مجله تنش های محیطی در علوم کشاورزی
جلد دوم، شماره اول، نیمه‌اول ۸۸
۱۵-۲۷

Environmental Stresses in Agricultural Sciences

ارزیابی شاخص های تحمل به تنش شوری حاصل از نسبت های آنیونی کلر به سولفات و کود نیتروژن در جو رقم نصرت (*Hordeum vulgare* L.)

مهرنوش اسکندری تربقان[1*]، علی رضا آستارایی[2]، مسعود اسکندری تربقان[3]، علی گنجعلی[2]

۱. محقق مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان شمالی، ۲. اعضای هیات علمی دانشگاه فردوسی مشهد، ۳. عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان

تاریخ دریافت: ۸۷/۶/۶؛ تاریخ پذیرش: ۸۸/۵/۵

چکیده

تنش شوری، نقش مهمی در کاهش تولید محصولات زراعی دارد. سمیت آنیون های کلر و سولفات در آب و خاک عامل اصلی کاهش رشد و عملکرد بیشتر گیاهان است. برای ارزیابی شاخص های تحمل و حساسیت به کلر و سولفات آب آبیاری و همچنین تاثیر کود نیتروژن بر عملکرد گیاه جو، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار درشرایط گلخانه انجام شد. شاخص های کمی مقاومت به تنش نظیر میانگین تولید، شاخص تحمل، میانگین هندسی تولید، شاخص حساسیت به تنش، نسبت کاهش عملکرد و شاخص تحمل به تنش محاسبه شد. نتایج نشان داد که شاخص تحمل به تنش همبستگی مثبت و بسیار معنی داری با عملکرد دانه و بیوماس داشت. بررسی معادلات عملکرد دانه و بیوماس با شاخص تحمل به تنش نشان داد که تاثیر آنیون کلر نسبت به سولفات در کاهش مقاومت گیاه به تنش شوری بیشتر بود. همچنین نسبت های آنیونی ۳:۱ و ۲:۱ کلر به سولفات درعملکرد دانه و نسبت های ۲:۱ و ۱:۱ کلر به سولفات در بیوماس گیاه بیشترین مقاومت نسبت به تنش شوری را در مقایسه با شرایط مطلوب ایجاد نمودند.

***واژه‌های کلیدی*: نسبت های آنیونی کلر به سولفات، نیتروژن، تنش شوری، جو**

مقدمه

تنش شوری یکی از عوامل کاهش قابلیت اراضی برای تولید محصولات کشاورزی می‌باشد. مساحت اراضی شور کشور بین ۱۸ تا ۳۵ میلیون هکتار برآورد شده است، ولی گزارش کاملی درباره کمیت و کیفیت واقعی آب‌های شور کشور در دست نیست (عابدی و همکاران،۱۳۸۱). دوازده درصد از آبهای سطحی کشور در ردیف آبهای شور (بیش از ۲۲۵۰ میکرو زیمنس بر سانتیمتر) در رودخانه‌های کشور جاری می‌باشند که اغلب آنها در نواحی جنوب، جنوب غربی و مرکزی کشورجریان دارند (عابدی و همکاران،۱۳۸۱). سطح کشت جو در ایران به علت مقاومت آن در مقابل ناسازگاری‌های محیطی، نیاز اندک به رطوبت و تطابق با محیط کشت در سال ۸۵ برابر ۱/۵ میلیون هکتار بوده که با ۱۹/۲۴ درصد، رتبه دوم تولید غله در ایران پس از گندم را داراست (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۷). روابط بین جذب یونی و رشد بسیار پیچیده است و درمجموع غلظت زیاد بسیاری از یون‌ها در محیط ریشه گیاهان باعث محدود شدن جذب برخی عناصر غذایی می‌شود. شدت سمیت یون‌ها برای گیاه، بستگی به نوع نمک

نگارنده پاسخگو: مهرنوش اسکندری تربقان. خراسان شمالی، بجنورد، بولوار دولت، باغ کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی.
تلفن: ۰۵۸۴-۲۲۲۲۱۰۵؛ دورنگار: ۲۲۳۶۲۸۸ – ۰۵۸۴؛ پست الکترونیک: mehrnoosh_eskandary@yahoo.com

غالب، محیط رشد وگونه گیاهی دارد. پیتمن (۱۹۶۸) نشان داد که اثر سمی نمک‌های کلره حداکثر و نمک-های سولفاته حداقل و نمک‌های کربناته حد متوسط است. تغییرات فشار اسمزی معمولاً به تغییرات کلر مربوط است و علاوه بر فشار اسمزی ایجاد شده در خاک ناشی از نمک‌های کلریدی، می‌توان تاثیر سوء یون کلرید در سنتز آنیون‌های آلی، کاهش جذب نیترات و نیتروژن کل در گیاه، مختل شدن متابولیسم نیتروژن در گیاه و در نتیجه اختلال در سنتز پروتئین و اسید نوکلئیک را نام برد (مس،۱۹۸۴). غلظت زیاد یون سولفات نیز منجر به مسمومیت گیاه حتی بیش از کلر می‌گردد (واتکینز، ۱۹۸۸). همچنین یون‌های مختلف در محلول خاک دارای ویژگی‌های متفاوتی از نظر جذب و انتقال هستند. جذب کلر توسط ریشه گیاه بیشتر از سولفات است و بنابراین در محلول‌هایی با اسمز مشابه که یون کلر بیشتر از سولفات است، خسارت شوری شدیدتر می‌باشد (مانچاندا و شارما، ۱۹۸۹).

در گونه‌های وحشی تحمل یا مقاومت به تنش، به صورت بقاء در شرایط نامساعد تعریف می‌شود، ولی در گیاهان زراعی واژه مقاومت به معنی توانایی تولید در شرایط نامطلوب است (کلارک و همکاران، ۱۹۸۴). در بسیاری از برنامه‌های اصلاحی، عملکرد دانه و ثبات عملکرد در شرایط مختلف محیطی به عنوان معیارهای اصلی انتخاب برای تحمل به تنش منظور می‌شود. ثبات عملکرد به معنای تفاوت اندک بین عملکرد پتانسیل (توان گیاه) و حقیقی (عملکرد مزرعه) گیاه در شرایط محیطی مختلف است (محمدی وهمکاران، ۲۰۰۵) که می‌تواند ناشی از شرایط ویژگی ژنتیکی، جبران اجزای عملکرد، تحمل تنش، ظرفیت بازیافت سریع پس از رفع تنش و یا تلفیقی از این عوامل باشد (هنریچ و همکاران،۱۹۸۳). زیاد بودن عملکرد در شرایط تنش می‌تواند ناشی از تحمل زیاد به تنش ویا ظرفیت تولید بالا و یا هر دو به عنوان مکانیسم باشد (فیشر و مارر، ۱۹۷۸). برای ارزیابی واکنش گیاهان در شرایط محیطی مختلف و تعیین میزان مقاومت و حساسیت آنها شاخص‌های گوناگونی ارائه شده است که شاخص‌های تحمل[1] (TOL) و میانگین تولید[2] (MP) دو مورد از آنها می باشند (روسلین و هامبیلن، ۱۹۸۱). شاخص تحمل تفاوت عملکرد گیاه در دو شرایط متفاوت وMP میانگین تولید در شرایط تنش و عدم تنش است. زیاد بودن TOL نشانه حساسیت گیاه به تنش بوده و اساساً انتخاب برمبنای مقادیر کم TOL انجام می شود، ولی زیاد بودن MP تحمل بیشتر به تنش را نشان می‌دهد (روسلین و هامبیلن، ۱۹۸۱). از دیگر شاخص‌های ارزیابی گیاهان در شرایط محیطی مختلف، شاخص حساسیت به تنش[3] (SSI) است که در آن عملکرد دانه گیاه تحت شرایط مطلوب و تنش اندازه‌گیری و شدت تنش نیز براساس میانگین عملکرد ژنوتیپ ها تحت شرایط مطلوب و تنش تعیین می‌گردد. مقادیر کم SSI حاکی از تغییرات کم عملکرد گیاه در شرایط تنش در مقایسه با شرایط عدم تنش و در نتیجه مقاومت بیشتر گیاه است (فیشرومارر، ۱۹۷۸).

