

مدیریت کاربرد پتاسیم برای زراعت سیب زمینی در شرایط آب و خاک شور

امیر هوشنگ جلالی^۱

دکترای زراعت و عضو مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، محقق محصول سیب زمینی، سبزی و صیفی.

Jalali51@yahoo.com

دریافت: آذر ۱۳۹۲ و پذیرش: خرداد ۱۳۹۳

چکیده

کاهش کیفیت اراضی زراعی و آب آبیاری در چند سال گذشته در بسیاری از مناطق کشور مشهود بوده و مسلماً این تنش غیر زنده در آینده نیز از جمله چالش‌های پیش روی زراعت‌های مختلف خواهد بود. شوری آب و خاک و خسارت‌های ناشی از آن در کشاورزی از ابعاد مختلف قابل بررسی است. اختلالات فیزیولوژیک در جذب عناصر غذایی از جمله زیان‌های اصلی تجمع املاح محسوب می‌گردد. با توجه به تفاوت نیاز محصولات به عناصر غذایی مختلف، اهمیت مسئله شوری و تأثیر آن بر جذب عناصر غذایی نیز ممکن است به صورت‌های مختلف عنوان گردد. محصول سیب زمینی از جمله گیاهانی است که حتی در شوری‌های متوسط آب و خاک، با افت چشم‌گیر عملکرد مواجه می‌گردد. کاهش جذب و انتقال پتاسیم از جمله اصلی‌ترین دلایل نقصان عملکرد سیب زمینی در شرایط تنش شوری محسوب شده و روش‌های معمول استفاده از کودهای حاوی پتاسیم نیاز این گیاه به عنوان یک محصول پتاسیم دوست را تأمین نمی‌کند. شیوه محلول پاشی کودهای پتاسیم دار می‌تواند به عنوان یک رویکرد مناسب جهت تضمین تولید محصول سیب زمینی در شرایط تنش‌های متوسط شوری محسوب گردد. در مقاله حاضر با توجه به فیزیولوژی عملکرد سیب زمینی، علاوه بر بیان نقش پتاسیم در شکل‌گیری عملکرد سیب زمینی، مدیریت استفاده از این عنصر در شرایط تنش شوری مورد توجه قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: جذب، عملکرد، غده، محلول پاشی.

مقدمه

سیب زمینی و شوری آب و خاک

سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) گیاهی یک ساله و آتوتتراپلوئید از خانواده سولاناسه است که مصرف سرانه آن در کشور به بیش از ۳۵ کیلوگرم بالغ می‌گردد (حیدری ذوله، ۱۳۸۶؛ رضایی و سلطانی، ۱۳۷۵). در مقیاس جهانی سیب زمینی یکی از با ارزش‌ترین مواد غذایی محسوب شده و از جمله مهم‌ترین محصولات است که قسمت عمده نیازهای غذایی بشر را تأمین می‌کند (رضایی و سلطانی، ۱۳۷۵). سالیانه ۱۴۴۶۰۰ هکتار از زمین‌های کشاورزی کشور با متوسط عملکردی معادل ۲۹/۴ تن در هکتار به کشت سیب زمینی اختصاص یافته و از نظر سطح زیر کشت و تولید در رتبه سوم محصولات در کشور قرار دارد (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۸۹).

حد آستانه تحمل شوری آب آبیاری که در مقادیر بالاتر از آن کاهش عملکرد سیب زمینی آغاز می‌شود، دو دسی‌زیمنس بر متر در نظر گرفته شده (ون هوم و همکاران، ۱۹۹۳) و شیب کاهش عملکرد به ازاء هر واحد افزایش شوری معادل ۱۲ درصد است (کوتوبای آماچر و همکاران، ۱۹۹۳). برای ارقام تتراپلوئید سیب زمینی آستانه تحمل به شوری ۱/۵ تا ۳ دسی‌زیمنس بر متر بوده (ماس و هافمن، ۱۹۹۷) در حالی که ارقام دیپلوئید سیب زمینی تحمل بیشتری دارند (کرایز و همکاران، ۱۹۹۸). ارزیابی تحمل به شوری در مرحله رشد رویشی و ریز غده‌زایی در دو رقم مارفونا و آگریا بیانگر حساسیت بیشتر این دو رقم به شوری، نسبت به ۱۰ رقم و لاین تجاری دیگر شامل رنجر، آ- جی بی ۶۹، مکس ۳۲، مارین ۲۸، لومن، آروکانا، سورنا، امریکان، آراسی و اف، ال، اس پنج بود (سلجوقیان پور و همکاران، ۱۳۸۸).

محصولات زراعی به ویژه در شرایط فاریاب همواره در معرض تهدید شوری آب و خاک قرار داشته (فائو، ۲۰۰۰) و در ایران از مجموع ۶/۸ میلیون هکتار از

اراضی کشاورزی که دارای خاک های مبتلا به درجات مختلف شوری هستند، حدود ۴/۳ میلیون هکتار جزو آن دسته از اراضی هستند که به غیر از شوری محدودیت دیگری ندارند و حدود ۲/۵ میلیون هکتار علاوه بر شوری دارای محدودیت‌های مربوط به جنس خاک، پستی و بلندی، فرسایش و آب زیرزمینی هستند. فقط ۸/۴ درصد از کل ۶/۸ میلیون هکتار اراضی کشاورزی مبتلا به شوری در کشور دارای مسئله آب زیرزمینی در محدوده رشد ریشه هستند (مومنی، ۱۳۸۹).

تحمل شرایط تنش شوری توسط گیاهان، تحت تأثیر یک ژن، یک فرایند سوخت و سازی و یا یک سازوکار مشخص نیست بلکه معمولاً شامل مجموع فرایندهایی است که به صورت فراگیر در سطح کل گیاه انجام می‌شود (رامانی و آپی، ۱۹۹۷).

تدابیر اتخاذ شده برای مقابله با شوری بر دو گروه مدیریت آبیاری و زهکشی در شرایط شوری خاک و آب (جعفر آقایی و جلالی، ۱۳۹۱)، افزایش تحمل گیاهان به شوری (میشل و همکاران، ۲۰۰۰) و اخیراً استفاده از پایه‌های پیوندی مقاوم (جعفری و جلالی، ۱۳۹۱) متمرکز گردیده است. اگرچه کاهش کمی و کیفی عملکرد سیب زمینی در شرایط تنش شوری به اثبات رسیده است (احمد و عبدالله، ۱۹۷۹) اما ارقام سیب زمینی واکنش‌های متفاوتی در رابطه با تحمل شوری دارند (سلجوقیان پور و همکاران، ۱۳۸۸).

با این وجود در رابطه با واکنش ارقام مختلف به این تنش محیطی، پژوهش‌های جامع کمتر به چشم می‌خورد. یکی از پژوهش‌های شایان توجه در این زمینه پژوهش کرایز و همکاران (۱۹۹۸) است که در آن ۱۳۰ رقم سیب زمینی از نظر مقاومت به شوری در مرحله رشد رویشی در سطوح صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی مولار نمک طعام مورد مقایسه قرار گرفته و ۸ گروه متفاوت تشخیص داده شدند (جدول ۱).

