

## بررسی تحمل به شوری در رقم‌های آلوتتراپلوئید پنبه (*Gossypium sp.*) به کمک روش‌های آماری چند متغیره و شاخص‌های تحمل به تنش در مرحله جوانه‌زنی

نقیسه تقی‌زاده<sup>۱</sup>، غلامعلی رنجبر<sup>۲\*</sup>، قربانعلی نعمت‌زاده<sup>۲</sup>، محمدرضا رضانی‌مقدم<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

<sup>۲</sup> دانشیار و استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

<sup>۲</sup> استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی مشهد

\*پست الکترونیک نویسنده مسئول: [ali.ranjbar@gmail.com](mailto:ali.ranjbar@gmail.com)

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۰۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۰۸)

### چکیده

شوری یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده کشاورزی است. پنبه به‌عنوان یک گیاه روغنی-الیافی از جمله گیاهان مهم صنعتی به شمار می‌رود. مرحله جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای از حساس‌ترین مراحل رشد پنبه به شوری هستند. در این تحقیق، ۱۴ رقم آلوتتراپلوئید تجاری و محلی پنبه از نظر تحمل به شوری بررسی شدند. ابتدا این رقم‌ها در آزمایش‌های فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار به روش ساندویچی و در شرایط آزمایشگاهی مورد آزمون جوانه‌زنی در سطوح شوری ۰، ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر قرار گرفتند. سپس صفات طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه، درصد جوانه‌زنی، ضریب آلومتری و شاخص بنیه بندر اندازه‌گیری و شاخص‌های تحمل به تنش بر اساس عملکرد زیستی (وزن خشک گیاهچه) در محیط تنش و غیر تنش محاسبه شدند و بر طبق این شاخص‌ها رقم‌ها در دو سطح ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر تجزیه به مؤلفه‌های اصلی شده و نمودار بای پلات رسم شد و در نهایت دندروگرام دسته‌بندی رقم‌ها بر اساس شاخص‌های STI (شاخص تحمل به تنش)، SSI (شاخص حساسیت به تنش)، عملکرد در محیط تنش و غیر تنش رسم شد. نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس اثر رقم، شوری و برهم‌کنش شوری و رقم نشان داد، صفات وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه، وزن تر ریشه، طول ساقه، شاخص بنیه گیاهچه، ضریب آلومتریک، وزن خشک گیاهچه، طول گیاهچه در سطح یک درصد و در صفات وزن تر ساقه، طول ریشه در سطح پنج درصد معنی‌دار بودند. دسته‌بندی و بای پلات رقم‌ها بر اساس شاخص‌های STI و SSI در سطح شوری ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر نشان داد که رقم‌های سپید و گیزا در هر دو سطح در دسته متحمل‌ها و رقم کاشمر در هر دو سطح در گروه حساس‌ها در مرحله جوانه‌زنی بودند.

واژه‌های کلیدی: بای پلات، پنبه، جوانه‌زنی، شوری، تجزیه مؤلفه اصلی

### جنبه‌های نوآوری:

- ۱- واکنش ارقام پنبه مورد مطالعه در برابر تنش شوری متفاوت بود.
- ۲- افزایش تنش شوری سبب کاهش معنی‌داری در خصوصیات جوانه‌زنی ارقام پنبه مورد مطالعه شد.
- ۳- تجزیه بای پلات و خوشه‌بندی بر اساس شاخص‌های تنش STI و SSI روشی مناسب برای دسته‌بندی ارقام پنبه بود.



## مقدمه

طبق برآوردهای انجام شده، حدود ۲۰ درصد از زمین‌های کشاورزی جهان تحت تنش شوری بوده و هرساله نیز به این آمار افزوده می‌شود، علاوه بر این شوری خاک محدودیت بزرگی برای استفاده از زمین‌های قابل کشت محسوب می‌شود (مأنس و ترمات<sup>۱</sup>، ۱۹۸۶). محصولات زراعی به شدت تحت تأثیر تنش شوری قرار می‌گیرند، به همین دلیل مطالعات بسیاری در زمینه اثر تنش شوری بر محصولات زراعی مختلف انجام شده است. شوری اثر کاهنده بر خصوصیات مختلف جوانه‌زنی و رویشی گیاهانی همچون سویا (کامروا<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۶)، گندم (شیرازی<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۶)، گلرنگ (معتمدی<sup>۴</sup> همکاران، ۲۰۱۱) و برنج (محمدزاده<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۸؛ ۲۰۰۹) داشته است.

پنبه مهم‌ترین گیاه لیفی طبیعی و صنعتی دومنظوره جهان است که در ۷۹ کشور جهان موجب اشتغال بیش از میلیون‌ها نفر در صنایع الیاف و روغن گردیده و در میان دانه‌های روغنی جهان بعد از سویا مقام دوم را به خود اختصاص داده است. از لحاظ تحمل به شوری، پنبه آپلند (*Gossypium hirsutum*) دارای آستانه تحملی تا ۷/۸ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. پنبه با وجود اینکه به‌عنوان یک گیاه با تحمل نسبی به شوری گزارش شده، اما در میان وارپته‌ها و رقم‌های مختلف آن دامنه متنوعی از تحمل به شوری وجود دارد (ماس و هوفمن<sup>۶</sup>، ۱۹۷۷؛ خان<sup>۷</sup> و همکاران، ۱۹۹۵).

مطالعات زیادی روی تحمل به تنش در گیاه پنبه انجام شده که در تمامی این تحقیقات کاهش خصوصیات جوانه‌زنی از جمله سرعت جوانه‌زنی، وزن تر و خشک گیاهچه، طول ساقه و ریشه، کاهش زیست‌توده تولیدی گزارش شده است. (کرزآدی<sup>۸</sup>، ۲۰۰۲؛ بازال<sup>۹</sup>،

۲۰۱۰؛ رضایی<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۱۵). از لحاظ تحمل به شوری *G. barbadense* دارای تنوع بیشتری از *G. hirsutum* و *G. arboreum* بوده و مرحله گیاهچه‌ای در مقایسه با جوانه‌زنی دارای حساسیت بیشتری به شوری است (عبدل‌ناس و عمران<sup>۱۱</sup>، ۱۹۷۴). روش‌های مختلفی برای ارزیابی گیاهان زراعی نسبت به انواع تنش وجود دارد. فرناندز<sup>۱۲</sup> (۱۹۹۲) در بررسی عملکرد رقم‌ها در دو محیط (تنش و شرایط عادی) واکنش گیاهان را به چهار گروه تقسیم کرد: رقم‌هایی که در هر دو محیط عملکرد بالایی دارند (A)، رقم‌هایی که در شرایط عادی عملکرد بالایی دارند (B)، رقم‌هایی که در شرایط تنش عملکرد خوبی دارند (C) و رقم‌هایی که در هر دو محیط دارای عملکرد پایینی هستند (D). بهترین شاخص آن است که بتواند گروه A را از سه گروه متمایز کند و بر این اساس شاخص تحمل به تنش (STI<sup>۱۳</sup>) را معرفی کرد. مقادیر بالای این شاخص برای یک رقم، نشان‌دهنده تحمل به تنش بالاتر و عملکرد بالقوه بیشتر آن رقم است. این شاخص قادر به تفکیک و جداسازی گروه A از گروه‌های B و C است.

بعلاوه در بین شاخص‌های تحمل به تنش، میزان کمتر شاخص حساسیت به تنش (SSI<sup>۱۴</sup>) نشان‌دهنده تغییرات کم عملکرد رقم در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش و پایداری آن رقم است.

صدیق<sup>۱۵</sup> و همکاران (۲۰۱۵) آزمایشی روی ۱۴ رقم پنبه در مزرعه در منطقه بیرجند در شرایط تنش خشکی اجرا کردند و شاخص STI را به‌عنوان بهترین شاخص در هر دو دسته تنش و غیر تنش معرفی کردند. عالیشاه و احمدی‌خواه<sup>۱۶</sup> (۲۰۰۹) در آزمایشی که روی ۵ رقم پنبه اصلاح‌شده در دو منطقه از گلستان در دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی انجام دادند. در این تحقیق نیز STI شاخص مناسبی در دسته‌بندی و

<sup>9</sup> Basal<sup>10</sup> Razaee<sup>11</sup> Abul-Naas and Omran<sup>12</sup> Fernandez<sup>13</sup> Stress Tolerance index<sup>14</sup> Stress susceptibility index<sup>15</sup> Sedigh<sup>16</sup> Alishah and Ahmadikhah<sup>1</sup> Munns and Termaat<sup>2</sup> Kamrava<sup>3</sup> Shirazi<sup>4</sup> Motamedi<sup>5</sup> Mohammadzadeh<sup>6</sup> Maas and Hoffmann<sup>7</sup> Khan<sup>8</sup> Kor Nejadi

کشت شد. سپس یک حوله کاغذی آغشته به همان محلول کلرید سدیم با همان ابعاد و همان غلظت روی بذرهای قرار داده شد. حوله‌های کاغذی محتوی بذرهای کشت شده پیچانده شد و سپس در داخل ظروفی محتوی همان محلول با همان غلظت به صورت عمودی قرار داده شدند و ساندویچ‌های تهیه شده با احتیاط در داخل ژرمیناتور با رطوبت نسبی ۹۰ درصد و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و دوره روشنایی ۱۲ ساعت قرار داده شدند (مشهدی<sup>۴</sup>، ۲۰۱۳).

