دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

ارزیابی واکنش ارقام ماش نسبت به تنش خشکی با استفاده از شاخص‌های مختلف تنش خشکی

مهدی هاشم زهی[۱]، ابوالقاسم مرادقلی[۲] و احمد قاسمی[۳]

۱- کارشناس ارشد، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زابل، (نویسنده مسوول: hashemzehi.mehdi@gmail.com)
۲ و ۳- کارشناس ارشد و مربی پژوهشی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زابل

تاریخ دریافت: ۹۰/۴/۸ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۲/۶

چکیده

به منظور بررسی واکنش ارقام ماش نسبت به تنش خشکی انتهای فصل در شرایط آب و هوایی زابل، شش رقم ماش در سال ۱۳۸۶ در قالب بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار در دو محیط بدون تنش و دارای تنش خشکی مورد مطالعه قرار گرفتند. آبیاری در هر دو محیط تنش‌دار و بدون تنش تا ۵۰ درصد گلدهی به طور یکسان انجام شد. در محیط دارای تنش خشکی، آبیاری از ۵۰ درصد گلدهی تا رسیدگی محصول و برداشت قطع شد. نتایج نشان داد که تنش خشکی تاثیر منفی بر کلیه صفات در ارقام مورد بررسی دارد. بیشترین آسیب مربوط به عملکرد دانه و کمترین آسیب مربوط به وزن هزار دانه بود. به منظور ارزیابی تحمل به تنش خشکی در ارقام مورد بررسی از شاخص‌های کمی مقاومت به خشکی مانند میانگین ریاضی بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص تحمل به خشکی (STI)، شاخص تحمل (TOL)، شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص میانگین هارمونیک بهره‌وری (HARM) استفاده شد. بر اساس شاخص‌های فوق رقم PUSA مقاوم‌ترین و ارقام MN22 و MN92 حساس‌ترین ارقام به تنش خشکی شناخته شدند. به منظور درک بیشتر ارتباط بین شاخص‌ها از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. دو مؤلفه اول جمعاً ۹۹ درصد از تغییرات مربوط به شاخص‌ها را توجیه نمودند. نمودار بای‌پلات نیز مسئله تحمل بالای رقم PUSA و حساسیت ارقام MN22 و MN92 نسبت به تنش خشکی را مورد تاکید قرار داد.

واژه‌های کلیدی: ماش، تحمل به خشکی، شاخص های تحمل به تنش، عملکرد، تجزیه به مولفه های اصلی

مقدمه

کشور ما دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک است و کمبود آب یکی از مشکلات اساسی کشاورزی ایران می باشد، لذا وقوع تنش خشکی در دوره رشد گیاهان امری اجتناب ناپذیر است. عکس العمل گیاهان مختلف و حتی رقم‌های مختلف از یک گیاه نسبت به تنش خشکی متفاوت است (۱۰، ۱۵). در حال

Archive of SID

www.SID.ir

حاضر نیز، قسمت اعظم تولید حبوبات در مناطق دیم صورت می‌گیرد و عملکرد بالقوه پایین ارقام کنونی، بکارگیری محدود نهاده‌های کشاورزی، اتخاذ روش های نامناسب تولید و وقوع تنش‌های زیستی و غیر زیستی طی فصل رشد از عوامل مهم کاهش تولید و نوسانات عملکرد این گیاهان محسوب می‌شود (۲). عملکرد در شرایط تنش هیچگاه نتوانسته ملاک مناسب و دقیقی جهت انتخاب ژنوتیپ های متحمل به خشکی باشد و همواره هدف از تهیه ارقام متحمل به خشکی، ارقامی بوده که به طور نسبی در مقایسه با سایر ژنوتیپ ها تنش را بهتر تحمل کرده و در شرایط محیطی یکسان افت عملکرد کمتری را حاصل نماید (۱۴). هفت شاخص کمی تحمل به خشکی توسط محققین مختلف، معرفی و بکار گرفته شده‌اند. هر یک از شاخص‌ها دارای مزایا و معایبی هستند. فرناندز (۷) در معرفی شاخص‌های کمی تحمل به خشکی اظهار می‌دارد که هر چقدر عملکرد یک ژنوتیپ در محیط خشک (Ys)[1] به عملکرد در شرایط نرمال (Yp)[2] نزدیکتر باشد، حساسیت رقم به خشکی کمتر بوده و در نتیجه مقدار شاخص نسبت افت عملکرد (Yr)[3] و به تبع آن شاخص حساسیت به تنش (SSI)[4] آن رقم کوچکتر می‌شود. تحمل یا حساسیت نسبی ارقام به خشکی را می‌توان از مقایسه مقادیر SSI آنها تعیین نمود (۶).