کاربرد شاخص تحمل به تنش[4] (STI) براساس عملکرد هر گیاه در دو شرایط مطلوب و تنش و مربع میانگین عملکرد تمامی گیاهان مورد آزمایش در شرایط مطلوب می‌باشد (فرناندز، ۱۹۹۲). دامنه تغییر STI بین صفر و یک بوده و مقدار آن همواره مثبت می‌باشد. هرچه مقدار STI بیشتر باشد نشانه بیشتر بودن مقاومت گیاه به تنش است. در ارزیابی تحمل لاین‌ها و ژنوتیپ‌های گندم به تنش خشکی مشخص شده که همبستگی شاخص تحمل به تنش (STI) با عملکرد گیاه نسبت به سایر شاخص ها بیشتر است که نشانه مقاومت بیشتر گیاه به تنش است (محمدی و همکاران، ۲۰۰۵؛ روستایی و همکاران، ۲۰۰۵).

بررسی تاثیر شوری بر ۸ رقم نخود زراعی نشان داده است که نمک های NaCl، $CaCl_2$ و

[1] Tolerance Index
[2] Mean Productivity
[3] Stress Susceptibility Index
[4] Stress Tolerance Index

Na_2SO_4 به نسبت ۱: ۲: ۷ در هدایت الکتریکی به ترتیب ۴ ، ۶ و ۸ دسی زیمنس بر متر، بیوماس و عملکرد گیاهان را کاهش و قند محلول، آمینواسید و پروتئین آنها را افزایش دادند (سینگلا و گارگ،۲۰۰۲). همچنین شاخص STI به عنوان بهترین شاخص در ارزیابی ژنوتیپ‌های مقاوم به شوری معرفی شد (سینگلا و گارگ ،۲۰۰۲). مطالعه تأثیر تنش شوری در شرایط مزرعه برخصوصیات مختلف ۲۶ رقم گندم ایرانی و خارجی نشان داده است که شاخص مقاومت به شوری (نسبت عملکرد دانه در محیط شور به عملکرد دانه در محیط غیرشور) با صفت عملکرد دانه در محیط شور همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد (شاهسوند حسنی و عبدمیشانی، ۱۳۷۲).

هدف از این مطالعه ارزیابی مناسب‌ترین ترکیب آنیونی در آب آبیاری و ارائه معادله مناسب برای حداکثر عملکرد گیاه جو با استفاده از شاخص های کمی تحمل به تنش در شرایط شوری ناشی از زیاد بودن یون های کلر وسولفات می باشد.

مواد و روش‌ها

دراین بررسی ۶ نسبت آنیونی کلر به سولفات شامل شاهد (C_0S_0)، نسبت ۱:۱ (C_1S_1)، نسبت ۲:۱ (C_1S_2)، نسبت ۳:۱ (C_1S_3)، نسبت ۱:۲ (C_2S_1) و نسبت ۱:۳ (C_3S_1) با استفاده از نمک‌های سولفات کلسیم و کلریدکلسیم و ۲ مقدار کود ۷۵ (N_1) و ۱۵۰ (N_2) کیلوگرم نیتروژن در هکتار به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در گلخانهٔ تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد مطالعه شد. علاوه بر این، برای مقایسهٔ سطوح کود نیتروژن و تعیین شاخص های کمی تحمل به تنش، از شاهد دوم (بدون اعمال کود نیتروژن و نسبت های آنیونی کلر به سولفات) با سه تکرار استفاده شد. جعبه های پلاستیکی با ابعاد ۳۲×۳۶×۳۶ سانتی‌متر با ۲۰ کیلوگرم خاک پر شده و به عنوان بستر کاشت استفاده شد. نیتروژن مورد نیاز برای تامین سطوح کود نیتروژن به صورت فسفات آمونیوم بر اساس نیاز جو به فسفر(۶۰ کیلوگرم در هکتار) برای هر جعبه (۲/۸ گرم) محاسبه و قبل از کشت به خاک اضافه شد. باقی مانده کود نیتروژن مورد نیاز تا سطح ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار(به ترتیب ۲/۲ و ۳/۶ گرم در هر جعبه) با استفاده از کود اوره به صورت سرک در طول دورهٔ رشد گیاهان، طی دو مرحله به جعبه ها اضافه شد. تعداد ۳۰ عدد بذر ضد عفونی شده جو رقم نصرت کشت و در طول دورهٔ رشد گیاه، آبیاری با آب شور شش دسی زیمنس بر متر و نسبت های متفاوت آنیونی کلر به سولفات انجام شد. مقدار نمک مورد نیاز برای تهیه آب شور بر اساس محاسبهٔ اکی‌والان این نمک ها و با حل کردن مقادیر مشخصی از نمک‌های سولفات کلسیم و کلرید کلسیم در آب برای هر دور آبیاری گیاهان (ده روز) محاسبه و پس از گذشت ۱۰ روز از تاریخ کاشت، اولین دور آبیاری با آب شور انجام شد. همچنین میزان آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه جو توسط نرم افزار Netwat محاسبه گردید[۵] (دهقانی و همکاران،۱۳۸۶). یک ماه پس از کاشت، گیاهچه‌های موجود به ۱۶ عدد تنک شدند. در طول دورهٔ رشد، برای مبارزه با شته سبز و مینوز سه نوبت سم پاشی انجام گرفت. پس از مرحلهٔ رسیدگی فیزیولوژیک گیاه، در پایان دوره رشد (۱۲۰ روز پس از کاشت) صفاتی مانند عملکرد کاه و کلش گیاه در جعبه و عملکرد دانه در جعبه اندازه گیری و ثبت شد. داده های حاصل با نرم افزار MSTAT-C تجزیه آماری و میانگین داده ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۰/۰۵ مقایسه شد.

با توجه به عملکرد دانه و عملکرد کاه وکلش در دو شرایط تنش و مطلوب (بدون تنش)، شاخص‌های مختلف حساسیت و مقاومت به شوری براساس معادلات ارائه شده (روسلین و هامبیلن، ۱۹۸۱؛

۱- نیاز خالص آبیاری برای گیاه جو توسط نرم افزار Netwat ۲۵۱۰ متر مکعب در هکتار در نظر گرفته شد که هر ده روز به گیاهان داده شد.

