

ارزیابی شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در عملکرد شش رقم
توتون ویرجینیا (*Nicotiana tabacum* L.)

Evaluation of Drought Tolerance Indices in Yield of Six Cultivars of
Virginia Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.)

سمیه حسنی^۱، همت‌الله پیردشتی^۱، رامین مصباح^۲ و نادعلی بابائیان جلو دار^۱

۱- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار و استاد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری

۲- محقق مرکز تحقیقات و آموزش توتون تیرتاش، بهشهر

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۶/۶/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۱۲/۱۳

چکیده

حسنی، س.، پیردشتی، ه.، مصباح، ر.، و بابائیان جلو دار، ن. ۱۳۸۷. ارزیابی شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در عملکرد شش رقم توتون ویرجینیا (*Nicotiana tabacum* L.). نهال و بدر ۲۴: ۱۴۳-۱۲۹.

به منظور ارزیابی تحمل ارقام توتون در برابر خشکی با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۸۳-۸۴ در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با شش رقم توتون ویرجینیا در چهار تکرار در شرایط گلدانی اجرا شد. شش رقم توتون ویرجینیا به نام‌های کوکر ۳۴۷، کوکر ۲۵۸، کوکر ۱۷۶، کوکر ۳۱۹، کنتاکی ۳۲۶ اف و مک نایر ۱۹۴۴ اف در دو سطح آبیاری شامل آبیاری در حد ظرفیت مزرعه‌ای (آبیاری زمانی که رطوبت خاک گلدان به ۷۵٪ آب قابل دسترس رسید) و شرایط تنش در مرحله رشد سریع (آبیاری زمانی که رطوبت خاک گلدان به ۲۵٪ آب قابل دسترس رسید) مورد مطالعه قرار گرفتند. ارزیابی ارقام از نظر تحمل به خشکی با استفاده از شاخص‌های میانگین حسابی (MP)، تحمل (TOL)، حساسیت به تنش (SSI)، میانگین هندسی (GMP) و تحمل به تنش (STI) انجام شد. با توجه به میزان همبستگی آن‌ها با عملکردهای دو شرایط تنش و غیرتنش، GMP، MP و STI به عنوان بهترین شاخص‌ها در تفکیک ارقام متحمل به خشکی شناخته شدند. با استفاده از روش ترسیم بای پلات روی شش رقم، مقایسه مقادیر شاخص‌های برتر برای هر رقم و مشاهده وضع قرار گرفتن ارقام در بای پلات مذکور، رقم K326F (کنتاکی ۳۲۶ اف) به عنوان رقم پرمحصول و متحمل و رقم C347 (کوکر ۳۴۷) به عنوان حساس‌ترین رقم نسبت به خشکی شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: توتون، تنش خشکی، شاخص‌های تحمل به تنش، عملکرد، همبستگی

مقدمه

مناطق خشک و نیمه خشک کاشت. بر اساس گزارش‌های موجود، در توتون حساس‌ترین مرحله به تنش خشکی در بین مراحل رشدی (ریشه‌دهی، رشد سریع و رسیدگی)، دوره رشد سریع است. کمبود شدید رطوبت خاک در این مرحله سبب کاهش کمیت و کیفیت برگ‌ها می‌شود (Layten and Nielsen, 1998). چانگ و چو (Chang and Chou, 1998) گزارشی کردند که تنش خشکی در توتون، باعث کاهش رشد، کاهش تبخیر و تعرق و افزایش درصد روزه‌های بسته شده در سطح آناتومیکی شد. میزان آلکالوئیدهای کل افزایش و میزان نشاسته با توجه به تغییرات نامنظم در مقدار کربوهیدرات کاهش یافته بود. گزینش ژنوتیپ‌هایی که هم به شرایط تنش و هم بدون تنش سازگاری دارند، هدف اصلی آزمایش‌های آزمون عملکرد است (Fernandez, 1992). معیارهای مختلفی برای انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس نمودشان در محیط‌های واجد یا فاقد تنش پیشنهاد شده است. روزیلی و همکاران (Rosielle and Hamblin, 1981) شاخص‌های تحمل (TOL: Tolerance) و میانگین حاصله (Mean Productivity: MP) را به صورت روابط زیر معرفی کردند:

$$TOL = Y_p - Y_s$$

$$MP = \frac{1}{2} (Y_p + Y_s)$$

گیاهان در شرایط مزرعه معمولاً با تنش‌های مختلفی مواجه هستند که یکی از مهم‌ترین آن‌ها تنش خشکی است (Alavi and Shoaie Deilami, 2004). تنش خشکی سبب کاهش عملکرد محصولات زراعی می‌شود. مهم‌ترین عامل رشد گیاه آب است که توتون نیز از این قاعده مستثنی نیست. کمبود و بیش‌بود آب تأثیر منفی بر کیفیت توتون دارد، بنابراین میزان مطلوب آب باعث تولیدی با عملکرد بالا و کیفیت مطلوب می‌شود (Layten and Nielsen, 1998). آگاهی از فنولوژی گیاهان زراعی به منظور انجام عملیات اصلاحی و اعمال مدیریت مناسب فوق‌العاده مهم است. تغییرات فنولوژیکی نسبت به عامل تنش، مهم‌ترین مورد سازگاری گیاهان به انواع عوامل محیطی محسوب می‌شود. تأثیر تنش بر فنولوژی گیاه نه تنها به ویژگی‌های تنش (شدت و استمرار)، بلکه به زمان وقوع تنش نیز بستگی دارد (Boon-Jung and Fakai, 1996). توتون با نام علمی (*Nicotiana tabacum* L.) از تیره سیب‌زمینی، یک‌ساله، روزکوتاه، خودگشن و $2n=48$ کروموزومی است. تعیین تحمل نسبی به خشکی در گیاهان زراعی و از جمله توتون از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، لذا با ارزیابی ژنوتیپ‌ها و ارقام متحمل از هر گیاه، می‌توان آن‌ها را با اطمینان بیشتری در

