

The effect of NaCl salinity on some growth parameter and root morphology of three pistachio cultivars

Omid Yazdi Sajadieh¹, Ebrahim Panahpour^{2*}, Habib Nadian³, Ali Gholami⁴

1- PhD Student, Department of Soil Science, Khuzestan Science and Research Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. Department of Soil Science, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
omidsajadieh@gmail.com

2- Corresponding Authors and Associate Professor Department of Soil Science, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
e.panahpour@gmail.com

3- Professor of Soil Science, College of Agriculture, Ramin Agriculture and Natural Resources University, khozestan, Iran
nadian_habib@yahoo.com

4- Associate Professor Department of Soil Science, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
ali.gholami54@gmail.com

Received Date: 2019/12/19

Accepted Date: 2020/08/19

Abstract

Introduction: Soil and water salinity in many parts of the world, especially in arid and semiarid areas, growth limiting factor. In recent years, much research into adapting the plants to environmental stresses such as salinity. The Pistachio plant salt-tolerant, but the yield on high salinities and decreases severely affected. The present study was to the effect of salinity on the Relative Growth Rate, Net Assimilation Rate, Leaf Weight Ratio three cultivars of pistachio (Akbari, Aghaei, and Kalle-Ghuchi). Understanding the mechanisms of tolerance of crop plants to high concentrations of NaCl in soils may ultimately help to improve yield on saline lands. Esmaeilpour et al. (2019) observed that drought and salinity stress significantly reduces photosynthesis and stomatal conduction in pistachio trees, which is the fastest stomatal response of the plant to soil moisture conditions. The physiological response of the plant to the availability of soil water such as stomatal conduction and vascular sap movement is always a better indicator of plant moisture conditions compared to soil moisture and suction (Parry, 2014).

Material and methods: The experiment was arranged in a randomized complete block design consisting of a 3×4 factorial combination of three pistachio cultivars and four salinity levels (1, 5, 10, and 15 dS/m sodium chloride) with three replications. Four pots were selected and harvested from each experimental unit before and after 30 and 60 days of salinity application. Then RGR, NARw, LWR calculated (formula 1,2,3). Data were analyzed by SPSS software and mean comparison was performed using the Duncan test at a 5% level. Excel software was used to draw charts.

Results and discussion: Aghaei have a high amount of Relative Growth Rate, Net Assimilation Rate, Leaf Weight Ratio, and Root length at the highest levels of salinity (15 dS/m) and Akbari due to having less amount of Relative Growth Rate, Net Assimilation Rate, Leaf Weight Ratio, and Root length sensitive to salinity. Root density was evaluated as an indicator of root morphology. The effect of salinity on root length and density is shown in Table (3). Increasing salinity treatment from 1 to 15 dS/m, root length, and density decreased significantly at a 5% probability level.

Conclusions: According to the results, salinity has a significant and direct effect on the Relative Growth Rate, Net Assimilation Rate, and Root morphology of three pistachio cultivars and is not significant in terms of leaf weight among the studied cultivars.

Keywords: Salinity stress, Root, Relative Growth Rate, Leaf weight.

تأثیر شوری کلریدسیدی بر برخی خصوصیات رشدی و مورفولوژی ریشه سه رقم پسته

امید یزدی سجادیه^۱، ابراهیم پناهپور^{۲*}، حبیب اله نادیان^۳، علی غلامی^۴

۱- دانشجوی دکتری خاکشناسی، گروه خاکشناسی، پردیس علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران و گروه خاکشناسی، واحد

اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

omidsajadieh@gmail.com

۲- نویسنده مسئول و دانشیار گروه خاکشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

e.panahpour@gmail.com

۳- استاد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، خوزستان، ایران

nadian_habib@yahoo.com

۴- دانشیار گروه خاکشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

ali.gholami54@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۲۸

چکیده

پسته یک گیاه متحمل به شوری است ولی میزان عملکرد این گیاه در شوریه‌های بالا شدیداً تحت تأثیر قرار گرفته و کاهش می‌یابد. مهم‌ترین اهداف این پژوهش، بررسی اثر سطوح مختلف شوری بر سرعت رشد نسبی، سرعت فتوسنتز خالص، نسبت وزن برگ و مورفولوژی ریشه در سه رقم پسته (اکبری، آقایی و کله قوچی) بود. آزمایش در دی‌ماه ۱۳۹۳ در شرایط گلخانه‌ای (مرکز ملی تحقیقات شوری یزد) بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گردید. تیمارها شامل چهار سطح شوری، ($1, 5, 10, 15 \text{ dS/m}^{-1}$) از منبع کلریدسیدیم بود. در سطوح شوری کم و متوسط (پنج و ده دسی زیمنس بر متر)، سرعت رشد نسبی نسبت به شاهد به ترتیب ۱۳ و ۳۷ درصد بود که این مقدار در بیشترین سطح شوری (۱۵ دسی زیمنس بر متر) به ۶۶ درصد رسید در حالی که در سطوح شوری کم و متوسط سرعت فتوسنتز خالص نسبت به شاهد به ترتیب ۹ و ۲۱ درصد بود که این مقدار در بیشترین سطح شوری به ۳۶ درصد رسید که نشان داد صرف نظر از نوع رقم، در شوریه‌های کم تا زیاد، سرعت رشد نسبی پسته در مقایسه با سرعت فتوسنتز خالص به شوری حساستر است. رقم آقایی به دلیل بالاتر بودن سرعت رشد نسبی، سرعت فتوسنتز خالص، نسبت وزن برگ، طول و چگالی ریشه در بیشترین سطح شوری در تحمل به شوری نسبت به سایر ارقام برتری داشت و رقم اکبری که در بیشترین سطح تنش کمترین میزان صفات اندازه‌گیری شده را داشت، به عنوان رقم حساس معرفی شد.

کلمات کلیدی: تنش شوری، ریشه، سرعت رشد نسبی، وزن برگ.