فرناندز ،۱۹۹۲؛ کلارک و همکاران، ۱۹۸۴؛ کلارک و همکاران، ۱۹۹۲) محاسبه شد:

$$TOL = Y_p - Y_s \quad (۱)$$

$$MP = \frac{Y_s + Y_p}{2} \quad (۲)$$

$$GMP = \sqrt{Y_s.Y_P} \quad (۳)$$

$$Y_r = 1 - (Y_s / Y_p) \quad (۴)$$

$$SSI = 1 - (Y_s / Y_p) / D \quad (۵)$$

$D = 1 - \frac{\overline{Y_s}}{\overline{Y_p}}$ شدت یا سختی تنش محیطی (۶)

$$STI = \frac{Y_s.Y_p}{(\overline{Y_p})^2} \quad (۷)$$

که در روابط فوق Y_s و Y_p به ترتیب عملکرد دانه و عملکرد بیوماس در شرایط تنش نسبت‌های آنیونی کلر به سولفات آب آبیاری و بدون تنش و $\overline{Y_S}$ و $\overline{Y_p}$ نیز به ترتیب میانگین عملکرد دانه و بیوماس گیاه در شرایط تنش و بدون تنش نسبت‌های آنیونی می‌باشد. ضرایب همبستگی بین شاخص‌ها با عملکرد نیز با کمک نرم‌افزار MSTAT–C محاسبه گردید.

برای تعیین روابط بین تیمارها و رسم نمودارهای پراکنش از نرم افزار Statistica استفاده شد. تجزیه به مولفه‌های اصلی (بای پلات)، تجزیه خوشه‌ای، نمودار دندروگرام و معادله رگرسیون چند متغیره نیز بوسیله نرم افزارآماری JMP انجام گرفت.

جدول ۱. خصوصیات خاک قبل از شروع آزمایش

بافت	pH	EC	N	P	K	Ca	Mg	Na	SAR	Fe	Mn	Zn	Cu	$CaCO_3$
_	_	$dS\ m^{-1}$	٪	$mg\ kg^{-1}$		$meq\ l^{-1}$			-	$mg\ kg^{-1}$				٪
لوم	۷/۶	۱/۸	۰/۰۴۳	۳/۵	۱۸۵	۳/۵	۲/۵	۸/۷	۵	۷/۴	۲۰	۰/۴۵	۰/۶۶	۱۵/۵

جدول ۲. شماره اختصاص یافته به تیمارها (نسبت ها) در نمودارهای تجزیه خوشه‌ای

شماره اختصاص یافته	نام تیمار	شماره اختصاص یافته	نام تیمار
۱	نسبت صفر کلر به سولفات + ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن	۷	نسبت ۳:۱ کلر به سولفات + ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن
۲	نسبت صفر کلر به سولفات +۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن	۸	نسبت ۳:۱ کلر به سولفات +۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن
۳	نسبت ۱:۱ کلر به سولفات + ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن	۹	نسبت ۱:۲ کلر به سولفات + ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن
۴	نسبت ۱:۱کلر به سولفات + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن	۱۰	نسبت ۱:۲ کلر به سولفات +۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن
۵	نسبت ۲:۱ کلر به سولفات + ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن	۱۱	نسبت ۱:۳ کلر به سولفات + ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن
۶	نسبت ۲:۱ کلر به سولفات +۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن	۱۲	نسبت ۱:۳ کلر به سولفات +۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن

نتایج و بحث

عملکرد دانه تمامی تیمارها از تیمار شاهد بیشتر بود که علت آن تاثیر نسبت‌های مختلف کلر به سولفات می‌باشد ($P<۰/۰۱$) (جدول ۳). حداکثر این افزایش عملکرد در دو نسبت ۱:۲ و ۱:۱ کلر به سولفات به ترتیب با میزان ۵۱ و ۳۹/۲ درصد نسبت به شاهد مشاهده شد. کمترین عملکرد مربوط به نسبت ۱:۳ کلر به سولفات بود که درمقایسه با شاهد باز هم ۲۲/۷ درصد بیشتر بود (جدول ۳). بررسی اثرات مختلف شوری (۲، ۴، و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) و نسبت های آنیونی کلر به سولفات (۱:۱، ۲:۱ و۱:۲) بر جذب

نیتروژن (۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) در گیاه گندم نشان داد که با تغییر نسبت کلر به سولفات از ۲:۱ به ۱:۱ وهمچنین از ۱:۱ به ۱:۲ کلر به سولفات، درصد جوانه زنی، عملکرد و ارتفاع گندم کاهش یافت (امامی و همکاران، ۱۳۸۲). تغییر نسبت کلر به سولفات از ۱:۱ به ۱:۲ در شوری ۸ دسی زیمنس بر متر کاهش معنی‌داری در وزن خشک گیاه باعث شد. در مجموع اثرات بازدارنده و سوء یونی کلر در مقایسه با سولفات درشوری ۸ دسی زیمنس بر متر بارزتر بوده و به ترتیب موجب ۲۷/۵ و۴۱ درصد کاهش عملکرد گندم نسبت به شوری ۴ و۲ دسی زیمنس برمترگردید (امامی و همکاران، ۱۳۸۲). تفاوت عملکرد کاه وکلش گیاه تحت تأثیر هیچ‌یک از نسبت‌های مختلف کلر به سولفات درمقایسه با شاهد و سایر تیمارهای آزمایشی معنی دار نبود (جدول ۴). محققان در بررسی تنش شوری بر گندم عنوان نمودند که شوری کلیه صفات مورد بررسی آنها از جمله مدت زمان کاشت تا ظهور خوشه، کاشت تا رسیدن، ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و وزن ۱۰۰۰ دانه و تعداد خوشه در واحد سطح را کاهش داد و تنها صفتی که کاهش نداشت تعداد دانه در سنبلچه بود (شاهسوند حسنی و عبد میشانی، ۱۳۷۲).

مقایسه میانگین عملکرد دانه در نسبت‌های آنیونی کلر به سولفات و در رابطه با شاخص‌های کمی تحمل به تنش (جدول ۳) نشان داد که حداقل حساسیت گیاه به تنش شوری با توجه به شاخص های TOL و SSI در نسبت های ۱:۱ و ۲:۱ کلر به سولفات و حداکثر آن در نسبت ۱:۳ کلر به سولفات مشاهده گردید. بالاترین مقدار شاخص های MP ، GMP و STI به ترتیب متعلق به نسبتهای ۱:۲ و ۱:۳ کلر به سولفات بودند و حداقل آن به تیمار شاهد اختصاص یافت (جدول ۳).

مقایسه میانگین عملکرد کاه و کلش گیاه در رابطه با شاخص‌های کمی تحمل به تنش (جدول ۴) نیزنشان داد، که نسبتهای۱:۳ و۱:۱ کلر به سولفات به ترتیب حساس ترین و مقاوم ترین نسبت ها به تنش شوری با توجه به شاخص TOL وSSI بودند، ومقایسه سایر نسبت ها تفاوت معنی داری نسبت به یکدیگر نشان نداد. ابطحی (۱۳۸۰) در بررسی واکنش نهال دو رقم پسته نسبت به مقدار و نوع شوری خاک مشاهده کرد ازدیاد نسبت سولفات در سطوح مختلف شوری، باعث تخفیف اثر زیان بار شوری گردید، به طوری که در شوری سولفات سدیم عملکرد ماده خشک ساقه بیش از ۱/۵ برابر و عملکرد ماده خشک برگ بیش از ۱/۷ برابر عملکرد در تیمارشوری کلرید سدیم بود.

