مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران
سال دهم، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۷
ص ۴۳-۵۴

اثر سایه‌بان مصنوعی و رطوبت خاک بر تسهیم برخی عناصر غذایی در اندام‌های نهال بنه

محمدحسین صادق‌زاده حلاج[۱]، داوود آزادفر[۲*] و حسین میرزایی ندوشن[۳]

[۱] دکترای جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکدهٔ علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
[۲] دانشیار، گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکدهٔ علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
[۳] استاد، گروه تحقیقات زیست‌فناوری، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۳/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۱۳)

چکیده

به‌منظور ارزیابی تأثیر شدت نور و رطوبت خاک بر الگوی توزیع عناصر غذایی در اندام‌های نهال بنه، پژوهشی در ایستگاه تحقیقات البرز کرج در تابستان ۱۳۹۳ انجام گرفت. نهال‌های یکسالهٔ گلدانی بنه تحت تیمارهای رطوبت خاک (در سه سطح ۱۰۰، ۵۰ و ۲۰ درصد ظرفیت زراعی) و سایه‌بان مصنوعی (در سه سطح صفر، ۳۰ و ۵۰ درصد از نور کامل) در قالب طرح کرت‌های خردشده با پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۰ نهال در هر کرت فرعی قرار گرفتند. پس از گذشت حدود چهار ماه، نهال‌ها از گلدان خارج و غلظت عناصر نیتروژن، پتاسیم، فسفر و روی در اندام‌های ریشه، ساقه و برگ آنها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که غلظت عناصر غذایی در ریشهٔ نهال بنه تحت تأثیر هیچ‌کدام از عوامل خشکی و سایه و اثر متقابل آنها قرار نگرفت. در ساقه نیز تنها غلظت عنصر روی تحت تأثیر کاهش رطوبت قرار گرفت و کاهش یافت. کاهش رطوبت خاک همچنین سبب کاهش عناصر روی و نیتروژن در برگ‌های نهال بنه شد. اثر متقابل رطوبت خاک و سایه بر غلظت عناصر پتاسیم و ازت برگ معنی‌دار بود، به‌نحوی که افزایش سایه سبب افزایش غلظت این عناصر در برگ نهال‌های تیمارشده با رطوبت‌های ۵۰ و ۲۰ درصد ظرفیت زراعی و کاهش آنها در برگ نهال‌های فاقد تنش خشکی شد. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از سایه‌بان برای نهال‌های بنهٔ تحت تنش خشکی مفید است و موجب بهبود فرایند انتقال عناصر غذایی از ریشه به اندام هوایی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، روی، فسفر، نیتروژن.

مقدمه

در میان عوامل فیزیولوژیک تأثیرگذار بر رشد گیاه، دسترسی به عناصر غذایی تأثیر بسیار حیاتی دارد. جذب و تسهیم عناصر غذایی در گیاه، بستگی زیادی به مورفولوژی ریشه، خصوصیات خاک، اقلیم و خصوصیات گیاه دارد. دسترسی به منابع آب، تأثیر مهمی در جذب مواد معدنی و تنظیم فرایند رشد و تولید در گیاهان دارد. به‌طور کلی، توانایی بالقوهٔ ریشه‌های گیاه برای جذب آب و عناصر غذایی در شرایط تنش خشکی بیشتر به‌دلیل کاهش تقاضای مواد غذایی کاهش می‌یابد (Alam, 1999). تاکنون تحقیقات زیادی دربارهٔ تغذیه گیاهان در شرایط مختلف اقلیمی و ادافیکی انجام گرفته است، اما به‌طور معمول به‌دلیل مشکلات نمونه‌گیری و هزینه‌های

* نویسندهٔ مسئول
شماره تماس: ۰۹۸۹۱۱۱۷۱۹۲۲۱+
ایمیل: azadfar.d@gamil.com

آزمایش‌ها و نیروی انسانی این تحقیقات بر وضعیت تغذیه‌ای برگ‌ها متمرکز بوده‌اند (He et al., 2015). در این زمینه می‌توان به گزارش‌های منتشرشده در خصوص اثر کاهش غلظت پتاسیم، فسفر، روی و نیتروژن در برگ پستهٔ باغی در اثر تنش خشکی اشاره کرد (Abbaspour et al., 2011; Mohammadi et al., 2012).

شایان ذکر است که ریشه و ساقه تنها اجزای ساختاری نیستند و اندام‌های مهمی برای جذب، انتقال، تجمیع و توزیع مواد غذایی به‌شمار می‌روند (Lambers et al., 2008). برای مثال در گیاهان چوبی، پروتئین‌های ذخیره‌ای می‌توانند ۲۵ تا ۳۰ درصد مجموع پروتئین گیاه را شامل شوند که به‌طور عمده در بافت‌های سلولزی، پوست و ریشهٔ درختان نگهداری می‌شوند. این مواد غذایی ذخیره‌ای می‌توانند در شرایط خشکی که جذب مواد غذایی و ترسیب کربن محدود می‌شود، تأثیر مهمی در حمایت از توسعهٔ برگ داشته باشد (Lambers et al., 2008). به‌عنوان یک قاعدهٔ کلی، الگوی توزیع مواد غذایی تفاوت‌های زیادی بین فرم‌های رویشی مختلف گیاهان و توانایی سازگاری آنها به شرایط خشکی دارد؛ بنابراین به‌منظور فهم درست الگوهای توزیع و ذخیرهٔ عناصر غذایی در گیاهان تحت تنش خشکی، مطالعهٔ همزمان تمام اندام‌ها ضروری به‌نظر می‌رسد (He et al., 2015). در این زمینه تحقیقات کمی در جنس پسته انجام گرفته که از آن جمله می‌توان به گزارش‌های Bagheri et al. (2012) مبنی بر تأثیر منفی تنش خشکی بر فرایند انتقال عناصر از ریشه به برگ و کاهش غلظت فسفر، پتاسیم و روی در برگ نهال‌های دو رقم پستهٔ باغی و Fayyaz et al. (2013) مبنی بر نبود اثر معنی‌دار تنش خشکی بر تسهیم عناصر پتاسیم و سدیم در اندام‌های نهال بنه اشاره کرد.

