



19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



مقایسه کاربرد گچ و اسید سولفوریک جهت اصلاح خاک‌های شور سدیمی در باغ‌های پسته

سیدجواد حسینی‌فرد^{۱*}، ناصر صداقتی^۱، محمد عبدالهی عزت‌آبادی^۱، محمدرضا نیکویی دستجردی^۱

۱- پژوهشکده پسته، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران

*نویسنده مسئول مقاله: hosseinifard@pri.ir

چکیده:

بسیاری از خاک‌های مناطق پسته‌کاری شور سدیمی بوده و کاربرد گچ و اسید سولفوریک از جمله راه‌های اصلاح سدیمی بودن خاک به شمار می‌آیند. این تحقیق با هدف مقایسه اثر کاربرد گچ و اسید سولفوریک بر خصوصیات خاک و درختان پسته انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه مقدار کاربرد گچ (G100: ۱۰۰ درصد نیاز گچی، G75: ۷۵ درصد نیاز گچی و G50: ۵۰ درصد نیاز گچی) و سه مقدار کاربرد اسید سولفوریک (A1200: ۱۲۰۰ لیتر، A900: ۹۰۰ لیتر و A600: ۶۰۰ لیتر در هکتار در دو نوبت آبیاری در زمستان با رعایت pH مساوی ۴ در آب آبیاری) به همراه شاهد (کنترل) در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار با تعداد ۵ درخت برای هر تکرار در زمستان اعمال شدند. نتایج نشان داد در عمق ۴۰-۰ سانتی‌متری خاک، کاربرد گچ در مقادیر ۵۰ و ۷۵ درصد (G50 و G75) و در عمق ۴۰-۸۰ سانتی‌متری مقدار ۷۵ درصد نیاز گچی (G75) موثرتر از کاربرد اسید سولفوریک بود. موثرترین تیمار در کاهش نسبت جذب سدیم (SAR) در هر سه عمق خاک کاربرد گچ به مقدار ۷۵ درصد نیاز گچی (G75) بود. بیشترین افزایش عملکرد درختان نیز مربوط به کاربرد گچ به میزان ۷۵ درصد نیاز گچی (تیمار G75) به دست آمد.

واژگان کلیدی: آب آبیاری، سدیم تبادلی، رفسنجان

مقدمه:

بسیاری از خاک‌های مناطق پسته‌کاری شور سدیمی بوده و با وجود سدیم تبادلی روی سطح ذرات خاک، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مناسب ندارند (Quirk, 2001; Qadir and Oster, 2004). کاربرد گچ (Wong et al., 2009) و اسید سولفوریک (Amezketta et al., 2005; Sadiq, et al., 2007) از جمله راه‌های تعدیل و اصلاح pH و همچنین سدیمی بودن خاک به شمار می‌آیند. در مناطق پسته‌کاری کشور، گچ از رایج‌ترین مواد اصلاحی است که جهت اصلاح خاک‌های سدیمی به کار می‌رود. در اغلب تحقیقات انجام شده نشان داده شده است که اسید سولفوریک سریع‌تر و بهتر اثرات اصلاحی خود را در خاک و به دنبال آن روی گیاه ظاهر می‌سازد. گرچه به طور کلی مشخص است که کاربرد اسید سولفوریک در خاک‌های آهکی و قلیایی مناطق پسته‌کاری می‌تواند باعث اصلاح خاک شود اما جنبه‌های ناشناخته در مورد مقدار، دفعات کاربرد و اثرات آن بر خاک به‌ویژه مقدار کاهش درصد سدیم تبادلی در شرایط خاک‌های شور سدیمی باغ‌های پسته وجود دارد. همچنین با توجه به رواج استفاده از گچ جهت اصلاح خاک در ایران، لازم است مقایسه بین اسید سولفوریک و گچ انجام شده تا نتایج آن کاربردی و قابل ترویج به کشاورزان و باغداران باشد. بنابراین در این تحقیق اثرات کاربرد زمستانی گچ و اسید سولفوریک بر روی خصوصیات خاک مناطق پسته‌کاری و همچنین درختان پسته بررسی شد.