در بررسی شاخص های GMP، MP وSTI روندی مشابه یکدیگر مشاهده شد (جدول۴)، به طوری که سه تیمار ۱:۲، ۳:۱ و ۱:۳ بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر در هر یک از شاخص ها، بالاترین مقادیر را دارا بودند.

جدول ۳. مقایسه میانگین عملکرد دانه در جعبه (میلی گرم) و شاخص‌های کمی تحمل به تنش

تیمار	عملکرد دانه (میلی گرم در جعبه)	TOL	MP	GMP	Yr	SSI	STI
نسبت صفر کلر به سولفات (شاهد)	۱۱۶۵۰d	-۲۴۸۳ bc	۱۰۴۱۰ e	۱۰۲۷۰ d	-۰/۲۷۰۷ b	-۱۰/۰۵ b	۰/۶۶۵۴ d
نسبت ۱:۱ کلر به سولفات	۱۶۲۲۰ab	-۷۰۵۰ e	۱۲۶۹۰ c	۱۲۱۹۰ c	-۰/۷۶۸۳ d	-۱۴/۳۸ d	۰/۹۲۵۷ ab
نسبت ۲:۱ کلر به سولفات	۱۴۵۲۰c	-۵۳۵۰ d	۱۱۸۴۰ d	۱۱۵۳۰ c	-۰/۵۸۳۰ c	-۱۲/۷۶ c	۰/۸۲۸۵ c
نسبت ۳:۱ کلر به سولفات	۱۵۰۵۰ bc	-۱۰۵۰ ab	۱۴۵۳۰ b	۱۴۵۰۰ b	-۰/۰۷۴۵۰ a	-۰/۳۱۹۳ a	۰/۸۵۶۸ bc
نسبت ۱:۲ کلر به سولفات	۱۷۵۸۰ a	-۳۵۸۳ c	۱۵۷۹۰ a	۱۵۶۸۰ a	-۰/۲۵۵۵ b	-۱/۰۹۰ a	۱/۰۰۲ a
نسبت ۱:۳ کلر به سولفات	۱۴۳۰۰ c	-۳۰۰/۰ a	۱۴۱۵۰ b	۱۴۱۴۰ b	-۰/۰۲۱۳۳ a	-۰/۰۹۰۸۳ a	۰/۸۱۴۸ c
±Sd	۲۳۷۵/۶۳	۲۸۰۷/۲۷	۱۹۶۳/۴۶	۲۰۱۱/۴۰	۰/۳۰۶	۶/۲۸۱	۰/۱۳۵

اعداد موجود در هر ستون که حداقل یک حرف مشابه دارند ، مطابق آزمون دانکن ($p\leq$۰/۰۵) اختلاف معنی داری ندارند.

جدول ۴. مقایسه میانگین عملکرد کاه گیاه (میلی گرم در جعبه) و شاخص های کمی تحمل به تنش

تیمار	عملکرد کاه (میلی گرم)	TOL	MP	GMP	Yr	SSI	STI
نسبت صفر کلر به سولفات (شاهد)	۱۶۲۰۰a	-۶۶۶/۷ab	۱۵۸۷۰b	۱۵۸۵۰b	۰/۰۳۲ab	-۰/۲۱۲۰ab	۰/۵۹۹۰b
نسبت ۱:۱ کلر به سولفات	۱۶۸۰۰a	-۱۲۶۷b	۱۶۱۷۰b	۱۶۱۵۰b	۰/۰۷۴۵a	-۰/۴۰۳۰b	۰/۶۲۱۲b
نسبت ۲:۱ کلر به سولفات	۱۶۰۴۰a	-۵۰۸/۳ab	۱۵۷۹۰b	۱۵۷۸۰b	۰/۰۲۸۳۳ab	-۰/۱۶۱۷ab	۰/۵۹۳۲b
نسبت ۳:۱ کلر به سولفات	۱۸۰۰۰a	-۱۰۰/۰ab	۱۷۹۵۰a	۱۷۹۴۰a	۰/۰۰۲ab	-۰/۰۴۰۱۷ab	۰/۷۶۷۰a
نسبت ۱:۲ کلر به سولفات	۱۸۰۳۰a	-۱۳۳/۳ab	۱۷۹۷۰a	۱۷۹۶۰a	۰/۰۰۲۶۶۷ab	-۰/۰۵۳۵ab	۰/۷۶۸۳a
نسبت ۱:۳ کلر به سولفات	۱۶۸۸۰a	۱۰۱۷a	۱۷۳۹۰a	۱۷۳۸۰a	-۰/۰۶۳۵b	۰/۴۰۸۰a	۰/۷۱۹۳a
±Sd	۱۳۵۶/۸۹	۱۳۰۷/۴۰	۱۱۰۱/۵۴	۱۱۰۳/۲۵	۰/۰۷۸۷	۰/۴۷۴۴	۰/۰۸۸۶

اعداد موجود در هر ستون که حداقل یک حرف مشابه دارند ، مطابق آزمون دانکن ($P\leq$۰/۰۵) اختلاف معنی داری ندارند.

محققان عقیده دارند بهترین شاخص برای غربال کردن گیاهان در شرایط تنش، شاخصی است که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای همبستگی نسبتاً بالایی با عملکرد دانه باشد (فرشادفر و همکاران، ۱۳۸۰؛ نورمند موید، ۱۳۷۶) .

ضرایب همبستگی شاخص‌های مختلف با مقدار عملکرد دانه و کاه و کلش (جدول ۵) بیانگر آن است که شاخص‌های MP، GMP و STI با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند، ولی با شاخص‌های TOL، Yr و SSI همبستگی قابل توجه و معنی‌داری را نشان ندادند. ارزیابی شاخص های تحمل به خشکی در چند ژنوتیپ جو بهاره نشان داد ضرایب همبستگی این شاخص‌ها با یکدیگر در مورد MP، GMP و STI در شرایط تنش و بدون تنش بسیار معنی‌دار شد، با توجه به اینکه شاخص STI با شاخص‌هایMP و GMP همبستگی معنی‌دار داشت و نیز اینکه این شاخص به طور موثر ژنوتیپ‌های گروه A(ژنوتیپ های با عملکرد بالا در شرایط تنش و غیر تنش)راازسایر گروه‌ها تفکیک کرد، بنابراین به عنوان مناسبترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی معرفی شد (فتح باهری و همکاران، ۱۳۸۲). بررسی شاخص‌های مقاومت و حساسیت به تنش در گیاهان زراعی نشان داده است که کارایی این شاخص‌ها با روند تغییرات عملکرد در اثر شدت تنش محیط و همچنین اهداف ارزیابی آنها متفاوت است. در این آزمایش روند تغییرات TOL همسو با تغییرات عملکرد دانه بود و این در حالی است که دو نسبت ۳:۱ و۲:۱ کلر به سولفات در بین سایر تیمارها بالاترین مقدار STI و بیشترین عملکرد دانه در شرایط تنش را از خود نشان دادند. همچنین شاخص STI از همبستگی مثبت وبسیار بالایی با عملکرد دانه در جعبه (۰/۸۷۸) برخوردار بود (جدول ۵).