شاخص‌های گزینش بهینه، بایستی طوری انتخاب شوند که بتوانند اختلاف ژنوتیپ‌های گروه A را از سه گروه دیگر تشخیص دهند. بنا به نظر فرناندز (۷) شاخص‌های MP, SSI, Yr, TOL در جداسازی ژنوتیپ های گروه A از سایر گروه‌ها چندان موفق نیستند. گزینش بر اساس MP، معمولاً متوسط عملکرد را در هر دو محیط دارای تنش و بدون تنش افزایش می‌دهد. به این دلیل، MP برای تشخیص ژنوتیپ‌های گروه A از گروه B مناسب نیست (۷). گزینش بر اساس شاخص TOL، ژنوتیپ هایی با پتانسیل پائین عملکرد تحت شرایط بدون تنش و عملکرد بالا تحت شرایط تنش را انتخاب می‌کند. در اکثر آزمایش‌های عملکرد، همبستگی بین TOL با Ys و Yp مثبت می‌باشد. بنابراین شاخص TOL، قادر به تشخیص اختلاف بین گروه A و گروه C نمی باشد (۷). معیارهای SSI و Yr ژنوتیپ‌هایی را بر می‌گزینند که دارای پتانسیل پائین عملکرد در شرایط بدون تنش و پتانسیل عملکرد بالا تحت شرایط تنش‌دار باشند. شاخص STI می‌تواند ژنوتیپ های گروه A را از سایر گروه ها تشخیص دهد.

بنابراین به عنوان شاخص برتر نسبت به سایر شاخص‌ها در جداسازی ژنوتیپ های چهار گروه از هم، بهتر عمل خواهد کرد (۷). کاستا واجم وشنموگاتاسان (۴)، اثرات آبیاری را در مراحل مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش مورد ارزیابی قرار دادند. مراحل رشد شامل مرحله رویشی، گلدهی و پرشدن غلاف بود. تیمارهایی که در طی دو مرحله یا بیشتر آبیاری شدند عملکرد معنی‌دار بیشتری از آنهایی که فقط در یک مرحله آبیاری شدند، داشتند. در تیمار با دو مرحله آبیاری، آبیاری در طی گلدهی و پرشدن غلاف مؤثرتر بود.

1- Yield in drought stress condition (Ys)
2- Yield in non-stress condition (Yp)
3- Yield reduction (Yr)
4- Stress sensitivity index (SSI)

Archive of SID

www.SID.ir

آبیاری در طی مرحله گلدهی فقط در یک مرحله آبیاری حداکثر عملکرد را تولید نمود. این تحقیق به منظور ارزیابی واکنش ژنوتیپ های ماش نسبت به تنش خشکی و گزینش ژنوتیپ‌های برتر بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش خشکی انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی سیستان واقع در ایستگاه تحقیقات کشاورزی زهک اجرا گردید که دارای اقلیم کشاورزی بسیار خشک با تابستان بسیار گرم و طولانی می‌باشد. این تحقیق در قالب طرح بلوک های‌کامل تصادفی در سه تکرار و دو آزمایش جداگانه نرمال و تنش خشکی اجرا گردید. تیمارهای مورد بررسی در این تحقیق شامل شش رقم ماش به نام های پرتو، سیستان، و ارقام وارداتی شامل MN92، MN94، MN22 و PUSA بود. فاصله بین خطوط ۵۰ سانتی متر و روی خط ۱۰ سانتی متر بود. آبیاری تا مرحله گلدهی در دو آزمایش انجام و در آزمایش تنش از این مرحله به بعد آبیاری قطع گردید. کلیه عملیات زراعی، تنک کردن بوته‌ها، وجین علفهای هرز در هر دو آزمایش به طور یکسان انجام گرفت. صفات مورد بررسی شامل روز تا ۵۰ درصدگلدهی، روز تا ظهور غلاف، روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، تعداد دانه در غلاف، طول غلاف، تعداد شاخه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه در هکتار، وزن دانه در غلاف و تعداد غلاف سقط شده بود. کلیه صفات در هر دو آزمایش به طور جداگانه در هر کرت اندازه‌گیری شد. با مقایسه میانگین عملکرد کلیه ارقام در شرایط تنش خشکی ($\overline{Y}_s$) و آبیاری مطلوب ($\overline{Y}_P$) شدت تنش (SI)[1] آن آزمایش قابل محاسبه است.

$$SI = 1 - \frac{\overline{Y}_S}{\overline{Y}_P}$$

بنابراین به منظور سنجش شدت تنش اعمال شده بایستی عملکرد حاصل از کشت در تنش خشکی را با حداکثر عملکرد که معمولاً از کشت در محیط‌های بدون تنش و با آبیاری مطلوب به دست می‌آید، مقایسه نمود. دامنه شدت تنش بین صفر و یک بوده و مقدار زیاد آن (ارقام نزدیک به یک) نشانگر شدت و سختی بالای تنش اعمال شده است (۲).