گزینش ارقام متحمل به خشکی با عملکرد بالا قرار داد. انتخاب بر اساس SSI و TOL برخلاف MP، منجر به گزینش ارقامی با عملکرد پایین شد. STI که در حقیقت بر اساس GMP ابداع شده بود، به عنوان بهترین شاخص در شناسایی ارقامی با عملکرد بالقوه بالا معرفی شد. وی در ادامه تحقیقات خود روابط بین شاخص‌های مختلف حساسیت و تحمل به تنش را به صورت نمایش بای پلات چند متغیره ترسیم کرد که در شدت تنش متوسط مؤلفه اول ۶۹٪ از تنوع داده‌ها را بیان کرد که آن را به نام مؤلفه پتانسیل عملکرد نامگذاری کرد و مؤلفه دوم را که حدود ۳۰٪ تغییرات کل داده‌ها را در برداشت، به نام مؤلفه تحمل به تنش نامید. در شرایط تنش شدید نیز مؤلفه اول را که ۶۳٪ تنوع داده‌ها را در برداشت، مؤلفه تحمل به تنش و میانگین محصول دهی و مؤلفه دوم را با ۳۶٪ تغییرات کل داده‌ها به نام مؤلفه پتانسیل عملکرد نامگذاری کرد. در آزمایشی که توسط (Alavi and Shoaie Deilami, 2004) به منظور ارزیابی تحمل هشت رقم توتون ویرجینیا به خشکی در منطقه رشت انجام شد، رقم PVH19 که رقم پرمحصول در شرایط آزمایشی بود، از تحمل به خشکی (STI) بالاتری هم برخوردار بود.

با توجه به این که حساس‌ترین مرحله به کم آبی در توتون (رشد سریع)، منطبق با ماه‌های گرم سال (خرداد- مردادماه) است، بنابراین به منظور جلوگیری از قرار گرفتن گیاه در معرض

در این روابط، Y_p و Y_s به ترتیب عملکرد ژنوتیپ در شرایط بدون تنش و تنش هستند. گزینش ژنوتیپ‌ها بر اساس مقادیر کم TOL و مقادیر بالای MP است. فیشر و مورر (Fischer and Maurer, 1978) محاسبه شاخص حساسیت به تنش (Stress Susceptibility Index : SSI) را بر

اساس روابط ذیل بیان کردند:

$$SSI = \frac{[1 - (Y_s \div Y_p)]}{SI}$$

$$SI = 1 - \frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p}$$

در روابط فوق، SI شدت تنش، \bar{Y}_p و \bar{Y}_s به ترتیب میانگین عملکردهای کلیه ارقام در شرایط بدون تنش و تنش هستند. مقدار کم SSI مبین تحمل به خشکی بالاتر است. شاخص‌های تحمل به تنش (Stress Tolerance Index : STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (Geometric Mean Productivity : GMP) توسط فرناندز (Fernandez, 1992) به صورت روابط زیر بیان شد:

$$GMP = \sqrt{(Y_s \cdot Y_p)}$$

$$STI = (Y_p \cdot Y_s) / \bar{Y}_p^2$$

شاخص STI قادر به شناسایی ارقامی با عملکرد بالقوه بالا در دو شرایط تنش و بدون تنش بوده و مقادیر بالای آن بیانگر ثبات عملکرد بیشتر ژنوتیپ در شرایط خشکی است. فرناندز (Fernandez, 1992) در تحقیق خود روی ماش، دو وضعیت تنش متوسط (SI=0.23) و تنش شدید (SI=0.76) را ملاک

کم آبی و کاهش عملکرد کمی و کیفی، باید آبیاری انجام شود، اما امروزه با گرم تر شدن هوا و کمبود روزافزون منابع آبی، تنش ها کم و بیش وجود دارند، لذا با انجام آزمایش های مختلف به منظور یافتن ارقام متحمل و همچنین استفاده بهینه از آب موجود می توان مشکلات را تا حدودی مرتفع کرد.

هدف از این پژوهش، بررسی واکنش ارقام مختلف توتون ویرجینیا در برابر تنش خشکی با استفاده از شاخص ها، معرفی شاخص های برتر و تعیین رقم متحمل به خشکی بود.

