مجله علوم كشاورزي ايران
جلد ۱-۳۷، شماره ۲، سال ۱۳۸۵ (۲۴۸-۲۳۹)

ارزيابي واكنش ژنوتيپ‌هاي گندم نان (***Triticum aestivum* L.**) و دوروم (***Triticum turgidum* L.**) به تنش شوري

رحيمه همتي[1] و حسن پا ك نيت*[2]
۱، ۲، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار دانشکده کشاورزي دانشگاه شيراز.
(تاريخ دريافت: ۸۳/۴/۱ - تاريخ تصويب: ۸٤/۹/۲)

چكيده

در سال ۱۳۸۱ طي يك آزمايش گلخانه‌اي واكنش ۱۱ ژنوتيپ گندم نان (***Triticum aestivum* L.**) و ۹ ژنوتيپ گندم دوروم (***Triticum turgidum* L.**) به تنش شوري به صورت آزمايش فاكتوريل در قالب طرح پايه كاملاً تصادفي بررسي شد. شوري شامل سه سطح ۰/۷۲ (كنترل)، ۸/۱ و ۱۱/۵ (دسي زيمنس بر متر) بود. در مرحله دو برگي تنش اعمال شد و۲۰ روز پس از اعمال تنش، نمونه‌برداري براي اندازه‌گيري ميزان **Na^+** و **K^+** و پرولين برگ صورت گرفت. تنش شوري **EC= ۸/۱dS/m** باعث افزايش غلظت **Na^+** و كاهش غلظت **K^+** و **K^+/Na^+** در مقايسه با تيمار كنترل، شد. تفاوت معني‌دار (**$p<۰/۰۰۱$**) بين دو گونه از نظر اين صفات وجود داشت. در **EC= ۱۱/۵dS/m**، هيچ كدام از ژنوتيپ‌هاي دو گونه كاهش معني‌داري در غلظت **K^+** نسبت به **EC= ۸/۱dS/m** نشان ندادند. با توجه به شاخص‌هاي ميزان **Na^+** و نسبت **K^+/Na^+** ارقام مرودشت و اميد و لاين ۱۲۸ حساس‌ترين ژنوتيپ گونه نان بودند. در ژنوتيپ‌هاي دوروم نيز لاين ۱٦۸ متحمل‌ترين و رقم ياوارس حساس‌ترين ژنوتيپ‌ها بودند. با افزايش شوري غلظت پرولين در دو گونه افزايش نشان داد. در ژنوتيپ‌هاي گندم نان در دوسطح تنش، بيشترين مقدار پرولين درژنوتيپ‌هاي حساس به شوري و كمترين مقدار در ژنوتيپ‌هاي متحمل مشاهده شد. بنابراين به نظر نمي‌رسد بتوان پرولين را به عنوان يك شاخص مناسب تحمل به شوري در گندم‌هاي نان و دوروم در نظر گرفت. پس از اندازه گيري عملكرد بيولوژيك و با محاسبه شاخص تحمل به شوري **(STI)**، مشخص شد كه رقم اميد و لاين ۸٤ مناسب‌ترين ژنوتيپ‌ها در شرايط تنش و بدون تنش بودند. رقم اميد و لاين ٦۸ كمترين مقدار تحمل تنش **(TOL)** را نشان دادند.

واژه‌هاي كليدي: گندم نان، گندم دوروم، تحمل به شوري، پرولين. عملكرد بيولوژيك.

مقدمه

شوري خاك از طريق سميت يا كمبود آب و تأثير بر مواد مغذي، رشد گياه را كاهش مي‌دهد(۴). دو مكانيسم اصلي تحمل شوري در گياهان وجود دارد، يكي ميزان كم انتقال نمك به ساقه و ديگري تحمل غلظت بالاي نمك در برگ به وسيله توقيف[1] مؤثر نمك درون واكوئل سلول مي‌باشد. دفع سديم از برگ‌ها مكانيسم تحمل نمك در غلات است (۱٤). دفع سديم از برگ‌ها به سه طريق انجام مي‌شود: ۱) جذب انتخابي سلولهاي ريشه, ۲) بارگيري بيشتر K^+ نسبت به Na^+ از آوندهاي چوبي و ۳) انتقال نمك از آوند چوب به قسمتهاي بالاتر ريشه, ساقه, دمبرگ يا غلاف برگ (۱۰، ۱۱). ميزان تحمل نمك در برنج، سورگوم، جو و گندم با غلظت Na^+ در برگها رابطه معكوس دارد (۱۴). در گندم تنوع ژنتيكي تحمل به شوري با ميزان كم انتقال Na^+ به ساقه و جذب بيشتر K^+ همبستگي دارد (۱٤).

* نويسنده مسئول: حسن پاك‌نيت
تلفن: ۰۷۱۱۲۲۸۷۱۱۸ E-mail: Pakniyat@shirazu.ac.ir

1. Sequestration

وين جونز و همكاران (۱۹۸٤)، (به نقل از منبع شماره ۹) و شاه و همكاران (۱۹۸۷) دريافتند كه ژنوم D ژن يا ژن‌هايي را حمل مي‌كند كه تعيين كننده نسبت K^+/Na^+ در داخل گياه هستند. نسبت K^+/Na^+ در لاين‌هاي جايگزين ديزوميك كه در هر كدام يكي از ۷ كروموزوم ژنوم D از گندم نان با كروموزم‌هاي هميولوگ گندم دوروم جايگزين شده بودند نشان داد كه كروموزوم 4D حدود ۵۰-٦۰% تفاوت بين گندم نان و دوروم را در تحمل به شوري باعث مي‌شود (۵ و ۹). در پي پژوهش‌هاي گرهام و همكاران (۱۹۸۷) و دوراك و گرهام (۱۹۹۲) مشخص شد كه تحمل به شوري در گندم نان توسط لوكوس *Kna1* كه بر روي بازوي بلند كروموزوم 4D واقع شده است، كنترل مي‌شود. تا كنون گزارش‌هاي زيادي مبني بر اين كه گندم‌هاي دوروم (ژنوم AB) با K^+/Na^+ پايين در برگ از گندم‌هاي نان (ژنوم ABD) حساس‌تر هستند، منتشر شده است. مانس و همكاران (۲۰۰۰) اولين گزارش مبني بر ميزان Na^+ پايين در ژنوم AB را ارائه دادند.