در این تحقیق از شش شاخص، شاخص تحمل (TOL)، شاخص میانگین ریاضی بهره‌وری (MP)، شاخص میانگین هارمونیک بهره‌وری (HARM)، شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص تحمل به تنش (STI)، و شاخص حساسیت به تنش (SSI) برای تعیین میزان تحمل یا حساسیت ژنوتیپ‌ها به خشکی استفاده گردید و بر اساس مقادیر بدست آمده ژنوتیپ‌ها گروه‌بندی شدند.

با توجه به این که یک شاخص مناسب، شاخصی است که بتواند ژنوتیپ‌های گروه A را از گروه‌های B و C تفکیک کند (۸)، بنابراین تفکیک دقیق تر ژنوتیپ ها بر اساس نمودار سه بعدی X، Y و Z صورت گرفت که بدین منظور از نرم افزار Sigma Plot استفاده شد. در این نمودار، X، Y و Z به ترتیب عملکرد در شرایط

1- Stress intensity (SI)

Archive of SID

www.SID.ir

تنش (Ys)، عملکرد در شرایط بدون تنش (Yp) و شاخص تحمل به تنش (STI) می‌باشد. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش خشکی در نرم افزار آماری Minitab14 مورد تجزیه قرار گرفتند. سپس با رسم بای پلات دو مؤلفه اول، ارتباط بین شاخص‌ها و سهم هر شاخص در مؤلفه‌ها نام‌گذاری شدند. برای برآورد درصد تغییرات ناشی از تنش از رابطه زیر استفاده گردید.

$$C = \frac{(CP - CD)}{CP}$$

درصد تغییر صفت =C
میانگین صفت تحت شرایط بدون تنش =CP
میانگین صفت تحت شرایط تنش =CD

نتایج و بحث

درصد تغییرات ناشی از تنش خشکی بر صفات اندازه گیری شده در جدول ۱ نشان داده شده است. در شرایط تنش خشکی کلیه صفات فوق کاهش پیدا کرده است. نتایج کار ابراهیمی (۵) روی ۳۰ رقم لوبیای قرمز و ۳۰ رقم لوبیای سفید با این مطالعه مطابقت دارد. بیشترین آسیب ناشی از تنش خشکی مربوط به عملکرد دانه و کمترین آسیب مربوط به وزن هزار دانه بوده است. کاهش دوره رویشی گیاه شاید به خاطر مکانیزم های فرار از خشکی مانند زودرسی زودتر از موقع باشد. چنین نتایجی توسط گرزیسیاک و همکاران (۹)، در مورد حبوبات لوبیا، سویا و نخود گرفته شده است.

جدول ۱- میانگین صفات مورد بررسی در شرایط نرمال، تنش و درصد تغییرات ناشی از تنش خشکی در ژنوتیپ های ماش

صفات	میانگین صفات در شرایط تنش	میانگین صفات در شرایط بدون تنش	درصد تغییرات صفات
روز تا ۵۰ درصد گلدهی	۳۸/۶۱	۴۱/۶۶	۷/۳۳
روز تا ظهور غلاف	۴۱/۶۶	۴۴/۶۶	۶/۷۱
روز تا رسیدگی	۵۶/۷۷	۵۹/۸۸	۵/۱۹
ارتفاع (سانتیمتر)	۴۴/۱۶	۵۳/۷۷	۱۷/۸۷
تعداد دانه در غلاف	۶/۴۴	۸/۴۴	۲۳/۶۸
طول غلاف (سانتیمتر)	۸/۱۱	۸/۶۱	۵/۸۰
تعداد شاخه در بوته	۲/۵۵	۴/۵۵	۴۳/۹۰
وزن هزار دانه (گرم)	۴۵/۲۲	۴۷/۲۲	۴/۲۳
عملکرد دانه در هکتار	۵۵۸/۷۲	۱۰۰۳/۰۵	۴۴/۲۹
وزن دانه در غلاف (گرم)	۰/۲۵	۰/۳۲	۲۳/۲۶

شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش خشکی

شاخص‌های *SSI*، *TOL*، *MP*، *GMP*، *STI* و *HARM* بر اساس عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو محیط دارای تنش و بدون تنش رطوبتی محاسبه شدند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین شاخص‌ها نشان داد بر اساس (Yp) ارقام PUSA و سیستان که بیشترین مقادیر عملکرد دانه و ارقام MN92 و MN22 کمترین مقادیر عملکرد دانه را در شرایط بدون تنش به

Archive of SID

www.SID.ir

خود اختصاص دادند (جدول ۲). بر اساس (Ys) نیز ارقام PUSA و MN94 بیشترین مقادیر عملکرد دانه و ارقام MN92 و پرتو کمترین مقادیر عملکرد دانه را در شرایط تنش خشکی به خود اختصاص دادند (جدول ۲).