جدول ۱- گروه بندی ارقام مختلف سیب زمینی از نظر تحمل به شوری (کرایز و همکاران، ۱۹۹۸)

| کاملاً مقاوم → | | | | | | | کاملاً حساس |
|-----------------------|------------|---------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------|----------------|-------------|
| ارقام مختلف سیب زمینی | | | | | | | |
| ۸ | ۷ | ۶ | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ |
| AC Domino- | Dark Red | Annika-Avanti-AC | AC Brador-Acadia | Frontier- Russet- | Belleisle- Blue Mac | Conestoga | Amisk |
| Agria- | Norland- | Belmont-Allegany- | Russet | Islander-Michigold | Denail- Disco-Estima- | Donna | BelRus |
| Cardinal- | Hulda- | Campbell13-Caribe- | Adora-Amanda- | MN9632-Premiere | F83065-Green | Superior | Bintje |
| Chipeta- | Junior- | Castile-Cherokee- | Aminca- | Radosa-Ropta I- | Mountain- | Tollaas | Onaway |
| Coastal | Kennebec- | CoastalChip- | Anosta-Atlantic- | 1234 | La Chipper-ND860-2- | Ulster Sceptre | Sierra |
| Russet- | La Rouge- | Concorde-Foreston | Ausonia- | Rose Gold-Russett- | NemaRus-NorQueen | | Tobique |
| NY85- | Lily-Ropta | Russet-Burbank- | Chaleur-Cubids-Draga | Norkotah-Saginaw | Ofelia-Rhinered-Trent | | |
| Delcora- | J418- | Hertha-Hudson-Irish | Dundrod-Dundrum- | Gold-Ute Russet | | | |
| Delta Gold- | Snowden- | Cobbler-Kanona- | Eide Russet- | | | | |
| Diamont- | Suncrisp- | New Red Norland- | Erontestolz-Gloria- | | | | |
| Fontenot- | Viking- | Red Lasoda-Red | Goldrush-Hampton- | | | | |
| Fundy-Idole- | WF31,4- | Pontiac-Redsen- | HiLite Russet- | | | | |
| Jemseg- | Yukon Gold | Rideau-Ropta F815- | Katahdin-Keswick- | | | | |
| Mainechip- | | Gemchip | Lenape-Lesita-Marfona | | | | |
| Norchip- | | | Mirton Pearl-Mouraska | | | | |
| Monona- | | | Prior-Rubinia-Russette- | | | | |
| Ocenia-Red | | | Russet Burbank-Russet | | | | |
| Gold | | | Nugget-Sante-Sebago- | | | | |
| | | | Somerest-Spartan | | | | |
| | | | Pearl-Spunta-Sunrise- | | | | |
| | | | Tejon-Vital-Yankee | | | | |
| | | | Cipper- | | | | |

گزارش شده است (سماواتیان و همکاران، ۱۳۸۴). بین توانایی گونه های گیاهی برای حفظ سطح پتاسیم و تحمل آن ها به شوری ارتباط مثبت گزارش گردیده و براین اساس بی نظمی های تغذیه ای ناشی از افزایش شوری را می توان با افزایش کود پتاسیم جبران نمود (ویمبرگ و همکاران، ۱۹۸۲).

در گونه های متحمل گیاهی در شرایط افزایش شوری جذب انتخابی پتاسیم افزایش می یابد (استوری و وین جونز، ۱۹۷۸) این مطلب بیانگر سازوکارهای ویژه گیاهان برای حفظ سطح پتاسیم بافت های 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 می شود (ژو، ۲۰۰۳) و برخی اوقات از این نسبت به عنوان شاخص تحمل به شوری استفاده می شود (رامان و همکاران، ۱۹۸۳).

نیاز به پتاسیم در زراعت سیب زمینی در شرایط تنش شوری
در گیاه سیب زمینی، وجود پتاسیم کافی از طریق افزایش نسبت غده ها به اندام های هوایی (ساتیانارایانا و آرورا، ۱۹۸۵)، افزایش غده هایی با اندازه متوسط و درشت (سینگ و سینگ، ۱۹۹۵) و افزایش انتقال کربوهیدرات ها به غده ها (برینگر و همکاران، ۱۹۹۰)، باعث افزایش عملکرد سیب زمینی می شود. از سوی دیگر، وجود پتاسیم کافی در برگ ها تضمین کننده فرایندهای فیزیولوژیک و تنظیم بهینه فعالیت روزنه ها و در نتیجه افزایش فتوسنتز است (شارما و آرورا، ۱۹۸۸).

از روز ۳۵ تا ۵۰ پس از سبز شدن، سیب زمینی روزانه ۱۲ کیلوگرم پتاسیم در هکتار از خاک برداشت نموده که حتی در خاک های با رس و پتاسیم فراوان، تأمین این مقدار پتاسیم برای سیب زمینی مقدور نیست (آذری و همکاران، ۱۳۸۴). برخی پژوهشگران معتقدند یک مزرعه سیب زمینی مناسب، در هر هکتار ۲۳۰-۱۷۰ کیلوگرم پتاسیم

نکته جالب توجه این که برخی از ارقام با سطح زیرکشت قابل توجه در کشور مثل رقم مارفونا وسانته در گروه پنج و ارقامی مثل آگریا و دیامونت در گروه هشت این تقسیم بندی قرار می گیرند. این مسئله بیانگر حساسیت ارقام مورد استفاده در کشور به تنش شوری، حتی در بین ارقام سیب زمینی است. تعداد غده و اندازه غده ها دو جزء مهم عملکرد هستند که در اثر تنش شوری کاهش می یابند (کانت و کافکافی، ۲۰۰۲).

بد شکلی غده ها از دیگر مواردی است که در شرایط تنش شوری گزارش شده است (بلوجت و سیندر، ۱۹۴۶). سن فیزیولوژیک بذر نیز در واکنش گیاه به تنش شوری موثر است. غده های بیش از حد جوان و یا مسن به دلیل تولید گیاهچه های ضعیف تر، حساسیت بیشتری به تنش شوری دارند (لوی و همکاران، ۱۹۹۳).

پتاسیم و مصرف آن در شرایط تنش شوری

اگرچه مقدار کل پتاسیم، در بسیاری از خاک ها قابل توجه است، قسمت عمده آن به دلیل کوچک بودن بخش قابل دسترس پتاسیم نسبت سایر شکل های آن در خاک، قابلیت استفاده برای گیاهان را ندارد (استنرگویی و کلاسن، ۲۰۰۰). کل پتاسیم موجود در خاک به طور متوسط ۱/۲ درصد بوده که از این مقدار ۹۸-۹۰ درصد به فرم موجود در ساختمان کانی، ۱۰-۱ درصد به صورت تثبیت شده در بین لایه های رس و فقط ۲-۰/۲ درصد به صورت قابل جذب گیاه است. در شرایطی که تناوب رعایت شده و بقایای گیاهی به خاک برگردانده شود، تعادل بین تبدیل این فرم ها به یکدیگر نیاز به مصرف پتاسیم را منتفی می سازد (آذری و همکاران، ۱۳۸۴).