وزن تر و خشک گیاهچه‌ها، وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه نمونه‌ها پس از ۱۴ روز اندازه‌گیری شدند. سپس شاخص‌های تحمل به تنش بر اساس روابط جدول ۲ و درصد جوانه‌زنی (رابطه ۱)، شاخص بنیه گیاهچه (رابطه ۲)، ضریب آلومتریک (رابطه ۳)، شاخص تحمل به تنش (STI) (رابطه ۴) و شاخص حساسیت به تنش (SSI) (رابطه ۵) محاسبه شد. رابطه (۱) مگوایر<sup>۵</sup>، (۱۹۶۲)

$$GP = (n/N) \times 100$$

GP: درصد جوانه‌زنی، t: روز پس از کشت بذر، n: تعداد بذر جوانه‌زده در روز t، N: تعداد کل بذرهای رابطه (۲) عبدالباکی و اندرسون<sup>۶</sup>، (۱۹۷۳)

$$VI = GP \times PL$$

VI: شاخص بنیه بذر، GP: درصد جوانه‌زنی، PL: طول گیاهچه

رابطه (۳) موسسه بین‌المللی آزمون بذر<sup>۷</sup> (۱۹۸۵)

$$\text{ضریب آلومتریک} = \frac{\text{وزن خشک ریشه چه}}{\text{وزن خشک ساقه چه}}$$

رابطه (۴) فیشر و مورر<sup>۸</sup>، (۱۹۷۸)

$$SSI = (1 - (Y_S/Y_N))/SI$$

$$SI = 1 - (\bar{Y}_S/\bar{Y}_N)$$

رابطه (۵) فرناندز، (۱۹۹۲)

$$STI = (Y_N \times Y_S)/(\bar{Y}_N)^2$$

$\bar{Y}_S$ : میانگین عملکرد کلیه رقم‌ها در محیط تنش

$\bar{Y}_N$ : میانگین عملکرد کلیه رقم‌ها در محیط بدون تنش

$Y_S$ : عملکرد رقم در محیط تنش،  $Y_N$ : عملکرد رقم در

شرایط بدون تنش و SI: شاخص تنش

جداسازی ارقام متحمل از حساس قلمداد کردند. زنگی<sup>۱</sup> (۲۰۰۵) در دو آزمایش جداگانه در دو مزرعه یکی با آبیاری طبیعی و دیگری بدون آبیاری ۱۰ رقم پنبه را بررسی کردند، نتایج نشان داد که شاخص STI در دسته‌بندی ارقام پنبه شاخصی خوب و مناسب است.

در آزمایش‌های مختلف از فاکتورهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی برای محاسبه STI بهره برده‌اند، اکبری<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۷) برای بررسی تحمل به خشکی کالوس‌های گندم از شاخص تحمل به خشکی استفاده کرده‌اند و این شاخص را از RGR کالوس‌های تیمار شده نسبت به RGR کالوس‌های کنترل به دست آورده‌اند. مرعشی<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۷) ژنوتیپ‌های نخل نخل را برای تنش شوری از طریق خصوصیات فیزیولوژیکی کشت بافت بررسی کردند. ایشان برای تمامی این خصوصیات شاخص STI را محاسبه کردند و بر اساس آن رقم‌های حساس و متحمل را مشخص نمودند.

هدف از تحقیق حاضر بررسی تحمل به تنش شوری در ۱۴ رقم پنبه آلوتتراپلوئید در مرحله جوانه‌زنی با روش‌های آماری پیشرفته و شاخص‌های تحمل رایج جهت تعیین رقم‌های متحمل و حساس است.

## مواد و روش‌ها

رقم‌های مورد بررسی توسط مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی تأمین شد که مشخصات این رقم‌ها در جدول ۱ آمده است. این تحقیق در پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری طبهرستان انجام شد. به منظور بررسی تحمل به شوری رقم‌های پنبه مورد مطالعه آزمایش فاکتوریلی (دو فاکتور شوری و رقم) در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. ابتدا حوله‌ای از کاغذ صافی در داخل محلول‌های کلرید سدیم با غلظت‌های موردنظر (۰، ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر از نمک کلرید سدیم) غوطه‌ور شد و پس از خارج شدن محلول اضافی ۱۰۰ عدد بذر (از هر ۱۴ رقم) در خطوط طولی با فواصل معین با فاصله ۵ سانتی‌متر از لبه بالایی

<sup>4</sup> Mashhadi

<sup>5</sup> Maguire

<sup>6</sup> Abdul-Baki and Anderson

<sup>7</sup> International Seed Testing Association

<sup>8</sup> Fischer and Maurer

<sup>1</sup> Zangi

<sup>2</sup> Akbari

<sup>3</sup> Marashi

## نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده نشان داد که اثر رقم، شوری و برهمکنش شوری و رقم برای صفات وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه، وزن تر ریشه، طول ساقه، شاخص بنیه گیاهچه، ضریب آلومتریک، وزن خشک گیاهچه، طول گیاهچه در سطح یک درصد و در صفات وزن تر ساقه، طول ریشه در سطح پنج درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲).

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین تیمارهای مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و با روش حداقل دامنه معنی‌دار (LSD) انجام شد و تجزیه خوشه‌ای (برای دسته‌بندی ارقام متحمل و حساس)، تجزیه تابع تشخیص (برای تعیین محل درست خط برش و تعیین تعداد گروه‌های خوشه‌بندی)، تجزیه به مولفه‌های اصلی و نمودار بای پلات رقم‌ها در دو سطح شوری ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر توسط نرم‌افزار Statgraphics نسخه ۱۷ انجام شد.

جدول ۱- مشخصات رقم‌های پنبه مورد مطالعه

Table 1. Characteristics of cotton cultivars studied

شماره number	نام رقم Genotype name	دوره رسیدگی Maturity	گونه Species	خصوصیت Characteristic
1	دکتر عمومی Dr omomi	بسیار دیررس Very delayed maturity	<i>G.barbadense</i>	
2	گیزا ۳۱ Giza 31	دیررس Delayed maturity	<i>G.barbadense</i>	
3	ورامین Varmin	متوسطرس Average maturity	<i>G.hirsutum</i>	
4	ساحل Sahel	متوسطرس Average maturity	<i>G.hirsutum</i>	
5	کاشمر Kashmar	متوسطرس Average maturity	<i>G.hirsutum</i>	تیپ صفر جدید New zero type
6	بختگان Bakhtegan	متوسطرس average maturity	<i>G.hirsutum</i>	
7	ترموس ۱۴ Thermus 14	متوسطرس Average maturity	<i>G.barbadense</i>	
8	گلستان Golestan	زودرس Early maturity	<i>G.hirsutum</i>	
9	لطیف Latif	زودرس Early maturity	<i>G.hirsutum</i>	رقم جدید New cultivar
10	خورشید Khorshid	زودرس Early maturity	<i>G.hirsutum</i>	تیپ صفر جدید New zero type
11	خرداد Khordad	زودرس Early maturity	<i>G.hirsutum</i>	
12	سپید Sepid	نسبتاً زودرس Rather an early maturity	<i>G.hirsutum</i>	دارای برگ اکرا Having Akra leaf
13	ایرما ۳۲۳ Irma 323	نسبتاً زودرس Rather an early maturity	<i>G.hirsutum</i>	
14	سوپراکرا Superakra	نسبتاً زودرس Rather an early maturity	<i>G.hirsutum</i>	برگ اکرا (بریدگی عمیق) Akra leaf (deep)

جدول ۲- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در ۱۴ رقم پایه مورد مطالعه

Table 2. The mean squares obtained from analysis of variance of studied traits in 14 cotton cultivars

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک ریشه	وزن خشک ساقه	وزن تر ریشه	وزن تر ساقه	طول ریشه	طول ساقه	شاخص پیه گیاهچه	درصد آب گیاهچه	ضریب آلومترى	وزن خشک گیاهچه	وزن تر گیاهچه	طول گیاهچه	طول جوانه زنی
Source of variation	DF	Dry weight of root	Dry weight of shoot	Fresh weight of root	Fresh weight of shoot	Root length	Shoot length	Seedling vigor index	Seedling water percent	Allometric coefficient	Dry weight of seedling	Fresh weight of seedling	Seedling length	Germination percent
رقم	13	0.023 <sup>ns</sup>	0.66 <sup>ns</sup>	0.05 <sup>ns</sup>	0.013 <sup>ns</sup>	0.70 <sup>ns</sup>	0.33 <sup>ns</sup>	34.41 <sup>ns</sup>	110.22 <sup>ns</sup>	27.28 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>	0.05 <sup>ns</sup>	0.67 <sup>ns</sup>	9.67 <sup>ns</sup>
Cultivar														
شوری	2	0.007 <sup>*</sup>	5.36 <sup>ns</sup>	1.79 <sup>ns</sup>	0.30 <sup>ns</sup>	23.16 <sup>ns</sup>	12.80 <sup>ns</sup>	742.52 <sup>ns</sup>	915.05 <sup>ns</sup>	224.89 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>	2.08 <sup>ns</sup>	34.74 <sup>ns</sup>	27.68 <sup>ns</sup>
Salinity														
رقم×شوری	36	0.014 <sup>ns</sup>	0.42 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	0.10 <sup>*</sup>	0.19 <sup>ns</sup>	4.96 <sup>ns</sup>	73.99 <sup>ns</sup>	31.26 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>	0.23 <sup>ns</sup>	1.26 <sup>ns</sup>
Cultivar× salinity														
خطا	86	0.005	0.03	0.01	0.002	0.06	0.05	0.05	26.24	1.37	0.004	0.01	0.06	0.02
Error														
درصد ضریب تغییرات CV%		13.25	11.86	10.91	9.78	15.48	11.38	15.34	12.54	16.49	11.76	9.99	12.45	7.89

ns: non significant, \*: level of significant 5% and \*\*: level of significant 1%  
 ns: عدم معنی داری، \*: سطح معنی داری 5 درصد و \*\*: سطح معنی داری یک درصد