بر نقش موادآلي در گياهان تحت تنش تأكيد بسيار شده است. تنظيم اسمزي در گياهان با سنتز و تجمع موادآلي انجام مي‌گيرد، كه نتيجه آن كاهش پتانسيل اسمزي و افزايش تورژسانس سلول جهت ادامه رشد مي‌باشد (۱، ۱۱). پرولين و گليسين بتائين(Gly) از مهم‌ترين اسيد آمينه‌هايي هستند كه باعث تنظيم اسمزي مي‌شوند (۴).

تحمل به شوري مي‌تواند به صورت درصد بيوماس توليد شده در شرايط شور در مقابل بيوماس توليد شده در شرايط تنش بيان شود. گاهي هم با توجه به درصد زنده ماندن گياهان در معرض تنش ارزيابي مي‌شود. كاهش رشد در محيط شور بستگي به مدت زماني دارد كه گياه تحت استرس است. در يك دوره كوتاه تنش بر گندم نان و دوروم هيچ تفاوتي بين اين دو گونه از نظر كاهش رشد ديده نشد (۳۵). تلاش‌هاي زيادي براي بهبود تحمل به شوري گندم دوروم صورت مي‌گيرد و لزوم شناسايي معيارهاي مناسب گزينش در ژرم پلاسم‌هاي تتراپلوئيد و هگزاپلوئيد قطعي به نظر مي‌رسد. اين بررسي با هدف ارزيابي تحمل به شوري ژنوتيپ‌هاي گندم نان و دوروم و بررسي تغييرات ميزان اسيد آمينه پرولين تحت تنش شوري انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمايش در سال ۸۲-۱۳۸۱ در گلخانه بخش زراعت و اصلاح نباتات دانشكده كشاورزي دانشگاه شيراز بصورت فاكتوريل و در قالب طرح پايه كاملا تصادفي با سه تكرار اجرا شد. فاكتورها شامل، ژنوتيپ در ۲۰ سطح (۱۱ ژنوتيپ گندم نان و ۹ ژنوتيپ گندم دوروم) و سطوح شوري شامل۰ (كنترل)، ۱۷۰۰و ۳٤۰۰ ميلي گرم نمك در كيلوگرم خاك بودند. هدايت الكتريكي خاك پس از اعمال تنش براي اين سطوح به ترتيب ۰/۷۲، ۸/۱ و ۱۱/۵ دسي زيمنس بر متر (dSm^{-1}) بود. خاك استفاده شده داراي ۵۰% سيلت، ۲۹/۲% رس و ۲۰/۸% شن با ظرفيت زراعي ۲٦/۳% و هدايت الكتريكي $0/44 dSm^{-1}$ بود. در مرحله دو برگي تنش شوري اعمال شد. بدين ترتيب كه تيمار شاهد بدون اضافه كردن نمك با آب معمولي آبياري شد. براي سطح دوم ۱۷۰۰و سطح سوم ۳٤۰۰ mg نمك NaCl با خلوص ۹۹/۵% در هر كيلو گرم خاك بكار رفت. جهت جلوگيري از تنش ناگهاني در گياه, اعمال تنش به صورت تدريجي و طي سه مرحله (با فواصل دو روز) انجام شد. در هر مرحله با توجه به مقدار خاك هر گلدان و تعداد گلدانها محلول پايه تهيه شد. در زمان اعمال تنش هر گلدان با ترازو وزن و با توجه به ظرفيت زراعي خاك به آن محلول نمك و آب مقطر اضافه شد. براي سطح دوم ۱۰و سطح سوم ۲۰ml از محلول پايه در هر مرحله اضافه شد. اسامی ژنوتيپ ها در جدول ۱ آمده است. ۲۰ روز پس از اعمال تنش نهايي، نمونه برداري براي اندازه گيري سديم، پتاسيم و پرولين برگ انجام شد.

براي اندازه‌گيري Na^+ و K^+ برگها بعد از خشك شدن در آون، پودر شده و در كوره خاكستر شدند. با اضافه كردن اسيد كلريدريك و سپس آب مقطر، از محلول تهيه شده براي اندازه گيري Na^+ و K^+ با روش شعله سنجي[1] استفاده شد. اندازه گيري پرولين با استفاده از روش بيتس[2] (۱۹۷۳) انجام شد. پس

1. Flame photometry
2. Bates

از رسيدن بوته‌ها، وزن خشك اندام هوايي (عملكرد بيولوژيك) براي دو بوته باقي مانده در هر گلدان اندازه‌گيري شد و شاخص تحمل به تنش (STI) و تحمل تنش (TOL)بر اساس عملكرد بيولوژيك محاسبه گرديد. شاخص تحمل به شوري (STI) و تحمل تنش (TOL) با استفاده از فرمول‌هاي زير محاسبه گرديد (٨).

$$STI = [(Y_P)(Y_S)]/(\overline{Y_P})^2$$

Y_s-TOL=Y_p

Yp و Ys به ترتيب عملكرد در شرايط بدون تنش و شرايط تنش و $\overline{Y_p}$ ميانگين عملكرد تمام ژنوتيپ‌هاي بررسي شده در شرايط بدون تنش مي‌باشد.

داده‌ها ي مربوط به دو سطح شوري بصورت مقادير واقعي و همچنين درصد كنترل تجزيه شدند. محاسبات آماري با نرم افزار SAS صورت گرفت.

