نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، ص. ۲۱۵-۲۰۴

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 1, Spring. 2017, p. 204-215

محلول‌پاشی کود پتاسیم به‌منظور کاهش اثرات شوری آب آبیاری در سیب‌زمینی

حمید ملاحسینی[۱] - امیرهوشنگ جلالی[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۱/۱۸

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر محلول پاشی پتاسیم و دفعات آن، در کاهش اثرات شوری آب آبیاری (۶/۱ دسی زیمنس برمتر)، آزمایشی در سال ۱۳۹۲ در مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. تیمارهای محلول پاشی شامل تیمار شاهد، سولفات پتاسیم (K_2SO_4(۱۰ppm) و اکسید پتاسیم (K_2O (۲/۵ ppm و دفعات محلول پاشی شامل سه مرحله‌ی کامل شدن رشد رویشی (شروع گل‌دهی)، مرحله رشد سریع غده‌ها (ظهور کامل گل‌ها) و مرحله حجیم شدن غده‌ها (دو هفته پس از مرحله ظهور کامل گل‌ها) بود. برهمکنش محلول پاشی پتاسیم و دفعات محلول پاشی، به جز بر صفات تعداد غده در بوته و درصد ماده خشک غده، بر سایر صفات مرتبط با عملکرد و همچنین کارآیی مصرف آب تأثیر معنی‌دار داشت. تیمار سولفات پتاسیم با سه نوبت محلول پاشی و تیمارهای اکسید پتاسیم با دو و سه نوبت محلول پاشی، به‌ترتیب با عملکردهای قابل فروش ۴۵۴۵۰، ۴۲۷۰۰ و ۴۷۱۵۰ کیلوگرم غده در هکتار نسبت به سایر تیمارها برتری معنی‌دار داشتند. میانگین وزن غده در تیمارهای سه نوبت محلول پاشی سولفات پتاسیم، و دو و سه نوبت محلول‌پاشی اکسید پتاسیم، نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۱۹، ۱۷ و ۲۱ درصد افزایش وزن داشت. سه نوبت محلول پاشی سولفات پتاسیم و سه نوبت محلول پاشی اکسید پتاسیم با کارآیی مصرف آب ۴/۵ کیلوگرم بر متر مکعب نسبت به تیمار شاهد ۲۷ درصد افزایش داشت. نتایج این پژوهش نشان داد محلول‌پاشی پتاسیم می‌تواند به‌عنوان یک راهکار عملی برای کاهش اثرات شوری در گیاهی با نیاز پتاسیم بالا مانند سیب‌زمینی مطرح باشد.

واژهای کلیدی: اکسید پتاسیم، سولفات پتاسیم، عملکرد، کارآیی مصرف آب

مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) گیاهی یک ساله و آتوتتراپلوئید از خانواده سولاناسه (Solanaceae) است (Ahmadvand and Hassanabadi, 2006) که مصرف سرانه آن در کشور به بیش از ۳۵ کیلوگرم بالغ می‌گردد معمولاً تولید سیب زمینی بدون کاهش عملکرد در شوری‌های آب آبیاری ۲-۱ دسی‌زیمنس برمتر انجام می‌شود و در شوری‌های ۴-۲ دسی زیمنس بر متر، عملکردی معادل ۷۴ درصد شرایط ایده آل به دست می‌آید (Van Hoorn *et al*., 1993). کاهش۱۰، ۲۵ و ۵۰ درصد عملکرد به ترتیب در هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک ۲/۵، ۳/۸ و ۵/۹ دسی‌زیمنس بر متر برای این محصول گزارش شده است (Kotuby-Amacher *et al*., 1997).

در ارتباط با توانایی گونه های گیاهی برای حفظ سطح پتاسیم و تحمل آن‌ها به شوری ارتباط مثبت گزارش گردیده و بر این اساس بی نظمی‌های تغذیه ای ناشی از افزایش شوری را می‌توان با افزایش کود پتاسیم جبران کرد (Weimberg *et al*., 1982). در گونه‌های متحمل‌گیاهی‌در شرایط افزایش شوری جذب انتخابی پتاسیم افزایش می‌یابد (Pettigrew, 2008) که این مطلب بیانگر سازوکارهای ویژه گیاهان برای حفظ سطح پتاسیم بافت‌های گیاهی در شرایط افزایش شوری است. توانایی گیاهان برای حفظ نسبت پتاسیم به سدیم درون سلولی در یک حد مشخص، برای تحمل به شوری یک ضرورت محسوب شده (Zhu, 2003) و برخی اوقات از این نسبت به عنوان شاخص تحمل به شوری استفاده می‌گردد (Raman *et al*., 1986). عملکرد سیب زمینی در واکنش به تنش شوری با توجه به نوع رقم استفاده شده و سطح تنش شوری، می‌تواند کاهشی از ۲۰ تا ۸۵ درصد داشته باشد (Ahmadvand and Hassanabadi, 2006). اثرات شوری می‌تواند هم در مرحله آغاز غده دهی و هم در مرحله رشد غده‌ها مطرح باشد، بنابراین تعداد غده و اندازه غده‌ها دو جزء مهم عملکرد هستند که در اثر شوری کاهش می‌یابند (Satyanarayana and Arora, 1985). تسریع فرایند پیری در اندام‌های هوایی و

۱ و ۲- به‌ترتیب مربی و استادیار پژوهش در بخش تحقیقات خاک و آب و بخش تحقیقات علوم زراعی- باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: jalali51@yahoo.com
DOI: 10.22067/gsc.v15i1.51406

زودرسی ناخواسته از دلایل کاهش اندازه غده‌ها محسوب می‌شود (Levy, 1992).

سیب‌زمینی به‌عنوان یک گیاه پتاسیم دوست از ۳۵ تا ۵۰ روز پس از سبز شدن، روزانه ۱۲ کیلوگرم پتاسیم در هکتار از خاک برداشت نموده که حتی در خاک‌های با رس و پتاسیم فراوان، تأمین این مقدار پتاسیم برای سیب‌زمینی دشوار است (Azari *et al.*, 2004). واکنش ارقام و ژنوتیپ‌های گیاهی به کمبود پتاسیم یکسان نیست. جذب پتاسیم در ارقام سیب زمینی با کارآیی بالای جذب پتاسیم تا دو برابر بیشتر از ارقام ناکارآمد است (Trehan and Sharma, 2002). تنش شوری نه تنها باعث کاهش جذب پتاسیم شده، بلکه انتقال پتاسیم از ریشه‌ها به اندام‌های هوایی را مختل می‌کند که نتیجه این فرآیند افزایش غلظت پتاسیم در ریشه‌ها و کاهش آن در اندام‌های هوایی است (Kant and Kafkafi, 2002). با توجه به کاهش انتقال پتاسیم به اندام‌های هوایی در شرایط تنش شوری، محلول پاشی اندام‌های هوایی نیز یکی از رویکرد های مناسب جهت تأمین نیاز گیاه و افزایش عملکرد سیب زمینی محسوب می‌شود. در پژوهشی تأثیر چهار سطح محلول پاشی کود پتاسیم شامل صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد پتاسیم (به شکل سولفات پتاسیم) بر عملکرد سیب‌زمینی (رقم Kara) بررسی شد. در این پژوهش افزایش غلظت پتاسیم تا یک درصد باعث افزایش ۲۵ درصدی عملکرد سیب زمینی گردید (El-Sawy *et al.*, 2000). نتایج مشابهی مبنی بر تأثیر مثبت کاربرد کود پتاسیم بر کاهش اثرات منفی شوری در لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، ذرت (*Zea mays* L.) (Benlloch *et al.*, 1994)، پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) (Botella *et al.*, 1997)، برنج (*Oryza sativa* L.) (Jabeen and Ahmad, 2009) و چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) (Ramani and Apte 1997) و برخی ارقام (Zaki *et al.*, 2014) گزارش شده است.