جدول ۳- میانگین مربعات صفات حاصل از تجزیه واریانس روش دمی اثر شوری در رقم‌های مورد مطالعه

Table 3. Mean squares of traits obtained from analysis of variance of salinity effect in cultivars studied

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	وزن تر ریشه‌چه	وزن تر ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	شاخص پنبه گیاهچه	ضریب آلومتریک	وزن خشک گیاهچه	وزن تر گیاهچه	طول گیاهچه	درصد جوانه زنی
Source of variation	DF	Dry weight of root	Dry weight of shoot	Fresh weight of root	Fresh weight of shoot	Root length	Shoot length	Seeding vigor index	Allometric coefficient	Dry weight of seedling	Fresh weight of seedling	Seedling length	Germination percentage
سطح شوری صفر	13	0.027 <sup>ns</sup>	0.10 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>	0.005 <sup>ns</sup>	0.35 <sup>ns</sup>	0.07 <sup>ns</sup>	0.84 <sup>ns</sup>	1.74 <sup>ns</sup>	0.024 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>	0.34 <sup>ns</sup>	2.34 <sup>ns</sup>
دسی‌لیتس بر متر													
Salinity 0 ds/m													
سطح ۸ شوری	13	0.007 <sup>ns</sup>	0.12 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	0.28 <sup>ns</sup>	0.13 <sup>ns</sup>	0.87 <sup>ns</sup>	2.19 <sup>ns</sup>	0.008 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	0.29 <sup>ns</sup>	3.10 <sup>ns</sup>
دسی‌لیتس بر متر													
Salinity 8 ds/m													
سطح ۱۶ شوری	13	0.018*	1.28 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	0.011 <sup>ns</sup>	0.26 <sup>ns</sup>	0.50 <sup>ns</sup>	0.87 <sup>ns</sup>	85.18 <sup>ns</sup>	0.019 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	0.50 <sup>ns</sup>	6.82 <sup>ns</sup>
دسی‌لیتس بر متر													
Salinity 16 ds/m													

ns: عدم معنی‌داری؛ \* : سطح معنی‌داری ۵ درصد و \*\* : سطح معنی‌داری یک درصد

ns: non significant, \*: level of significant 5% and \*\*: level of significant 1%

جدول ۴-۴. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در ۱۴ رقم پنبه مورد مطالعه بر اساس سطح شوری - دسی‌زیمس بر مبنای جدول ۴-۴. Comparison of mean values of traits measured in 14 cotton cultivars based on salinity level zero ds.m<sup>-1</sup>

رقم Cultivar	طول ساقه (سانتی‌متر) Stem length (cm)	طول ریشه (سانتی‌متر) Root length (cm)	وزن ساقه تازه (گرم) Dry weight of shoot (gr)	وزن ریشه تازه (گرم) fresh root (gr)	وزن ساقه خشک (گرم) Dry weight of shoot (gr)	وزن ریشه خشک (گرم) Dry weight of root (gr)	وزن ساقه تازه (گرم) Fresh weight of shoot (gr)	طول گیاهچه (سانتی‌متر) Seedling length (cm)	درصد جوانه‌زنی Germination percent	وزن ساقه تازه (گرم) Fresh weight of seedling (gr)	وزن ریشه تازه (گرم) Fresh weight of root (gr)	وزن ساقه خشک (گرم) Dry weight of seedling (gr)	وزن ریشه خشک (گرم) Dry weight of root (gr)	ضریب آلومنتیک Allometric coefficient	شاخص پنبه seedling vigor index
باجینگان Bakajegan	6.58 ab	6.58 bc	0.20 bc	1.12 ab	0.010 a-d	0.17 a-d	1.33 ab	13.16 ab	38.55 f	1.33 ab	1.41 ab	0.18 a-d	0.18 a-d	18.94 c	5.60 cd
دکتر خموش Dr. omoush	8.05 a	9.00 ab	0.21 a-c	1.44 a	0.012 a-d	0.13 c-e	1.66 a	17.05 a	68.88 cd	1.66 a	1.41 ab	0.14 c-e	0.14 c-e	12.31 c	11.99 ab
گرازا Graza	8.00 a	8.88 ab	0.22 a-c	1.48 a	0.016 a-c	0.19 a-c	1.70 a	16.88 a	73.33 bc	1.70 a	1.41 ab	0.21 a-c	0.21 a-c	20.49 c	12.69 ab
گولستان Golistan	5.88 ab	6.50 bc	0.16 c	1.21 ab	0.008 cd	0.12 c-e	1.38 ab	12.58 ab	60.88 de	1.38 ab	1.41 ab	0.13 de	0.13 de	81.22 ab	7.86 b-d
ایرما Irma	6.05 ab	6.50 bc	0.18 bc	1.22 ab	0.011 a-d	0.15 a-d	1.41 ab	12.55 ab	66.66 cd	1.41 ab	1.41 ab	0.16 a-d	0.16 a-d	20.84 c	8.82 a-d
کاشمار Kashmar	5.11 b	4.94 bc	0.16 c	0.82 b	0.005 d	0.07 e	0.99 b	13.83 ab	38.66 f	0.99 b	0.99 b	0.07 e	0.07 e	30.39 bc	4.56 d
خورداد Khoradad	7.00 ab	8.88 bc	0.18 bc	1.34 ab	0.016 a-c	0.11 de	1.33 ab	13.72 ab	64.33 cd	1.33 ab	1.33 ab	0.12 de	0.12 de	103.94 a	9.44 a-d
کهریزد Kherizad	7.50 ab	6.22 bc	0.18 c	1.12 ab	0.009 b-d	0.11 de	1.30 ab	15.61 ab	88.00 a	1.30 ab	1.30 ab	0.13 de	0.13 de	107.25 a	12.57 ab
کرمه Kermeh	7.94 a	7.66 bc	0.23 a-c	1.23 ab	0.012 a-d	0.13 b-e	1.47 ab	13.55 ab	73.33 bc	1.47 ab	1.47 ab	0.14 c-e	0.14 c-e	57.17 a-c	12.15 ab
سابل Sabel	6.72 ab	8.88 bc	0.17 c	1.05 ab	0.017 ab	0.12 de	1.25 ab	14.55 ab	69.33 cd	1.25 ab	1.25 ab	0.15 de	0.15 de	18.49 c	9.80 a-d
سجد Sajid	6.88 ab	8.16 a-c	0.21 bc	1.10 ab	0.016 a-c	0.22 a	1.31 ab	14.05 ab	88.00 a	1.31 ab	1.31 ab	0.24 a	0.24 a	21.25 c	13.05 ab
سپهرآرا Sapheera	6.55 ab	7.50 bc	0.21 a-c	1.14 ab	0.018 ab	0.21 ab	1.28 ab	17.33 a	57.33 de	1.28 ab	1.28 ab	0.25 ab	0.25 ab	14.42 c	8.78 a-d
تی‌۱۴ T14	5.83 ab	11.50 a	0.29 a	0.99 b	0.01 a	0.13 c-e	1.29 ab	15.54 ab	52.00 e	1.29 ab	1.29 ab	0.15 b-e	0.15 b-e	11.02 c	10.33 a-c
وارمان Varman	7.69 a	7.85 bc	0.26 ab	1.23 ab	0.010 a-d	0.15 a-d	1.49 a	13.16 ab	81.79 ab	1.49 a	1.49 a	0.17 a-d	0.17 a-d	11.34 c	13.32 a

\* در هر ستون صفات یا حروف مشابه توسط آزمون LSD (تفاوت آرای معنی داری یا هم‌نارنگ (۰.۰۵) (p=0.05) Means with same letter don't have significant differences in p-value 0.05 (Method of comparison of means: LSD).

تقی‌زاده و همکاران: بررسی تحمل به شوری در رقم‌های آلوترناتپلوئید پنبه...

جدول 5- مقایسه میانگین (عدد برای هر خانه) و درصد تغییرات (عدد پایین انداز کمتری شده در 14 رقم پنبه مورد مطالعه بر مبنای سطح شوری 8 دسی‌لیتس بر متر<sup>2</sup>) در 14 رقم پنبه مورد مطالعه (number at the bottom of cell) and percentage of variation (number at the top of cell) in traits measured in 14 cotton cultivars based on salinity level 8ds m<sup>-2</sup>

