تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد سوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰، ص ۲۸۰-۲۶۹

مقاله پژوهشی

اثر کودهای نیتروژنه و فسفره بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و خصوصیات ریشه گیاه دارویی برازمبل (*Perovskia abrotanoides* Karel.)

ژاله حقیقت شیشوان[۱]، محمد کافی[۲*]، احمد نظامی[۲]، جعفر نباتی[۳]

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۲- گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۳- پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

* مسئول مکاتبه: M.kafi@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۹ **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.310543.1145**

چکیده

برای زراعی کردن گیاهان وحشی دارویی ابتدا نیاز است که واکنش آنها به عملیات زراعی در محیط‌های کنترل شده بررسی شود. بنابراین آزمایشی روی گیاه دارویی برازمبل با چهار سطح نیتروژن ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک (با منشأ اوره) (N4 تا N1) و چهار سطح فسفر ۴، ۶، ۸ و ۱۰ گرم فسفر در کیلوگرم خاک (با منشأ سوپرفسفات تریپل) (P4 تا P1) در قالب فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی، در سه تکرار در پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۸ اجرا شد. بیشترین سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق و هدایت روزنه‌ای در تیمار P4 (به ترتیب ۱۷/۷۷ میکرومول بر متر مربع در ثانیه ، ۷/۴۴ و ۱/۷۰ میلی‌مول بر متر مربع در ثانیه) به‌دست آمدند. در N4 سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق و هدایت روزنه‌ای (به ترتیب ۱۶/۸۸ میکرومول، ۸/۶۲ و ۱/۷۴ میلی‌مول بر متر مربع در ثانیه) بالاترین مقدار را داشتند در حالی‌که سرعت فتوسنتز و سرعت تعرق با N3 تفاوت معنی‌داری نداشتند. بیشترین مقدار کلروفیل a برگ (۰/۴۶۴ میلی‌گرم برگرم) در N3P3 و بیشترین مقدار کلروفیل b (۰/۲۷۰ میلی‌گرم برگرم) در تیمار N3 ثبت شد. بیشترین مقدار وزن خشک ریشه در P4 و N3 و بیشترین وزن خشک اندام‌های هوایی و زیست‌توده کل در P3 و N3 ثبت شد. به‌طور کلی به مطالعه بیشتری برای توصیه نیازهای تغذیه‌ای برازمبل نیاز است ولی براساس نتایج این آزمایش تیمارهای N3 و P3 با داشتن بیشترین اثر بر سرعت فتوسنتز و در نتیجه تولید زیست‌توده بیشتر انتخاب مناسبی برای افزایش رشد گیاه برازمبل می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: حجم ریشه، خصوصیات فتوسنتزی، زیست‌توده

مقدمه

در سطح جهانی گیاهان دارویی به عنوان منابع بالقوه کمک‌های درمانی در انسان و دام، نقش چشم‌گیری در نظام سلامت داشته و با آشکار شدن خطرات و اثرات جانبی داروهای مدرن، بازگشت به سمت استفاده از داروهایی با منشأ گیاهی در حال توسعه است (Verma and Singh, 2008).

جنس Perovskia از خانواده نعناعیان (Lamiaceae) دارای هفت گونه است که از آن میان سه گونه *P. atriplicifolia* *P. abrotanoides* و *P. artemisoides* در ایران رشد می‌کنند (Mozafarian, 2013). گونه *P. abrotanoides* با نام محلی برازمبل، دومو و گوره (در خراسان با نام محلی گل کبود)، گیاهی دارویی و چندساله است که به طور وحشی در ایران، افغانستان، پاکستان و ترکمنستان رشد می‌کند (Jaafari *et al.*, 2007; Mazandarani *et al.*, 2009; Safaeighomi and Batooli, 2010). مردم به صورت سنتی از پودر ریشه و بخش‌های هوایی و واکس موجود در بذور این گیاه به عنوان پمادی برای درمان بیماری سالک (Leishmaniasis)، ضدعفونی زخم و کاهش دهنده درد استفاده می‌کنند (Jaafari *et al.*, 2007). در تحقیقات مختلف، برخی از اثرات دارویی این گیاه مانند اثرات ضد سالک، ضد مالاریا و ایجاد سمیت برای سلول‌های سرطانی گزارش شده است (Jaafari *et al.*, 2007) هم‌چنین اثرات آنتی‌باکتریال، ضد ویروسی و ضد پاتوژنی، آنتی‌اکسیدانی و ضد درد اسانس برگ گیاه برازمبل نیز به اثبات رسیده است (Hosseinzade and Amel, 2001; Arabi *et al.*, 2008). اسانس گل و ساقه برازمبل به‌دلیل داشتن ترکیبات مونوترپن، می‌تواند به عنوان حشره‌کش استفاده شود لذا می‌تواند تأثیر قابل

توجهی در افزایش دوره انبارداری دانه‌های انبار شده داشته باشد (Arabi *et al.*, 2008). گیاه برازمبل به عنوان گیاه دارویی معطر از پراکنش وسیعی در استان‌های اصفهان، خراسان، گلستان و مازندران برخوردار است (Safaeighomi and Batooli, 2010). این گیاه یکی از گیاهان دارویی با ارزش در شمال خراسان به حساب آمده و سازگار با مناطق سرد و خشک می‌باشد (Mazandarani *et al.*, 2009).

گیاهان دارویی موجود در عرصه‌های طبیعی، از جمله گیاه برازمبل، به طور روز افزونی در حال برداشت توسط بشر هستند، اما ظرفیت تولید مثل و رشد این گونه‌ها بسیار پایین‌تر از حجم برداشت بوده و به طور غیر قابل بازگشتی در حال کاهش است. تحقیقاتی که تاکنون در مورد گیاه برازمبل شده است در مورد خواص دارویی آن به ویژه اسانس روغنی آن بوده است. برای حفاظت از منابع طبیعی گیاهان دارویی دو روش کلی درون و بیرون از منطقه طبیعی پیشنهاد می‌شوند از روش‌های برون منطقه‌ای می‌توان به زراعی نمودن و کشت این گونه‌ها در مزارع اشاره کرد (Huang, 2013). کشت گیاه تحت شرایط کنترل‌شده علاوه بر افزایش عملکرد مواد مؤثره گیاه، تولید پایدار آن را نیز تضمین می‌کند (Chen *et al.*, 2016). تعیین نیازهای تغذیه‌ای و مقادیر بهینه کودهای مصرفی یکی از اقداماتی است که در مسیر برنامه‌ریزی برای زراعی‌سازی آن ضروری است.