19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

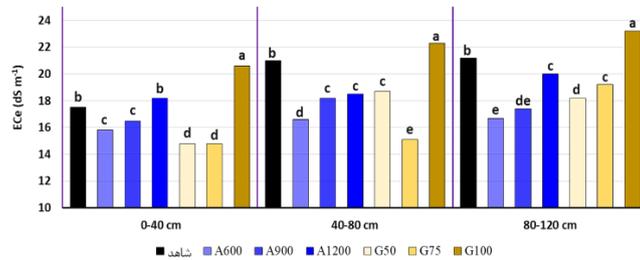


مواد و روش‌ها

باغ پسته‌ای با رقم کله‌قوچی، دور آبیاری ۵۰ روزه و سن درختان ۴۰ سال و همچنین شرایط آب و خاک شورسدی می در منطقه رفسنجان انتخاب شد. شوری آب آبیاری در این باغ ۱۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر و نسبت جذب سدیم ۳۲/۹ بود. شوری در عمق‌های مختلف خاک بین ۱۳ تا ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر و نسبت جذب سدیم بین ۲۲ تا ۳۲ متغیر بود. تیمارهای آزمایشی شامل سه مقدار کاربرد گچ (G100: ۱۰۰ درصد نیاز گچی، G75: ۷۵ درصد نیاز گچی و G50: ۵۰ درصد نیاز گچی) و سه مقدار کاربرد اسید سولفوریک (A1200: ۱۲۰۰ لیتر، A900: ۹۰۰ لیتر و A600: ۶۰۰ لیتر در هکتار در دو نوبت آبیاری در زمستان با رعایت pH مساوی ۴ در آب آبیاری) به همراه شاهد (کنترل) در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار با تعداد ۵ درخت برای هر تکرار در زمستان اعمال شدند. از بین ۲۰ نمونه گچ، گچ معدن هرات با شوری کمتر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر، نسبت جذب سدیم ۳/۵، درصد آهک ۵ درصد و نسبت کلسیم به منیزیم حدود ۳ برای کاربرد در باغ آزمایشی انتخاب شد. در تیمارهای مربوط به کاربرد، مقدار گچ محاسبه شده، قبل از انجام آبخویی زمستانه (دی ماه) در نوار آبیاری و در سطح خاک پخش و سپس آبیاری انجام شد. اسیددهی در تیمارهای حاوی اسید سولفوریک، به وسیله قرار دادن تانکر پلی اتیلنی مناسب در ابتدای کرت‌های مربوطه در طول مدت آبیاری در زمستان (دی و بهمن ماه) انجام شد. در اسفندماه هر سال، پس از پایان اعمال تیمارها نمونه‌برداری خاک از سه عمق ۰-۴۰، ۴۰-۸۰ و ۸۰-۱۲۰ سانتی‌متری از تکرارهای هر تیمار انجام و آزمایشات مربوطه روی آنها انجام شد (علی‌احیایی، ۱۳۷۶). هنگام برداشت محصول، در هر تکرار، وزن تر محصول، وزن خشک محصول، درصد پوکی، درصد خندانی و انس پسته تعیین شد. در ضمن محاسبات آماری و مقایسه میانگین‌ها بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار SPSS ۲۴ انجام شد.

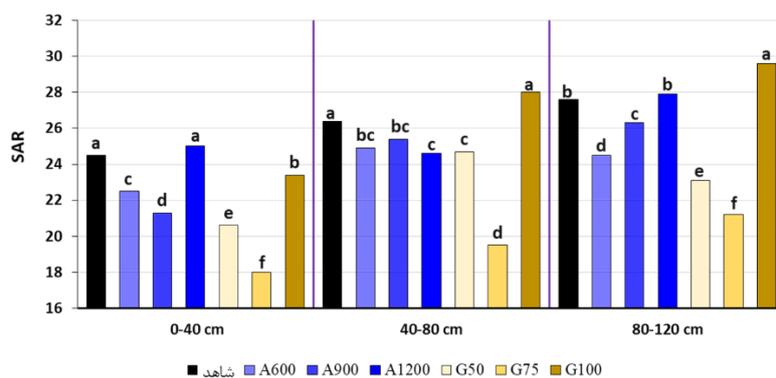
نتایج و بحث:

