

نسبت  $K^+ / Na^+$  و انتقال انتخابی یونها در واکنش به تنش شوری در گندمکاظم پوستینی<sup>۱</sup> و عادل سی و سه مرده<sup>۲</sup>

۱- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

۲- عضو هیات علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان.

تاریخ پذیرش مقاله ۷۹/۱۰/۲۱

## خلاصه

الگوی توزیع یونی در داخل گیاه در سه رقم گندم ایرانی در شرایط تنش شوری در یک آزمایش فاکتوریل که در گلخانه اجرا شد به ارزیابی گذاشته شد. شوری در سه سطح صفر، ۲/۵ و ۵ گرم در لیتر آب آبیاری اجرا شد و ارقام شامل اینیا ۶۶-، طبری و شعله بودند که دو رقم اخیر مقاوم به شوری شناخته می‌شوند. نتایج نشان داد که شوری محتوای  $Na^+$  بوته را بویژه در دوره پر شدن دانه افزایش و محتوای  $K^+$  را کاهش می‌دهد. در خصوص انتقال یون از ریشه به ساقه، مشاهدات مقاومتی از سیستم انتخاب  $K^+$  در برابر  $Na^+$  نشان نداد. ولی در انتقال از ساقه به برگ‌ها و بویژه از ساقه به دانه سیستم انتخاب از کارایی بالایی برخوردار بود. در نتیجه با افزایش شوری، نسبت انتقال  $K^+$  به برگ و دانه افزایش و نسبت  $Na^+$  کاهش یافت. مقایسه سه رقم گندم نشان داد که انتخاب  $K^+$  در برابر  $Na^+$  در انتقال یون از ریشه به ساقه در رقم غیر مقاوم بیشتر بود، ولی این انتخاب در انتقال یون از ساقه به برگ و بویژه دانه در ارقام مقاوم از کارایی بیشتری برخوردار بود. بنا به جمع‌بندی نتایج، انتخاب  $K^+$  در برابر  $Na^+$  در انتقال یون از اندامی به اندام دیگر احتمالاً می‌تواند شاخصی برای مقاومت به شوری بوده و فرایند انتخاب در انتقال یونها از ساقه به برگ و بویژه از ساقه به دانه می‌تواند بدین منظور مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: شوری، گندم، نسبت  $K^+/Na^+$ ، جذب انتخابی، انتقال یونی.

## مقدمه

گونه‌های مقاوم به شوری، تمایل زیادتری به یون پتاسیم در مقایسه با یون سدیم نشان می‌دهد (۶). در عین حال در شرایط فراوانی یونها در محیط ریشه، خود پتاسیم نیز با ایفای نقشی مشابه سدیم بر فشار حاصل از تنش اسمزی بر گیاه می‌افزاید (۲۰). رقابت جدی موجود بین این دو یون یعنی  $K^+$  و  $Na^+$  در فرایندهای مختلف متابولیسمی موجب می‌شود تا هر گونه تغییر در نسبت بین این دو، اثر تعیین‌کننده‌ای بر روند رشد گیاه داشته باشد.

در بعضی گونه‌هایی که با دفع نمک بطور نسبی به خارج از

شوری، به عنوان یکی از مهمترین عوامل محدود کننده تولید در کشاورزی (۵) ناشی از فراوانی یونها در محیط رشد است که در اثر عدم تعادل مطلوب در ویژگیهای خاک و عوامل اقلیمی حاصل می‌شود. نقش اصلی در این شرایط از آن یونهای یک ظرفیتی بوده (۱۲) و یونهای سدیم و کلر بطور کلی (۱۴) و یون سدیم اختصاصاً در گندم (۲۱) مهمترین عامل موثر در ایجاد تنش شوری می‌باشد. پتاسیم در مقادیر نسبتاً زیاد برای فعالیت‌های متابولیسمی سلول مورد نیاز است (۲۳). و همراه با این نیاز زیاد برای  $K^+$ ، غشای سلولهای ریشه، بویژه در