مواد و روش ها

به منظور بررسی تحمل به تنش خشکی در شش رقم توتون، تحقیقی در سال زراعی ۱۳۸۳-۸۴ در شرایط گلدانی در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در مرکز تحقیقات و آموزش توتون تیرتاش واقع در کیلومتر ۱۵ جاده بهشهر-گرگان اجرا شد. شش رقم توتون ویرجینیا شامل کوکر ۱۷۶ (C176)، کوکر ۳۴۷ (C347)، کوکر ۲۵۸ (C258)، کوکر ۳۱۹ (C319)، کنتاکی ۳۲۶ ف (K326F) و مک نایر ۱۹۴۴ ف (MN944F) در دو سطح آبی شامل آبیاری در حد ظرفیت مزرعه (آبیاری زمانی که رطوبت خاک گلدان به ۷۵٪ آب قابل دسترس رسید) و شرایط تنش در مرحله رشد سریع از

سی روز بعد از نشاکاری تا آغاز مرحله زایشی (آبیاری زمانی که رطوبت خاک گلدان به ۲۵٪ آب قابل دسترس رسید) مورد ارزیابی قرار گرفتند. خاک مورد استفاده برای گلدان ها دارای بافت لوم رسی، $FC=25.5$ و $PWP=11.5$ بود. در اسفند ماه ۱۳۸۳ بذر کاری ارقام توتون به منظور تهیه نشاها در خزانه فلوت سیستم (شناور در آب) انجام شد. به منظور کاشت نشاها، ۲۰ کیلوگرم خاک در هر گلدان ریخته شد (قطر گلدان ۳۰ و ارتفاع آن ۴۰ سانتی متر). کودهای پایه N-P-K به ترتیب در مقادیر ۹-۳-۳ گرم به گلدان ها افزوده شد. به منظور تعیین درصد رطوبت خاک گلدان و زمان آبیاری، از بلوک های مقاومت الکتریکی (گچی) در عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی متری خاک هر گلدان استفاده شد. صفت عملکرد برگ خشک تیمارهای آزمایش در دو شرایط آبیاری نرمال و آبیاری محدود (تنش) محاسبه شد. با استفاده از روش های اندازه گیری متداول در طول دوره رشد صفت محتوای نسبی آب و در نهایت کارایی مصرف آب، درصد قند، درصد نیکوتین، عملکرد برگ تر و خشک در دو شرایط بدون تنش و تنش مورد بررسی قرار گرفتند. ارزیابی ارقام از نظر تحمل به خشکی با استفاده از شاخص های مختلف میانگین حسابی (MP)، تحمل (TOL)، حساسیت به تنش (SSI)، میانگین هندسی (GMP) و تحمل به تنش (STI) محاسبه شد و ضرایب همبستگی ساده بین عملکردهای برگ خشک در دو

شرایط بدون تنش و تنش با شاخص‌های مختلف تحمل تعیین شد. همچنین، به منظور ارزیابی بهتر روابط بین شاخص‌ها با عملکردهای هر دو شرایط تنش و بدون تنش از روش ترسیمی بای پلات روی شش رقم توتون استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که بین ارقام مورد مطالعه از لحاظ ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد روز تا گلدهی، درصد نیکوتین و عملکرد تر تفاوت معنی‌دار وجود دارد، بنابراین ارقام توتون از نظر صفات فوق متفاوت بودند (جدول ۲). بین سطوح آبیاری اعمال شده از نظر تمامی صفات به جز تعداد روز تا گلدهی، طول و عرض برگ اختلاف معنی‌دار وجود داشت. این مسئله بیانگر این است که تنش خشکی روی صفات مذکور موثر بوده است. مقایسه میانگین‌های سطوح آبیاری (جدول ۳) نشان داد که ارقام در شرایط آبیاری نسبت به شرایط تنش از محتوای نسبی آب، کارایی مصرف آب، ارتفاع بوته، تعداد برگ، درصد پتاسیم، درصد قند، عملکرد برگ و خشک بالاتر و میزان تخریب غشای سیتوپلاسمی، درصد نیکوتین کمتری برخوردار بودند. اثر متقابل رقم \times سطح آبیاری برای کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود (جدول ۱)، لذا می‌توان نتیجه گرفت که ارقام در سطوح

مختلف آبیاری از نظر صفات ذکر شده، دارای روند واکنش یکسانی بودند، اگرچه میزان این واکنش برای هر کدام متفاوت بود. بر اساس نتایج به دست آمده، میزان محتوای نسبی آب و پایداری غشای سیتوپلاسمی در تنش خشکی کاهش یافت. ریگنا و وارتانیان (Riga and Vartanian, 2000) در همین رابطه، گزارش کردند که در طول دوره تنش، محتوای نسبی آب زیاد باعث مقاومت بیشتر توتون به تنش خشکی می‌شود. همچنین آن‌ها بیان کردند، در صورتی که محتوای نسبی آب برگ‌های گیاه توتون به زیر ۹۰٪ کاهش یابد و تنش خشکی و افت ناگهانی رطوبت خاک صورت گیرد، افزایش پایداری غشای سیتوپلاسمی (تا ۹۰٪ کاهش در صدمات نسبی غشا) باعث افزایش مقاومت در برابر خشکی می‌شود و منجر به طولانی‌تر شدن مدت حیات گیاه شده و تا زمان خشک شدن کامل خاک ادامه می‌یابد. در شرایط تنش در مقایسه با آبیاری در مرحله رشد سریع، کارایی مصرف آب و ارتفاع بوته به طور معنی‌داری کاهش یافت. در مطالعه دیگری در سال ۱۳۸۲ گزارش شد که در تیمار تنش اعمال شده در مراحل اول و سوم و آبیاری در مرحله دوم رشدی (رشد سریع) کارایی مصرف آب گیاه توتون در مقایسه با سایر تیمارهای آزمایش، افزایش می‌یابد و تنش خشکی در مرحله سوم رشد (رسیدگی) تاثیری روی ارتفاع بوته نداشت و در آن بررسی تاثیر زیاد تنش در مرحله دوم بود.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مختلف ارقام توتون در سطوح مختلف آبیاری