در اکثر مناطق مرکزی کشور، کشت سیب زمینی با آب چاه‌هایی انجام می‌شود که شوری آن‌ها به تدریج به بالاتر از حد آستانه تحمل سیب زمینی رسیده است. بنابراین هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر محلول پاشی کود پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد سیب زمینی (رقم Ramos) در شرایط شوری آب آبیاری بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر محلول پاشی کود پتاسیم و دفعات محلول پاشی بر عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۲ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کبوتر آباد اصفهان واقع در ۲۵ کیلومتری شرق اصفهان با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیای ۳۱ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۵۴۵ متر اجرا گردید. بر اساس آمار ۲۰ ساله هواشناسی این ایستگاه، متوسط بارندگی و دمای سالیانه این ایستگاه به ترتیب برابر ۱۱۰ میلی‌متر و ۲۵ درجه سانتی‌گراد است. برخی ویژگی‌های آب و خاک محل آزمایش در جدول ۱ و ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱- میانگین ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری استفاده شده در آزمایش

Table 1- Mean of chemical characteristics of the water used in the experiment

شوری Salinity ($dS\ m^{-1}$)	SAR	میلی اکی والان در لیتر ($meq\ l^{-1}$)					
		Na^+	HCO^{3-}	Cl^-	SO_4^{2-}	$Ca^{2+}+Mg^{2+}$	pH
6.10	17.00	65.00	26.00	28.00	58.00	29.10	7.80

دو عامل بررسی شده در این پژوهش که در قالب آزمایش فاکتوریل و طرح پایه بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار شکل گرفتند عبارت بودند از: مصرف کود پتاسیم شامل تیمار شاهد (محلول پاشی آب)، محلول پاشی سولفات پتاسیم (K_2SO_4 ۱۰ قسمت در میلیون) و اکسید پتاسیم محلول در آب (K_2O) (۲/۵ قسمت در میلیون) ساخت شرکت (Uretici Firma اسپانیا)، دفعات محلول پاشی شامل محلول پاشی در یک، دو و سه نوبت بود. زمان‌های محلول‌پاشی عبارت بودند از مرحله رشد رویشی کامل (۴۶ روز پس از سبز شدن- آغاز گلدهی)، مرحله رشد سریع غده‌ها (۶۲ روز پس از سبز شدن - ظهور کامل گل‌ها) و مرحله حجیم شدن غده‌ها (۸۰ روز پس از سبز شدن- دو هفته پس از مرحله ظهور کامل گل‌ها در مزرعه). از رقم راموس (تهیه شده از مزارع تکثیر بذر مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان) استفاده شد. زمین قبل از آزمایش به صورت آیش بود.

عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح زمین قبل از کشت بود. هر کرت شامل چهار ردیف سیب‌زمینی با فاصله ۷۵ سانتی‌متر و به طول سه متر (مساحت نه متر مربع) بود. پس از آماده‌سازی زمین و فراهم شدن شرایط محیطی، در تاریخ پنجم اسفند غده‌های کامل (۶۰ و ۷۰ گرمی با قطر تقریبی ۶-۴ سانتی‌متر) سیب‌زمینی پس از ضدعفونی با قارچ‌کش بنومیل($C_{14}H_{18}N4O_3$) ۲/۵درصد (به‌صورت پودر وتابل۵۰ درصد)کشت شدند. کاشت به‌صورت دستی با فاصله ۲۵ سانتی‌متر روی ردیف و در عمق ۱۵ سانتی‌متری انجام شد.

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2- Soil characteristics in site of experiment

ویژگی‌های خاک Soil characteristics	مقدار (Amount)
بافت (Texture)	Loam
شن (٪) Sand	11
سیلت (٪) Silt	40
رس (٪) Clay	48
هدایت الکتریکی EC(dS m^{-1})	3.5
اسیدیته pH	7.9
مواد آلی (٪) Organic matter	0.30
فسفر P (mg kg^{-1})	12.6
پتاسیم K (mg kg^{-1})	428
نیتروژن (%) N	0.075

براساس آزمون خاک نیازی به افزودن کود پتاسیم نبود. دویست کیلوگرم فسفات به صورت سوپر فسفات تریپل $Ca(H_2Po_4)_2$ دارای۴۶ درصد P_2O_5، قبل از کشت به زمین اضافه شد. دویست کیلوگرم نیتروژن خالص به‌صورت کود اوره (NH_2CONH_2) با۴۶ درصد نیتروژن در سه مرحله‌ی دو برگی (پس از سبز شدن کامل مزرعه)، مرحله ۶-۵ برگی (هنگام خاک‌دهی پای بوته) و مرحله رشد سریع غده‌ها (کامل شدن رشد رویشی) به کرت‌ها اضافه گردید. آبیاری زمین پس از سبز شدن محصول بر اساس تخلیه ۵۰ درصد از رطوبت ظرفیت مزرعه در عمق نفوذ ریشه انجام گردید. آبیاری هنگامی که رطوبت ناحیه ریشه به ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه رسید انجام شد. برای اندازه‌گیری رطوبت خاک از دستگاه نوترون متر (Model 503DR HYDROPROBE, Australia) و برای اندازه‌گیری حجم آب از دبی‌سنج (File-Rite 285-820 Digital flow meter, USA) استفاده گردید. شاخص بهره‌وری آب آبیاری بر اساس فرمول زیر محاسبه شد (Tanner and Sinclair, 1983):

$$\text{Irrigation Water Productivity} = Y/WC \qquad (۱)$$

در این فرمول Y عملکرد اقتصادی محصول و WC (Water consumption) مقدار آب مصرفی است. برای کنترل علف های هرز از علف‌کش ترفلان ($C_{13}H_{16}F_3N_3O_4$) به میزان ۱/۲ لیتر در هکتار استفاده گردید. در طی فصل رشد، علف‌های هرز به‌صورت دستی وجین شد. غده های سیب‌زمینی ۱۵خرداد برداشت شد. ۱۰ روز قبل از تاریخ برداشت، عملیات سرزنی اندام های هوایی جهت ضخیم شدن پوست غده و جلوگیری از صدمات هنگام برداشت انجام گردید.

