : Durum genotype

* : ژنوتیپ دوروم

۱، ۲،... و ۱۰ : به ترتیب علائم اختصاری برای عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، شاخص غلظت پروتئین، شاخص برداشت معادل گلوکز، نسبت پروتئین دانه به پروتئین کاه، غلظت پروتئین دانه، غلظت نیتروژن دانه، شاخص برداشت نیتروژن، عملکرد پروتئین کل و عملکرد پروتئین دانه هستند.

1,2...,10 are abbreviated for Biological Yield, Grain Yield, Protein Concentration Index, Glucose Equivalent Harvest Index, Grain Protein / Straw Protein Ratio, Grain Protein Concentration, Grain Nitrogen Concentration, Nitrogen Harvest Index, Total Protein Yield and Grain Protein Yield respectively.

+ Units for BY, GY, GPY and TPY are kg.ha-1 and for other traits are %.

+ واحدها برای BY، GY، GPY و TPY بر حسب کیلوگرم در هکتار و برای سایر صفات بر حسب درصد است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲ـ 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 شرایط مطلوب			Post - anthesis drought stress condition شرایط تنش خشکی بعد از گرده افشانی	
traits 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^{*}	**

* 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.

جدول ۳ـ 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 درجه آزادی	MS 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. ۱ـ 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.

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. 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.

www.SID.ir

Archive of SID

بالاتر بودن نسبی درصد پروتئین دانه ژنوتیپ‌های دوروم، کاهش عملکرد دانه آن‌ها را نسبت به ژنوتیپ‌های نان جبران ننمود(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. کارائی ژنوتیپ‌های دوروم در متابولیسم و انباشت مقادیر بیشتر پروتئین در دانه، با توجّه به انرژی‌خواه بودن این فرآیندها، احتمالاً فقط در شرایط مطلوب، که گیاه توانائی حفظ آسیمیلاسیون 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

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

Table 4. Cluster analysis summery of spring wheat genotypes based on grain protein yield and yield components in different experimental conditions

Experimental conditions	شرایط آزمایشی	Genotypes ژنوتیپ‌ها	Similarity (%) میزان تشابه
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
Optimum + Stress	مطلوب + تنش		
		Saymareh & Chenab چناب و سیمره	> 90
Mean o f two experiments	میانگین دو آزمایش	Star & Showa شوا و استار	> 97
Mean of two experiments	میانگین دو آزمایش	Maroon & Zagroos زاگرس 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

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 معنی دار در دو صفت مذکور در دو کلاس جداگانه با بالاترین تشابه قرار گرفتند. علّت 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.

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 معنی دار بود. در شرایط مطلوب تنوع ژنتیکی NHI، GPY، GP/SP، GEHI 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.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵ـ 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 coefficents comparision among traits of bread genotypes versus durum wheat genotypes under optimum and post-anthesis drought wheat stress conditions

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

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

تغییرات تنوع ژنتیکی برخی صفات در شرایط مختلف محیطی احتمالاً به دلیل تفاوت در مکانیسم‌های تحمل به تنش این ژنوتیپ‌ها و یا زمان و کارائی ظهور ژن‌های متحمّل در برخی از این ژنوتیپ است. در شرایط مطلوب به علّت فراهم بودن شرایط برای آسیمیلاسیون 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 کارائی 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 تحمّل 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 کارائی 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 بین شاخص برداشت نیتروژن و درصد پروتئین دانه را به دلیل تنوع در فاکتورهائی نظیر جذب نیتروژن، ذخیرهٔ کربوهیدرات و فعالیت نیترات رداکتاز منتسب نموده و بیان داشتند که بهبود ژنوتیپ‌های گندم بر اساس شاخص برداشت نیتروژن بالا امکان‌پذیر است، امّا 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 ژنوتیپ‌هائی 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

www.SID.ir

Archive of SID

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 ٦).

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 توجّه به شرایط محیطی و بر اساس کلیه داده‌ها نیز عملکرد پروتئین کل به عنوان مهم‌ترین جزء در مدل، به تنهائی ٦٣ درصد تغییرات را به خود اختصاص داد (جدول ۷).

جدول ٦ - خلاصه نتایج تجزیه کلاستر صفات وابسته به عملکرد پروتئین دانه در ژنوتیپ‌های گندم بهاره

Table 6. Summery 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 مدل	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	097
All data	کلیه داده‌ها	GPY = -873.7 + 0.69 TPY + 3.21 NHI	0.63 + 0.34	0.97

تدوین برنامه‌های به نژادی برای دست‌یابی به ژنوتیپ‌های پرمحصول 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 بالائی را برخوردارند. تفاوت میانگین GEHI ژنوتیپ‌های 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 امّا در ژنوتیپ‌های نان، ارقامی نظیر چمران، کائوز-۲

www.SID.ir

Archive of SID

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

اگر چه درصد پروتئین ارقام دوروم از ژنوتیپ‌های نان بالاتر بود، امّا در ارقام نان تنوع ژنتیکی مناسبی برای صفت GPC مشاهده می‌شود. ارقام مارون و فونگ دارای GPC بالائی 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 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 ژنوتیپ‌هائی با صفات منفرد برتر و استفاده از آن‌ها در برنامه‌های دورگ گیری استوار گردد. صفات مؤثر بر عملکرد پروتئین دانهٔ ژنوتیپ‌های گندم، اگر چه در بسیاری از مطالعات شناخته شده‌اند، امّا با بررسی جامع‌تر، حصول به ژنوتیپ‌هائی 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، شناسائی نموده و از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی استفاده نمود.

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 accumalation 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 accumalation 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.

www.SID.ir

Archive of SID

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.

www.SID.ir