بر اساس شاخص *SSI*، ارقام MN92 و MN22 با مقادیر *SSI* کم، جزء متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی بودند و ارقام سیستان و پرتو حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها محسوب شدند. رامیرز- والجو و کلی (۱۲)، با ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های لوبیای معمولی بیان کردند که مقدار این شاخص بین ۰/۴۶ تا ۱/۲۴ برای ژنوتیپ‌های مختلف متغیر بود. از لحاظ شاخص تحمل *TOL*، نیز ارقام MN92 و MN22 با مقادیر کم *TOL* متحمل‌ترین ارقام بودند و ارقام PUSA و سیستان کمترین تحمل را به تنش خشکی داشتند (جدول ۲). با توجه به شاخص میانگین محصول دهی(*MP*)، ارقام PUSA و سیستان به ترتیب با ۱۲۳۳ و ۸۹۸/۶ کیلوگرم در هکتار بیشترین و ارقام MN22 و MN92 به ترتیب با ۵۸۸ و ۴۹۶/۸ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار این شاخص را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). در ضمن ارقام PUSA و سیستان به ترتیب با ۱۱۸۸/۴ و ۷۸۷/۱ کیلوگرم در هکتار بیشترین و ارقام MN22 و MN92 به ترتیب با ۵۸۰/۳ و ۴۹۴/۴ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار شاخص *GMP* را داشتند (جدول ۲).

با توجه به شاخص میانگین هارمونیک محصول‌دهی (*HARM*)، ارقام PUSA و MN94 به ترتیب با ۱۱۴۵/۵ و ۷۵۰/۲ کیلوگرم در هکتار بیشترین و ارقام MN22 و MN92 به ترتیب با ۵۷۲/۸ و۴۹۲ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار این شاخص را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). ارقام PUSA و MN92 به ترتیب با مقدار شاخص تحمل به تنش (*STI*) برابر۱/۴۰ و ۰/۲۴ متحمل‌ترین و حساس‌ترین ارقام بودند (جدول ۲). فرناندز (۷)، بیان نمود که انتخاب براساس شاخص *SSI* و *TOL* منجر به گزینش ژنوتیپ‌هایی می‌شود که در شرایط بدون تنش دارای عملکرد پایین‌تر هستند ولی در شرایط تنش خشکی، عملکرد نسبتاً بالاتری دارند. در ضمن شاخص *SSI* نمی‌تواند ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و ژنوتیپ‌هایی را که پتانسیل عملکرد پایینی دارند از هم متمایز کند (۱۲).

انتخاب بر اساس شاخص *TOL* اغلب موجب انتخاب ژنوتیپ‌هایی می‌شود که در شرایط بدون تنش، عملکرد پایین‌تری دارند (۱۳). اکوستا گالگوز و آدامز (۱)، بیان کردند که ترتیب طبقه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص *GMP* با ترتیب آنها بر اساس شاخص *SSI* متفاوت است. بنابراین انتخاب برای تحمل به خشکی زمانی ارزشمند است که ژنوتیپ متحمل در محیط دارای شرایط خشکی و تنش کشت شود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- مقادیر عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط دارای تنش و بدون تنش، شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش خشکی همراه با رتبه ژنوتیپ‌ها

ارقام	Yp (kg/hr)	Ys (kg/hr)	*MP*	*GMP*	*TOL*	*SSI*	*STI*	*HARM*
پرتو	۸۸۱/۶(۴)	۴۴۶(۶)	۶۶۳/۸(۴)	۶۲۷(۴)	۴۳۵/۶(۴)	۱/۱۱(۵)	۰/۳۹(۴)	۵۹۲/۳(۴)
سیستان	۱۳۳۲/۳(۲)	۴۶۵(۴)	۸۹۸/۶(۲)	۷۸۷/۱(۲)	۸۶۷/۳(۵)	۱/۴۶(۶)	۰/۶۱(۲)	۶۸۹/۳(۳)
MN92	۵۴۵/۶(۶)	۴۴۸(۵)	۴۹۴/۴(۶)	۴۹۴/۴(۶)	۹۷/۶(۱)	۰/۴۰(۱)	۰/۲۴(۶)	۴۹۲(۶)
MN94	۱۰۱۵(۳)	۵۹۵(۲)	۷۷۷/۱(۳)	۷۷۷/۱(۳)	۴۲۰(۳)	۰/۹۳(۳)	۰/۶۰(۳)	۷۵۰/۲(۲)
MN22	۶۸۲/۳(۵)	۴۹۳/۶(۳)	۵۸۰/۳(۵)	۵۸۰/۳(۵)	۱۸۸/۶(۲)	۰/۶۲(۲)	۰/۳۳(۵)	۵۷۲/۸(۵)
PUSA	۱۵۶۱/۳(۱)	۹۰۴/۶(۱)	۱۲۳۳(۱)	۱۱۸۸/۴(۱)	۶۵۶/۶(۶)	۰/۹۴(۴)	۱/۴۰(۱)	۱۱۴۵/۵(۱)