در خصوص اثر سایه بر گونه‌های در معرض تنش خشکی، تحقیقات بسیار زیادی انجام پذیرفته که به ایجاد و توسعهٔ فرضیه‌های متفاوتی منجر شده است. نتایج برخی محققان اثبات کرده که کاهش دریافت نور سبب تشدید تأثیرات تنش خشکی بر گیاه می‌شود (Castro-Diez, 2008). برمبنای این فرضیه، گیاهان رشدیافته در شرایط سایه، سهم بیشتری از زی‌توده را به اندام هوایی و به‌ویژه سطح برگ برای دریافت نور بیشتر اختصاص می دهند که سبب کاهش سهم زی تودهٔ ریشه و کاهش بیشتر جذب آب از خاک می‌شود؛ اما فرضیه دیگری ناظر بر کاهش اثر تنش خشکی بر گیاه به‌واسطهٔ کاهش نور وجود دارد که بیان می کند سایه سبب حفاظت گیاه از عواملی نظیر دمای زیاد برگ و محیط، کاهش شدید تعرق و تنش های اکسیداتیو که اثر تنش خشکی را تشدید می کنند، می‌شود. برگ‌های واقع در سایه به آب کمتری برای تعرق نیاز دارند و گیاه قادر به نگهداری آب بیشتر و افزایش آب بافت‌ها می‌شود (Huang et al., 2009). فرضیه‌ای دیگر مطرح می‌کند که رطوبت خاک به‌تناسب میزان نور تغییریافته و تأثیرات سایه و خشکی متعامدند (Sack & Grubb, 2002). بی‌گمان تأثیرات همزمان خشکی و سایه به دلیل تفاوت میان گونه‌ها، فنوتیپ‌ها و جمعیت‌ها بسیار متغیر است و تقریباً غیرممکن است که بتوان یک نتیجه‌گیری کلی برای تمام گونه‌های گیاهی ارائه کرد. در خصوص برهم‌کنش سایه و رطوبت خاک بر جذب و توزیع عناصر غذایی در اندام‌های گونه‌های جنس پسته گزارشی یافت نشد. همچنین مطالعات در این زمینه اغلب بر غلظت عناصر نیتروژن برگ به‌دلیل نقش مهم آن در ساختمان کلروفیل متمرکز است که از آن‌جمله می‌توان به گزارش‌های اثر معنی‌دار سایه بر افزایش نیتروژن برگ نهال‌های بلوط چوب‌پنبه (Aranda et al., 2005)، افزایش غلظت نیتروژن دو گونهٔ همیشه‌سبز و دو گونه خزان‌کنندهٔ بلوط (Quero et al., 2006)، کاهش غلظت نیتروژن در برگ *Quercus ilex* و *Q. coccifera* و کاهش کربن و نیتروژن در برگ *Populus cathayana* (Huang, 2009) در شرایط تنش خشکی اشاره کرد.

بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) یکی از مهم‌ترین

گونه‌های درختی جنگل‌های خارج از شمال کشور است که علاوه‌بر حضور گسترده در مناطق رویشی ارسباران، زاگرس، ایران و تورانی و دامنه‌های ناحیهٔ خلیج فارس و عمانی، مانند کمربندی اطراف کویرهای ایران را احاطه کرده است (Owji & Hamzepour, 2003). با توجه به وجود گزارش‌هایی مبنی بر نقش مثبت سایهٔ درختچه‌ها و پوشش زیراشکوب جنگل‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور بر زادآوری گونهٔ بنه (Negahdar Saber & Abbasi, 2010)، در این پژوهش چهار عنصر مهم نیتروژن، پتاسیم، فسفر و روی انتخاب و تغییرات غلظت این عناصر در اندام‌های نهال‌های دوسالهٔ بنه در نهالستان در اثر تیمارهای متفاوت رطوبت خاک و شدت نور بررسی شد. نیتروژن، پتاسیم و فسفر از عناصر پرمصرف مورد نیاز گیاهان محسوب می‌شوند و تأثیر بسیار مهمی در رشد و تولید، نقل و انتقال انرژی، و تنظیم فتوسنتز و تنفس گیاه دارند (Kafi, 2012). روی نیز از جمله عناصر کم‌مصرف مهمی است که علاوه بر تأثیر به‌عنوان کاتالیزور برخی آنزیم‌ها، عامل مهمی در تنظیم رفتار روزنه‌های برگ به‌شمار می‌آید (Brown et al., 1993). هدف پژوهش حاضر آن بود که با اعمال تغییرات در رژیم‌های رطوبتی خاک و شدت نور دریافتی نهال‌ها، تأثیرات عوامل مذکور و برهم‌کنش آنها بر الگوی توزیع عناصر مذکور در اندام‌های مختلف نهال و اثر سایه بر تسهیل یا تشدید اثر تنش خشکی از دیدگاه تغذیهٔ نهال‌ها بررسی شود.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ پژوهش

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات البرز کرج وابسته به مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور واقع در جنوب شهر کرج با مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقهٔ شمالی و ۵۰ درجه و ۵۴ دقیقهٔ شرقی با ۱۳۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا انجام گرفت. براساس آمار ایستگاه هواشناسی شهر کرج (سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۳)، میانگین بارندگی سالیانه ۲۸۳/۲ میلی‌متر، میانگین درجهٔ حرارت ماهانهٔ منطقه ۱۵/۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین ماهانهٔ سرعت باد ۲/۶ متر بر ثانیه است. حداکثر مطلق دما ۴۱/۸ درجهٔ سانتی‌گراد در تیرماه ۱۳۸۹ و حداقل مطلق دما ۱۶/۶- درجهٔ سانتی‌گراد در دی‌ماه ۱۳۸۷ رخ داده‌اند. اطلاعات هواشناسی منطقه در ماه های اجرای طرح آزمایش و اعمال تیمارها (تیر تا آبان ۹۳ برابر ژوئن تا اکتبر ۲۰۱۴) به شرح جدول ۱ بود.