Table 1. Variance analysis of different characteristics of tobacco cultivars under irrigation levels

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		محتوای نسبی آب	کارایی مصرف آب	درصد قند	درصد نیکوتین	عملکرد برگ تر	عملکرد خشک
S.O.V.	df.	Relative water content (%)	Water use efficiency (g/litre)	Sugar percent	Nicotine percent	Fresh yield (g/plant)	Dry yield (g/plant)
Cultivar (C)	رقم 5	335.659**	54.800**	25.678 ^{ns}	0.211*	12483.240**	225.924 ^{ns}
Irrigation (I)	سطح آبیاری 1	229.202**	8.303 ^{ns}	174.231**	5.096**	87241.400**	6641.343**
C×I	رقم در آبیاری 5	87.343 ^{ns}	14.230 ^{ns}	2.839 ^{ns}	0.034 ^{ns}	649.570 ^{ns}	49.630 ^{ns}
Error	اشتباه 36	61.043 ^{ns}	8.069 ^{ns}	12.157 ^{ns}	0.068 ^{ns}	1224.550 ^{ns}	109.202 ^{ns}
C.V. (%)	ضریب تغییرات	7.940	5.360	27.860	22.440	7.950	11.090

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

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

Table 1. Continued

ادامه جدول ۱

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		تخریب غشای سیتوپلاسمی	درصد پتاسیم	روز تا گلدهی	طول برگ	عرض برگ	تعداد برگ	ارتفاع بوته
S.O.V.	df.	Demolish of cell membrane (μmhos/cm)	Potassium percent	Days to flowering	Leaf length (cm)	Leafwidth (cm)	Leaves number	Plant height (cm)
Cultivar (C)	رقم 5	225.9 ^{ns}	0.024 ^{ns}	54.8**	10.668	9.983 ^{ns}	30.300**	335.659**
Irrigation (I)	سطح آبیاری 1	1614.7**	0.252**	8.33 ^{ns}	2.755 ^{ns}	13.021 ^{ns}	70.083**	229.202**
C×I	رقم در آبیاری 5	150.8 ^{ns}	0.014 ^{ns}	14.23 ^{ns}	6.993 ^{ns}	4.158 ^{ns}	1.333 ^{ns}	87.343 ^{ns}
Error	اشتباه 36	164.2	0.021 ^{ns}	8.069 ^{ns}	5.099	4.854 ^{ns}	3.194 ^{ns}	61.043 ^{ns}
C.V. (%)	ضریب تغییرات	10.26	10.03	5.36	5.140	10.500	7.57	7.94

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

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

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مختلف در ارقام توتون

Table 2. Mean comprison of different characteristics of tobacco cultivars

رقم	محتوای نسبی آب	کارآئی مصرف آب	درصد قند	درصد نیکوتین	عملکرد برگ تر	عملکرد برگ خشک
Cultivar	Relative water content(%)	Water use efficiency (g/litre)	Sugar percent	Nicotine percent	Fresh yield (g/plant)	Dry yield (g/plant)
C176	76.750 a	1.835 ab	14.90 a	1.268 ab	476.73 a	94.66 a
C347	77.880 a	1.694 b	12.70 a	1.364 a	381.23 c	87.95 a
C258	76.130 a	1.707 b	11.80 a	1.084 abc	425.21 bc	88.18 a
C319	77.630 a	1.868 ab	12.90 a	1.265 ab	413.43 c	96.41 a
K326F	79.250 a	1.965 a	13.30 a	0.958 c	474.64 ab	101.55 a
MN944F	81.750 a	1.874 ab	9.50. a	1.015 bc	469.57 ab	96.83 a

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ هستند.
Means with similar letters in each column are not significantly different at 5% probability level (DMRT).

Table 2. Continued

ادامه جدول ۲

رقم	تخریب غشای سیتوپلاسمی	درصد پتاسیم	روز تا گلدهی	طول برگ	عرض برگ	تعداد برگ	ارتفاع بوته
Cultivar	Demolish of cell membrane (µmhos/cm)	Potassium percent	Days to flowering	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaves number	Plant height (cm)
C176	124.13 a	1.397 a	57.00 a	42.80 a	20.80 a	26.00 a	91.30 b
C347	118.95 a	1.391 a	51.60 bc	43.90 a	21.20 a	22.40 bc	105.20 a
C258	133.05 a	1.478 a	49.10 c	45.10 a	21.60 a	20.50 c	106.40 a
C319	119.89 a	1.396 a	53.30 abc	45.60 a	21.60 a	24.30 ab	97.70 ab
K326F	125.03 a	1.420 a	52.90 abc	43.30 a	18.90 a	24.90 ab	91.40 b
MN944F	128.58 a	1.52 a	54.10 ab	43.00 a	21.80 a	23.80 ab	98.50 ab

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ هستند.
Means with similar letters in each column are not significantly different at 5% probability level (DMRT).