نتايج

با افزايش شوری غلظت Na^+ در برگ‌هاي هر دو گونه افزايش معني‌دار ($p< ٠/٠٠١$) نشان داد (جداول٢ و ٣). در دو سطح تنش شوري، در ميان ژنوتيپ‌هاي نان، كمترين ميزان Na^+ در ارقام مرودشت و اميد و بيشترين مقدار در لاين ١٢٨ مشاهده شد. در بين ژنوتيپ‌هاي دوروم، لاين ١٦٨ كمترين و لاين ٦٨ و رقم ياوارس بيشترين مقدار را نشان دادند.

جدول ١- اسامي، شجره و منشا يازده ژنوتيپ گندم نان و نه ژنوتيپ گندم دوروم.

رديف	ژنوتيپ	شجره	منشأ
		Triticum aestivum	
١	مرودشت		ايران
٢	شيراز		ايران
٣	فلات		مكزيك
٤	اميد		ايران
٥	استار		مكزيك
٦	كوير		مكزيكي×ايراني (سرخ تخم)
٧	قدس		
٨	١٢٨	IA*LO	CIMMYT
٩	١٨٨	WU HAN≠2	CIMMYT
١٠	GemmieZa9	Ald “S”/ HVac “S”// CMH 74 A. 630 / 5Xc GM4583-5G-M-1GM-oGM	مصر
١١	٦	1-63-31/3/12300/Tob//cno/Sα	CIMMYT
		Triticum turgidum	
١٢	Shaw/mald	انتخاب از كلكسيون بين المللي	
١٣	ياوارس	انتخاب از كلكسيون بين المللي	
١٤	٣٢	CIT 71 / CII // HuI / RuFo	CIMMYT
١٥	٦٨	GEDIZ / BOY // EIP /USDA580 /3/5RN-1	CIMMYT
١٦	٨٠	FOSKAL-5	CIMMYT
١٧	٨٤	AWALBIT-4	CIMMYT
١٨	١٢٥	OSTE/5/GLLA*2/ALBE//JAF/3/YAV79/4/DACK/RABI /7MEXT / GTA /3/ ENTE / MEXI-2	CIMMYT
١٩	٤٨	EID // MARTE / HO	CIMMYT
٢٠	١٦٨	BHA / 2*CAK79	CIMMYT

در شرايط كنترل ميزان K^+ در برگ‌هاي ژنوتيپ‌هاي گندم نان ۱۵-۴۰ و در برگ‌هاي ژنوتيپ‌هاي گندم دوروم ۱۲-۱۸ برابر ميزان Na^+ بود. ميانگين كل غلظت K^+ در دو گونه با افزايش شوري كاهش معني‌داري ($p< ۰/۰۰۱$) نشان داد.

در برگ‌هاي ژنوتيپ‌هاي هر دو گونه K^+ / Na^+ در EC = ۸/۱dS/m كاهش معني‌داری نسبت به كنترل نشان داد. و در EC = ۱۱/۵dS/m، از ژنوتيپ هاي نان تنها لاين GemmieZa9 و ۱۸۸ تفاوت معني داري نسبت به سطح شوري پايين نداشتند و در ژنوتيپ‌هاي دوروم فقط لاين‌هاي ۱۲۵ و۱۶۸ تفاوت معني‌داری نشان دادند. در ژنوتيپ‌هاي نان كمترين مقدار در لاين ۱۲۸ و بيشترين مقدار در ارقام اميد و مرودشت و در ژنوتيپ‌هاي دوروم كمترين و بيشترين مقدار به ترتيب در رقم ياوارس و لاين ۱۶۸ مشاهده شد. دو گونه تفاوت معني‌داري ($p<۰/۰۰۱$) از نظر K^+ و K^+/Na^+ داشتند.

مقايسه ميانگين غلظت پرولين در برگ‌هاي ژنوتيپ‌هاي گندم نان و دوروم به ترتيب در جداول ۶ و ۷ آمده است. تنش شوري باعث افزايش معني‌داري در غلظت پرولين شد. ميانگين كل ژنوتيپ‌هاي دو گونه در شرايط بدون تنش تفاوت معني‌داري نداشت و ميزان افزايش غلظت پرولين در دو گونه در شرايط تنش شوري يكسان بود.

در ژنوتيپ‌هاي گندم نان در شرايط بدون تنش تفاوت معني‌داري بين ژنوتيپ‌ها وجود نداشت و ميانگين غلظت پرولين ۰/۸۲ ميكرو مول بر گرم وزن تازه برگ ($\mu molg^{-1}$) بود. در EC= ۸/۱ dSm^{-1} غلظت پرولين در تمام ژنوتيپ‌ها افزايش نشان داد اما افزايش فقط در ارقام استار و كوير و لاين ۱۲۸ معني‌داري بود. در لاين ۱۲۸ ميزان پرولين از ۰/۸۱ درکنترل به ۴/۰۹ رسيد. يعني حدود ۵۰۸/۹ درصد كنترل. اين لاين ميزان بالاي Na^+ و غلظت پايين K^+ را داشت و حساس به شوري بود. در EC= ۱۱/۵ dSm^{-1} ميزان پرولين در تمام ژنوتيپ‌ها جز استار، كوير، GemmieZa9 و لاين شماره ۶ نسبت به سطح شوري پايين افزايش معني‌دار نشان داد. رقم اميد و لاين ۱۲۸ بيشترين مقدار پرولين را داشتند. ژنوتيپ‌هاي دوروم در شرايط بدون تنش تنوع كمي نشان دادند. افزايش پرولين در EC= ۸/۱ dSm^{-1} در لاين ۸۰ معني‌دار بود. لاين ۸۰ در اين سطح شوري كاهش زيادي در ميزان K^+ نشان دادند. در EC= ۱۱/۵ dSm^{-1} لاين ۳۲ نسبت به كنترل و شوري پايين‌تر تفاوت معني‌داري نشان نداد.اين لاين ميزان Na^+ كمي داشت‌ومقاوم به شوري بود. لاين ۱۶۸ بيشترين پرولين را داشت.