عناصر غذایی برای رشد و باروری گیاه ضروری هستند اما نوع و مقدار مورد نیاز این عناصر بر اساس گونه گیاهی، عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تغییر می‌یابد. گیاهان از طریق سازگاری‌های موفولوژیکی و بیوشیمیایی به شرایط متغیر محیطی پاسخ می‌دهند. به این ترتیب گیاهان با تغذیه کودی مناسب در مقایسه با گیاهان با کوددهی کم قادر به سنتز غلظت‌های بالایی از متابولیت‌های اولیه هستند که ممکن است تخصیص منابع به تولید متابولیت‌های اولیه، میزان متابولیت‌های ثانویه دفاعی در آنها را تغییر دهد (Kleine and Müller, 2013). در مورد گیاهان دارویی می‌توان گفت که نوع و مقدار استفاده از عناصر غذایی به ویژه نیتروژن، فسفر و پتاسیم، علاوه بر رشد و نمو گیاه، می‌تواند بر کیفیت و کمیت متابولیت‌های ثانویه از جمله شامل اسانس آنها تأثیر معنی‌داری داشته باشد (Sharafzadeh *et al.*, 2011).

نیتروژن یکی از فراوان‌ترین عناصر روی کره زمین است. با این‌حال این عنصر یکی از محدودکننده‌ترین عناصر غذایی برای رشد و نمو گیاه به شمار می‌رود و حدود دو درصد از وزن خشک گیاه از جمله پروتئین‌ها، نوکلئیک اسیدها، کوآنزیم‌ها و تعداد زیادی از متابولیت‌های ثانویه را شامل می‌شود (Miller and Cramer, 2004). نیتروژن در ساختار یکی از مهم‌ترین پروتئین‌های فتوسنتزی گیاه که بیشترین مقدار را نیز دارد (رابیسکو)، حضور داشته و به این ترتیب کمبود این عنصر می‌تواند با محدود کردن چرخه کالوین، موجب عدم بازیابی حامل‌های انرژی (NAD و $NADP^+$) گردد. بعلاوه، با توجه به وجود نیتروژن در ساختار کلروفیل‌ها، کمبود نیتروژن منجر به از بین رفتن کلروفیل و در نتیجه زردی برگ‌ها و در نهایت کاهش فتوسنتز و رشد گیاه می‌گردد (Malakooti and Belali, 2004). تا جایی‌که نویسندگان این مقاله اطلاع دارند، در مورد اثرات کمبود یا بیش‌بود نیتروژن و فسفر در رشد و نمو گیاه برازمبل تحقیقی صورت نگرفته است ولی انتظار می‌رود مانند تمامی گیاهان خانواده لامیاسه به این عناصر پاسخ مثبت نشان دهد (Boroomand and Hosseini Grouh, 2012).

فسفر دومین عامل ضروری در تعیین قدرت تولیدی گیاه است زیرا شکل آنیونی فسفر که توسط گیاه آسیمیله می‌شود، قابل حل در محلول خاک نیست (Feng *et al.*, 2016). مولکول‌های پر انرژی ADP و ATP از ترکیبات بسیار مهم فسفر دار بوده و نقش مهمی در فتوسنتز، تنفس، سنتز پرووتئین‌ها و نوکلئیک اسیدها و انتقال بین سلولی مواد دارند (Boroomand and Hosseini Grouh, 2012). چنانچه فسفر به مقدار کافی در اختیار گیاه قرار گیرد اثرات مثبت آن بر رشد گیاه، توسعه ریشه، تشکیل گره در بقولات و عملکرد محصول قابل ملاحظه خواهد بود (Sammauria and Yadav, 2008). کمبود فسفر سبب کاهش سرعت تعرق و هدایت روزنه‌ای نیز می‌گردد که این مسئله هم بطور غیر مستقیم به سرعت فتوسنتز مرتبط است (Sitko *et al.*, 2019). از این‌رو تعیین مقادیر مناسب کود مصرفی برای هر گیاه متناسب با اقلیم منطقه کشت، باروری خاک و میزان عنصر جذب شده توسط گیاه ضروری است.

یکی از اولین نیازهای زراعی کردن یک گیاه وحشی تعیین ظرفیت کودپذیری آن است از طرف دیگر، کودپذیری ممکن است بر غلظت ماده مؤثره گیاه دارویی اثر مثبت یا منفی داشته باشد (Kleine and Müller, 2013; Kim and Li, 2016). لذا پژوهش حاضر با هدف بررسی ویژگی‌های فیزیولوژیک و

خصوصیات ریشه گیاه دارویی برازمبل تحت سطوح مختلف کودهای نیتروژن و فسفر در محیط باز در گلدان انجام شد.

مواد و روش‌ها

بذور برازمبل در اوایل پاییز سال ۱۳۹۴ از ارتفاعات اطراف مشهد (منطقه روستای فریزی، با مختصات جغرافیایی ۵۹/۵۹۳۰°E، ۳۶/۳۷۵۶ °N) جمع‌آوری شدند. در تاریخ ۹۴/۱۲/۲۰ بذور با هیپوکلریت سدیم ۳٪ به مدت ۳۰ ثانیه و قارچ‌کش کاربندازیم دو در هزار به مدت یک دقیقه ضدعفونی سطحی شده و به منظور شکست خواب، بذور در میان پارچه مرطوب و تمیزی پیچیده شده و به مدت چهار هفته در دمای چهار درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. بذور سرمادهی شده در تاریخ ۹۵/۱/۲۲ در سینی‌های کشت حاوی کوکوپیت کشت گردیدند. گیاهچه‌ها در مرحله ۶-۸ برگی (اواخر خرداد ۹۵) به گلدان‌های اصلی ۲۰ کیلوگرمی پر شده با خاک زراعی و شن با نسبت ۲: ۱ خاک و شن انتقال یافتند. قبل از کشت ویژگی‌های شیمیایی خاک مورد استفاده بررسی گردید (جدول ۱).