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مختلف ارقام توتون در سطوح مختلف آبیاری

Table 3. Mean comparison of different characteristics of tobacco cultivars in different irrigation levels

سطح آبیاری Irrigation level	محتوای نسبی آب Relative water content(%)	کارآئی مصرف آب Water use efficiency (g/litre)	درصد قند Sugar percent	درصد نیکوتین Nicotine percent	عملکرد برگ تر Fresh yield (g/plant)	عملکرد برگ خشک Dry yield (g/plant)
75%AW	81.68 a	1.89 a	14.42a	0.833b	482.77 a	106.026a
25%AW	74.79 b	1.76 b	10.61b	1.485a	397.50 b	82.500b

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ هستند.

Means with similar letters in each column are not significantly different at 5% probability level (DMRT).

Table 3. Continued

ادامه جدول ۳

سطح آبیاری Irrigation level	تخریب غشای سیتوپلاسمی Demolish of cell membrane (μmhos/cm)	درصد پتاسیم Potassium percent	روز تا گلدهی Days to flowering	طول برگ Leaf length (cm)	عرض برگ Leaf width (cm)	تعداد برگ Leaves number	ارتفاع بوته Plant height (cm)
75%AW	119.14 b	115.50 a	24.80 a	20.50 a	44.20 a	52.58a	1.362b
25%AW	130.74 a	81.30 b	22.40 b	21.50 a	43.70 a	53.42a	1.507a

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ هستند.

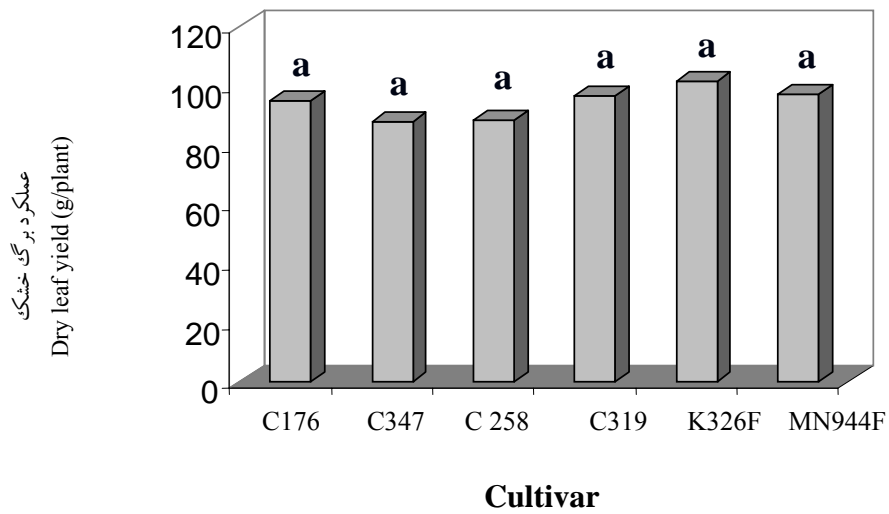
Means with similar letters in each column are not significantly different at 5% probability level (DMRT).

از توسعه سیستم ریشه‌ای متراکم و گسترده‌ای است که موجب تشکیل برگ‌هایی بزرگ، میانگره‌های بلندتر و افزایش رشد طولی ساقه شده و در نتیجه میزان برگ‌های قابل برداشت در هر بوته افزایش می‌یابد (Layten and Nielsen, 1998). مقایسه میانگین عملکرد برگ خشک در ارقام و سطوح آبیاری به ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. متوسط عملکرد برگ خشک ارقام

از نظر عملکرد برگ تر و خشک، ارقام در شرایط بدون تنش نسبت به تنش از عملکرد بیشتری برخوردار بودند (مصباح، گزارش منتشر نشده).

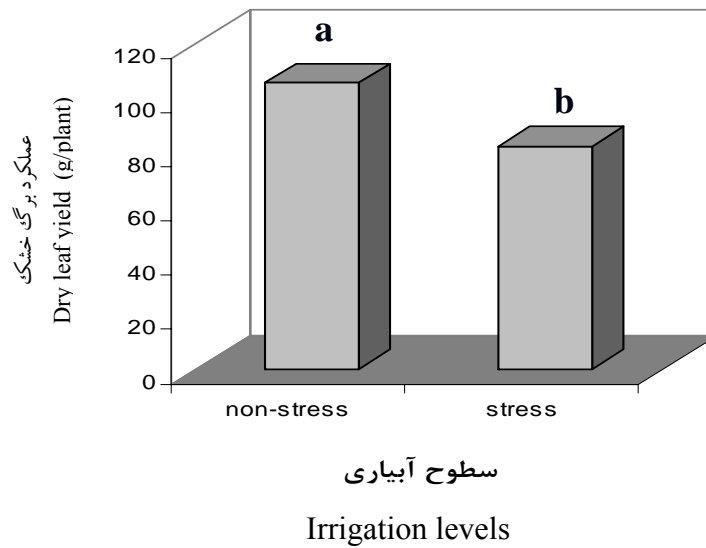
چانگ و چو (Chang and Chou, 1975) نیز اعلام کردند که در توتون، مرحله رشد سریع مرحله بحرانی است و هرگونه تنش باعث افت شدید عملکرد برگ تر و خشک می‌شود. افزایش عملکرد توتون در شرایط آبیاری، ناشی