مقدمه

عمده مشکل شوری برای گیاهان عالی به دلیل مقادیر بیش از حد کلرید سدیم می‌باشد که به طور گسترده در مناطق ساحلی، خاک‌های مناطق خشک و زمین‌های فاریاب پخش شده است. جدا کردن نقش‌های سدیم و کلر در تنش شوری در گیاهان کمتر مورد بررسی قرار گرفته و بیشتر تحقیقات روی تاثیرات سدیم می‌باشد. به طور کلی خاک‌های شور فاقد **کربنات‌های** محلول‌اند در حالی که خاک‌های قلیایی و شور قلیایی، مقادیر قابل ملاحظه‌ای کربنات دارند (Ashraf and Khanum, 1997).

پسته (*Pistacia vera L*) گیاهی نیمه‌گرمسیری از خانواده (*Anacardiaceae*) است. تیره پسته‌سانان با حدود ۶۰ جنس و ۶۰۰ گونه، تیره‌ای مهم در بین گیاهان می‌باشد. تحمل گیاهان در مقابل شوری بین گونه‌های مختلف و حتی بین ارقام پایه‌های یک گونه متغیر است (Grattan and Grieve, 1999). تحمل به شوری همانگونه که در بین ارقام مختلف پسته متفاوت است در اندام‌های مختلف پسته نیز متفاوت می‌باشد (Banakar and Ranjbar, 2010, Mudgal et al., 2010).

نوروزی و همکاران (Norouzi et al., 2015)، با بررسی تأثیر سیلیکون بر رشد، فتوسنتز و روابط یونی در گیاه پسته تحت تنش شوری در شرایط کشت هیدروپونیک نشان دادند که شوری به دلیل بی‌نظمی در روابط آبی برگ موجب بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش توانایی گیاه برای تولید ماده خشک و نیز کاهش سنتز اسمولیت‌های آلی برای مقابله با اختلالات اسمزی می‌شود.

استفاده از آب شور بر خصوصیات شیمیایی خاک تأثیر دارد و به مرور باعث شوری بیشتر خاک می‌شود (Selim et al., 2013). عطایی و همکاران (Ataee et al., 2018) با استفاده از مدل هایدروس نشان دادند که کمترین میزان

تجمع املاح در نزدیکی قطره چکان‌ها است و با دور شدن از آن، شوری خاک افزایش می‌یابد. همچنین، آن‌ها مشاهده نمودند که به علت کاهش رطوبت خاک از روز پنجم آبیاری به بعد، جذب آب ریشه با محدودیت مواجه می‌شود که کوتاه‌تر کردن دور آبیاری برای جلوگیری از تنش رطوبتی ضروری است. ازدیاد املاح در حوزه فعالیت ریشه بستگی به مقدار نمک آب آبیاری، تعداد دفعات آبیاری، صعود مویینه آب زیرزمینی و منشا خاک دارد (Tabatabaei et al., 2016).

فلاح و همکاران (Fallah et al., 2019)، نتیجه گرفتند که تبخیر و تعرق واقعی پسته در طول فصل رشد برابر با ۷۷۰ میلی‌متر برای کل منطقه مطالعاتی و ۶۷۲ میلی‌متر برای باغات منتخب برآورد شد. با توجه به مقایسه‌های صورت گرفته بین نیاز آبی پسته، تبخیر و تعرق واقعی و حجم آب مصرفی باغات منتخب، استراتژی کم آبیاری مدیریت شده درختان پسته برای منطقه مطالعاتی را توصیه کردند.

اسماعیل‌پور و همکاران (Esmailpour et al., 2019)، مشاهده کردند که تنش خشکی و شوری به‌طور معنی‌داری باعث کاهش میزان فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای در درختان پسته می‌گردد که هدایت روزنه‌ای سریع‌ترین پاسخ گیاه به شرایط رطوبتی خاک می‌باشد. پاسخ فیزیولوژیک گیاه به فراهمی آب خاک از قبیل هدایت روزنه‌ای و حرکت شیره آوندی در مقایسه با رطوبت و مکش خاک همواره شاخص بهتری از شرایط رطوبتی گیاه می‌باشد (Parry, 2014).

مطالب زیادی در ارتباط با ساختار هندسی و واکنش‌های فیزیولوژیک پسته در مواجهه با تنش‌های مختلف محیطی به رشته تحریر در آمده است، اما اطلاعات از واکنش ریشه‌ها در حضور تنش‌های مختلف محیطی و چگونگی تأثیر آن‌ها بر فرایندهای رشد و نمو ریشه کم است. خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک پسته در عملکرد نهایی تأثیر بسزایی داشته و این خصوصیات تحت

دارد و از روستاهای قدیمی استان یزد محسوب می‌شود و بخش مرکزی شهرستان صدوق با وسعت ۶۱ کیلومتر مربع است. منطقه رستاق در طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۳۰ ثانیه و عرض ۳۱ درجه و ۵۶ دقیقه و ۳۰ ثانیه و با ارتفاع ۱۲۱۸ متر از آب‌های آزاد واقع شده‌است. میانگین بارش سالانه ۵۵ میلی‌متر است. میانگین اختلاف حداقل و حداکثر دما در طول سال به ده درجه سلسیوس نیز می‌رسد (Alipour and Hossenifard, 2004).

پس از خشک کردن خاک در هوای آزاد (سایه) و کوبیدن آن و عبور از الک دو میلی‌متری، آزمایشات لازم روی آن انجام گردید. آزمایشات فیزیکی و شیمیایی خاک شامل: اندازه‌گیری هدایت الکتریکی، عصاره اشباع خاک، تعیین بافت خاک، کربن آلی، کربنات کلسیم معادل، ظرفیت تبادل کاتیونی، ظرفیت زراعی و درصد نیتروژن کل بود (جدول ۱).

تاثیر ارقام قرار می‌گیرد، لذا لازم به نظر می‌رسد که این تغییرات در این شرایط بررسی شود، تا استفاده موثرتر از منابع بدست آید.