جدول ۱- آنالیز خاک مورد استفاده در گلدان‌های آزمایش
Table 1- Soil chemical analysis used in the pots

واکنش خاک pH	هدایت الکتریکی EC (dS m^{-1})	کربن آلی OC (%)	نیتروژن کل N (%)	فسفر قابل جذب P (mg kg^{-1})	پتاسیم قابل جذب K (mg kg^{-1})
7. 84	1. 18	0. 19	0. 02	3. 5	200

آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد (فضای باز) اجرا شد. از کود اوره ($CO(NH_2)_2$) به عنوان منبع نیتروژن و در چهار سطح ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک و کود سوپرفسفات تریپل ($Ca(PO_4H_2)_2$) به عنوان منبع فسفر و در چهار سطح ۴، ۶، ۸ و ۱۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک استفاده شد. کود سولفات پتاسیم به مقدار مساوی برای همه گلدان‌ها به مقدار ۱۰/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک استفاده شد. فسفر و پتاسیم در یک مرحله قبل از کاشت و نیتروژن در دو مرحله دو روز پس از انتقال نشا و سه هفته پس از انتقال نشا برای گلدان‌ها اعمال شد. آبیاری دو بار در هفته به صورت دستی به حجم مورد نیاز تا رسیدن آب خاک گلدان‌ها به ظرفیت نگهداری به روش وزنی انجام شد. در زمان ۵۰ درصد گل-دهی میزان فتوسنتز و تبخیر و تعرق در جوان‌ترین برگ کاملاً توسعه‌یافته به وسیله دستگاه اندازه‌گیری فتوسنتز (مدل LCA4) و میزان هدایت روزنه‌ای با استفاده از پرومتر (دکاگون مدل SC-1) اندازه‌گیری شدند. غلظت رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a و b با استفاده از روش (Dere *et al.*, 1998) از نمونه‌های جوان‌ترین برگ کاملاً توسعه‌یافته اندازه‌گیری شدند. در انتهای دوره گلدهی وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه، طول و حجم ریشه اندازه‌گیری شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و JMP و مقایسه میانگین داده‌ها با روش دانکن و با سطح احتمال خطای ۵٪ ($P \leq ۰/۰۵$) انجام شد.

نتایج و بحث

فتوسنتز، تعرق و هدایت روزنه‌ای

اثر افزایش فسفر و نیتروژن بر سرعت فتوسنتز و تعرق و هدایت روزنه‌ای گیاه برازمبل معنی‌دار شد (جدول ۲). سرعت فتوسنتز در بیشترین مقدار مصرف کود (تیمار P4 و N4) به ترتیب ۴۱ و ۳۵ درصد بالاتر از کمترین مقدار مصرف کود (P1 و N1) بود. همچنین در هر دو عنصر نیتروژن و فسفر تفاوت معنی‌داری در سرعت فتوسنتز تیمارهای سوم و چهارم مشاهده نشد. سرعت تعرق نیز همانند سرعت فتوسنتز در تیمار P4 و N4 بیشترین مقادیر را نشان داد که به ترتیب ۲۶ و ۵۳ درصد از P1 و N1 (دارای کمترین مقادیر) بیشتر بودند اما بین N3 و N4 و بین P3 و P4 تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. از طرفی، اثر افزایش نیتروژن بر سرعت تعرق تقریباً دو برابر اثر افزایش فسفر بود. همچنین هدایت روزنه‌ای در سطوح P3 و P4 و N3 و N4 بالاترین مقدار را داشت که تفاوت معنی‌داری نیز با هم نداشتند. بین سطوح P1 و P2 هم تفاوت معنی‌داری در مورد هدایت روزنه‌ای دیده نشد. با توجه به میزان تفاوت بیشترین و کمترین مقادیر هدایت روزنه‌ای در فسفر (۲۸٪) و نیتروژن (۳۱٪) به نظر می‌رسد که نیتروژن تأثیر بیشتری بر افزایش هدایت روزنه‌ای داشته است (جدول ۳).

فتوسنتز یک فرایند کلیدی است که کلیه فعالیت‌های سلولی را از طریق تولید ATP مورد نیاز آن‌ها تحت تأثیر قرار می‌دهد. این مولکول پر انرژی نه تنها در تولید محصولات قندی بلکه در تولید ترکیبات حد واسط و ثانویه زیادی به‌کار می‌رود (Li *et al.*, 2017). سرعت فتوسنتز به عوامل زیادی بستگی دارد که دسترسی به مواد غذایی یکی از آنهاست (Trankner *et al.*, 2018). کمبود نیتروژن از طریق ایجاد اختلال در ساخت و بازسازی پروتئین‌ها و آنزیم‌های چرخه کالوین، به‌ویژه فعالیت رابیسکو و باززایی ریبولوز ۱ و ۵ بیس فسفات و محتوای کلروفیل در تیلاکوئیدها بر میزان فتوسنتز تأثیر منفی می‌گذارند. کمبود فسفر نیز با اثرگذاری بر جذب و به کارگیری نیتروژن، می‌تواند بر مقدار کلروفیل و یا فرآیندهای فتوسنتزی مانند چرخه کالوین تأثیر منفی داشته باشد (Singh *et al.*, 2014). همچنین، کمبود فسفر از طریق ایجاد اختلال در عملکرد آنتی‌پورتری که در ازای ورود فسفات معدنی به استروما قند سه کربنه تولید شده در کلروپلاست را از استروما به سیتوسول منتقل می‌کند، بر چرخه کالوین اثر منفی گذاشته و سرعت فتوسنتز را کاهش می‌دهد (Walters *et al.*, 2004). برازمبل گیاهی وحشی و متحمل به اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک است و شاید به همین دلیل باشد که هدایت روزنه‌ای آن نسبت به گیاهان زراعی پایین است همچنین خاک‌های مناطق رشد این گیاه از غنای بالای عنصر غذایی برخوردار نیستند و این عوامل می‌تواند دلیل پایین بودن هدایت روزنه‌ای و سرعت تعرق و به تبع آن سرعت فتوسنتز در این گیاه باشد و زمانی‌که عناصر اصلی غذایی و آب مورد نیاز در اختیار آن قرار گرفته است تمام پارامترهای مرتبط با فتوسنتز گیاه افزایش یافته است ولی احتمالاً از آنجا که گیاه برازمبل در شرایط کم نهاده تکامل یافته است ظرفیت بهره‌برداری از مقادیر بالای نیتروژن و فسفر را نداشته و در سطح سوم هر کدام از این دو عنصر به حد اشباع خود رسیده است. فتوسنتز دو گیاه هم‌خانواده برازمبل یعنی رزماری و اسطوخودوس در شرایط محدودیت منابع از جمله فراهمی آب کاهش می‌یابد (Nogués and Baker, 2000) با توجه به اینکه با افزایش سطح فسفر و نیتروژن هدایت روزنه‌ای نیز افزایش نشان می‌دهد (جدول ۳)، افزایش سرعت فتوسنتز نیز در این تیمارها به دلیل باز بودن بیشتر روزنه‌ها و تأمین CO_2 مورد نیاز برای فتوسنتز است (Latsague *et al.*, 2014).