مکاتبه کننده: کاظم پوستینی

دو رقم اخیر مقاوم به شوری شناخته می‌شوند (۱ و ۲). بذر گندم پس از ضدعفونی شدن در گلدانهای با قطر ۲۰ سانتی‌متر کاشته شد و تعداد بوته در هر گلدان پس از انجام تنک در حد ۳ تنظیم گردید. خاک مورد استفاده در گلدانها ترکیبی از رس، ماسه، شن و کود حیوانی به نسبت ۲:۳:۳ بود. pH خاک برابر ۷/۴ و هدایت الکتریکی آن  $2/8 \text{ dsm}^{-1}$  بود. تیمارهای شوری در سه سطح شامل صفر ( $S_0$ )، ۲/۵ ( $S_1$ ) و ۵ ( $S_2$ ) گرم در لیتر آب آبیاری بود. این تیمارها از ۲۴ روز پس از کاشت آغاز شد. به منظور جلوگیری از تنش ناگهانی، شوری ابتدا از غلظتهای کم نمک شروع شد و غلظت نمک طی سه مرحله آبیاری به تدریج از ۰/۸۳ و ۱/۶۶ به ۲/۵ و ۵ گرم نمک در لیتر افزایش یافت. دمای گلخانه طی دوره آزمایش در حد ۱۸ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد به ترتیب برای شب و روز بود. با استفاده از نور تکمیلی ترکیب شده از نور لامپهای ۱۰۰ وات و فلورسنت با شدت نور معادل ۲۵۰۰ لوکس، دوره روشنائی در حد ۱۶ ساعت تنظیم گردید.

برای اندازه‌گیری میزان یونها نمونه‌برداری در پنج مرحله نمودی انجام شد. این مراحل عبارت بودند از: ساقه رفتن، خوشه رفتن، گلدهی، خمیری و رسیدگی به ترتیب با کدهای شماره ۳۰، ۵۵، ۶۵، ۸۳ و ۹۹ از سیستم اعشاری زیداکس (۲۲). در هر برداشت پس از تهیه نمونه ابتدا قسمت‌های هوایی با آب معمولی و سپس آب مقطر شستشو شده و به دو بخش برگها (فقط پهنک برگ) و ساقه (همراه با غلاف برگ) تفکیک شدند. آنگاه به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای  $70^\circ \text{C}$  خشک و سپس توزین گردیدند. وزن خشک ریشه نیز پس از جداسازی کامل از خاک و شستشو و خشک شدن تعیین گردید. نمونه‌های حاصل ابتدا آسیاب شده و پس از سوختن کامل در کوره با دمای  $550-600^\circ \text{C}$  استخراج یونها با استفاده از کلریدریک اسید ۲ نرمال باروش خاکستر خشک (Dry ashing) و تهیه محلول‌های حاوی یونها انجام گرفت (۱۳) و مقدار سدیم و پتاسیم آنها با استفاده از دستگاه فلاایم فتومتر بر پایه محلول‌های استاندارد تهیه شده اندازه‌گیری شد. با استفاده از ارقام حاصل محتوای یونها در واحد بوته و غلظت آنها در اندامهای مورد برداشت تعیین گردید. آنگاه با استفاده از نسبت  $\text{Na}^+$  و  $\text{K}^+$  موجود در اندامها، انتقال انتخابی  $\text{K}^+$  در برابر  $\text{Na}^+$  از تقسیم نسبت یاد

گیاه و یا جذب انتخابی<sup>۱</sup>، به نوعی مقاومت در برابر تنش دست می‌یابند، میزان انتقال  $\text{Na}^+$  به داخل گیاه و در نتیجه نسبت  $\text{K}^+ / \text{Na}^+$  در اندامهای مختلف آن می‌تواند با مقاومت گیاه در برابر شوری مرتبط باشد (۲۴). بنا به گزارش‌های موجود در برخی ارقام گندم در شرایط شوری، علیرغم افزایش محتوای  $\text{K}^+$  و  $\text{Na}^+$  در اندامهای مختلف، نسبت  $\text{K}^+ / \text{Na}^+$  دانه در تیمار شوری در مقایسه با شاهد افزایش نشان داده است (۷ و ۱۷). سیستم جذب و انتقال انتخابی یونها در گونه‌هایی مثل گندم و جو با دارا بودن کارایی مطلوب در تبادل  $\text{K}^+ / \text{Na}^+$  موجب شده تا بعضی محققین بر این اساس آنها را در زمره گونه‌های مقاوم و یا با مقاومت متوسط ارزیابی کنند (۱۲). در عین حال برخی گزارش‌ها حاکی از آن است که حداقل در مورد گندم نان، با توجه به وضعیت یونها در داخل بوته، گیاه از مقاومت کمتری نسبت به شوری برخوردار است (۲۴). تفاوت نظر موجود به لحاظ میزان مقاومت ارقام نسبت به شوری، هر چند بر پایه میزان انتقال سدیم به اندامهای هوایی است، ممکن است به تفاوت صفات مورد ارزیابی نیز مربوط شود. علاوه بر این بعضی تحقیقات انجام شده روی گندم نشان داده است که رقمی ممکن است در دوره رشد رویشی مقاوم باشد و رقمی دیگر در مرحله تولیددانه مقاومت نشان دهد (۴). تحقیق حاضر با این هدف انجام شد تا با توجه به شناخته شدن میزان یونهای گیاه به عنوان معیار مقاومت به شوری در گونه‌های دافع نمک (۴)، ضمن بررسی الگوی توزیع یونها در اندامهای مختلف و در طول چرخه رشد، اثر شوری روی انتقال انتخابی  $\text{Na}^+$  و  $\text{K}^+$  مورد مطالعه قرار گیرد. این مطالعه روی سه رقم گندم ایرانی که از نظر میزان مقاومت به شوری متفاوت شناخته می‌شوند انجام شد.