پژوهش حاضر با اهداف بررسی اثر سطوح مختلف شوری بر سرعت رشد نسبی، سرعت فتوسنتز خالص و نسبت وزن برگ در سه رقم پسته (اکبری، آقایی و کله قوچی) بود و هم‌چنین، تعیین مقاوم‌ترین و حساس‌ترین رقم از نظر صفات مورد ارزیابی در هر سطح شوری صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

خاک مورد مطالعه به مقدار کافی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری از منطقه رستاق استان یزد که شوری در حد پایینی است تهیه شد. منطقه رستاق در ۳۸ کیلومتری شمال غربی یزد و هشت کیلومتری غرب جاده یزد - نایین قرار

جدول ۱. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

Table 1. Physico-chemical properties of the soil used in the experiment

Soil texture	pH	Ec (dS/m)	CEC (CmolC/kg)	Equivalent Calcium Carbonat (%)	Organic matter(%)	Total Nitrogen (%)
Sandy loam	7.4	1	18.3	16	0.05	0.01

زراعی، خشک و سپس مخلوط و یکنواخت گردید. گلدان‌های مورد نظر (۳۶ عدد) از جنس پلاستیک به ارتفاع ۴۰ و قطر ۳۵ سانتی‌متر بود که انتهای آنها دو سوراخ به قطر یک سانتی‌متر به عنوان زهکش تعبیه و در کف هر گلدان به ارتفاع پنج سانتی‌متر گراول درشت ریخته شد. عمق نهایی خاک در هر گلدان حدود ۳۰ سانتی‌متر بود.

بذرهای پسته در دی‌ماه ۱۳۹۳ بعد از جداسازی پوست سخت به مدت ده دقیقه در محلول وایتکس ده درصد قرار داده شدند. پس از آن که با آب مقطر استریل شستشو داده شد، به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر استریل در یک ظرف

آزمایش در شرایط گلخانه‌ای (گلخانه مرکز ملی تحقیقات شوری یزد) بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام گردید، که عامل اول شامل چهار سطح شوری ۱، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر کلریدسیم است و عامل دوم، سه رقم پسته (اکبری، آقایی و کله‌قوچی) می‌باشد. سطوح شوری با توجه به حد آستانه تحمل به شوری گیاه پسته که حدود هشت دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد (Malekuti and Homaei, 2004) انتخاب شد.

خاک مورد مطالعه پس از رساندن به حد ظرفیت

در بسته خیسانده شدند. سپس با سم پنتا کلرو نیترو بنزن با غلظت شش میلی گرم در لیتر برای جلوگیری از آلودگی قارچی، ضد عفونی و به مدت چند روز میان پارچه‌های متقال مرطوب قرار گرفتند. در هر گلدان ده عدد بذر جوانه زده در عمق سه سانتی متر، کشت گردید. پس از استقرار کامل نهال‌ها (اسفندماه ۱۳۹۳)، دو بوته در هر گلدان حفظ و بقیه حذف شدند. اعمال تیمارهای شوری از طریق آبیاری در سه نوبت و به فاصله زمانی ده روزه به تدریج به گیاهان اعمال گردیدند تا از شوک ناگهانی به آن‌ها جلوگیری شود و با استفاده از محلول‌هایی با ECهای معین در مرحله چهار برگی و بر اساس ظرفیت زراعی و هم زمان با نیاز آبی گیاه، تا پایان مرحله رویشی صورت پذیرفت. اندازه گیری EC آب زهکش برای سنجش میزان شوری تجمع یافته درون خاک گلدان در طی زمان انجام شد. در هر بار آبیاری حجم آب شور مصرفی با رعایت نیاز آبتی به اندازه کافی بود تا آب اضافی از انتهای گلدان‌ها خارج گردد و از تجمع نمک جلوگیری نماید و شوری در سطوح یاد شده حفظ گردد.

قبل از شروع اعمال سطوح شوری و بعد از گذشت ۳۰ و ۶۰ روز از اعمال سطوح شوری از هر واحد آزمایشی (تیمار) چهار گلدان انتخاب و برداشت شد. سپس سرعت رشد نسبی^۱ (RGR) که نشان دهنده افزایش وزن گیاه در واحد زمان نسبت به واحد وزن گیاه است، سرعت فتوسنتز خالص^۲ (NARw) که مشخص کننده افزایش وزن گیاه در واحد زمان نسبت به واحد وزن برگ و نسبت وزن برگ^۳ (LWR) که نشان دهنده نسبت وزن خشک کل برگ‌ها به وزن کل گیاه است در هر برداشت طبق رابطه‌های زیر محاسبه شد: (Ruiz et al., 1997)

$$\text{RGR} = 1/W \times dW/dt \quad \text{رابطه (۱)}$$

تغییرات وزن: dW

تغییرات زمان: dt

$$\text{NARw} = 1/LW \times dW/dt \quad \text{رابطه (۲)}$$

واحد وزن برگ: LW

$$\text{LWR} = \text{RGR} / \text{NARw} \quad \text{رابطه (۳)}$$

نمونه‌ها پس از قرار گرفتن در پاکت‌های کاغذی مخصوص، به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شد تا وزن آنها به حد ثابتی برسد. سپس توزین و با آسیاب دستی پودر شدند. یک گرم از نمونه‌های پودر شده شاخساره و ریشه در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به روش خشک سوزانی خاکستر و پس از هضم با اسیدکلریدریک عصاره گیری گردید (Irgoyen et al., 1992).

بعد از دوره رشد رویشی (خرداد ماه ۱۳۹۴) شاخساره (برگ و ساقه) و ریشه از هم جدا شدند. با استفاده از دستگاه اندازه گیری مدل تجزیه تصویری دلتا تی اسکن^۴، طول کل ریشه‌ها محاسبه شد. ریشه‌ها با دقت از خاک خارج گردید، به نحوی که هیچ پارگی در حد امکان در ریشه‌ها رخ نداده باشد، با دستگاه، ریشه‌ها اسکن شد. چگالی ریشه با تقسیم طول ریشه به حجم گلدان‌ها تعیین گردید (Hunt, 1978).