اثرات مثبت پتاسیم بر عملکرد، اندازه میوه، افزایش غلظت کل مواد جامد محلول در میوه و اسید آسکوربیک، بهبود رنگ میوه ها و افزایش کیفیت میوه در شرایط حمل و نقل برای بسیاری از محصولات باغبانی

واکنش ارقام و ژنوتیپ‌های گیاهی به کمبود پتاسیم یکسان نیست. جذب پتاسیم در ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی با کارایی بالای جذب پتاسیم تا دو برابر بیشتر از ژنوتیپ‌های ناکارآمد است (تری هان و شارما، ۲۰۰۲). مقدار جذب پتاسیم در غده‌های سیب‌زمینی هم در ارقام قدیمی و هم در ارقام جدید در مقایسه با سایر عناصر غذایی بیانگر اهمیت این عنصر غذایی است (ورنوگدنهیل و همکاران، ۲۰۰۷) جدول (۲).

را از خاک جذب می‌کند (ملکوتی ۱۳۷۹). غلظت پتاسیم در شرایط طبیعی هنگام برداشت به ترتیب در غده، ساقه، برگ و ریشه‌های سیب‌زمینی برابر با ۷۷/۷۳، ۳/۴۷، ۱۷/۶۷ و ۱۴/۱ درصد است، بیشترین جذب پتاسیم در نواحی هموار و دشت‌ها در فاصله زمانی ۶۰-۳۰ روز پس از کاشت و در نواحی مرتفع در فاصله زمانی ۷۵-۶۵ روز پس از کشت به وقوع می‌پیوندد (شارما و سود، ۲۰۰۱).

جدول ۲- مقدار مواد معدنی در غده سیب‌زمینی (میلی گرم در ۱۰۰ گرم) (ورنوگدنهیل و همکاران، ۲۰۰۷)

| نام عنصر | ارقام جدید سیب‌زمینی | ارقام قدیمی سیب‌زمینی |
|----------|----------------------|-----------------------|
| کلسیم | ۱۳/۰ | ۵/۰ |
| فسفر | ۵۴/۰ | ۳۱/۰ |
| منیزیم | ۱۸/۰ | ۱۴/۰ |
| سدیم | ۱۰/۰ | ۷/۰ |
| پتاسیم | ۴۳۰/۰ | ۲۸۰/۰ |
| کلر | ۴۳/۰ | ۴۵/۰ |
| آهن | ۱/۶ | ۰/۴ |
| روی | ۰/۳ | ۰/۳ |
| مس | ۰/۰۶ | ۰/۰۷ |
| سلنیوم | ۱/۰ | ۱/۰ |

زمینی (رقم کارا) بررسی شد. در این پژوهش افزایش غلظت پتاسیم تا یک درصد باعث افزایش عملکرد سیب‌زمینی گردید (ال ساوی و همکاران، ۲۰۰۰). نتایج مشابهی مبنی بر تأثیر مثبت کاربرد کود پتاسیم بر کاهش اثرات منفی شوری در سایر گیاهان زراعی مثل لوبیا (بنلوچ و همکاران، ۱۹۹۴)، ذرت (بوتلا و همکاران، ۱۹۹۷)، پنبه (جابین و احمد، ۲۰۰۹) و برنج (رامانی و اپتی، ۱۹۹۷) گزارش شده است.

عملکرد سیب‌زمینی در واکنش به تنش شوری با توجه به نوع رقم استفاده شده، می‌تواند کاهش ۲۰ تا ۸۵ درصدی را در پی داشته‌باشد (احمد و عبدالله، ۱۹۷۹). اثرات مضر شوری می‌تواند هم در مرحله آغازش 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 (ساتیانارایانا و آرورا، ۱۹۸۵).

تنش شوری نه تنها باعث کاهش جذب پتاسیم می‌شود، بلکه انتقال پتاسیم از ریشه‌ها به اندام‌های هوایی را مختل می‌کند که نتیجه این فرایند افزایش غلظت پتاسیم در ریشه‌ها و کاهش آن در اندام‌های هوایی است (کانت و کافکافی، ۲۰۰۲). در شرایط تنش شوری کاهش پتاسیم در اندام‌های هوایی به دلیل تشکیل رادیکال‌های اکسیژن، باعث اختلال در فعالیت روزنه‌ها و در نتیجه کاهش فتوسنتز می‌شود (ککمک، ۲۰۰۵).

با توجه به مختل شدن انتقال پتاسیم به اندام‌های هوایی در شرایط تنش شوری، محلول پاشی اندام‌های هوایی نیز یکی از رویکردهای مناسب جهت تأمین نیاز گیاه و افزایش عملکرد سیب‌زمینی محسوب می‌شود. در پژوهشی تأثیر چهار سطح کود پتاسیم شامل صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد پتاسیم (به شکل سولفات پتاسیم) بر عملکرد سیب

محلول پاشی را در طی این دوره می توان پیش‌بینی نمود (فرنیه و ویلمیترز، ۲۰۰۱).

استفاده از پتاسیم کافی در چنین شرایطی نه تنها دربارگیری آوندهای آبکش لازم است (مارشنار، ۲۰۱۲) بلکه برای حفظ پتانسیل اسمزی و تداوم حرکت مواد پرورده در این آوندها (پاتریک و همکاران، ۲۰۰۱) نیز ضروری است. کمبود پتاسیم در اندام‌های هوایی، بر خلاف کمبود نیتروژن و فسفر منجر به تجمع قندهایی مثل سوکروز در سلول‌های برگ می‌شود، 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 نمود (هرمنس و همکاران، ۲۰۰۶).

تلاش گیاهان برای حفظ سطح پتاسیم خود به ویژه در برگ‌های فوقانی در شرایط تنش شوری به عنوان رویکردی جهت کاهش اثرات مضر شوری در سیب‌زمینی به اثبات رسیده، این در حالی است که برگ‌های مسن گیاه در این شرایط تجمع بیشتری از یون سدیم یافت می‌شود. برای تداوم انتقال مواد فتوسنتزی از مبدا (Source) به مخزن، حفظ تفاوت پتانسیل آب بین این دو نیز مسئله‌ای ضروری است. با توجه به این که در سیب‌زمینی معمولاً دریافت مواد فتوسنتزی به وسیله غده‌ها از برگ‌ها صورت می‌گیرد، تامین پتاسیم کافی و نقش مهم آن در تنظیم فعالیت‌های روزنه‌های برگ، در ایجاد اختلاف پتانسیل لازم جهت انتقال مواد فتوسنتزی از برگ‌ها به غده‌ها نیز حائز اهمیت است (شاطریان و همکاران، ۲۰۰۵).

با توجه به اهمیت عنصر پتاسیم در محصول سیب‌زمینی، به ویژه در شرایط تنش شوری، برای مدیریت تأمین این عنصر مهم، توجه به موارد زیر ضروری است:

الف) برآورد نیاز محصول سیب‌زمینی به پتاسیم و مدیریت کاربرد آن در شرایط تنش شوری

ب) توجه به علائم و اثرات کمبود پتاسیم در محصول سیب‌زمینی

تسریع فرایند پیری در اندام‌های هوایی و زودرسی ناخواسته از دلایل کاهش اندازه غده‌ها محسوب می‌شود (لوی، ۱۹۹۲). در مطالعه ای برای تعیین بهترین مقدار مصرف کود پتاسیم در شرایط تنش شوری در محصول سیب‌زمینی، مقادیر صفر، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم برای چهار رقم سیب‌زمینی شامل اسپونتا، کینگ ادوارد، آلفا و دیامونت در شرایط آب آبیاری با هدایت الکتریکی معادل ۹/۳۸ دسی‌زیمنس بر متر مصرف شد. نتایج این پژوهش نشان داد در شرایط تنش شوری با افزایش مقدار کود پتاسیم مقدار عملکرد غده سیب‌زمینی افزایش یافت و درصد این افزایش در سطوح پایین‌تر مصرف پتاسیم، بالاتر بود (الختیب و همکاران، ۲۰۰۷).