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی منطقه در ماه‌های اجرای طرح آزمایش

آماره	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر
میانگین دما (سانتی‌گراد)	۲۶/۳	۲۸/۹	۲۸/۷	۲۴/۸	۱۵/۱
حداکثر مطلق دما (سانتی‌گراد)	۳۹/۱	۴۱/۲	۴۱/۴	۳۵/۴	۳۱/۳
حداقل مطلق دما (سانتی‌گراد)	۱۰/۵	۱۴/۸	۱۶/۱	۱۱/۷	۴
بارش (میلی‌متر)	۵	۹	۰	۰	۵
میانگین سرعت باد (کیلومتر بر ساعت)	۳/۶	۳/۴	۲/۷	۲/۶	۲/۸

شیوه اجرای پژوهش

در اسفند ۱۳۹۲ کلیهٔ نهال‌ها با خاک اطراف ریشه به گلدان‌های بزرگ نایلونی با ۳۵ سانتی‌متر ارتفاع و ۳۰ سانتی‌متر قطر منتقل شدند و باقی‌ماندهٔ ظرفیت گلدان با خاک بستر ایستگاه پر شد؛ بنابراین خاک گلدان‌ها مخلوطی از خاک حاصلخیز اولیهٔ غنی‌شده با

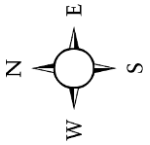
کود حیوانی و خاک به‌نسبت ضعیف ایستگاه بود که میانگین وزنی آنها مشخصاتی به شرح جدول ۲ داشت.

جدول ۲- مشخصات خاک استفاده‌شده در گلدان‌های نهال‌های بنه

اسیدیته	هدایت الکتریکی (ds/m)	آهک کل (%)	کربن آلی (%)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	روی (mg/kg)	نیتروژن (%)	ماسه (%)	سیلت (%)	رس (%)
۸/۰	۲/۲	۸/۲	۱/۱	۶۶/۰	۵۸۱/۷	۳۳	۰/۱۲	۳۹	۳۸	۲۳

در اواخر خرداد ۱۳۹۳، ظرفیت زراعی گلدان ها به روش توزین تعیین شد. بدین صورت که یک گلدان مشخص به‌طور کامل آبیاری شده و سطح آن به‌منظور جلوگیری از تبخیر سطحی با پلاستیک پوشانده شد. پس از دو روز، وزن تر گلدان اندازه‌گیری شد و به‌عنوان وزن گلدان در تیمار رطوبتی ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مدنظر قرار گرفت. سپس خاک گلدان به‌مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۸۰ درجهٔ سانتی گراد قرار گرفت و وزن خاک خشک و حجم آب مورد نیاز برای رطوبت های ۱۰۰، ۵۰ و ۲۰ درصد ظرفیت زراعی محاسبه و با توجه به همسانی وزن گلدان‌ها، وزن مرجع برای هر کدام از تیمارهای رطوبتی تعیین شد (Alizadeh, 2010). همزمان، با توجه به اقلام تجاری موجود در بازار، توری های سایه‌بان پلی‌اتیلنی سفیدرنگ با شدت سایه‌اندازی ۳۰ و ۵۰ درصد نور کامل تهیه شد.

در ابتدای تیرماه طرح آزمایشی در قالب کرت های خردشده با پایهٔ بلوک های کامل تصادفی و با لحاظ رطوبت خاک در سه سطح ۱۰۰، ۵۰ و ۲۰ درصد ظرفیت زراعی به‌عنوان عامل اصلی و سایه‌بان مصنوعی در سه سطح صفر، ۳۰ و ۵۰ درصد از نور کامل به‌عنوان عامل فرعی در سه تکرار، ۱۰ نهال در هر کرت و یک نهال در هر گلدان طراحی و اجرا شد و سایه‌بان‌ها در کرت‌های مقرر در ارتفاع ۷۰ سانتی‌متری از سطح زمین با استفاده از پیکه‌های چوبی و سیم مفتول نصب شد (شکل‌های ۱ و ۲). ابعاد کرت‌ها ۲×۱ متر و فاصلهٔ میان کرت‌های فرعی سایه‌بان، کرت‌های اصلی رطوبت خاک و همچنین بین بلوک‌ها ۳ متر بود. استفاده از طرح بلوک به‌دلیل وجود ردیفی از درختان در جهت شرقی عرصهٔ طرح و حذف اثر مداخله‌گر آنها به‌صورت سایه‌اندازی روی کرت‌های شرقی در ساعات اولیهٔ صبح بود.



تکرار اول	a1b3	a1b2	a1b1	a3b1	a3b3	a3b2	a2b3	a2b1	a2b2
تکرار دوم	a3b2	a3b1	a3b3	a2b1	a2b2	a2b3	a1b3	a1b2	a1b1
تکرار سوم	a3b3	a3b1	a3b2	a1b2	a1b3	a1b1	a2b3	a2b2	a2b1

شکل ۱- نقشهٔ طرح آزمایش (a: عامل رطوبت خاک در سه سطح ۲۰ (۱)، ۵۰ (۲) و ۱۰۰ (۳) درصد ظرفیت زراعی، b: عامل سایه در سه سطح صفر (۱)، ۳۰ (۲) و ۵۰ (۳) درصد نور کامل

شکل ۲- تصاویر سایه‌بان‌های مستقر در عرصهٔ طرح آزمایش

گلدان‌ها در ابتدای هر روز با استفاده از ترازوی قابل‌حمل دیجیتال با دقت ۲ گرم توزین و از راه آبیاری با استوانهٔ مدرج ۱ لیتری با دقت ۱ میلی‌لیتر به وزن هدف رسانده شدند. عملیات آبیاری و اعمال تیمارهای رطوبتی بیش از چهار ماه و تا اواسط آبان ۱۳۹۳ پیش از فرا رسیدن اولین بارندگی پاییزه ادامه داشت. سپس تمام نهال‌ها با احتیاط کامل از گلدان خارج شده و پس از شست‌وشوی ریشه‌های اصلی و فرعی، برگ نهال‌ها جمع‌آوری شد. ریشه و ساقه از محل قطر یقه جدا شده و به‌منظور اندازه‌گیری غلظت عناصر به آزمایشگاه منتقل شدند. تمام قسمت‌های ریشه، ساقه و برگ نهال‌ها کاملاً آسیاب و پودر شد و به‌منظور اندازه‌گیری غلظت عناصر از آنها استفاده شد. اندازه‌گیری درصد نیتروژن اندام‌ها با استفاده از روش تیتراسیون بعد از تقطیر به‌وسیلهٔ دستگاه کجلدال؛ اندازه‌گیری غلظت عناصر پتاسیم و روی با استفاده از روش سوزاندن خشک؛ و هضم با اسید کلریدریک به‌وسیلهٔ دستگاه جذب اتمی و اندازه‌گیری غلظت فسفر اندام‌ها به روش کالریمتری زرد مولیبدات-وانادات و به‌کمک دستگاه اسپکتروفتومتر انجام گرفت (Emami, 1996).

