وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی
موسسه تحقیقات خاک و آب
(پست الکترونیکی: www.swri.ir)

نقش پتاسیم در افزایش تحمل گندم به شوری

پیمان کشاورز و محمد جعفر ملکوتی
عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان
و استاد دانشگاه تربیت مدرس

شورای عالی سیاستگزاری توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و
استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی

نشریه فنی شماره ۴۳۰
انتشارات سنا، بهار ۱۳۸۴

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی
مؤسسه تحقیقات خاک و آب
(پست الکترونیکی: www.swri.ir)

نقش پتاسیم در افزایش تحمل گندم به شوری

پیمان کشاورز و محمدجعفر ملکوتی
عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان و استاد دانشگاه تربیت مدرس

نشریه فنی شماره ۴۳۰

(شورای‌عالی سیاستگزاری توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی)

۱۳۸۳

انتشارات سنا، تهران، ایران

بسمه تعالی

قید العلم بالکتابه

خوب نیست کسی روی یافته‌های علمی خود مثل مار چنبر بزند. *امام علی(ع)*

● پیش گفتار

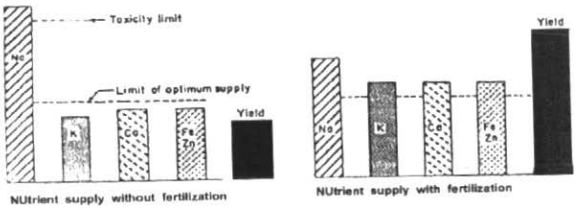
خاک یکی از اجزای مهم منابع پایه است که بعنوان بستر اصلی کشت گیاه و نیز محیطی منحصر بفرد برای انواع حیات محسوب می شود. انسان اگر چه در مسیر تکاملی خود با دستیابی به فناوری های نوین، پیشرفت های سریع و شگفت انگیزی را به ارمغان آورده است ولی متاسفانه آثار سوء آن بتدریج با بروز اختلال و دگرگونی در شرایط تعادلی و متعارف منابع پایه، به ویژه خاک و آب همراه گردیده که موجب پدیدار شدن انواع ناهنجاریها، کاهش سطح حاصلخیزی خاکهای زراعی، افت تولید و بحرانهای زیست محیطی شده است. از این رو اکنون بیش از هر زمان دیگر، برگزیدن سیاستهای سازگار و راه حلهای منطقی برای عرضه مواد غذایی در پاسخگویی به تقاضای روزافزون جمعیت و در مسیری هماهنگ با ملاحظات زیست محیطی، احساس می‌شود. در این میان آنچه که بیش از هر عامل دیگر بویژه در سطح ملی می تواند در جهت تنویر افکار عمومی، افزایش آگاهی جامعه، شناخت مسایل و مشکلات زیست محیطی، نیروهای مردمی را در گام برداشتن در مسیر توسعه پایدار سهیم سازد، تهیه و تدوین نشریه‌ها و کتب علمی و فنی، آموزشی، تحقیقی، ترویجی و تحلیلی است که به عنوان وسیله ارتباطی مناسب برای بیان و اشاعه مبانی نظری و ارائه راهکارهای علمی و فنی در جهت افزایش آگاهی و دانش مخاطبان بشمار می آیند. از آنجایی که هدف اساسی موسسه تحقیقات خاک و آب، نخست شناخت توان تولیدی منابع خاک و آب و سپس بهره‌برداری و مدیریت مناسب این منابع در راستای تولید پایدار، امنیت غذایی و سلامت جامعه می‌باشد انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب بر آن است تا با انتشار آثار علمی، فنی و کاربردی مورد نیاز، گامی اساسی و بنیادی در راستای رسالت خویش بردارد و در این رهگذر پذیرای پیشنهادهای سازنده، انتقادهای مسئولانه و راهنمائیهای ارزنده کلیه اندیشمندان، پژوهشگران و دست‌اندرکاران نیز خواهد بود. باشد که با این گام ضمن انجام مسئولیتی خطیر، همگان را در تلاش بی‌وقفه برای پاسداری از بستر هستی فراخوانیم. ان‌شاءالله.

انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب

● **مقدمه (اهمیت موضوع):** سطح زیر کشت گندم کشور در سال زراعی ۸۲-۱۳۸۱ حاضر بالغ بر ٦/٤١ میلیون هکتار است که ۳۷ درصد آن را اراضی آبی و ٦۲/٥ درصد بقیه دیم تشکیل می‌داد. میزان تولید گندم کشور در همین سال ۱۳/٤٤ میلیون تن که ٦٥ درصد از اراضی آبی و ۳٥ درصد بقیه از اراضی دیم به دست آمد. عملکرد هکتاری گندم آبی ۳٦۳۰ و دیم ۱۱۸۰ کیلوگرم بود. بدیهی است با عنایت به ارقام اصلاح شده موجود، عملکرد هکتاری پایین بوده و مورد قبول نمی‌باشد. با رعایت اصول مصرف بهینه کودی مخصوصاً مصرف کودهای پتاسیمی به صورت سرک در خاک‌های تخلیه شده نظیر خاک‌های شمال خوزستان و یا شمال کشور، به سهولت می‌توان عملکرد هکتاری گندم را تا حد پیش‌بینی شده در برنامه‌های چهارم توسعه و چشم‌انداز ۲۰ ساله کشور افزایش داد (دفتر آمار و فناوری اطلاعات، ۱۳۸۳؛ ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۳).

تحمل گیاهان نسبت به شوری نه تنها در بین گونه‌های مختلف کاملاً متغیر است بلکه شدیداً تحت تأثیر شرایط محیطی رشد گیاه است. اغلب گیاهان گلیکوفیت (شیرین رست) بوده و تحت شرایط شوری کم در خاک تکامل یافته‌اند. از این رو مکانیسم‌های جذب، انتقال و استفاده عناصر غذایی معدنی گیاهان در خاکهای غیرشور توسعه یافته است. نیاز گیاهان به عناصر غذایی در محیط شور به اندازه شرایط طبیعی و حتی بیشتر است. در گیاهان تحت تنش شوری، عدم تعادل عناصر غذایی از جهات گوناگون بروز می‌نماید. ممکن است شوری با تاثیر بر قابلیت

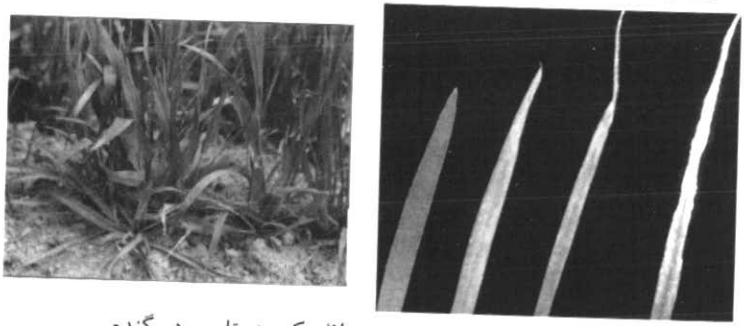
استفاده عناصر غذایی، جذب، انتقال یا توزیع عناصر غذایی درون گیاه و یا با غیرفعال نمودن فیزیولوژیکی عنصر غذایی مصرف شده، منجر به افزایش ذاتی نیاز غذایی گیاه گردد. البته شوری ممکن است بر یک یا تعدادی از این مراحل به طور همزمان اثر سوء بگذارد، اما آیا این عدم تعادل موجب کاهش عملکرد و یا کیفیت محصول می‌شود یا خیر، بستگی به میزان شوری دارد. از آنجایی که شوری و حاصلخیزی پائین هر دو، از عوامل مهم محدود کننده رشد به حساب می‌آیند، حل هر یک از عوامل سبب افزایش تولید شده و نیز ممکن است بر عوامل دیگر نیز موثر باشد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۱).