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن در سطح پنج درصد انجام گرفت. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

تاثیر سطوح مختلف شوری بر روی سرعت رشد

نسبی

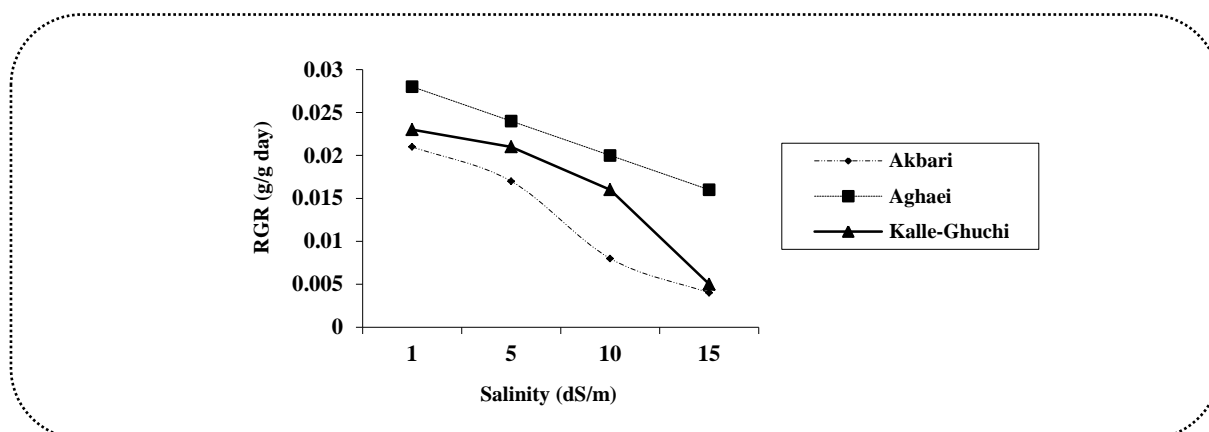
نتایج تاثیر سطوح مختلف شوری بر روی سرعت رشد

1 . Relative Growth Rate
2 . Net Assimilation Rate,
3 . Leaf Weight Ratio

4 . Delta-T-Scan Image Analysis System

پنج دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم در خاک سرعت رشد نسبی ۱۳ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت که این میزان کاهش در رقم اکبری، آقایی و کله‌قوچی به ترتیب ۱۹، ۱۱ و ۸ درصد بود. با افزایش شوری از یک به ده دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم در خاک سرعت رشد نسبی ۳۷ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد که این میزان کاهش در رقم اکبری، آقایی و کله‌قوچی به ترتیب ۵۷، ۲۵ و ۳۰ درصد شد. با افزایش شوری از یک به ۱۵ دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم در خاک سرعت رشد نسبی ۶۶ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت که این میزان کاهش در رقم اکبری، آقایی و کله‌قوچی به ترتیب ۸۰، ۴۰، ۷۸ درصد بود (شکل ۱).

نسبی نشان داد که با افزایش شوری، سرعت رشد نسبی کاهش یافت که این کاهش در سه رقم مورد مطالعه متفاوت بود که با نتایج حکم‌آبادی و همکاران (Hokmabadi et al., 2004) بر روی سه رقم پسته؛ فلاح و همکاران (Falah et al., 2016) بر روی دو رقم برنج و رویز و همکاران (Ruiz et al., 1997) بر روی ارقام مختلف مرکبات همخوانی داشت. این اختلاف‌ها در سه رقم پسته، ۶۰ روز بعد از شروع اعمال سطوح شوری و بخصوص در شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر، کاملاً بین تیمار شاهد و ارقام مختلف پسته مشهود بود. در کلیه ارقام مورد مطالعه، با افزایش میزان شوری، میزان سرعت رشد نسبی کاهش یافت. به طوری که با افزایش شوری از یک به



شکل ۱. سرعت رشد نسبی در سطوح مختلف شوری در سه رقم پسته.

Figure (1). Relative growth rate on different salinity levels in three pistachio cultivars.

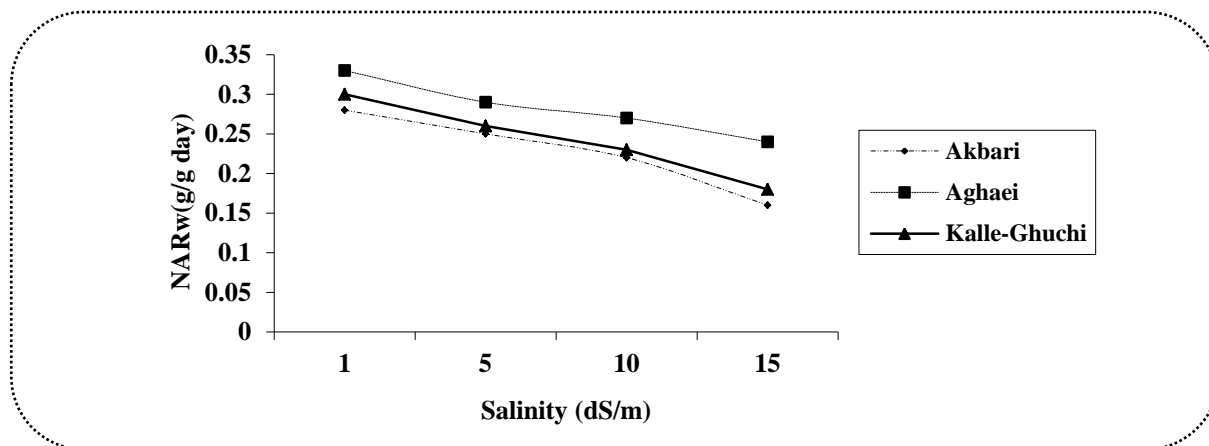
تاثیر سطوح مختلف شوری بر روی سرعت فتوسنتز خالص

در این پژوهش ۶۰ روز پس از اعمال سطوح شوری سرعت فتوسنتز خالص در کلیه ارقام مورد مطالعه با افزایش شوری کاهش یافت. با افزایش شوری از یک به پنج دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم در خاک سرعت فتوسنتز خالص نسبت به شاهد ۹ درصد کاهش یافت که این میزان کاهش در رقم اکبری، آقایی و کله‌قوچی به ترتیب هفت، شش و ۱۴ درصد بود. با افزایش شوری از

آروین و همکاران (Arvin et al., 2008)، با بررسی روند تغییرات سرعت رشد نسبی در ارقام مختلف کلزا نشان دادند که، این شاخص در ابتدای مراحل رشد حداکثر و با گذشت زمان و با افزایش درجه روز رشد تجمعی و افزایش سن گیاه کاهش یافت و در اواخر دوره رشد منفی شد. کاهش در سرعت رشد نسبی در طی فصل رشد به این دلیل بود که با گذشت زمان، وزن گیاه افزایش می‌یابد و در این افزایش وزن، تعداد بافت‌های مرده و کاملاً بالغ که در تولید نقشی ندارند نیز افزایش یافت.