روش تحلیل

اثرگذاری عوامل تحت بررسی و برهم‌کنش آنها از راه تجزیهٔ واریانس براساس طرح کرت‌های خردشده با پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی بررسی شد و از باقی‌ماندهٔ مدل برای بررسی نرمالیتهٔ باقی‌مانده‌ها با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk استفاده شد. همگنی واریانس‌ها نیز با استفاده از آزمون لون بررسی شد. مقایسهٔ میانگین برای متغیرهایی که اثر عوامل بر آنها معنی‌دار بود با استفاده از آزمون LSD در نرم‌افزار MSTAT-C 2.1 انجام گرفت و نمودارها با استفاده از اکسل ترسیم شدند.

نتایج

تجزیهٔ واریانس اثر عوامل اصلی و متقابل تحت بررسی بر غلظت عناصر در اندام‌های مختلف نهال‌های تحت مطالعهٔ بنه (جدول ۳) نشان داد که غلظت عناصر مطالعه‌شده در ریشهٔ نهال بنه تحت تأثیر هیچ‌کدام از عوامل و اثرهای متقابل آنها نبود. از میان عناصر اندازه‌گیری‌شده در ساقه نیز فقط غلظت روی تحت تأثیر رطوبت خاک قرار گرفت؛ اما در خصوص غلظت عناصر مطالعه‌شده در برگ، اثر معنی‌دار رطوبت خاک بر غلظت روی و پتاسیم و اثر متقابل رطوبت و سایه بر غلظت پتاسیم و نیتروژن مشاهده شد.

جدول ۳- میانگین مربعات حاصل از تجزیهٔ واریانس غلظت‌های عناصر در اندام‌های مختلف نهال‌های بنه

عنصر	اندام	بلوک	رطوبت خاک	خطای عامل اصلی	سایه	رطوبت × سایه	خطا	ضریب تغییرات (درصد)
ازت	ریشه	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۳۹	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۱	۴/۵۳
	ساقه	۰/۰۰۷ ns	۰/۰۴۰ ns	۰/۰۳۴	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۲	۵/۶۳
	برگ	۰/۰۹۲ ns	۰/۲۳۵ ns	۰/۰۴۰	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۱۵*	۰/۰۰۴	۱۲/۳۵
پتاسیم	ریشه	۳۲۹/۶۹۳ ns	۲۹۰/۰۹۳ ns	۳۹۴۲/۳۶۲	۲۷/۰۷۸ ns	۵۷/۵۶۷ ns	۱۹۲/۸۵۴	۲۰/۰۶
	ساقه	۳۱۷/۶۵۷ ns	۱۱۰۵/۲۸۳ ns	۷۰۵/۴۰۸	۲۸/۸۶۹ ns	۸۰/۰۶۲ ns	۴۹/۹۱۱	۹/۸۷
	برگ	۴۷۲/۳۲۸ ns	۲۷۶۴/۱۶۹ ns	۵۶۴/۳۶۱	۷/۷۰۰ ns	۲۰۹/۳۳۳*	۵۵/۶۲۴	۸/۹۵
فسفر	ریشه	۰/۵۵ ns	۰/۵۷۴ ns	۳/۶۶۸	۰/۰۹۶ ns	۰/۲۲۲ ns	۰/۳۵۳	۱۰/۴۶
	ساقه	۰/۶۰۱ ns	۱/۵۷۸ ns	۰/۸۵۸	۰/۱۶۶ ns	۰/۰۳۳ ns	۰/۰۸۵	۷/۰۹
	برگ	۲/۰۵۳ ns	۱۰/۷۴۰ ns	۱/۸۹۱	۰/۱۳۳ ns	۰/۳۰۳ ns	۰/۱۵۲	۱۱/۸۴
روی	ریشه	۰/۰۱۹ ns	۰/۰۱۵ ns	۰/۰۳۲	۰/۰۰۵ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۴	۸/۳۳
	ساقه	۰/۰۲۶ ns	۰/۲۵۱*	۰/۰۳۵	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۱۰	۱۰/۰۵
	برگ	۰/۰۰۶ ns	۰/۵۸۲*	۰/۰۶۸	۰/۰۲۵ ns	۰/۰۲۸ ns	۰/۰۱۲	۶/۴۴

*: معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد اطمینان؛ ns: غیرمعنی‌دار

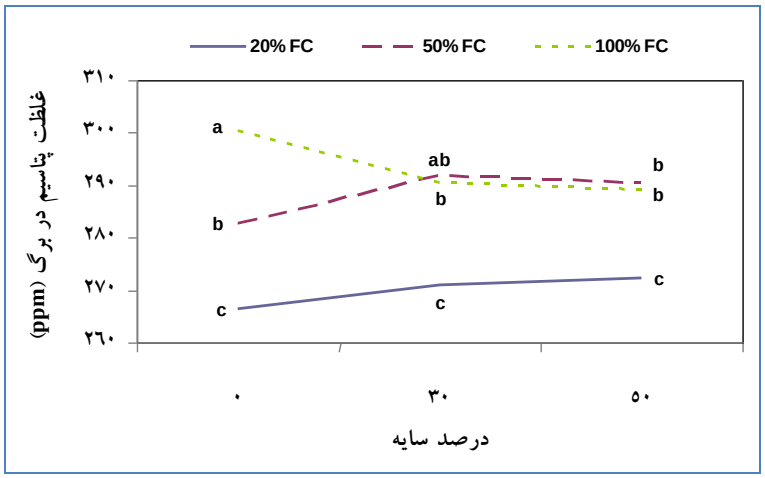
نتایج آزمون LSD برای مقایسهٔ غلظت عناصر تحت مطالعه در اندام‌های نهال‌های بنه برای سطوح مختلف رطوبت خاک در جدول ۴ ارائه شده است. همان‌گونه که مشخص است، افزایش رطوبت خاک سبب افزایش غلظت روی در ساقه و برگ و افزایش درصد نیتروژن در برگ نهال بنه شد.