رقم Cultivar	طول ساقه Stem length (cm)	طول ریشه Root length (cm)	وزن ساقه Dry weight of shoot (g)	وزن ریشه Dry weight of root (g)	نسبت ساقه به ریشه Shoot:root ratio	درصد جوانه زنی (درصد) Germination percent (%)	طول گیاهچه Seedling length (cm)	وزن گیاهچه Fresh weight of seedling (g)	ضریب آلومتری Allometric coefficient	شاخص بین گیاهچه Seedling vigor index	
مخار	3.75 c-a	6.25 c-a	0.15 c-a	0.08 c	0.13 c	32.00 a	11.00 a	1.08 d	0.14 b-d	20.77 ab	3.84 g
Baskögen	-12.65	-5.08	-25.20	-19.47	-21.05	-17.00	-8.86	-20.58	-22.28	9.58	-31.52
نور سیم	7.68 a-c	10.15 ab	0.20 a-c	1.40 ab	0.08 c	66.66 cd	18.00 c	1.60 ab	0.14 cd	18.35 ab	11.10 a-c
Dy amonol	-4.82	14.81	-6.65	-32.75	-1.63	-3.22	5.53	-3.41	-4.54	48.91	0.90
سوز	7.25 b-c	8.35 b-d	0.19 b-c	1.33 ab	0.23 ab	67.00 bc	13.88 c-e	1.54 c-e	0.23 bc	12.11 b	11.37 a-c
Gras	-8.55	-6.25	-12.37	-8.85	44.82	-1.81	-7.23	-9.31	8.22	-40.90	-30.42
توسل	7.18 a-c	3.18 b-e	0.19 b-d	1.84 b	0.004 c	61.33 bc	13.33 c-e	1.34 e	0.15 b-d	34.44 ab	9.35 c-e
Golestan	21.69	25.64	17.21	32.56	44.37	0.72	23.76	33.33	13.86	-57.59	18.84
نور	4.85 c	6.00 ab	0.14 bc	1.04 bc	0.008 c	72.00 bc	10.83 c	1.18 c-d	0.18 c-d	25.35 ab	7.92 d-f
Ima	-20.18	-7.69	-23.66	-15.09	-42.85	7.99	-13.71	-16.23	-3.60	21.52	-11.632
کاشمر	3.33 bc	1.88 c	0.15 c-e	0.85 c	0.003 c	55.00 bc	11.00 c-d	1.00 f	0.08 f	18.33 b	3.72 h
Kashmar	4.54	14.60	-3.87	2.96	-3.22	11.94	9.39	1.47	10.95	-46.61	25.23
مرند	5.83 c-a	6.00 ab	0.13 c	0.85 c	0.008 c	48.00 d	11.83 d-e	1.09 d	0.11 cd	14.00 b	5.67 fg
Khordad	-16.66	-12.19	-27.21	-16.94	61.29	-22.58	-14.45	-18.38	-4.61	-86.53	-59.86
مورچه	5.66 a	7.00 c-e	0.18 b-e	1.33 ab	0.033 a	88.00 a	13.66 c-e	1.57 a-c	0.15 b-d	11.31 b	11.75 a
Khordad	15.55	12.50	3.06	21.19	74.06	0	14.17	20.40	13.13	-89.45	9.54
سفيد	30.88	15.75 b-d	0.24 a	1.59 a	0.008 c	78.00 b	16.50 ab	1.33 e	0.18 a-c	25.66 ab	12.54 ab
Isfah	0.69	10.86	3.30	28.90	-14.77	34.63	5.69	34.71	22.19	-58.60	5.13
سمنان	7.35 a-c	6.68 c-e	0.15 c-e	0.85 c	0.004 c	72.00 bc	14.00 c-d	1.10 d	0.10 cd	22.35 ab	10.10 b-d
Sabze	9.09	-2.43	-12.63	-9.90	-61.46	-12.88	3.84	-10.29	-18.25	20.74	3.10
سیر	7.25 b-c	3.66 bc	0.19 b-c	1.19 bc	0.003 c	77.94 b	18.00 c-e	1.40 b-d	0.23 bc	23.00 a	11.70 a
Serd	14.78	6.12	-2.61	7.83	-48.75	5.86	9.82	6.14	1.80	97.56	8.06
سیراز	6.16 b-d	6.35 c-e	0.17 c-e	1.05 bc	0.012 bc	52.00 d	13.00 c-e	1.25 b-d	0.15 b-d	11.33 b	8.76 fg
Suzarak	-5.95	-3.83	-20.81	-7.78	-20.00	-9.30	-7.50	-9.87	-34.28	-14.51	-22.96
سیر	5.83 c-e	11.00 a	0.25 ab	1.01 bc	0.008 c	56.00 d	17.83 c	1.25 b-d	0.13 cd	19.00 ab	9.97 b-d
تول	0	4.34	-19.01	1.44	-64.70	7.69	2.88	-3.18	-20.71	72.26	-3.45
دوسر	8.85 b-c	3.85 b-e	0.20 b-e	1.03 bc	0.008 c	70.00 bc	14.18 c-d	1.54 b-d	0.13 cd	20.85 ab	10.18 b-d
Varman	-17.63	-0.24	-22.54	-15.96	-63.26	-11.97	-8.83	-17.12	-21.58	83.33	-23.51

\* در هر صفات یا حرف متفاوت است اختلاف آماری معنی داری با هم ندارند (P<0.05)



جدول ۶- مقایسه میانگین (عدد بانی هر خانه) و درصد تغییرات (عدد پایین هر خانه) صفات اندازه گیری شده در ۱۴ رقم تهیه موزیسطامله پیش‌رضی بر اساس سطح کمپوزیسیون بر مبنای جدول مقایسه میانگین (عدد بانی هر خانه) و درصد تغییرات (عدد پایین هر خانه) in traits measured in 14 cotton cultivars based on salinity level 1.6dS.m<sup>-2</sup>

نام Cultivar	طول ساقه (cm)	طول ریشه (cm)	وزن ساقه خشک (g)	وزن ریشه خشک (g)	وزن ساقه تازه (g)	وزن ریشه تازه (g)	درصد جوانه زایی (%)	طول میله ساقه (cm)	وزن میله ساقه تازه (g)	وزن میله ساقه خشک (g)	ضریب همبستگی Allometric coefficient	شاخص ساقه seedling vigor index
مطمان	4.00 c	1.50 ef	0.14 d	0.37 g	0.21 ab	31.68 i	5.00 e	0.71 h	0.23 b	20.93 de		1.08 f
Bakhtegan	-39.24 a	-62.02 c	-32.45 b	-49.28 d	-5.26 b	30.76 h	-17.86 g	-50.63 d	-46.66 f	19.27 c	10.43	-63.19
دکتر خموش	7.00 a	4.00 c	0.17 c	0.93 b	0.0100 b	64.00 d	11.00 s	1.10 f	0.11 d	9.85 e		7.02 s
Dy comoni	-13.10	-35.55	-21.93	-35.51	-22.41	-7.09	11.00 s	-33.50	-33.73	-23.89	-19.31	-41.22
گنابا	6.00 ab	5.00 b	0.18 bc	1.11 a	0.0030 c	85.00 c	11.00 s	1.59 d	0.20 b	40.05 de		7.48 s
Gasa	-25	-43.75	-19.80	-23.05	-68.96	-7.27	3.00 e	-34.86	-4.85	84.56		-41.07
گولستان	2.50 de	2.50 ef	0.08 g	0.47 i	0.0005 c	32.00 g	3.00 e	0.33 i	0.09 f	201.90 t		1.80 hg
Golestan	-57.54	-61.53	-61.22	-84.03	-26.36	-14.59	-59.64	-60.14	-30.71	148.56		-66.91
ایرما	3.50 cd	3.50 cd	0.14 d	0.79 c	0.0030 c	53.00 g	7.00 cd	0.93 c	0.14 c	27.68 de		3.64 d
ایرما	-42.20	-46.15	-25.44	-35.71	-57.14	-21.00	-44.24	-54.33	-14.42	34.22		-58.76
ایرما	3.00 c-e	1.00 f	0.08 g	0.40 j	0.0003 c	11.00 k	3.00 e	0.43 j	0.03 e	64.44 d		0.80 h
Kashmar	-41.30	-39.55	-50.33	-51.54	-80.32	-59.70	-68.96	-51.34	-61.63	110.65		-86.84
کورد	6.00 ab	5.00 b	0.15	1.11 a	0.0065 c	67.00 f	11.00 s	1.59 d	0.14 c	280.83 s		6.26 b
Khorasid	-14.28	-26.82	1.18	-3.29	-90.32	17.75	-11.39	-20.48	-2.66	13.25		-53.64
کوهپایه	4.00 c	2.50 ef	0.09 g	0.66 f	0.0003 c	62.00 g	8.30 d	0.75 g	0.15 c	503.25 s		4.94 c
Kohpaya	-46.66	-39.82	-50.30	-41.56	-96.92	27.35	-13.63	-52.63	-42.60	10.26		-60.66
کلیه	6.00 ab	4.00 c	0.17 c	0.71 cd	0.0010 c	67.00 f	10.00 s	0.94 e	0.14 c	141.83 c		3.21 c
کلیه	-24.47	-47.82	-27.83	-37.82	-89.77	0.79	-29.09	-35.94	-36.05	-5.15	147.81	-57.06
کلیه	3.00 c-e	3.00 de	0.11 f	0.73 e	0.0030 c	60.00 g	6.00 de	0.83 e	0.14 c	28.45 de		3.60 de
کلیه	-53.37	-58.09	-37.34	-51.71	-83.71	-16.66	-13.46	-53.73	-32.32	9.73		-83.27
کلیه	2.00 e	3.00 de	0.12 ef	0.73 de	0.0200 a	64.00 d	3.00 e	0.87 d	0.13 c	6.25 e		4.20 d
کلیه	-63.69	-63.26	-43.45	-32.22	11.49	-42.92	-4.54	-65.64	-38.91	-69.16		-67.83
کلیه	3.00 c-e	3.00 de	0.13 ef	0.65 de	0.0100 b	61.00 g	6.00 de	0.78 de	0.14 c	18.11 e		3.88 ef
کلیه	-54.23	-60	-40.60	-43.09	-40.00	-40.00	-57.31	-42.69	-39.99	-9.08		-57.18
کلیه	2.00 e	2.00 e	0.24 e	0.37 b	0.0200 a	28.00 h	3.00 e	0.87 d	0.25 a	11.97 e		2.34 f
کلیه	-63.71	-47.82	-17.87	-42.95	5.88	68.29	-46.15	-53.84	-37.26	60.71		8.59
کلیه	3.33 b	3.00 de	0.17 c	0.62 g	0.0300 a	65.00 g	3.33 b	0.79 f	0.10 d	4.72 e		3.66 bc
کلیه	-30.65	-61.79	-35.24	-49.74	4.20	-48.42	-48.38	-47.19	-42.62	-57.64		-57.53

Means with same letter don't have significant differences in p-value 0.05 (Method of comparison of means: LSD).