در زمان برداشت، دو متر از ردیف‌های وسط هر کرت جهت برآورد عملکرد استفاده گردید. غده‌های با قطر کمتر از ۳۵ میلی‌متر به‌عنوان غده‌های غیرقابل‌فروش در نظر گرفته شد. جهت اندازه گیری وزن خشک و برآورد شاخص برداشت، یک متر از مساحت هر کرت که دربرگیرنده غده‌ها (به‌صورت برش داده شده) و اندام‌های هوایی بود، برداشت و به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی گراد قرار گرفت. پس از قطعه قطعه کردن ۱۰ عدد غده سیب زمینی، درصد ماده خشک غده از تفاوت وزنی غده تازه و غده ها پس از قرار گرفتن در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ از جوان‌ترین برگ‌های هر بوته (ساعت ۸-۶ صبح) استفاده و از طریق دستگاه محفظه فشار (Arimad-2 Japan) در طی فاصله زمانی اولین تا آخرین محلول پاشی محاسبه و میانگین اعداد ملاک قرار گرفت. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (SAS Institute, 2010) انجام و میانگین‌ها با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مربوط به صفات مختلف در جدول ۳ ارائه شده است. تاثیر تیمارهای محلول پاشی پتاسیم، دفعات محلول‌پاشی و برهمکنش محلول پاشی و دفعات محلول‌پاشی، بر صفات تعداد غده در هر بوته و درصد ماده خشک غده معنی‌دار نبود (در سطح پنج درصد). برهمکنش استفاده از محلول‌پاشی پتاسیم و دفعات استفاده از آن تأثیر معنی‌دار بر عملکرد قابل فروش (در سطح پنج درصد) و عملکرد غیرقابل‌فروش (در سطح یک درصد) داشت.

جدول۳- تجزیه واریانس صفات مختلف در گیاه سیب زمینی

Table 3 - Analysis of variance for different characteristics in Potato plants

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (MS)						
		عملکرد قابل فروش Salable yield	عملکرد غیر قابل فروش Non-salable yield	وزن غده ها Tuber weight	تعداد غده در بوته Tuber number plant^{-1}	شاخص برداشت Harvest index	درصد ماده خشک غده Tuber dry matter	کارایی مصرف آب Water use efficiency
تکرار Replication	3	504.19^{ns}	25.10^{ns}	112.56^{ns}	104.11^{ns}	31.27*	13.10^{ns}	1.08^{ns}
محلول پاشی Foliar application (A)	2	733506**	270010*	214.10*	102.01^{ns}	46.17**	15.14^{ns}	1.13*
دفعات محلول پاشی Times (B) of foliar application	2	311142**	2030*	187.11*	113.23^{ns}	15.30*	3.04^{ns}	1.11*
محلول پاشی × دفعات محلول پاشی A×B	4	200345*	224505**	341.54**	119.40^{ns}	17.71*	6.05^{ns}	1.23**
خطا Error	24	162013	68598	121.19	149.6	5.98	2.50	0.16
ضریب تغییرات CV٪		17.31	15.58	18.5	19.50	14.40	13.11	19.09

ns: در سطح پنج درصد غیرمعنی دار ، *: در سطح پنج درصد معنی دار ، **: در سطح یک درصد معنی دار

ns :Non-significant at 5%; * and **. Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

مقایسه میانگین‌های مربوط به عملکرد قابل فروش و عملکرد غیر قابل فروش در جدول ۴ نشان داده شده است. تیمارهای سولفات پتاسیم با سه نوبت محلول‌پاشی و تیمارهای اکسید پتاسیم با دو و سه نوبت محلول‌پاشی، عملکرد غده، به‌طور معنی‌دار عملکردی بیش از سایر تیمارها داشتند، اما بین این سه تیمار از نظر آماری (پنج درصد) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). بنابراین هر یک از سه

تیمار فوق به ترتیب ۲۹، ۲۲ و۳۴ درصد عملکرد بیشتری نسبت به تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی) تولید نمودند. دو نوبت محلول پاشی اکسید پتاسیم عملکرد قابل فروش مشابه با تیمارهای سه نوبت محلول‌پاشی تولید نمود و عملکرد غیر قابل فروش این تیمار نیز تفاوت معنی‌داری با تیمارهای سه نوبت محلول پاشی نداشت.

اصولا روند تغییرات عملکرد غیرقابل‌فروش در تیمارهای مختلف مشابه با عملکرد قابل فروش بود. با توجه به اینکه شوری آب آبیاری استفاده شده در این پژوهش معادل ۶/۱ دسی زیمنس برمتر بود، انتظار افت عملکردی معادل ۵۰ درصد دور از انتظار نبود (Kotuby-Amacher *et al.*, 1997)، اما با توجه به نتایج بدست آمده به‌نظر می‌رسد محلول‌پاشی پتاسیم توانسته است بخشی از این کاهش عملکرد را جبران نماید و برای جبران این افت عملکرد حداقل دو نوبت محلول پاشی لازم است.

نتایج مشابهی مبنی بر افزایش ۲۵ درصدی عملکرد غده با محلول پاشی سولفات پتاسیم با غلظت یک درصد گزارش شده است (El-Sawy *et al.*, 2000). تنش شوری عمدتاً از طریق کاهش فتوسنتز و ایجاد یون‌های سمی اثرات مضر خود بر گیاه را تحمیل می‌کند (Trehan and Sharma, 2002). استفاده از پتاسیم کافی در چنین شرایطی نه تنها برای حفظ پتانسیل اسمزی، تداوم حرکت مواد پرورده در آوندهای آبکش (Patrick *et al.*, 2001) و بارگیری (Loading) این آوندها (Marschner, 2012) لازم است بلکه نقش مهمی در سمیت‌زدایی یون‌های سدیم دارد (Mullins and Burmester, 1995). به‌علاوه یون‌های سمی مثل سدیم در شرایط تنش شوری باعث آسیب به غشاءهای سلولی شده و دسترسی سلول به عناصر غذایی مختلف را مختل می‌نماید، افزایش پتاسیم در این حالت و سمیت‌زدایی یون‌های سمی می‌تواند نقش مثبتی در جذب سایر عناصر غذایی داشته باشد (Akram *et al.*, 2009). نوع کود پتاسیم مصرفی نیز می‌تواند در تعدیل اثرات شوری نقش داشته باشد. به‌عنوان مثال در پژوهشی محلول‌پاشی پنبه به‌منظور کاهش اثرات شوری با چهار نوع کود پتاسیم شامل سولفات پتاسیم، سولفیت پتاسیم، کلرید پتاسیم و نیترات پتاسیم انجام و بهترین تیمار در این زمینه، نیترات پتاسیم پنج درصد تشخیص داده شد (Mullins and Burmester, 1995). باید به این نکته نیز توجه داشت که بخشی از تاثیر مثبت تیمارهای محلول پاشی پتاسیم در گیاهی مثل سیب زمینی، به نیاز بالای این گیاه به پتاسیم وابسته است (Azari *et al.*, 2004) به‌گونه‌ای که برخی از پژوهش‌ها نشان داده نیاز این گیاه به پتاسیم، ۱/۵ برابر نیتروژن و ۵-۴ برابر فسفر است (Perrenoud, 1993).