جدول ۴- مقایسهٔ میانگین غلظت عناصر در اندام‌های نهال‌های بنه برای سطوح مختلف رطوبت خاک*

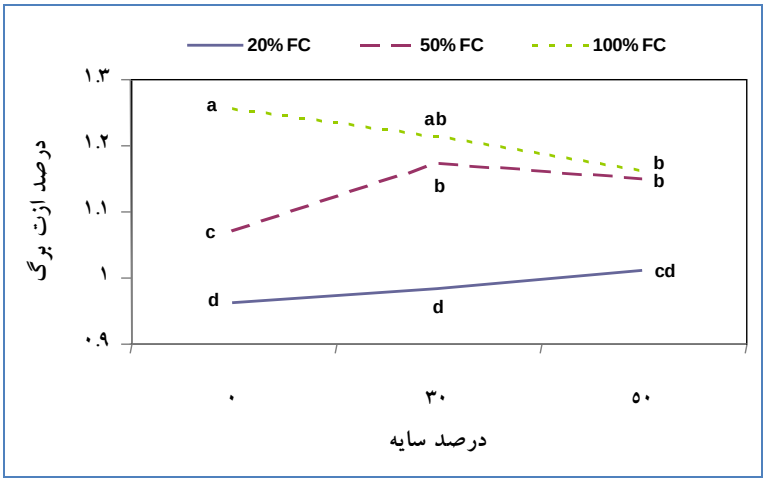
عنصر	اندام	۲۰ درصد ظرفیت زراعی	۵۰ درصد ظرفیت زراعی	۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی
نیتروژن (%)	ریشه	۱/۴۳۴ a	۱/۴۳۲ a	۱/۴۱۹ a
	ساقه	۱/۲۶۱ a	۱/۳۱۲ a	۱/۳۵۵ a
	برگ	۰/۹۸۵ b	۱/۱۳۱ a	۱/۱۲۱ a
پتاسیم (ppm)	ریشه	۱۹۴/۴۱۳ a	۱۸۷/۶۱۷ a	۱۸۷/۳۱۳ a
	ساقه	۱۹۹/۴۷۷ a	۲۰۹/۷۹۳ a	۲۱۴/۸۵۲ a
	برگ	۲۶۹/۸۳۳ a	۲۸۸/۳۸۶ a	۲۹۳/۳۴۲ a
فسفر (ppm)	ریشه	۳/۰۱۱ a	۲/۶۵۵ a	۲/۸۵۳ a
	ساقه	۴/۲۸۲ a	۴/۴۷۳ a	۴/۸۶۳ a
	برگ	۲/۳۸۴ a	۳/۴۳۸ a	۳/۸۹۰ a
روی (ppm)	ریشه	۰/۶۸۲ a	۰/۷۰۸ a	۰/۷۴۰ a
	ساقه	۰/۴۸۸ b	۰/۶۶۷ a	۰/۷۱۱ a
	برگ	۱/۹۷۶ b	۲/۱۸۰ ab	۲/۳۳۵ a

*: میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر سطر، با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

شکل‌های ۳ و ۴ نشان‌دهندهٔ مقایسهٔ میانگین‌های تیمارهای ترکیبی سایه و رطوبت برای متغیرهای غلظت پتاسیم و نیتروژن برگ است. چنانکه مشاهده می‌شود، تیمارهای مختلف رطوبت با افزایش سایه رفتار متفاوتی از حیث غلظت پتاسیم برگ از خود نشان دادند. به‌طوری که با افزایش سایه از صفر به ۳۰ درصد، غلظت پتاسیم در تیمارهای ۲۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی کمابیش ثابت ماند و در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی کاهش یافت. افزایش سایه از ۳۰ به ۵۰ درصد برای تمام تیمارهای رطوبتی با تغییرات اندکی در غلظت پتاسیم همراه بود. نظیر همین شرایط به‌صورت تقریبی برای درصد نیتروژن برگ نیز تکرار شد، با این تفاوت که افزایش سایه اثرگذاری بیشتری بر درصد نیتروژن در برگ نهال‌های تحت تنش نسبت به پتاسیم داشت. بیشترین مقادیر عناصر یادشده در تیمار ترکیبی رطوبت ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و بدون سایه و کمترین مقادیر در رطوبت ۲۰ درصد ظرفیت زراعی و بدون سایه مشاهده شد.



شکل ۳- مقایسهٔ میانگین‌های تیمارهای ترکیبی رطوبت و سایه برای غلظت پتاسیم برگ نهال‌های بنه (میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری ندارند)



شکل ۴- مقایسهٔ میانگین‌های تیمارهای ترکیبی رطوبت و سایه برای درصد نیتروژن برگ نهال‌های بنه (میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری ندارند)

بحث

الگوهای توزیع مواد غذایی میان ریشه، ساقه و برگ منعکس‌کنندهٔ توانایی گیاه برای جذب، انتقال و توزیع مواد غذایی است (Lambers et al., 2008). تسهیم مواد غذایی در گیاهان یک راهبرد مهم در واکنش به محیط متغیر بیرونی و منعکس‌کنندهٔ سیر تکاملی آنهاست. برای به حداکثر رساندن رشد و حفاظت از فعالیت‌های متابولیک در سطح بهینه، گیاهان باید تعادل در تسهیم مواد غذایی بین اندام‌های مختلف را تحت تنش‌های متفاوت محیطی حفظ کنند (Schreeg et al., 2014).

چنانکه مشاهده شد، تنش خشکی اثری بر غلظت عناصر غذایی موجود در ریشه نداشت. غلظت عناصر موجود در ساقه نیز به‌استثنای روی تحت تأثیر تنش خشکی قرار نگرفت؛ اما تنش خشکی بر غلظت عناصر روی و نیتروژن موجود در برگ اثر معنی‌دار داشت. به‌عبارت دیگر تنش خشکی بیش از آنکه غلظت عناصر غذایی ریشه را تحت تأثیر قرار دهد، باعث اختلال در انتقال عناصر مزبور به برگ‌ها شده است. Levitt (1980) دلیل این امر را کاهش تعرق در گیاه می‌داند که به‌طور معمول با کاهش محتوای آب برگ و گشاد شدن روزنه‌ها در ارتباط است. Bagheri et al. (2012) ضمن تأیید نبود اثر معنی‌دار تنش خشکی بر غلظت عناصر غذایی در ریشه و ساقهٔ پسته باغی، کاهش هدایت روزنه‌ای و تعرق را در کاهش غلظت عناصر در برگ مؤثر می‌دانند. Tanguilig et al. (1987) نیز با بررسی چندین گونهٔ زراعی، بر اهمیت تعرق در انتقال عناصر غذایی به برگ تأکید داشته‌اند. Alam (1999) ذکر می‌کند که نقل و انتقال داخلی عناصر غذایی وابستگی زیادی به سنتز، استفاده و تسهیم مواد فتوسنتزی دارد. هرگونه اختلال در سیستم ممکن است عرضه و تقاضای عناصر غذایی در گیاه را به‌شدت تحت تأثیر قرار دهد.