شکل ۱- اثر کوددهی بر تصحیح غلظت عناصر غذایی در خاکهای شور.

● **قابلیت جذب پتاسیم در شرایط شور :** پتاسیم عمده‌ترین کاتیون گیاه است. گیاهان به مقدار کافی پتاسیم نیاز دارند، خوشبختانه غشاهای پلاسمایی سلول‌های کورتکس ریشه، قدرت جذب بالایی برای

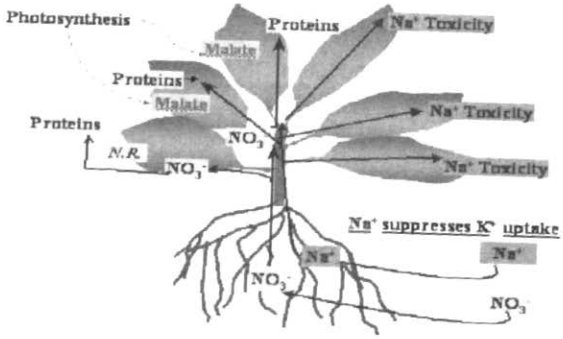
پتاسیم در مقابل سدیم دارند. هر چند که این انتخاب پذیری بین گونه‌های گیاهی کاملاً متفاوت است. این موضوع در جایی که غلظت سدیم محلول خاک بیش از پتاسیم است، بسیار مهم است. علی‌رغم قدرت جذب بیشتر پتاسیم نسبت به سدیم توسط گیاهان، وضعیت پتاسیم گیاهان بستگی به نسبت Na^+/K^+ عصاره اشباع خاک دارد. مطالعات نشان داده است که وقتی سدیم به صورت نمک و یا نسبت Na^+/Ca^{2+} در محیط ریشه زیاد گردد، غلظت پتاسیم در بافت های گیاهی کاهش می‌یابد. کاهش جذب پتاسیم در نتیجه افزایش سدیم یک فرایند رقابتی است و ارتباطی با نوع نمک محلول غالب خاک ندارد (کلر یا سولفات). کمبود پتاسیم ناشی از سدیم و اثر آن در کاهش رشد و عملکرد محصولات مختلف من‌جمله گندم گزارش شده است (ملکوتی وهمکاران، ۱۳۸۱ و ملکوتی وهمکاران، ۱۳۸۳).



شکل ۲- اثرات سوء شوری و علائم کمبود پتاسیم در گندم.

● **اثر پتاسیم بر کاهش تنش شوری:** در شرایط غیر شور، نیترات جذب شده در ریشه‌ها توسط پتاسیم (انتقال به بالا) به اندام هوایی منتقل شده و در آنجا احیاء و نهایتاً تبدیل به پروتئین می گردد. بدنبال آن بواسطه فعالیت های متابولیسمی در اندام هوایی، مالات (Malate) تولید می شود که بخشی از مالات تولیدی توسط پتاسیم (انتقال به پایین) بصورت مالات پتاسیم به ریشه ها منتقل شده و با اکسید شدن برای ریشه ها تولید انرژی می کند. با اکسید شدن مالات، و تولید آنیون بی کربنات (HCO^{3-}) این آنیون از ریشه ها خارج شده و بجای آن نیترات داخل می گردد و این چرخه همچنان ادامه می یابد (ملکوتی وهمکاران، ۱۳۸۱ و ملکوتی وهمکاران، ۱۳۸٤؛ Keshavarz و همکاران، ۲۰۰۵). تحت شرایط شور (زیادی کلر) و کمبود نسبی نیترات در محلول خاک، جذب کلر بر نیترات برتری یافته و با استفاده از پتاسیم از ریشه ها به اندام هوایی منتقل و تجمع می یابد. در این وضعیت کلر بر خلاف نیترات نمی تواند وارد متابولیسم شده و در نتیجه علائم مسمومیت با تجمع کلر در برگها آغاز می گردد. علاوه بر این، تولید پروتئین گیاه کاهش می یابد. هنگامی که سدیم در محلول خاک زیاد است، سدیم بجای پتاسیم عمل کرده و نیترات را به اندام هوایی منتقل می کند، ولی سدیم بر خلاف پتاسیم قابلیت انتقال مجدد به پایین را در سیستم گیاهی نداشته و در نتیجه در برگها تجمع یافته و ایجاد مسمومیت می کند.