کلروفیل b و نسبت کلروفیل a به b

مقادیر مختلف نیتروژن و فسفر تفاوت معنی‌داری نشان دادند درحالی‌که مقدار کلروفیل a فقط از تغییرات مقدار نیتروژن تأثیر معنی‌دار پذیرفت (جدول ۲). افزایش فسفر بر محتوی کلروفیل a برگ برازمبل تأثیر معنی‌داری نداشت اما اثر متقابل دو کود معنی‌دار بود؛ به‌طوری‌که بیشترین مقدار کلروفیل a مربوط به تیمار P3N3 بود که حدود ۴۴٪ از کمترین مقدار مربوط به تیمار P3N1 بیشتر بود. نسبت کلروفیل a به b در تیمار P1N4 بیشترین مقدار را داشت که ۴۱٪ از کمترین مقدار مربوط به تیمار P3N1 بالاتر است (جدول ۴). بالاترین سطح کلروفیل b در تیمار نیتروژن N3 مشاهده شد درحالی‌که این رنگدانه در تیمارهای P2، P3 و P4 با هم تفاوت معنی‌داری نداشت ولی به‌صورت معنی‌داری از تیمار P1 بیشتر بود (جدول ۳). همچنین محتوی کلروفیل b برگ نسبت کلروفیل a در برازمبل در تمامی تیمارها بالاتر بود، چنین نتایجی در مورد گیاه اسطوخودوس نیز گزارش شده است (Daniela *et al.*, 2020). دلیل احتمالی دیگری که ممکن است باعث افزایش کلروفیل b نسبت به aبرازمبل باشد این‌که گیاهان این گونه در شرایط تشعشع زیاد تکامل یافته‌اند و گیاهان برای اجتناب از دریافت تشعشع مستقیم توسط کلروفیل a، ابتدا تشعشع را به کلروفیل b منتقل کرده و سپس نور غیر مستقیم را به کلروفیل a منتقل می‌کند و این خود باعث جلوگیری از ممانعت نوری می‌شود (Daniela *et al.*, 2020).

رنگدانه‌های فتوسنتزی مانند کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها با جذب انرژی خورشیدی مهم‌ترین نقش را در واکنش‌های نوری فتوسنتز بازی می‌کنند و تغییر در کمیت و کیفیت آنها می‌تواند برای تشخیص تنش‌های محیطی و وضعیت غذایی گیاه مورد استفاده قرار گیرد (Netto *et al.*, 2005). ۵۰ تا ۷۰ درصد از نیتروژن برگ صرف تولید کلروفیل a، b و کاروتنوئیدهای متصل به کلروپلاست و آنزیم‌های مرتبط با فتوسنتز می‌شود تا مواد اولیه مورد نیاز چرخه کالوین (Latsague *et al.*, 2014) و سیستم انتقال الکترون (Hikosaka, 2004) تأمین گردد؛ بنابراین کمبود نیتروژن در نهایت منجر به کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش عملکرد گیاه می‌گردد. این کاهش در اثر افزایش سنتز پروتئین‌های تجزیه کننده است که به کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی و رشد گیاه می‌انجامد (Roggatz *et al.*, 1999). استفاده از کودهای نیتروژنی یا فسفردار می‌تواند در تولید پروتئین‌های دخیل در تولید رنگدانه‌ها و یا تأمین انرژی مورد نیاز برای تولید رنگدانه‌ها و نیز سایر ترکیبات فسفره از طریق تولید ATP و GTP تأثیرگذار باشد (Roberts, 1997).

جدول ۲- تجزیه واریانس سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق، هدایت روزنه‌ای کلروفیل a و b، نسبت کلروفیل a به b، وزن خشک اندام‌های هوایی، وزن خشک ریشه، نسبت وزن خشک ریشه به اندام‌های هوایی، زیست‌توده کل و حجم ریشه در گیاه برازمبل در سطوح مختلف کود فسفر و نیتروژن در مرحله گلدهی (مقادیر ذکر شده مربوط به یک گیاه است)

Table 2- Variance analysis of photosynthesis rate, transpiration rate, stomatal conductance, chlorophyll a & b, Chl a/Chl b, shoot dry weight, root dry weight, root/shoot, total biomass, and root volume in different N & P fertilizer levels on Barazambal in flowering staee (all values are related to one plant)

منابع تغییر Source of variance	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares									
		سرعت فتوسنتز Photosynthesis rate	سرعت تعرق Transpiration rate	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	نسبت کلروفیل b به a Chl a/Chl b	وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	نسبت وزن خشک ریشه به اندام‌های هوایی Root/shoot	زیست توده کل Total biomass	حجم ریشه Root volume
تکرار Replication	2	4. 97	0. 49	0. 69	0. 00055	0. 00027	0. 002	0. 090	0. 012	0. 017	0. 064	4. 44
فسفر P	3	139**	8. 27**	16. 45**	0. 00094 ns	0. 0057**	0. 157*	1. 34**	0. 163**	0. 076**	1. 88**	25. 2**
نیتروژن N	3	84. 7**	57. 14**	14. 68**	0. 0507**	0. 0068**	0. 337**	4. 15**	1. 71**	0. 032*	10. 9**	143**
فسفر*نیتروژن P*N	9	2. 33ns	0. 973ns	0. 87ns	0. 0050**	0. 00059ns	0. 130**	0. 099ns	0. 040 ns	0. 018 ns	0. 105 ns	6. 60*
خطا (error)	30											
ضریب تغییرات CV (%)		13. 41	13. 00	13. 91	9. 87	9. 52	13. 4	9. 91	10. 2	14. 8	7. 08	9. 10

**، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۹۹ درصد و ۹۵٪ و معنی‌دار نبودن است.

**, *, ns: significantly different in 99%, significantly different in 95%, of probability and no significant difference, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر کود فسفر و نیتروژن بر سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق، هدایت روزنه‌ای، کلروفیل b، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام‌های هوایی، نسبت ریشه به اندام‌های هوایی و زیست‌توده کل در گیاه برازمبل در مرحله گلدهی (مقادیر ذکر شده مربوط به یک گیاه است)

Table 3- P & N fertilizers, main effects on photosynthesis rate, transpiration rate, stomatal conductance, chlorophyll b, root dry weight, shoot dry weight, root/shoot, and total biomass of Barazambal in flowering stage (all values are for one plant)