نیتروژن به دو صورت معدنی و آلی در گیاهان وجود دارد. این عنصر با کربن، هیدروژن، اکسیژن و برخی موارد گوگرد ترکیب شده و در ساختار آمینواسیدها، آمینوآنزیم‌ها، نوکلئیک اسیدها، کلروفیل، آلکالوئیدها و بازهای پورین وجود دارد. نیتروژن معدنی می‌تواند به‌شکل نیترات در ساقه و بافت هادی گیاه تجمع یابد، ولی نیتروژن آلی به‌مقدار فراوان‌تر و در اغلب مولکول‌های سنگین پروتئینی در گیاهان وجود دارد (Engel, 1997). در شرایط تنش خشکی که بازدارندگی نوری سبب کاهش فتوسنتز در برگ‌ها می‌شود، نیتروژن برگ به ساقه و ریشه انتقال می‌یابد (Castro-Diez et al., 2006). به‌دلیل تأثیر مهم نیتروژن در ساختمان کلروفیل، کمبود غلظت نیتروژن برگ سبب زرد شدن برگ‌ها و به‌دنبال آن کاهش و توقف رشد گیاه می‌شود (Lambers et al., 2008). برخی محققان نیز تجمع اسمولیت‌هایی نظیر پرولین در اثر تنش خشکی را از دلایل کاهش نیافتن غلظت نیتروژن در ریشهٔ گیاه می‌دانند (Alam, 1999).

پتاسیم فراوان‌ترین کاتیون در سلول‌های گیاه است که سهم بسیار زیادی در تنظیم روابط آب در گیاه، تنظیم اسیدیتهٔ سلول، فعال کردن آنزیم‌ها، ساخت پروتئین و فتوسنتز دارد (Kafi et al., 2012). کمبود پتاسیم در برگ به مختل شدن فعالیت‌های ناشی از اثر اسمزی نظیر باز و بسته شدن روزنه‌ها، مختل شدن ساخت پروتئین، کاهش فعالیت آنزیم‌ها و در پی آن زردی و سوختگی در حاشیهٔ برگ‌ها و کاهش رشد منجر می‌شود (Kafi et al., 2012). در این پژوهش، اثر معنی‌دار رطوبت خاک بر غلظت پتاسیم برگ مشاهده نشد. توانایی نهال بنه در انتقال یون پتاسیم از ریشه به برگ را پیشتر Fayyaz et al. (2013) گزارش کرده بود که ممکن است نشان‌دهندهٔ استفادهٔ بنه از برخی کانال‌های خاص انتقال یون پتاسیم (Latorre et al., 2003) باشد. همچنین ممکن است برخی پروتئین‌های خاص نظیر CIPKs که تنظیم‌کنندهٔ باز و بسته شدن روزنه‌ها و جذب یون پتاسیم در شرایط تنش خشکی است در این زمینه دارای تأثیر باشد (Cheong et al., 2007).

روی علاوه بر تأثیر کاتالیزوری و حضور در ساختمان بسیاری از آنزیم‌های گیاهی و اهمیت در

ساخت و تخریب پروتئین (Brown et al., 1993)، تأثیر بسیار مهمی در ساختمان غشای سلولی دارد؛ به‌طوری که Hajiboland & Amirazad (2010) گزارش کردند که هم کمبود روی و هم تنش خشکی، سبب کاهش هدایت روزنه‌ای برگ می‌شود که این اثر به‌دلیل تأثیر روی در تکامل غشای سلولی سلول‌های روزنه و کنترل ورود و خروج پتاسیم است. کمبود روی و پتاسیم در گیاه سبب توقف ساخت پروتئین و انباشت اسیدهای آمینه نظیر پرولین در سلول‌ها می‌شود (Kafi et al., 2012). با توجه به اهمیت روی در تنظیم فعالیت‌های روزنه‌ای برگ، کاهش آن در برگ سبب بروز اختلال در فرایند فتوسنتز، تسریع در فرایند پیری برگ‌ها و ریزش آنها (در اثر افزایش تولید اسید آبسزیک) می‌شود (Zarrinkafsh, 1989). چنانکه مشاهده شد تنش خشکی سبب کاهش غلظت روی در ساقه و برگ نهال‌های بنه شد که نشان از حساسیت بیشتر این عنصر به اختلال فرایند انتقال از ریشه به اندام هوایی در اثر کاهش تعرق گیاه دارد (Levitt, 1980).

فسفر یک جزء بسیار مهم برای رشد گیاه است که در بسیاری از فرایندهای متابولیک در گیاه مشارکت دارد. فسفر سازندهٔ اسیدهای نوکلئیک، فسفولیپیدها، فسفوپروتئین‌ها، دی‌نوکلئوتیدها و آدنوزین تری‌فسفات است؛ بنابراین برای ذخیره و توزیع انرژی، فتوسنتز، تنظیم فعالیت برخی آنزیم‌ها و نقل و انتقال کربوهیدرات‌ها ضروری است. فسفر در آوندهای آبکش در حرکت مداوم است و اثر کاهش آن ابتدا در برگ‌های قدیمی ظاهر می‌شود (Alam, 1999). Asher & Loneragan (1967) گزارش کردند که در شرایط کاهش جذب فسفر، گیاهان تسهیم این عنصر در اندام گیاه را به نفع تجمیع آن در ریشه تغییر می‌دهند که می‌تواند به‌عنوان دلیل ثانوی در حفظ غلظت فسفر ریشه در نظر گرفته شود. باید توجه داشت که بیان یک نتیجه‌گیری کلی در خصوص اثر تنش خشکی بر جذب و تجمیع عناصر غذایی غیرممکن است و پژوهشگران نتایج متفاوتی را برای گونه‌ها و ژنوتیپ‌های مختلف گزارش کرده‌اند؛ چنانکه Gerakis et al. (1975) در بررسی ۲۱ پژوهش در خصوص اثر تنش خشکی بر تغذیهٔ فسفری گیاهان اعلام کردند که از مجموع ۲۱ گزارش، ۱۲ گزارش حاکی از کاهش غلظت فسفر برگ در اثر تنش خشکی بود و ۹ گزارش از نبود اثر تنش خشکی بر این متغیر حکایت داشت.