نتایج اثر تیمارها بر شوری خاک در شکل ۱ نشان داده شده است. تیمارهای A600 و A900 از تیمارهای کاربرد اسید سولفوریک همراه آب آبیاری و دو تیمار G50 و G75 گچ باعث کاهش معنی‌دار ($P \leq 0.05$) هدایت الکتریکی عصاره اشباع یا شوری خاک در عمق ۰ تا ۴۰ سانتی‌متری نسبت به تیمار شاهد شدند. تیمار A1200 تغییر معنی‌داری ($P \leq 0.05$) در مقدار شوری خاک در این عمق ایجاد نکرده است اما تیمار G100 گچ باعث افزایش شوری در این عمق خاک شده است. بیشترین کاهش شوری در تیمارهای G50 و G75 به مقدار ۲/۷ دسی‌زیمنس بر متر بود و بعد از آنها تیمارهای A600 و A900 قرار گرفتند که به ترتیب باعث کاهش ۱/۷ و ۱/۰ دسی‌زیمنس بر متر هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک شدند. در عمق ۴۰-۸۰ سانتی‌متری هر سه تیمار کاربرد اسید سولفوریک همراه آب آبیاری و دو تیمار G50 و G75 گچ باعث کاهش معنی‌دار ($P \leq 0.05$) هدایت الکتریکی عصاره اشباع یا شوری خاک نسبت به تیمار شاهد شدند. اما تیمار G100 گچ باعث افزایش معنی‌دار ($P \leq 0.05$) شوری در این عمق خاک شده است. بیشترین کاهش شوری در تیمار G75 به مقدار ۵/۹ دسی‌زیمنس بر متر بود.



شکل ۱- اثر تیمارهای آزمایشی بر شوری خاک در اعماق مختلف

نسبت جذب سدیم (SAR) و درصد سدیم تبادلی که از مهمترین شاخص‌های اصلاح سدیمی بودن خاک هستند در هر سه عمق خاک تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند. در شکل ۲ اثر تیمارها بر شاخص نسبت جذب سدیم (SAR) نشان داده شده است. این شاخص در عمق ۰-۴۰ سانتی متری خاک با کاربرد دو تیمار A600 و A900 اسید سولفوریک و هر سه تیمار کاربرد گچ (G50، G75، G100) نسبت به شاهد کاهش نشان دادند. بیشترین کاهش در تیمار G75 و به مقدار ۶/۵ واحد بود. نسبت جذب سدیم (SAR) در عمق ۴۰-۸۰ سانتی متری خاک نیز به طور مشابه تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت. این شاخص در اثر تیمارهای مختلف کاربرد اسید سولفوریک و گچ به غیر از تیمار G100 کاهش معنی داری ($P \leq 0.05$) نسبت به شاهد داشت. بیشترین کاهش نسبت جذب سدیم (SAR) به مقدار ۷/۱ واحد و در تیمار G75 رخ داد. در عمق ۸۰-۱۲۰ سانتی متری خاک این شاخص در اثر تیمارهای مختلف کاربرد اسید سولفوریک و گچ به غیر از تیمارهای A1200 و G100 کاهش معنی داری ($P \leq 0.05$) نسبت به شاهد داشت. تیمار A1200 تاثیر معنی داری ($P \leq 0.05$) بر این شاخص نداشت اما تیمار G100 حتی این شاخص را نسبت به شاهد افزایش داد. بیشترین کاهش نسبت جذب سدیم (SAR) در این عمق خاک به مقدار ۶/۴ واحد و در تیمار G75 رخ داد.

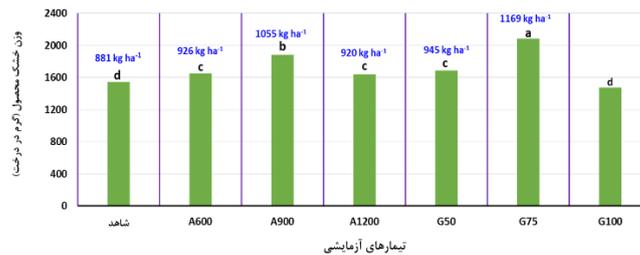


شکل ۲- اثر تیمارهای آزمایشی بر نسبت جذب سدیم خاک در اعماق مختلف

همه تیمارها به غیر از تیمار G100 باعث افزایش وزن خشک محصول نسبت به شاهد شدند. بیشترین افزایش وزن خشک محصول مربوط به تیمار G75 می باشد. این تیمار باعث افزایش معنی دار ($P \leq 0.05$) به مقدار ۵۴۰ گرم در هر درخت وزن خشک محصول پسته شد. از بین تیمارهای کاربرد اسید سولفوریک نیز وضعیت تیمار A900 بهتر بود. این تیمار باعث افزایش معنی دار

($P \leq 0.05$) به مقدار ۳۳۶/۶ گرم در هر درخت وزن خشک محصول پسته شد (شکل ۳). Morgan و Graham (۲۰۱۹) اسیدی کردن آب آبیاری با استفاده از اسید سولفوریک به مدت سه سال در مناطقی با آب آبیاری با pH بزرگتر از ۶/۵ را باعث افزایش عملکرد، مواد محلول میوه و تولید پرتقال والنسیا دانستند. مقایسه کارایی استفاده از اسید سولفوریک با چند نوع گچ تاثیر بیشتر اسید سولفوریک را در افزایش تدریجی عملکرد گندم و برنج نشان داده است (Amezket et al., 2005). در تحقیق حاضر نشان داده شد با توجه به محدودیت کاربرد اسید سولفوریک به صورت مقادیر معادل گچ در یک یا حتی دو زمستان در باغهای پسته، اثر کاربرد گچ در مقادیر کمتر از صد درصد نیاز گچی موثرتر بود.