با افزایش شوری از یک به ۱۵ دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم در خاک سرعت فتوسنتز خالص نسبت به شاهد ۳۶ درصد کاهش یافت که این میزان کاهش در رقم اکبری، آقایی و کله قوچی به ترتیب ۴۰، ۲۸ و ۴۰ درصد بود (شکل ۲).

یک به ده دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم در خاک سرعت فتوسنتز خالص نسبت به شاهد ۲۱ درصد کاهش نشان داد که این میزان کاهش در رقم اکبری، آقایی و کله قوچی به ترتیب ۲۲، ۱۵ و ۲۶ درصد بود. در حالی که



شکل ۲. سرعت فتوسنتز خالص در سطوح مختلف شوری در سه رقم پسته.

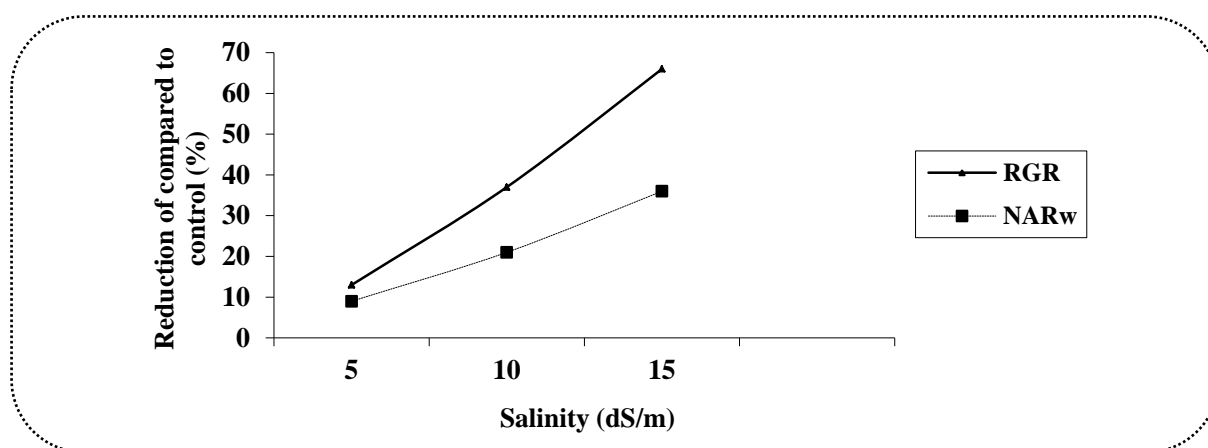
Figure (2). Net Assimilation Rate on different salinity levels in three pistachio cultivars.

سطوح شوری کم و متوسط (پنج و ده دسی زیمنس بر متر)، سرعت رشد نسبی نسبت به شاهد به ترتیب ۱۳ و ۳۷ درصد بود که این مقدار در بیشترین سطح شوری (۱۵ دسی زیمنس بر متر) به ۶۶ درصد رسید در حالی که در سطوح شوری کم و متوسط (پنج و ده دسی زیمنس بر متر)، سرعت فتوسنتز خالص نسبت به شاهد به ترتیب ۹ و ۲۱ درصد بود که این مقدار در بیشترین سطح شوری (۱۵ دسی زیمنس بر متر) به ۳۶ درصد رسید. بنابراین، می توان گفت که صرف نظر از نوع رقم، در شوری های کم تا زیاد، سرعت رشد نسبی پسته در مقایسه با سرعت فتوسنتز خالص به شوری حساس تر بود (شکل ۳). به عبارت دیگر می توان چنین استنباط نمود که اگرچه پسته یک گیاه مقاوم به شوری بود ولی کمترین میزان شوری در سرعت رشد نسبی و فتوسنتز خالص تاثیر معنی دار داشت که این تاثیر بر روی سرعت رشد نسبی نسبت به سرعت خالص فتوسنتز بیشتر بود.

پورتر (Poorter, 1989)، نشان داد که بازدارندگی رشد در ارقام پسته تحت تنش شوری، با کاهش در میزان فتوسنتز خالص و با کاهش در میزان فتوسنتز، افزایش در میزان تعرق گیاه و یا افزایش در کاهش رشد بافت هایی که در تعرق نقش دارند و اندام غیرفتوسنتزی، همبستگی بالایی داشت. همچنین آنها نتیجه گرفتند که در انگور و مرکبات، کاهش میزان فتوسنتز در برگ های بالغ در شوری های حدود ۵۰ تا ۹۰ میلی مول سدیم کلراید کاهش نمی یافت در حالی که بهبودیان و همکاران (Behboudian et al., 1986) اظهار داشتند که میزان فتوسنتز در برگ های بالغ پسته گونه اهلی تا میزان شوری حدود ۱۵۰-۲۲۵ میلی مول سدیم کلراید کاهش نیافت لذا نمی توان کاهش در میزان فتوسنتز خالص را با کاهش مستقیم در میزان فتوسنتز مربوط دانست.

تاثیر سطوح مختلف شوری بر روی سرعت رشد نسبی و فتوسنتز خالص نسبت به شاهد

با توجه به مطالب فوق می توان چنین بیان کرد در



شکل ۳. درصد کاهش سرعت رشد نسبی و فتوستتز خالص نسبت به شاهد در سطوح مختلف شوری.

Figure (3). Percentage reduction of relative growth rate and Net Assimilation Rate compared to control on different salinity levels

۰/۰۶، ۰/۰۸ و ۰/۰۸ بود. در حالی که در سطح شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم در خاک نسبت وزن برگ در رقم اکبری، آقایی و کله قوچی به ترتیب ۰/۰۲، ۰/۰۴ و ۰/۰۲ بود (شکل ۴).

