علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۴ (ص ۶۶۷-۶۵۹)

غلظت عناصر معدنی ریشه و برگ چهار پایهٔ دانهالی پسته تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

مصطفی قاسمی[۱]، کاظم ارزانی[۲*]، عباس یداللهی[۳] و حسین حکم‌آبادی[۴]
۱، ۲ و ۳. دانشجوی سابق دکتری، استاد و استادیار گروه علوم باغبانی دانشگاه تربیت مدرس تهران
۴. استادیار، مؤسسهٔ تحقیقات پستهٔ کشور
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۲ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۵/۶)

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی روی رشد و غلظت عناصر معدنی برگ و ریشهٔ چهار پایهٔ دانهالی پسته شامل بادامی ریز زرند، قزوینی، سرخس و بنه انجام شد. تیمارهای آبیاری شامل ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه (شاهد)، ۶۵ درصد نیاز آبی گیاه (تنش متوسط) و ۳۰ درصد نیاز آبی گیاه (تنش شدید) بودند که ۷۵ روز روی دانهال‌های چهارماههٔ پسته اعمال شدند. در انتهای آزمایش، مقدار عناصر غذایی در برگ و ریشهٔ گیاهان بررسی شد. نتایج نشان داد که تنش خشکی تأثیرات معناداری روی بیومس و وضعیت مواد معدنی برگ و ریشهٔ پایه‌های مطالعه‌شده داشت. از نظر وزن خشک ساقه، ریشه و برگ، پایه‌های بنه و بادامی ریز زرند کمتر تحت‌تأثیر خشکی قرار گرفتند. پایهٔ بنه بیشترین مقدار عناصر فسفر و منگنز برگ و فسفر، پتاسیم و کلسیم ریشه را در شرایط تنش آبی نشان داد. پایهٔ بادامی ریز زرند نیز بیشترین مقدار منیزیم برگ و ریشه را در شرایط تنش آبی داشت. پایهٔ قزوینی بیشترین مقدار ازت، پتاسیم و مس برگ و آهن، مس و روی ریشه را در شرایط تنش آبی داشت. پایهٔ سرخس نیز بیشترین مقادیر آهن برگ و ازت و منگنز ریشه را در شرایط تنش خشکی نشان داد. براساس نتایج می‌توان نتیجه گرفت تنش خشکی تأثیرات منفی بر پایه‌های دانهالی پسته داشت و پایهٔ بنه و بادامی ریز زرند نسبت به سایر پایه‌ها مقاومت بیشتری به تنش خشکی نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: بیومس، پسته، پایه، تنش آبی، جذب عناصر.

مقدمه

تنش آبی متداول‌ترین تنش گیاهی در بسیاری از مناطق جهان است و بخش عمده‌ای از کشور ایران را تحت‌تأثیر قرار داده است. این تنش یکی از عوامل مهم محیطی محدودکنندهٔ فتوسنتز در گیاهان است (Sayed, 2003). یکی از آثار بارز تنش خشکی، کاهش رشد رویشی است، که از دلایل این کاهش می‌توان به کاهش فتوسنتز،کاهش تورژسانس، کاهش سطح برگ، صرف ATP بیشتر برای هیدرولیز ترکیبات اسمزی و سنتز هورمون‌هایی مانند آبسایسیک اسید اشاره کرد (Chartzoulakis *et al*., 1993; Dubey, 1997). تنش آبی علاوه بر اثر منفی بر فتوسنتز، سبب بروز یا تشدید تنش‌های دیگر، مانند اختلال در جذب عناصر غذایی برای گیاه می‌شود. هر یک از عناصر غذایی وظایف مهمی به عهده دارند. ازآنجاکه تمام عناصر غذایی به‌صورت محلول در آب به سمت ریشه حرکت می‌کنند بنابراین، میزان جذب آنها بر اثر خشکی کاهش می‌یابد (Uriu & Pearson, 1983). در ذرت نیز یکی از دلایل کاهش جذب عناصر در شرایط تنش آبی به کاهش رشد و توسعهٔ ریشه نسبت داده شده است

* تلفن: ۰۲۱-۴۸۲۹۲۰۹۴
E-mail: arzani_k@modares.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

(Fan & Mackenzie, 1994). تنش آبی سبب توقف فعالیت ریشه‌های مسن‌تر ذرت می‌شود و فقط نوک ریشه‌ها، جذب عناصر غذایی را انجام می‌دهند (Martins *et al*., 2003). تفاوت در جذب عناصر غذایی در بین پایه‌های مختلف پسته و همچنین در شرایط متفاوت رطوبتی گزارش شده است. گزارش شده است که درختان پیوندشده روی پایهٔ آتلانتیکا (*P. atlantica*) کمبود بور، روی و کلسیم کمتری از درختان پیوندشده روی پایهٔ اینتگریما (*P. integerrima*) نشان می‌دهند (Ferguson, 1995). به‌دلیل وجود تفاوت در جذب عناصر غذایی، پایه می‌تواند روی ترکیبات شیمیایی میوه‌های پسته و درنتیجه کمّیت و کیفیت محصول تأثیرگذار باشد (Ferguson, 1995). کارایی در جذب مواد غذایی در شرایط خشک می‌تواند به‌منزلهٔ یک مزیت برای درختان پسته در اقلیم‌ها و شرایط خاکی خشک باشد. استفاده از پایه‌های متحمل به شرایط تنش رطوبتی امکان استفادهٔ بهتر از منابع آب و کودی موجود را میسر کرده است و موجب افزایش بازده تولید می‌شود. با توجه به اهمیت محصول پستهٔ کشور به‌عنوان یک محصول مهم استراتژیک و همچنین قرارگرفتن ایران در شرایط خشک و نیمه‌خشک، این پژوهش با هدف یافتن پایه‌های متحمل به تنش خشکی پسته، اثر تنش خشکی را بر پارامترهای وزن خشک ساقه، ریشه و برگ و همچنین مقدار عناصر غذایی ریشه و برگ ارزیابی می‌کند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۰ـ ۱۳۹۱ با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانهٔ گروه باغبانی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران روی چهار پایهٔ دانهالی پسته به نام‌های بادامی ریز زرند، قزوینی، سرخس و بنه انجام شد. سه پایهٔ اول، ارقامی از گونهٔ *Pistacia vera* هستند و پایهٔ بنه از گونهٔ *Pistacia atlantica* subsp. *mutica* (syn*: P. mutica)* است. بذور پایه‌های پسته از مؤسسهٔ تحقیقات پستهٔ کشور واقع در رفسنجان تهیه و در اواخر زمستان در گلدان‌های ۱۱ لیتری کشت شدند. هر تکرار شامل سه واحد آزمایشی یا سه گلدان و هر گلدان شامل یک گیاه بود. متوسط دمای روزانهٔ گلخانه ۲۷ـ ۳۵ درجهٔ سانتی‌گراد، دمای شبانه ۱۹ـ ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵±۳۷ درصد بود. پس از مراقبت‌های لازم از گیاهان و رشد آنها، تیمارهای آبیاری برای مدت ۷۵ روز روی دانهال‌های چهارماهه اعمال شد. تغذیهٔ دانهال‌های دوماهه با کود سولوپتاس انجام شد. تیمارهای آبیاری سه سطح و شامل تیمار شاهد یا ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه ($100\%\ ET_c$)، تیمار تنش متوسط یا ۶۵ درصد نیاز آبی گیاه ($65\%\ ET_c$) و تیمار تنش شدید یا ۳۰ درصد نیاز آبی گیاه ($30\%\ ET_c$) بودند. برای اعمال تنش از روش وزن‌کردن گلدان‌ها استفاده شد. به‌طوری‌که در گیاهان شاهد همواره همهٔ مقدار آب تبخیر و تعرق‌شده از گیاه و سطح خاک به گلدان‌ها برگردانده می‌شد. اما در تیمار تنش متوسط، ۶۵ درصد و در تیمار شدید، ۳۰ درصد آبی که به گیاهان شاهد داده می‌شد به گلدان‌ها اضافه می‌شد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده‌شده برای دانهال‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