همه تیمارهای آزمایشی باعث کاهش معنی دار ($P \leq 0.05$) درصد پوکی و انس پسته و افزایش درصد خندانی میوه نسبت به تیمار شاهد شده اند که اثرات مثبتی به شمار می آیند. اختلاف بین تیمارهایی که درصد پوکی را کاهش دادند از نظر آماری ($P \leq 0.05$) معنی دار نبود. در حالیکه از نظر اثر بر صفت خندانی میوه تیمارهای G50 و G75 و انس پسته A900، G50 و G75 وضعیت بهتری داشته و در یک گروه آماری ($P \leq 0.05$) قرار گرفتند.



شکل ۳- اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد وزن خشک محصول پسته

نتیجه گیری:

همان گونه که در نتایج ملاحظه شد عملکرد درختان پسته در اثر اعمال همه تیمارها به غیر از تیمار کاربرد ۱۰۰ درصد نیاز گچی (G100) افزایش یافت. بیشترین افزایش عملکرد درختان مربوط به کاربرد گچ به میزان ۷۵ درصد نیاز گچی (تیمار G75) می باشد. این افزایش به مقدار ۳۰۲/۴ کیلوگرم در هکتار معادل ۳۴/۳ درصد نسبت به تیمار شاهد بود. از بین تیمارهای کاربرد اسید سولفوریک نیز وضعیت تیمار A900 یعنی کاربرد ۹۰۰ لیتر اسید سولفوریک در زمستان (۱۸۰۰ لیتر طی زمستان دو سال متوالی) بهتر بود. این تیمار عملکرد درختان پسته را ۱۸۸/۵ کیلوگرم در هکتار یعنی ۲۱/۴ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. در باغهای پسته چند محدودیت مهم وجود دارد که مانع از کاربرد مقادیر زیاد اسید سولفوریک در هر نوبت آبیاری و یا در طول زمستان می شود. یکی از این محدودیت ها طولانی بودن دور آبیاری در باغهای پسته است که باعث می شود معمولاً یک یا دو نوبت آبیاری در فصل زمستان بیشتر انجام نشود که در این تحقیق دو نوبت آبیاری در هر سال در فصل زمستان انجام شد. محدودیت دیگر ناشی از حد مجاز pH آب آبیاری برای کاربرد در باغهای پسته است چون پسته کشت دائم محسوب شده و برای حفظ درختان و ریشه آنها نباید pH آب آبیاری از حدی پایین تر بیاید. در تحقیقی توسط حسینی فرد و همکاران (۱۴۰۰) در باغهای پسته مشخص شد که این pH در خاکهای با بافت سبک، متوسط و سنگین به ترتیب ۵، ۴ و ۳ می باشد. همچنین در تحقیق آنها اثر سوء کاربرد اسید سولفوریک به طور نسبی بر مقدار ماده آلی و تنفس میکروبی خاک نشان داد که در رعایت مقدار اسید سولفوریک و pH آن باید دقت نمود. در تحقیق حاضر نیز این مطلب نشان داده شد که کاربرد مقادیر زیاد اسید



19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



سولفوریک یعنی تیمار A1200 لزوماً بهترین تیمار نبوده و مقادیر کمتر اثر بهتری نشان دادند. ضمن اینکه برای مقادیر گچ هم چنین وضعیتی پیش آمد یعنی تیمار صددرصد نیاز گچی هم لزوماً بهترین نبوده و به نظر می‌رسد مسائلی مانند املاح همراه گچ استفاده شده از نظر اثر مستقیم شوری و اثر بر فشار اسمزی و اثرات متقابل عناصر موجود در خاک با عناصر موجود در گچ، محدود کننده استفاده از مقادیر بالای گچ بوده است. گرچه Mace و همکاران (۱۹۹۹) با مقایسه گچ و اسید سولفوریک با وزنهای اکی والانی مساوی بر خصوصیات چند خاک و کانی خالص در شرایط کنترل شده آزمایشگاه نتیجه گرفتند که نقش اسید سولفوریک در اصلاح خاک موثرتر بوده است. اما در باغ‌های پسته امکان استفاده از وزنهای اکی‌والانی مساوی از گچ و اسید سولفوریک به دلیل محدودیت‌های ذکر شده وجود ندارد و با نتایج تحقیق حاضر متفاوت بود.

