

اثر کود نیتروژن اضافی در تعدیل اثرات تنش خشکی در گندم نان

مریم گل آبادی^{۱*} و اکبر قندی^۲

۱- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان

۲- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۸/۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۱۲)

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی نقش کود نیتروژن اضافی در کاهش اثرات تنش خشکی از طریق شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش خشکی در گندم نان انجام شد. آزمایش به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد که در آن آبیاری با سه سطح شامل آبیاری کامل، قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد سنبله-دهی و قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد سنبله‌دهی به همراه ۳۰ درصد کود نیتروژن اضافی به عنوان عامل اصلی و ۷ لاین پیشرفته اصلاحی گندم نان به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های مذکور از نظر شاخص‌های مختلف MP، GMP، TOL، SSI و STI در شرایط تنش رطوبتی و تنش رطوبتی همراه با نیتروژن اضافی اختلاف معنی‌داری داشته و رفتار متفاوتی نشان دادند. مطالعه همبستگی بین عملکرد دانه و شاخص‌ها نشان داد که عملکرد دانه در تمامی شرایط محیطی با شاخص‌های GMP و STI همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند و از اینرو شاخص‌های GMP و STI در تمامی شرایط محیطی جهت تفکیک ژنوتیپ‌های متحمل و حساس انتخاب شدند. نتایج تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد دانه در شرایط محیطی مختلف و شاخص‌ها نشان داد که در هر دو شرایط محیطی تنش رطوبتی و تنش رطوبتی همراه با نیتروژن اضافی سه گروه مختلف بوجود آمد. مقایسه صفات در بین گروه‌ها نشان داد که در گروه اول شرایط محیطی تنش همراه با نیتروژن اضافی ارقام سپاهان، پیشتار و لاین ۹ از نظر کلیه شاخص‌ها و عملکردها بیشترین مقدار را داشتند. همچنین اولین گروه به دست آمده در شرایط تنش رطوبتی نیز شامل رقم پیشتار و لاین ۹ بود. بنابراین رقم سپاهان میزان افت عملکرد کمتری را نسبت به تنش رطوبتی داشت که نشان دهنده تأثیر نیتروژن در تعدیل اثرات تنش خشکی در این رقم است. وضعیت مشابهی نیز برای رقم روشن بدست آمد که تیمار نیتروژن از افت عملکرد این رقم در شرایط تنش رطوبتی کاست. اما در سایر ارقام ولاین‌ها تیمار نیتروژن تأثیر قابل توجهی نداشت. مقایسه درصد کاهش عملکرد دانه در محیط‌های مختلف نیز همین نتایج را حاصل نمود، به طوری که ارقام سپاهان و روشن به ترتیب در حدود ۹ و ۶ درصد افت عملکرد کمتری را در شرایط تنش رطوبتی همراه با نیتروژن اضافی در مقایسه با تنش رطوبتی نشان دادند. نتایج آزمون t نیز حاکی بر تفاوت معنی‌دار عملکرد دانه هر یک از ژنوتیپ‌ها در شرایط نرمال و تنش رطوبتی بود، اما بین دو محیط تنش و تنش همراه با نیتروژن اضافی تنها در رقم سپاهان و لاین ۱۱ تفاوت معنی‌دار ملاحظه شد.

واژه‌های کلیدی: تنش رطوبتی، شاخص حساسیت و تحمل، کود نیتروژن، گندم نان

* نویسنده مسئول: m.golabadi@khuisf.ac.ir

مقدمه

ایران در منطقه خشک و نیمه خشک جهان قرار گرفته و بیشتر مناطق آن از نظر نیتروژن خاک فقیر هستند. مقدار مواد آلی خاک‌های آن تأمین نبوده و در نتیجه دارای سطوح پایین نیتروژن هستند و از اینرو تأمین نیتروژن از طریق کودهای شیمیایی و آلی ضروری است (Malakooti and Homaii, 2004). از طرف دیگر مشخص شده است که مصرف میزان بالای نیتروژن به دلیل افزایش تولید گیاه در دوره عدم محدودیت رطوبتی و در نتیجه افزایش ذخایر موجود در ساقه و سایر اندام‌های رویشی، منجر به افزایش سهم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه در خلال تنش های رطوبتی انتهایی فصل شده و از افت شدید عملکرد دانه در این شرایط جلوگیری می‌نماید (Ehdaie, 1998).

مطالعات مختلف نشان می‌دهند که در شرایط تنش خشکی انتهایی فصل، میزان فتوسنتز جاری گیاه تقلیل یافته و مواد حاصله از فتوسنتز صرف بقای گیاه می‌شوند و در نتیجه مواد پرورده جاری برای پر کردن کامل دانه‌ها کافی نخواهد بود. از طرف دیگر، تنش خشکی از طریق تخریب منبع و مخزن (با توجه به زمان تنش، شدت تنش و مرحله فنولوژیکی گیاه) روی عملکرد دانه تأثیر می‌گذارد. از اینرو مواد ذخیره شده در ساقه و سایر اندام‌های رویشی به عنوان یک منبع کربن برای پر کردن دانه‌ها در شرایط تنش اهمیت زیادی دارند (Clarke et al., Blum, 1998; Ehdaie et al., 2006 1992). با توجه به موارد ذکر شده، کاربرد کود نیتروژن بیشتر در ارقام مختلف گندم به خصوص ارقام پابند مشروط بر اینکه عامل خوابیدگی نباشد، می‌تواند در تعدیل اثرات تنش خشکی روی عملکرد گیاه مؤثر باشد. توجه به این نکته نیز ضروری است که در صورتی نیتروژن اضافی قادر به انجام این نقش خواهد بود که ژنوتیپ گیاهان مورد بررسی دارای قدرت تجمع ذخیره در اندام‌های رویشی بوده و همچنین بازدهی انتقال این مواد را به دانه در شرایط پر شدن دانه داشته باشند (Ehdaie, 1998).

از آنجایی که تحمل به خشکی صفت بسیار پیچیده‌ای است، ارزیابی و افزایش تحمل به خشکی با استفاده از معیار عملکرد دانه و شاخص‌های مرتبط با عملکرد دانه صورت

می‌گیرد (Fernandez, 1992; Blum, 1998; Ramirez-Vallejo and Kelly 1998). شاخص‌های مختلفی از قبیل شاخص‌های تحمل (TOL) و متوسط تولید (MP) (Rosielle and Hamblin, 1981)، حساسیت به تنش (Fischer and Maurer, 1978)، شاخص تحمل به تنش (STI) (Fernandez, 1992)، و شاخص‌های میانگین هندسی (GM) و حساسیت (SI) (Ramirez-Vallejo and Kelly, 1998) جهت بررسی تحمل و حساسیت به تنش خشکی معرفی شده‌اند. گوتیری و همکاران (Guttieri et al., 2001) در مطالعه‌ای روی گندم اظهار داشتند که ژنوتیپ‌های با SSI بیش از یک دارای حساسیت به تنش بیش از حد متوسط و ژنوتیپ‌های با SSI کمتر از یک دارای حساسیت به تنش کمتر از حد متوسط هستند. نظرات متفاوتی در رابطه با ارتباط بین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش و تنش بیان شده است. ریچاردز (Richards, 1996) معتقد است که انتخاب برای عملکرد در غیاب خشکی روش موثری برای بهبود عملکرد در شرایط خشکی است. زیرا پتانسیل عملکرد بالا در شرایط محیطی مطلوب می‌تواند عملکرد مناسبی در شرایط محیطی با مطلوبیت کمتر تولید کند. بلوم (Blum, 1996) اظهار می‌دارد که برای هر سطحی از تنش، اصلاح ژنوتیپ‌هایی با عملکرد مناسب برای همان سطح یک رهیافت بسیار موفقیت‌آمیز است. آب و نیتروژن خاک در مناطق خشک و نیمه خشکی که به کشت غلات اختصاص دارند در طی دوره پر شدن دانه از عوامل محدود کننده محیطی است. در چنین شرایطی قسمت اعظم نیاز دانه به نیتروژن از طریق دریافت نیتروژن از قسمت‌های رویشی گیاه تأمین می‌شود. (Ellen and Spiertz, 1980, Hossain et al., 1990).