در پایان آزمایش گیاهان از گلدان‌ها خارج و ریشه‌های آنها شسته شد. به‌منظور اندازه‌گیری وزن خشک اندام‌ها، گیاهان به اندام‌های ریشه، شاخه و برگ تقسیم شدند و به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجهٔ سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند. به‌منظور بررسی اثر خشکی روی وضعیت عناصر غذایی برگ و ریشه، نمونه‌های خشک‌شده توسط آسیاب برقی پودر شدند. نیتروژن برگ و ریشه به روش کجلدال و فسفر نیز به روش اولسن و سایر عناصر (پتاسیم، کلسیم، منیزیم، روی، آهن، منگنز و مس) توسط دستگاه شعله‌سنجی (ICP-AES)[1] اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری غلظت عناصر حدود ۰/۵ گرم از نمونه‌های خشک آسیاب‌شده استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری‌شده با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام شدند.

1. Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. تجزیهٔ فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده‌شده برای پایه‌های دانهالی پسته

بافت خاک	pH	EC	رس	شن	لای	کربنات کلسیم	نیتروژن کل	کربن آلی	پتاسیم	فسفر	آهن	روی	منگنز	بور	مس
		dSm^{-1}	%						PPM						
لومی شنی[1]	۷/۳۳	۱/۴۰	۱۵	۶۵	۲۰	۶	۰/۰۹	۱/۸	۶۵۰	۲۲	۵	۴	۷	۱/۵	۰/۷

1. Sandy loam

نتایج و بحث

وزن خشک ساقه، ریشه و برگ

تجزیهٔ واریانس تأثیرات خشکی بر روی وزن خشک ساقه، ریشه و برگ نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش شایان توجهی در وزن خشک ساقه، ریشه و برگ گیاهان بررسی‌شده شد. بیشترین کاهش در همهٔ پارامترهای رشدی متعلق به تیمار تنش شدید (30% ET_c) بود. بین هر سه سطح آبیاری تفاوت معناداری در سطح ۱ درصد مشاهده شد. از بین همهٔ اندام‌ها وزن خشک برگ بیشتر تحت‌تأثیر تنش خشکی قرار گرفت و حساسیت بیشتری نشان داد و اندام‌های ساقه و ریشه در مراتب بعدی حساسیت بودند. یعنی ریشه کمتر تحت تأثیر خشکی قرار گرفت. وزن خشک ساقه، ریشه و برگ در تیمارهای تنش متوسط (65% ET_c) و شدید (30% ET_c)، به‌ترتیب ۵۵ـ ۷۱، ۴۰ـ ۵۸ و ۵۷ـ ۷۶ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. تأثیرات متقابل تنش آبی و پایه نشان داد از نظر وزن خشک ساقه و برگ پایهٔ بنه کمتر از سایر پایه‌ها تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت و وزن خشک ساقه و برگ این پایه در تیمارهای تنش آبی، کاهش کمتری نسبت به شاهد نشان داد. درحالی‌که از نظر وزن خشک ریشه، پایهٔ بادامی ریز زرند کمتر تحت تأثیر خشکی قرار گرفت و پس از آن پایه‌های بنه، قزوینی و سرخس قرار داشتند (جدول ۲). پایهٔ سرخس بیشتر از سایر پایه‌ها تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت.

غلظت عناصر معدنی برگ و ریشه

نتایج مقایسهٔ میانگین تأثیرات متقابل تیمار آبیاری و پایهٔ بر غلظت عناصر مختلف برگ و ریشه پایه‌های پسته در جدول‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. براساس نتایج، بیشترین مقدار ازت برگ متعلق به تیمار آبیاری کامل بود. در همهٔ تیمارها پایه‌های قزوینی و بادامی ریز زرند بیشترین و سرخس و بنه کمترین میزان نیتروژن برگ را داشتند (جدول ۳).