ارزیابی شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در عملکرد



شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد برگ خشک در ارقام توتون

Fig. 1. Mean dry leaf yield of tobacco cultivars



شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد برگ خشک در سطوح مختلف آبیاری

Fig. 2. Mean dry leaf yield of tobacco in different irrigation levels

ارقام مذکور، روشن است که شاخص‌های فوق، در انتخاب ارقامی که دارای عملکرد بالایی در هر دو شرایط محیطی هستند، موفق بودند. همبستگی بین عملکرد برگ خشک در شرایط تنش (Ys) با شرایط بدون تنش (Yp) مثبت و غیر معنی‌دار بود ($r = 0.64$). عملکرد در شرایط تنش (Ys) با MP، GMP و STI و همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح یک درصد و با شاخص‌های SSI و TOL همبستگی منفی و غیر معنی‌دار نشان داد (جدول ۵). عملکرد در شرایط غیر تنش (Yp) با MP، GMP و STI همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح پنج درصد و با شاخص‌های SSI و TOL همبستگی مثبت و غیر معنی‌دار نشان داد. بالاترین ضریب همبستگی عملکرد برگ خشک در شرایط بدون تنش به ترتیب با شاخص‌های MP، STI و GMP به دست آمد، ولی در شرایط تنش بالاترین ضریب همبستگی عملکرد برگ خشک به ترتیب با شاخص‌های GMP، STI و MP حاصل شد، بنابراین شاخص‌های MP، GMP و STI بهتر از سایر شاخص‌ها توانستند ارقام متحمل با پتانسیل عملکرد بالا را مشخص کنند. این نتایج با بخشی از یافته‌های علوی و شعاعی دیلمی (Alavi and Shoaie Deilami, 2004) که حاکی از برتری شاخص STI در شناسایی ارقام متحمل بود، مطابقت دارد. اگر قصد مقاله بیش از سه متغیر مورد نظر باشد (همه شاخص‌ها با عملکردهای شرایط تنش و بدون تنش)

توتون در سطح آبیاری ۷۵٪ و ۲۵٪ آب قابل دسترس به ترتیب ۱۰۶/۰۲۶ و ۸۲/۵ گرم در بوته به دست آمد. ارقام مورد مطالعه، در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش ۲۲/۲٪ کاهش عملکرد برگ خشک داشتند. با توجه به نتایج جدول ۲، رقم K326F بیشترین کارایی مصرف آب و عملکرد برگ خشک را در بین ارقام دارا بود. این رقم در مقایسه با سایر ارقام، پایین‌ترین درصد نیکوتین (مواد سمی) را داشت، در حالی که رقم C347 کمترین کارایی مصرف آب و عملکرد برگ خشک و بیشترین درصد نیکوتین را دارا بود. مقادیر محاسبه شده برای هر یک از شاخص‌های تحمل در جدول ۴ مشخص شده است. از مطالعه شاخص‌های تحمل (TOL) و حساسیت به تنش (SSI)، چنین استنباط می‌شود که ارقامی که از عملکرد بالایی برخوردار بودند، تحمل مطلوبی به تنش خشکی نشان ندادند. از نظر شاخص‌های فوق، رقم C258 از تحمل بیشتری برخوردار بود و حساس‌ترین آن‌ها رقم C347 بود (جدول ۴). در مقابل ارقام K326F و MN944F که عملکرد مطلوبی در هر دو شرایط محیطی داشتند، از تحمل به خشکی (TOL) و شاخص حساسیت به تنش (SSI) مطلوبی برخوردار نبودند (جدول ۴). براساس شاخص‌های MP، GMP و STI رقم K326F از تحمل بالاتری نسبت به سایر ارقام برخوردار بود و ارقام MN944F، C319، C176، C258 و C347 به ترتیب در مرتبه‌های بعدی قرار گرفتند. با توجه به مقادیر عملکرد

جدول ۴- برآورد میزان حساسیت یا تحمل ارقام توتون بر اساس شاخص‌های تحمل در شرایط بدون تنش و تنش خشکی

Table 4. Estimates of susceptibility or tolerance rates of tobacco cultivars based on tolerance indices in non-stress and stress conditions

رقم	تحمل به تنش	میانگین هندسی	حساسیت به تنش	تحمل	میانگین حسابی	عملکرد در شرایط تنش	عملکرد در شرایط نرمال
Cultivar	STI	GMP	SSI	TOL	MP	Ys (Kgha ⁻¹)	Yp (Kgha ⁻¹)
C176	0.788	8283	0.864	1749	8330	7455	9204
C347	0.665	7607	1.414	2847	7740	6316	9163
C258	0.685	7720	0.845	1588	7761	6967	8555
C319	0.816	8427	0.945	1969	8485	7500	9469
K326F	0.904	8871	0.986	2174	8937	7850	10024
MN944F	0.821	8456	0.995	2096	8521	7473	9569

Yp : Yield in non-stress condition
MP : Mean Productivity
SSI : Stress Susceptibility Index
TOL : Tolerance

Ys : Yield in drought stress condition
GMP : Geometric Mean Productivity
STI : Stress Tolerance Index