در اکثر مناطق مرکزی کشور کشت سیب‌زمینی با آب‌چاه‌هایی انجام می‌شود که شوری آن‌ها به تدریج به بالاتر از حد آستانه تحمل این گیاه رسیده و معمولاً شوری خاک نیز در حد آستانه تحمل این گیاه است. در این حالت جذب پتاسیم از طریق ریشه‌ها مختل شده و با کاهش پتاسیم در اندام‌های هوایی، فتوستتز و فعالیت روزنه‌ها مختل می‌شود. بنابراین مقاله حاضر به بیان جنبه‌های مختلف مدیریت استفاده از کود پتاسیم در کشت سیب‌زمینی در شرایط تنش شوری می‌پردازد.

شکل‌گیری غده‌ها در سیب‌زمینی به منزله ظهور یک مخزن قوی (Sink) برای انباشت کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها بوده و افزایش هرمون سیتوکینین در این مرحله به عنوان معیاری برای شناخت یک مخزن قوی مورد تاکید قرار گرفته است (ورثوگدنهیل و همکاران، ۲۰۰۷). با توجه به این که انتقال یون‌های نیتروژن و پتاسیم بر خلاف فسفر از اندام‌های هوایی به اندام‌های زیرزمینی و غده‌ها به سهولت امکان‌پذیر است، یکی از زمان‌های مناسب محلول پاشی پتاسیم در سیب‌زمینی هنگام آغاز غده‌ها بوده و با توجه به طولانی بودن طول دوره حجیم شدن غده‌ها حتی دفعات

افزایش یافت در حالی که غلظت پتاسیم برگ این دو گیاه به ترتیب ۴۰ و ۴۰۰ درصد کاهش داشت (اندر سک، ۲۰۰۹).

البته کاهش غلظت پتاسیم در اندام‌های هوایی در شرایط تنش شوری فقط در زمان‌هایی صادق است که تیمارهای شوری برای کل دوره رشدی لحاظ شود و گیاه به طور دائم در معرض تنش باشد. در شرایطی که تنش صرفاً در یک دوره زمانی خاص انجام گیرد، حتی غلظت پتاسیم در اندام‌های هوایی افزایش می‌یابد که این امر یک واکنش دفاعی به وسیله گیاه محسوب می‌شود، به عنوان مثال در پژوهش ساسیکالا و پراساد (۱۹۹۴) که تأثیر بکارگیری آب دریا با شوری‌های صفر، چهار و هشت گرم بر لیتر بر غلظت پتاسیم بر اساس وزن خشک اندام هوایی سیب‌زمینی انجام گرفت، از ۱۰ رقم استفاده شده، غلظت پتاسیم در اندام‌های هوایی نه رقم با افزایش شوری به طور معنی دار افزایش یافت.

در برخی از شرایط محاسبه مقدار خروج پتاسیم از خاک، برای محاسبه مقدار پتاسیم مورد نیاز مورد توجه قرار می‌گیرد. به عنوان مثال در شرایط استان اصفهان، به ازاء هر تن وزن غده تر ۶/۳ کیلوگرم نیتروژن، ۰/۹ کیلوگرم فسفر و ۱۰/۱ کیلوگرم پتاسیم از خاک خارج می‌شود (مرتضوی بک، ۱۳۸۰). البته برآورد میزان پتاسیم مورد نیاز به انبوهی شاخ و برگ و میزان عملکرد مورد انتظار نیز بستگی دارد. در جدول (۳) تخمینی از پتاسیم مورد نیاز برای محصول سیب‌زمینی با توجه به عملکرد غده نشان داده شده است (سماواتیان و همکاران، ۱۳۸۴).

جدول ۳- برآورد کود پتاسیم مورد نیاز محصول سیب زمینی بر

اساس عملکرد مورد انتظار

(سماواتیان و همکاران، ۱۳۸۴)

| عناصر غذایی | شاخ و برگ (کیلوگرم در هکتار) | تولید غده سیب زمینی (تن در هکتار) |
|-------------|------------------------------|-----------------------------------|
| ۸۴ | ۲۲/۴ ۳۳/۶ ۴۴/۸ ۵۶/۰ ۶۷/۲ | ۱۰۸ ۱۶۱ ۲۱۵ ۲۶۹ ۳۲۳ |

ج) تأمین کود پتاسیم برای محصول سیب‌زمینی در شرایط تنش شوری از طریق محلول پاشی

الف- برآورد نیاز محصول سیب‌زمینی به پتاسیم و مدیریت استفاده در شرایط تنش شوری

غلظت پتاسیم بر اساس وزن خشک اندام‌های هوایی در گیاهان دامنه‌ای از ۰/۵ تا شش درصد دارد و در هر ۱۰۰ گرم وزن تر غده سیب‌زمینی ۵۶۴-۲۸۰ میلی‌گرم پتاسیم یافت می‌شود (ورنوگدنهییل و همکاران، ۲۰۰۷).

برخی از پژوهشگران معتقدند با وجود تفاوت توانایی ارقام مختلف سیب‌زمینی، به طور کلی بازده جذب و استفاده از پتاسیم در این گیاه کم‌تر از سایر محصولات بوده و به همین دلیل استفاده فراوان از کودهای پتاسیم‌دار در این گیاه صورت می‌گیرد (استن‌گروبی و کلاسن، ۲۰۰۰).

مقدار پتاسیم براساس وزن خشک اندام هوایی در سیب‌زمینی دامنه‌ای از سه تا هفت درصد داشته و مقادیر کمتر از چهار درصد آن بیانگر کمبود این عنصر برای گیاه است (سماواتیان و همکاران، ۱۳۸۴). به دلیل تأثیر کمتر کود سولفات پتاسیم در کاهش وزن مخصوص غده‌ها، و همچنین تأثیر مثبت آن بر ویژگی‌های کیفی، در برخی از مواقع استفاده از این کود برای زراعت سیب‌زمینی ترجیح داده می‌شود (ورنوگدنهییل و همکاران، ۲۰۰۷). برای تشخیص حد کفایت عنصر پتاسیم در گیاه سیب‌زمینی ممکن است روش‌های مختلفی مورد استفاده قرار گیرد.

یکی از این روش‌ها اندازه‌گیری غلظت این عنصر در خاک و تعیین حد بحرانی این عنصر است. اما در شرایط تنش شوری، ممکن است با وجود غلظت قابل توجه پتاسیم در خاک (بالتر از حد بحرانی) شرایط جذب مهیا نبوده و یا پتاسیم جذب شده در ریشه‌ها تجمع یابد که نهایتاً کاهش پتاسیم در اندام‌های هوایی را به همراه خواهد داشت (کانت و کافکافی، ۲۰۰۲). تجمع سدیم در برگ‌های تریچه و خربزه در شرایط تنش شوری به ترتیب ۱۱ و ۱۰۰ برابر

زمینی نسبتاً محدود است (ال ساوی و همکاران، ۲۰۰۰) و دلیل اصلی آن است که سیب زمینی اساساً یک محصول حساس یا نسبتاً حساس به شوری محسوب می‌شود (کوتوبای آماچر و همکاران، ۱۹۹۳؛ ون هوم و همکاران، ۱۹۹۳) و کشت آن در شرایط تنش شوری مرسوم نیست.