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین تأثیرات متقابل آبیاری و پایه بر وزن خشک ساقه، ریشه و برگ چهار پایهٔ دانهالی پسته

پایه	تیمار آبیاری	وزن خشک ساقه (g)	وزن خشک ریشه (g)	وزن خشک برگ (g)
بنه	ET_c٪ ۱۰۰	۹/۹۲c	۸/۷۵bc	۸/۱۲b
بادامی ریز زرند		۱۶/۵a	۱۰/۶۱ab	۱۱/۸۶a
قزوینی		۱۶/۴۴a	۱۱/۳۸a	۱۲/۳۳a
سرخس		۱۴/۰۹b	۱۱/۰۸a	۱۱/۸۷a
بنه	ET_c٪ ۶۵	۶/۵۱d	۵/۴de	۴/۵۲cd
بادامی ریز زرند		۶/۹۹d	۷/۳cd	۵/۷۶c
قزوینی		۶/۱۱de	۶/۴۴d	۴/۴cd
سرخس		۵/۶۶de	۵/۸۲de	۴/۲۷cd
بنه	ET_c٪ ۳۰	۴/۲۲ef	۴ e	۲/۸۷def
بادامی ریز زرند		۶/۲۹de	۵/۷۱de	۳/۹۴cde
قزوینی		۳/۲۹f	۳/۹۱e	۲/۰۳ef
سرخس		۲/۵۵f	۳/۸۳e	۱/۴۵f

حروف مشابه در هر سطر از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد با هم تفاوت معناداری ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

میزان نیتروژن ریشه نیز به‌طور معناداری تحت تأثیر تنش آبی قرار گرفت و نسبت به شاهد کاهش یافت. اثر متقابل تیمار آبیاری و پایه نشان داد اگرچه بیشترین میزان نیتروژن ریشه متعلق به تیمار آبیاری کامل و پایهٔ سرخس بود اما در شرایط آبیاری کامل، تفاوت بین پایه‌ها معنادار نبود. در شرایط تنش متوسط و شدید نیز، غلظت نیتروژن ریشهٔ پایهٔ قزوینی کمتر از سایر پایه‌ها بود (جدول ۴). بیشترین و کمترین میزان فسفر برگ نیز، به‌ترتیب متعلق به تیمار آبیاری کامل و تنش شدید بود. اثر متقابل تیمار آبیاری و پایه نشان داد بیشترین میزان فسفر برگ در تیمار آبیاری کامل و پایهٔ بنه و کمترین آن در پایهٔ بادامی ریز زرند و تیمار تنش شدید به دست آمد. اگرچه در تیمار تنش شدید، تفاوت معناداری بین پایهٔ بادامی ریز زرند با قزوینی و سرخس مشاهده نشد. در شرایط تنش شدید پایهٔ بنه بیشترین میزان فسفر برگ را داشت (جدول ۳). کمبود فسفر در برگ هیچ‌یک از پایه‌ها مشاهده نشد. براساس گزارش Brown *et al.* (1999) کمبود فسفر در درختان پسته در غلظت‌های کمتر از ۰/۱۴ درصد وزن خشک برگ نمایان می‌شود. بیشترین میزان فسفر ریشه در تیمار آبیاری کامل به‌دست آمد و تیمارهای تنش متوسط و شدید در رده‌های بعدی قرار گرفتند. بیشترین میزان فسفر ریشه در تیمار آبی شاهد و در پایهٔ بنه به دست آمد. در تنش شدید بیشترین میزان فسفر ریشه متعلق به پایهٔ بنه بود و تفاوت معناداری با سایر پایه‌ها نشان داد (جدول ۴). با افزایش سطح تنش تا حد ۶۵ درصد نیاز آبی گیاه، میزان پتاسیم برگ نسبت به شاهد کاهش نشان داد اما در سطح تنش شدید آبی، غلظت پتاسیم برگ نسبت به شاهد افزایش داشت، گرچه این افزایش تفاوت معناداری با شاهد نداشت. بیشترین و کمترین میزان پتاسیم برگ در همه تیمارهای آبی به‌ترتیب متعلق به پایه‌های قزوینی و بادامی ریز زرند بود (جدول ۳). بیشترین میزان پتاسیم ریشه در تیمار تنش متوسط به دست آمد و تفاوت معناداری با دو سطح دیگر نشان داد. اما با افزایش سطح تنش آبی میزان پتاسیم ریشه کاهش پیدا کرد. دو سطح آبیاری کامل و تنش شدید تفاوت معناداری در میزان پتاسیم ریشه نشان ندادند. کاهش میزان پتاسیم ریشه با افزایش سطح تنش ممکن است به‌علت انتقال بیشتر پتاسیم ریشه به برگ در سطح تنش شدید باشد. چراکه مشاهده شد میزان پتاسیم برگ در سطح تنش شدید آبی افزایش یافت. بیشترین میزان پتاسیم ریشه در همهٔ تیمارهای آبی متعلق به پایهٔ بنه بود (جدول ۴). غلظت کلسیم برگ نیز با افزایش سطح تنش آبی کاهش یافت. نتایج برهمکنش سطح تنش و پایه نشان داد اگرچه کمترین میزان کلسیم متعلق به پایهٔ بنه بود اما غلظت کلسیم برگ این پایه کمتر تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت و در شرایط تنش شدید تفاوت در مقدار کلسیم برگ پایه‌ها از نظر آماری معنادار نبود (جدول ۳). غلظت کلسیم ریشه نیز همانند کلسیم برگ با افزایش سطح تنش آبی کاهش یافت و پایهٔ بنه در سطح تنش متوسط و شدید آبی مقدار کلسیم بیشتری در ریشه در مقایسه با سایر پایه‌ها داشت (جدول ۴). منیزیم برگ نیز تحت تأثیر تنش آبی کاهش یافت. اثر متقابل آبیاری و پایهٔ بر میزان جذب منیزیم برگ نشان داد پایهٔ بادامی ریز زرند در هر سه سطح آبیاری منیزیم بیشتری نسبت به سایر پایه‌ها نشان داد. در سطح تنش شدید کمترین مقدار منیزیم برگ متعلق به پایهٔ سرخس بود، اگرچه تفاوت معناداری با بنه نداشت (جدول ۳). غلظت منیزیم ریشه نیز تحت‌تأثیر تنش آبی کاهش یافت. منیزیم ریشهٔ پایه بادامی ریز زرند تحت‌تأثیر تنش خشکی کاهش بیشتری نسبت به شاهد در مقایسه با سایر پایه‌ها نشان داد. درحالی‌که منیزیم برگ این پایه در هر سه سطح آبیاری به‌طور معناداری بالاتر از سایر پایه‌ها بود (جدول ۴).