غلات حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد نیتروژن دانه را تا قبل از دوره گلدهی از اندام‌های رویشی کسب می‌کنند. انتقال این مقدار نیتروژن از بافت‌های رویشی به دانه، منبع اصلی نیتروژن برای نمو دانه است. از طرفی، انتقال ماده خشک که قبل از مرحله گلدهی تولید شده است، به ویژه هنگامی که فتوسنتز جاری پس از گلدهی در اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد در عملکرد نهایی دانه سهم قابل

مواد گیاهی پژوهش، ۷ ژنوتیپ مختلف گندم نان شامل کویر، پیشتاز، سپاهان، قدس، روشن و لاین‌های اصلاحی پیشرفته ۹ و ۱۱ بودند. شجره لاین ۹ [www33G/Vee"S"/Mrn/4/Hd2172/Bloudan//AzAttila *2 / PBW65](http://www33G/Vee) و شجره لاین ۱۱، d/3/San/AL است که هر دو از مرکز تحقیقات کشاورزی استان اصفهان تهیه شدند. این دو لاین حاصل برنامه‌های اصلاحی مرتبط با تنش خشکی در گندم نان بوده اند. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد که در آن فاکتور اصلی شامل سه رژیم رطوبتی و کرت‌های فرعی شامل ۷ ژنوتیپ مختلف گندم بودند. رژیم‌های رطوبتی شامل آبیاری معمول، تنش رطوبتی انتهایی فصل رشد با قطع آبیاری در زمان ۵۰ درصد سنبله‌دهی تا انتهایی فصل رشد و تنش رطوبتی انتهایی فصل رشد با قطع آبیاری در زمان ۵۰ درصد سنبله‌دهی تا انتهایی فصل رشد همراه با اعمال ۳۰ درصد افزایش در کود اوره نسبت به نیاز اولیه گیاه بودند.

خاک محل آزمایش سیلتی لومی با قابلیت هدایت الکتریکی ۳/۵ میلی موس بر سانتی‌متر، اسیدیته ۷/۸ و میزان ۰/۸ درصد مواد آلی بود. نتایج تجزیه خاک نشان داد که خاک این منطقه دارای ۰/۵ درصد مواد آلی، ۰/۰۴ درصد نیتروژن، ۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر و ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم پتاس است. عناصر غذایی مورد نیاز بر اساس آزمایش خاک به صورت کودهای شیمیایی مصرف شد. میزان کودهای مصرفی به صورت ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر (از منبع سوپرفسفات تریپل)، ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاس (از منبع کلرور پتاسیم) و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (از منبع اوره) برای هر سه کرت اصلی بود که کودهای فسفر و پتاس و نیمی از کود نیتروژن قبل از کاشت به زمین اضافه شدند و بقیه کود نیتروژن در دو نوبت پنجه‌دهی و پیش از گلدهی به زمین اضافه شدند. در رژیم رطوبتی همراه با نیتروژن اضافی، ۳۰ درصد کود اضافی پس از محاسبه همراه با کودهای معمول به زمین اضافه شد.

هر کرت آزمایشی شامل ۵ ردیف کاشت به طول ۵ متر با فاصله ردیف‌های ۲۵ سانتی‌متر بود و تراکم بذر در حدود ۴۵۰ بذر در مترمربع در نظر گرفته شد. شاخص‌های تحمل

توجهی دارد (Mainard and Jeuffroy, 2001; Dalling *et al.*, 1976). اهمیت انتقال نیتروژن برای گندم که در شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک رشد می‌کنند قابل ملاحظه است، زیرا در این شرایط، پس از مرحله گلدهی، هوا گرم و خشک است و این امر باعث بروز تنش خشکی می‌شود و در نتیجه انتقال نیتروژن را محدود می‌سازد (Keirda *et al.*, 2001; Minard and Jefroudi, 2001). بدین ترتیب، عملکرد دانه به مقدار زیادی بستگی به انتقال مواد ساخته شده به دانه قبل از مرحله گلدهی دارد. از سوی دیگر گزارش‌های علمی نشان می‌دهند که انتقال نیتروژن از قسمت‌های رویشی به دانه پس از گلدهی تحت کنترل عوامل ژنتیکی است (Pheloung and Sidique, 1991; Papakosta and Gaginas, 1991).

در گندم اندکی پس از گلدهی، جذب نیتروژن بسیار کاهش می‌یابد و بخش عمده‌ای از نیتروژنی که در داخل گیاه در دوره رویشی تجمع یافته‌است، مورد استفاده قرار گیرد و بر حسب رقم ۵۰ تا ۹۰ درصد از نیتروژنی را که بعداً در دوره زایشی در سنبله ذخیره می‌کند از این بخش تامین می‌شود (Robert and Waker, 1994). موارد ذکر شده موید اهمیت نیتروژن در تعدیل اثرات تنش خشکی است.

هدف از این پژوهش استفاده از کود نیتروژن بیش از حد نیاز گیاه در جهت تعدیل آثار تنش خشکی در گیاه گندم بود که با استفاده از انواع شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش خشکی و بررسی تغییرات آنها در شرایط مختلف محیطی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان واقع در روستای خاتون آباد انجام گرفت. اقلیم منطقه بر اساس تقسیم بندی کوپن خشک، بسیار گرم با تابستان‌های خشک است (Karimi, 1987). میانگین بارندگی سالانه و درجه حرارت سالیانه منطقه به ترتیب ۱۴۶/۶ میلی‌متر و ۱۶/۵ درجه سانتی‌گراد است.

و حساسیت به خشکی برای ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها نسبت به تنش خشکی برای هر یک از محیط‌های تنش رطوبتی نسبت به شرایط آبیاری کامل به طور جداگانه بر اساس روابط زیر محاسبه شدند (Fernandez, 1992; Fischer and Maurer, 1978; Rosielle and Hamblin, 1981).