تاثیر سطوح مختلف شوری بر روی طول و چگالی ریشه

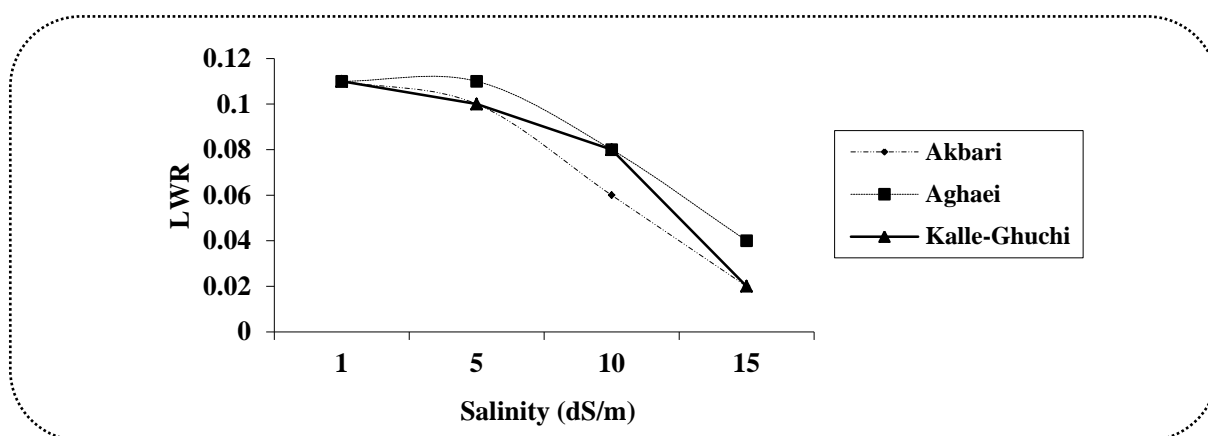
در جدول (۲) نتایج آزمون آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که سطوح مختلف شوری بر طول ریشه و چگالی ریشه تاثیر معنی داری داشت.

در مطالعه حاضر با افزایش شوری از یک به پنج دسی زیمنس بر متر، طول ریشه هفت درصد نسبت به شاهد کاهش یافت که این میزان کاهش در رقم اکبری، آقایی و کله قوچی به ترتیب هشت، پنج و هشت درصد بود. با افزایش شوری از یک به ده دسی زیمنس بر متر، طول ریشه، ۳۴ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد که این میزان کاهش در رقم اکبری، آقایی و کله قوچی به ترتیب ۳۸، ۳۱ و ۳۵ درصد بود. در حالی که با افزایش شوری از یک به ۱۵ دسی زیمنس بر متر، طول ریشه ۷۸ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت که این میزان کاهش در رقم اکبری، آقایی و کله قوچی به ترتیب ۸۰، ۷۶ و ۷۹ درصد بود (جدول ۳).

این نتایج نشان داد که رقم آقایی در بیشترین سطح شوری (۱۵ دسی زیمنس بر متر) بیشترین سرعت رشد نسبی (۰/۱۶ گرم بر گرم در روز) و سرعت فتوستتز خالص (۰/۲۳ گرم بر گرم در روز) را دارا بود، در تحمل به شوری نسبت به دو رقم دیگر برتری داشت و رقم اکبری که در بیشترین سطح تنش کمترین سرعت رشد نسبی (۰/۰۴ گرم بر گرم در روز) و سرعت فتوستتز خالص (۰/۱۶ گرم بر گرم در روز) را داشت به عنوان رقم حساس بود.

تاثیر سطوح مختلف شوری بر روی نسبت وزن برگ

با افزایش شوری نسبت وزن برگ کاهش یافت اما این میزان کاهش در بین سه رقم پسته مورد مطالعه معنی دار نبود. به طوری که نسبت وزن برگ در سطح شوری یک دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم در خاک در رقم اکبری، آقایی و کله قوچی به ترتیب ۰/۱۱، ۰/۱۱ و ۰/۱۱ است. در سطح شوری پنج دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم در خاک سرعت نسبت وزن برگ در رقم اکبری، آقایی و کله قوچی به ترتیب ۰/۱۰، ۰/۱۱ و ۰/۱۰ بود. در سطح شوری ده دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم در خاک نسبت وزن برگ در رقم اکبری، آقایی و کله قوچی به ترتیب



شکل ۴. نسبت وزن برگ در سطوح مختلف شوری در سه رقم پسته.

Figure (4). Leaf Weight Ratio on different salinity levels in three pistachio cultivars

جدول ۲. آنالیز واریانس تاثیر سطوح مختلف شوری بر طول ریشه و چگالی ریشه سه رقم پسته

Table 2. Analysis of variance for effect of different levels of salinity on Root length , Root density of three pistachio cultivars

Average of Squares (MS)			
Source of variance	df	Root length	Root density
Cultivars (k)	2	319949.51**	0.027**
Salinity (n)	3	5603079.64**	0.457**
k × n	6	482716.89**	2.06**
C .V	-	12088.61	0.16

در این جدول ** معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد

** significant at the 0.05

جدول ۳. اثر سطوح مختلف شوری بر طول ریشه و چگالی ریشه سه رقم پسته

Table 3. Effect of Different Salinity Levels on Root length , Root density of Three Pistachio Cultivars

Salinity (dS/m)	Akbari	Aghaei	Kalle-Ghuchi	Average
Root length (cm)				
1	3551.8 ^{bc}	4137.3 ^a	3821.7 ^{ba}	3836.9 ^A
5	3234.2 ^{bc}	3928.7 ^a	3492.9 ^{bc}	3551.9 ^A
10	2184.5 ^c	2851.6 ^{cd}	2463.2 ^{dc}	2499.7 ^B
15	683.6 ^f	984.9 ^f	781.6 ^f	816.7 ^C
Average	2413.5 ^A	2975.6 ^A	2639.8 ^A	
Root density (cm/cm ³)				
1	1.01 ^{ba}	1.18 ^a	1.09 ^a	1.09 ^A
5	0.92 ^{ab}	1.12 ^a	0.99 ^{ab}	1.01 ^A
10	0.62 ^c	0.81 ^{bc}	0.71 ^c	0.71 ^B
15	0.19 ^d	0.28 ^d	0.22 ^d	0.23 ^C
Average	0.68 ^A	0.84 ^A	0.75 ^A	

در هر ردیف یا ستون میانگین های دارای یک حرف مشترک، در سطح ۰/۰۵ تفاوت معنی داری ندارند.

No significant differences at the 0.05 level in each row or column of averages with one letter in common

گیاه برای ثبات یا افزایش رشد ریشه در شرایط کمبود آب، یک امتیاز مهم برای آن گیاه محسوب شده است (Satisha et al., 2014).