تیمار Treatment	سرعت فتوسنتز Photosynthesis rate ($\mu mol.\ m^{-2}s^{-1}$)	سرعت تعرق Transpiration rate ($mmol.\ m^{-2}s^{-1}$)	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance ($mmol.\ m^{-2}s^{-1}$)	کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.\ gfw^{-1}$)	وزن خشک ریشه Root dry weight ($g.\ plant^{-1}$)	وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight ($g.\ plant^{-1}$)	نسبت ریشه به اندام‌های هوایی Root/shoot	زیست‌توده کل Total biomass ($g.\ plant^{-1}$)
P1	10. 49 ^{c}	5. 53 ^{c}	1. 22 ^{b}	0. 212 ^{b}	1. 56 ^{b}	2. 11 ^{c}	0. 742 ^{a}	3. 67 ^{c}
P2	12. 88 ^{b}	6. 65 ^{b}	1. 36 ^{b}	0. 252 ^{a}	1. 61 ^{b}	2. 62 ^{b}	0. 641 ^{b}	4. 23 ^{b}
P3	16. 85 ^{a}	7. 09 ^{ab}	1. 70 ^{a}	0. 255 ^{a}	1. 68 ^{b}	2. 92 ^{a}	0. 574 ^{b}	4. 61 ^{a}
P4	17. 77 ^{a}	7. 44 ^{a}	1. 70 ^{a}	0. 258 ^{a}	1. 82 ^{a}	2. 54 ^{b}	0. 732 ^{a}	4. 37 ^{ab}
N1	10. 95 ^{c}	4. 05 ^{c}	1. 20 ^{c}	0. 212 ^{c}	1. 32 ^{c}	1. 85 ^{c}	0. 741 ^{a}	3. 18 ^{c}
N2	14. 02 ^{b}	5. 73 ^{b}	1. 44 ^{b}	0. 249 ^{b}	1. 55 ^{b}	2. 55 ^{b}	0. 624 ^{b}	4. 10 ^{b}
N3	16. 15 ^{a}	8. 31 ^{a}	1. 61 ^{ab}	0. 270 ^{a}	2. 21 ^{a}	3. 29 ^{a}	0. 683 ^{ab}	5. 50 ^{a}
N4	16. 88 ^{a}	8. 62 ^{a}	1. 74 ^{a}	0. 245 ^{b}	1. 59 ^{b}	2. 51 ^{b}	0. 641 ^{b}	4. 11 ^{b}

در این آزمایش N1، N2، N3 و N4 به ترتیب نشانگر تیمارهای کودی ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک و حروف P1، P2، P3 و P4 به ترتیب نشانگر ۴، ۶، ۸ و ۱۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک هستند.

در هر ستون و برای هر تیمار، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر ندارند.

N1, N2, N3 and N4 are equal to 6, 12, 18 and 24 mg nitrogen per kg soil respectively, and P1, P2, P3 and P4 are equal to 4, 6, 8 and 10 mg phosphorus per kg soil, respectively. Means in each column with the same letters are not significantly different in 5% of probability based on Duncan test..

جدول ۴- مقایسه میانگین برهمکنش کود فسفر و نیتروژن بر حجم ریشه، کلروفیلa و گیاه برازمبل در مرحله گلدهی (مقادیر ذکر شده مربوط به یک گیاه است)

Table 4- P & N fertilizers interaction effects on root volume, chlorophyll a and Chl a/Chl b of Barazambal in flowering stage (all values are for one plant)

تیمار Treatment	حجم ریشه Root volume (cm^3. $Plant^{-1}$)	کلروفیلa Chlorophyll a (mg. gfw^{-1})	نسبت کلروفیلa به b Chl a/Chl b
N_1P_1	11. 4 f	0. 288 f	1. 46 cdef
N_2P_1	15. 1 de	0. 287 f	1. 31 def
N_3P_1	20. 1 bc	0. 413 abcd	1. 90 ab
N_4P_1	20. 2 bc	0. 407 abcd	1. 93 a
N_1P_2	14. 8 de	0. 306 ef	1. 55 bcde
N_2P_2	18. 9 c	0. 380 cd	1. 45 cdef
N_3P_2	18. 7 c	0. 425 abc	1. 46 cdef
N_4P_2	18. 8 c	0. 354 de	1. 39 def
N_1P_3	13. 7 ef	0. 261 f	1. 12 f
N_2P_3	17. 4 cd	0. 294 ef	1. 14 f
N_3P_3	22. 8 ab	0. 464 a	0. 68 abcd
N_4P_3	19. 9 bc	0. 455 ab	1. 82 abc
N_1P_4	15. 2 de	0. 275 f	1. 25 ef
N_2P_4	18. 4 c	0. 370 cd	1. 44 cdef
N_3P_4	24. 5 a	0. 394 bcd	1. 36 def
N_4P_4	22. 5 ab	0. 396 bcd	1. 50 cdef

در این آزمایش N1، N2، N3 و N4 به ترتیب نشانگر تیمارهای کودی ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک و حروف P1، P2، P3 و P4 به ترتیب نشانگر ۴، ۶، ۸ و ۱۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک هستند. در هر ستون و برای هر تیمار، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال نود و پنج درصد با یکدیگر ندارند.

N1, N2, N3 and N4 are equal to 6, 12, 18 and 24 mg nitrogen per kg soil respectively, and P1, P2, P3 and P4 are equal to 4, 6, 8 and 10 mg phosphorus per kg soil, respectively. Means in each column with the same letters are not significantly different in 95% of probability based on Duncan test.

وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه، نسبت وزن خشک ریشه به اندام‌های هوایی، زیست‌توده کل و حجم ریشه

سطوح کود اوره و سوپرفسفات تریپل بر وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی، نسبت وزن خشک ریشه به اندام‌های هوایی، زیست‌توده کل و حجم ریشه اثر معنی‌داری داشتند (جدول ۲). بر اساس مقایسات میانگین مربوطه (جدول ۳)، بیشترین وزن خشک ریشه در تیمار P4 (۱۴٪ بیشتر از P1) و N3 (٪۴۰ بیشتر N1) اندازه‌گیری شد. بالاترین وزن خشک اندام‌های هوایی و زیست‌توده کل در تیمار N3 (به ترتیب با ٪۴۴ و ٪۴۲ افزایش نسبت به N1) و P3 (به ترتیب با ٪۲۸ و ٪۲۰ افزایش نسبت به P1) و بیشترین نسبت وزن خشک ریشه به اندام‌های هوایی در تیمارهای N1، P1 و P4 مشاهده شد (جدول ۳).