نتایج حاصل از بررسی همبستگی بین شاخص‌ها و عملکرد دانه در شرایط رطوبتی نرمال (Y_i)، تنش رطوبتی (Y_s) و تنش رطوبتی همراه با کود نیتروژن اضافی (Y_{sn}) در جدول ۲ نشان داد که عملکرد دانه در شرایط رطوبتی مناسب (Y_i) با کلیه شاخص‌ها در هر دو شرایط S و SN همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری دارد. اما در شرایط رطوبتی S، عملکرد دانه (Y_s) تنها با شاخص‌های MP، GMP و STI و در شرایط رطوبتی SN، عملکرد دانه (Y_{sn}) تنها با شاخص‌های GMP و STI همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند. بنابراین شاخص‌هایی که در شرایط محیطی مختلف دارای همبستگی بالایی با عملکرد دانه باشند، به عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی می‌گردند، زیرا قادر به جدا کردن و شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر گونه شرایط محیطی هستند (Fernandez, 1992) که شاخص‌های GMP و STI دارای این ویژگی هستند. همبستگی این دو شاخص با کلیه شاخص‌ها در هر دو شرایط محیطی بسیار معنی‌دار و مثبت به دست آمد. بنابراین انتخاب بر اساس این دو شاخص به نفع ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا در شرایط تنش و عدم تنش خواهد بود. نتایج به دست آمده در رابطه با مناسبترین شاخص‌های تحمل به خشکی با یافته‌های فرناندز (Fernandez, 1992)، یوسفی آذرخانیان (Yousefi Azarkhanian, 2005) و جزایری (Jazayeri, 2004) هماهنگی دارد. شاخص‌های تحمل به خشکی (TOL) و حساسیت به تنش (SSI) همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش داشتند، درحالی‌که همبستگی آنها با عملکرد دانه در شرایط تنش منفی بود که مقدار این همبستگی منفی و بسیار پایین برآورد شد.

نتایج حاصل از بررسی همبستگی بین شاخص‌ها و عملکرد دانه در شرایط رطوبتی نرمال (Y_i)، تنش رطوبتی (Y_s) و تنش رطوبتی همراه با کود نیتروژن اضافی (Y_{sn}) در جدول ۲ نشان داد که عملکرد دانه در شرایط رطوبتی مناسب (Y_i) با کلیه شاخص‌ها در هر دو شرایط S و SN همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری دارد. اما در شرایط رطوبتی S، عملکرد دانه (Y_s) تنها با شاخص‌های MP، GMP و STI و در شرایط رطوبتی SN، عملکرد دانه (Y_{sn}) تنها با شاخص‌های GMP و STI همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند. بنابراین شاخص‌هایی که در شرایط محیطی مختلف دارای همبستگی بالایی با عملکرد دانه باشند، به عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی می‌گردند، زیرا قادر به جدا کردن و شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر گونه شرایط محیطی هستند (Fernandez, 1992) که شاخص‌های GMP و STI دارای این ویژگی هستند. همبستگی این دو شاخص با کلیه شاخص‌ها در هر دو شرایط محیطی بسیار معنی‌دار و مثبت به دست آمد. بنابراین انتخاب بر اساس این دو شاخص به نفع ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا در شرایط تنش و عدم تنش خواهد بود. نتایج به دست آمده در رابطه با مناسبترین شاخص‌های تحمل به خشکی با یافته‌های فرناندز (Fernandez, 1992)، یوسفی آذرخانیان (Yousefi Azarkhanian, 2005) و جزایری (Jazayeri, 2004) هماهنگی دارد. شاخص‌های تحمل به خشکی (TOL) و حساسیت به تنش (SSI) همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش داشتند، درحالی‌که همبستگی آنها با عملکرد دانه در شرایط تنش منفی بود که مقدار این همبستگی منفی و بسیار پایین برآورد شد.

نتایج تجزیه واریانس شاخص‌ها و عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی (S) و تنش رطوبتی همراه با کود نیتروژن اضافی (SN) (جدول ۱) نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر شاخص‌های MP، TOL، STI و SSI در شرایط تنش رطوبتی و از نظر شاخص‌های MP، GMP،

$$TOL = (Y_p - Y_s) \quad (1)$$

$$MP = (Y_p + Y_s) / 2 \quad (2)$$

$$GM = \sqrt{(Y_s \times Y_p)} \quad (3)$$

$$SSI = [1 - (Y_s)/(Y_p)] / SI \quad (4)$$

$$STI = [(Y_p) \times (Y_s) / (\bar{Y}_p)^2] \quad (5)$$

$$SI = [1 - (\bar{Y}_s) / (\bar{Y}_p)] \quad (6)$$

به ترتیب میانگین عملکرد همه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش و Y_p و Y_s عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط بدون تنش و تنش خشکی است.

برای انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری ابتدا تجزیه‌های جداگانه‌ای بر اساس شاخص‌ها و عملکردها در دو محیط تنش رطوبتی در مقابل شرایط نرمال، انجام شد. لازم به ذکر است که برای محاسبه انواع شاخص‌ها بایستی از ترکیب عملکرد دانه در دو شرایط مختلف محیطی استفاده نمود (بر اساس روابط ۱ تا ۶) و از اینرو عامل شرایط محیطی به عنوان یک فاکتور حذف می‌شود و اجباراً تجزیه به روش بلوک کامل تصادفی (طرح پایه) قابل انجام است. مقایسه میانگین عملکرد دانه در هر یک از ژنوتیپ‌ها و در بین شرایط مختلف محیطی بصورت دو به دو با استفاده از آزمون t انجام شد. مقایسه میانگین‌ها به روش حداقل تفاوت معنی‌دار LSD انجام شد. از نرم‌افزارهای SAS, SPSS, Excel, Sigma plot, Stat Graph در تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس شاخص‌ها و عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی (S) و تنش رطوبتی همراه با کود نیتروژن اضافی (SN) (جدول ۱) نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر شاخص‌های MP، TOL، STI و SSI در شرایط تنش رطوبتی و از نظر شاخص‌های MP، GMP،

شامل ارقام سپاهان، پیشتاز و لاین ۹، از نظر کلیه شاخص-ها و عملکردها (Ysn و Yi) بیشترین مقدار را نشان دادند. در این گروه مقادیر TOL و SSI نیز بیشترین مقدار را نشان داد، اگر چه رابطه این دو صفت با عملکرد دانه در شرایط تنش منفی است، اما بالا بودن عملکرد دانه در شرایط غیر تنش و در نتیجه بالا بودن اختلاف عملکرد در دو محیط، منجر به افزایش میزان TOL و SSI شده است. از طرف دیگر مقدار SSI در این گروه ۱/۱ برآورد شد که معرف حساسیت به تنش و افت عملکرد در شرایط تنش است. بنابراین ژنوتیپ‌های این گروه متحمل به تنش و با پتانسیل عملکرد نسبی بالایی در شرایط تنش خواهند بود. ژنوتیپ‌های گروه دوم شامل کویر، قدس و لاین ۱۱ از نظر شاخص‌های MP, GMP, STI و با گروه اول تفاوت معنی‌داری نشان دادند به طوری که مقادیر این شاخص‌ها در گروه دوم کمتر از گروه اول بدست آمد. بنابراین ژنوتیپ‌های این گروه از نظر تحمل به تنش خشکی و متوسط عملکرد در شرایط تنش در حد پایین‌تری قرار داشتند که توجه به عملکرد دانه نیز موید همین مطلب بود. رقم روشن به تنهایی در گروه سوم قرار گرفت که اگرچه از نظر کلیه شاخص‌ها کمترین مقدار را نشان داد، اما مقادیر کم TOL و SSI معرف متحمل بودن این رقم نسبت به شرایط تنش خشکی است، به طوری که میزان افت عملکرد این رقم از محیط نرمال به محیط تنش رطوبتی با کود نیتروژن اضافی در حدود ۴۵ درصد برآورد شد که در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها کمترین مقدار بود. اما به لحاظ اینکه رقم روشن عملکرد خوبی را در شرایط نرمال نشان نداده است، در مقایسه با سایر ارقام نمی‌تواند به عنوان رقم خوبی مورد توجه باشد. مقایسه میانگین بین گروه‌ها در شرایط محیطی S (جدول ۳) نشان داد که گروه اول شامل ژنوتیپ‌های پیشتاز و لاین ۹ بوده و بیشترین مقدار عملکرد دانه و شاخص‌های حساسیت و تحمل در این گروه ملاحظه شد. بنابراین استفاده از تیمار کودی نیتروژن اضافی تاثیری بر این دو ژنوتیپ نداشته و هر دو رفتار مشابهی را نشان داده‌اند.