به هر صورت افزایش شوری آب آبیاری در بسیاری از مناطق کشور به دلیل افت سفره‌های آب زیرزمینی و یا قطع آب رودخانه‌ها (مشابه شرایط استان اصفهان) و وابستگی تأمین آب از چاه‌های عمیق که عمدتاً شوری قابل توجهی دارند، دلایل کافی برای لزوم توجه به جنبه‌های مختلف تأثیر تنش شوری در این گیاه را فراهم می‌کند.

یون‌های سدیم در شرایط تنش شوری معمولاً کانال‌های پروتئینی جذب پتاسیم در غشاء سلول‌ها را مسدود کرده و از این طریق کاهش جذب پتاسیم را ایجاد می‌کنند (کوی و اسپالدینگ، ۲۰۰۴).

در شرایط محدودیت جذب عناصر غذایی توسط ریشه‌ها که معمولاً در شرایط تنش‌های محیطی به وجود می‌آید، محلول پاشی عناصر غذایی رویکردی پذیرفته شده است (منگل، ۲۰۰۲). محلول پاشی پتاسیم در شرایط تنش شوری، موجب کاهش انتقال سدیم از ریشه‌ها به اندام‌های هوایی شده و همین امر موجب حفاظت اندام‌های فتوسنتزی از مضرات یون سدیم می‌شود و با حفظ نفوذپذیری غشاء-های سلولی موجب افزایش کارایی فتوسنتز دو و افزایش میزان کلروفیل برگ می‌شود.

در حقیقت محلول پاشی پتاسیم در شرایط تنش شوری با افزایش غلظت این عنصر در اندام‌ها نوعی خو-گرفتن به تنش (Acclimation) محسوب شده و سازوکارهای ترمیم کننده خسارت‌های وارد شده در شرایط تنش را فعال می‌سازد (اکرم، ۲۰۰۶)

یکی دیگر از روش‌های مفید برای تشخیص کمبود پتاسیم در گیاه سیب‌زمینی که به ویژه در شرایط تنش شوری می‌تواند مفید باشد، توجه به غلظت پتاسیم در اندام‌های گیاهی است. در مرحله رشد سریع غده‌ها، غلظت پتاسیم در برگ چهارم (از بالای گیاه) باید دامنه‌ای از ۲/۲۵ تا ۳/۵ درصد داشته باشد (ورنوگدنیل و همکاران، ۲۰۰۷). این غلظت در مرحله رشد رویش و در فاصله زمانی ۶۰ روز پس از کاشت، نباید کمتر از شش درصد باشد (مرتضوی بک، ۱۳۸۰).

با توجه به این که در شرایط تنش شوری با مختل شدن فرایندهای طبیعی فیزیولوژیک در گیاه سیب‌زمینی، انتقال پتاسیم به اندام‌های هوایی کاهش می‌یابد، به نظر می‌رسد پایش و اندازه‌گیری غلظت پتاسیم اندام‌های هوایی رویکرد مناسبی برای تشخیص نیاز محصول به پتاسیم باشد. تأمین پتاسیم به شکل مرسوم و استفاده از آن قبل از شخم زمین، در شرایط تنش شوری به دلیل انتقال نیافتن و یا حداقل، توان کمتر گیاه در انتقال پتاسیم به اندام‌های هوایی به تنهایی نمی‌تواند پاسخگوی نیاز گیاه سیب‌زمینی در شرایط تنش شوری محسوب شود و در بسیاری از موارد با توجه به نیاز به حجم بالای کاربرد، مقرون به صرفه نیست.

در پژوهش جلالی و جعفری (۱۳۹۱) افزایش دو و سه برابری پتاسیم مصرفی به صورت مصرف خاکی در شرایط تنش شوری نسبت به شرایط معمول باعث افزایش عملکرد ۲۵ و ۱۹ درصدی عملکرد دو رقم هندوانه "چارلستون گری" و "شوگر بیبی" شد. در عوض محلول پاشی کودهای مایع و یا ترکیبات قابل حل پتاسیم راهکاری منطقی به نظر می‌رسد.

اگرچه پژوهش‌های نسبتاً زیادی در زمینه تأثیر مثبت کاربرد محلول پاشی پتاسیم در شرایط تنش شوری بر عملکرد انواع گیاهان زراعی موجود است (بنلوچ و همکاران، ۱۹۹۴؛ بوتلا و همکاران، ۱۹۹۷؛ جابین و احمد، ۲۰۰۹) اما گزارش‌ها پیرامون این اثرات مثبت در گیاه سیب-

شوری در برگ‌ها رشد برگ‌های جدید متوقف شده و برگ‌های موجود نیز به سرعت به مرحله پیری می‌رسند (نئون، ۱۹۹۷).

معمولاً ژنوتیپ‌های مقاوم به شوری قابلیت جذب بیشتر پتاسیم از طریق ریشه‌ها در شرایط تنش شوری را دارند (وانگ و همکاران، ۲۰۰۲). در برخی از پژوهش‌ها نیز افزایش غلظت پتاسیم در اندام‌های هوایی گیاه سیب‌زمینی جهت ایجاد تعادل با پتاسیم شرط لازم برای ژنوتیپ‌های مقاوم به شوری سیب زمینی محسوب شده (پاردو و همکاران، ۲۰۰۶) و افزایش نسبت یون پتاسیم به سدیم، به عنوان سازوکاری مناسب برای اجتناب از شوری در نظر گرفته شده است (ژو، ۲۰۰۱). به دلیل شباهت خواص فیزیکوشیمیایی یون‌های سدیم و پتاسیم، معمولاً افزایش یون سدیم اثرات منفی قابل ملاحظه‌ای بر جذب پتاسیم دارد (فو و لوان، ۱۹۹۸) و به همین دلیل در شرایط تنش شوری استفاده کافی از کودهای پتاسیم دار مورد تاکید است.

ج- تأمین کود پتاسیم برای محصول سیب زمینی در شرایط

تنش شوری از طریق محلول پاشی

کاهش عملکرد سیب‌زمینی را می‌توان با افزایش مصرف کود پتاسیم تا حد قابل توجهی جبران نمود. اگر چه در برخی از پژوهش‌ها افزایش مصرف کود پتاسیم به صورت مصرف خاکی حتی تا سه برابر حد معمول به عنوان رویکردی جهت کاهش اثرات مخرب شوری بر عملکرد سیب‌زمینی پیشنهاد شده و تأثیرات مثبتی در این زمینه گزارش شده است (الختیب و همکاران، ۲۰۰۷)، اما محلول پاشی این کودها در چند نوبت، به ویژه از زمان غده‌دهی به بعد راهکار مقرون به صرفه تری محسوب شده و از نظر تطابق با فیزیولوژی گیاه نیز قابل قبول‌تر است (ال ساوی و همکاران، ۲۰۰۰).