جدول ۲- مقادير واقعي و درصد كنترل ميانگين غلظت Na^+ (ميكرو مول بر گرم وزن خشك) در برگ‌هاي يازده ژنوتيپ گندم نان درشرايط كنترل و دو سطح شوري.

ژنوتيپ	EC خاك (dS/m)					
	كنترل	۸/۱		۱۱/۵		ميانگين (مقادير واقعي)
		مقادير واقعي	درصد كنترل	مقادير واقعي	درصد كنترل	
مرودشت	۴۹/۹c‡	۹۱/۹	۱۸۴/۹c	۲۰۸/۹	۴۱۹/۱c	۱۱۶/۹ ab
شيراز	۲۵/۹cd	۱۰۳/۴	۴۰۹/۱a	۱۷۱/۴	۶۶۶/۸abc	۱۰۰/۴ bc
فلات	۲۸/۹bcd	۱۰۵/۴	۳۷۴/۹ab*†	۱۶۲/۴	۵۹۱/۱abc	۹۸/۹bc
اميد	۳۶/۴bc	۷۹/۹	۲۲۶/۵bc*†	۱۷۵/۹	۵۲۹/۶bc	۹۷/۴bc
استار	۲۲/۹d	۹۰/۴	۴۰۸/۴a	۱۸۷/۹	۸۳۴/۹ab	۱۰۰/۴bc
كوير	۲۱/۴d	۸۰/۸	۴۰۳/۱a*†	۱۳۹/۹	۷۳۷/۲abc	۸۰/۷ c
قدس	۲۸/۹bcd	۹۷/۴	۳۴۷/۵ab	۱۶۸/۴	۹۵۹/۲abc	۹۸/۲ bc
۱۲۸	۲۸/۹bcd	۱۱۱/۳	۳۸۶/۳a	۲۶۷/۳	۶۴۵/۲a	۱۳۵/۹ a
۱۸۸	۲۵/۹cd	۸۷/۴	۳۶۱/۴ab*†	۱۳۸/۴	۱۳۸/۴bc	۸۳/۹ c
GemmieZa9	۲۸/۹bcd	۱۳۰/۹	۴۵۵/۲a	۱۸۶/۴	۱۸۶/۴abc	۱۱۵/۴ ab
۶	۳۹/۴ab	۱۲۱/۳	۳۰۶/۸abc	۲۳۲/۹	۶۰۳/۱abc	۱۳۱/۲ a
ميانگين	۳۰/۷	۱۰۰/۱	۱۰۰/۱	۱۸۵/۴	۶۵۰/۹	۱۰۵/۴

‡: در هر ستون ميانگين‌هاي داراي حرف مشترك كوچك اختلاف معني‌داري ندارند (دانكن ۵%).

*: تفاوت معني‌داري با كنترل ندارد (دانكن ۵%). †: تفاوت معني‌داري با سطح شوري بالاتر ندارد (دانكن ۵%).

جدول۳- مقادير واقعي و درصد كنترل ميانگين غلظت Na^+ (ميكرو مول بر گرم وزن خشك) در برگ‌هاي نه ژنوتيپ گندم دوروم در شرايط كنترل و دو سطح شوري.

ژنوتيپ	كنترل	EC خاك (dS/m)				ميانگين
		۸/۱		۱۱/۵		
		مقادير واقعي	درصد كنترل	مقادير واقعي	درصد كنترل	(مقادير واقعي)
Shaw/ mald	۵۸/۹ab‡	۲۴۳/۴	۴۲۲/۶bc†	۲۵۲/۴	۴۳۷/۷c	۱۸۴/۹b
ياوارس	۳۴/۹d	۲۶۲/۹	۸۲۳/۰a†	۳۲۵/۸	۱۰۱۵/۳a	۲۰۷/۹ab
۳۲	۵۲/۹b	۲۳۴/۴	۴۴۷/۳bc†	۲۶۴/۴	۵۰۹/۶bc	۱۸۳/۹b
۶۸	۳۷/۹cd	۲۲۲/۶	۶۰۶/۸ab†	۳۰۴/۶	۸۴۱/۲ab	۱۸۸/۴b
۸۰	۴۹/۹bc	۲۷۳/۴	۵۵۱/۴bc†	۳۲۴/۸	۶۵۷/۳bc	۲۱۶/۰a
۸۴	۶۰/۴ab	۲۳۸/۹	۳۹۷/۶bc	۳۴۰/۵	۵۶۸/۸bc	۲۱۳/۳a
۱۲۵	۳۹/۴cd	۲۰۲/۹	۵۲۲/۹bc	۳۰۷/۸	۷۹۱/۷ab	۱۸۳/۴b
۴۸	۶۹/۴a	۲۵۶/۹	۳۷۰/۱bc	۲۹۱/۳	۴۲۰/۱c	۲۰۵/۹ab
۱۶۸	۶۰/۴ab	۱۸۰/۴	۳۰۳/۴c†	۲۱۶/۱	۳۹۴/۰c	۱۵۰/۳c
ميانگين	۵۱/۶	۲۳۵/۱	۴۹۲/۱	۲۹۱/۳	۶۲۱/۲	۱۹۲/۶

‡: در هر ستون ميانگين‌هاي داراي حرف مشترك كوچك اختلاف معني‌داري ندارند (دانكن ۵%).
†: تفاوت معني‌داري با سطح شوري بالاتر ندارد (دانكن ۵%).

جدول ۴- مقادير واقعي و درصد كنترل ميانگين K^+/Na^+ در برگ‌هاي يازده ژنوتيپ گندم نان در شرايط كنترل و دو سطح شوري.