شد. از آنجائی که مؤلفه اول تغییراتی را در بر می‌گیرد که توسط مؤلفه دوم تبیین نمی‌شود و بالعکس، لذا می‌توان تغییرات دو مؤلفه را به صورت عمود برهم نمایش داد. اولین مؤلفه که ۶۹/۷۳٪ از تغییرات کل داده‌ها را بیان کرد و همبستگی مثبت و بالایی با Yp، Ys، MP، GMP و STI داشت به نام «مؤلفه پتانسیل و پایداری عملکرد و تحمل به خشکی» نامگذاری شد. با توجه به این که میزان بالای این شاخص‌ها مطلوب است، بنابراین در بای پلات حاصله اگر به مقادیر مثبت و بالای این مؤلفه توجه شود، می‌توان ارقامی که دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و غیر تنش و شاخص‌های MP، GMP و STI بالا هستند را انتخاب کرد. دومین مؤلفه ۳۰/۲۱٪ از تغییرات

بای پلات که در حقیقت یک شکل نمایشی چند متغیره است ابزار سودمندی خواهد بود (Kargar *et al.*, 2004). با داشتن جدولی شامل ارقام و شاخص‌های مختلف حساسیت و تحمل به خشکی (جدول ۴) می‌توان روابط بین ارقام و شاخص‌ها را به صورت یک شکل واحد (بای پلات) ترسیم کرد و به سادگی ساختار چنین ماتریس بزرگ دو طرفه را مورد ارزیابی قرار داد. در این مورد پس از انجام تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روی شش شاخص و دو صفت Ys و Yp در شش رقم، همانگونه که در (جدول ۶) ملاحظه می‌شود، دو مؤلفه اول با داشتن مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک، مجموعاً ۹۹/۹۴٪ از تغییرات کل داده‌ها را بیان کردند، لذا ترسیم بای پلات بر اساس این دو مؤلفه انجام

جدول ۵- ضرایب همبستگی ساده بین شاخص های تحمل و عملکرد برگ خشک در شرایط بدون تنش و تنش

Table 5. Correlation coefficients between tolerance indices and Yp and Ys in non-stress and drought stress conditions

	عملکرد در شرایط نرمال Yp	عملکرد در شرایط تنش Ys	میانگین حسابی MP	تحمل TOL	حساسیت به تنش SSI	میانگین هندسی GMP	تحمل به تنش STI
Yp	-						
Ys	0.643	-					
MP	0.896*	0.916**	-				
TOL	0.318	-0.521	-0.134	-			
SSI	0.097	-0.700	-0.354	0.974**	-		
GMP	0.866*	0.940**	0.998**	-0.199	-0.414	-	
STI	0.871*	0.936**	0.998**	-0.187	-0.404	0.995**	-

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

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

Yp : Yield in non-stress condition
MP : Mean Productivity
SSI : Stress Susceptibility Index
TOL : Tolerance

Ys : Yield in drought stress condition
GMP : Geometric Mean Productivity
STI : Stress Tolerance Index

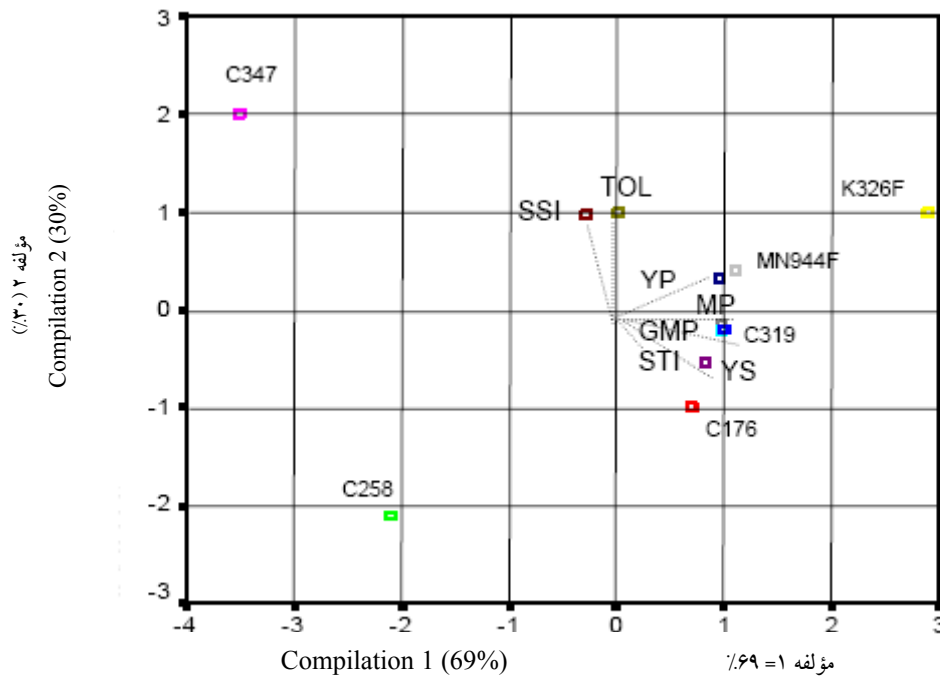
جدول ۶- بردارها و مقادیر ویژه برای پنج شاخص تحمل به خشکی در شش رقم توتون