یکی از معایب شاخص *SSI* این است که این شاخص نسبت عملکرد در شرایط دارای تنش به شرایط بدون تنش را برای هر ژنوتیپ در مقایسه با همین نسبت برای کل ژنوتیپ‌های موجود در آزمایش اندازه‌گیری می‌کند. بنابراین دو ژنوتیپ با عملکرد زیاد و کم می‌توانند مقدار *SSI* یکسانی داشته باشند، چون اختلاف عملکرد بین شرایط دارای تنش و فاقد تنش برای هر دو ژنوتیپ می‌تواند یکسان باشد (۳). شاخص تحمل به تنش (*STI*) ژنوتیپ‌هایی را گزینش می‌کند که در هر دو محیط دارای تنش و بدون تنش، عملکرد بالایی دارند (۷). بنابراین طبق نظر فرناندز (۷) بهترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ ها، شاخص *STI* است، چون قادر است ژنوتیپ‌های گروه A را از گروه B و C جدا نماید.

همبستگی میان شاخص‌ها و عملکرد دانه

به طور کل، شاخص‌هایی که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای همبستگی بالایی با عملکرد باشند به عنوان بهترین شاخص معرفی می‌شوند. زیرا این شاخص ها قادر به جدا کردن و شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو محیط می‌باشند. ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی انتهای فصل و بدون تنش با شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی در جدول ۳ نشان داده شده است.

عملکرد در شرایط تنش (Y_s) با شاخص‌های HARM، STI، GMP همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و با شاخص‌های TOL و SSI همبستگی غیرمعنی دار نشان داد. عملکرد دانه در شرایط بدون تنش (Y_p) با شاخص‌های TOL، GMP، MP همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و با شاخص HARM، STI همبستگی معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و با شاخص (SSI) همبستگی معنی‌داری نشان نداد (جدول ۳). شاخص (MP) در جهت بالا بردن پتانسیل عملکرد عمل کرده و در اکثر آزمایشهای عملکرد، همبستگی میان (MP) با (Y_s) نیز مثبت بود (۱۳). بالاترین ضریب همبستگی عملکرد دانه در شرایط بدون تنش با شاخص‌های MP، GMP و STI بدست آمده ولی در شرایط تنش بالاترین ضریب همبستگی عملکرد دانه به ترتیب با شاخص‌های HARM،

Archive of SID

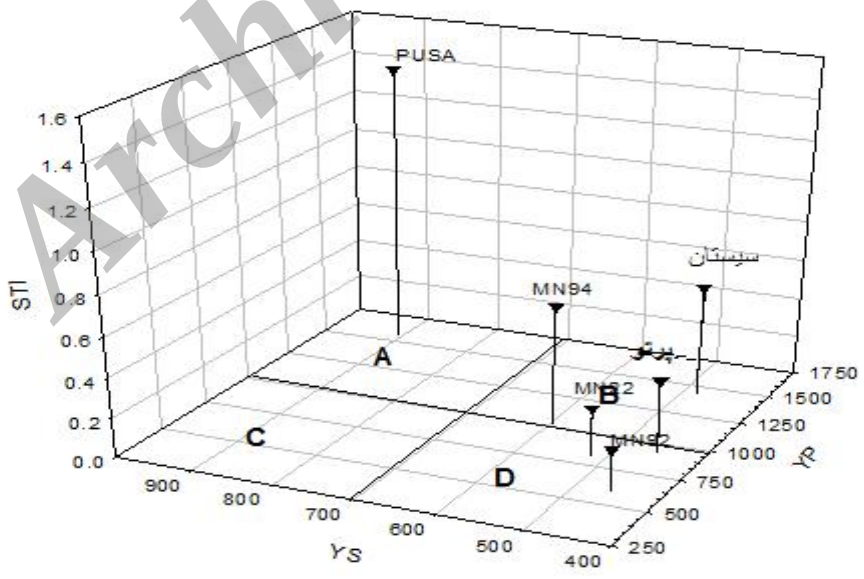
www.SID.ir

STI، GMP، MP حاصل گردید. نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققین نیز مشابهت دارد (۱۱،۷). رتبه بندی ژنوتیپ‌ها برای میانگین حسابی (MP)، میانگین هندسی (GMP)، شاخص تحمل خشکی (STI) یکسان است (جدول ۲). از طرفی همبستگی مثبت و معنی‌داری بین این شاخص‌ها با عملکرد دانه در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی وجود داشت بنابراین سه شاخص مذکور برای ارزیابی تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌ها مناسبند. برای تعیین ارقام مقاوم به خشکی از نمودار سه بعدی استفاده شد. شکل (۱)، نمودار سه بعدی ارتباط بین سه متغیر Y_P، Y_S و شاخص تحمل به خشکی (STI) را نشان می دهد. با توجه به این سه معیار ارقام به چهار گروه A، B، C و D تقسیم شدند.