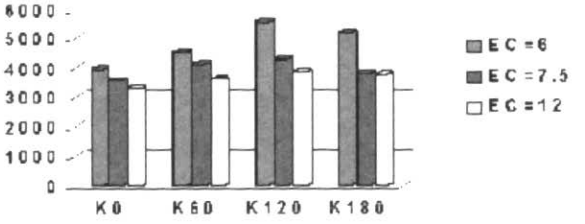
همچنین در این شرایط مالات تولید شده در انـدام هوایـی نمـی تواند به ریشه ها منتقل شود (چون پتاسیم اندک است) و در نتیجـه ریشـه ها رشد کافی نخواهند داشت. محققین گزارش نمود که افزودن پتاسـیم در شرایط شور، پارامترهای رشد را بهبود داده و اثرات منفی NaCl را بسـیار کاهش می‌دهد. از طرف دیگر اثر بازدارنده شوری بر انتقال K^+ از ریشـه‌ها به اندام هوایی در مقادیر پایین پتاسیم بیشتر بوده و افزودن پتاسیم علاوه بر کاهش جذب سدیم، مقاومت به شوری را به طور نسبی افزایـش می‌دهـد. Lingle وهمکاران (۲۰۰۰) نیز اعلام نمودند که در نیشکر ژنوتیپ‌هایی که پتاسیم بیشتری را جمع می‌کنند احتمالاً نسبت به ژنوتیپ‌هایی کـه پتاسـیم کمتری را ذخیره می‌کنند به شوری مقاوم تر باشند.



شکل ۳- اثر سدیم بر جذب پتاسیم توسط گیاه.

● **عکس العمل گندم به پتاسیم در شرایط شور:** با توجه به اینکه جذب و انتقال پتاسیم توسط گیاهان در محیط غنی از سدیم، کاهش می‌یابد، اطلاعات زیادی وجود دارد که نشان می‌دهد، افزودن پتاسیم به خاکهای غنی از سدیم، رشد و عملکرد گیاه را بهبود می‌دهد. از آنجائی که در شرایط مزرعه‌ای، پتاسیم محلول خاک نسبتاً پایین است، بنابراین حتی بعد از افزایش کود پتاسیمی، تصور اینکه در اکثر حالات پتاسیم اضافه شده به خاک می‌تواند به طور کامل کمبود پتاسیم ناشی از سدیم را در گیاهان صدمه دیده تصحیح نماید مشکل است. درودی و سیادت (۱۳۷۸) نشان دادند که به دلیل همبستگی قوی بین غلظت کلر و پتاسیم در برگ پرچم گندم و همبستگی ضعیف بین کلر و سایر کاتیونها در شرایط شور احتمالاً مقداری از پتاسیم جذب شده توسط گیاه برای خنثی کردن بار الکتریکی کلر ذخیره شده در واکوئل‌ها حبس گردیده و کمک به واکنش‌های حیاتی نمی‌نماید، در نتیجه علی‌رغم بالا بودن غلظت پتاسیم در اندام هوایی گندم، علائم کمبود پتاسیم در گندم ظاهر می‌گردد (شکل‌های ٤ و ٥).

شکل ۴- ظهور علائم کمبود پتاسیم علی‌رغم مطلوب بودن غلظت آن در برگهای گندم.