رقم سپاهان در شرایط محیطی S در گروه دوم قرار گرفت که این گروه اگرچه از نظر اکثر شاخص‌ها تفاوت معنی‌داری را با گروه اول نشان نداد، اما از نظر مقدار

همکاران (Clarke *et al.*, 1992) در صورتی که تفاوت عملکرد دانه در دو محیط بدون تنش و عملکرد دانه در شرایط تنش منفی بود که مقدار این همبستگی منفی و بسیار پایین برآورد شد. کلارک و همکاران (Clarke *et al.*, 1992) و فرناندز (Fernandez, 1992) نیز به محدودیت کاربرد شاخص SSI در گندم و لوبیا اشاره داشته‌اند. طبق نظر کلارک و همکاران (Clarke *et al.*, 1992) در صورتی که تفاوت عملکرد دانه در دو محیط بدون تنش و تنش از طریق عوامل دیگری به جز پتانسیل ژنتیکی تحمل خشکی افراد مانند حساسیت به بیماری و یا حساسیت به ریزش در شرایط بدون تنش حاصل شده باشد، SSI قادر به تفکیک آنها نخواهد بود و کاهش عملکرد ایجاد شده در شرایط بدون تنش منجر به کاهش SSI خواهد شد.

توجه به مقادیر سایر ضرایب همبستگی نشان می‌دهد که هر شاخص ممکن است انعکاسی از یک پاسخ بیولوژیکی متفاوت به تنش باشد، به همین علت همبستگی بعضی از شاخص‌ها معنی‌دار نشد (Ramirez-Vallejo and Kelly, 1998). رامیرز و کلی (Ramirez-Vallejo and Kelly, 1998) همبستگی معنی‌داری را بین SSI و GMP در لوبیا به دست نیاوردند و نتیجه‌گیری کردند که عدم همبستگی بین این دو شاخص امکان دست‌یابی به افرادی را فراهم می‌کند که دارای مقادیر بالای GMP و مقادیر کم SSI باشند که به دنبال آن مجموعه‌ای از صفات مختلف مرتبط با هر یک از این شاخص‌ها نیز در افراد مذکور جمع خواهد شد. در مطالعه نصیرالدین و همکاران (Nasir Ud-Din *et al.*, 1992) همبستگی مثبتی بین عملکرد دانه و MP در شرایط بدون تنش و تنش مشاهده شد، اما همبستگی بین عملکرد دانه و TOL در شرایط تنش مثبت بود. ضمن اینکه همبستگی بین TOL و MP منفی بود.

هفت ژنوتیپ مختلف مورد بررسی در هر یک از شرایط محیطی S و SN بطور جداگانه و بر اساس همه شاخص‌ها و عملکردهای محیط تنش و غیر تنش مورد تجزیه خوشه‌ای قرار گرفتند. این تجزیه توانست ژنوتیپ‌ها را در سه گروه مجزا گروه‌بندی کند. نتایج مقایسه میانگین بین گروه‌ها در شرایط محیطی SN (جدول ۳) نشان داد که گروه اول

رطوبتی نسبت داد. مقایسه درصد کاهش صفات در محیط-های مختلف (جدول ۴) نیز نتایج تجزیه خوشه‌ای را تایید نمود، به طوری که میزان افت عملکرد از محیط تنش رطوبتی به محیط تنش رطوبتی با نیتروژن اضافی برای ارقام سپاهان و روشن به ترتیب در حدود ۸/۵ و ۶ درصد کمتر برآورد شد. اجرای آزمون t در بین کلیه ژنوتیپ‌ها و برای محیط‌های مورد مطالعه بصورت دو به دو نشان داد که اگرچه برای همه‌ی ژنوتیپ‌ها تفاوت بین شرایط نرمال و تنش رطوبتی و همچنین شرایط نرمال و تنش همراه با نیتروژن اضافی بسیار معنی‌دار است، اما بین دو شرایط تنش رطوبتی و تنش همراه با نیتروژن اضافی تنها برای رقم سپاهان و لاین ۱۱ تفاوت معنی‌دار ملاحظه شد. سپاهان وضعیت بهتری را در شرایط تنش با نیتروژن اضافی نشان داد، در حالیکه لاین ۱۱ نتیجه عکسی را نشان داد.

عدم واکنش قابل ملاحظه به مصرف کود نیتروژن در برخی از ارقام مورد مطالعه با وجود کمبود رطوبت، نشان دهنده محدودیت خشکی در استفاده گیاه از کود مصرفی است. در مطالعه فتحی (Fathi, 2005) مشخص شد که در شرایط تنش خشکی افزایش مصرف نیتروژن تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد دانه نداشت، اما در شرایط بدون تنش مصرف نیتروژن عملکرد دانه را افزایش داد. پالتا و همکاران (Palta et al., 1994) نیز به افزایش کارایی مصرف نیتروژن در صورت وجود آب کافی اشاره داشتند. در تحقیق بحرانی و طهماسبی سروستانی (Bahraii and Tahmasebi, 2005) افزایش در مقدار و زمان مصرف نیتروژن بر انتقال و کارایی انتقال مجدد نیتروژن تأثیر معنی‌دار داشت، به طوری که با بالا رفتن سطوح نیتروژن، انتقال مواد ذخیره‌ای ساقه به دانه یافت. در مقابل پالتا و فیلری (Palta and Filery, 1995) نیز با افزایش کاربرد سطوح مختلف کود نیتروژن بر روی گندم گزارش کردند که کارایی انتقال مجدد نیتروژن از برگ پرچم به دانه کاهش نشان داد. بنابراین استفاده از کود نیتروژن در جهت تعدیل اثرات تنش خشکی همیشه و برای همه ژنوتیپ‌ها نتایج یکسانی نشان نمی‌دهد و نیازمند بررسی کامل است. بررسی نمودارهای سه بعدی عملکرد دانه در محیط-های تنش و عدم تنش رطوبتی با شاخص STI نشان داد که ژنوتیپ‌های پیش‌تاز، لاین ۱۱ و لاین ۹ در شرایط