جدول ٤- تأثیر برهمکنش تیمارهای محلول پاشی پتاسیم و دفعات آن بر عملکرد قابل فروش، عملکرد غیرقابل فروش و میانگین وزن غده‌ها
Table 4- Interactions effects of potassium foliar application and its times on yield of sales yield, non- sales yield and average tuber weight

کود پتاسیم K fertilizer	دفعات محلول پاشی Times of spraying	عملکرد قابل فروش Salable yield (kg ha^{-1})	عملکرد غیر قابل فروش Non-salable yield (kg ha^{-1})	میانگین وزن غده‌ها Average tuber weight (g)
شاهد (Control)	1s	35124c	2410b	140.50c
سولفات پتاسیم Potassium sulfate (10 ppm)	1s	35705c	2615b	148.60b
	2s	40108b	3789a	154.20b
	3s	45450a	3951a	167.25a
LSD (5%)		5901	150.2	18.6
اکسید پتاسیم potassium oxide (2.5 ppm)	1s	37543b	2719b	150.00b
	2s	42700ab	3470ab	165.31a
	3s	47150a	4141a	169.21a
LSD (5%)		4360	652.6	3.5

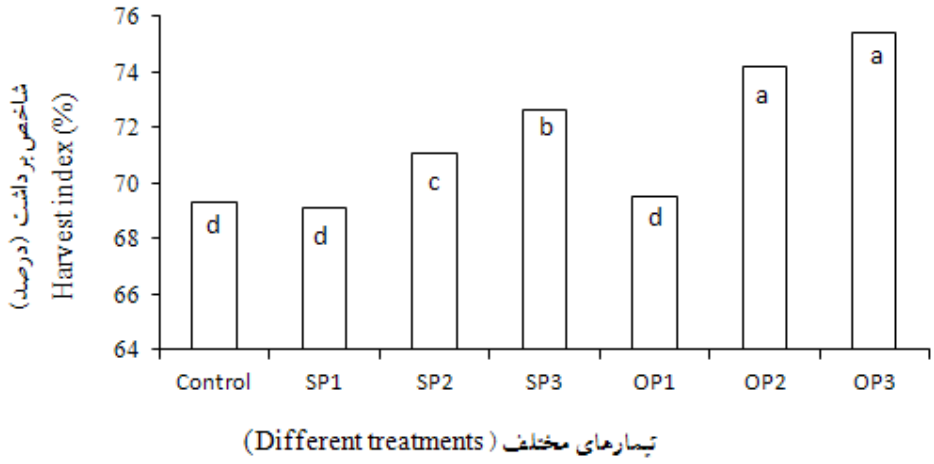
اعداد با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری تفاوتی ندارند (LSD 5%). 1s، 2s و 3s به ترتیب یک، دو و سه نوبت محلول‌پاشی

Means of each column with similar letters are not significantly different (LSD 5%).1S, 2S and 3S including once, two and three times foliar application.

برخلاف صفت تعداد غده (جزئی از عملکرد که قبل از محلول پاشی در مرحله آغاز گلدهی و حدود یک ماه قبل از شروع رشد سریع غده‌ها شکل گرفته)، وزن غده‌ها مهم‌ترین جزء عملکرد بود که به‌طورمعنی‌دار (پنج درصد) تحت تأثیر برهمکنش محلول پاشی و دفعات آن قرار گرفت (جدول ۳). میانگین وزن غده‌ها در تیمارهای سولفات پتاسیم و سه نوبت محلول‌پاشی و اکسید پتاسیم با دو و سه نوبت محلول پاشی به‌ترتیب برابر با ۱۶۷، ۱۶۵ و ۱۶۹ گرم بود که نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۱۹، ۱۷ و ۲۱ درصد افزایش وزن نشان دادند (جدول ۴). در رابطه با اجزای تشکیل‌دهنده عملکرد، صفت تعداد غده در هر بوته از جمله صفاتی است که قبل از استفاده از تیمارهای آزمایش شکل گرفته و تأثیر نپذیرفتن آن از تیمارهای آزمایش طبیعی به‌نظر می‌رسد. در مورد درصد ماده خشک غده نیز برخی از گزارش‌ها

حاکی از عدم تأثیر کاربرد کود پتاسیم در این صفت بوده (Reisi and Khajehpour, 1992) و برخی نیز به همبستگی منفی این صفت با افزایش بیش از حد طبیعی پتاسیم اشاره دارند (Allison *et al*., 2001). بنابراین تغییرات عملکرد ناشی از بکارگیری تیمارهای مختلف محلول‌پاشی، عمدتاً از طریق بررسی وزن غده‌ها امکان‌پذیر است. تسریع فرایند پیری در اندام های هوایی و زودرسی ناخواسته از دلایل کاهش اندازه غده‌ها محسوب می‌شود (Levy, 1992). تنش شوری با کاهش پتاسیم در اندام‌های هوایی همراه است (Kant and Kafkafi, 2002) و با توجه به نقش مثبت این عنصر در بارگیری و انتقال مواد فتوسنتزی در آوندهای آبکش (Patrick *et al*., 2001) کمبود این عنصر در اندام‌های هوایی بر خلاف کمبود نیتروژن و فسفر منجر به تجمع قندهایی مثل ساکارز در سلول‌های برگ می‌گردد (Hermans *et al*., 2006). بنابراین تجمع قندها در برگ‌ها و اندام‌های هوایی و عدم انتقال آن‌ها به اندام‌های زیرزمینی را می‌توان از دلایل کاهش وزن غده‌ها در شرایط تنش شوری و کمبود پتاسیم محسوب کرد و تعدیل این تاثیرات منفی می‌تواند موجب افزایش وزن غده‌ها شود. در برخی از پژوهش‌ها نیز نقش مثبت پتاسیم در افزایش وزن غده‌ها به نقش این عنصر در افزایش جذب آب در غده‌ها نسبت داده شده است (Perrenoud, 1993).

شاخص برداشت در تیمارهای مختلف دامنه‌ای از ۶۹/۱ تا ۷۵/۴ درصد داشت (شکل ۱). تیمار شاهد و حتی تیمارهای یک بار محلول پاشی پتاسیم (سولفات یا اکسید پتاسیم) به‌طور معنی‌دار (پنج درصد) کمترین مقادیر شاخص برداشت را نسبت به سایر تیمارهای محلول‌پاشی داشتند (شکل ۱).