شکل ۵- اثرمصرف پتاسیم بر عملکرد دانه گندم در سطوح مختلف شوری در قم.

ملاحسینی (۱۳۸۳) گزارش نمود که درشوری آب آبیاری ۵ دسی زیمنس بر متر درمنطقه ورامین، مصرف سولفات پتاسیم به میزان چهار برابر توصیه معمول، بیشترین عملکرد دانه و کاه را درگندم ارقام قدس و مهدوی بدنبال داشته است. میرزاپور و همکاران (۱۳۸۳) نشان دادند که مصرف سولفات پتاسیم به میزان ۲۰۰ کیلو گرم در هکتار به علت افزایش نسبت پتاسیم به سدیم از یک سو و کاهش نسبت کلر به سولفات در محیط ریشه از سوی دیگر، می تواند سبب افزایش عملکرد گندم در شرایط شور منطقه قم با شوری آب آبیاری ۱۱/۲ دسی زیمنس بر متر گردد. فیضی و مهاجر میلانی (۱۳۸۳) در اصفهان طی آزمایشی با سه سطح شوری آب آبیاری (٤/٤، ٦ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر) و سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم در گندم اعلام نمودند که در شوری های آب ٤/٤ و ٦ دسی زیمنس بر متر، میزان ۳۰ درصد مصرف سولفات پتاسیم کمتر از توصیه معمول، و در شوری آب ۱۰ دسی زیمنس بر متر مصرف سولفات

پتاسیم بر اساس توصیه معمول، مناسب است. آنها عدم پاسخ گندم را به مصرف پتاسیم به علت بالا بودن پتاسیم خاک (۲۴۵ میلی گرم در کیلوگرم) و همچنین میزان قابل توجه پتاسیم آب آبیاری (۰/۲۲-۰/۱۸ میلی اکی والان بر لیتر) عنوان نمودند. بر اساس نتایج بدست آمده می توان نتیجه گیری نمود که مصرف پتاسیم بیش از مقادیر معمول، در شرایطی که شوری خاک در حد کم تا متوسط بوده و میزان پتاسیم خاک و آب بالا نباشد، عکس العمل مناسبی را در گندم بدنبال دارد. گیاهان حساس به شوری نسبت به مصرف پتاسیم عکس‌العمل مناسب‌تری نشان می‌دهند. با افزایش نسبت پتاسیم به سدیم (K/Na) در محلول خاک، تحمل گیاه به شوری افزایش می‌یابد (رضایی، ۱۳۸۱).

این در حالی است که وقتی میزان آب قابل دسترس گیاه کم باشد، افزایش پتاسیم حتی در شوری‌های بالا (۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) باعث بیشتر شدن تحمل می‌گردد. مصرف سولفات پتاسیم در شرایط شور موجب کاهش اثرات سوء تجمع سدیم و کلر در برگهای گندم شده و در نهایت عملکرد را افزایش می‌دهد. همچنین حد بحرانی پتاسیم برای محصولات زراعی مقاوم به شوری نظیر پنبه در شرایط شور (۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) بیش از شرایط غیر شور (۲۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) است و برای گیاهان نیمه متحمل و یا حساس به شوری این اختلاف بیشتر خواهد بود. با افزایش غلظت پتاسیم و روی در شرایط شور، پراکنش و طول ریشه‌ها زیاد شده که در نتیجه آن سطح جذب

عناصر غذایی افزایش می‌یابد. همچنین مصرف سولفات روی در این شرایط تشکیل آوندهای چوبی را در گیاهان تحت تنش شوری در مقایسه با گیاهان بدون مصرف آن بهبود داده و از تخریب آن جلوگیری می‌نماید.