## مواد و روشها

این تحقیق در سال ۱۳۷۶ اجرا شد و در قالب یک آزمایش گلخانه‌ای انجام گرفت. آزمایش بصورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار تنظیم شد. سه رقم گندم مورد استفاده عبارت بودند از اینیا-۶۶، شعله و طیبسی، که

1. Selective uptake

دوره گلدهی، به علت تخصیص تمامی مواد فتوسنتزی به خبشه و دانه است. باین ترتیب تفاوت مراحل رشد از نظر واکنش به تنش شوری، که در منابع اشاره شده (۴) می‌تواند مورد تأیید قرار گیرد. اینکه بعضی محققین معتقدند مقاومت به شوری پدیده‌ای وابسته به سن گیاه است (۳) ممکن است بیان دیگری از همین مفهوم باشد.

در میان سه رقم گندم مورد استفاده در این بررسی، رقم طبسی از نظر محتوای سدیم بوته در مرحله گلدهی در بالاترین سطح است. ولی از نظر محتوای دو یون سدیم و پتاسیم در مرحله رسیدن و میزان جذب در دوره رشد زایشی، رقم شعله در حد بالاتری است. برتری این دو رقم نسبت به رقم اینیا - ۶۶ از این نظر می‌تواند به علت حجم بیشتر شاخ و برگ این ارقام باشد. هر چند تنش شوری در هر سه رقم گندم محتوای یون‌های سدیم را افزایش و یون‌های پتاسیم را کاهش داد ولیکن رقم اینیا - ۶۶ از نظر میزان جذب پتاسیم و سدیم در بعد از گلدهی با دو رقم دیگر متفاوت است. در این رقم نه تنها مقدار جذب پتاسیم افزایش نیافته، بلکه کاهش نیز نشان می‌دهد. این پدیده که به غیر مقاوم بودن رقم مربوط می‌شود صرف‌نظر از اینکه ممکن است به کارایی کمتر انتقال مجدد  $K^+$  (۱۴) نیل از ریزش برگ‌های اولیه مربوط شود، بر اساس یکی از دو دیدگاه مورد عنایت محققین قابل توجه است: (۱) چنانچه صدمه حاصل از تنش شوری بنا به آنچه در برخی منابع آمده به نسبت نامطلوب بوجود آمده بین  $Na^+$  و  $K^+$  مربوط شود (۹ و ۱۵)، در اینصورت عدم جذب پتاسیم در دوره رشد زایشی در رقم اینیا - ۶۶ ممکن است به عنوان یک علت برای کاهش عملکرد ارزیابی گردد. (۲) چنانچه بالا بودن غلظت مجموع یون‌های پتاسیم و سدیم بوته، پارامتر موثر در صدمه شوری به گیاه شناخته شود (۲۰)، با توجه به اینکه در اینیا - ۶۶ میزان  $[K^+ + Na^+]$  جذب شده در بعد از گلدهی در مقایسه با دو رقم دیگر در کمترین حد است، دوره رشد زایشی اینیا - ۶۶ ممکن است نتواند بطور نسبی به عنوان مرحله حساس به تنش شوری شناخته شود. محققین نشان داده‌اند که یک رقم گندم ممکن است در دوره رشد رویشی حساس و در دوره رشد زایشی مقاوم باشد (۴). اگر رقم اینیا - ۶۶ را در نظر بگیریم بعضی گزارشها وجود دارد، که با