\* در هر صفات یا حرف مقایسه توسط آزمون LSD اختلاف آماری معنی داری با هم ندارند (p < 0.05)

جدول ۷- شاخص‌های تحمل محاسبه شده برای رقم‌ها در دو سطح شوری ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر  
**Table 7.** Tolerance indices for cultivars at two levels of salinity of 8 and 16 ds.m<sup>-1</sup>

Cultivars	رقم	شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر Salinity 16 ds.m <sup>-1</sup>				شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر Salinity 8 ds.m <sup>-1</sup>			
		STI	SSI	Ys	Yp	STI	SSI	Ys	Yp
Varmin	ورامین	1.10	2.92	0.1	0.24	4.08	1.46	0.17	0.24
Thermus 14	ترموس ۱۴	1.38	-5.42	0.22	0.12	1.68	-0.83	0.14	0.12
Kashmar	کاشمر	0.14	3.48	0.03	0.1	1.25	-1.25	0.12	0.1
Golestan	گلستان	0.66	2.17	0.09	0.16	3.28	-1.41	0.20	0.16
Bakhtegan	بختگان	1.72	-1.47	0.22	0.11	1.54	-1.36	0.14	0.11
Khordad	خرداد	0.90	-0.02	0.14	0.14	1.33	1.61	0.09	0.14
Khorshid	خورشید	0.69	-2.53	0.15	0.1	1.45	-2.25	0.14	0.1
Dr omomi	دکتر	0.71	1.07	0.11	0.14	2.45	-1.25	0.17	0.14
Latif	لطیف	0.97	0.30	0.14	0.15	3.15	-2.00	0.21	0.15
sahel	ساحل	0.73	-1.59	0.14	0.11	1.37	-0.68	0.12	0.11
Sepid	سپید	0.76	-1.82	0.15	0.17	2.55	0.59	0.15	0.17
Superakara	سوپراکرا	1.16	1.11	0.14	0.18	2.16	1.67	0.12	0.18
Giza	گیزا	1.70	-0.69	0.20	0.18	4.32	-1.67	0.24	0.18
Irma	ایرما	1.07	0.47	0.14	0.16	3.04	-0.94	0.19	0.16

ابراهیم<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۷) بوده است که گزارش کردند شوری منجر به کاهش طول ساقه، سطح و مقدار آب در بذر پنبه شده است. وارقوز<sup>۳</sup> و همکاران (۱۹۹۵) اعلام کردند که با افزایش شدت شوری، درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و قسمت هوایی و بنیه گیاهچه کاهش می‌یابد. کرنزادی (۲۰۰۲)، لین<sup>۴</sup> و همکاران (۱۹۹۷) و رضایی و همکاران (۲۰۱۵) افزایش شوری را در کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، وزن تر ساقه‌چه و ریشه‌چه در گیاهچه پنبه مؤثر دانسته‌اند.

با افزایش شوری شاخص بنیه بذر نیز کاهش یافته است. خدارحم‌پور<sup>۵</sup> (۲۰۱۱) با تحقیق روی ذرت، منساه<sup>۶</sup>

بعد از برش‌دهی بر اساس سطوح شوری، میانگین مربعات تمامی صفات برای هر سه سطح شوری صفر، ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار شد. جدول ۳ میانگین مربعات صفات حاصل از تجزیه واریانس برش‌دهی اثر شوری در رقم‌های مورد مطالعه را نشان داده است.

در جدول ۴ مقایسه میانگین صفات در سطح صفر دسی‌زیمنس بر متر، جدول ۵ مقایسه میانگین و درصد تغییرات صفات در سطح ۸ دسی‌زیمنس بر متر و جدول ۶ مقایسه میانگین و درصد تغییرات صفات در سطح شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر را نشان داده است.

به‌طور کلی کاهش تمامی صفات با افزایش سطح شوری دیده شده است که این نتایج منطبق بر تحقیقات فتحی<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۶)، بازال و همکاران (۲۰۰۶) و

<sup>2</sup>Ibrahim

<sup>3</sup>Varghese

<sup>4</sup>Lin

<sup>5</sup>Khodarahmpour

<sup>1</sup> Fathi

جدول ۹ میزان همبستگی هر یک از شاخص‌ها را با مؤلفه اول و مؤلفه دوم نشان داده است. بر این اساس رقم‌های گیزا و سپید به‌عنوان متحمل‌ترین‌ها و رقم‌های کاشمر و خرداد به‌عنوان حساس‌ترین‌ها رقم‌ها شناسایی شدند. (شکل ۱). بر اساس دسته‌بندی فرناندز (۱۹۹۲) رقم‌ها در تجزیه خوشه‌بندی به روش وارد (شکل ۲) در چهار گروه متحمل، نیمه متحمل، نیمه حساس و حساس قرار گرفتند.

در جدول ۱۰ گروه‌ها، میزان تحمل، عملکرد تنش (Ys) و غیر تنش (Yp) هر کدام مشخص شده است. بر اساس این گروه‌بندی رقم‌های گیزا و سپید دارای عملکرد بالا در دو محیط بوده‌اند. (دسته متحمل)، رقم‌های کاشمر و خرداد که عملکرد تنش و غیر تنش پایینی دارند (دسته حساس)، رقم سوپراکرا که دارای عملکرد بالایی در محیط غیر تنش و عملکرد پایینی در محیط تنش هستند (دسته نیمه متحمل) و رقم‌های بخنگان، ورامین، لطیف، گلستان، ساحل، ترموس ۱۴ (T<sub>14</sub>)، دکتر عمومی و ایرما که دارای عملکرد تنش قابل قبولی هستند به‌عنوان دسته نیمه حساس دسته‌بندی شدند آنالیز تابع تشخیص تجزیه خوشه‌ای در جدول ۱۱ آمده است؛ که در این آنالیز نشان داده شده که خط برش خوشه‌بندی به‌درستی رسم شده و چهار گروه معنی‌دار شده‌اند.

جدول ۸- مقادیر ویژه، درصد واریانس و سهم تجمعی شاخص‌های تحمل و عملکرد در شرایط تنش و غیر تنش در رقم‌ها پنبه  
Table 8. eigenvalues, variance and cumulative Ys and Yp indices in cotton cultivars

مورد Function	محور مؤلفه‌های اصلی Principle component axis	
	PC1 مؤلفه اول	PC2 مؤلفه دوم
مقادیر ویژه Eigenvalue	2.88	1.09
درصد واریانس جزء %Variance	72.19	27.37
درصد واریانس تجمعی %Cumulative	72.19	99.56

منساه<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۶) با تحقیق روی بادام‌زمینی و مصطفوی<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۱) با تحقیق روی گلرنگ نشان دادند که بنیه بذر طی تنش شوری کاهش می‌یابد، در واقع شوری قادر است با غیرفعال کردن برخی هورمون‌ها و همچنین تأثیر بر نفوذپذیری غشا موجب کاهش بنیه بذر شود. ضریب آلومتریک نیز با افزایش شوری روند کاهشی داشته است. علت این امر یون‌های کلر و سدیم حاصل از تنش شوری است که با ایجاد پتانسیل اسمزی منفی، فرآیندهای هیدرولیزی بذر مختل کرده و با ایجاد سمیت یونی، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه را کاهش داده و با افزایش سطوح شوری روندی کاهشی به ضریب آلومتریک می‌بخشد. (رحمان<sup>۳</sup> و همکاران، ۱۹۹۷).

شاخص‌های تحمل به تنش SSI، STI، Yp و Ys بر اساس روابط ارائه شده محاسبه گردید (جدول ۷).

#### تجزیه خوشه‌ای در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر

به‌منظور تعیین متحمل‌ترین رقم‌ها تجزیه چند متغیره مؤلفه‌های اصلی بر مبنای شاخص‌های تحمل SSI، STI، عملکرد تحت شرایط تنش و غیرتنش انجام شد. بای پلات مربوطه بر مبنای دو مؤلفه اول و دوم که ۹۹/۵۶ درصد از تغییرات موجود بین داده‌ها را توجیه می‌کردند، رسم گردید (شکل ۱). در این مطالعه مؤلفه اول ۷۲/۱۹ درصد از تغییرات کل را توجیه می‌کند که دارای همبستگی بالا و منفی با شاخص تحمل به تنش (STI) بوده است. مؤلفه دوم ۲۷/۳۷ درصد از تغییرات مربوطه را توجیه می‌کند و دارای همبستگی بالا و مثبتی با شاخص حساسیت به تنش (SSI) بوده است (جدول ۸).

بر اساس همبستگی شاخص‌های STI و SSI با مؤلفه اول<sup>۴</sup> و مؤلفه دوم<sup>۵</sup>، ناحیه ۱ با حداکثر مؤلفه اول و حداکثر مؤلفه دوم، ناحیه حساسیت و ناحیه ۳ با حداقل مؤلفه اول و حداقل مؤلفه دوم، ناحیه تحمل بوده است.