از آنجایی که کلر (Cl) در رقابت با نیترات خاک، جذب نیتروژن را مختل می‌نماید و از طرفی با مصرف پتاسیم بازیافت نیتروژن افزایش می‌یابد، میزان نیاز گندم به نیتروژن، پتاسیم و روی با شورتر شدن آب آبیاری افزایش می‌یابد، به طوری که به ازاء افزایش هر واحد شوری (بیش از آستانه کاهش گندم) حدود ۲۵ کیلوگرم اوره و ۲۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۵ کیلوگرم سولفات روی در هر هکتار بیش از مقدار کود توصیه شده در شرایط غیر شور پیشنهاد شده است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۱).

از طرفی نوع کود پتاسیمی مصرفی نیز در شرایط شور مهم است. کلرور پتاسیم به دلیل داشتن آنیون کلر و همچنین بالا بودن شاخص شوری برای تامین پتاسیم گیاه در شرایط شور توصیه نمی‌گردد و به جای آن می‌بایست از کود سولفات پتاسیم استفاده نمود (شکل ٦).

شکل ۶- اثر سطوح مختلف سولفات پتاسیم بر رشد جو، آبیاری شده با آب دریای خزر(دردی پور و همکاران، ۱۳۸۰).

● پیشنهادها (چه باید کرد؟)

۱- راه‌حل دراز مدت برای استفاده پایدار از خاکهای شور، بهسازی آنها از طریق آبشویی است. چون دستیابی به این هدف در بسیاری از موارد مستلزم احداث شبکه‌های زهکشی است، ممکن است این مهم به دلیل هزینه‌بری فراوان در عمل تحقق نیابد. در چنین شرایطی که چاره‌ای جز سازگاری با طبیعت وجود ندارد، مدیریت مصرف کود در خاکهای شور اهمیت فراوان دارد. مجموعه مطالعات انجام شده بر این نکته اتفاق نظر دارند که با افزایش شوری خاک، جذب عناصر غذائی بوسیله گیاه کاهش می‌یابد. لیکن در یک شوری معین، رعایت اصول مصرف بهینه کود به ویژه مصرف کودهای نیتروژنه، سولفات پتاسیم و سولفات روی منجر به افزایش عملکرد می‌گردد. به نظر می‌رسد که افزودن کودهای شیمیایی در حد بهینه به خاکهای شور، با کاهش جذب عناصر سمی سدیم و کلر باعث ایجاد تغییراتی در ترکیبات شیمیایی درونی گیاه شده و عملکرد افزایش می‌یابد.

۲- واکنش مثبت گیاه به مصرف کود در خاکهای شور منحصر به شوری‌های کم تا متوسط بوده و در شوری‌های زیاد به دلیل افزایش تجمعی فشار اسمزی، واکنش گیاه منفی شده و عملکرد کاهش می‌یابد. بنابراین، پیش نیاز هرگونه توصیه کودی در خاکهای شور اطلاع از مقدار شوری و تغییرات پویای آن طی فصل رشد است.

۳- برای اعمال مدیریت کود در خاکهای شور، انجام آزمایشهای گلخانه‌ای و مزرعه‌ای الزامی است. ولی به طور کلی میزان مصرف سولفات پتاسیم تحت شرایط شوری افزایش می‌یابد (توصیه کود بر مبنای آزمون خاک).

● **سپاسگزاری:** بدینوسیله از همکاران محترم مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان، سرکار خانمها اسدزاده، سعدی و آقایان مهندس رضایی فر و محمودنیا برای تایپ، تنظیم و ویراستاری ادبی و تهیه تصاویر نشریه و همچنین کلیه همکاران بخش خدمات فنی و تحقیقاتی مؤسسه و انتشارات سنا تشکر و قدردانی می‌نماید.

● منابع مورد استفاده

۱- درودی، م. س. و ح. سیادت. ۱۳۷۸. تاثیر شوری آب آبیاری، کودهای سولفات پتاسیم و اوره بر عملکرد و غلظت عناصر غذایی در گندم. خاک و آب(ویژه نامه گندم)، جلد۱۲، شماره ٦. موسسه تحقیقات خاک وآب، تهران، ایران.