شاخص‌ها در رتبه پایین‌تری قرار گرفت. از نظر شاخص STI نیز تفاوت معنی‌داری را با گروه اول نشان داد. لذا ژنوتیپ‌های این گروه شامل کویر، قدس، سپاهان و لاین ۱۱ نسبت به گروه اول دارای STI کمتر بوده و استفاده از این شاخص جهت شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو محیط از کارایی کمتری برخوردار است. در گروه سوم شرایط محیطی S، مشابه شرایط محیطی SN، تنها رقم روشن قرار گرفت که پایین‌ترین حد کلیه شاخص‌ها و عملکردها را نشان داد و دارای تفاوت معنی‌داری برای کلیه صفات به جز عملکرد دانه در شرایط تنش با دو گروه قبل بود. درصد افت عملکرد این رقم در شرایط محیطی S به حدود ۴۹ درصد رسید که در مقایسه با شرایط محیطی SN، بیشتر برآورد شد. رقم سپاهان نیز وضعیت مشابهی را از لحاظ درصد افت عملکرد در شرایط محیطی S و SN نشان داد و میزان افت عملکرد در شرایط محیطی SN کمتر از S مشاهده شد که با نتایج تجزیه خوشه‌ای مطابقت دارد، به طوری که این رقم در گروه اول با بیشترین عملکرد در شرایط محیطی SN قرار گرفت اما در شرایط محیطی S به گروه دوم منتقل شد. در مطالعه‌ای ۲۲ ژنوتیپ گندم نان با استفاده از شاخص STI گروه‌بندی شدند که تنها یک ژنوتیپ با بیشترین STI در یک گروه و سایر ژنوتیپ‌ها در گروه دیگر قرار گرفتند (Yousefi Azarkhanian, 2005). اَب و همکاران (Abebe et al., 1998) با ارزیابی ژنوتیپ‌های لوبیا در شرایط تنش و بدون تنش و کاربرد ۶ شاخص مختلف اظهار داشتند که شاخص میانگین هندسی تولید (GMP) بهترین شاخص برای ناحیه مورد مطالعه آنها است. طبق نظر این متخصصین انتخاب شاخص باید بر اساس هدف انتخاب و ناحیه مورد نظر باشد.

بنابراین در کل می‌توان این نتیجه را گرفت که افزایش ۳۰ درصد کود نیتروژن تأثیر قابل توجهی در افزایش تحمل به خشکی و تعدیل اثرات منفی آن در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نداشته است، بجز در ارقام روشن و سپاهان که منجر به تفاوت جزئی در میزان افت عملکرد در شرایط محیطی مختلف شده است. دلیل عدم تأثیر کود نیتروژن را می‌توان به عدم وجود منبع کافی در گیاه جهت ذخیره مواد غذایی، عدم قابلیت ذخیره بیشتر مواد در ساقه و عدم انتقال مجدد این ذخایر از ساقه به دانه در شرایط تنش

پتانسیل عملکرد و تحمل خشکی معرفی کرد. در نتیجه توجه به مقادیر بالا و مثبت این مؤلفه در نمودار بای پلات ژنوتیپ‌هایی را شناسایی می‌کند که دارای عملکرد بالایی در محیط بدون تنش هستند. مؤلفه دوم توانست ۲۰ و ۱۶ درصد از تنوع و تغییرات داده‌ها را به ترتیب در دو شرایط محیطی تنش رطوبتی همراه با نیتروژن اضافی و تنش رطوبتی توجیه نماید و ارتباط مثبتی با شاخص SSI در هر دو شرایط محیطی داشت. این مؤلفه یک ارتباط منفی با عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی نشان داد. بنابراین دومین مؤلفه را می‌توان به عنوان مؤلفه حساسیت به تنش و عملکرد دانه در شرایط تنش معرفی کرد که قادر به جداسازی ژنوتیپ‌های حساس به تنش رطوبتی است. توجه به بار عامل‌ها در مؤلفه دوم نشان داد که عملکرد دانه در دو محیط بدون تنش و تنش دارای بار عاملی مثبت و منفی است که تاییدی بر رابطه منفی SSI و TOL با Y₁ است. هر چه مقدار این مؤلفه کمتر باشد ژنوتیپ‌هایی انتخاب می‌شوند که دارای مقادیر کمتر SSI و TOL و عملکرد دانه بیشتر در شرایط تنش رطوبتی باشد.

به طور کلی ژنوتیپ‌هایی که بیشترین مقدار مؤلفه اول و کمترین مقدار مؤلفه دوم را داشته باشند، برای هر دو شرایط محیطی بدون تنش و تنش رطوبتی مطلوب خواهند بود. نحوه پراکنش ژنوتیپ‌ها بر حسب مقادیر مؤلفه‌های اول و دوم در نمودار بای پلات نشان داد که ژنوتیپ‌های پیشتاز، لاین ۹ و سپاهان در شرایط تنش رطوبتی همراه با نیتروژن اضافی و ژنوتیپ‌های پیشتاز، لاین ۹ و ۱۱ در شرایط تنش رطوبتی دارای مقادیر بالا در مؤلفه اول و مقادیر پایین در مؤلفه دوم بوده و مناسب برای هر دو شرایط محیطی هستند. ژنوتیپ‌های کویر و لاین ۱۱ در شرایط تنش رطوبتی همراه با نیتروژن اضافی و ژنوتیپ‌های قدس، کویر و سپاهان در شرایط تنش رطوبتی بیشترین مقدار مؤلفه دوم را نشان داده و تنها برای شرایط محیطی بدون تنش مناسب هستند. توماس و همکاران (Thomas *et al.*, 1996) با استفاده از نمودار بای پلات در فسکیو توانستند ۲۵ واریته بومی مورد مطالعه را به خوبی جداسازی و گروه‌بندی نمایند.

کایا و همکاران (Kaya, *et al.*, 2002) نیز با استفاده

محیطی تنش رطوبتی و ژنوتیپ‌های پیشتاز، سپاهان و لاین ۹ در شرایط محیطی تنش رطوبتی همراه با کود نیتروژن اضافی در گروه A قرار گرفتند، یعنی اینکه هم متحمل به کم آبی بوده و هم محصول آنها در محیط نرمال بالاست. مقایسه دو محیط تنش نشان داد که لاین ۱۱ در شرایط تنش رطوبتی در هر دو محیط تنش و عدم تنش رطوبتی عملکرد بالایی داشت اما در محیط تنش همراه با نیتروژن اضافی نتوانست از افت عملکرد جلوگیری نماید که می‌تواند به علت عدم افزایش ذخایر ساقه در دوره رشد رویشی، عدم انتقال ذخایر اندام‌های گیاه به دانه و عدم وجود منبع کافی در گیاه به منظور افزایش ذخایر ساقه باشد. در مقابل رقم سپاهان به خوبی از پارامترهای ذکر شده استفاده کرده و در شرایط تنش رطوبتی همراه با نیتروژن اضافی عملکرد دانه را افزایش داد، به طوری که در این شرایط محیطی در گروه A قرار گرفت. این نتایج با مقایسه عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و تنش با نیتروژن اضافی (جدول ۴) کاملاً مطابقت داشت.