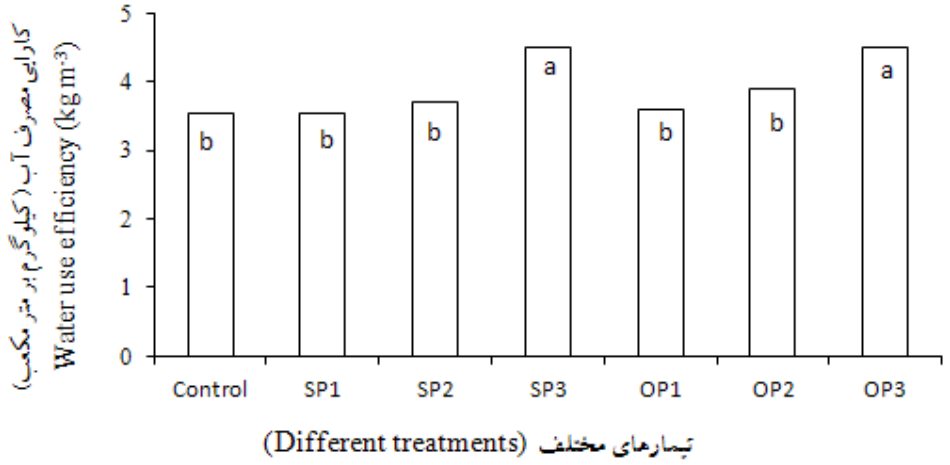
شکل ۱- تأثیر برهمکنش تیمارهای مختلف محلول پاشی پتاسیم و دفعات آن بر شاخص برداشت.SP1، SP2 و SP3 به‌ترتیب یک، دو و سه نوبت محلول‌پاشی سولفات پتاسیم (۱۰ قسمت در میلیون) و OP1، OP2 و OP3 به ترتیب یک، دو و سه نوبت محلول‌پاشی اکسید پتاسیم (۲/۵ قسمت در میلیون). (LSD =۱/۰۵).

Figure 1– The effect of the interaction of different treatments and times of potassium foliar application on harvest index. SP1, SP2 and SP3 including potassium sulfate (10 ppm) once, two and three times foliar application, respectively, and OP1, OP2 and OP3 including potassium oxide (2.5 ppm) once, two and three foliar application, respectively. (LSD=1.05).

این امر بیانگر تأثیر سوء آبیاری با آب شور بر اختصاص مواد فتوسنتزی به غده ها است. در حالی که دو و سه نوبت محلول‌پاشی پتاسیم (به‌ویژه در مورد اکسید پتاسیم) با افزایش معنی‌دار (پنج درصد) شاخص برداشت همراه بود. این افزایش در تیمارهای محلول پاشی سولفات پتاسیم (سه نوبت) و محلول‌پاشی دو و سه نوبت اکسید پتاسیم نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب برابر بود با ۴/۷، ۷ و ۸/۸ درصد. شاخص برداشت در سیب‌زمینی از ۹ درصد در ارقام وحشی تا ۸۱ درصد در ارقام جدید تغییر می‌کند ولی برای ارقام جدید سیب‌زمینی معمولاً عدد ۷۵ درصد برای شاخص برداشت سیب‌زمینی در مقابل ۵۰ درصد برای غلات ذکر می‌گردد (Vreugdenhil *et al*., 2007) همان‌گونه که در رابطه با وزن غده‌ها اشاره شد، افزایش شوری با کاهش پتاسیم برگ‌ها و در نتیجه تجمع قندها در برگ‌ها از اختصاص آن به اندام‌های زیرزمینی جلوگیری می‌کند (Hermans *et al*., 2006; Kant and Kafkafi, 2002). بنابراین نسبت عملکرد اقتصادی (همان وزن غده‌ها) به کل وزن خشک تولیدی در این شرایط کاهش می یابد.

یکی از اثرات مثبت محلول‌پاشی پتاسیم در شرایط تنش شوری، افزایش کارآیی مصرف آب در این شرایط بود (شکل ۲). این اثر مثبت

به‌ویژه برای محلول‌پاشی بیش از یک دو بار قابل توجه بود. تیمارهای سه نوبت محلول‌پاشی سولفات پتاسیم و سه نوبت محلول‌پاشی اکسید پتاسیم با کارآیی مصرف آب ۴/۵ کیلوگرم بر متر مکعب نسبت به تیمار شاهد ۲۷ درصد کارآیی مصرف آب بیشتر داشتند. این در حالی بود که تیمارهای دوبار محلول‌پاشی سولفات پتاسیم و یا اکسید پتاسیم تفاوت معنی‌داری (پنج درصد) با تیمار شاهد و یا یک بار محلول‌پاشی پتاسیم نداشتند. کارآیی مصرف آب برای سیب‌زمینی کشت شده در پاییز، زمستان و بهار به‌ترتیب ۹–۸، ۸–۶ و ۱۴–۱۱ کیلوگرم بر متر مکعب گزارش شده، اما مقدار آن برای ایران با توجه به شرایط کشت از ۱/۹۲ تا ۵/۲۵ کیلوگرم برمترمکعب متفاوت بوده است (Nasseri and Bahramloo, 2009). اثرات شوری بر محتوای آب گیاه و کارآیی مصرف آب از اثرات پیچیده شوری محسوب می‌شود. تنش شوری با محدود کردن تبادل هوا بین روزنه‌ها و اتمسفر خارج آن تا به‌طور جزئی کارآیی مصرف آب را بهبود می‌بخشد اما در عین حال ورود دی اکسیدکربن به داخل گیاه و فتوسنتز را کاهش می‌دهد (Shannon, 1997) بنابراین این که این توازن به کدام طرف تغییر می‌کند به مقاومت گیاه و سطح شوری بستگی دارد (Ahmad *et al*., 2014). پتاسیم نقش موثری در باز و بسته شدن روزنه‌ها داشته و محلول‌پاشی آن می‌تواند کارآیی مصرف آب را بهبود بخشد (Kaya *et al*., 2001). گزارش‌های زیادی نیز مبنی بر افزایش رطوبت نسبی و آماس سلول‌های برگ با افزایش پتاسیم برگ در محصولاتی مثل گندم (*Triticum aestivum* L.)، ذرت، لوبیا و آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) وجود دارد (Ahmad *et al*., 2014; Akram *et al*., 2009).