کاربرد بیشترین مقدار فسفر وزن خشک ریشه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد درحالی‌که وزن خشک اندام‌های هوایی در P3 بیشترین مقدار را داشته و پس از آن کاهش نشان داد. با توجه به حداکثر بودن نسبت ریشه به اندام‌های هوایی در سطح چهارم فسفر، به‌نظر می‌رسد که افزایش فسفر بر تحریک رشد ریشه نسبت به اندام‌های هوایی مؤثرتر بوده است، درحالی‌که زیست‌توده کل بیشتر تحت تأثیر وزن خشک اندام‌های هوایی قرار داشت؛ اما در مورد نیتروژن چنین نتیجه‌ای مشاهده نشد و اثر افزایش نیتروژن بر وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی مشابه بود. بالاترین حجم ریشه مربوط به تیمار P4N3 بود که حدود ٪۵۳ بیشتر از تیمار P1N1 (دارای کمترین حجم ریشه) بود (جدول ۴).

با توجه به اینکه نیتروژن و فسفر از مهم‌ترین عوامل تأمین‌کننده اسیدهای آمینه و مولوکول‌های انرژی‌زای گیاهی هستند فراهمی آن‌ها در رشد و عملکرد گیاه تأثیر قابل توجهی دارد (Poorter *et al.*, 2012). کمبود نیتروژن و فسفر سبب کاهش تقسیم و گسترش سلولی (Roggatz *et al.*, 1999)، کاهش فتوسنتز، کاهش تولید برگ و اندام‌های هوایی و رشد گیاه و عملکرد می‌شود (Zhao *et al.*, 2007).

جدول ۵- ضرایب همبستگی ساده (پیرسون) بین صفات کمی برازمبل در سطوح مختلف اوره و سوپرفسفات تریپل در مرحله گلدهی

Table 5- Simple correlation coefficients (Pearson) between quantitative traits of Barazambal at different levels of urea and triple superphosphate at flowering stage

	سرعت فتوسنتز Photosynthesis rate	سرعت تعرق Transpiration rate	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance	کلروفیل a Chl a	کلروفیل b Chl b	نسبت کلروفیل a به b Chl a/ Chl b	حجم ریشه Root volume	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight	وزن خشک ریشه به اندام‌های هوایی Root/shoot	زیست توده کل Total biomass
سرعت فتوسنتز Photosynthesis rate	1. 00										
سرعت تعرق Transpiration rate	0. 71**	1. 00									
هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance	0. 71**	0. 71**	1. 00								
کلروفیل a Chl a	0. 49**	0. 66**	0. 53**	1. 00							
کلروفیل b Chl b	0. 60**	0. 53**	0. 50**	0. 45**	1. 00						
نسبت کلروفیل a به b Chl a/Chl b	0. 04	0. 28*	0. 17	0. 70**	-0. 30*	1. 00					
حجم ریشه Root volume	0. 67**	0. 76**	0. 64**	0. 67**	0. 55**	0. 28*	1. 00				
وزن خشک ریشه Root dry weight	0. 54**	0. 59**	0. 40**	0. 61**	0. 55**	0. 22*	0. 71**	1. 00			
وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight	0. 56**	0. 66**	0. 58**	0. 63**	0. 72**	0. 09	0. 66**	0. 69**	1. 00		
وزن خشک ریشه به اندام‌های هوایی Root/shoot	-0. 16	-0. 24	-0. 32*	-0. 15	-0. 34*	0. 11	-0. 10	0. 18	-0. 55**	1. 00	
زیست توده کل Total biomass	0. 59**	0. 69**	0. 56**	0. 67**	0. 71**	0. 15	0. 74**	0. 87**	0. 95**	-0. 30*	1. 00

* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال 95 و 99 درصد است.

**,*: significantly different in 99% and 95% of probability, respectively.

در نتیجه استفاده مطلوب از کودهای نیتروژن‌دار، سبب افزایش توان فتوسنتزی و تولیدی گیاه و در نتیجه افزایش زیست‌توده کل می‌گردد (Hawkesford, 2014). همچنین بر اساس دسترسی گیاه به مواد غذایی در خاک، اختصاص ماده خشک بین اندام‌های مختلف تغییر می‌کند. به عنوان مثال ریشه نسبت به اندام هوایی در شرایط کمبود عناصر غذایی در اولویت اختصاص قرار می‌گیرد (Poorter *et al.*, 2012).

طبق نتایج مطالعات مختلف، استفاده از کودهای فسفره ممکن است رشد ریشه را افزایش داده و نسبت اندام‌های هوایی به ریشه را کاهش دهد (Haris, 1992) یا هیچ تأثیری بر این صفات نداشته باشد (Ristvey *et al.*, 2007). به عنوان مثال در آزمایشی که روی گل شاهپسند انجام شد، افزایش غلظت فسفر موجب افزایش حجم ریشه و وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه و در نتیجه زیست‌توده کل گردید. در این شرایط، افزایش زیست‌توده کل بیشتر متأثر از وزن خشک اندام‌های هوایی بود که با نتایج حاصل از این آزمایش هم‌خوانی دارد (Kim and Li, 2016). همچنین در شرایط کمبود فسفر طول، سطح یا حجم ریشه ممکن است افزایش یابد تا بتواند عناصر غذایی کافی برای رشد و بقای گیاه فراهم آورد (Hu *et al.*, 2010).