افزایش سطح تنش آبی، غلظت روی برگ را نیز کاهش داد. البتّه تنها تنش شدید تفاوت معناداری با شاهد داشت و بین تنش شدید و متوسط تفاوت معناداری مشاهده نشد. پایهٔ قزوینی اگرچه مقدار روی بالاتری در برگ در شرایط آبیاری کامل داشت اما این پایه به‌شدت تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت و روی برگ آن کاهش بیشتری نسبت به سایر پایه‌ها داشت. بین سایر پایه‌ها تفاوت معناداری مشاهده نشد (جدول ۳). کمبود روی (زیر ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم

Archive of SID

www.SID.ir

وزن خشک برگ) در دانهال‌های بررسی‌شده مشاهده نشد. حد بحرانی روی که علائم کمبود در درختان پسته ظاهر می‌شود ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک است (Tekin, 2002). براساس نتایج بیشترین غلظت روی ریشه در تیمار تنش آبی شدید مشاهده شد و تفاوت معناداری با دو سطح دیگر داشت. بین پایه‌ها نیز بیشترین میزان روی ریشه متعلق به پایهٔ بنه (۸۸/۶ ppm) بود و پس از آن پایه‌های قزوینی (۷۲/۳۱)، سرخس (۶۴/۹۲) و بادامی ریز زرند (۴۹/۸) قرار داشتند. برخلاف میزان روی برگ که تحت تأثیر برهمکنش تیمار آبیاری و نوع پایه قرار نگرفت، میزان روی ریشه از نظر آماری، به‌طور معناداری تحت‌تأثیر برهمکنش تیمار آبیاری و نوع پایه قرار گرفت. در تیمار تنش شدید بیشترین میزان روی در ریشهٔ متعلق به پایهٔ قزوینی بود (جدول ۴).

غلظت آهن برگ با افزایش سطح تنش آبی، روندی افزایشی نشان داد و بیشترین میزان آن در تنش آبی شدید به‌دست آمد. بیشترین میزان آهن برگ در این سطح تنش متعلق به پایهٔ سرخس و کمترین آن متعلق به پایهٔ قزوینی بود (جدول ۳). با افزایش در سطح تنش آبی میزان غلظت آهن ریشه کاهش یافت. در تیمار تنش شدید آبی، پایهٔ قزوینی، بیشترین آهن ریشه را داشت (جدول ۴). تنش شدید آبی جز در پایهٔ بادامی ریز زرند، در سایر پایه‌ها سبب افزایش غلظت منگنز در برگ شد. بیشترین میزان منگنز برگ در شرایط تنش متوسط و شدید متعلق به پایهٔ بنه بود. پایهٔ قزوینی در همهٔ سطوح آبی، کمترین میزان منگنز برگ را داشت (جدول ۳). غلظت منگنز ریشه با افزایش سطح تنش آبی کاهش یافت. بیشترین میزان منگنز ریشه در پایهٔ بادامی ریز زرند و در سطح آبیاری کامل به‌دست آمد. در سطح تنش شدید آبی نیز بیشترین میزان منگنز ریشه متعلق به پایهٔ سرخس بود. در شرایط تنش شدید پایهٔ بنه بیشترین منگنز برگ و کمترین منگنز ریشه را داشت (جدول ۴). با افزایش سطح تنش آبی، غلظت مس نیز در برگ کاهش یافت. تأثیر متقابل تنش آبی و نوع پایه بر میزان مس برگ نشان داد جز در پایهٔ سرخس، در سایر پایه‌ها تنش آبی میزان مس را کاهش داد. اما در پایهٔ سرخس تنش آبی میزان مس را افزایش داد. پایهٔ قزوینی در هر سه سطح آبیاری، مقدار مس بیشتری در برگ در مقایسه با سایر پایه‌ها داشت (جدول ۳). اثر تنش آبی بر میزان مس ریشه متفاوت از اثر آن بر میزان مس برگ بود به‌طوری‌که تنش آبی سبب افزایش میزان مس در ریشه شد. در شرایط تنش شدید پایهٔ قزوینی بیشترین و پایهٔ بنه کمترین میزان مس ریشه را داشتند (جدول ۴).

جدول ۳. مقایسهٔ میانگین تأثیرات متقابل آبیاری و نوع پایه بر عناصر موجود در برگ چهار پایهٔ دانهالی پسته

پایه	تیمار آبیاری	N (٪)	P (٪)	K (٪)	Ca (٪)	Mg (٪)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)
بنه	۱۰۰%ET$_c$	۲/۴۳ ^{cd}	۰/۶۱۳ ^{a}	۱/۹ ^{ab}	۰/۴۵^{e}	۰/۱۰۰ ^{ef}	۳۱/۰۷ ^{bc}	۲۴/۷ ^{d}	۱۰/۰۷ ^{d}	۱۴/۵۳ ^{d}
	۶۵%ET$_c$	۲/۰۵ ^{f}	۰/۳۶ ^{b}	۱/۶۷^{cd}	۰/۴۴^{e}	۰/۰۷۹ ^{f}	۳۰/۸ ^{bc}	۷۱/۸^{a}	۱۶/۰۰ ^{b}	۱۲/۳ ^{e}
	۳۰%ET$_c$	۱/۹۲ ^{g}	۰/۳۳۳ ^{bc}	۲/۰۰^{ab}	۰/۳۷۳ ^{e}	۰/۰۹۸ ^{ef}	۲۴/۶۷ ^{c}	۴۸/۴۶ ^{c}	۱۷/۸۷ ^{a}	۱۰/۲۴ ^{f}
بادامی ریز زرند	۱۰۰%ET$_c$	۲/۵۶^{b}	۰/۲۸۳ ^{cd}	۱/۵ ^{d}	۰/۷۶۳ ^{a}	۰/۱۶۳ ^{a}	۲۸/۷۳ ^{bc}	۴۰/۶۷ ^{c}	۱۰/۹۳ ^{cd}	۱۴/۰۰ ^{de}
	۶۵%ET$_c$	۲/۵۲ ^{bc}	۰/۲۳۳ ^{de}	۱/۶۶^{cd}	۰/۵۴۳^{cd}	۰/۱۳۶ ^{bc}	۲۴/۰۷ ^{c}	۴۷/۷۷ ^{c}	۱۲/۲۳ ^{c}	۸/۷۶^{fg}
	۳۰%ET$_c$	۲/۳۳ ^{de}	۰/۱۸۶ ^{e}	۱/۶۶^{cd}	۰/۳۷ ^{e}	۰/۱۵۶ ^{ab}	۲۹/۶۳ ^{bc}	۶۱/۳۳ ^{b}	۸/۲۶ ^{ef}	۷/۳۶ ^{g}
قزوینی	۱۰۰%ET$_c$	۲/۹۶ ^{a}	۰/۲۹۳ ^{c}	۲/۱^{a}	۰/۶۴۶ ^{b}	۰/۱۳۶ ^{bc}	۴۲/۷ ^{a}	۲۰/۲۳ ^{d}	۶/۸۳ ^{f}	۴۰/۵ ^{a}
	۶۵%ET$_c$	۲/۶۲ ^{b}	۰/۲۷۶ ^{cd}	۱/۸۳ ^{bc}	۰/۴۶۳ ^{de}	۰/۱۱ ^{de}	۳۳/۸۷ ^{b}	۱۹/۹^{d}	۷/۸۳ ^{ef}	۳۰/۰۰ ^{b}
	۳۰%ET$_c$	۲/۳۴^{de}	۰/۲۲۳ ^{e}	۲/۱۴ ^{a}	۰/۴۱۰ ^{e}	۰/۱۲۶ ^{cd}	۲۴/۷۰ ^{c}	۲۵/۸ ^{d}	۸/۵ ^{e}	۱۷/۴۱ ^{c}
سرخس	۱۰۰%ET$_c$	۲/۲۶ ^{e}	۰/۲۹۳ ^{c}	۱/۸ ^{bc}	۰/۶۵۶ ^{b}	۰/۱۵۳ ^{ab}	۲۶/۳۶ ^{bc}	۱۶/۴۳ ^{d}	۱۱/۱۶ ^{cd}	۱۰/۳ ^{f}
	۶۵%ET$_c$	۲/۰۷ ^{f}	۰/۳۰۳ ^{c}	۱/۷۶ ^{bc}	۰/۵۸ ^{bc}	۰/۱۰۶ ^{de}	۲۹/۴۳ ^{bc}	۶۰/۵۳^{b}	۱۰/۴ ^{d}	۱۳/۳ ^{de}
	۳۰%ET$_c$	۱/۹۸ ^{fg}	۰/۲۱۰ ^{e}	۱/۷۶ ^{bc}	۰/۳۸۳ ^{e}	۰/۰۸۷ ^{ef}	۲۷/۳۰ ^{bc}	۶۷/۲ ^{ab}	۱۲/۵۳ ^{c}	۱۷/۳۵ ^{c}