شیوه محلول پاشی عناصر غذایی در اواخر دهه ۴۰ و اوایل دهه ۵۰ میلادی به ویژه برای عناصر کم‌مصرف

ب- علائم و اثرات کمبود پتاسیم در محصول سیب زمینی در شرایط تنش شوری

با توجه به این که از یک سو کشت سیب‌زمینی به‌طور معمول در زمین‌هایی با بافت سبک انجام شده، و از سوی دیگر بسیاری از خاک‌های کشور آهکی بوده و دارای مقادیر زیادی زیاده کلسیم هستند (سماواتیان و همکاران، ۱۳۸۴) این عنصر می‌تواند با رقابت با یون‌های پتاسیم برای پر کردن جایگاه‌های جذب بر روی ریشه، جذب پتاسیم از طریق ریشه‌ها را کاهش دهد (لستر، ۲۰۰۶). کمبود پتاسیم در زراعت سیب‌زمینی باعث کاهش کمی و کیفی عملکرد غده می‌شود و در شرایط رشد رویشی با نکروزه شدن برگ‌ها (به ویژه در برگ‌های پایینی) همراه است.

تولید آبسزیک اسید و انتقال آن به سلول‌های محافظ روزنه باعث بسته شدن روزنه‌های گیاه در شرایط تنش شوری شده و فتوستنز و رشد سلولی کاهش می‌یابد (فو و لوان، ۱۹۹۸). در شرایط کمبود پتاسیم معمولاً شاخه‌ها کوتاه و لاغر شده و غده‌های تولید شده در این شرایط پس از پوست کندن به دلیل کاهش اسید سبتریک و افزایش اسید کلروژنیک پس از مدت زمان کوتاهی به رنگ سیاه در می‌آید (ملکوئی، ۱۳۷۹). به همین دلیل وجود پتاسیم کافی در غده یکی از شاخص‌های مهم برای کارخانه‌های صنعتی استفاده کننده از محصول سیب‌زمینی است. ضعیف شدن ساقه‌ها موجب کاهش استحکام آن‌ها شده و بوته سیب‌زمینی حالت ایستایی خود را از دست می‌دهد (منگل و کیرکبی، ۱۹۸۷).

استفاده از مقادیر کافی پتاسیم در زراعت سیب-زمینی با تولید اسیدآمینه آرژنین جوانه زنی اسپور قارچ *Phytophthora* را کاهش می‌دهد (ملکوئی، ۱۳۷۵). اکثر ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی به افزایش شوری بیش از ۲/۳ دسی-زیمنس بر متر در خاک حساس هستند (کاتر جی و همکاران، ۲۰۰۳). در این شرایط معمولاً با کاهش مقادیر پتاسیم و کلسیم در برگ‌ها علائم زردی در برگ‌ها ظاهر می‌شود (لستر، ۲۰۰۶). با افزایش تجمع یون‌های عامل

زمان محلول پاشی ساعت ۳ تا ۲ بعد از ظهر که دمای محیط رو به کاهش است، ذکر گردیده است (فاجریا و همکاران، ۲۰۰۹). برخی از پژوهشگران حداقل شاخص سطح برگ لازم برای محلول پاشی را دوتا چهار در نظر گرفته و با توجه به این که سه الی چهار ساعت برای جذب عنصر محلول پاشی شده زمان لازم است، نباید بارندگی پس از محلول پاشی به وقوع پیوندد (گودینگ و دیویس، ۱۹۹۲). محلول بودن انواع کودهای حاوی پتاسیم جدول (۴) (فاجریا و بالیگار، ۱۹۹۷، فاجریا و همکاران، ۲۰۰۹) فرصت خوبی را برای مصرف آن در زراعت سیب زمینی فراهم کرده است.

معمولاً غلظت‌های کمتر از دو درصد برای محلول پاشی عناصر پرمصرف استفاده می‌شود و با توجه به سن گیاه سیب زمینی غلظت ۰/۱ تا ۱/۲ درصد پتاسیم قابل توصیه است (فاجریا و همکاران، ۲۰۰۹). گیاهان مسن تر می‌توانند غلظت‌های بالاتری از عناصر محلول پاشی شده را بدون ایجاد برگ سوزی تحمل نمایند.

در محصولات گران قیمت باغبانی مورد توجه قرار گرفت (گریما، ۲۰۰۷). عناصر معدنی محلول پاشی شده از طریق انتشار توسط کوتیکول برگ جذب و پس از عبور از فضای بین سلولی جذب سلول می‌شود (فرانکی، ۱۹۶۷).

برخی از عناصر کم‌مصرف پس از محلول پاشی در همان منطقه محلول پاشی شده باقی مانده و حرکت چندانی ندارند، مثل محلول پاشی منگنز در سویا، خربزه و خیار (کتیر و همکاران، ۱۹۸۵)، اما خوشبختانه محلول پاشی عناصر پرمصرف (به جز کلسیم و گوگرد) دارای چنین مشکلی نیستند (فاجریا، ۲۰۰۷) بنابراین در رابطه با پتاسیم نیز محلول پاشی بدون محدودیت قابل انجام است. در رابطه با سیب زمینی، در مراحل رشد سریع و حجیم شدن غده‌ها، حتی محلول پاشی هفتگی پتاسیم جهت افزایش عملکرد غده توصیه شده است (تیسدالی و همکاران، ۱۹۸۵).

محلول پاشی به ویژه در مرحله خروج گیاهان از مرحله رویشی به زایشی و در زمانی که تنش رطوبتی گیاه را تهدید نمی‌کند، انجام می‌شود (کانتیسانو، ۲۰۰۰). بهترین

جدول ۴- انواع کود های پتاسیم دار و ویژگی‌های آنها
(فاجریا و همکاران، ۲۰۰۹)

| نام کود | فرمول شیمیایی | درصد پتاسیم | قابلیت محلول بودن | مقدار مصرف (کیلوگرم در ۵۰۰ لیتر آب) |
|----------------------|--|-------------|-------------------|-------------------------------------|
| کلرور پتاسیم | KCl | ۶۰ | محلول | ۱/۵-۲/۵ |
| سولفات پتاسیم | K ₂ SO ₄ | ۵۰ | محلول | ۱/۵-۲/۵ |
| سولفات منیزیم پتاسیم | K ₂ SO ₄ . MgSO ₄ | ۲۳ | محلول | - |
| نیترات پتاسیم | KNO ₃ | ۴۴ | محلول | ۱/۵-۲/۵ |
| کاینیت | MgSO ₄ + KCl+ NaCl | ۱۲ | محلول | - |

نتیجه گیری نهایی

در جذب این عنصر، توجه به مدیریت استفاده از پتاسیم در آینده می‌تواند نقش به‌سزایی در افزایش عملکرد داشته باشد. کاهش عملکرد این گیاه در شوری‌های بالاتر از سه دسی‌زیمنس بر متر اتفاق می‌افتد، در حالی که تصور ذهنی بسیاری از تولیدکنندگان بخش کشاورزی از تنش شوری معمولاً شوری‌هایی به مراتب بالاتر است و همین امر موجب غفلت از اثرات مخرب تنش شوری بر این گیاه گردیده است. محلول پاشی پتاسیم در شرایط تنش شوری می‌تواند رویکردی در جهت تعدیل اثرات شوری محسوب شود