ژنوتيپ	كنترل	EC خاك (dS/m)				ميانگين
		۸/۱		۱۱/۵		
		مقادير واقعي	درصد كنترل	مقادير واقعي	درصد كنترل	(مقادير واقعي)
مرودشت	۱۷/۳c‡	۸/۱	۴۷/۰a	۳/۱	۱۸/۳ab	۹/۵c
شيراز	۳۵/۸ab	۷/۱	۲۰/۱b	۴/۴	۱۲/۵abc	۱۵/۸ab
فلات	۲۸/۶bc	۷/۳	۲۵/۶b	۴/۱	۱۴/۶abc	۱۳/۴bc
اميد	۲۹/۶abc	۱۲/۱	۴۱/۴a	۵/۸	۲۰/۳a	۱۵/ ab
استار	۴۰/۰ab	۹/۰	۲۳/۴b	۳/۷	۹/۵bc	۱۷/۶ab
كوير	۴۱/۲ab	۹/۵	۲۴/۱b	۵/۰	۱۳/۴abc	۱۸/۶a
قدس	۳۰/۰abc	۶/۷	۲۲/۵b	۴/۰	۱۳/۸abc	۱۳/۶bc
۱۲۸	۳۴/۴ab	۷/۵	۲۲/۱b	۲/۹	۸/۸c	۱۴/۹ab
۱۸۸	۳۵/۶ ab	۹/۷	۲۸/۶b†	۵/۷	۱۶/۸abc	۱۷/ ab
GemmieZa9	۴۲/۷a	۷/۷	۱۸/۲b†	۴/۹	۱۱/۶abc	۱۸/۵a
۶	۲۰/۴c	۵/۳	۲۶/۱b	۲/۵	۱۲/۵abc	۹/۴c
ميانگين	۳۲/۴	۸/۲	۲۷/۲	۴/۲	۱۳/۸	۱۴/۹

‡: در هر ستون ميانگين‌هاي داراي حرف مشترك كوچك اختلاف معني‌داري ندارند (دانكن ۵%).
†: تفاوت معني‌داري با سطح شوري بالاتر ندارد (دانكن ۵%).

جدول ۵- مقادير واقعي و درصد كنترل ميانگين K^+/Na^+ در برگ‌هاي نه ژنوتيپ گندم دوروم در شرايط كنترل و دو سطح شوري.

ژنوتيپ	كنترل	EC خاك (dS/m)				ميانگين
		۸/۱		۱۱/۵		(مقادير واقعي)
		مقادير واقعي	درصد كنترل	مقادير واقعي	درصد كنترل	
Shaw/mald	۱۲/۸b‡	۲/۲	۱۷/۱b†	۱/۷	۱۳/۱bcd	۵/٦b
ياوارس	۲٤/۹a	۲/۹	۸/۲ab†	۲/۰	۱۲/۱e	۹/۹a
۳۲	۱۳/۱b	۲/۸	۲۱/۰b†	۲/۲	۱٦/۵b	٦/۰b
٦۸	۱٦/۰b	۲/۳	۱۵/۱b†	۱/۵	۹/۷de	٦/٦b
۸۰	۱٦/۸b	۲/۵	۱٤/۷b†	۲/۰	۱۱/٦de	۷/۱b
۸٤	۱۲/۹b	۲/۱	۱۸/۰b†	۱/۳	۱۰/٤de	۵/٤b
۱۲۵	۱۷/۱b	۳/۰	۱۸/۰b	۱/۸	۱۰/۷de	۷/۳b
٤۸	۱۳/۲b	۲/۵	۱۹/۳b†	۲/۱	۱۵/۵bc	۵/۹b
۱٦۸	۱۲/٦b	۳/۷	۲۹/۴a	۳/۰	۲۳/۵a	٦/٤b
ميانگين	۱۵/۵	۲/۷	۱۸/۳	۱/۹	۱۳/۲	۶/۷

‡: در هر ستون ميانگين‌هاي داراي حرف مشترك كوچك اختلاف معني‌داري ندارند (دانكن ۵%).

†: تفاوت معني‌داري با سطح شوري بالاتر ندارد (دانكن ۵%).

جدول ۶- مقادير واقعي و درصد كنترل ميانگين غلظت پرولين (ميكرو مول بر گرم وزن تازه برگ) يازده ژنوتيپ گندم نان در شرايط كنترل و دو سطح شوري.

ژنوتيپ	كنترل	EC خاك (dS/m)				ميانگين
		۸/۱		۱۱/۵		(مقادير واقعي)
		مقادير واقعي	درصد كنترل	مقادير واقعي	درصد كنترل	
مرودشت	۰/۷۷b‡	۰/۹۲	۱۲۰/٦c*	۱/٦۳	۲۱٤/۱e	۱/۱۱e
شيراز	b۰/۸٦	۰/۹٦	۱۱۲/٦c*	۱/٦۰	۱۸٦/۷e	۱/۱٤e
فلات	b۰/۹٦	۱/۲۹	۱۳٦/٤c*	۷/۳۲	۷٦۸/۷b	۳/۱۹e
اميد	b۰/۷٦	۰/۷۷	۱۰۱/۹c*	۷/٤۰	۹۷۳/۵a	۲/۹۸e
استار	a۰/۸۸	۲/۵۳	۲۹۰/۰b†	۲/۹۰	۳۳۰/۱d	۲/۱۰a
كوير	b۰/۷٦	۱/۲۲	۱٦۱/۲c†	۱/۳۵	۱۷٦/۸e	۱/۱۱e
قدس	b۰/۷٤	۰/۹۹	۱۳۲/۷c*	۱/٦۱	۲۱٦/۲e	۱/۱۱e
۱۲۸	b۰/۸۱	٤/۰۹	۵۰۸/۹a	۷/٤۵	۹۱۹/۰a	٤/۱۲a
۱۸۸	b۰/۷٦	۰/۹	۱۱۷/۲c*	۳/۳۵	٤۳۹/۲c	۱/٦۷d
GemmieZa9	b۰/۹٦	۱/۰٤	۱۰۸/۷c*†	۱/۵۰	۱۵۳/۷e*	۱/۱۷e
٦	b۰/۷۵	۱/۳۱	۱۷٦/۲c*†	۱/۵۳	۲۰٤/۲e	۱/۱۹e
ميانگين	۰/۸۲	۱/٤٦	۱۷۸/۸	۳/٤۲	٤۱٦/٦	۱/۹۰

‡: در هر ستون ميانگين‌هاي داراي حرف مشترك كوچك اختلاف معني‌داري ندارند (دانكن ۵%).