حروف مشابه در هر سطر از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد با هم تفاوت معناداری ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴. مقایسهٔ میانگین تأثیرات متقابل آبیاری و نوع پایه بر عناصر موجود در ریشهٔ چهار پایهٔ دانهالی پسته

پایه	تیمار آبیاری	N (٪)	P (٪)	K (٪)	Ca (٪)	Mg (٪)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)
بنه	۱۰۰%ET_c	۱/۶۶ a	۰/۳۶ a	۱/۵۰ b	۰/۹ a	۰/۲۳۶ bc	۹۵/۲۳ ab	۳۵۸۴ a	۴۸/۹۷ b	۲۸/۳۳ i
	۶۵%ET_c	۱/۵۶ abc	۰/۲۵ b	۱/۸۳ a	۰/۸۸ ab	۰/۲۳۳ bc	۹۹/۰۳ a	۷۳۴/۴ de	۴۳/۶۳ c	۴۹/۳ g
	۳۰%ET_c	۱/۴۷ bcd	۰/۲۳ bc	۱/۴۳۰ b	۰/۷۵ cd	۰/۱۶۶ d	۷۱/۵۳ c	۴۳۶/۰۰ f	۳۰/۶۳ f	۴۰/۰۷ h
بادامی ریز زرند	۱۰۰%ET_c	۱/۶۱ ab	۰/۱۷ defg	۱/۲۳ cd	۰/۹۶ a	۰/۳۲ a	۶۰/۳۷ de	۱۵۹۱ b	۷۸/۶۳ a	۴۱/۶۳ h
	۶۵%ET_c	۱/۵۶ abc	۰/۱۶ efg	۰/۹۹ f	۰/۶۸ cd	۰/۱۸ cd	۳۹/۵۳ g	۸۷۱/۷ c	۴۴/۰۷ c	۳۱/۹۳ i
	۳۰%ET_c	۱/۳۸ de	۰/۱۴۳ fg	۱/۱۳ def	۰/۷۲ cd	۰/۱۷ d	۴۹/۵۰ f	۳۳۹/۳ fg	۳۸/۲۳ de	۵۷/۵۰ ef
قزوینی	۱۰۰%ET_c	۱/۵۸ab	۰/۱۸ def	۱/۰۳ ef	۰/۶۹ cd	۰/۲۱۳ bcd	۶۱/۳۲ de	۶۷۱/۶ e	۳۷/۷۳ de	۶۳/۶۷ de
	۶۵%ET_c	۱/۴۳ cd	۰/۱۳۶ g	۱/۳۶ bc	۰/۷۲ cd	۰/۲۵ b	۶۴/۰۷ d	۳۰۳/۰۰ g	۳۷/۴۳ e	۵۴/۱ fg
	۳۰%ET_c	۱/۲۸ e	۰/۱۸۳ deg	۰/۹۹۶ f	۰/۶۵ de	۰/۱۹۶ bcd	۹۱/۵۳ b	۶۵۹/۱۰ e	۴۴/۳ c	۱۱۹/۶۰ b
سرخس	۱۰۰%ET_c	۱/۶۷ a	۰/۲۱ cd	۱/۱۲ def	۰/۷۸ bc	۰/۲۴۶ b	۵۵/۸۰ e	۷۸۲/۰ cd	۴۱/۵ cd	۶۵/۳ d
	۶۵%ET_c	۱/۵۹ ab	۰/۱۹۶ cde	۱/۱۶ de	۰/۷۵ cd	۰/۲۲۶ bcd	۶۳/۴۳ d	۸۶۸/۷ c	۳۴/۹۷ e	۱۴۸/۰ a
	۳۰%ET_c	۱/۵۰ bcd	۰/۱۵۶ efg	۱/۴۲ b	۰/۵۶ e	۰/۲۲ bcd	۷۵/۵۳ c	۳۷۶/۷۰ fg	۴۹/۱۳ b	۷۳/۹۳ c

حروف مشابه در هر سطر از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد با هم تفاوت معناداری ندارند.