ضرایب همبستگی ساده بین صفات

این ضرایب بر اساس ضریب پیرسون محاسبه گردید (جدول ۵). سرعت فتوسنتز همبستگی معنی‌دار و مثبتی با سرعت تعرق و هدایت روزنه‌ای (به ترتیب r = ۰/۷۱ و r = ۰/۷۱) نشان داد. حجم ریشه نیز با سرعت تعرق همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (r =۰/۷۶). می‌توان چنین برداشت کرد که با افزایش حجم ریشه دسترسی گیاه به مواد غذایی بیشتر شده و بدین ترتیب اثرات مثبت آن بر هدایت روزنه‌ای و در نهایت فتوسنتز سبب افزایش رشد گیاه و زیست‌توده کل گردیده است. زیست‌توده کل همبستگی مثبت و معنی‌داری با حجم ریشه (r = ۰/۷۴) داشت. وزن خشک اندام‌های هوایی همبستگی منفی و معنی‌داری (r = - ۰/۵۵) با نسبت ریشه به اندام‌های هوایی دارد. با در نظر گرفتن این مطلب که وزن خشک ریشه هیچ‌گونه همبستگی با این نسبت ندارد، به‌نظر می‌رسد که در شرایط یکسان از نظر فراهمی نیتروژن و فسفر، وزن خشک اندام‌های هوایی اولویت ویژه‌ای در دریافت فرآورده‌های فتوسنتزی و تعیین بیوماس کل گیاه دارد. مقایسه همبستگی بین زیست‌توده کل با وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه (به ترتیب r = ۰/۹۵، r = ۰/۸۷) این موضوع را تقویت می‌کند. از طرفی، وزن خشک ریشه و حجم ریشه همبستگی بالایی با هم داشتند (r = ۰/۷۱). می‌توان چنین برداشت کرد که افزایش حجم ریشه در اثر استفاده از کودهای فسفره و نیتروژنه نقش قابل توجهی در افزایش وزن ریشه داشته است (اثر نیتروژن و فسفر بر طول ریشه معنی‌دار نشد. داده‌ها در این مقاله آورده نشده است). محتوی کلروفیل b همبستگی منفی و معنی‌داری (r = - ۰/۳۰) و کلروفیل a همبستگی مثبت و معنی‌داری (۰/۷۰ = r) با نسبت کلروفیل a به b دارند (جدول ۵). از این نتیجه می‌توان چنین برداشت کرد که احتمالاً تأثیرپذیری کلروفیل a نسبت به تغییرات نیتروژن و فسفر بیش از کلروفیل b است.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی می‌توان گفت که در شرایط اجرای این آزمایش، سطح سوم نیتروژن (۱۸ گرم N بر کیلوگرم خاک یا حدوداً ۱۵۰ کیلو کود اوره در هکتار) و سطح سوم فسفر (۸ گرم P بر کیلوگرم خاک یا حدوداً ۷۰ کیلو کود سوپرفسفات تریپل در هکتار) به دلیل داشتن بیشترین اثر بر سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و تعرق و در نتیجه تولید زیست‌توده بیشتر در گیاه برازمبل بهترین انتخاب برای کودهای اوره و سوپرفسفات تریپل هستند. در این سطح از نیتروژن و فسفر بیشترین حجم ریشه و رنگیزه‌های فتوسنتزی هم تولید شد. لذا با توجه به اینکه گیاه برازمبل گیاهی وحشی بوده و هنوز زراعی نشده است، نتایج این پژوهش می‌تواند یک ایده کلی برای تحقیقات آینده و اهلی کردن این گیاه در اختیار پژوهش‌گران قرار دهد.

سپاسگزاری

نویسندگان برخود لازم می‌دانند از حمایت‌های معاونت پژوهشی دانشکده کشاورزی و معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد و هم‌چنین از ریاست و کارشناسان پژوهشکده علوم گیاهی این دانشگاه سپاسگزاری نمایند.

References

Arabi, F., Moharramipour, S. and Sefidkon, F. 2008. Chemical composition and insecticidal activity of essential oil from *Perovskia abrotanoides* (Lamiaceae) against Sitophilus oryzae (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, 28(3): 144-150.

Boroomand, N. and Hosseini Grouh, M.S. 2012. Macroelements nutrition (NPK) of medicinal plants: A review. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(12): 2249-2255.

Chen, S.L., Yu, H., Luo, H.M., Wu, Q., Li, C.F. and Steinmetz, A. 2016. Conservation and sustainable use of medicinal plants: problems, progress, and prospects. *Chinese Medicine*, 11: 37.

Daniela Radu, S., Mihalcea, L., Aprodu, I., Socaci, S.A., Cotârleț, M., Enachi, E., Crăciunescu, O., Barbu, V., Oancea, A., Dulf, F.V., Alexe, P., Bahrim, G.E., Râpeanu, G. and Stănciuc, N. 2020. Fostering lavender as a source for valuable bioactives for food and pharmaceutical applications through extraction and microencapsulation. *Molecules*, 25(21): 5001.

Dere, S., Gines, T. and Sivaci, R. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll - a, b and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. *Turkish Journal of Botany*, 22(1): 13-17.

Feng, J., Turner, B.L., Lü, X., Chen, Z., Wei, K., Tian, J., Wang, C., Luo, W. and Chen, L. 2016. Phosphorus transformations along a large-scale climosequence in arid and semiarid grasslands of northern China. *Global Biogeochemistry*, 30: 1264-1275.

Harris, R.W. 1992. Root: shoot ratios. *Journal of Arboriculture*, 18: 39-42.

Hawkesford, M.J. 2014. Reducing the reliance on nitrogen fertilizer for wheat production. *Journal of Cereal Science*, 59: 276-283.

Hikosaka, K. 2004. Interspecific difference in the photosynthesis-nitrogen relationship: patterns. *Journal of Plant Research*, 117: 481-494.

Hosseinzade, H. and Amel, S. 2001. Anti-nociceptive effects of the aerial parts of *Perovskia abrotanoides* extracts in mice. *Iranian Red Crescent Medical Journal*, 4: 15-17.

Hu, Y., Ye, X., Shi, L., Duan, H. and Xu, F. 2010. Genotypic differences in root morphology and phosphorus uptake kinetics in *Brassica napus* under low phosphorus supply. *Journal of Plant Nutrition*, 33: 889-901.

Huang, H. 2013. Plant diversity and conservation in China: planning a strategic bioresource for a sustainable future. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 166: 282-300.

Jaafari, M.R., Hooshmand, S., Samiei, A. and Hosseinzade, H. 2007. Evaluation of leishmanicidal effect of *Perovskia abrotanoides* Karel root extract by in-vitro leishmanicidal assay using promastigotes of Leishmania major. *Pharmacology OnLine*, 1: 299-303.

Kim, H.J. and Li, X. 2016. Effects of phosphorus on shoot and root growth, partitioning, and phosphorus utilization efficiency in Lantana. *HortScience*, 51(8): 1001-1009.

Kleine, S. and Müller, C. 2013. Differences in shoot and root terpenoid profiles and plant responses to fertilization in *Tanacetum vulgare*. *Phytochemistry*, 96: 123-131.

Latsague, M., Saez, P. and Mora, M. 2014. Effect of the fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium, on the foliar content of carbohydrates, proteins and photosynthetic pigments in plants of Berberidopsis corallina Hook. *Journal of Gayana Botanica*, 71(1): 37-42.

Li, X., Zhang, L., JalalAhammed, G., Li, Z.X., Wei, J.P., Shen, C., Yan, P., Zhang, L.P. and Han, W.Y. 2017. Stimulation in primary and secondary metabolism by elevated carbon dioxide alters green tea quality in *Camellia sinensis* L. *Scientific Reports*, 7(7937): 1-12.