رقم آقایی در سطح تنش شوری یک دسی‌زیمنس بر متر دارای بیشترین طول ریشه (۴۱۳۷/۳ سانتی‌متر) و چگالی ریشه (۱/۱۸ سانتی‌متر بر سانتی‌متر مکعب) و در سطح تنش شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر رقم اکبری دارای کمترین طول ریشه (۶۸۳/۶ سانتی‌متر) و چگالی ریشه (۰/۱۹ سانتی‌متر بر سانتی‌متر مکعب) بود. ریشه به عنوان یک فیلتر عبور یون‌ها را کنترل کرده و نسبت مطلوب یون‌های سدیم و پتاسیم را برای فعالیت سلول فراهم ساخت. هرگونه اختلال در سیستم جذب و انتقال انتخابی مواد که در اثر نامناسب بودن شرایط شیمیایی محیط خاک ایجاد شد، از طریق فراهم نمودن نسبت نامطلوب پتاسیم به سدیم روی فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه تاثیر منفی گذاشت و ایجاد مسمومیت کرد. با توجه به کاهش حجم ریشه و خاصیت آنتاگونیسمی بین عناصر غذایی و یون‌های مضر همچون سدیم و کلر، جذب عناصر غذایی توسط ریشه کاهش یافت. شوری باعث تخلیه سلول از یون کلسیم شد که در چنین شرایطی نفوذپذیری غشا افزایش یافت که به علت کاهش پایداری غشا سلول در اثر کمبود کلسیم بود از طرفی دیگر، به دلیل عدم تعادل عناصر غذایی تحت تنش شوری قابلیت دسترسی گیاه به کلسیم کاهش یافت (Jamaati Ardakani, 2015).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، پس از اعمال شوری سرعت فتوسنتز خالص و سرعت رشد نسبی در ارقام مورد مطالعه، با افزایش شوری کاهش یافت که میزان کاهش نسبت به سرعت رشد نسبی مشهودتر بود. در ارتباط با نسبت وزن برگ نتایج نشان داد که بطورکلی با افزایش شوری نسبت وزن برگ کاهش یافت اما این میزان کاهش در بین ارقام

اغلب گیاهان مقاوم به شوری در مراحل مقدماتی مواجهه با تنش شوری، شروع به تغییر مسیر متابولیسم در سلول‌های ریشه کرده و از این طریق برخی متابولیت‌های سازگار را برای تنظیم پتانسیل اسمزی سلول‌های خود سنتز کردند. با افزایش تنش شوری همچنان که فتوسنتز برگ کاهش یافت، احتیاجات قندی برای تنظیم اسمزی در گیاهان و به دنبال آن رشد ریشه بطور اجتناب‌ناپذیری کاهش پیدا نمود. بنابراین رشد و نمو ریشه در شرایط خشکی نسبت به شرایط فراهمی رطوبت، خصوصا در گیاهان حساس به خشکی کاهش یافت (Munns et al., 2006).

چگالی ریشه به عنوان شاخصی از مورفولوژی ریشه مورد بررسی قرار گرفت. تاثیر شوری بر چگالی ریشه در جدول (۳) نشان داده شده است. با اعمال تیمار شوری و افزایش شوری از یک به ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر چگالی ریشه به طور معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد کاهش یافت. واوگان و همکاران (Vavghan et al., 2002)؛ استفان و همکاران (Steppuhn et al., 2005)؛ ساتیسا و همکاران (Satisha et al., 2014) نیز به نتایج مشابه رسیدند. کاهش رشد ریشه توسط شوری برای گیاهان دیگر نظیر گندم (Heiydari et al., 2007) و زعفران (Nadian et al., 2007) گزارش شده است.

اصولا زمانی که گیاه با تنش شوری روبرو شود، میزان جذب آب توسط ریشه کاهش یافته و در نتیجه بیوسنتز آبسزیک اسید در آن‌ها افزایش یافت. آبسزیک اسید از طریق آوند چوبی به بخش هوایی منتقل و نهایتا باعث بسته شدن روزنه‌ها شد (Siti et al., 2009).

با افزایش تداوم تنش، همزمان با کاهش فتوسنتز گیاه و افزایش نیاز گیاه به کربوهیدرات‌ها برای تنظیم اسمزی سلول، دسترسی به مواد فتوسنتزی کاهش یافت و در نتیجه، رشد ریشه کاهش و در نهایت، متوقف شد. توانایی یک

وزن برگ در بین ارقام مورد مطالعه معنی‌دار نیست و با توجه به حد آستانه شوری پسته (هشت دسی زیمنس بر متر) این گیاه مقاوم به شوری بود و کارایی فتوسنتز در پسته حتی در شوری‌های بالا تحت تاثیر قرار نگرفت. با توجه به اینکه این پژوهش در شرایط گلخانه‌ای صورت گرفت، میزان تحمل به شوری و آهنگ رشد رویشی ممکن بود در شرایط شور طولانی مدت در شرایط مزرعه عوض شود بنابراین پیشنهاد می‌گردد در مطالعات تکمیلی اثر شوری روی ارقام یا پایه‌های جدید در شرایط مزرعه و در یک دوره طولانی مدت انجام شود.

مورد مطالعه معنی‌دار نبود که در این میان، رقم آقایی به دلیل بالاتر بودن سرعت رشد نسبی، سرعت فتوسنتز خالص، نسبت وزن برگ و طول و چگالی ریشه در بیشترین سطح شوری (۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) در تحمل به شوری نسبت به سایر ارقام برتری داشت و رقم اکبری که در بیشترین سطح تنش کمترین میزان صفات اندازه‌گیری شده را داشت به عنوان رقم حساس معرفی شد. بنابراین، طبق نتایج بدست آمده، شوری بر سرعت رشد نسبی، سرعت فتوسنتز خالص و مورفولوژی ریشه سه رقم پسته تاثیر معنی‌دار و مستقیم داشت و نسبت به