اگرچه آمار دقیقی از مناطق سیب‌زمینی کاری کشور که با شوری آب و خاک مواجه هستند منتشر نشده است، اما با توجه به سطوح زیرکشت این محصول در استان‌هایی مثل اصفهان، خراسان رضوی، خراسان شمالی، خوزستان و سمنان به ویژه در مناطقی که این محصول با اتکا به آب‌های زیر زمینی کشت می‌شود، مسلماً تهدید تنش شوری از جمله تهدیدهای زیست محیطی مهم محسوب می‌شود. نیاز فراوان سیب‌زمینی به پتاسیم و تأثیر منفی تنش شوری

فهرست منابع

۱. آذری، م.، ا. بای‌وردی، و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۴. ضرورت کود دهی پتاسیم در سیب زمینی. نشریه فنی ۴۳۴، انتشارات سنا، تهران، ایران. ۱۸ صفحه.
۲. آمارنامه کشاورزی. ۱۳۸۹. جلد اول: محصولات زراعی. معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۶ صفحه.
۳. جعفر آقایی، م. و ا.م. جلالی. ۱۳۹۱. اثر شوری آب آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب سه رقم پنبه. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. شماره ۵: صفحات ۹۷-۱۰۷.
۴. جعفری، پ. و ا.م. جلالی. ۱۳۹۱. استفاده از پیوند جهت بهبود تحمل گوجه فرنگی به شوری در شرایط هیدرو پونیک. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. شماره ۱۱: صفحات ۶۷-۷۵.
۵. جلالی، ا.م.، و پ. جعفری. ۱۳۹۱. تأثیر کاربرد کود پتاسیم بر عملکرد سه رقم هندوانه در شرایط تنش شوری. مجله به‌زراعی کشاورزی شماره ۲: صفحات ۳۱-۴۱.
۶. حیدری ذوله، ح. ۱۳۸۶. زراعت. موسسه فرهنگی هنری دیباگران، انتشارات دانشگاه تهران، تهران. ۱۸۷ صفحه.
۷. رضایی، ع.، ا. سلطانی. ۱۳۷۵. زراعت سیب زمینی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد. ۲۳۴ صفحه.
۸. سلجوقیان پور، م.، م. امید، ا. مجیدی هروان، د. داودی، و پ. احمدیان تهرانی. ۱۳۸۸. ارزیابی تحمل به شوری در مرحله رشد رویشی و ریزگده زایی در چند رقم سیب زمینی در شرایط درون شیشه. شماره ۲: صفحات ۱۲۵-۱۴۹.
۹. سماواتیان، س.، م. ج. ملکوتی، و ا. بای‌وردی. ۱۳۸۴. نقش پتاسیم در بهبود کمی و کیفی سبزی و صیفی. نشریه فنی شماره ۴۳۶. ۳۲ صفحه.
۱۰. مرتضوی بک، ا.، ر. امین پور، و م. نصر اصفهانی. ۱۳۸۰. اثر فاصله بوته و اندازه غده بذری بر عملکرد ارقام تجاری سیب زمینی مجله پژوهش کشاورزی جلد ۳، شماره ۱: صفحات ۱۲-۱۹.
۱۱. ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۵. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۴۱۳ صفحه.

۱۲. ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۹. کمبود پتاسیم در محصولات زراعی استراتژیک به روایت تصویر و روش های درمان آن. شورای عالی سیاست گذاری کاهش مصرف سموم و مصرف بهینه کودهای شیمیایی. نشریه فنی شماره ۸۱، ۲۱ صفحه.
۱۳. مومنی، ع. ۱۳۸۹. پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری منابع خاک ایران. مجله پژوهش های خاک جلد ۲۴. شماره: صفحات ۲۰۳-۲۱۵.
14. Ahmed, R., Z. Abdullah. 1979. Salinity induced changes in the growth and chemical composition of potato. Pak. J. Bot. 11: 103-112.
15. Akram, M.S. 2006. Influence of exogenously applied K from different sources on Sunflower under salt stress. University of Agric. Faisalabad, Pakistan.
16. Benlloch, M., M.A. Ojeda, J. Ramos, and A. Rodriguez-Navarro. 1994. Salt sensitivity and low discrimination between potassium and sodium in bean plants. Plant Soil. 166: 117-123.
17. Beringer, H., K. Koch, and M.G. Lindhauer .1990. Source: sink relationship in potato (*Solanum tuberosum*) as influenced by potassium chloride or potassium sulphate nutrition. Plant and Soil 124:287-290.
18. Blodgett, E.C., and R.S. Synder .1946. Effect of alkali salts on shape and appearance of russet Burbank potatoes. Am. Potato J. 23:425-430.
19. Botella, M.A., V. Martinez, J. Pardines, and A. Cerda .1997. Salinity induced potassium deficiency in maize plants. J. Plant Physiol. 150: 200-205.
20. Cakmak I. 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 168:521-530.
21. Cantisano, A. 2000. Wheat to use for foliar feeding pp:4-6, In: Growing for the market, ed, L. Byczynski, , Lawtence, KS: Fairplain Publications.
22. Elkhatib, H.A., E.A. Elkhatib, A.M. Khalaf Allah, and E. Elsharkawy. 2007. Yield Response of Salt-Stressed Potato to Potassium Fertilization: A Preliminary Mathematical Model. Journal of Plant Nutrition 27:111-122.
23. El-Sawy, B.I., E.A. Radawan, and N.A. Hassan .2000. Growth and yield of potato as affected by soil and foliar potassium application. J. Agric. Sci. Mansoura Univ. 25: 5843-5850.
24. Fageria, N.K. 2007. Soil fertility and plant nutrition research under field conditions: Basic principles and methodology. Journal of Plant Nutrition 30:203-223.
25. Fageria, N.K., and V.C. Baligar .1997. Response of common bean, upland rice, corn, wheat, and soybean to soil fertility of an Oxisols. J. Plant. Nutri.32:1279-1289.