۲- بی‌نام. ۱۳۸۳. آمارنامه کشاورزی. جلد اول: محصولات زراعی و باغی، سال زراعی ۸۲-۱۳۸۱. حوزه معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی وزارت جهاد کشاورزی. تهران. ایران.

۳- فیضی، م. و پ. مهاجر میلانی.۱۳۸۳. بهینه سازی مصرف کودهای نیتروژنه، فسفاتی و پتاسیمی در شرایط شور برای گندم. صفحات ٤٨٥-٤٦٥ . از: روشهای نوین تغذیه گندم (مجموعه مقالات). ملکوتی، م. ج.، ز.

خوگر و ز. خادمی. دفتر طرح خودکفایی گندم. وزارت جهاد کشاورزی. تهران، ایران.

٤- ملا حسینی، ح. ۱۳۸۳. اثر پتاسیم در تحمل به شوری ارقام گندم. ص. ۷۹۷-۷۹٦ . از: روشهای نوین تغذیه گندم (مجموعه مقالات). ملکوتی، م. ج.، ز. خوگر و ز. خادمی. دفتر طرح خودکفایی گندم. وزارت جهاد کشاورزی. تهران، ایران.

٥- ملکوتی، م.ج.، ز. خوگر و ز. خادمی. ۱۳۸۳. روشهای نوین تغذیه گندم (مجموعه مقالات). انتشارات سنا. ۸۵۱ صفحه، تهران، ایران.

٦- ملکوتی، م. ج. و پ. کشاورز، س. سعادت و ب. خلدبرین. ۱۳۸۱ .تغذیه گیاهان در شرایط شور. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت امور باغبانی، انتشارات سنا، ۲۳۳ ص.

۷- میرزاپور، م. ح.، و. وکیل، ا. ح. خوشگفتارمنش، ا. ح. کوچه باغی، س. سعادت و م. ر. نایینی. ۱۳۸۳. اثر مقادیر و منابع مختلف پتاسیم بر رشد و عملکرد گندم (روشن) در یک خاک شور. ص. ۷۹۸-۷۹۷ . در: روشهای نوین تغذیه گندم (مجموعه مقالات). ملکوتی، م. ج.، ز. خوگر و ز. خادمی. دفتر طرح خودکفایی گندم. وزارت جهاد کشاورزی. تهران، ایران.

8- Lingle, S. E., R. P. Wiedenfeld, and J. E. Irvine. 2000. Sugarcane response to saline irrigation water. J. Plant Nutr. 23 469-486.

9- Keshavarz, P., M. J. Malakouti, N. Karimian and A. Fotovat. 2005. The effect of soil salinity on extractability and chemical fraction of zinc in selected calcareous soils of Iran. JAST. 7.

Ministry of Jihad-e-Agriculture
Agricultural Research, Education and Extension Organization
Soil and Water Research Institute
E-mail: www.swri.ir

The Role of Potassium in Increasing Salt Stress in Wheat Production

P. Keshavarz and M. J. Malakouti
Scientific Member, Khorasan Agricultural and Natural Resources Research Center and Professor, Tarbiat Modarres University

Publication No. 430

High Council of Policy Making on the Development of Biological Products Application, Optimum Utilization of Chemical Fertilizers and Pesticides in Agriculture

2005
Sana Publication, Tehran, Iran

Ministry of Jihad-e-Agriculture
Agricultural Research and Education Organization
Soil and Water Research Institute
E-mail: www.swri.ir

The Role of Potassium in Increasing Salt Stress in Wheat Production

P. Keshavarz and M. J. Malakouti
Scientific member, Khorasan Agricultural and Natural Resources Research Center and Professor, Tarbiat Modarres University

High Council of Policy Making on the Development of Biological Products Application, Optimum Utilization of Chemical Fertilizers and Pesticides in Agriculture

Technical Bulletin No. 430

Sana Pub., Spring 2005