منابع

- Alipour, H. and Hossenifard, S. 2004. Specification and resolving shortage nutrients in pistachios. Ministry of Agriculture, Agricultural Research Service, (in Persian).
- Arvin, P. Azizi, M. and Soltani, V. 2008. Comparison of Yield and Physiological Indices of Spring Cultivars of Oilseed Rape Species. Journal seed and plant breeding, 25, 401-417.
- Ashraf, M., and Khanum, A. 1997. Relationship between ion accumulation and growth in two spring wheat lines differing in salt tolerance at different growth stages. Agronomy and Crop Science, 178: 39-51.
- Ataee, A., Akbari, M., Neyshabouri, M.R., Zarehagi, D., and Onnabi Milani, A. 2018. Pistachio Response to Water and Salinity Distribution in Surface and Subsurface Drip Irrigation Systems. Iranian Journal of Irrigation and Drainage. 1(13): 115-128.
- Banakar, M.H., and Ranjbar, G.H. (2010). Evaluation of salt tolerance of pistachio cultivars at seedling stage. Am-Eurasian Journal Agriculture environment Science, 9: 115-120.
- Behboudian, M., Torokfaivy, H.E., and Walker, R.R. 1986. Effects of salinity ionic content, water relation and gas exchange parameter in some citrus scion-rootstock combinations. Science Horticulture, 28: 105-116.
- Esmailpour, A., Van Labeke, M.C., Samson, R., and Van Damme., P. 2015. Osmotic stress affects physiological responses and growth characteristics of three pistachio cultivars. acta physiologiae plantarum. 37: 123-137.
- Falah, A., Farahmandfar, A. and Moradi, F. 2016. Effect of salt stress on some morphophysiological characters of two rice cultivars during different growth stages at greenhouse, Journal Agriculture, 107, 175-182.
- Fallah, M., Shayannejad, M., and Rahimian, M.H. 2019. Comparison of Water Use in Pistachio Orchards under Saline Conditions with Water Requirement and Actual Evapotranspiration Estimated by SEBAL Method in Bahadoran Plain in Yazd Province. Journal of Water Research in Agriculture. 33(2):161-173.
- Grattan, S. R. and Grieve, C.M. 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. Science Horticulture, 78: 127-157.

Heydari, M., Nadian, H., Bakhshandeh, A.M., Alemisaeid, K., and Fathi, G. 2007. Effects of salinity and nitrogen rates on osmotic adjustment and accumulation of mineral nutrients in wheat. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 11: 197-211.

Hokmabadi, H., Arzani, K., Dehghani-Shorouki, Y. and Panahi, B. 2004. Response of Badami-Zarand, Sarakhs and Ghazvini Pistachio Rootstocks to Sodium Chloride and Boron Excess in Irrigation Water. *JWSS Isfahan University of Technology*. 7(4),11-24.

Hunt, R. 1978. *Plant growth analysis*. Camelot Press. Ltd, Southam Pton: 112.

Irgoyen, J., Emerich, J.D.W., and sanchez, M. 1992. water stress induced change in concentrations of prolin and total soluble sugars in nodulated alfalfa plants. *Plant Physiol*, 84: 55-60.

Jamaati Ardakani, M. 2015. Effect of salinity on germination and deployment of Pistachio vera var. Badami. *European Journal of Experimental Biology*, 5(4): 57-59.

Malekutei, M. & Homaei, M. 1383. *Soil fertility of arid and semiarid regions*. Tarbiat Modarres University, Tehran, 480.

Munns, R., James, R.A., and Lauchli, A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experiment Botany* 57: 1025-1043.

Mudgal, V., Madaan, N., and Mudgal, A. 2010. Biochemical mechanisms of salt tolerance in plants, A review. *International Journal Bot*, 6: 136-143.

Nadian, H., Heydari, M., Gharineh, M., and Daneshvar, M. 2013. The effects of different levels of sodium chloride and mycorrhizal colonization on growth, P, K and Na uptake by saffron (*Crocus sativus* L). *Plant Production* 36: 49-59. Norouzi, F., Sadeghzadeh, M. S. and hajiboland, R. 2015. Silicon impact on growth, photosynthesis and ionic relations in pistachio plant salt stress in hydroponic conditions. *Journal stress plants physiology*, 1(1), 35-47.

Norouzi, F., Sadeghzadeh, M. S. and hajiboland, R. 2015. Silicon impact on growth, photosynthesis and ionic relations in pistachio plant salt stress in hydroponic conditions. *Journal stress plants physiology*, 1(1), 35-47.

Parry, C.K. 2014. *Biophysically-based measurement of plant water status using canopy temperature*. PhD thesis, utah state university. all graduatetheses and dissertations.

Poorter, H. 1989. Interspecific variation relative growth rate on ecological causes and physiological consequences, pp 45-68. In: Lambers H (Ed.) *causes and consequences of variation in growth rate*.

Ruiz, D., Martinez, V., and Antonio, C. 1997. Citrus response to salinity growth and nutrient uptake. *Tree Physilogy*, 17: 141-150.

Satisha, J., Sahadeo, D., Ramteke, J.S., and Ajay Kumar U. 2014. Moisture and Salinity Stress Induced Changes in Biochemical Constituents and Water Relations of Different Grape Rootstock Cultivars. *International Journal of Agronomy*, 3: 1-8.

Schonfield, M. P, Richard, J. C., Carver, B.P., and Mornhi, N.W. 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. *Crop Sciences*, 28: 526-531.

Selim, T., Berndtsson, R., and Persson, M. 2013. Simulation of soil water and salinity distribution under surface drip irrigation. *irrigation and drainage*. 62: 352-362.

Siti, S.Z., and Razi, I.M. 2009. Growth, stomata aperture, biochemical changes and ranch anatomy in mango (*Mangifera indica*) cv. Chokanan in response to root restriction and water stress. *Scientia Horticulture*, 123: 58-67.

Steppuhn, H., Van Genuchten, M.T, and Grieve, C.M. 2005. Root-zoon salinity. I. Selecting a product-yield Index and response function for crop tolerance. *Crop Sciences*, 45: 209-220.

Tabatabaei, S.H., Mostashfi Habibabadi, F., Shayannejad, M., and Dehgani, M. 2016. Effect of Four Integrated Irrigation Regimes with Saline Water on Soil Salinity Distribution Schemes in Sunflower Cultivation. *Water and Soil Science*, 20(75):171-185

Vavghan, L.V., MacAdam, J.W., Smith, S.E., and Dudley, L.M. 2002. Root growth and yield of differing alfalfa rooting populations under increasing salinity and zero leaching. *Crop Sciences*, 42: 2064-2071.