ارقام قدس و کویر در هر دو شرایط محیطی در گروه B قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های این گروه دارای عملکرد بالا در محیط نرمال هستند (Fernandez, 1992). رقم روشن دارای عملکرد پایین در هر دو شرایط محیطی بود. استفاده از نمودار سه بعدی برای تشخیص گروه A از سایر گروه‌ها در لوبیا توسط فرناندز (Fernandez, 1992) و در گندم توسط نورمند موید و همکاران (Nourmand Moayyed *et al.*, 2001) و فرشادفر و مائورر (Farshadfar and Maurer, 1978) مورد بررسی و تایید قرار گرفته است. برای بررسی رابطه بین بیش از سه متغیر از نمودار بای پلات استفاده می‌شود (Fernandez, 1992). بر اساس عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط تنش و بدون تنش و شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش، نمودار بای پلات ترسیم شد (شکل‌های ۱ و ۲). تجزیه مؤلفه‌های اصلی نشان داد که در اولین مؤلفه، شاخص‌های STI, TOL, GMP به همراه Y₁ حدوداً ۸۰ درصد و ۸۴ درصد از تغییرات داده‌ها را به ترتیب در دو شرایط محیطی تنش رطوبتی همراه با نیتروژن اضافی و تنش رطوبتی توجیه می‌کنند (جدول ۵). بنابراین اولین مؤلفه را می‌توان به عنوان

ذخایر بیشتر اندام‌ها را داشته باشند، توجه به عدم تأثیر کود ازته اضافی بیش از یک حد مشخص، توجه به خروج نیتروژن اضافی از خاک قابل دسترس و شستشوی آن و توجه به خطاهای رخ داده در طی مراحل اندازه‌گیری صفات مختلف قطعی می‌نماید.

سپاسگزاری

منابع مالی این طرح پژوهشی از محل اعتبارات حوزه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان تامین شده است که بدین وسیله اعلام قدردانی می‌شود.

از تجزیه مؤلفه‌های اصلی در گندم مشخص ساختند که ژنوتیپ‌های با مقدار مؤلفه اول بیشتر و مقدار مؤلفه دوم کمتر، بیشترین عملکرد را داشته‌اند. مطالعات انجام شده توسط یان و راجکان (Yan and Rajcan, 2002) حاکی از این است که استفاده از نمودار بای پلات ژنوتیپ-صفت در داده‌های چند متغیره، به خوبی ارتباط بین صفات را مشخص کرده و مقایسه ارقام و انتخاب آنها را ساده‌تر می‌نماید. به طور کلی اگرچه تأثیر کود ازته اضافی از جوانب مختلف موثر واقع شد اما تأثیر کم آن در برخی موارد لزوم توجه به مواردی را از قبیل کار برد سطوح بالاتر ازت، به کاربردن سایر ژنوتیپ‌ها و ارقامی که توانایی استفاده از

جدول ۱- تجزیه واریانس عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی در شرایط تنش خشکی و تنش خشکی همراه با کود ازته اضافی

Table 1. Analysis of variance for grain yield and tolerance and susceptibility indices under drought stress and drought stress with extra N fertilizer conditions

میانگین مربعات (Mean square)							درجه آزادی	منابع تغییر	شرایط محیطی
STI	SSI	TOL	GMP	MP	Ys	Yp	df	Source of variation	Environmental conditions
0.03 ^{ns}	0.15 ^{ns}	29.36 ^{ns}	10.21 ^{ns}	13.75 ^{ns}	5.23 ^{ns}	36.9 ^{ns}	2	بلوک (Block)	تنش Stress
0.03*	0.34*	48.89*	9.72 ^{ns}	14.02*	2.78 ^{ns}	47.75*	6	ژنوتیپ (Genotype)	
0.01	0.1	16.7	3.94	4.58	3.44	15.1	12	خطا (Error)	
0.02 ^{ns}	0.18 ^{ns}	38.9 ^{ns}	6.29 ^{ns}	9.74 ^{ns}	2.03 ^{ns}	36.9 ^{ns}	2	بلوک (Block)	تنش/ازت Stress/Nitrogen
0.03*	0.23*	46.2*	11.34*	14.58*	4.03*	47.75*	6	ژنوتیپ (Genotype)	
0.007	0.07	15.2	2.73	4.01	1.05	15.1	12	خطا (Error)	

ns و * به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪

ns and *: Non-significant and significant differences at 5% probability level, respectively

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش در شرایط تنش خشکی و تنش خشکی همراه با کود ازته اضافی
Table 2. Correlation coefficients between tolerance and susceptible indices under drought stress and drought stress with extra N fertilizer conditions

STI	SSI	TOL	GMP	MP	Ys	Yp	
0.8**	0.83**	0.98**	0.85**	0.98**	0.26	1	Yp
0.75**	-0.13	-0.07	0.71**	0.43*	1	0.18	Ys
0.9**	0.75**	0.92**	0.93**	1	0.33	0.98**	MP
0.99**	0.57**	0.73**	1	0.96**	0.58**	0.9**	GMP
0.67**	0.89**	1	0.82**	0/95**	-0.07	0.96**	TOL
0.5*	1	0.91**	0.66**	0.79**	-0.2	0.86**	SSI
1	0.58**	0.77**	0.99**	0.93**	0.64**	0.86**	STI

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

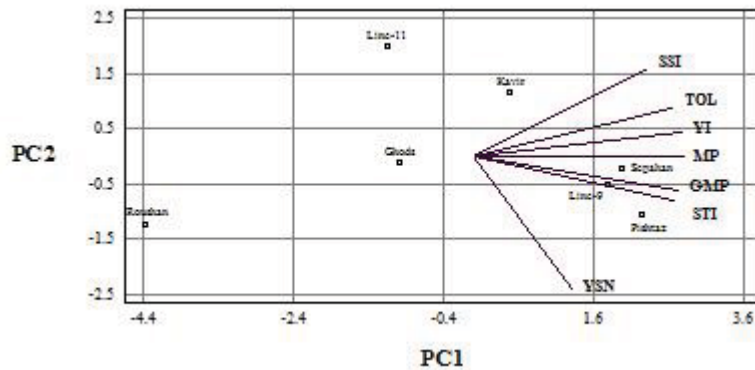
* and **: Significant and significant differences at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین شاخص‌ها و عملکرد دانه در گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای در شرایط محیطی مختلف
Table 3. Comparison of mean of indices and grain yield in resulted groups of cluster analysis under different environmental conditions