نتیجه‌گیری کلی

تنش خشکی بخش عمده‌ای از ایران را که یکی از تولیدکننده‌های مهم پستهٔ دنیا به‌شمار می رود تحت تأثیر قرار داده است. کاهش در رشد رویشی و اختلال در جذب عناصر از پیامدهای تنش کم‌آبی بر گیاهان است. قابلیت جذب عناصر توسط گیاه به عوامل مختلفی مانند پایه، شرایط اقلیمی، میزان رطوبت خاک، میزان عناصر خاک، مواد آلی خاک، pH خاک و غیره بستگی دارد. کمبود و اختلال در جذب عناصر در این شرایط می‌تواند میزان عملکرد و کیفیت این محصول مهم و استراتژیک را تحت‌تأثیر قرار دهد. در بین پایه‌ها، پارامترهای رشدی در پایه‌های بنه و بادامی ریز زرند کمتر تحت تأثیر خشکی قرار گرفتند. از نظر وزن خشک ساقه و برگ، پایهٔ بنه و از نظر وزن خشک ریشه، پایهٔ بادامی ریز زرند کمتر از سایر پایه‌ها تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند و وزن خشک ساقه، برگ و ریشهٔ این‌ها در تیمارهای تنش آبی، کاهش کمتری نسبت به شاهد نشان دادند. درحالی‌که پایهٔ قزوینی در تیمار آبیاری کامل نسبت به سه پایهٔ دیگر از نظر ژنتیکی پایهٔ پررشدتری نشان داد. دلایل متعددی برای کاهش رشد در شرایط تنش کم‌آبی گزارش شده است. از آن جمله می‌توان به کاهش فتوسنتز، کاهش تورژسانس، کاهش سطح برگ، صرف ATP بیشتر برای هیدرولیز ترکیبات اسمزی و سنتز هورمون‌هایی مانند آبسایسیک اسید اشاره کرد (Chartzoulakis *et al*., 1993; Dubey, 1997). کارایی بیشتر در جذب مواد غذایی در شرایط خشک می‌تواند مزیتی برای درختان پسته در اقلیم‌ها و شرایط خاکی خشک باشد. تنش خشکی سبب اختلال در قابلیت دسترسی، انتقال و انتشار عناصر در گیاه می‌شود (Yuncai & Schmidhalter, 2005). در این پژوهش جذب اغلب عناصر در برگ و ریشه بر اثر تنش خشکی کاهش یافت اما به نظر نمی‌رسد تنش خشکی اختلال چندانی در کارایی جذب عناصر در پایه‌های پستهٔ مطالعه‌شده ایجاد کند. چراکه کمبود عناصر در این پایه‌ها طی ۷۵ روز اعمال تنش چندان مشهود نبود. ازآنجاکه نیتروژن، از عناصر غذایی محلول در آب است می‌توان بیان کرد که به موازات کاهش رطوبت خاک و کاهش متعاقب جریان توده‌ای در خاک، حجم محلول خاک نیز کاهش پیدا می‌کند و به دنبال آن، میزان نیتروژن قابل‌دسترس خاک نیز کاهش می‌یابد (Taiz & Zeiger, 1998). می‌توان گفت کاهش در جذب نیتروژن در گیاهان تنش‌دیده درنتیجهٔ کاهش رشد گیاه است که تقاضای گیاه را برای جذب نیتروژن تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. کاهش غلظت نیتروژن با افزایش تنش آبی توسط پژوهشگران زیادی گزارش شده است (Khalid, 2006; Wu *et al*., 2009).

Archive of SID

www.SID.ir

جذب فسفر به‌طورعمده از طریق انتشار صورت می‌گیرد. بنابراین، با محدودشدن رطوبت خاک، مکانیسم جذب فسفر مختل می‌شود (Schenek & Barber, 1979). افزایش غلظت پتاسیم برگ در شرایط تنش آبی که توسط پژوهشگران زیادی گزارش شده است می‌تواند بیانگر نقش این عنصر در حفظ تورژسانس در شرایط تنش باشد (Yuncai & Schmidhalter, 2005). این عنصر در شرایط تنش در تنظیم اسمزی استفاده می‌شود تا بتواند از کاهش شدید پتانسیل آماس جلوگیری کند (Jabbari Orange & Ebadi, 2010). در بررسی Yin & Vyn (2002)، تنش خشکی سبب افزایش یون پتاسیم و قند در برگ‌های سویا شد.گزارش شده است که تجمع پتاسیم در مقایسه با سایر اسمولیت‌ها سریع‌تر صورت می‌گیرد. چون پتاسیم یک یون غیرآلی است و تغییر در جریان یونی آن سریع‌تر ایجاد می‌شود (در حد چند دقیقه) درحالی‌که سنتز بیوشیمیایی اسمولیت‌های آلی مانند پرولین و قندهای احیایی طی چند ساعت و یا چند روز بعد از تنش صورت می‌گیرد (Santos & Alejo, 1994). انرژی بیشتری که برای تجمع مواد آلی نسبت به جذب یون‌های غیرآلی نیاز است می‌تواند دلیل این امر باشد (Xu & Yu, 1990). کاهش غلظت کلسیم برگ با افزایش سطح تنش آبی را می‌توان به کاهش تعرق گیاه بر اثر تنش آبی نسبت داد چراکه انتقال کلسیم منحصراً در آوند چوبی انجام می‌شود، بنابراین با کاهش تعرق گیاه بر اثر تنش آبی، میزان انتقال کلسیم کاهش می‌یابد (Bilger *et al*., 1984).

تنش آبی سبب کاهش منیزیم برگ و ریشه پایه‌های بررسی‌شده شد. Hu & Schemidhalter (2005) نیز بیان کردند که با کاهش رطوبت خاک انتقال منیزیم به ریشه‌ها محدود و جذب آن کاهش می‌یابد.

تنش آبی، غلظت روی برگ را کاهش داد ولی روی ریشه افزایش یافت. کاهش در غلظت روی برگ بر اثر تنش آبی، ممکن است به‌دلیل اختلال ایجادشده در اثر تنش خشکی در انتقال این عنصر باشد. از طرفی تجمع بیشتر روی در ریشه در شرایط تنش، ممکن است به‌دلیل نقش این عنصر در افزایش رشد ریشه در شرایط تنش باشد. به عبارتی ممکن است گیاه به‌منظور توسعهٔ بیشتر ریشه در شرایط خشک، به میزان بیشتری روی را در ریشه جمع کند.