نتایج آزمایش همچنین نشان داد که مقادیر شاخص STI دررابطه با عملکرد دانه در نسبتهای ۳:۱ و ۲:۱ کلر به سولفات یعنی نسبت های پایین تر از کلر بیشتر بود، لیکن این نسبت در کاه وکلش گیاه کاهش داشت به طوری که نسبت‌ها از ۳:۱ و ۲:۱ کلر به سولفات به ۲:۱ و ۱:۱ کلر به سولفات تغییر یافته است (جداول ۳ و ۴).

جدول ۵. ضرایب همبستگی ساده بین عملکرد کاه ودانه درجعبه با شاخص های مختلف

	Tol	MP	GMP	Yr	SSI	STI
عملکرد کاه و کلش در جعبه (میلی گرم)	-۰/۰۹۲	۰/۸۶۹**	۰/۸۷۰**	-۰/۰۵۱	-۰/۳۴۸	۰/۸۷۴**
عملکرد دانه در جعبه (میلی گرم)	-۰/۲۸۷	۰/۶۸۱*	۰/۶۲۰*	-۰/۱۰۴	-۰/۸۹۶**	۰/۸۷۸**

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

رابطه بین مقادیر کلر، سولفات و نیتروژن با شاخص STI، که بالاترین ضریب همبستگی با عملکرد دانه (R^2=۰/۸۷۸) را در بین سایر شاخص ها را داراست در معادله ۸ مشخص شده است.

معادله (۸)

$$STI=۰/۴۸۳ + ۰/۰۲۳\ C + ۰/۰۸۹۳\ S + ۰/۶۰۸\ N$$

ضریب همبستگی در معادله (۸) برابر ۷۳/۵ درصد می‌باشد. این معادله تاثیر مثبت این سه عنصر بر مقدار STI و در نتیجه افزایش مقاومت گیاه به تنش شوری را نشان می‌دهد. همچنین بررسی مقادیر استاندارد شده بتا[6] نشان داد که برای افزایش مقدار STI و مقاومت گیاه به ترتیب مقادیر سولفات، نیتروژن و نهایتاً کلر دارای اهمیت و تاثیر می‌باشند. در مطالعه‌ای دو ساله بر روی گندم، معادله رگرسیون خطی برای عملکرد دانه با شاخص STI بدست آمد که از همبستگی مثبت و معنی‌داری (به ترتیب ۸۷ و ۸۸ درصد برای سال اول و دوم آزمایش) برخوردار بود (گل آبادی و همکاران، ۲۰۰۶).

ارتباط بین مقادیر کلر، سولفات و نیتروژن با شاخص STI، که بالاترین ضریب همبستگی با عملکرد کاه و کلش گیاه (R^2=۰/۷۷۳) را در بین سایر شاخص ها را دارا بود در معادله ۹ مشخص شده است:

معادله (۹)

$$STI=۰/۳۷۶ - ۰/۰۰۸۹\ C + ۰/۰۱۰\ S + ۰/۱۰۵\ N$$

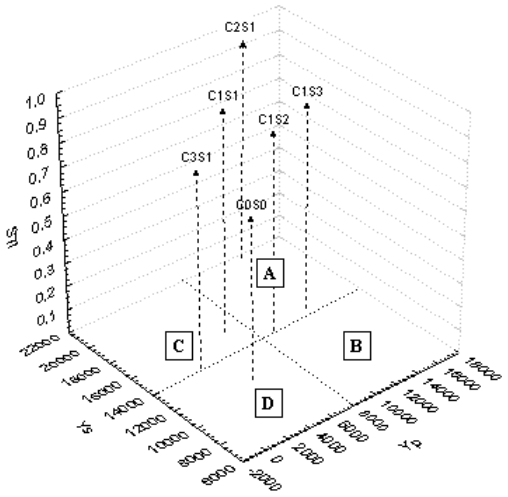
ضریب همبستگی معادله (۹) برابر ۷۷/۲ درصد می‌باشد. این معادله تاثیر مثبت دو عنصر سولفات و نیتروژن بر مقدار STI و در نتیجه افزایش مقاومت گیاه به تنش شوری را نشان می‌دهد. کلر بر خلاف سولفات ونیتروژن باعث کاهش مقاومت گیاه به تنش شوری در کاه و کلش گیاه گردید. همچنین بررسی مقادیر استاندارد شده بتا نشان دادکه افزایش مقدار STI به ترتیب تحت تاثیر مقادیر نیتروژن، سولفات و نهایتاً کلر بود. نمودار سه بعدی رابطه بین سه متغیر، عملکرد در شرایط تنش (Ys)، عملکرد در شرایط بدون تنش (Yp) و STI، را در ارتباط با عملکرد دانه (شکل ۱) و کاه و کلش گیاه (شکل ۲) نشان میدهد. در نمودار پراکنش سه بعدی با تقسیم بندی سطح پایین نمودار (سطح X با Y) به چهار قسمت مساوی تیمارها به چهار گروه مجزا دسته‌بندی شدند. گروه (A) تیمارهایی که در هردو محیط تنش و بدون تنش دارای عملکرد بالایی بودند، گروه(B) تیمارهایی که در محیط بدون تنش دارای عملکرد بالا و در محیط تنش دارای عملکرد پایین بودند، گروه (C) تیمارهایی که در محیط تنش دارای عملکرد بالا ودر محیط بدون تنش دارای عملکرد پایین بودند وگروه (D) تیمارهایی که در هردو محیط دارای عملکرد پایین بودند. بهترین شاخص برای تعیین مقاومت به تنش آن است که بتواند گروه A را از سایر گروه ها جدا کند (مانچاندا و شارما،۱۹۸۹).

نتایج حاصل از ارزیابی شکل ۱ نشان می‌دهد که تیمارهای ۳:۱، ۲:۱ و ۱:۲ در گروه A و تیمار شاهد درگروه D قرار دارند. کاربرد نمودار پراکنش سه بعدی برای تشخیص گروه A از سایر گروه ها درگیاهان توسط محققان مختلف گزارش شده است (عشقی و خلیل زاده، ۲۰۰۶؛ محمدی و همکاران، ۲۰۰۵). شکل ۲ نمودار پراکنش بین عملکرد کاه و کلش گیاه در شرایط تنش و بدون تنش با شاخص STI را نشان می-دهد. تمامی تیمارهای آزمایش همگی در عملکرد کاه و کلش گیاه به دو گروه A و B تعلق داشتند. تیمارهای ۱:۱ و۲:۱ در گروه A و سایر تیمارهای آزمایش با توجه به دو شاخص فوق در گروه B قرار گرفتند.