Table 6. Vectors and eigenvalues for six tolerance indices in six cultivars of tobacco

مؤلفه	مقادیر ویژه	سهم تجمعی	حساسیت به تنش SSI	تحمل به تنش STI	میانگین هندسی GMP	تحمل TOL	میانگین حسابی MP	عملکرد در شرایط تنش Ys	عملکرد در شرایط نرمال Yp
Compilation	Eigenvalues	Cumulative							
1	4.881	69.725	-0.245	0.447	0.448	-0.153	0.443	0.441	0.355
2	2.115	99.939	0.578	0.108	0.010	0.647	0.144	-0.152	0.427

کند. بر اساس دو مؤلفه فوق بای پلات حاصله ترسیم شد (شکل ۳). همان گونه که در شکل ۳ ملاحظه می شود ارقام MN944F، K326F، C176 و C319 در ناحیه پتانسیل و پایداری عملکرد و تحمل به خشکی (سمت راست شکل ۳) و ارقام C258 و C347 در ناحیه حساسیت به تنش خشکی و عملکرد پایین

کل داده ها را بیان کرد و همبستگی منفی و بالا با Ys و همبستگی مثبت و بالا با SSI و TOL و تا حدودی Yp داشت و «مؤلفه حساسیت به تنش خشکی و پایداری عملکرد» نامگذاری شد. این مؤلفه می تواند ارقامی با پایداری عملکرد پایین و پتانسیل عملکرد متوسط و مقادیر کم شاخص های SSI و TOL را انتخاب



شکل ۳- نمایش بای پلات پنج شاخص تحمل به خشکی در شش رقم توتون بر اساس مؤلفه های اول و دوم

Fig. 3. Graph of biplot for five tolerance indices in six cultivars of tobacco on the basis of first and second compilations

که دارای مقدار کمتری نسبت به رقم C258 بود به عنوان رقم حساس با عملکرد پایین انتخاب شد. رقم K326F با عملکرد ۸۹۳/۱۱۳ گرم برگ خشک در بوته، رتبه اول را در شرایط بدون تنش و همچنین بیشترین عملکرد برگ خشک در شرایط تنش را به مقدار ۸۹/۲۰۳ گرم در بوته به خود اختصاص داد.

با توجه به انجام این آزمایش در شرایط گلدانی توصیه می شود ارقام مورد مطالعه در این پژوهش در شرایط مزرعه‌ای هم مورد بررسی قرار گیرند تا میزان اعتبار نتایج این

(سمت چپ شکل ۳) قرار گرفتند و این عکس‌العمل‌های متفاوت مبین تنوع ژنتیکی ارقام نسبت به خشکی است. با مقایسه مقادیر شاخص‌های برتر MP، GMP و STI برای هر رقم و نتایج حاصله از شکل ۳ در نهایت رقم K326F به عنوان یک رقم متحمل در شرایط غیر تنش و تنش و ارقام MN944F، C319 و C176 که از مقادیر کمتری نسبت به K326F برخوردار بودند به عنوان نیمه متحمل شناسایی شدند. همچنین با توجه به نتایج، رقم C258 به عنوان رقم نیمه حساس به تنش و رقم C347

از راهنمایی‌ها و کمک‌های بی‌دریغ اساتید گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده علوم زراعی دانشگاه مازندران و همکاران مرکز تحقیقات و آموزش توتون تیرتاش تشکر و قدردانی می‌شود.

مطالعه و رابطه آن با شرایط مزرعه‌ای (با تکرار زمان و مکان) معلوم شود و همچنین از تعداد ارقام بیشتری استفاده شود.

سپاسگزاری

References

- Alavi, R., and Shoaie Deilami, M. 2004.** Selection of different tobacco cultivars for resistance to drought in Rasht regions. Proceedings of the 8th Agronomy and Plant Breeding of Iran. College of Agricultural Sciences of Guilan, Rasht. Page 78 (in Farsi).
- Boon-Jung, H. S., and Fakai, S. 1996.** Effects of soil water deficit on different growth stages on rice growth and yield upland condition. 1. Growth during drought. Field Crops Research 48: 37-45.
- Chang, C. S., and Chou, D. S. 1975.** Studies on the mechanism of drought resistance in tobacco plant. Bulletin of Taiwan Tobacco Research Institute P. 9AI. ISSN. 0255-5913.
- Fernandez, G. C. J. 1992.** Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp. 257-270. In: Kuo, C. G. (ed.). Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops to Temperature Water Stress. Taiwan.
- Fisher, R. A., and Maurer, R. 1978.** Drought resistance in spring wheat cultivar. 1. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research. 29: 897-917.
- Kargar, S. M. A., Ghannadha, M.R., Bozorgipour, R., Khaje Attar, A. A., and Babaei, H. R. 2004.** An investigation of drought tolerance indices in some soybean genotypes under restricted irrigation conditions. Iranian Journal of Agricultural Sciences 35: 129-142 (in Farsi).
- Layten, D., and Nielsen, M.T. 1998.** Tobacco Production, Chemistry and Technology. Blackwell Science, New York. 467pp.

Riga, P., and Vartanian, N. 2000. Sequential expression of adaptive mechanisms is responsible for drought resistance in tobacco. *Australian Journal of Plant Physiology* 26: 211-220.

Rosielle, A. A., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science* 21: 943-946.