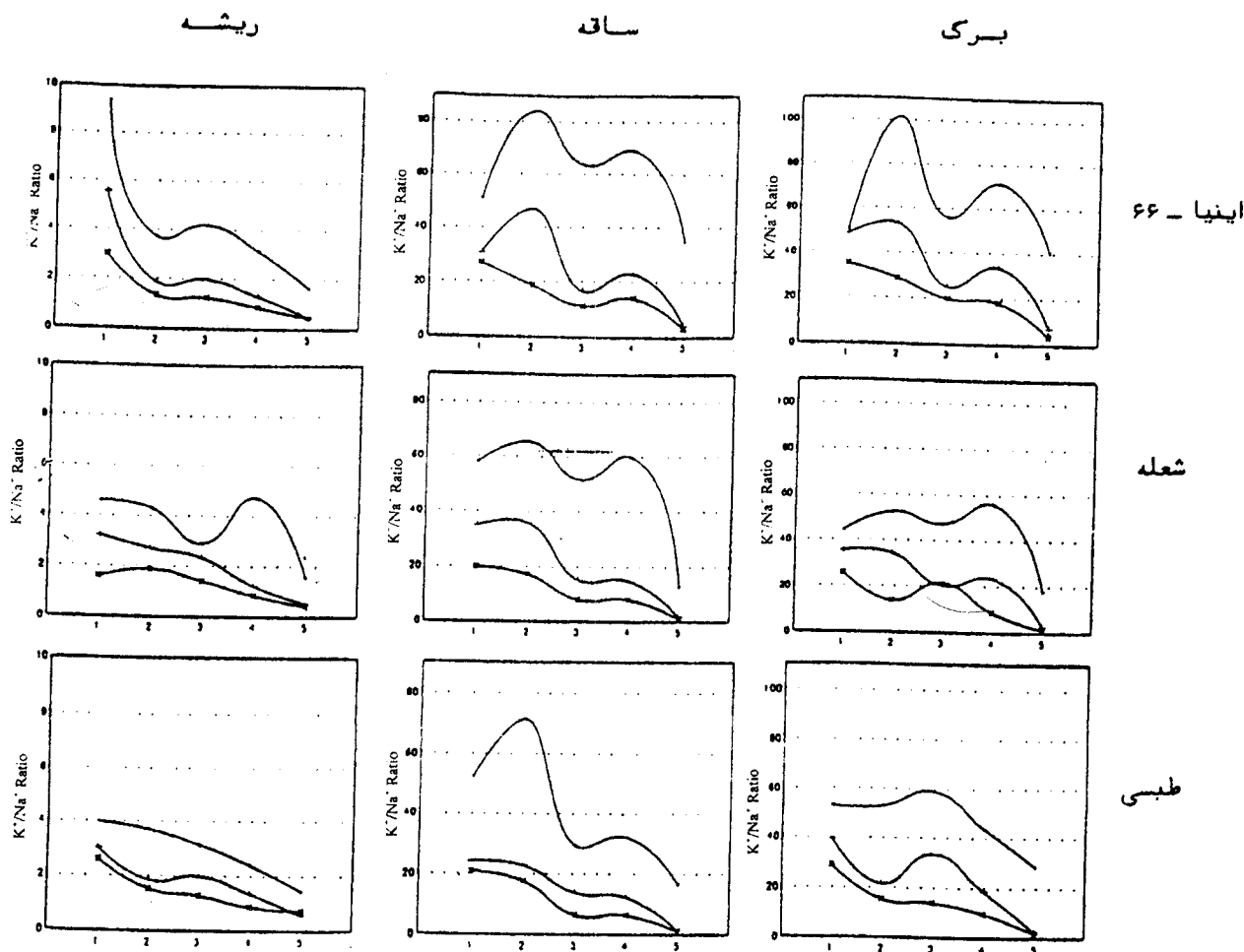
شده در اندام مقصد به نسبت متناظر در اندام مبدا، محاسبه شد (۳، ۱۸ و ۱۹). با توجه به سهم دانه از کل مقدار یونهای سدیم و پتاسیم موجود در بوته، شاخص برداشت یونهای سدیم (NaHI) و پتاسیم (KHI) نیز تعیین گردید. بمنظور آنالیز واریانس داده‌ها از نرم‌افزار MSTAT-C و برای مقایسه میانگین‌های صفات مورد اندازه‌گیری روش چند دامنه‌ای دانکن<sup>۱</sup> (در سطح ۵٪) مورد استفاده قرار گرفت.