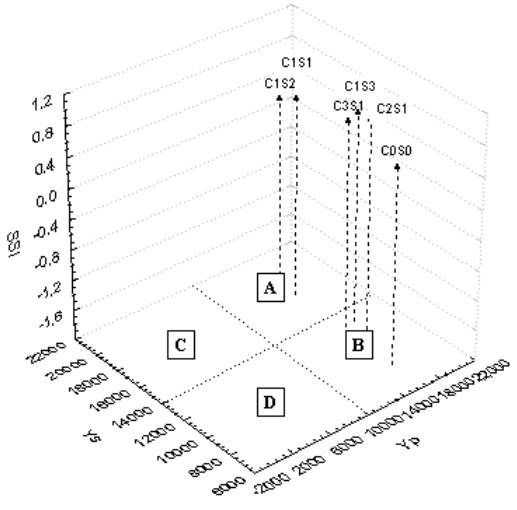
نمودار پراکنش سه بعدی تنها رابطه سه متغیر را بررسی می‌کند، لذا در این آزمایش از تجزیه به مولفه-های اصلی[7] برای خلاصه کردن ماتریس داده‌های چند متغیره و ارائه آنها به صورت قابل تفسیر استفاده شد. بر این اساس ابتدا ماتریس داده‌های مربوط به شاخص‌های مقاومت به خشکی (جدول ۶) به ۶ مولفه (نسبت‌های آنیونی) تقسیم گردید. نتایج حاصل از این تجزیه در جدول ۶ آمده است.

[6] Std Beta

[7] Principal Component Analysis



شکل ۱.-نمودار پراکنش بین Ys، Ypو شـاخص STI در ارتباط با عملکرد دانه



شکل ۲-نمودار پراکنش بـین Ys، Ypو شـاخص STI در ارتباط با کاه و کلش گیاه

بیشترین تغییرات بین داده‌ها برای عملکرد دانه (جدول۶) و عملکرد کاه و کلش گیاه (جدول ۷) توسط دو مولفه اول (شاهد ونسبت کلر به سولفات ۱:۱) به ترتیب ۹۹/۸ و ۹۹/۴درصد بیان شد و حذف سایر مولفه‌ها (نسبت‌ها) تاثیر چندانی در میزان تغییرات نداشت. در خصوص عملکرد دانه (جدول۶) مولفه اول (شاهد) بیشترین درصد از کل واریانس ها را شامل شد و همبستگی مثبت و بالایی با عملکرد در شرایط تنش و شاخص های MP ، GMP و STI نشان داد. این مولفه (شاهد) با دو شاخص TOL و Yr از همبستگی پایین و منفی و با SSI نیز از همبستگی پایین ولی مثبت برخوردار بود. مولفه دوم (نسبت ۱:۱ کلر به سولفات) برای شاخص های TOL، MP و STI همبستگی مثبت و بالاتری نسبت به سایر شاخص‌ها نشان داد. بنابراین بهترین شاخص‌هایی که این مولفه‌ها یا نسبت‌ها قادر به تفکیک آن هستند دو مولفه MP و STI می‌باشد. تجزیه به مولفه های اصلی در مطالعه اثر تنش خشکی بر گندم نان نشان داد که دو مولفه اول (مولفه تجزیه کننده پتانسیل تولید در برابر مقاومت به خشکی؛ PCA_1) و دوم (مولفه جدا کننده ژنوتیپ‌های مقاوم از ژنوتیپ‌های حساس به خشکی؛ PCA_2) حدود ۶۶ و ۳۴ درصد واریانس‌ها را توضیح دادند، به طوری که این دو مولفه با عملکرد و شاخص STI همبستگی داشتند (گل آبادی و همکاران، ۲۰۰۶).

در ارتباط با عملکرد کاه و کلش (جدول ۷) نیز مولفه اول (شاهد) بیشترین درصد از کل واریانس‌ها را شامل شد و همبستگی بالایی با عملکرد در شرایط تنش و شاخص‌های MP، GMP، Yr و STI نشان داد. این مولفه با دو شاخص TOL و SSI ازهمبستگی پایین و منفی برخوردار بود. مولفه دوم (نسبت ۱:۱ کلر به سولفات) برای شاخص های TOL و SSI همبستگی بسیار مثبت و بالایی نسبت به سایر شاخص‌ها نشان داد. مطالعه بر گزینش واریته‌های مقاوم به خشکی در گندم نشان داد که ۹۹/۵ درصد تغییرات بین شاخص‌ها توسط دو مولفه اول و دوم قابل توجیه بود (عشقی و خلیل زاده ، ۲۰۰۶). مولفه اول با شاخص‌های MP، GMP، TOL و Yr همبستگی مثبت و با شاخص STI همبستگی منفی نشان داد و مولفه دوم تنها با دو شاخص STI وYr همبستگی مثبت نشان داد (عشقی و خلیل زاده، ۲۰۰۶).

جدول ۶. مقادیر ویژه حاصل از ماتریس همبستگی شاخص های کمی مقاومت به تنش در عملکرد دانه

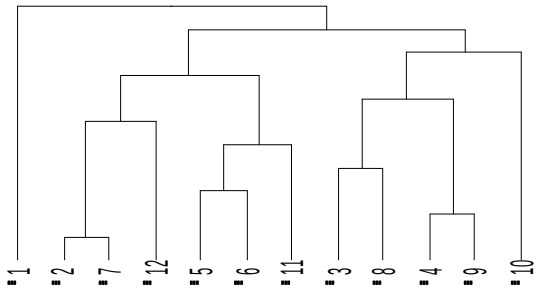
مولفه	نسبت ها	مقادیر ویژه	سهم تجمعی (٪)	بردار های ویژه					
				TOL	MP	GMP	Yr	SSI	STI
۱	نسبت صفر کلر به سولفات (شاهد)	۳/۳۱۵۷	۵۵/۲۶۱	۰/۳۴۴۰۴	۰/۴۳۷۵۴	۰/۴۶۶۴	۰/۴۰۲۹۱	۰/۵۳۵	۰/۱۵۵۲۶
۲	نسبت ۱:۱ کلر به سولفات	۲/۶۷۲۷	۹۹/۸۰۶	-۰/۴۷۴۷۱	۰/۳۶۹۱۶	۰/۳۲۲۷۰	-۰/۴۱۴۱۷	-۰/۱۳۶۲۹	۰/۵۸۶۶۲
۳	نسبت ۲:۱ کلر به سولفات	۰/۰۱۱۳	۹۹/۹۹۴	۰/۶۸۱۸۶	۰/۲۸۸۷۰	۰/۱۳۶۹۲	-۰/۵۳۸۲۹	-۰/۳۴۰۸۳	-۰/۱۶۴۴۵
۴	نسبت ۳:۱ کلر به سولفات	۰/۰۰۰۳	۱۰۰/۰۰	۰/۱۳۶۸۸	۰/۴۲۴۲۸	-۰/۸۱۱۶۴	-۰/۰۳۱۵۵	۰/۲۰۴۷۵	-۰/۳۱۵۵۴
۵	نسبت ۱:۲ کلر به سولفات	۰/۰۰۰۰	۱۰۰/۰۰	۰/۴۱۳۸۳	-۰/۵۲۳۵۸	۰/۰۲۳۸۷	۰/۱۴۰۴۶	-۰/۱۷۰۷۶	۰/۷۱۰۷۴
۶	نسبت ۱:۳ کلر به سولفات	۰/۰۰۰۰	۱۰۰/۰۰	-۰/۰۳۶۸۳	۰/۳۶۷۱۶	-۰/۰۱۵۹۷	۰/۵۹۶۳۶	-۰/۷۱۲۷۱	۰/۰۰۳۳۷