<sup>1</sup> Mensuh

<sup>2</sup> Mostafavi

<sup>3</sup> Rehman

<sup>4</sup> PC1 (principal component 1)

<sup>5</sup> PC2 (principal component 2)

## تقی‌زاده و همکاران: بررسی تحمل به شوری در رقم‌های آلوتتراپلوئید پنبه...

جدول ۱۰- گروه‌بندی رقم‌ها بر اساس دسته‌بندی فرناندز، به همراه نام گروه، عملکرد تنش و غیر تنش

**Table 10.** Clustering cultivars based on Fernandez classification, along with the name of the group, Ys and Yp

گروه‌ها Groups	میزان تحمل Tolerance	عملکرد غیر تنش Yp	عملکرد تنش Ys
1	نیمه حساس Semi-sensetive	0.16	0.13
2	متحمل Tolerant	0.24	0.23
3	حساس Senetive	0.10	0.09
4	نیمه متحمل Semi-tolernat	0.23	0.15

جدول ۹- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای عملکرد تنش و غیر تنش و شاخص‌های STI و SSI در رقم‌های پنبه مورد مطالعه

**Table 9.** Principal components for Ys and Yp and STI and SSI indices in cotton cultivars

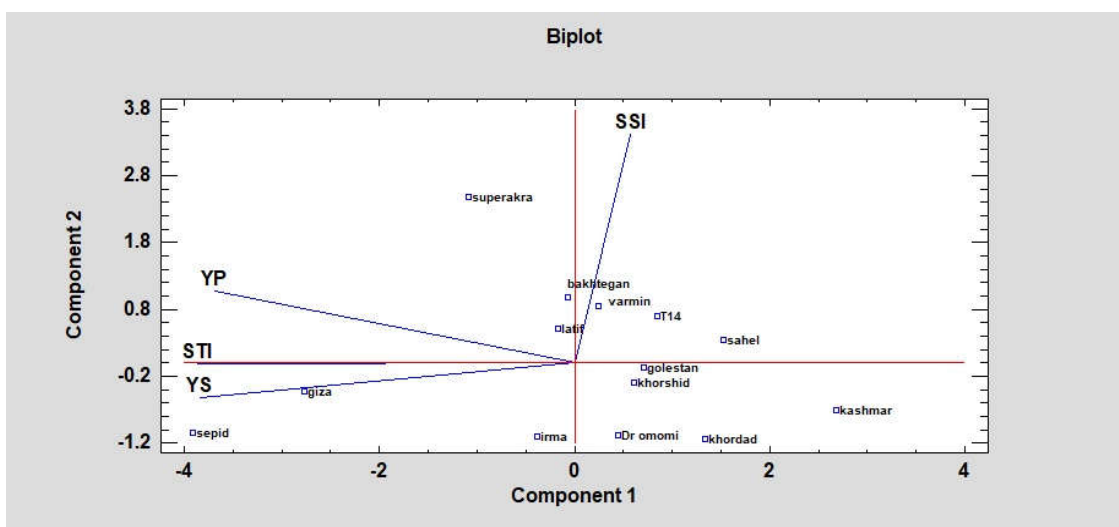
شاخص Index	PC1 مؤلفه اول	PC2 مؤلفه دوم
Yp	-0.55	0.29
Ys	-0.58	-0.14
SSI	0.08	0.94
STI	-0.58	-0.001

Ys: عملکرد در محیط تنش، Yp: عملکرد در محیط بدون تنش، SSI: شاخص حساسیت به تنش و STI: شاخص تحمل به تنش

جدول ۱۱- آزمون تابع تشخیص برای تجزیه خوشه‌ای در شکل ۱ با استفاده از لامبدای ویلکس

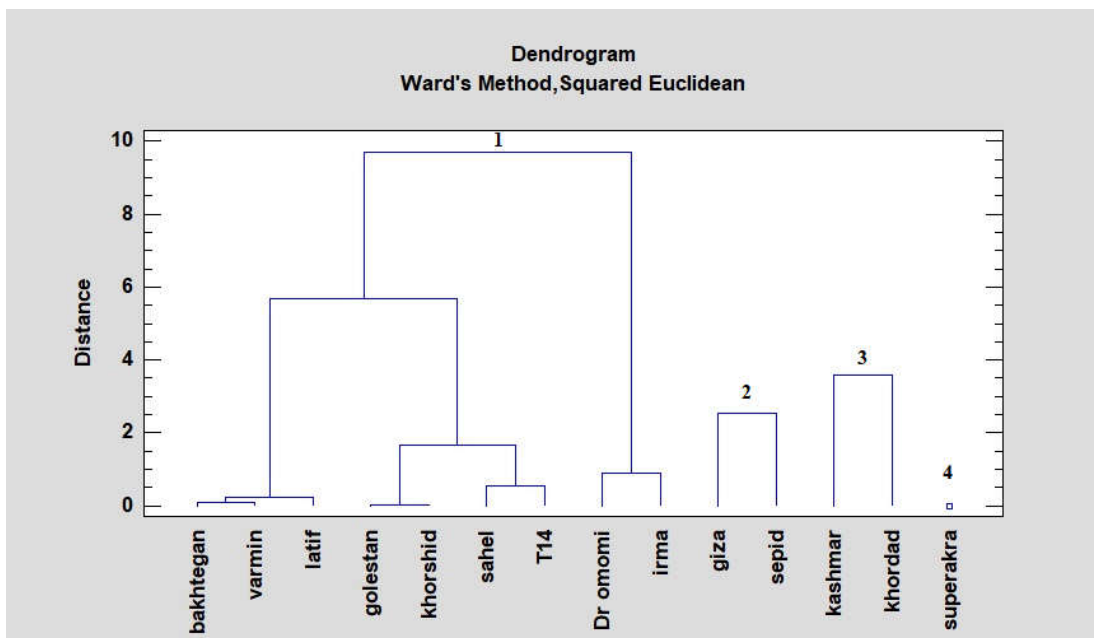
**Table 11.** Discriminant function analysis using Wilks' Lambda for cotton under salt stress for Figure 1

معنی‌داری Sig.	درجه آزادی df	کای اسکوئر Chi-square	لامبدای ویلکس Wilks' Lambda	آزمون توابع Test of Function (s)
0.0000	12	63.82	0.0008	1
0.0000	6	36.70	0.016	2
0.0017	2	12.70	0.243	3



شکل ۱- نمودار بای پلات رقم‌های مورد مطالعه در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر بر اساس شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص تحمل به تنش (STI)، عملکرد تنش (Ys) و عملکرد غیر تنش (Yp).

**Figure 1.** Biplot graph of cotton cultivars at salinity level 8 ds.m<sup>-1</sup> based on tolerance (STI) and susceptible (SSI) indices, the first and second principal component



شکل ۲- دندروگرام رقم‌ها مورد مطالعه در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر بر اساس شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص تحمل به تنش (STI)، عملکرد تنش (Ys) و عملکرد غیر تنش (Yp)، گروه‌بندی رقم‌ها به روش واریانس مینیمم انجام شد.

**Figure 2.** Dendrogram of cotton cultivars studied at salinity level 8 ds.m<sup>-1</sup> based on tolerance (STI) and susceptible (SSI) indices, Ys and Yp using WARD method

سوپراکرا به‌عنوان متحمل‌ترین‌ها و رقم کاشمر به‌عنوان حساس‌ترین رقم شناسایی شدند. بر اساس دسته‌بندی فرناندز (۱۹۹۲) رقم‌ها در تجزیه خوشه‌بندی به روش وارد (شکل ۴) در چهار گروه متحمل، نیمه متحمل، نیمه حساس و حساس قرار گرفتند.

در جدول ۱۴ گروه‌ها، میزان تحمل، عملکرد تنش (Ys) و غیر تنش (Ys) هر کدام مشخص شده است. بر اساس این گروه‌بندی رقم‌های گیزا، سپید و سوپراکرا دارای عملکرد بالا در دو محیط بوده‌اند. (دسته متحمل)، رقم‌های کاشمر که عملکرد تنش و غیر تنش پایینی دارند (دسته حساس)، رقم بختگان، دکتر عمومی، ترموس ۱۴ (T14)، گلستان و ورامین که دارای عملکرد بالایی در محیط غیر تنش و عملکرد پایین در محیط تنش هستند (دسته نیمه متحمل) و رقم‌های خرداد، ساحل و خورشید که دارای عملکرد تنش قابل قبولی هستند به‌عنوان دسته نیمه حساس دسته‌بندی شدند آنالیز تابع تشخیص تجزیه خوشه‌ای در جدول ۱۵ آمده است؛ که در این آنالیز نشان داده شده که خط برش خوشه‌بندی به‌درستی رسم شده و چهار گروه معنی‌دار شده‌اند؛ بنابراین تجزیه خوشه‌ای و بای پلات ارقام پنبه

### تجزیه خوشه‌ای در سطح شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر

به‌منظور تعیین متحمل‌ترین رقم‌ها تجزیه چند متغیره مؤلفه‌های اصلی بر مبنای شاخص‌های تحمل STI، SSI و عملکرد تحت شرایط تنش و غیرتنش انجام شد. بای پلات مربوطه بر مبنای دو مؤلفه اول و دوم که ۹۸/۸۳ درصد از تغییرات موجود بین داده‌ها را توجیه می‌کردند، رسم گردید (شکل ۳). در این مطالعه مؤلفه اول ۶۸/۴۱ درصد از تغییرات کل را توجیه می‌کند که دارای همبستگی بالا و منفی با شاخص تحمل به تنش (STI) بوده است. مؤلفه دوم ۳۰/۴۱ درصد از تغییرات مربوطه را توجیه می‌کند و دارای همبستگی بالا و مثبتی با شاخص حساسیت به تنش (SSI) بوده است (جدول ۱۲).