### نتایج و بحث

نتایج حاصل از اجرای آزمایش و پردازش داده‌ها در بخش‌های مربوط به مراحل گلدهی و رسیدن در جدول ۱ آمده است. روند افزایش محتوای  $Na^+$  بوته‌ها در هر سه رقم در اثر شوری و به عکس کاهش محتوای  $K^+$  در اثر این تنش در هر دو مرحله گلدهی و رسیدن نشان می‌دهد که تجمع یونها در داخل بوته و نوع یون جذب شده تحت تاثیر محیط است و از این نظر بین  $K^+$  و  $Na^+$  تقریباً انتخابی صورت نمی‌گیرد. نکته قابل توجه آن است که این تغییرات در طول دوره بین گلدهی تا مرحله رسیدن در مورد یون سدیم شدت زیادی یافته است. با توجه به مقادیر محتوای یونها که در جدول ۱ آمده، و بر اساس نسبت مقدار هر یون در مرحله رسیدگی به مقدار آن در مرحله گلدهی میزان جذب سدیم طی این دوره، در مقایسه با زمان گل‌دهی در  $S_0$  و  $S_1$  و  $S_2$  به ترتیب ۳، ۷/۷ و ۶/۷ برابر افزایش یافته و حال آنکه این افزایش‌ها در مورد پتاسیم به ترتیب ۱/۱، ۱/۱۳ و ۱/۰۶ برابر بود. این تفاوت نشان می‌دهد که در دوره پر شدن دانه مکانیسم جذب انتخابی موجود در ریشه کارایی خود را به مقدار قابل ملاحظه‌ای از دست داده، و این احتمالاً در نتیجه تناسب نامطلوب حاصل در یون‌های پتاسیم و سدیم و اختلال نسبی در فعالیت‌های متابولیسمی فراهم شده است. نشان داده شده که کارایی سیستم تبادل  $K^+ - Na^+$  غشای سلولهای ریشه در گندم بالا است و در اثر کاهش نسبت پتاسیم محیط کاهش می‌یابد (۱۱). شکل شماره ۱ روند کلی تغییرات نسبت  $K^+/Na^+$  در اندامهای مختلف ارقام گندم مورد استفاده در طول چرخه رشد را به نمایش می‌گذارد. مکانیسمی که در این خصوص ممکن است تاثیر داشته باشد، عدم تشکیل ریشه‌های جدید بعد از

1. Duncan's Multiple Range Test





شکل ۱- اثر شوری روی نسبت  $K^+ / Na^+$  در اندام‌های مختلف سه رقم گندم. سطوح شوری شامل صفر (۰)، ۲/۵ (+) و ۵ (\*). گرم در لیتر NaCl در آب آبیاری و برداشت‌ها در پنج مرحله شامل ساقه رفتن (۱)، خوشه رفتن (۲)، گلدهی (۳)، خمیری (۴) و رسیدن (۵) بود.

یا فیلتر ابتدای ساقه بطور نسبی مانعی برای عبور و ورود آنها به ساقه نیست. بنابراین بر اساس نتایج این بررسی، مکانیسم انتخاب یون، جای گرفته در محل ورود به آوندهای چوبی در بعضی غلات (۱۰) و یا محل ورود به اندامهای هوایی (۱۲)، به نظر نمی‌رسد مقاومت چندانی در برابر شوری نشان داده باشد. در نتیجه همانطور که در شکل شماره ۱ آمده، ریشه در هر سه رقم گندم کمترین  $K^+/Na^+$  را در بین اندامهای مورد بررسی نشان می‌دهد. لذا نتایج حاصل تا آنجا که به ساقه مربوط می‌شود، نتایج کار بعضی محققین مبنی بر وجود یک سیستم انتخابی قوی در ابتدای ورود یونها به ساقه (۸ و ۱۲) را در خصوص شرایط شوری کمتر مورد تایید قرار می‌دهد.