Malakooti, M.J. and Belali, M.R. 2004. Optimal use of fertilizer, a way to sustainability in agricultural production (Proceedings), Agricultural education publishing ordered by Soil and Water Research Institute.

Mazandarani, M., Beyk Mohammadi, M. and Bayat, H. 2009. Ethno pharmacology and investigation secondary metabolites of *Perovskia abrotanoides* Karel. in two natural regions, north of Iran. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 4(16): 69-77. (In Persian).

Miller, A.J. and Cramer, M.D. 2004. Root nitrogen acquisition and assimilation. *Plant and Soil*, 274: 1-36.

Mozaffarian, V. 2013. A dictionary of Iranian plant names. Seventh edition, Farhang moaser publications.

Netto, A.T., Campostrini, E., de Oliveira, J.G. and Bressan-Smith, R.E. 2005. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. *Scientia Horticulturae*, 104: 199-209.

Nogués, S. and Baker, N.R. 2000. Effects of drought on photosynthesis in Mediterranean plants grown under enhanced UV-B radiation. *Journal of Experimental Botany*, 51(348): 1309-1317.

Poorter, H., Niklas, K.J., Reich, P.B., Oleksyn, J., Poot, P. and Mommer, L. 2012. Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. *New Phytologist*, 193: 30-50.

Raven, P.H., Evert, R.F. and Eichhorn, S.E. 1992. Biology of Plants. 5th Ed. Worth Publishers, Inc., New York, NY.

Ristvey, A.G., Lea-Cox, J.D. and Ross, D.S. 2007. Nitrogen and phosphorus uptake efficiency and partitioning of container grown azalea during spring growth. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 132: 563-571.

Roberts, J. 1997. Control of the supply line. *Science*, 278: 2073-2074.

Roggatz, U., Mcdonald, A.J.S., Stadenberg, I. and Schurr, U. 1999. Effects of nitrogen deprivation on cell division and expansion in leaves of *Ricinus communis* L. *Plant, Cell & Environment*, 22: 81-89.

Safaeighomi, J. and Batooli, H. 2010. Determination of bioactive molecules from flowers, leaves, stems and roots of *Perovskia abrotanoides* Karel growing in central Iran by nano scale injection. *Digest Journal of Nanomaterials Biostructures*, 5: 551-556.

Sammauria, R. and Yadav, R.S. 2008. Effect of phosphorus and zinc application on growth and yield fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) and their residual effect on succeeding pearl millet (*Pennisetum glaucum*) under irrigated condition of northwest Rajasthan. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 78: 61-64.

Sharafzadeh, S., Khosh-Khui, M. and Javidnia, K. 2011. Effect of nutrients on essential oil components, pigments and total phenolic content of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *Advances in Environmental Biology*, 5(4): 639-646.

Singh, S.K., Reddy, V.R., Fleisher, H.D. and Timlin, J.D. 2014. Growth, nutrient dynamics, and efficiency responses to carbon dioxide and phosphorus nutrition in soybean. *Journal of Plant Interactions*, 9: 838-849.

Sitko, K., Gieroń, Ż., Szopiński, M., Zieleźnik-Rusinowska, P., Rusinowski, S., Pogrzeba, M., Daszkowska-Golec, A., Kalaji, H.M. and Małkowski, E. 2019. Influence of short-term macronutrient deprivation in maize on photosynthetic characteristics, transpiration and pigment content. *Scientific Reports*, 9(1): 1-12.

Trankner, M., Tavakol, E. and Jakli, B. 2018. Functioning of potassium and magnesium in photosynthesis, photosynthate translocation and photoprotection. *Physiologia Plantarum*, 163: 414-431.

Verma, S. and Singh, S.P. 2008. Current and future status of herbal medicines. *Veterinary World*, 1(11): 347-350.

Walters, R., Ibrahim, D., Horton, P. and Kruger, N. 2004. A mutant of Arabidopsis lacking the triose-phosphate/phosphate translocator reveals metabolic regulation of starch breakdown in the light. *Plant Physiology*, 135(2): 891-906.

Zhao, D., Reddy, K.R., Kakani, V.G., Read, J.J. and Koti, S. 2007. Canopy reflectance in cotton for growth assessment and prediction of lint yield. *European Journal of Agronomy*, 26: 335-344.

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 3, Issue 2, Autumn and Winter 2022, P. 269-280

The effect of nitrogen and phosphorous fertilizers on physiological and root characteristics of *Proveskia abrotanoides*

Zhaleh Haghighat Shishvan[1], Mohammad Kafi[2*], Ahmad Nezami[2], Jafar Nabati[3]

[1]PhD Student in Crop Physiology, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

[2]Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

[3]Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

[*]Corresponding Author: M.kafi@um.ac.ir

Received: 18 October 2021 Accepted: 10 December 2021 **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.310543.1145**

Abstract

The first step in cultivating wild medicinal plants is to observe how they respond to agronomical treatments in controlled environments. In 2017, this experiment was carried out at the Ferdowsi University of Mashhad's Research Institute of Plant Sciences to investigate the morphological and physiological changes of the medicinal plant Barazamble (*Proveskia abrotanoides*). With three replications, a factorial experiment based on randomized complete block design in 6, 12, 18, and 24 g/kg of nitrogen (N1 to N4) and 4, 6, 8, and 10 g/kg of phosphorus (P1 to P4) was used. P4 (17.77 $\mu mol.m^{-2}s^{-1}$, 7.44 and 1.70 $mmol.m^{-2}s^{-1}$, respectively) and N4 (16.88 $\mu mol.m^{-2}s^{-1}$, 8.62 and 1.74 $mmol.m^{-2}s^{-1}$, respectively) had the highest photosynthesis rate, transpiration rate, and stomatal conductance. In terms of photosynthesis and transpiration rate, there was no significant difference between N3 and N4. The highest chlorophyll a content (0.464 mg. g^{-1}_{fw}) was found in the N3P3 treatment, while the highest chlorophyll b content (0.464 mg. g^{-1}_{fw}) was found in the N3 treatment. The P4 and N3 treatments had the highest root dry weight, while the N3 and P3 treatments had the highest shoot dry weight, biomass accumulation, root/shoot ratio, total biomass, and root volume. More research is needed before recommending fertilizers, but the third level of nitrogen (N3) and phosphorus (P3) application had the greatest effect on the measured traits of *Proveskia abrotanoides*.

Keywords: Biomass accumulation, Photosynthetic parameters, Root volume