همان‌طور که مشاهده شد اثر متقابل سایه و تنش خشکی بر غلظت نیتروژن برگ معنی‌دار بود. بدین‌صورت که افزایش سایه سبب بروز تغییرات چندانی در غلظت نیتروژن برگ نهال‌های تیمارشده با رطوبت ۲۰ درصد ظرفیت زراعی نشد، اما غلظت نیتروژن برگ نهال‌های تیمارشده با رطوبت ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی را تا حد زیادی کاهش داد. در رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت زراعی نیز پس از افزایش نسبی غلظت نیتروژن در شدت سایهٔ ۳۰ درصد نور کامل، ثباتی نسبی در متغیر مذکور مشاهده می‌شود. به‌رغم تأثیر سایه در افزایش غلظت کلروفیل که نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر تشکیل‌دهندهٔ آن است (Kafi et al., 2012)، احتمالاً کاهش حداکثر ظرفیت فتوسنتزی برگ، غلظت و فعالیت رابیسکو در اثر سایه‌اندازی (Lambers et al., 2008) و به‌تبع آن کاهش تقاضای برگ سبب افت غلظت نیتروژن در برگ نهال‌های تیمارشده با رطوبت ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی شده است. Huang et al. (2009) نیز گزارش کردند که سایهٔ متوسط (۶۷ درصد نور کامل) سبب کاهش شدید نرخ فتوسنتز حداکثر و غلظت نیتروژن برگ دو جمعیت صنوبر در شرایط نبود تنش رطوبتی می‌شود، اما بر مقدار متغیرهای مزبور در نهال‌های تحت تنش خشکی می‌افزاید.

اثر متقابل مشابهی بر غلظت پتاسیم برگ نیز مشاهده شد. با توجه به تأثیر مهم پتاسیم در تنظیم فشار اسمزی روزنه‌ها (Kafi et al., 2012)، نقش منفی سایه بر غلظت این عنصر در برگ نهال‌های فاقد تنش رطوبت، مبین فعالیت کمتر و احتمالاً تعداد کمتر روزنه‌های فعال نسبت به نور کامل است.

Castro-Diez et al. (2008) و Amissah et al. (2015) نیز پیشتر اثر کاهندهٔ سایه بر هدایت روزنه‌ای درختان نورپسند را گزارش کرده‌اند.

همان‌طور که مشاهده شد، سایه تغییرات اندکی در جهت تغییر الگوی توزیع مواد غذایی و افزایش عناصر موجود در برگ نهال‌های تحت تنش خشکی اعمال می‌کند. از طرف مقابل، سایه اثرهای شدیدی بر نهال‌های فاقد تنش خشکی دارد و به‌ویژه در خصوص دو عنصر پتاسیم و نیتروژن سبب کاهش غلظت آنها در برگ نهال بنه می‌شود؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط رویشگاه‌های طبیعی بنه با فصل رویش بسیار خشک و رطوبت اندک خاک، استفاده از سایه‌اندازهای مصنوعی تا حداکثر شدت ۵۰ درصد برای نونهال‌های بنه کمک‌کننده است و ضمن کاهش عوارض تنش خشکی در فرایند انتقال برخی عناصر غذایی، سبب افزایش موفقیت عملیات احیای جنگل‌های این گونه می‌شود. استفاده از سایه‌بان به‌هنگام تولید نهال در نهالستان نیز می‌تواند در مدیریت رژیم آبیاری مؤثر باشد، اما در صورت تأمین رطوبت کافی، استفاده از سایه‌بان توصیه نمی‌شود.

References

Abbaspour, H., Saeidi-Sar, S., & Afshari, H. (2011). Improving drought tolerance of *Pistacia vera* L. seedlings by arbuscular mycorrhiza under greenhouse conditions. *Journal of Medicinal Plants Research, 5* (32), 7065-7072.

Alam, S.M. (1999). Nutrient Uptake by Plants under Stress Conditions. In M. Pessarakli (Ed.), *Handbook of Plant and Crop Stress. Second Edition.* (pp. 285-313). Boca Raton: CRC Press.

Alizadeh, A. (2010). *Soil, Water, Plant Relationship. 3rd Edition.* Mashhad: Ferdowsi University Press.

Amissah, L., Mohren, G.M.J., Kyereh, B., & Poorter, L. (2015). The effects of drought and shade on the performance, morphology and physiology of Ghanaian tree species. *PLoS ONE, 10*(4), e0121004. doi:10.1371/journal.pone.0121004.

Aranda, I., Castro, L., Pardos, M. Gil, L., & Pardos, J.A. (2005). Effects of the interaction between drought and shade on water relations, gas exchange and morphological traits in cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings. *Forest Ecology and Management, 210*, 117-129.

Asher, C.H., & Loneragan, J.F. 1967. Response of Plants to Phosphate Concentration in Solution Culture. I: Growth and Phosphorus Content. *Soil Science, 103*, 225-233.

Bagheri, V., Shamshiri, M.H., Shirani, H., & Roosta, H.R. (2012). Nutrient uptake and distribution in mycorrhizal pistachio seedlings under drought stress. *Journal of Agricultural Science and Technology, 14*, 1591-1604.

Brown, P.H.I., Cakmak, I., & Zhang, Q. (1993). Form and function of Zinc in plants. In A.D. Robson (Ed.), *Zinc in Soils and Plants*. (pp. 93-106). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Castro-Díez, P., Navarro, J., Pintado, A., Sancho, L.G., & Maestro, M. (2006). Interactive effects of shade and watering on the performance of seedlings of three Mediterranean Quercus species. *Tree Physiology, 26*, 389-400.