دیدگاه دوم در مورد این رقم هماهنگ است. به عنوان مثال در بررسی اثر شوری NaCl بر دو رقم گندم که یکی از آنها اینیا - ۶۶ بود،  $[K^+ + Na^+]$  در مقایسه با  $K^+/Na^+$  هماهنگی بیشتری با میزان صدمات وارد شده به گیاه داشته است (۲). نتایج مربوط به انتخاب  $K^+$  در برابر  $Na^+$  در انتقال یونها از اندامی به اندام دیگر در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. در این خصوص نتایج بدست آمده از اثر شوری در دو مرحله گلدهی و رسیدن مشابه است و در هر دو مرحله ویژگی انتخاب  $K^+$  در برابر  $Na^+$  در انتقال یون از ریشه به ساقه با افزایش شوری کاهش یافته است. معنی این کاهش آن است که با افزایش جذب  $Na^+$ ، این یونها در داخل ریشه باقی نمانده و سد

انتقال یونها دارا هستند. ولیکن در انتقال یون از ساقه به برگ و به ویژه از ساقه به دانه، این دو رقم بر اینیا - ۶۶ پیشی گرفته و کارایی بیشتر انتخاب  $K^+$  در برابر  $Na^+$  را نشان می‌دهند. همانطور که اشاره شد رقم اینیا - ۶۶ در انتقال یون از ریشه به ساقه از کارایی بیشتر انتخاب  $K^+$  در برابر  $Na^+$  برخوردار است. این نتایج تا آنجا که به  $Na^+$  مربوط می‌شود در شاخص برداشت سدیم (NaHI) نشان داده می‌شود. در مورد  $K^+$  نیز رقم طبسی بالاترین KHI را داراست، ولیکن بالا بودن نسبی مقدار آن در رقم اینیا - ۶۶ ممکن است از حجم کمتر ماده خشک بوته و توزیع نسبی بیشتر آن به دانه در این رقم ناشی شده باشد. افزایش سهم  $K^+$  و کاهش  $Na^+$  دانه و همراه بودن آن با افزایش مقاومت به شوری در این بررسی با نتایج تحقیق انجام شده در گونه جو (۱۷) هماهنگ است. با توجه به نکات یاد شده آمار و ارقام چنین نشان می‌دهند که انباشته شدن یونهای سدیم در ریشه و ساقه و محدود سازی انتقال آن به اندامهای بالاتر. اگر بنا به آنچه قبلا اشاره شد بتواند در گندم به عنوان مکانیسم تحمل به شوری مورد توجه قرار گیرد، در ارقام مقاوم به شوری از کارایی بالاتری برخوردار است.

با توجه به نکات یاد شده به نظر می‌رسد هر چند در خصوص انتخاب یونها از محیط کاشت توسط ریشه به بررسی بیشتری نیاز است ولیکن انتقال انتخابی یونها از اندام به اندام دیگر ممکن است بتواند به عنوان یک شاخص مقاومت به شوری در برنامه‌های گزینش مورد توجه قرار گیرد. این شاخص بنا به نتایج بررسی، حاضر می‌تواند برای انتقال یون از ساقه به دانه و برگ مورد استفاده قرار گیرد. گزارش تحقیقات انجام شده در گذشته وجود شاخص گزینش در انتقال انتخابی به داخل ریشه (۱۶) و سایر اندامها (۳، ۱۲، ۱۸ و ۲۱) را مورد تایید قرار می‌دهد.

### سپاسگزاری

این پژوهش مستخرج از طرح اثر تنش شوری بر توزیع سدیم و پتاسیم در مراحل رشد گیاه در سه رقم گندم به شماره ۷۱۵/۱/۲۵۰ می‌باشد که با حمایت معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تهران انجام شده است. بدینوسیله از حمایت‌های به عمل آمده سپاسگزاری می‌نماید.

مکانیسم انتخاب یون در انتقال از ساقه به برگ با آنچه که در مورد انتقال از ریشه به ساقه ذکر شد متفاوت است. در مرحله گلدهی این تغییر روند عکس داشته و با افزایش شوری انتقال یون از ساقه به برگ با گزینش بیشتر  $K^+$  در برابر  $Na^+$  صورت می‌گیرد. این افزایش نسبت  $K^+/Na^+$  برگ در اثر شوری می‌تواند فرایندهای فتوسنتزی این اندام را به طور نسبی در برابر  $Na^+$  حفاظت نموده و زمینه‌های تحمل به تنش حاصل از آن را فراهم سازد. مکانیسم محدودسازی انتقال  $Na^+$  به پهنک برگ در منابع اشاره شده است (۲۳).