*: تفاوت معني‌داري با كنترل ندارد (دانكن ۵%).

†: تفاوت معني‌داري با سطح شوري بالاتر ندارد (دانكن ۵%).

جدول ۷- مقادير واقعي و درصد كنترل ميانگين غلظت پرولين (ميكرو مول بر گرم وزن تازه برگ) نه ژنوتيپ گندم دوروم در شرايط كنترل و دو سطح شوري.

ژنوتيپ	كنترل	EC خاك (dS/m)				ميانگين (مقادير واقعي)
		۸/۱		۱۱/۵		
		مقادير واقعي	درصد كنترل	مقادير واقعي	درصد كنترل	
Shaw/mald	a‡۱/۹۱	۲/۲۲	۱۱۷/۰b*	۳/۳٤	۱۷۸/۵c	۲/٤۹b
ياوارس	b۰/۸۲	۱/٦۱	۲۱۲/٦bc*	۵/۲	٦٦۳/۲ab	۲/۵۵ab
۳۲	b۰/۹۸	۱/۱۳	۱۲٤/٤bc*†	۱/۳۱	۱۳۲/۰c*	۱/۱٤d
٦۸	b۰/۹۲	۱/۸٤	۱۹۵/٦bc*	۲/۷۷	۳۰٦/۸c	۱/۸٤c
۸۰	b۰/۷۲	٤/۰	۵۵٤/۱a†	٤/٤۲	٦۱۰/۱b	۳/۰۵a
۸٤	b۰/۷۵	۱/۵۲	۲۰٤/۳bc*†	۲/۰٤	۲۷۰/۵c*	۱/٤٤cd
۱۲۵	b۱/۰۱	۰/۹۹	۱۰۷/۳c*	۲/۸۲	۳۱۰/۷c	۱/٦۱cd
٤۸	b۰/۸۱	۱/۷	۲۱۰/٤bc*	٤/۷۸	۵۹۰/٤b	۲/٤۳b
۱٦۸	b۰/۷۵	۱/۰۱	۱۳۳/۵c*	٦/۳۳	۸٤۳/۳a	۲/۷ab
میانگين	۰/۹۷	۱/۷۸	۲۰٦/٦	۳/٦۷	٤۳۳/۹	۲/۱٤

‡: در هر ستون ميانگين‌هاي داراي حرف مشترك كوچك اختلاف معني‌داري ندارند (دانكن ۵%).
*: تفاوت معني‌داري با كنترل ندارد (دانكن ۵%). †: تفاوت معني‌داري با سطح شوري بالاتر ندارد (دانكن ۵%).

در ژنوتيپ‌هاي گندم نان EC= ۸/۱ dSm^{-1} كاهش معني‌داري را در عملكرد بيولوژيك باعث نشد. اما سطح شوري بالاتر باعث كاهش معني دار شد. با توجه به جدول ۸، بالاترين عملكرد بيولوژيك در شرايط بدون تنش مربوط به لاين GemmieZa9 و ارقام اميد و شيراز بود. در شرايط تنش بالا (EC= ۱۱/۵ dSm^{-1}) مرودشت و اميد بيوماس بالايي را نشان دادند. بيشترين مقدار شاخص تحمل به شوري (STI) را رقم اميد دارا بود. ساير ژنوتيپ‌ها تفاوت معني‌داري از نظر اين شاخص نداشتند. كمترين و بيشترين مقدار تحمل تنش(TOL) به ترتيب متعلق به رقم اميد و لاين GemmieZa9 بود.

هر دو سطح تنش باعث كاهش معني‌داري در عملكرد بيولوژيك ژنوتيپ‌هاي گندم دوروم شدند. بالاترين عملكرد در شرايط تنش و بدون تنش در لاين ۸٤ مشاهده شد . اين لاين، به علت پتانسيل عملكرد مناسبي كه داشت، شاخص تحمل به شوري (STI) بالايي نشان داد. كمترين مقدار تحمل تنش (TOL) در لاين ٦۸ مشاهده شد.

بحث

با توجه به تجزيه داده هاي اصلي. در بين ژنوتيپ‌هاي نان، به استثناء لاين ۱۲۸ كه در سطح تنش بالا ميزان Na^+ آن در حد ژنوتيپ‌هاي دوروم بود، تفاوت معني‌داري ($p<۰/۰۰۱$) بين سايز ژنوتيپ‌هاي نان و دوروم از نظر ميزان Na^+ وجود داشت. به عبارتي تمام ژنوتيپ‌هاي دوروم غلظت Na^+ بالاتر از ژنوتيپ‌هاي نان داشتند. گرهام و همكاران (۱۹۸۷) و گرهام (۱۹۹۰) نتايج مشابه گزارش نمودند، اما مانس و همكاران (۲۰۰۰) ژنوتيپ‌هايي از گونه دوروم را يافتند كه ميزان Na^+ كمتر از ژنوتيپ‌هاي نان متحمل داشتند.