26. Fageria, N.K., M.P. Barbosa Filho, A. Moreira, and C.M. Cuimaraes. 2009. Foliar fertilization of crop plants. *J. Plant. Nutri.* 32:1044-1064.
27. FAO .2000. Global network on integrated soil management for sustainable use of salt affected soils. Country species salinity issues, Iran. FAO, Rome, Available on <http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush/degrad.asp>?
28. Fernie, A.R., and L. Willmitzer. 2001. Molecular and Biochemical Triggers of Potato Tuber Development. *Plant Physiology* 127:1459-1465.
29. Franke, W. 1967. Mechanisms of foliar penetration of solutions. *Annual Review of Plant Physiology* 18:281-300.
30. Fu, H.H., and S. Luan. 1998. A Dual-affinity K⁺ transporter from Arabidopsis. *Plant Cell* 10: 63-74.
31. Gettier, S.W., D.C. Martens, and T.B. Brumback. 1985. Timing of foliar manganese application for correction of manganese's deficiency in soybeans. *Agronomy J.* 77: 627-629.
32. Gooding, M.J., and W.P. Davies. 1992. Foliar urea fertilization of cereals: A review. *Fertilizer Res.* 32:209-222.
33. Hermans, C., J.P. Hammond, P.J. White and N. Verbruggen. 2006. How do plants respond to nutrient shortage by biomass allocation? *Trends Plant Sci.* 11:610-617.
34. Grima, K., K.L. Martin, K.W. Freeman, J. Mosali, R.K. Teal, W.R. Raun, S.M. Moges, and D.B. Arnall .2007. Determination of optimum rate and growth for foliar applied phosphorus in corn. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 38:1137-1154.
35. Jabeen, R., and R. Ahmad. 2009. Alleviation of adverse effects of salt stress by foliar application of sodium antagonistic essential minerals on cotton. *Pak. J. Botany* 41:2199-2208.
36. Kant, S., and U. Kafkafi. 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](http://www.ipipotash.org).
37. Katerji, N., J.W. Van Hoorn, A. Hamdy, and M. Mastrorilli. 2003. Salinity effect on crop development and yield, analysis of salt tolerance according to several classification methods. *Agric. Water Manage.* 62:37-66.
38. Khrais, T., Y. Leclerc, and E. Donnelly. 1998. Relative salinity tolerance of potato cultivars assessed by in vitro screening. *Amer. J. Potato Res.* 75:207-210.
39. Kotuby-Amacher J., R. Koenig, and B .Kitchen .1997. Salinity and plant tolerance. *Utah Univ. Exten. Logan Utah*, 8pp.
40. Lester G.E. 2006. Environmental regulation of human health nutrients (ascorbic acid, beta-carotene, and folic acid) in fruits and vegetables. *HortScience* 41:59–64.

41. Levy, D. 1992. The response of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) to salinity: plant growth and tuber yields in the arid desert of Israel. *Ann. Appl. Biol.* 120:547-555.
42. Levy, D., J.E.A. Seabrooke, and S. Coleman .1993. Enhancement of tuberization of axillary shoot buds of potato cultivars cultured in vitro. *J. Exp Bot.* 44:381-386.
43. Marschner, P. 2012. Marschners mineral nutrition of higher plants. London Elsevier. 231 Pp.
44. Mass, E.V., and G.H. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance- current assessment. *American Society of Civil Engineers Proceedings Journal of Irrigation and Drainage Division* 103:115-131.
45. Mengel, K. 2002. Alternative or complementary role of foliar supply in mineral nutrition. *Acta Hort.* 59433-48.
46. Mengel, K., and E.A. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition. Forth edition, International Potash Institute, Worblaufen- Bern/Switzerland.
47. Michell, J.P., C. Shennan, M.J. Singer, D. Peters, R.O. Miller, T. Prichard, S.R. Grattan, J.D. Rhoades, D.M. May, and D. Munk .2000. Impacts of gypsum and winter cover crops on soil physical properties and crop productivity when irrigated with saline water. *Agriculture and Water Management* 45: 55-71.
48. Neumann, P. 1997. Salinity resistance and plant growth revisited. *Plant Cell and Environ.* 20:1193-1198.
49. Onderasek, G., D. Romic, Z. Rengel, M. Romic, and M. Zovoko. 2009. Cadmium accumulation by muskmelon under salt stress in contaminated organic soil. *Sci. Tot. Environ.* 407:2175-2182.
50. Pardo, J.M., B. Cubero, E.O. Leidi, and F.J. Quintero. 2006. Alkali cation exchangers: roles in cellular homeostasis and stress tolerance. *J. Exp. Bot.* 57:1181-1199.
51. Patrick, J.W., W.H. Zhang, S.D. Tyerman, C.E Offler, and N.A Walker. 2001. Role of membrane transport in phloem translocation of assimilates and water. *Aus. J. Plant Physiol* 28:695-707.
52. Qi, Z., and E.P. Spalding. 2004. Protection of plasma membrane K transport by the salt overly sensitive Na-H antiport during salinity stress. *Plant Physiology* 136:2548-2555.
53. Raman S.N., D. Desai, J.B. Solanaki, and S.M. Bhatt. 1986. The Na/K ratio as index of salt stress in rice culture. *International Rice Research. Newsletter:* 11:1-30.

54. Ramani S. and S.K. Apte .1997. Transient expression of multiple genes in salinity-stressed young seedlings of rice (*Oryza sativa* L.). Biochemical and Biophysical Research Communications 233: 663-667.
55. Sasikala, D.P.P., and P.V.D. Prasad. 1994. Salinity effects on in vitro performance of some cultivars of potato. Brazilian J. Plant Physiol. 6:1-6.
56. Satyanarayana, V., and P.N. Arora .1985. Effect of nitrogen and potassium on yield and yield attributes of potato (var. Kufri Bahar). Indian Journal of Agronomy 30: 292-295.
57. Sharma, R.C., and K.C. Sud. 2001. Potassium management for yield and quality of potato. Central Potato Research Institute, Shimla-171 001 (HP). <http://www.ipipotash.org>.
58. Sharma, U.C. and B.R. Arora. 1988. Calcium content of potato (*Solanum tuberosum*) plant as affected by potassium application. Indian Journal of Agricultural Sciences 58:69-71.
59. Shaterian, J., D. Waterer, H. Jong, and K.K. Tanino. 2005. Differential stress responses to NaCl salt application in early and late maturing diploid potato clones. Environmental and Experimental Botany 54:202-212.
60. Singh, V.N. and S.P. Singh. 1995. Effect of potassium application on yield and yield attributes of potato. Journal of Potassium Research 11: 338-343.
61. Stengrobe, B., and N. Claassen. 2000. Potassium dynamics in the rhizosphere and K efficiency of crops. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 163:101-118.
62. Storey R., and R.G. Wyn Jones .1978. Salt stress and comparative physiology in the Gramineae. 1. Ion relations of two salt- and water-stressed barley cultivars, California Mariout and Arimar. Australian Journal of Plant Physiology 5: 801-816.
63. Tisdale, S.L., W.L. Nelson, and J.D. Beaton. 1985. Soil fertility and Fertilizers, 4th ed. New York: Macmillan.
64. Trehan S.P., and R.C. Sharma .2002. Potassium uptake efficiency of young plants of three potato cultivars as related to root and shoot parameters. Commun. Soil Sci. Plant Anal 33:13-18.
65. Van Hoorn, J.W., N. Katerji, A. Hamdy, and M. Mastrorilli.1993. Effect of saline water on soil salinity and on water, stress, growth and yield of wheat and potatoes. Agric. Water Manage. 23:247-265.
66. Vreugdenhil, D., J. Bradshaw, C. Gebhardt, F. Govers, K.L.L. Mackerron, M.A. Taylor and H.A. Ross. 2007. Potato biology and biotechnology. Advances and perspectives. First edition Elsevier Ltd. 823pp.
67. Wang, S., W. Zheng, J. Ren, and C. Zhang. 2002. Selectivity of various types of salt-resistant plants for K over Na. J. Arid Environ. 52:457-472.

68. Weimberg R., H.R. Lerner, and A. Poljakoff-Mayber. 1982. A relationship between potassium and proline accumulation in salt-stressed *Sorghum bicolor*. *Physiologia Plantarum* 55: 5-10.
69. Zhu J.K. 2003. Regulation of ion homeostasis under salt stress. *Current Opinion in Plant Biology* 6: 441-445.
70. Zhu, J.K. 2001. Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science* 6:66-71.