(Groups) گروه‌ها						میانگین مربعات (Mean square)		صفات (Traits)
محیط SN (SN environment)			محیط S (S environment)			محیط SN	محیط S	
گروه سوم	گروه دوم	گروه اول	گروه سوم	گروه دوم	گروه اول			
Group3	Group2	Group1	Group3	Group2	Group1			
303.7 ^b	623.3 ^a	765.1 ^a	303.7 ^b	661.7 ^a	759.1 ^a	80407 ^{**}	71658 [*]	YI
164.5 ^a	132.6 ^a	187 ^a	154.9 ^a	161.9 ^a	202.9 ^a	1907 [*]	1304	YSN/ YS
234.1 ^c	379.9 ^b	476.1 ^a	229.4 ^b	411.8 ^a	481.1 ^a	23032 ^{**}	21295 [*]	MP
212.1 ^c	286.1 ^b	376.9 ^a	204.6 ^b	322.1 ^a	390.1 ^a	12319 ^{**}	11488 ^{**}	GMP
139.3 ^b	486.7 ^a	578.1 ^a	148.8 ^b	499.8 ^a	556.2 ^a	72498 ^{**}	60742 [*]	TOL
0.38 ^b	0.98 ^a	1.01 ^a	0.44 ^b	0.99 ^a	1 ^a	0.16 [*]	0.14 ^{**}	SSI
0.11 ^c	0.21 ^b	0.35 ^a	0.11 ^c	0.27 ^b	0.37 ^a	0.03 ^{**}	0.02 ^{**}	STI

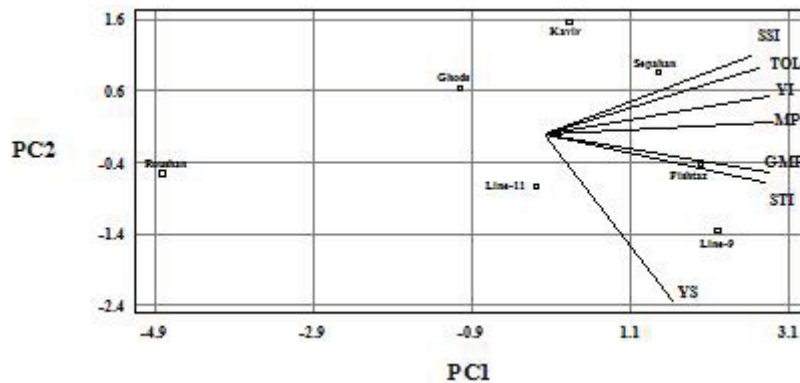
S: محیط تنش رطوبتی، SN: محیط تنش رطوبتی با ازت اضافی، YI: عملکرد محیط نرمال، YS: عملکرد محیط تنش رطوبتی، YSN: عملکرد محیط تنش رطوبت همراه با ازت اضافی، *، ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪. حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین گروه‌هاست.

S: Stress moisture, SN: Stress moisture with extra N fertilizer, YI: Yield under normal environment, YS: Yield under stress environment, YSN: Yield under stress environment with extra N fertilizer, respectively. *and **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively. The different letters means significant differences between groups.



شکل ۱- نمودار بای‌پلات واکنش ژنوتیپ‌های مختلف و پنج شاخص حساسیت و تحمل به تنش و عملکرد در محیط‌های تنش همراه با کود نیتروژن اضافی و بدون تنش

Figure 1. Biplot curve of different genotypes reaction and five tolerance and susceptible indices and grain yield under drought stress with extra N fertilizer and non-stress conditions



شکل ۲- نمودار بای‌پلات واکنش ژنوتیپ‌های مختلف و پنج شاخص حساسیت و تحمل به تنش و عملکرد در محیط‌های تنش و بدون تنش

Figure 2. Biplot curve of different genotypes reaction and five tolerance and susceptible indices and grain yield under drought stress with extra N fertilizer and non-stress conditions

جدول ۴- نتایج آزمون t و درصد کاهش عملکرد دانه در شرایط مختلف محیطی

Table 4. Results of T- test and percentage of grain yield reduction under different environmental conditions

ژنوتیپ Genotype	درصد کاهش عملکرد دانه Percentage of grain yield reduction			آزمون t t- test	
	YSN/YS	YI/YSN	YI/YS	YSN/YS	
				YI/YSN	YI/YS
کویر kavir	-2.18	80.1	79.9	138.6 / 141.7 ^{ns}	706.6/ 138.6 ^{**}
قدس Ghods	3.88	72.2	73.4	158.1 / 151.9 ^{ns}	569.1 / 158.1 ^{**}
پیشتاز Pishtaz	3.26	74.1	74.9	199.2 / 192.7 ^{ns}	768.9 / 199.2 ^{**}
روشن Roshan	5.78	44.5	48.9	164.5 / 155.1 ^{ns}	303.7 / 164.5 ^{**}
لاین ۹ Line 9	-4.1	74.3	73.2	192.6 / 200.8 ^{ns}	749.3 / 192.6 ^{**}
سپاهان Sepahan	8.42	76.8	79.6	174.3 / 159.6 [*]	777.1 / 174.3 ^{**}
لاین ۱۱ Line 11	-10.23	76.2	73.1	141.3 / 159.4 [*]	594.2 / 141.3 ^{**}

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

YI: عملکرد محیط نرمال، YS: عملکرد محیط تنش رطوبتی، YSN: عملکرد محیط تنش رطوبتی همراه با ازت اضافی.

ns * and **: Not significant and significant differences at 5% and 1% probability levels, respectively

YI: Yield under normal environment, YS: Yield under stress environment, YSN: Yield under stress environment with extra N fertilizer, respectively.

جدول ۵- مقادیر ویژه، درصد واریانس نسبی و تجمعی در تجزیه به مولفه‌های اصلی تحت شرایط تنش رطوبتی و تنش همراه با کود ازت اضافی

Table 5. Eigen value, relative and cumulative variance in principal components under drought stress and drought stress with extra N fertilizer conditions

تنش همراه با کود ازت اضافی Stress moisture with extra N fertilizer		تنش رطوبتی Stress moisture		صفات (Traits)
مولفه دوم (PC2)	مولفه اول (PC1)	مولفه دوم (PC2)	مولفه اول (PC1)	
0.13	0.42	0.17	0.41	Yp
-0.76	0.19	-0.79	0.23	Ys
-0.01	0.42	0.05	0.41	MP
-0.21	0.41	-0.19	0.4	GMP
0.27	0.4	0.32	0.39	TOL
0.48	0.34	0.37	0.37	SSI
-0.24	0.41	-0.24	0.39	STI
1.36	5.62	1.07	5.86	مقادیر ویژه Eigen value
19.47	80.37	15.39	83.81	واریانس نسبی Relative variance
99.84	80.37	99.21	83.81	واریانس تجمعی Cumulative variance