انتخاب  $K^+$  در برابر  $Na^+$  در انتقال از ساقه به دانه بطور معنی‌داری از تنش شوری تاثیر پذیرفته و در بالاترین سطح شوری از بیشترین مقدار برخوردار است (جدول شماره ۱). در اینجا این نکته حائز اهمیت است که مکانیسم انتخاب به طور کاملاً متفاوت با انتقال از ریشه به ساقه و به گونه‌ای متناسب با نیازهای متابولیکی فرایندهای پر شدن و تکامل دانه در خلاف جهت شیب افزایش  $Na^+$  (در اثر افزایش شوری) شکل گرفته است. به بیان دیگر حجم قابل توجهی از  $Na^+$  وارد شده به داخل گیاه در داخل ریشه و تا حدی ساقه کده بندی شده و به جای آن نسبت بالاتری از  $K^+$  به اندامهای فعال از نظر متابولیسمی و بویژه مخزن دانه توزیع شده است. پیش از این تجمع ترجیحی  $Na^+$  در واکوئل سلولهای پوست توسط محققین گزارش شده و مشاهدات بررسی حاضر از این نظر با آنچه در بعضی منابع عنوان شده (۳ و ۷) هماهنگ است. نتیجه حاصل از این مکانیسم، چنانچه در این بررسی ملاحظه می‌شود، آنست که با افزایش شوری شاخص برداشت  $Na^+$  کاهش و شاخص برداشت  $K^+$  افزایش می‌یابد (جدول ۱).

تفاوت معنی‌دار موجود بین ارقام گندم مورد بررسی از نظر انتخاب  $K^+$  در برابر  $Na^+$  (جدول ۱) قابل توجه است. در مورد انتقال یونها از ریشه به ساقه در هر دو مرحله گلدهی و رسیدن، رقم طبسی کمترین و رقم اینیا - ۶۶ بیشترین کارایی را در این انتخاب دارا هستند. تا اینجا نتیجه آنست که رقم طبسی در هر دو مرحله و رقم شعله در مرحله رسیدن، علیرغم اینکه متحمل به شوری شناخته شده‌اند، ترکیب یونی نامطلوب‌تری را در

## **K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> Ratio and Ion Selectivity in Response to Salt Stress in Wheat**

**K. POUSTINI<sup>1</sup> AND A. CIOCEMARDEH<sup>2</sup>**

**1- Associate Professor, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran. 2- Academic Member, Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Kurdistan University**

**Accepted Jan.10, 2001**

### **SUMMARY**

The responses of three wheat (*Triticum aestivum*, L.) cultivars to salt stress regarding ion distribution pattern within the plant were evaluated in a pot experiment using randomized block design with factorial treatments. Salinity levels were 0.0, 2.5 and 5 g/l NaCl in water in Inia-66, Tabasi and Sholeh the wheat cultivars employed. Based on the results obtained Na<sup>+</sup> content of the plants was increased under salt stress conditions, specially during grain filling period, while that of the K<sup>+</sup> reduced. The selective system of K<sup>+</sup> over Na<sup>+</sup> from roots to stems showed almost no resistance to salt stress, but those from stems to the leaves and from stems to the grains showed significantly higher efficiencies, resulting in higher K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> ratios in the leaves and grains under salt stress conditions. In nonresistant Inia – 66 cultivar higher K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> selectivity was observed from roots to stems, but at the starting point of the leaves and grains the two salt resistant cultivars showed higher efficiencies for K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> selective system. It was concluded that the selective system in ion transport between different plant parts may be considered as a salt resistance index, being more effective between stems and the grains.

**Key words:** Ion transport, Selective uptake, K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> ratio, Salinity, Wheat.