جدول ۳- ضرایب همبستگی ساده بین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد ارقام ماش

	HARM	STI	SSI	TOL	GMP	MP	Ys	Yp
Yp	۰/۸۷*	۰/۸۹*	۰/۷۰	۰/۹۰**	۰/۹۳**	۰/۹۷**	۰/۷۱	۱
Ys	۰/۹۶**	۰/۹۵**	۰/۰۴۱	۰/۳۴	۰/۹۲**	۰/۸۶*	۱	
MP	۰/۹۶**	۰/۹۷**	۰/۵۲	۰/۷۷	۰/۹۹**	۱		
GMP	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۴۱	۰/۶۸	۱			
TOL	۰/۵۸	۰/۶۱	۰/۹۲**	۱				
SSI	۰/۳۰	۰/۳۲	۱					
STI	۰/۹۹**	۱						
HARM	۱							

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



شکل۱- پراکنش ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد در محیط‌های دارای تنش و بدون تنش و شاخص STI در شدت تنش ۰/۴۴.

Archive of SID

www.SID.ir

۱) ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط، برتر بوده و عملکرد دانه بیشتری دارند (گروه A).
۲) ژنوتیپ‌هایی که فقط در محیط مطلوب برتر بوده و در محیط تنش دار جزء ژنوتیپ‌های با عملکرد پائین هستند (گروه B).
۳) ژنوتیپ‌های دارای عملکرد نسبتاً بالا، فقط در محیط تنش‌دار، طوری که تحت محیط بدون تنش در گروه ارقام دارای عملکرد پائین قرار می‌گیرند (گروه C).
۴) ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پائین در هر دو محیط بدون تنش و تنش دار (گروه D).
با توجه به شکل رقم PUSA در گروه A قرار دارد یعنی هم متحمل به تنش خشکی است و هم در محیط تنش و بدون تنش دارای عملکرد بالا است. در گروه B ارقام سیستان و MN94 قرار دارند. در گروه C هیچ رقمی قرار نگرفت. در گروه D نیز ارقام پرتو، MN22 و MN92 قرار گرفتند که دارای عملکرد پایین در هر دو محیط تنش و بدون تنش بودند.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش خشکی

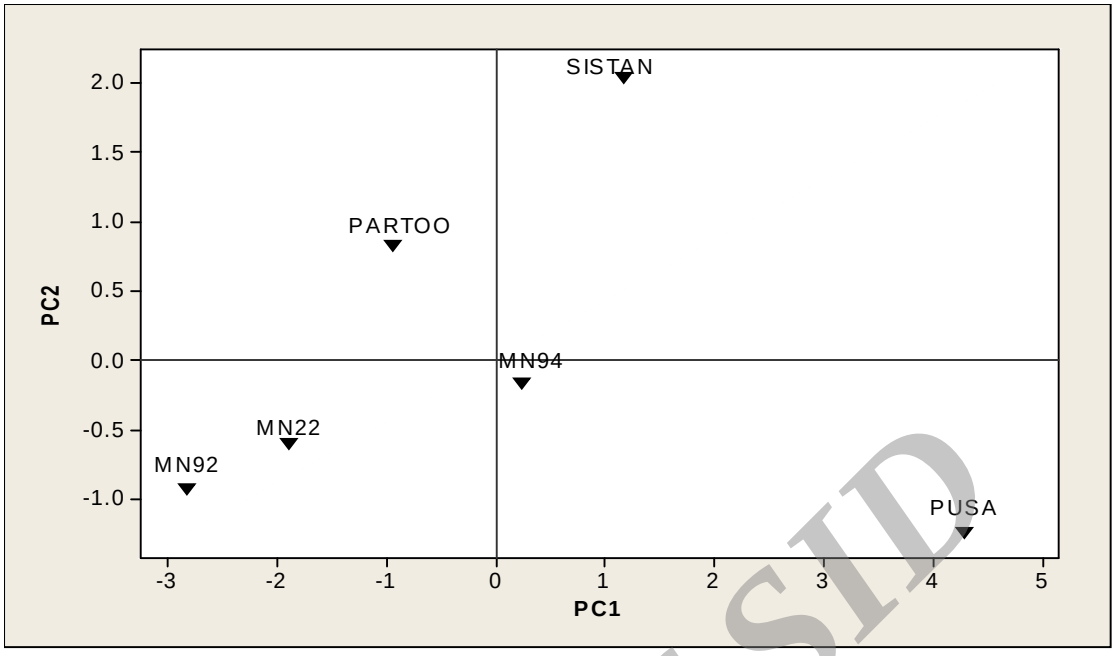
به منظور درک بیشتر ارتباط بین شاخص‌ها از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. دو مؤلفه اول جمعاً ۰/۹۹ از تغییرات مربوط به شاخص‌ها را توجیه نمود ولی سهم مؤلفه اول در تبیین تغییرات کل شاخص‌ها برابر با ۰/۸۰ بود (جدول ۴). در مؤلفه اول شاخص‌های Y_P، Y_S، MP، *GMP*، *STI* و *HARM* بیشترین ضرایب را به خود اختصاص دادند و از آنجا که مقادیر بالای این شاخص ها برای ما مطلوب است و با توجه به رابطه مثبت مؤلفه اول با این شاخص‌ها اگر میزان بالای آن انتخاب شود ژنوتیپ‌هایی برگزیده می شوند که دارای عملکرد بالا در هر دو محیط بدون تنش و تنش هستند. از این رو این مؤلفه به عنوان مؤلفه پتانسیل عملکرد و متحمل به تنش خشکی معرفی گردید. رقم PUSA دارای بالاترین مقدار مؤلفه اول (شکل ۲) و هم چنین مقادیر نسبتاً بالای Y_P، Y_S، MP، *GMP*، *STI* و *HARM* بود. (جدول ۲).
این رقم سازگاری بیشتری با شرایط محیطی منطقه داشته و توانسته عملکرد مناسبی در هر دو محیط تنش دار و بدون تنش تولید نماید. در مقابل ارقام MN92 و MN22 دارای کمترین مقدار مؤلفه اول بودند (شکل ۲).