Cheong, Y.H., Pandey, G.K., Grant, J.J., Batistic, O., Li, L., Kim, B.G., Lee, S.C., Kudla, J., & Luan, S. (2007). Two calcineurin B-like calcium sensors, interacting with protein kinase CIPK23, regulate leaf transpiration and root potassium uptake in Arabidopsis. *The Plant Journal, 52*, 223-239.

Emami, A. (1996). *Methods of Analyzing Plants*. Vol. 1. (Report No. 982). Karaj: Soil & Water Research Institute.

Engel, R. (1997). *Response of Oat to Water and Nitrogen, Fertilizer Facts*. (Report No. 15). Bozeman: Montana State University Agricultural Extension Service.

Fayyaz, P., Etemadi, E., Julaiee-Manesh, N., & Zolfaghari, R. (2013). Sodium and potassium allocation under drought stress in Atlas mastic tree (*Pistacia atlantica subsp. Mutica*). *iForest, 6*, 90-94.

Gerakis, P.A., Geurrero, F.P., & Williams, W.A. (1975). Growth, water relations and nutrition of three grassland annuals as affected by drought. *Journal of Applied Ecology, 12*(1), 125-135.

Hajiboland, R., & Amirazad, H. (2010). Drought tolerance in Zn-deficient red cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata f. rubra*) plants. *Horticulture Science, 37*, 88-98.

He, M., Zhang, K., Tan, H., Hu, R., Su, J., Wang, J., Huang, L., Zhang, Y., & Li, X. (2015). Nutrient levels within leaves, stems, and roots of the xeric species *Reaumuria soongorica* in relation to geographical, climatic, and soil conditions. *Ecology and Evolution, 5*(7), 1494-1503.

Huang, X., Yin, Ch., Duan, B., & Li, Ch. (2008). Interactions between drought and shade on growth and physiological traits in two *Populus cathayana* populations. *Canadian Journal of Forest Research, 38*(7), 1877-1887.

Kafi, M., Borzoee, A., Salehi, M., Kamandi, M., Masoumi, A., & Nabati, J. (2012). *Physiology of Environmental Stresses in Plants*. Mashhad: JDM press.

Lambers, H., Chapin, F.S., & Pons, Th.L. (2008). *Plant Physiological Ecology. 2nd edition*, New York: Springer.

Latorre, R., Muñoz, F., González, C., & Cosmelli, D. (2003). Structure and function of potassium channels in plants: some inferences about the molecular origin of inward rectification in KAT1 channels. *Molecular Membrane Biology, 20*(1), 19-25.

Levitt, J.J. (1980). *Responses of plants to environmental stresses, Vol. II: Radiation, salt and other stresses. 2nd edition*, London: Academic press Inc.

Mohammadi, A., Alipour, H., & Ghafari Movafagh, F. (2012). The effect of Different nitrogen and irrigation period on quantitative and qualitative characteristics in pistachio in Kerman. *Journal of Plant Production, 19*(1), 17-42.

Negahdar Saber, M.R., & Abbasi, A.R. (2010). Impacts of ground cover vegetation on natural regeneration of wild pistachio (*Pistacia atlantica*) (case study: wild pistachio experimental forest, Fars provice). *Iranian Journal of Forests and Poplar Researches, 18*(4), 630-638.

Owji, M. Gh., & Hamzepour, M. (2003). Study report of wild pistachio experimental forest. *Iranian Journal of Forests and Poplar Researches, 10*(1), 283-308.

Quero, J.L., Villar, R., Marañón, T., & Zamora, R. (2006). Interactions of drought and shade effects on seedlings of four Quercus species: Physiological and structural leaf responses. *New Phytologist, 170*, 819-834.

Sack, L., & Grubb, P.J. (2002). The combined impacts of deep shade and drought on the growth and biomass allocation of shade-tolerant woody seedlings. *Oecologia, 131*, 175-185.

Schreeg, L.A., Santiago, L.S., Wright, S.J., & Turner, B.L. (2014). Stem, root, and older leaf N:P ratios are more responsive indicators of soil nutrient availability than new foliage. *Ecology, 95*, 2062-2068.

Tanguilig, V.C., Yambao, J.C.O., Toole, J.C., & DeDatta, S.K. (1987). Water stress effects on leaf elongation, leaf water potential, transpiration and nutrient uptake of rice, maize and soybean. *Plant Soil, 103*, 155-168.

Zarrinkafsh, M. (1989). *Fertility and Production*. Tehran: University of Tehran Press.

Iranian Journal of Forest
Vol. 10, No. 1, Spring 2018
pp. 43-54

Effect of artificial shading and soil humidity on allocation of some nutrients in the organs of wild pistachio saplings

M.H. Sadeghzadeh Hallaj[1], D. Azadfar[2*], and H. Mirzaei Nodoushan[3]

[1] Ph.D. in silviculture and forest ecology, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran
[2] Associate Prof., Faculty of Forest Sciences, Grogan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran
[3] Prof., Department of Biotechnology Researches, Research Institute of Forest and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, I. R. Iran

(Received: 12 June 2017, Accepted: 4 December 2017)

Abstract

In order to evaluate the role of different regimes of soil humidity and light intensity on allocation pattern of nutrients in the organs of wild pistachio sapling, this research was carried out in Albroz Research Complex (Karaj, Iran) during 2014 summer. One year pot based wild pistachio saplings were treated by soil humidity (including 100%, 50% and 20% of field capacity) and artificial shading (including 0%, 30% and 50% of full sunlight) factors in a split plot experiment based on a randomized complete block design with 3 replicates and 10 saplings per plot. After more than 4 months seedlings were pulled out from the pots and N, P, K and Zn contents were measured in their root, stem and leaves. Results showed that drought, shade and their interaction had no effect on concentration of studied elements in root. Zn content is the only stem variable which is affected and decreased by water deficit. Water deficit significantly decreased N and Zn content of leaves as well. Interaction of shading and drought stress had significant effects on N and K content of leaves, so that increasing the amount of shade caused increase of these elements concentration for moderate and severe shade and decreased them for without stress treated saplings. In general we concluded that shade is helpful for drought induced wild pistachio saplings and improves nutrients transportation process from root to shoot.

Keywords: Nitrogen, Potassium, Phosphorous, Zinc.

∗Corresponding author Tel: +989111719221 Email: azadfar.d@gamil.com