تشکر و قدردانی

این پروژه با حمایت مالی مجتمع مس سرچشمه انجام پذیرفته که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌گردد.

فهرست منابع

حسینی فرد، س. ج، صداقتی، ن.، نادبی، م.، اسماعیل پور، ع.، نیکویی دستجردی، م. (۱۴۰۰). ارزیابی اثرات کاربرد اسید سولفوریک تولیدی مجتمع مس سرچشمه در آب آبیاری بر خصوصیات بیوشیمیایی خاک، رشد و عملکرد کمی و کیفی درختان پسته. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده پسته. ۱۸۲ ص.
علی احیایی، م. ۱۳۷۶. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک (جلد دوم). تهران، انتشارات مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۱۰۲۴.

Amezketta, E., Aragues, R. and Gazol, R. (2005). Efficiency of sulfuric acid, mined gypsum and two gypsum by products in soil crusting prevention and sodic soil reclamation. *Agronomy Journal*, 97: 983-989.
Mace, J. E., C. Amrhein and Oster, J. D. (1999). Comparison of Gypsum and Sulfuric Acid for Sodic Soil Reclamation. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 13:171-188.
Mitchell, J. P., Shennan, C., Singer, M. J., Peters, D. W., Miller, R. O., Prichard, T., Grattan, S. R., Rhoades, J. D., May, D. M. and Munk, D. S. (2000). Impacts of gypsum and winter cover crops on soil physical properties and crop productivity when irrigated with saline water. *Agricultural Water Management*, 45: 55-71.
Morgan, K.T. and Graham, J.H. (2019). Nutrient status and root density of Huanglongbing-affected trees: Consequences of irrigation water bicarbonate and soil pH mitigation with acidification. *Agronomy*, 9 (11): 746.
Qadir, M. and Oster, J. D. (2004). Review, crop and irrigation management strategies for saline-sodic soils and waters aimed at environmentally sustainable agriculture. *Science of Total Environment*, 323: 1-19.
Quirk, J. P. (2001). The significance of the threshold and turbidity concentrations in relation to sodicity and microstructure. *Australian Journal of Soil Research*, 39: 1185-1217.
Sadiq, M., Hassan, G.S., Mehdi, M., Hussain, N. and Jamil, M. (2007). Amelioration of saline-sodic soils with tillage implements and sulfuric acid application. *Pedosphere*, 17: 182-190.
Wong, V. N. L., Dalal, R. C. and Greene, R. S. B. (2009). Carbon dynamics of sodic and saline soils following gypsum and organic material additions: A laboratory incubation. *Applied Soil Ecology*, 41 (1): 29-40.

Comparison of gypsum and sulfuric acid for reclamation of saline-sodic soils in pistachio orchards

Seyed Javad Hosseinfard, Nasser Sedaghati, Mohammad Abdolahi Ezatabadi, Mohammadreza Nikuei Dastjerdi



19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



Pistachio Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agriculture Research Education and Extension Organization (AREEO), Rafsanjan, Iran

Abstract

Many of the soils of pistachio growing areas are saline and sodic and application of gypsum and sulfuric acid are among the ways to reclaim the sodium content of the soil. This research was conducted with the aim of investigating the effect of application of sulfuric acid on the soil properties and pistachio trees. The experimental treatments include three amounts of gypsum (G100: 100% of gypsum requirement, G75: 75% of gypsum requirement and G50: 50% of gypsum requirement) and three amounts of sulfuric acid (A1200: 1200 L ha⁻¹, A900: 900 L ha⁻¹ and A600: 600 L ha⁻¹ in two times of irrigation in winter with pH=4 in irrigation water) along with the control were applied as statistical design of randomized complete block in 4 replications or blocks with the number of 5 trees for each replication in winter. The results showed in the soil depth of 0-40 cm, the application of gypsum in the amounts of 50 and 75% (G50 and G75) and in the depth of 80-40 cm, the amount of 75% of the gypsum requirement (G75) was more effective than the application of sulfuric acid. The most effective treatment in reducing the Sodium Absorption Ratio (SAR) in all three soil depths was the application of gypsum as 75% of the gypsum requirement (G75). The highest increase in trees yield was related to the application of gypsum to amount of 75% of the gypsum requirement (treatment G75).

Keywords (Times New Roman, 10pt, Bold): Irrigation Water, Exchangeable Na, Rafsanjan