جدول ۴- سهم هر مولفه در کل تغییرات مربوط به شاخص‌ها و مقادیر ضرایب شاخص‌ها برای هر مولفه

مولفه‌ها	سهم هر مولفه	ضرایب شاخص‌ها							
		Yp	Ys	MP	*GMP*	TOL	*SSI*	*STI*	*HARM*
PC1	۰/۸۰	۰/۳۸	۰/۳۳	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۱	۰/۲۱	۰/۳۸	۰/۳۸
PC2	۰/۱۹	۰/۱۶	-۰/۴۲	-۰/۰۲	-۰/۱۳	۰/۴۹	۰/۶۷	-۰/۲۰	-۰/۲۳

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- بای پلات واکنش ارقام ماش در شش شاخص تحمل و حساسیت به تنش و عملکرد در محیط‌های تنش و بدون تنش خشکی بر اساس مولفه‌های اصلی اول و دوم.

ارقام MN92 و MN22 پایین‌ترین مقادیر Y_P، Y_S، MP، *GMP*، *STI* و *HARM* را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). این ارقام با شرایط محیطی منطقه سازگاری خوبی نداشته و پتانسیل عملکرد آنها بسیار پایین بوده است. مؤلفه دوم ۱۹ درصد از تغییرات کل شاخص ها را توجیه نمود. در این مؤلفه شاخص های *SSI* و *TOL* نقش بیشتری داشتند و دارای همبستگی مثبت و بالایی با شاخص‌های *SSI* و *TOL* بودند. (جدول ۳). بنابراین مؤلفه مذکور را می‌توان مؤلفه تحمل یا حساسیت به تنش نامید. انتخاب بر اساس مقادیر بیشتر این مؤلفه موجب گزینش ژنوتیپ‌های حساس تر به تنش محیطی می‌شود. رقم سیستان دارای بالاترین مقدار این مؤلفه و هم‌چنین بیشترین مقادیر *TOL* و *SSI* بود و ارقام PUSA و MN92 به ترتیب دارای کمترین مقدار این مؤلفه و هم‌چنین کمترین مقادیر *TOL* و *SSI* بودند (جدول ۲ و شکل ۲). بنابراین به نظر می‌رسد که برای محیط‌های دارای تنش خشکی ارقام PUSA و MN92 مناسب‌تر باشند.

فرناندز (۷)، بیان کرد که در شرایط تنش متوسط، مؤلفه اول ۶۹ درصد از تغییرات مربوط به شاخص‌ها را در گیاه لوبیا توجیه نمود و در این مؤلفه *STI*، MP و Y_P بیشترین نقش را داشتند. بنابراین این مؤلفه را مؤلفه پتانسیل و مؤلفه دوم را که ۳۰ درصد از تغییرات موجود را توجیه نموده بود و در آن شاخص‌های *TOL*، *SSI* و Y_S بیشترین نقش را داشتند به عنوان مؤلفه تحمل به تنش نام‌گذاری کرد. در ضمن به نظر می‌رسد که شاخص *STI*، شاخص مناسبی برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر باشد، زیرا انتظار می‌رود ژنوتیپ‌هایی که بر اساس این شاخص گزینش می‌شوند دارای توان عملکرد

Archive of SID

www.SID.ir

بالاتری بوده و در ضمن از تحمل خوبی نسبت به شرایط تنش خشکی برخوردار باشند. در این پژوهش نیز رقم PUSA بر اساس شاخص *STI* بهترین ژنوتیپ بود و علاوه بر این که بیشترین تحمل را به تنش رطوبتی داشت و از عملکرد نسبتاً بالایی در هر دو محیط (تنش و بدون تنش) برخوردار بود.