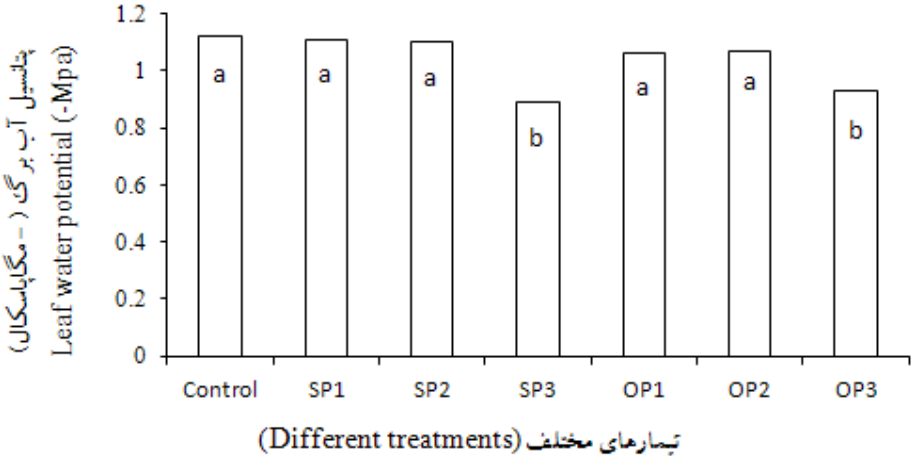


شکل ۲- تأثیر برهمکنش تیمارهای مختلف محلول پاشی پتاسیم و دفعات آن بر کارآیی مصرف آب. SP1 ، SP2 و SP3 به‌ترتیب یک، دو و سه نوبت محلول پاشی سولفات پتاسیم (۱۰ قسمت در میلیون) و OP1، OP2 و OP3 به ترتیب یک، دو و سه نوبت محلول‌پاشی اکسید پتاسیم (۲/۵ قسمت در میلیون). (LSD =۱/۱).

Figure 2– The effect of the interaction of different treatments and times of potassium foliar application on water use efficiency. SP1, SP2 and SP3 including potassium sulfate (10 ppm) once, two and three times foliar application, respectively, and OP1, OP2 and OP3 including potassium oxide (2.5 ppm) once, two and three foliar application, respectively. (LSD=1.1).

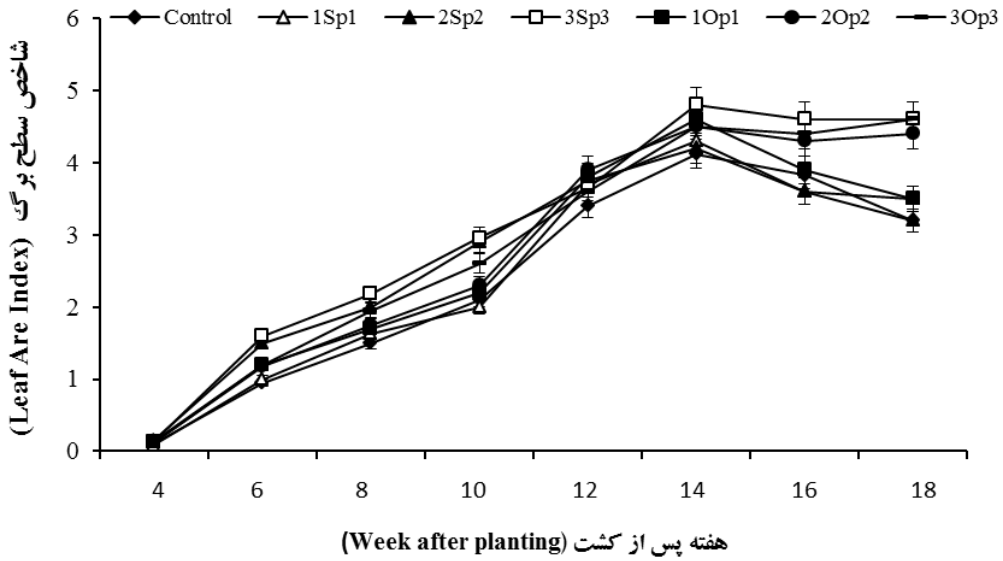
پایش وضعیت پتانسیل آب برگ در فاصله زمانی اولین محلول پاشی (شروع گل‌دهی) تا آخرین محلول پاشی (۲ هفته پس از گل‌دهی کامل) نشان‌دهنده تأثیر مثبت سه نوبت محلول‌پاشی پتاسیم بر وضعیت آب برگ بود (شکل ۳). متوسط پتانسیل آب برگ در این دوره زمانی در تیمار شاهد نسبت به دو تیمار سه نوبت محلول‌پاشی سولفات و اکسید پتاسیم به ترتیب ۲۶ و ۲۰ درصد منفی‌تر بود و به‌نظر می‌رسد برگ‌ها در تیمارهای محلول‌پاشی به‌طور معنی‌دار (پنج درصد) از نظر رطوبتی وضعیت بهتری داشتند. بهبود کارآیی مصرف آب بابد بازتابی در شرایط رطوبتی گیاه نیز داشته باشد. بهبود وضعیت رطوبتی برگ‌ها در تیمارهای سه بار محلول پاشی پتاسیم را می‌توان به نقش مثبت پتاسیم در تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌های نسبت داد (Kaya *et al*., 2001). به هر صورت افت ۰/۳ مگاپاسکالی آب برگ سیب‌زمینی در مواجه با تنش شوری شش دسی زیمنس برمتر در برخی پژوهش‌ها گزارش شده است (Heuer and Nadler, 1998). به‌طور مشابه محلول‌پاشی سولفات پتاسیم در گیاه آفتابگردان باعث بهبود پتانسیل آب برگ شده و افزایش عملکرد این گیاه در شرایط تنش شوری را به همراه داشته است (Akram *et al*., 2009). تاثیر بهبود وضعیت آب برگ‌ها را می‌توان در دوام شاخص سطح برگ نیز

مشاهده کرد (شکل ۴). سه تیماری که بـالاترین مقـادیر عملکـرد را تولید نمودند (سه بار محلول‌پاشی)، حداکثر شاخص سطح برگ خود را که در هفته ۱۴ پس از کشت ایجاد شده بود را به مدت بیشتری حفظ نمودند. افت شاخص سطح برگ در سایر تیمارها در اواخر دوره رشد با سرعت بیشتری صورت گرفت.



شکل ۳- تأثیر برهمکنش تیمارهای مختلف محلول‌پاشی پتاسیم و دفعات آن بر پتانسیل آب برگ. SP1، SP2 و SP3 به‌ترتیب یک، دو و سه نوبت محلول‌پاشی سولفات پتاسیم و OP1، OP2 و OP3 به ترتیب یک، دو و سه نوبت محلول پاشی اکسید پتاسیم. (LSD =۰/۲۵).

Figure 3- The effect of the interaction of different treatments and times of potassium foliar application on leaf water potential. SP1, SP2 and SP3 including potassium sulfate (10 ppm) once, two and three times foliar application, respectively, and OP1, OP2 and OP3 including potassium oxide (2.5 ppm) once, two and three foliar application, respectively. (LSD=0.25).



شکل ٤- تأثیر برهمکنش تیمارهای مختلف محلول‌پاشی پتاسیم و دفعات آن بر شاخص سطح برگ.SP1 ، SP2 و SP3 به‌ترتیب یک، دو و سه نوبت محلول‌پاشی سولفات پتاسیم و OP1، OP2 و OP3 به‌ترتیب یک، دو و سه نوبت محلول‌پاشی اکسید پتاسیم

Figure 4- The effect of the interaction of different treatments and times of potassium foliar application on leaf area index. SP1, SP2 and SP3 including potassium sulfate (10 ppm) once, two and three times foliar application, respectively, and OP1, OP2 and OP3 including potassium oxide (2.5 ppm) once, two and three foliar application, respectively.