ملاحظه شد كه با افزايش شوري از EC= ۸/۱ dSm^{-1} به EC= ۱۱/۵ dSm^{-1} هيچ كدام از ژنوتيپ‌هاي دو گونه كاهش معني‌داري در ميزان K^+ نشان ندادند. در آزمايش دوراك و همكاران (۱۹۹٤) ژنوتيپ‌هايي وجود داشتند كه در شرايط تنش بالا (EC= ۱۷ dSm^{-1}) ميزان K^+ بالاتري نسبت به شوري پايين نشان دادند. امي الان و همكاران (۱۹۹۱) نيز افزايش K^+ را در شوري بالا مشاهده كردند. اين روند وجود دو مكانيسم جذب K^+ را نشان مي‌دهد: ۱) كشش پايين[1] كه هميشه وجود دارد به عبارتي در ذات گياه است و توسط سديم ممانعت مي‌شود. ۲) كشش بالا[2] كه در سطوح بالاي سديم القاء مي‌شود. (۱۲). در جدول ۵ نيز مشاهده شد كه با افزايش شوري از ۸/۱ dSm^{-1} به ۱۱/۵ dSm^{-1} تنها لاين هاي ۱۲۵ و ۱٦۸ كاهش معني داري در نسبت K^+/Na^+ داشتند. در لاين ۱۲۵

1. Low Affinity
2. High Affinity

افزايش زياد سديم در سطح شوري بالا باعث كاهش K^+/Na^+ شد اما لاين ١٦٨ نسبت به ساير ژنوتيپ هاي دوروم سديم بالايي نداشت. اين لاين همچنين پتاسيم بالايي هم نداشت. در واقع در اين لاين ميزان سديم در تيمار شوري بالا به حدي نرسيده است كه مكانيسم دوم جذب پتاسيم را فعال كند.

جدول ٨-ميانگين عملكرد بيولوژيك (g) در شرايط بدون تنش (Yp)، شرايط تنش (Ys)،شاخص تحمل به شوري (STI) و تحمل شوري (TOL) در ژنوتيپ‌هاي گندم نان و گندم دوروم.

ژنوتيپ	(Yp)	(Ys)	TOL	STI
Triticum aestivum				
مرودشت	٦/٥	٥/٢	١/٢	٠/٨٢
شيراز	٧/٣	٣/٦	٣/٨	٠/٦٤
فلات	٥/٣	٣/٨	١/٥	٠/٥١
اميد	٧/٣	٦/٦	٠/٧	١/٢
استار	٥/٢	٣/٦	١/٦	٠/٤٥
كوير	٦/٥	٤/٢	٢/٣	٠/٦٦
قدس	٦/٢	٣/٩	٢/٢	٠/٦٠
١٢٨	٥/٤	٣/٣	٢/١	٠/٤٥
١٨٨	٦/١	٤/٥	١/٦	٠/٧٠
GemmieZa9	٨/٠	٣/٩	٤/٢	٠/٧٧
٦	٦/٠	٣/٧	٢/٣	٠/٥٥
Triticum turgidum				
Shaw/mald	٦/٥	٣/٩	٣/٥	٠/٦٥
ياوارس	٤/٦	٣/٠	١/٧	٠/٣٦
٣٢	٥/٤	٢/١	٣/٤	٠/٢٩
٦٨	٤/٧	٤/٠	٠/٧	٠/٥٠
٨٠	٦/٧	٥/٤	١/٣	٠/٩٢
٨٤	٩/١	٥/٢	٣/٩	١/٢
١٢٥	٧/١	٢/٩	٤/٢	٠/٥٢
٤٨	٧/٥	٢/٩	٤/٦	٠/٥٧
١٦٨	٤/٤	٢/٩	١/٥	٠/٣٤

با افزايش سطح شوري از ٨/١ dSm^{-1} به ١١/٥ dSm^{-1}، K^+/Na^+ در بسياري از ژنوتيپ‌هاي دوروم كاهش معني داري نشان ندادند. با وجود اثر معني دار ($p<٠/٠٠١$) ژنوتيپ براي K^+/Na^+ در گروهبندي ژنوتيپ‌هاي هر گونه بر اساس اين نسبت, همپوشاني ملاحظه شد, اما تفاوت بين ژنوتيپ‌هاي دوروم و نان كاملاً مشخص بود. دوراك و گرهام (١٩٩٢) در شرايط گلخانه با كشت هيدروپونيك، تعدادي ژنوتيپ را براساس K^+/Na^+ بدون هيچ گونه همپوشاني به دو گروه كاملاً مجزا تقسيم كردند. غربال كردن همين ژنوتيپ‌ها در شرايط مزرعه بر اساس K^+/Na^+ با مشكل همراه بود. در آزمايش ما نيز با وجود اينكه در شرايط گلخانه انجام شد اما از كشت هيدروپونيك استفاده نشد و محيط رشد ريشه خاك بود.

ميزان Na^+ در برگ، بهترين معيار براي غربال كردن ژنوتيپ‌ها بود. اميالان و همكاران (١٩٩١) و اسچاشمن و همكاران (١٩٩١) رابطه قوي بين دفع Na^+ و تحمل به شوري بدست آوردند. بنابراين پتانسيل تحمل به شوري يك ژرم پلاسم گندم مي‌تواند با توجه به غلظت Na^+ در برگهاي گياهان تحت تنش شوري تعيين شود (١٢). دفع Na^+ مي‌تواند به عنوان صفت مناسبي براي انتخاب و به‌نژادي براي بهبود تحمل به شوري در گياهان زراعي و همچنين ورود به ژرم پلاسم‌هايي كه دفع Na^+ ضعيفي دارند، استفاده شود (١٤). نكته مورد توجه اين است كه در زمان نمونه برداري براي اندازه گيري Na^+ بايستي همه گياهان مورد آزمايش در مرحله نموي يكساني باشند (٤).

در بين ژنوتيپ‌هاي هر گونه، معمولاً كاهش زياد در غلظت K^+ و افزايش در غلظت Na^+ باعث افزايش پرولين برگ‌ها شد، اما در تمام موارد اين امر صادق نبود. لاين ١٦٨ افزايش Na^+ و كاهش پتاسيم كمي داشت در حاليكه در تنش ١١/٥ dSm^{-1} بيشترين مقدار پرولين را داشت.