منابع:

1. Acosta-Gallegos, J.A. and M.W. Adams. 1991. Plant traits and yield stability of dry bean cultivars under drought stress. Journal of Agricultural Science, Camb. 117: 213-219.
2. Agheri, A. 1998. Breeding crops for stress tolerance and non-biological life. Articles Abstract the Fifth Congress of Agronomy. Tehran University. (In Persian)
3. Clarke, J.M., R.M. Depauw and T.F.T. Smith. 1992. Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. Crop Science, 32: 723-728.
4. Costa-Wajm, De. and K.N. Shanmugathasan. 1999. Effects of irrigation at different growth stages and source-sink manipulations on yield and yield components of mung bean (Vigna radiata (L.) Wilczek) in dry and intermediate zones of Sri Lanka. J. of Agronomy and Crop Science, 183(2): 111-117.
5. Ebrahimi, M. 2001. A number of red and white bean genotypes in response to limited irrigation. M.Sc Thesis. Tehran University. (In Persian)
6. Ehdai, B. 1993. Selection for drought resistance in wheat. Articles Congress of Agronomy. Tehran University, 43-62 pp. (In Persian)
7. Fernandez, G.C. 1992. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. In: Kuo, C.G. (ed.), Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress. 257-270 pp. AVRDC Publications. Tainan, Taiwan.
8. Fischer, R.A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research, 29: 897-912.
9. Grzesiak, S., W. Filek, G. Skrudlik and B. Niziol. 1996. Screening for drought tolerance: Evaluation of seed germination and seedling growth for drought resistance in legume plants. Journal of Agronomy Crop Science, 177: 245-252.
10. Khodabandeh, N. and A. Jalilian. 1997. The effect of stress on reproductive stages of soybean seed germination and power. Journal of Agricultural Science, 28(1): 11-19. (In Persian)
11. Normand Moaied, F. 1997. Variation of quantitative traits and their relation to yield of wheat under rainfed and irrigated and drought resistance index. M.Sc Thesis. Tehran University. (In Persian)
12. Ramirez-Vallejo, P. and J.D. Kelly. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. Euphytica, 99: 127-136.
13. Rosielle, A.A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Science, 21: 943-946.
14. Srivastava, R.L., R.N. Sahai, J.K.S. Axena and I.P. Singh. 1976. Path analysis of yield component in soybean .Indian Journal of Agricultural Research, 10: 171-173.
15. Vieira, R.D., D.M. Teerony and D.B. Egli. 1991. Effect of drought stress on soybean seed germination and vigor. Journal of Seed Technology, 16: 12-21.

Archive of SID

www.SID.ir

Evaluation of Responses of Mung Bean (*Vigna radiata*) Genotypes to Drought Stress Using Different Stress Tolerance Indices

Mahdi Hashemzehi[1], Aboalghasem Moradgholi[2] and Ahmad Ghasemi[3]

1- MSc, Agriculture and Natural Resources Research Center of Zabol
(Corresponding author: hashemzehi.mehdi@gmail.com)
2 and 3- MSc and Research Instructor, Agriculture and Natural Resources Research Center of Zabol

Received: October 26, 2011 Accepted: February 24, 2013

Abstract

A field study was carried out in 2007 to determine the response of promising genotypes of Mung bean to late season drought stress at zabol climatic condition. The experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications at two locations (with and without drought stress). Treatments were 6 different genotypes of Mung bean. All treatments in two fields were irrigated normally until 50% heading stage. The last irrigation in drought stress conditions was done at 50% heading stage and then plants were developed under stress conditions until harvesting. Comparisons of traits in both conditions showed that water stress have negatively affected plant growth. The stress conditions had the highest effects on yield and the least effects on number of slinked pod. For evaluation of drought stress tolerance indices such as mean productivity (MP), geometric mean productivity (GMP), stress tolerance index (STI), tolerance index (TOL), stress sensitivity index (SSI), harmonic mean of productivity (HARM), were used. According to these indices, genotype PUSA was the most tolerant and the genotypes MN22 and MN92 were the most sensitive genotypes to drought stress. Principal component analysis used to study the relationship between indices. Two first components could explain more than 99% of variations of indices. Also, biplot of PC1 and PC2 showed the genotype PUSA was the most tolerant and the genotypes MN22 and MN92 were the most sensitive genotypes to last season drought stress between evaluated genotypes of Mung bean in zabol climatic conditions.

Keywords: Mung bean, Drought stress, Stress tolerance indices, Yield, Principal component analysis

Archive of SID

www.SID.ir