نتیجه‌گیری

به‌طور خلاصه می‌توان گفت مواجه شدن با مسئله شوری آب و خاک در کشور ما امری غیرقابل اجتناب است. نحوه مدیریت شوری بستگی تام به نوع محصول و شناخت فیزیولوژی عملکرد آن دارد. در پژوهش حاضر گیاه سیب‌زمینی به عنوان گیاهی پتاسیم دوست و در عین حال حساس به شرایط شوری مورد توجه قرار گرفت و نتایج نشان داد محلول‌پاشی پتاسیم به ویژه در دو یا سه نوبت (با توجه به نوع کود محلول‌پاشی شده) می‌تواند در تعدیل اثرات مضر شوری مفید بوده و منجر به افزایش عملکرد غده شود. در رابطه با محلول‌پاشی پتاسیم ذکر چند نکته ضروری است. نخست این که با توجه به حساسیت سیب‌زمینی به بیماری‌های قارچی و محلول‌پاشی قارچ‌کش‌های مختلف، می‌توان محلول پاشی توام این قارچ‌کش‌ها و کودهای پتاسیم‌دار را برای شرایط تنش شوری آزمون کرد تا امکان استفاده عملی‌تر از پژوهش ممکن گردد دوم آن که شوری در نظر گرفته شده برای این پژوهش ۶/۱ دسی زیمنس برمتر بود که شوری قابل توجهی برای محصول سیب‌زمینی محسوب می‌شود. شاید برای سطوح شوری پایین‌تر (۵-۴ دسی زیمنس برمتر) دفعات کمتر محلول پاشی قابل توصیه باشد که نیاز به پژوهش بیشتر دارد.

سپاسگزاری

نگارندگان مقاله از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان برای حمایت‌های لازم جهت اجرای این تحقیق تشکر و قدر دانی می‌نمایند.

References

1. Ahmad, M., Akhtar, J., Anvar-Ul-Haq, M., Mran, S., and Jacobsen, S. E. 2014. Soil and foliar application of potassium enhances fruit yield and quality of tomato under salinity. Turkish Journal of Biology 38: 208-218.
2. Ahmadvand, R., and Hassanabadi H. 2006. Evaluation of promising potato clones in terms of resistance levels the major virus diseases. Research Reports Seed and Plant Improvement Institute. 68 Pp. (in Persian).
3. Akram, M. S., Ashraf, M., and Akram N. A. 2009. Effectiveness of potassium sulfate in mitigation salt-induced adverse effects on different physio-biochemical attributes in sunflower. Flora 204: 471-483.
4. Allison, M. F., Fowler, J. H., and Allen E. J. 2001. Responses of potato to potassium fertilizers. Journal of Agriculture Science Cambridge 4: 407-426.
5. Azari, M., Baybordi, A., and Malakooti, M. J. 2004. The necessity of potassium fertilization on potato. Technical Bulletin 434, Sana Publications, Tehran, Iran. 18 Pp. (in Persian).
6. Benlloch, M., Ojeda M. A., Ramos J., and Rodriguez-Navarro, A. 1994. Salt sensitivity and low discrimination between potassium and sodium in bean plants. Plant and Soil. 166: 117-123.
7. Botella, M. A., Martinez V., Pardines J., and Cerda, A. 1997. Salinity induced potassium deficiency in maize plants. Journal of Plant Physiology, 150: 200-205.
8. El-Sawy, B. I., Radawan E. A., and Hassan N. A. 2000. Growth and yield of potato as affected by soil and foliar potassium application. The Journal of Agricultural Science, Mansoura University 25: 5843-5850.
9. Hermans, C., Hammond, J. P., White P. J., and Verbruggen N. 2006. How do plants respond to nutrient shortage by biomass allocation? Trends in Plant Science 11: 610-617.
10. Heuer, B., and Nadler, A. 1998. Physiological response of potato plants to soil salinity and water deficit. Plant Science 137: 43-51.
11. Jabeen, R., and Ahmad, R. 2009. Alleviation of adverse effects of salt stress by foliar application of sodium antagonistic essential minerals on cotton. Pakistan Journal of Botany 41: 2199-2208.
12. Kant, S., and Kafkafi, U. 2002. Potassium and abiotic stresses in plants. The Hebrew University of Jerusalem, Faculty of Agricultural, Food and Environmental Quality Sciences, Rehovot, Israel. http://www. ipipotash.org.
13. Kaya, C., Kirnak, H. and Higgs, D. 2001. Enhancement of growth and normal growth parameters by foliar application of potassium and phosphorus in tomato cultivars grown at high (NaCl) salinity. Journal of Plant Nutrition 24: 357-367.
14. Kotuby-Amacher, J., Koenig, R., and Kitchen, B. 1997. Salinity and plant tolerance. Utah Univ. Exten. Logan Utah, 8pp.
15. Levy, D. 1992. The response of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) to salinity: plant growth and tuber yields in the arid desert of Israel. Annals of Applied Biology 120: 547-555.
16. Marschner, P. 2012. Marschners mineral nutrition of higher plants. London Elsevier. 231 Pp.
17. Mullins, G. L., and Burmester, C. H. 1995. Response of cotton to the source of foliar potassium. In: Richer, D.A. (ed), Proc. Beltwide Cotton Conf., San Antonio, TX. National Cotton Council of America, Memphis, pp. 1313-1315.