كلمر و همكاران (١٩٩٥) و نيكروش (١٣٧٩) مشاهده كردند كه با افزايش شوري ميزان پرولين در رقم حساس گندم بيش از رقم مقاوم بود. در آزمايش كيان و همكاران (٢٠٠١) شوري باعث افزايش بيشتر پرولين در رقم حساس‌تر bluegrass شد. در اين دو بررسي با محاسبه سهم يونها و مواد آلي در تنظيم اسمزي مشخص شد كه پرولين كمترين سهم را در تنظيم اسمزي به عهده دارد. اين نتايج نشان مي‌دهد كه تجمع پرولين مي‌تواند نتيجه آسيب نمك در گياه باشد تا يك پاسخ سازگاركننده متابوليكي[1] و باعث ايجاد شك در مورد نقش سازگار كنندگي آن مي‌شود. بنابراين به نظر نمي‌رسد بتوان پرولين را بعنوان يك شاخص مناسب تحمل به شوري در گندم‌هاي نان و دوروم در نظر گرفت. در مورد نقش

1- Adaptive metabolic response

سازگارکنندگي پرولين در گياهان تحت تنش شوري نياز به بررسي‌هاي فيزيولوژيکي و بيوشيميايي بيشتري مي‌باشد.

در جدول ۸ مشخص شد که لاين GemmieZa9 و رقم اميد بالاترين بيوماس را در سرايط بدون تنش دارند اما اين دو ژنوتيپ شاخص تحمل به تنش (STI) و تحمل تنش (TOL) متفاوت داشتند و از نظر ميزان سديم نيز متفاوت بودند. رقم اميد (STI) بالا دارد که حاکي از عملکرد بالاي أن در هردو شرايط تنش و بدون تنش است در حاليکه لاينGemmieZa9, (TOL) بالايي دارد, بدين معني که در شرايط تنش افت عملکرد زيادينسبت به شرايط بدون تنش(TOL) داشته است.اسچاشمن و همکاران (۱۹۹۱) نيز مشاهده کردند که دو ژنوتيپ در شرايط بدون تنش بيوماس نهايي يکساني داشتند اما از نظر تحمل يکي متحمل و ديگري حساس بود. أنها عنوان کردند که اين امر نشان مي‌دهد که تحمل به شوري تحت کنترل ژنتيکي است و صرفا ناشي از پتانسيل عملکرد بالا نمي‌باشد.

وجود تنوع ژنتيکي بين ژنوتيپ‌هاي مورد مطالعه از نظر صفات مهم مرتبط با شوري در اين بررسي. نويد بخش بکارگيري أنها در برنامه‌هاي اصلاحي مي‌باشد.

REFERENCES منابع مورد استفاده

۱. نيکروش، م. ۱۳۷۹. اثر اسيد آمينه L -پرولين، L -آسپاراژين و گليسين بر تحمل شوري دو رقم گندم زراعي. پايان نامه دوره کارشناسي ارشد بخش زيست شناسي دانشکده علوم دانشگاه شيراز. ۱٤٦صفحه.

۲. مير محمدي ميبدي، ع. م. و ب. قره ياضي. ۱۳۸۱. جنبه‌هاي فيزيولوژيك و به‌نژادي تنش شوري گياهان. انتشارات دانشگاه صنعتي اصفهان. ۲۷٤ صفحه.

3. Bates, I. S., R. P. Waldern, & I. D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant Soil. (39): 205-207.

4. Colmer, T.D., E. Epstein, & J. Dvorak. 1995. Differential solute regulation in leaf blades of various ages in salt-sensitive wheat and salt- tolerant wheat *Lophopyrum elongatum* (host) A. Love amphiploid. Plant Physiol. (108):1715-1724.

5. Dvorak, J., & J. Gorham. 1992. Methodology of gene transfer by homoeologous recombination into *Triticum turgidum*: transfer of K^+ / Na^+ discrimination from *Triticum aestivum*. Genome (35): 639-646.

6. Dvorak. J., M. M. Noaman, S. Gayal, & J. Gorham. 1994. Enhancement of salt tolerance of *Triticum turgidum* L. by the *Kna1* locus transferred from *Triticum aestivum* L. chromosome 4D by homoeologous recombination. Theor. Appl. Genet. (87): 872-877.

7. Essah, P. A. 2002. Sodium transport and accumulation in *Arabidopsis thaliana*. Ph. D. thesis. University of Cambridge.

8. Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. PP. Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress. AVRDC. Publication. Thainan. Taiwam.

9. Gorham, J., C. Hardy, R. G. Wynjones, L. R. Joppa, & C. N. Law. 1987. Chromosome location of a K^+/Na^+ discrimination character in the D genome of wheat. Theor. Appl. Genet. (74): 584-588.

10. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environ. (25): 239-250.

11. Munns, R., R. A. Hare, R.A. James, & G. J. Rebetzke. 2000. Genetic variation for improving the salt tolerance of durum wheat. Aust. J. Agric. Res. (51): 69-74.

12. Omielan, J.A., E. Epstein, & J. Dvorak. 1991. Salt tolerance and ionic relation of wheat as affected by individual chromosomes of salt-tolerant *Lophopyrum elongatum*. Genome (34): 961-974.

13. Qian, Y. L., S. J. Wilhelm, & K. B. Marcum. 2001. Comparative responses of two Kentucky bluegrass cultivars to salinity stress. Crop Sci. (41): 1895-7.

14. Rivelli, A. R., R. A. James, R. Munns, & A. G. Condon. 2002. Effect of salinity on water relations and growth of wheat genotypes with contrasting sodium uptake. Functional Plant Biol. (29): 1065-1074.
15. Schachman, D. P., R. Munns, & M. I. Whitecross. 1991. Variation in sodium exclusion and salt tolerance in *Triticum tauschii*. Crop Sci. (31): 992-997.
16. Shah, S.H., J. Gorham, B.P. Forster, & R.G. Wyn Jones. 1987. Salt tolerance in the triticeae: the contribution of the D genome to cation selectivity in hexaploid wheat. J. Experimental Botany (38): 254-269.
17. Singh, K. N., & R. Chatrath. 2001. Salinity tolerance. *In* Reynold, M. P, J. I Ortize- Monastein, & A. Mc Nab. Eds. *Application Physiology in Wheat Breeding*. Mexico. D. f. CIMMYT. 246 pp.