نتایج نشان داد میانگین غلظت آهن ریشه چندین برابر این مقدار در برگ است که این امر نشان‌دهندهٔ آن است که ریشه محل اصلی تجمع آهن در گیاه پسته است (Havlin *et al*., 1999). تنش آبی سبب افزایش غلظت آهن برگ شد و بیشترین میزان آهن در تنش آبی شدید به دست آمد، اما غلظت آهن ریشه با افزایش سطح تنش کاهش یافت. رطوبت پایین آب خاک سبب کاهش جذب آهن توسط ریشه گیاه می‌شود (Havlin *et al*., 1999). افزایش غلظت آهن اندام هوایی با افزایش تنش آبی را می‌توان به کاهش رشد اندام هوایی بر اثر تنش آبی نسبت داد. افزایش غلظت منگنز برگ با افزایش تنش آبی ممکن است به‌دلیل کاهش وزن خشک اندام هوایی بر اثر تنش آبی باشد که موجب شده غلظت این عنصر در واحد وزن خشک افزایش یابد. با افزایش سطح تنش آبی، غلظت مس در برگ کاهش اما در ریشه افزایش یافت. افزایش غلظت مس ریشه با افزایش سطح تنش آبی به این دلیل است که احتمالاً به‌دلیل کاهش وزن خشک ریشه بر اثر تنش آبی، غلظت این عنصر در واحد وزن خشک افزایش یافته است.

گزارش شده تفاوت جذب عناصر بین پایه‌های مختلف می‌تواند ناشی از تفاوت در روابط آبی آنها مانند تفاوت در میزان تعرق باشد (Sinclair, 1984). در بین پایه‌ها، پایهٔ بنه کارایی بالاتری برای جذب عناصر فسفر، پتاسیم و کلسیم در شرایط تنش داشت چراکه در شرایط تنش مقدار این عناصر در ریشهٔ این پایه بیشتر بود. همچنین پایهٔ بادامی ریز زرندکارایی بالاتری برای جذب منیزیم، پایهٔ قزوینی کارایی بالاتری در جذب آهن، مس و روی و پایه سرخس کارایی بالاتری برای جذب نیتروژن و منگنز در شرایط تنش داشتند. از نظر مقدار عناصر برگ نیز بیشترین مقدار فسفر و منگنز برگ در شرایط تنش متعلق به پایهٔ بنه بود. بررسی Tavallali & Rahemi (2007) نیز نشان داد که ارقام پیوندشده روی پایهٔ بنه، فسفر بیشتری داشتند. یعنی این پایه در شرایط تنش بیشترین کارایی را در جذب فسفر داشت. انتقال بیشتر نیتروژن به بخش‌های هوایی در شرایط تنش ممکن

Archive of SID

www.SID.ir

است دلیل کمتربودن غلظت این عنصر در ریشهٔ پایه‌های قزوینی و بادامی ریز زرند باشد. پایهٔ بنه قابلیت جذب و انتقال فسفر بیشتری در شرایط تنش داشت چراکه بیشترین میزان فسفر برگ و ریشه در شرایط تنش آبی متعلق به این پایه بود. افزایش غلظت پتاسیم برگ در پایه‌های بادامی ریز زرند و بنه و قزوینی در شرایط تنش آبی می‌تواند بیانگر نقش این عنصر در تنظیم اسمزی و حفظ تورژسانس این پایه‌ها در شرایط تنش باشد. درحقیقت این پایه‌ها با افزایش تجمع پتاسیم در بافت‌های خود و افزایش فشار اسمزی، مانع ازدست‌رفتن آب و سبب جذب بیشتر آب در بافت‌های خود می‌شوند. نتایج نشان داد اگرچه کمترین میزان کلسیم برگ متعلق به پایهٔ بنه بود اما غلظت کلسیم برگ این پایه کمتر تحت‌تأثیر خشکی قرار گرفت و در شرایط تنش شدید تفاوت در مقدار کلسیم برگ پایه‌ها از نظر آماری معنادار نبود که این امر می‌تواند ناشی از حفظ هدایت روزنه‌ای و به‌دنبال آن تعرق بالاتر این پایه در شراط تنش خشکی باشد. با توجه به اینکه تعرق علاوه بر خنک‌کردن گیاهان، آنها را قادر می‌سازد که عناصر را از ریشه به اندام هوایی حرکت دهند (Bilger *et al*., 1984)، پس کاهش کمتر کلسیم برگ در پایهٔ بنه را می‌توان به کاهش کمتر تعرق گیاه بر اثر تنش آبی نسبت داد. تجمع بیشتر آهن و مس در برگ پایهٔ سرخس بر اثر تنش ممکن است بیانگر افزایش فعالیت آنزیم‌هایی مانند پراکسیداز در این پایه در شرایط تنش باشد. ثابت شده است که یون‌های فلزی همچون آهن و مس به‌منزلهٔ کوفاکتور بسیاری از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان هستند و کاربرد این عناصر می‌تواند سبب بهبود در انجام وظایف مهم سلولی مانند متابولیسم پروتئین و تظاهر ژن و همچنین یکپارچگی و سلامت غشا شود (Rahimizadeh *et al*., 2010). نتایج تأثیرات خشکی بر پارامترهای رشدی نشان داد، پایه‌های بنه و بادامی ریز زرند کمتر تحت‌تأثیر خشکی قرار گرفتند و تحمل به خشکی بیشتری داشتند. از نظر وزن خشک ساقه و برگ، پایهٔ بنه و از نظر وزن خشک ریشه، پایهٔ بادامی ریز زرند کمتر از سایر پایه‌ها تحت‌تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند و وزن خشک ساقه، برگ و ریشه این‌ها در تیمارهای تنش آبی، کاهش کمتری نسبت به شاهد نشان داد. مقاومت بیشتر پایه‌های بنه و بادامی ریز زرند به خشکی می‌تواند به عواملی مانند کارایی بیشتر سیستم فتوسنتزی، یا تنظیم اسمزی بهتر در شرایط خشکی نسبت داده شود چراکه پایه‌های پسته تحت‌تأثیر خشکی دچار کمبود قابل توجهی نشدند.