References

- Abebe, A., Brick, M. A. and Kirkby, R. A. 1998. Comparison of selection indices to identify productive dry bean lines under diverse environmental conditions. **Field Crop Research** 58:15-23.
- Bahraii, A. and Tahmasebi Sarvestani, Z. 2005. The effect of rate and time of using nitrogen on quantity and quality characters, remobilization efficiency of dry matter and nitrogen in two wheat cultivars. **Iranian Journal of Agriculture Science** 36: 1263-1271. (In Persian)
- Blum, A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. **Journal of Plant Growth Regulator** 20: 135-148.
- Blum, A. 1996. Yield potential and drought resistance: Are they mutually exclusive? In: Reynolds M., Rajaram, S. and McNab, A. (Eds.), *Increasing Yield Potential in Wheat: Breaking the Barriers*, CIMMYT Press, Mexico. PP. 90-101.
- Blum, A. 1998. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. **Euphytica** 100:77-83.
- Clarke, J. M., DePauw, R. M. and Townley-Smith, T. F. 1992. Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. **Crop Science** 32:423-428.
- Dalling, M. J., Boland, G. and Wilson J. H. 1976. Relation between acid proteinase activity and redistribution on N during grain development in wheat. **Australian Journal of plant physiology** 3:271-273.
- Ehdaie, B. 1998. Genetic variation for stem reserve and its mobilization to grains in spring wheat under terminal drought. Proceeding of 5th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding, 31Aug.-4 Sep. Karaj, Iran. (In Persian)
- Ehdaie, B., Alloush, G. A., Madore, M. A. and Waines, G. 2006. Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat: I. Postanthesis changes in internode dry matter. **Crop Science** 46:735-746.
- Ellen, J. and Spiertz J. H. 1980. Effects of rate and timing of N dressing on grain yield formation of winter wheat. **Fertility Research** 1: 177-195.
- Farshadfar, R. A. and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars: I: Grain yield responses. **Australian Journal of Agricultural Research** 29: 897-912.
- Fathi, G. 2005. The effect of drought and nitrogen on nitrogen remobilization in six wheat cultivars. **Iranian Journal of Agricultural Science** 36: 1093-1101. (In Persian)
- Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceeding of Symptom, Taiwan, 13-16 Aug. Chapter 25, PP: 267-270.
- Fischer, R. A. and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. 1. Grain yield responses. **Australian Journal of Agricultural Research** 29: 897-912
- Guttieri, M. J., Stark, J. C., Brien, K. and Souza, E. 2001. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. **Crop Science** 41: 327-335.
- Hossain, A. B. S., Srars, R. G., Cox, T. S. and Paulsen, G. M. 1990. Desiccation tolerance and its relationship to assimilate partitioning in winter wheat. **Crop Science** 30: 622-627.
- Jazayeri, M. R. 2004. Response of oat varieties to moisture stress. MSc Dissertation, Isfahan University of Technology, Iran. (In Persian).
- Karimi, M. 1987. Weather in the Central Region of Iran. Isfahan University of Technology Publication. (In Persian).
- Kaya, Y., Palta, C. and Taner, S. 2002. Additive main effects and multiplicative interactions analysis of yield performances in bread wheat genotypes across environments. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry** 26: 275-279.
- Mainard S. D. and Jeuffroy, M. H. 2001. Partitioning of dry matter and N to the spike throughout the spike growthperiod in wheat crop subjectedto Ndeficiency. **Field Crops Research** 70:153-165.
- Malakooti, M. G. and Homaii, M. 2004. Productivity of Soil in Arid and Semiarid Regions (2th Ed.). Tarbiat Modarres University publication. (in Persian)
- Nasir Ud-Din, B., Carver, F. and Clutter, A. C. 1992. Genetic analysis and selection for wheat yield in drought-stressed and irrigated environments. **Euphytica** 62: 89-96.

- Ndunguru, B. J., Ntare B. R., Williams, J. H. and Greenberg, D. C. 1995. Assessment of groundnut cultivars for end of season drought tolerance in a Sahelian environment. **Journal of Agriculture Science of Cambridge** 125: 79:85.
- Nourmand Moayyed, F., Rostami M. A. and Ghannadha, M. R. 2001. Evaluation of drought resistance indices in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). **Iranian Journal of Agriculture Science** 32: 795-805. (In Persian)
- Palta, J. A., Turner, N.C. and Filery, I. R. 1994. Remobilization of carbon and N in wheat as influenced by postanthesis water deficits. **Crop Science** 34: 118-124.
- Palta J. A. and Filery I. R. P. 1995. Application enhances remobilization and reduces losses of preanthesis N in wheat grown on duplex soil. **CAB abstract**, 47: 4.
- Papakosta, D. K. and Gaginas, A. A. 1991. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and losses for Mediterranean wheat during grain filling. **Agronomy Journal** 83: 864-870.
- Pheloung, P. C. and Sidique, K. H. M. 1991. Contribution of stem dry matter to grain yield in wheat cultivars. **Australian Journal of Plant Physiology** 18: 53-64.
- Ramirez-Vallejo, P. and Kelly, J. D. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. **Euphytica** 99: 127-136.
- Richards, R. A. 1996. Defining selection criteria to improve yield under drought. **Journal of Plant Growth Regulator** 20: 157-166.
- Robert, K. M. and Waker, J. 1994. Physiological of Field Crops. Shiraz University Publication. (In Persian).
- Rosielle, A. A., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. **Crop Science** 21: 943-946.
- Thomas, H., Dalton. S. J., Evans, C., Chorlton, K. H. and Thomas, I. D. 1996. Evaluating drought resistance in germplasm of meadow fescue. **Euphytica** 92: 401-411.
- Yan, W. and Rajcan. I. 2002. Biplot analysis of test sites and traits relations of soybean in Ontario. **Crop Science** 42: 11-20.
- Yousefi Azarkhanian, M. 2005. Evaluation of selection efficiency for drought tolerance in wheat. MSc Dissertation, Isfahan University of Technology, Iran. (In Persian).

Effect of extra nitrogen fertilizer on reduction of drought stress

Maryam Golabadi^{1*} and Akbar Ghandi²

1. Assistant Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Khorasgan Branch, Iran, 2. Staff Member of Isfahan Center for Research of Agriculture and Natural Resources, Isfahan, Iran

(Received: October 23, 2011- Accepted: January 2, 2012)

Abstract

This research was performed to investigate the role of extra nitrogen fertilizer in reduction of drought stress effects in bread wheat. For this propose, an experiment was conducted as split plot using randomized complete block design with three replications, during 2010-2011. The three different environmental conditions consisted of normal conditions, terminal drought stress condition with 30% increase in N fertilizer and terminal drought stress condition, were allocated in the main plots and 7 cultivars and lines of bread wheat were assigned in sub plots. The genotypes under investigation revealed significant differences on MP, GMP, TOL, STI and SSI under drought stress and drought stress with extra N fertilizer conditions. Based on the results of correlation between drought tolerance indices and grain yield, GMP and STI depicted positive correlation with grain yield under all environmental conditions. Therefore, GMP and STI indices were considered as the best for the selection of tolerant genotypes under different environmental conditions. The result of cluster analysis which was based on the reaction of the seed in different environmental conditions, and the indices could lead to separated genotypes to three groups under stress condition and stress condition with extra N fertilizer. Comparison of traits on genotypes in these groups revealed that Sepahan, Pishtaz and Line 9 had the highest amount of yield and indices under drought stress condition with extra N fertilizer, however only Pishtaz and line 9 showed the highest amount of different traits under drought stress conditions. There were low reduction in grain yield under stress condition with extra N fertilizer for Sepahan and Rowshan which is mainly related to effect of nitrogen on drought stress adjustment. Nitrogen treatment did not have noticeable effects on the other genotypes. By comparing the percentage of yield reduction under stress environment, it was proved that Sepahan and Rowshan had 9 and 6 percent yield reduction respectively under extra N fertilizer less than the drought stress. T-test indicated that there were significant differences between grain yield under normal and stress conditions for all genotypes, however, Sepahan and line 11 showed significant differences between drought stress and drought stress with extra N fertilizer conditions.

Keywords: Bread wheat, Moisture stress, Nitrogen fertilizer, Tolerance and susceptibility indices

*Corresponding author: m.golabadi@khuisf.ac.ir