## REFERENCES

## مراجع مورد استفاده

۱. بهنیا، م. ر. ۱۳۷۳. غلات سردسیری. انتشارات دانشگاه تهران شماره ۲۲۱۲.
۲. پوستینی، ک. ۱۳۷۴. واکنش‌های فیزیولوژیکی دو رقم گندم نسبت به تنش شوری. مجله علوم کشاورزی ایران. ۲۶(۲): ۶۴-۵۷.
3. Ashraf, A. and A.Khanum. 1997. Relationship between ion accumulation and growth in two spring wheat lines differing in salt tolerance at different growth stages. *J. Agronomy & crop science*. 17, 39-51.
4. Blume A. 1988. Plant breeding for stress environments, CRC. P.P. 163-481.
5. Flowers, T. J. and A. R. Yeo, 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants: Where next? *Aust. J. Plant physiol.* 22, 875-84.
6. Grattan, S. R. and C. M. Grieve, 1994. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. In: *Handbook of plant and crop stress* (ed). M. Pessarakli, Mareel Dekker, New York.
7. Greenway H., A. Gunn, M. G. Pitman and D. A. Thomas 1965 Plant responses to saline substrates VI. Chlorid, sodium and potassium uptake and distribution within the plant during ontogenesis of *ordeum vulgare*. *Aust. J. Biol. Sci.* 18 525-40.
8. Greenway, H. and R. Munns. 1980. Mechanisms of salt tolerance in non – halophytes. *Ann. Rew. Plant Physiol.* 31: 149-190.
9. Iyengar, E. R. R. and M. P. Reddy, 1994. Crop response to salt stress: Sea water Application and prospects. In: *Handbook of plant and crop stress*. (Ed) M. Pessarakli, Marcel Dekker, New York pp: 185-8.
10. Jeschke, W. D. 1979. Univalent cation selectivity and compartmentation in cereals. In: *Recent advances in the biochemistry of cereals*. (Eds) D. L. Laidman and R. G. Wyn Jones. Academic Press. London New York. San Francisco. PP: 37-62.
11. Jeschke W. D. and H., Nassery. 1981.  $K^+ -Na^+$  selectivity in roots of *Triticum*, *helianthus* and *Allium*. *Physiol. Plant.* 52: 217-227.
12. Jeschke W. D., 1984.  $K^+ - Na^+$  exchange at cellular membrans. Intracellular compartmentation of cations, and salt tolerance. In: *Salinity tolerance in plants*. (Eds). R. C. Staples and G. H. Toenniessen. John Wiley. New York. Pp. 37-66.
13. Kingsbury, R. W., E. Epstein, and R. W. Percy. 1984. Physiological responses to salinity in selected lines of wheat. *Plant Physiol.* 74, 417-425.
14. Marschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic press, Toronto.
15. Munns. R. and D. P. Schachtman. 1993. Plant responses to salinity: Significance in relation to time. In: D. R. Buxton, R. Shibles, R. A. Forsberg, B. L. Blad. K. H. Asay, G. M. Paulsen and R. F. Wilsan (Eds). *International Crop Science* 1, 741-745.
16. Noble, C. L. and M. E., Rogeis, 1992. Arguments for the use of physiological criteria for improving the salt tolerance in crops. *Plant soil.* 146, 99-107.
17. Pal, B., C. Singh and H. Singh . 1984. Barley yield under saline water cultivation. *Plant soil.* 81: 221-28.
18. Pitman, M. G. 1976. Ion uptake by plant roots: Transport in plant. II *Encyclopedia of plant physiology*. Vol: 2., (Eds.) Luttge, U. and M. C. Pitman. Springer – verleg, Berlin, pp 95-128.
19. Pitman, M. G. 1984. Transport across the root and shoot / root interactions. In: *Salinity tolerance in plants*. (Eds:) Staple, e. R. and G. H. Toenniessen. John Wiley. New York.
20. Pitman, M. G., 1984. Whole plants In: *Solute transport in plant cells and tissues*. (Eds) Baker, D. A. and J. L. Hall. John Wiley. New York.
21. Shannon, M. C. 1984. Breeding, Selection, and the genetics of salt tolerance. In: *Salinity tolerance in plants*. (Eds) Staples, E. R. and G. H. Toenniessen. John Wiley. New York.
22. Tottman D. R., R. J. Makepeace and H. Broad, 1979. An explanation of the decimal code for the growth of cereals with illustrations. *An. Of Appl. Biology* 93: 221-34.
23. Wyn Jones, R. G., C. J. Brady. And J. Speirs, 1979. Ionic and osmotic relations in plant cells. In *Recent advances in the biochemistry of cereals*, (Eds): D. L. Laidman and R. G. Wyn Jones. Academic press, London, New York. Pp 63-103.
24. Wyn – Jones, R. G., J. Gorham and E. McDonnell, 1984. Organic and inorganic solute contents as selection criteria for salt tolerance in the triticeae. In: *Salinity tolerance in plants*. (Eds) Staples R. C. and G. H. Toennressen. John Wiley. New York. PP: 189-205.