جدول ۷. مقادیر ویژه حاصل از ماتریس همبستگی شاخص های کمی مقاومت به تنش در عملکرد کاه و کلش

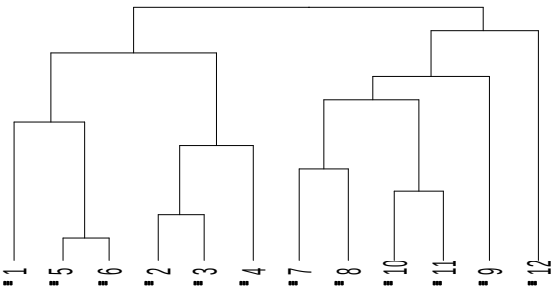
مولفه	نسبت ها	مقادیر ویژه	سهم تجمعی (٪)	بردار های ویژه					
				TOL	MP	GMP	Yr	SSI	STI
۱	نسبت صفر کلر به سولفات (شاهد)	۴/۴۱۴۳	۶۳/۰۶۲	۰/۴۶۴۰۲	۰/۳۴۸۷۹	۰/۳۴۸۶۵	-۰/۴۶۲۹۴	۰/۴۴۹۶۷	۰/۳۴۸۴۳
۲	نسبت ۱:۱ کلر به سولفات	۲/۵۶۵۶	۹۹/۷۱۴	۰/۰۱۱۳۹	۰/۰۶۴۴۸	۰/۱۰۱۹۲	۰/۶۸۱۷۹	۰/۶۹۶۳۸	-۰/۱۸۲۶۰
۳	نسبت ۲:۱ کلر به سولفات	۰/۰۱۷۹	۹۹/۹۷۰	۰/۶۳۶۵۸	-۰/۱۰۰۴۱	۰/۱۴۹۸۷	۰/۴۵۳۹۶	-۰/۳۷۴۳۸	۰/۲۵۵۵۲
۴	نسبت ۳:۱ کلر به سولفات	۰/۰۰۲۱	۱۰۰/۰۰	۰-/۲۴۴۸۲	-۰/۲۹۶۶۹	-۰/۳۸۵۸۶	۰/۰۵۸۳۸	۰/۲۴۶۴۰	۰/۷۸۹۹۶
۵	نسبت ۱:۲ کلر به سولفات	۰/۰۰۰۰	۱۰۰/۰۰	۰/۳۰۸۹۷	۰/۵۲۱۳۵	-۰/۷۳۵۴۴	۰/۱۰۶۶۳	-۰/۰۷۱۳۴	۰/۰۰۰۰
۶	نسبت ۱:۳ کلر به سولفات	۰/۰۰۰۰	۱۰۰/۰۰	۰/۳۵۰۳۳	-۰/۵۹۰۳۳	-۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	-۰/۰۱۰۶۵	۰/۰۰۰۰۰

شکل‌های ۳ و ۴ گروه بندی تیمارها بر اساس روش تجزیه خوشه‌ای را نشان می‌دهد. بررسی دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای عملکرد دانه با شاخص STI نشان داد تنها نسبت کلر به سولفات صفر با سطح نیتروژن ۷۵ کیلوگرم در هکتار با سایر تیمارهای آزمایش دارای اختلاف معنی‌داری بوده و در گروه دیگری قرار دارند (شکل۳). پس از آن نسبت ۱:۲ کلر به سولفات با سطح نیتروژن ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار دارای مقدار STI در رابطه با عملکرد دانه بالاتر نسبت به سایر نسبت‌ها بود. جداسازی و گروه بندی تیمارهای آزمایش توسط تجزیه خوشه‌ای برای عملکرد کاه وکلش (شکل ۴) نشان داد که نسبت کلر به سولفات صفر با سطح نیتروژن ۷۵ کیلوگرم در هکتار، نسبت ۲:۱ کلر به سولفات در هر دو سطح نیتروژن ۷۵ و۱۵۰کیلوگرم

در هکتار و نیز نسبت کلر به سولفات صفر با سطح نیتروژن ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، نسبت ۱:۱ کلر به سولفات در هر دو سطح نیتروژن ۷۵ و۱۵۰کیلوگرم در هکتار در یک گروه بندی مجزا قرار گرفتند. به طور کلی دسته اول دارای مقدار STI بالاتر نسبت به دسته دوم بودند (شکل ۴).



شکل ۳. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای بر اساس شاخص STI برای عملکرد دانه



شکل ۴. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای بر اساس شاخص STI برای عملکردکاه و کلش گیاه

در شاخص STI علاوه بر عملکرد گیاه در شرایط مطلوب و تنش، به جای میانگین حسابی از میانگین هندسی استفاده می‌شود. گاهی اوقات مشکل ارزیابی توسط این شاخص از تساوی میانگین هندسی جفت اعدادی ناشی می‌شود که با یکدیگر تفاوت شدیدی دارند. لیکن این بررسی نشان داد که تیمارهایی که در شرایط مطلوب و تنش عملکرد بالایی داشتند در گروه با STI بالاتر قرار گرفتند، لذا در مجموع شاید بتوان گفت که این شاخص کارایی زیادی در تعیین عملکرد بالای گیاه در دو شرایط مطلوب و تنش شوری را از خود نشان داد. شناسایی ارقام متحمل به خشکی در جو در شرایط آبی و دیم نشان داد که GMP, MP وSTI مناسبترین شاخص ها برای غربال کردن ژنوتیپ های متحمل به خشکی در جو می باشند (کرمی و همکاران، ۱۳۸۵).

با توجه به هدف این آزمایش که انتخاب شاخص مناسب برای تعیین عملکرد بالا در شرایط تنش بود، شاخص STI بهترین شاخص بوده و نشان دهندهٔ عملکرد بالای گیاه در شرایط تنش و مطلوب می‌باشد. براساس این شاخص نسبت‌های ۳:۱ و۲:۱ کلر به سولفات برای عملکرد دانه ونسبت‌های۲:۱و۱:۱ کلر به سولفات برای عملکرد کاه و کلش بیشترین مقاومت نسبت به تنش را از خود نشان دادند. محققان در مطالعه روی جوهای معمولی و بدون پوشینه، از مقادیر بالای شاخص STI برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به شوری استفاده نمودند (نوری نیا و همکاران،۱۳۸۳).

منابع

ابطحی، ع.، ۱۳۸۰. واکنش نهال دو رقم پسته نسبت به مقدار و نوع شوری خاک در شرایط گلخانه. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ج.۵، ص.۹۳-۹۹.

امامی، ح.، آستارایی، ع.، نقی زاده اصل، ز.، ۱۳۸۲. تاثیر سطوح شوری با نسبت های مختلف کلر به سولفات و مقادیر مختلف نیتروژن بر گیاه گندم در شرایط گلخانه. مجله بیابان. ج.۸، ص.۳۱۲-۳۲۳.

شاهسوند حسنی، ح.، و عبد میشانی، س.، ۱۳۷۲. ارزیابی ارقام گندم ایرانی از نظر تحمل به شوری. خلاصه مقالات اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران. کرج. ص.۵۵.