بر اساس همبستگی شاخص‌ها با مؤلفه اول و مؤلفه دوم، ناحیه ۱ با حداکثر مؤلفه اول و حداکثر مؤلفه دوم، ناحیه تحمل و ناحیه ۳ با حداقل مؤلفه اول و حداقل مؤلفه دوم، ناحیه حساسیت است. جدول ۱۳ میزان همبستگی هر یک از شاخص‌ها را با مؤلفه اول و مؤلفه دوم نشان داده است بر این اساس رقم‌های گیزا، سپید و

جدول ۱۳- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای عملکرد تنش و غیر تنش و شاخص‌های STI و SSI در رقم‌های پنبه مورد مطالعه

**Table 13.** Principal components for Ys and Yp and STI and SSI indices in cotton cultivars

شاخص Index	PC1 مؤلفه اول	PC2 مؤلفه دوم
Yp	-0.50	0.48
Ys	-0.58	-0.24
STI	-0.58	0.19
SSI	0.26	0.81

Ys: عملکرد در محیط تنش، Yp: عملکرد در محیط بدون تنش، SSI: شاخص حساسیت به تنش و STI: شاخص تحمل به تنش

جدول ۱۴- گروه‌بندی رقم‌ها بر اساس دسته‌بندی فرناندز، به همراه نام گروه، عملکرد تنش و غیر تنش

**Table 14.** Clustering cultivars based on Fernandez classification, along with name of group, Ys and Yp

گروه‌ها Groups	گروه‌ها Groups	گروه‌ها Groups	گروه‌ها Groups
1	نیمه متحمل Semi-tolerant	0.16	0.11
2	متحمل Tolerant	0.23	0.16
3	حساس Sensitive	0.08	0.03
4	نیمه حساس Semi-sensitive	0.14	0.13

جدول ۱۵- آزمون تابع تشخیص برای تجزیه خوشه‌ای در شکل ۱ با استفاده از لامبدای ویلکس

**Table 15.** Discriminant function analysis using Wilks' Lambda for cotton under salt stress for Figure 1

آزمون توابع Test of Function (s)	آزمون توابع Test of Function (s)	آزمون توابع Test of Function (s)	آزمون توابع Test of Function (s)	آزمون توابع Test of Function (s)
1	0.0005	68.34	12	0.0000
2	0.013	38.88	6	0.0000
3	0.262	12.04	2	0.0024

روشی مناسب برای دسته‌بندی این ارقام برای تنش شوری هستند همان‌طور که قبلاً توسط صدیق و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی ۱۴ ژنوتیپ پنبه در تنش خشکی تأیید کردند که شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI) و شاخص تحمل به تنش (STI) که دارای همبستگی معنی‌دار و بالا در دو محیط تنش و غیر تنش هستند، برای استفاده در تجزیه بای پلات و خوشه‌بندی و انتخاب رقم‌های متحمل و حساس مناسب هستند.

### نتیجه‌گیری

دسته‌بندی و بای پلات رقم‌ها بر اساس این شاخص‌ها در سطح شوری ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر نشان داد که رقم‌ها سپید و گیزا در هر دو سطح در دسته متحمل‌ها و رقم‌ها کاشمر در هر دو سطح در گروه حساس‌ها در مرحله جوانه‌زنی بر اساس شاخص‌های STI و SSI بودند. نتایج حاصل منطبق بر نتایج سایر محققین است. به‌طور کلی دسته‌بندی رقم‌ها و بای پلات برای شناسایی رقم‌های متحمل پنبه از حساس کاربرد قابل توجهی دارد.

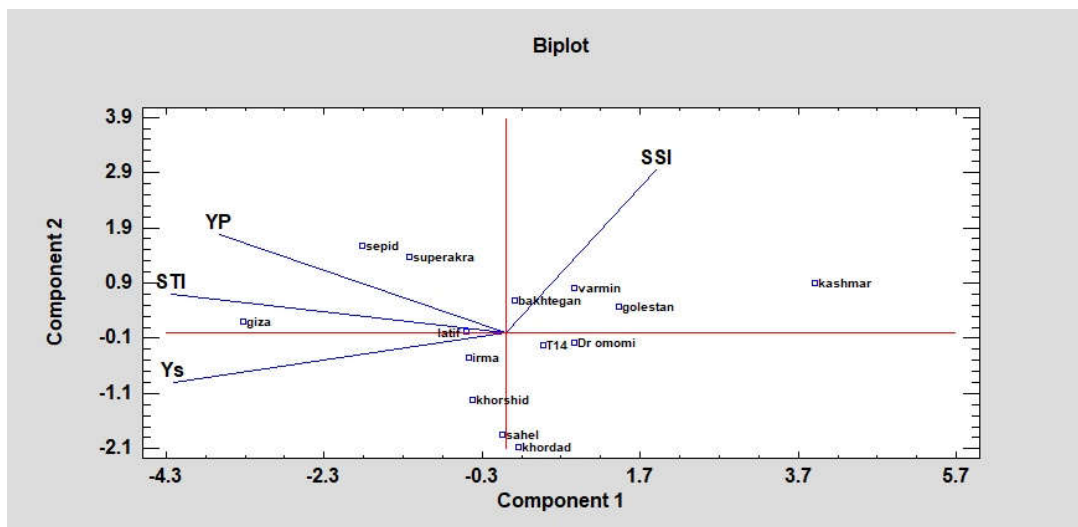
### سیاسگزاری

بدین‌وسیله از پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به جهت مساعدت و همکاری طی اجرای این پژوهش قدردانی می‌شود.

جدول ۱۲- مقادیر ویژه، درصد واریانس و سهم تجمعی شاخص‌های تحمل و عملکرد در شرایط تنش و غیر تنش در رقم‌ها پنبه

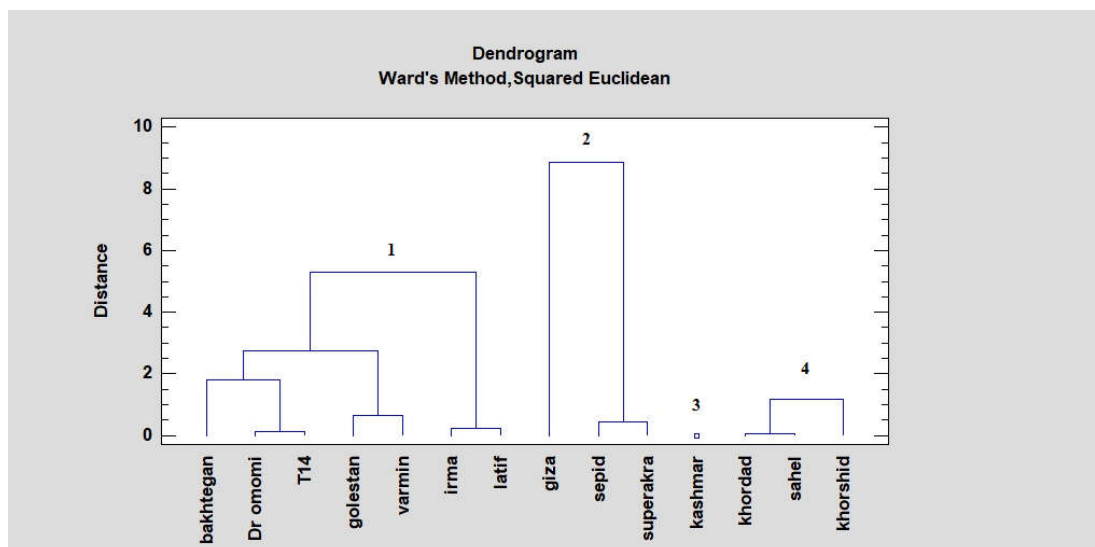
**Table 12.** Eigenvalues, variance and cumulative percentage, Ys and Yp indices in cotton cultivars

مورد Function	PC1 مؤلفه اول	PC2 مؤلفه دوم
مقادیر ویژه Eigenvalue	2.42	1.50
درصد واریانس جزء Variance%	68.41	30.41
درصد واریانس تجمعی Cumulative%	68.41	98.83



شکل ۳- نمودار بای پلات رقم‌ها مورد مطالعه در سطح شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر بر اساس شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص تحمل به تنش (STI)، عملکرد تنش (Ys) و عملکرد غیر تنش (Yp)

**Figure 3.** Biplot graph of cotton cultivars and tolerance (STI) and susceptible (SSI) indices based on the first and second principal component at salinity level of  $16 \text{ ds.m}^{-1}$



شکل ۴- دندروگرام رقم‌ها مورد مطالعه در سطح شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر بر اساس شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص تحمل به تنش (STI)، عملکرد تنش (Ys) و عملکرد غیر تنش (Yp). گروه‌بندی رقم‌ها به روش وارینانس مینیمم انجام شد.

**Figure 4.** Dendrogram of cotton cultivars studied at salinity level of  $16 \text{ ds.m}^{-1}$  based on tolerance (STI) and susceptible (SSI) indices, Ys and Yp, using WARD method

#### منابع

- Abdul-Baki, A., and Anderson, J.D. 1973. Vigor determination in Soybean seed by multiple criteria. *Crop Science*, 13(6): 630-633.  
<https://doi.org/10.2135/cropsci1973.0011183X001300060013x>
- Abul-Naas, A.A., and Omran, M.S. 1974. Salt tolerance of seventeen cotton cultivars during germination and early seedling development. *Zucker Pflanzenbau*, 140: 229-236.