18. Nasseri, A., and Bahramloo, R. 2009. Potato cultivar Marfona yield and water use efficiency responses to early season water stress. International Journal of Agriculture and Biology 11: 201-204.
19. Patrick, J. W., Zhang, W. H., Tyerman, S. D., Offler, C. E., and Walker, N. A. 2001. Role of membrane transport in phloem translocation of assimilates and water. Australian Journal of Plant Physiology 28: 695-707.
20. Perrenoud, S. 1993. Fertilizing for High Yield Potato. IPI Bulletin8. 2nd Edition. International Potash Institute, Basel, Switzerland.
21. Pettigrew, W. T. 2008. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. Physiol. Plantarum 133: 670-681.
22. Raman, S. N., Desai, D., Solanaki, J. B. and Bhatt, S. M. 1986. The Na/K ratio as index of salt stress in rice culture. International Rice Research Newsletter 11: 1-30.
23. Ramani, S., and Apte, S. K. 1997. Transient expression of multiple genes in salinity-stressed young seedlings of rice (*Oryza sativa* L.). Biochemical and Biophysical Research Communications 233: 663-667.
24. Reisi, F., and Khajehpour, M. R. 1992. The effects of N, P, and K fertilizers on the growth and yield of Kozima potato. Iranian Journal of Agriculture Science 23: 35-45. (in Persian).
25. SAS Institute. 2010. SAS user's guide. SAS Inst., Cary, NC.
26. Satyanarayana, V., and Arora, P. N. 1985. Effect of nitrogen and potassium on yield and yield attributes of potato (Var. Kufri Bahar). Indian Journal of Agronomy 30: 292-295
27. Shannon, M. 1997. Adaptation of plants to salinity. Advances in Agronomy 60: 75-120.
28. Tanner, C. B., and Sinclair, T. R. 1983. Efficient water use in crop production: Research or re-research? P.1-27.In H.M. Taylor et al. (ed.) Limitations to efficient water use in crop production. American Statistical Association, Madison, WI.
29. Trehan, S. P., and Sharma, R. C. 2002. Potassium uptake efficiency of young plants of three potato cultivars as related to root and shoot parameters. Communications in Soil Science and Plant Analysis 33: 13-18.
30. Van Hoorn, J. W., Katerji, N., Hamdy, A., and Mastrorilli, M. 1993. Effect of saline water on soil salinity and on water, stress, growth and yield of wheat and potatoes. Agriculture and Water Management 23: 247-265.
31. Vreugdenhil, D., Bradshaw, J., Gebhardt, C., Govers, F., Mackerron, K. L. L., Taylor, M. A., and Ross, H. A. 2007. Potato biology and biotechnology. Advances and perspectives. First edition Elsevier Ltd. 823Pp.
32. Weimberg, R., Lerner, H. R. and Poljakoff-Mayber, A. 1982. A relationship between potassium and proline accumulation in salt-stressed Sorghum bicolor. Physiologia Plantarum 55: 5-10.
33. Zaki, N. M., Hassanein, M. S., Amal, G., Ebtesam, A., El-Housini, M., and Tawfik, M. 2014. Foliar application of potassium to mitigate the adverse impact of salinity on some sugar beet varieties. 2: Effect on Yield and Quality. Middle East Journal of Agriculture Research 3 (3): 448-460.
34. Zhu, J. K. 2003. Regulation of ion homeostasis under salt stress. Current Opinion in Plant Biology 6: 441-445.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 1, Spring. 2017, p. 204-215

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، ص. ۲۱۵-۲۰۴

Foliar Application of Potassium Fertilizer to Reduce the Effects of Salinity in Potato

H. Molahoseini[1]- A. H. Jalali[2*]

Received: 13-11-2012
Accepted: 06-04-2016

Introduction

The potato of commerce (*Solanum tuberosum* L.) is an annual dicot species. It is an autotetraploid with 4x=48 chromosomes. In Iran the consumption per capita of potato is over the 35 kg. Potato production is usually done without reducing yield in the irrigation water salinity 1-2 dS m^{-1}, but 4.2 dS m^{-1} salinity reduces yield by 26 percent. 10, 25 and 50 percent yield reduction have been reported in soil electrical conductivity 2.5, 3.8 and 5.9 dS m^{-1}, respectively . Between the ability of plant species to maintain potassium levels and their tolerance to salinity is positive correlation and on this basis nutritional irregularity due to increased salinity can be compensated by increasing of potassium fertilizer. In tolerant plant species, during times of increased salinity, selective absorption of potassium increased. The ability of plants to maintain a certain level of K/Na within the cell is essential for salt tolerance and sometimes of these ratios is used as indicators of salinity tolerance. Potato yield in response to salt stress, according to a variety of uses, can be reduced from 20 to 85 percent. Harmful effects of salinity in the beginning stages of tubers and tuber growth stage are important, therefore, tuber number and tuber size are two important components of yield which may reduce in the effect of salinity. Accelerate the aging process of the shoot, unwanted earliness, are of the reasons for the reduction in tuber size.

Materials and Methods

A field experiment was conducted in the agricultural and natural resources research center (31° 32′ N, 51° 51′ E), Isfahan, Islamic Republic of Iran. According to twenty years statistics, rainfall and temperature means for experiment location were 110 mm and 25 °C, respectively. The experiment was conducted as a factorial in a completely randomized block design with four replications. The treatments were three levels of foliar K application (control, K sulphate 10 ppm, and 2.5 ppm of potassium oxide), and the number of times foliar spray were included in one (start flowering), two (full emergence of flowers), and three (two weeks after full flowering stage) times. Potato (CV. Ramus) was planted in plots 1.5 × 6 m in February 24 and harvested in 24 May in the both years. Row and plant spacing's were 75 and 20 cm, respectively. Irrigation (furrow) was applied when the soil moisture in the root zone declined to 60-65 percent of field capacity. To determine the irrigation time tensiometers placed at 15- and 30-cm depths responded to changes in soil water. To measure the tuber yield (after eliminating the edges), the whole tuber yield was measured on each plot. Tubers with size less than 35 mm were considered as non-salable tuber yield. An irrigation water productivity index based on the formula Tanner and Sinclair (1983) was calculated. Irrigation Water Productivity = Y/WC. In this formula, Y is the product of economic performance and WC is the consumed water. During the interval between the first and last spray, pressure chamber apparatus(Arimad-2 Japan) for measuring the youngest leaves water potential was used (hours 8-6 am). During the growing season, weeds were hand-weeding. The data were subjected to analysis of variance by SAS and means Fisher's Protected LSD (5%) was used for mean separation.

Result and Discussions

The results of this study showed that salable yield with three times K sulfate spraying (Ps×3S), and potassium oxide treatments sprayed with two and three times (Po×2S and Po×3S) were significantly more than to other treatments, but did not find statistically significant differences among these three treatments. Tuber weight was the most important component that significantly affected by the interaction of potassium sprayed and its frequency. Three times foliar sprays of potassium sulfate (Ps×3S) and two and three times potassium oxide foliar application (Po×2S and Po×3S), showed 19, 17 and 21% increase in compared to the control treatment, respectively. Control, and even once treated by foliar potassium (Sulphate or potassium oxide) had lower harvest

1, 2- Research trainer, and Assistant Professor, Soil and Water Research, and Horticulture Crops Research Departments respectively, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran
(*- Corresponding Author Email: Jalali51@yahoo.com)

index values than the other treatments. The negative effect of irrigation with saline water on assimilate partitioning to the tuber is cause of the reduction of harvest index. Water use efficiency with foliar application of three times potassium sulfate or potassium oxide was 27% higher than the control treatment (4.5 kg m^{-3}). The use of sufficient potassium in such a situation is not only necessary to maintain osmotic potency, the continuation of assimilates in phloem, and loading these vessels but also plays an important role in detoxification of sodium ions. In salinity stress, accelerated aging and earliness shoot unintentionally, are the reasons for the reduction in tuber size.

Conclusions

The results showed that foliar application of potassium, especially in two or three times (depending on the type of fertilizer application) can result in harmful effects of salinity and leads to an increase in tuber yield. In relation to foliar K application, some cases are necessary: First, due to the sensitivity of potato to fungal diseases, foliar application of fungicides and K fertilizers can be simultaneously tested in salt stress conditions. Second, the salinity considered for this study was 6.1 dS m^{-1}. This amount of salinity to the potatoes is too much so it may be recommendable to spray less frequently at lower salinity levels.

Keywords: Harvest index, Salinity, Water use efficiency, Yield