سپاسگزاری

از مؤسسهٔ تحقیقات پستهٔ کشور به‌دلیل در اختیار قرار دادن بذور پسته تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Bilger, H. W., Schreiber, U. & Lange, O. L. (1984). Determination of leaf heat- resistance-comparative investigation of chlorophyll fluorescence changes and tissue necrosis methods. *Oecologia*, 63, 256-262.
2. Brown, P., Zhang, Q. & Ferguson, L. (1991). Nutrient uptake efficiencies of various pistachio rootstocks. In: *California Pistachio Industry*. *Annual Report*. pp. 158.
3. Brown, P., Zhang, Q., Huang, Z., Holtz, B. & Hornung, C. (1999). Agronomic and economic responses of mature 'Kerman' pistachio trees to potassium applications in California. In: *California Pistachio Industry*. *Annual Report*. pp. 84-85.
4. Chartzoulakis, K., Noitsakis, B. &Therios, I. (1993). Photosynthesis, Plant growth and dry matter distribution in kiwifruit as influenced by water deficits. *Irrigation Science*, 14, 1-5.
5. Dubey, R.S. (1997). Photosynthesis in plants under stressful conditions. In: Handbook of Photosynthesis (Ed. Pessarakli, M.). Pp. 859-875. Marcel Dekker, New York.
6. Fan, M. X. & Mackenzie, A. F. (1994). Corn yield and phosphorus uptake with bonded urea and phosphate mixtures. *Soil Science Society of America Journal*, 58, 249-255.
7. Ferguson, L. (1995). *Pistachio production*. Center of Fruit and Nut Crop Research and Information. University of California at Davis. Department of Pomology, USA. pp: 160.
8. Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L. & Nelson, W. L. (1999). *Soil fertility and fertilizers*: An introduction to nutrient management. Prentice-Hall, Inc., London, pp. 406-425.
9. Hu, Y. & Schemidhalter, U. (2005). Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168, 541-549.

Archive of SID

www.SID.ir

10. Jabbari Orange, M. & Ebadi, A. (2010). Effect of supplemental irrigation on nutrient uptake, water relations and drought tolerance of sunflower cultivars in Ardabil conditions. *Environmental stresses in crop Sciences*, 3(2), 115-127. (in Farsi)
11. Khalid, K. A. (2006). Influence of water stress on growth, essential oil, and chemical composition of herbs (*Ocimum* sp.). *International Agrophysics*, 20, 289-296.
12. Martins, A. L. C., Batagha, O.C., Camargo, O.A. & Conarella, H. (2003). Corn yield and uptake of Cu, Fe, Mn and Zn from sewage sludge-amend soil with and without liming. *Revista-Basilica-Deciencia*, 27, 563-574.
13. Rahimizadeh, M., Kashani, A., Zare Fizabady, A., Madani, H. & Soltani, E. (2010). Effect of micronutrient fertilizers on sunflower growth and yield in drought stress condition. *Electronic Journal of Crop Production*, 3 (1), 57-72. (in Farsi)
14. Santos, M. S. & Alejo, N. O. (1994). Effect of water stress on growth, osmotic potential and solute accumulation in cultivars from chili pepper. *Plant Science*, 96, 21-29.
15. Sayed, O.H. (2003). Chlorophyll flourscence as a tool in cereal research. *Photosynthetica*, 3, 321-330.
16. Schenek, M. K. & Barber, S. A. (1979). Root characteristics of corn genotypes as related to P uptake. *Agronomy Journal*, 71, 921-924.
17. Sinclair, W.B. (1984). *The biochemistry and physiology of the lemon and other citrus fruits*. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources.
18. Taiz, L. & Zeiger, E. (1998). *Plant physiology*. Sinauer Associates Inc. Publisher, Sonderland Massachusetts. 757p.
19. Tavallali, V. & Rahemi, M. (2007). Effects of Rootstock on Nutrient Acquisition by Leaf, Kernel and Quality of Pistachio (*Pistacia vera* L.). *American-eurasian journal of agricultural & environmental Sciences*, 2(3), 240-246.
20. Tekin, H. (2002). *Deficiencies of nutrients and fertilization in pistachio*. (in Turkish). In: *Pistachio Research Institute Publication*, 14, p. 33.
21. Uriu, K. & Pearson, J. (1983). Diagnosis and correction of nutritional problems, including the crinkle leaf disorder. California Pistachio Industry, Annual Report.
22. Wu, F. Z., Bao, W.K., Zhou, Z.Q. & Wu, N. (2009). Carbon accumulation, nitrogen and phosphorus use efficiency of Sophora davidii seedlings in response to nitrogen supply and water stress. *Journal of arid environments*, 73, 1067-1073.
23. Xu, Y. L. &Yu, S. W. (1990). Energy consumption in plant adapting to salinity adverse habitat. *Acta Phytophysiologica Sinica*, 6, 70-73.
24. Yin, X. & Vyn, T.Y. (2002). Soybean responses to potassium placement and tillage alternatives flowering no-till. *Agronomy Journal*, 94, 1367-1374.
25. Yuncai, H. & Schmidhalter, U. (2005). Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of Plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168, 541-549.

Archive of SID

www.SID.ir

Iranian Journal of Horticultural Science, Vol. 46, No. 4, Winter 2016

Leaf and root mineral concentrations of four pistachio seedling rootstocks under different irrigation regimes

Mostafa Ghasemi[1], Kazem Arzani[2*], Abbas Yadollahi[3] and Hossein Hokmabadi[4]
1, 2, 3. Former Ph.D. Student, Professor and Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University (TMU), Tehran, Iran
4. Assistant Professor, Iran's Pistachio Research Institute (IPRI)
(Received: Jan. 22, 2014 - Accepted: Jul. 28, 2014)

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the effect of water stress on the growth and mineral concentrations in the leaves and roots of four pistachio seedling rootstocks including *Pistacia vera* 'Badami-Riz-Zarand', 'Ghazvini', 'Sarakhs' and *P. mutica*. Irrigation treatments were 100% ET_c (control), 65% ET_c (medium stress) and 30% ET_c (severe stress) applying for 75 days on four months old pistachio seedlings. At the end of experiment, biomass and nutrient contents in the leaves and roots were determined. The obtained results indicated that water stress had significant effects on biomass and mineral composition of the leaves and roots of studied rootstocks. In the case of shoot, root and leaf dry weight, the rootstocks *P. mutica* and *P. vera* cv. `Badami-Riz-Zarand' showed lower reduction under water stress. *P. mutica* showed greatest contents of P and Mn in the leaves and P, K and Ca in the roots under water stress. *P. vera* 'Badami-Riz-Zarand' also showed highest contents of Mg in the leaves and roots under water stress, whereas, `Ghazvini' showed highest contents of N, K, Cu in the leaves and Fe, Cu, Zn in the root under water stress. *Pistacia vera* L. 'Sarakhs' also showed highest contents of Fe in the leaves and N, Mn in the root under water stress. Based on the obtained results, it was concluded that water stress had negative effects on pistachio seedling rootstocks and *P. mutica* and *P. vera* 'Badami-Riz-Zarand' showed more resistance than the other genotypes.

Keywords: biomass, mineral uptake, pistachio, rootstock, water stress.

Archive of SID

* Corresponding author E-mail: arzani_k@modares.ac.ir Tel: +98 21 48292094

www.SID.ir