- Akbari, L., Cheghamirza, K., and Farshadfar, E. 2017. In vitro evaluation of drought tolerance in durum wheat genotypes (*Triticum durum* L.). Journal of plant research (Iranian Journal of Biology), 29(2): 273-285. [In Persian with English Summary].
- Alishah, O., and Ahmadikhah, A. 2009. The effects of drought stress on improved cotton varieties in Golestan province of Iran. International Journal of Plant Production, 3(1): 1-10.
- Basal, H. 2010. Responsive of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) genotypes to salt stress. Pakistan Journal of Botany, 42(1): 505-511.
- Basal, H., Demiral, M.A., and Canavar, O. 2006. Shoot biomass production of converted race stocks of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) exposed to salt stress. Asian Journal of Plant Science, 5(2): 238-242. <https://doi.org/10.3923/ajps.2006.238.242>
- Fathi Sadabadi, M., Ranjbar, G.A., Zangi, M.R., Kazemi Tabar, S.K., and Najafi Zarini, H. 2016. 2nd national congress on the development of agricultural science and natural resources. Farhangian university-Golestan province. [In Persian].
- Fernandez, G.C.J. 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, Publication, Tainan, Taiwan.
- Fische, R.A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars: I. Grain yield responses. Australian Journal Agricultural Research, 29(5): 897-912. <https://doi.org/10.1071/AR9780897>
- Ibrahim, M.J., Akhtar, M., Younis, M.A., Riaz, Anwar-ul-Haq, M., and Tahir, M. 2007. Selection of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) genotypes against NaCl stress. Soil and Environment, 26(1): 59-63.
- International Seed Testing Association. 1985. International rules for seed testing. Rules 1985. Seed Science and Technology, 13(2): 299-513.
- Kamrava, S., Babaeian Jelodar, N.A., and Bagheri, N.A. 2016. Evaluation of some soybean genotypes (*Glycine max*) under salt stress. Journal of Crop Breeding 8(18): 57-63. [In Persian with English Summary]. <https://doi.org/10.29252/jcb.8.18.57>
- Khan, A.N., Qureshi, R.H., Ahmad, N., and Rashid, A. 1995. Response of cotton cultivars to salinity in various growth development stages. Sarhad Journal of Agriculture, 11: 729-731.
- Khodarahmpour, Z. 2011. Screening maize (*Zea mays* L.) hybrids for salt stress tolerance at germination stage. African Journal of Biotechnology, 10(71): 15959-15965. <https://doi.org/10.5897/AJB11.2493>
- Kor Nejadi, A. 2002. Selection of cotton cultivars for salinity tolerance at germination and seedling stage. M.Sc. Thesis. The Gorgan University of Agriculture Science and Natural Resources 106p. [In Persian].
- Lin, H., Salus, S., and Schumaker, S. 1997. Salt sensitivity and the activity of the H<sup>+</sup>- At pass in cotton seedling, Crop Science, 37: 190-197. <https://doi.org/10.2135/cropsci1997.0011183X003700010032x>
- Maas, E.V., and Hoffmann, G.J. 1977. Crop salt tolerance current assessment. Journal Irrigation Drainage Divid, ASCE, 103: 115-134.
- Maguire, J.D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. Crop Science, 2(2): 176-177. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>
- Marashi, S.S., Hajilou, J., Tabatabaei, S.J., Nahandi F.Z., and Toorchi, M. 2017. Screening date palm cultivars for salinity tolerance using physiological indices. Pakistan Journal of Botany, 49(2): 413-419.



- Mashhadi, F. 2013. Identification of quantitative and qualitative characteristics effective on cotton yield under salinity stress. M.Sc. Thesis. Tehran University of College of Abouraihan 75p. [In Persian].
- Mensuh, J.K., Akomeah, P.A., and Ikhajiagbe, B. 2006. Ekpekurede effects of salinity on germination, growth and yield of five groundnut genotypes. African Journal of Biotechnology, 5(20): 1973-1979.
- Mohammadzadeh, M. Norozi, M. Peighambari, S.A., and Nabipoor, A. 2008. Evaluating the response of rice genotypes to salinity stress in germination stage. Journal of Crop Breeding, 1(1): 10-21. [In Persian with English Summary].
- Mohammadzadeh, M., Peighambari, S.A., Nabipoor, A.R., and Norouzi, M. 2009. Evaluation of the using of rice genotypes response to salinity stress at seedling stage in hydroponic culture. Journal of Crop Breeding, 1(2): 85-95. [In Persian with English Summary].
- Mostafavi, K. 2011. An evaluation of safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.), seed germination and seedling characters in salt stress conditions. African Journal of Agricultural Research, 7: 1667-1672.
- Motamedi, M., Khodarahmpour, Z., Naseri Rad, H. 2011. Study of physiologic tolerance of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes on salinity stress in germination stage and seedling growth. Journal of Crop Breeding, 3(8): 81-92. [In Persian with English Summary].
- Munns, R., and Termaat, A. 1986. Whole-plant responses to salinity. Australian Journal of Plant Physiology, 13: 143-160. <https://doi.org/10.1071/PP9860143>
- Rehman, S., Harris, P.J.C., Bourne, W.F., and Wikin, J. 1997. The effect of sodium chloride on germination and the potassium and calcium contents of Acacia seeds. Seed Science and Technology, 25(1): 45-57.
- Rezaee, S., Ramazani Moghaddam, M.R., and Bazrgar, A.B. 2015. Cottonseed germination as affected by salinity and priming. Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences, 5(1): 312-318.
- Sedigh S., Zabet M., Ghaderi M.Gh., and Samadzadeh A.R., 2015. Determination of the Suitable indices for drought tolerance in cotton genotypes, Iranian Journal of Cotton Researches, 3(2): 41-53. [In Persian with English Summary].
- Sedigh, S., Zabet, M., Ghaderi, M.G. and Samadzadeh, A.R. 2016. Identification of superior varieties of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under drought stress and normal conditions using GGEBiplot and GTBiplotmethod in Birjand. Journal of Crop Breeding, 8(19): 134-144. [In Persian with English Summary].
- Shirazi, E., Fazeli-nasab, B., Ramshin, H.A., Fazel-Najaf-Abadi, M., and Izadi-darbandi, A. 2016. Evaluation of drought tolerance in wheat genotypes under drought stress at germination stage. Journal of Crop Breeding, 8(20): 207-219. [In Persian with English Summary].
- Varghese, S., Patel, K.V., Gohil, M.D., Bhatt, P.H., and Patel, G. 1995. Response of OT 11 leant cotton (*Gossypium herbaceum*) to salinity at germination stage. Indian Journal of Agriculture Science, 65: 823-825.
- Zangi, M.R. 2005. Correlation between drought resistance indices and cotton yield in stress and non-stress conditions. Asian Journal of Plant Sciences, 4(2): 106-108. <https://doi.org/10.3923/ajps.2005.106.108>

## Evaluation of Salinity Tolerance in allotetraploid Cotton (*Gossypium* sp.) Genotypes, Using Multivariate Statistical Methods and Stress Tolerance Indices at Germination Stage

Nafiseh Taghizadeh<sup>1</sup>, Gholam Ali Ranjbar<sup>1,\*</sup>, Ghorban Ali Nematzadeh<sup>2</sup>, Mohammad Reza Ramazani Moghaddam<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ph. D. Student, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari, Iran

<sup>2</sup> Associate Professor and Professor, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan (GABIT), Sari, Iran

<sup>3</sup> Assistant Professor, Horticultural Crops Science Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center AREEO, Mashhad, Iran

\*Corresponding author, E-mail address: [ali.ranjbar@gmail.com](mailto:ali.ranjbar@gmail.com)

(Received: 31.07.2017; Accepted: 28.01.2018)

### Abstract

Salinity is one of the most important factors limiting agricultural production. Cotton, as an oil-fiber plant, is one of the most important industrial plants and is sensitive to salinity, especially at germination and seedling stages. Therefore, in this study, 14 allotetraploid varieties of commercial and local cotton were selected. The study was carried out as factorial with a completely randomized design and three three replications, using the sandwich method. Germination tests were performed at three salinity levels of 0, 8 and 16 ds.m<sup>-1</sup>. Afterwards, root and shoot length, fresh and dry weight of root and shoot, germination percentage, allometric coefficient, seedling water percentage and seed vigor index were measured and stress tolerance indices were calculated based on yield (seedling dry weight) in stress and non-stress conditions. Given these indices, all cultivars were analyzed at two levels of 8 and 16 ds.m<sup>-1</sup>, using principal component analysis and biplot diagrams were drawn. Finally, the dendrogram classification of genotypes was plotted based on STI indices (stress tolerance index), SSI (stress susceptibility index), and the performance (dry weight plantlet) in stress and non-stress conditions. The result of variance analysis for genotype, salinity and salinity×genotype demonstrated that dry weight root, dry weight shoot, fresh weight root, stem length, vigor index seedling, allometric coefficient, dry weight seedling, and length seedling were significant in p-value 0.01, and fresh weight shoot, length root were significant in p-value 0.05. Clustering and the biplot of the genotypes based on STI and SSI indices at salinity levels of 8 and 16 ds.m<sup>-1</sup> indicated that the Sepid and Giza genotypes were tolerant and that the Kashmar genotype was sensitive to salt levels at germination stage.

**Keywords:** *Biplot, Cotton, Germination, Salt, Principal components*

### Highlights:

1. The reaction of the cotton cultivars studied was different to levels of salinity stress.
2. An increase in salt stress caused a significant reduction in the germination characteristics of cultivars of cotton studied.
3. Bi-plot analysis and clustering based on STI and SSI indices turned out to be a suitable method for clustering cotton cultivars.