دهقانی، م.، علیزاده، ا.، کمالی، غ.، وظیفه دوست، م.، محمدیان، آ.، حمزه نوری، ا.ح.، ۱۳۸۶. نیازآبی گیاهان در ایران. انتشارات آستان قدس رضوی.۲۱۳ص.

عابدی، م.ج.، ابراهیمی بیرنگ، ن.، مهردادی، ن.، چراغی، ع.م.، نی‌ریزی، س.، ماهرانی، م.، خالدی، ه.، ۱۳۸۱. استفاده از آب شور در کشاورزی پایدار. کمیتهٔ ملی آبیاری و زه‌کشی ایران.

فتح باهری، س.، جوانشیر، ع.، کاظمی، ح.، حجازی، ا.، ۱۳۸۲. ارزیابی برخی از شاخص های تحمل به خشکی در چند ژنوتیپ جو بهاره. مجله دانش کشاورزی. ج.۱۳، ص.۲۰۵-۱۹۵.

فرشادفر، ع.، زمانی، م.ر.، مطلبی، م.، امام جمعه، ع.، ۱۳۸۰. انتخاب برای مقاومت به خشکی در لاین های نخود. مجله علوم کشاورزی ایران. ج.۳۲، ص.۱۱۳-۱۰۵.

کرمی، ع.، قنادها، م.ر.، نقوی، م.ر.، مرادی، م.، ۱۳۸۵. شناسایی ارقام متحمل به خشکی در جو. مجله علوم کشاورزی ایران. ج.۳۷، ص.۳۷۹-۳۷۱.

نورمند مؤید، ف.، ۱۳۷۶. بررسی تنوع صفات کمی و روابط آنها با عملکرد گندم نان (*T. aestivum*) شرایط دیم و آبی و تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی. پایان نامهٔ کارشناسی ارشد. دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تهران. ۱۰۷ص.

نوری نیا، ع.، نادری، د.، یغمایی، ف.، ۱۳۸۳. ارزیابی و انتخاب ژنوتیپ‌های جو معمولی و بدون پوشینه متحمل به شوری. مجموعه مقالات هشتمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه گیلان. ص۲۶۵.

وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۸۷. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۱۳۸۵-۱۳۸۶. جلد اول، محصولات زراعی. معاونت اموربرنامه ریزی، اقتصادی و بین المللی. دفترآمار و برنامه ریزی اطلاعات.

Clark, J.M., Townley–Smith, T.F., McCaig, T.N., Green, D.G., 1984. Growth analysis of spring wheat cultivars of varying drought resistance. Crop Sci. 24, 537-541.

Clark, J.M., Depauw, R.M., Townley–Smith, T.F., 1992. Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. Crop Sci. 32, 723-728.

Eshghi, A.G., Khalizadeh, G.H., 2006. Selection of bread wheat cultivars and lines for drought resistance. The First International Conference on the Theory and Practices in Biological Water saving (ICTPB). 21-25 May 2006. Beijng. China. pp.728-729.

Fernandez, G.C.J., 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceeding of adaptation for food crops to temperature and water stress symposium. Taiwan. pp. 257-270.

Fischer, R.A., Maurer, R., 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Aus. J. Agric. Res. 29, 897-912.

Golabadi, M., Arzani, A., Mirmohammadi Maibodi, A.M., 2006. Assessment of Drought Tolerance Segregating Populations in Durum Wheat. Afric. J. Agric. Res. 1, 162-171.

Heinnrich, G.M., Francis, C.A., Eastin, J.D., 1983. Stability of grain sorghum yield components across diverse environments. Crop Sci. 23, 209-212.

Manchanda, H.R., Sharma, S.K., 1989. Tolorance of chloride and sulphate salinity in cheikpea (*Cicer arietinum* L.). Agric. Sci. 113, 407-410.

Mass, E. V., 1984. Salt tolerance of plants. In: Christie, B.R. (Ed.), Handbook of Plant Science in Agriculture. CRC Press, Boca Raton, Fl.P, pp1-25.

Mohammadi, R., Haghparast, R., Aghaee, M., 2005. Evaluation of bread wheat genotypes for drought tolerance under rainfed conditions. Theme 10. Application of new technologies and technology transfer and crop improvement for dry areas. The 8th International Conference on Development of Drylands, Bejing, China. p.236.

Pittman, D.W., 1968. Soil factors affecting the toxicity of alkali. J. Agric. Res.15, 235-243.

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

Roustaii, M., Zadhehassan, E., Ketata, H., 2005. Adaptability and stability analysis of grain yeild in advanced bread wheat lines in cold and moderate dryland areas of Iran. The 8th International Conference on Development of Drylands, Bejing, China. pp.138-139.

Singla, R., Garg, N., 2002. Physiological basis of salt tolerance in desi and kabuli genotypes of chickpea. Proceeding of 1st Chandigarh Science Congress. Section13:Plant Sci.p.13.

Watkins, C.B., Brown, J., Dromgoole, F.J., 1988. Salt-tolerance of the coastal plant, *Tetragonia trigyna* Banks et Sol. ex Hook, (climbing New Zealand spinach). New Zealand J. Botany. 26, 153-162.

The University of Birjand
Faculty of Agriculture

Environmental Stresses in Agricultural Sciences (ESAS) Vol. 2(1):15-27

Environmental Stresses in Agricultural Sciences

Evaluation of salinity stress tolerance indices derived from Cl/SO_4 anionic ratios and nitrogen fertilizer in barley (*Hordeum vulgare* L. var. *Nosrat*)

M. Eskandary Torbaghan[1*], A. Astaraei[2], M. Eskandary Torbaghan[3], A. Ganjali[4]

1. Researcher of Agricultural and Natural Resources Research Center of North Khorasan,
2. Faculty member, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad,
3. Academic member of Agricultural and Natural Resources Research Center of North Khorasan,
4. Academic member of Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad.

Abstract

Salinity stress has an important role in reducing crop production. Chlorine and Sulfate toxicity in waters and soils are the main factor in reducing growth and yield of most of plants. Tolerance and sensitive indices related to Cl and SO_4 in irrigation water and effect of nitrogen fertilizer on barley yield was evaluated in a factorial experiment based on completely randomized design with three replications, under greenhouse condition. Quantitative indices of stress tolerance such as mean productivity (MP), tolerance index (TOL), geometric mean productivity (GMP), stress susceptibility index (SSI), reduction yield ratio (Yr) and stress tolerance index (STI) were calculated. Results showed that STI had a positive and high significantly correlation with grain yield and plant biomass. Correlation of grain yield and plant biomass with STI index showed that the negative effect of Cl anion was more than SO_4 in barley tolerance to salinity. Also Cl/SO_4 anion ratios 1:3 and 1:2 in grain yield and 1:2 and 1:1 in plant biomass imposed highest tolerant in salinity compared to non stress conditions.

Keywords: Cl/SO_4 anionic ratios, nitrogen, salinity stress, barley.

Corresponding Author: Mehrnoosh Eskandary Torbaghan. Agricultural Garden- Dolat Boulvard- Bojnord, North Khorasan Provience, Iran. P.O.Box: 941555-1378
Tel: +98 0584 2222105, Fax: +98 0584 2236288, E-mail: mehrnoosh_eskandary@yahoo.com