مقاله پژوهشی

نشریه علمی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۳۰ شماره ۲، صفحه ۱۳۴-۱۱۹، (۱۴۰۱)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijfpr.2022.358663.2051
شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.17350883.1401.30.2.2.8

اثر اصلاح‌کننده‌های مختلف خاک بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی نهال‌های یک‌ساله ون (*Fraxinus excelsior* L.) و شیردار (*Acer cappadocicum* Gled.)

سلیمه رحیم‌نژاد [۱]، سید محمد حجتی [۲*]، حامد اسدی [۳]، حمید جلیلوند [۴] و مجتبی محمودی [۵]

۱- دانشجوی دکتری رشته علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۲*- نویسنده مسئول، استاد، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

پست الکترونیک: s_m_hodjati@yahoo.com

۳- استادیار، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۴- استاد، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۵- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۲۹

چکیده

پژوهش پیش‌رو با هدف بررسی اثر اصلاح‌کننده‌های خاک شامل پوسته برنج، بیوچار پوسته برنج، کود گاوی و کود شیمیایی بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی نهال‌های گلدانی ون (*Fraxinus excelsior* L.) و شیردار (*Acer cappadocicum* Gled.) طی یک دوره رویش در نهالستان لاجیم در شهرستان سوادکوه انجام شد. درمجموع، ۶۰ گلدان برای نُه تیمار اصلاح‌کننده و نیز خاک نهالستان با سه تکرار برای دو گونه مورد مطالعه در قالب طرح کامل تصادفی درنظرگرفته شد. نتایج نشان داد که تیمارهای مختلف، تأثیر معنی‌داری بر قطر یقه، ارتفاع، زی‌توده برگ و طول ساقه نهال‌های ون داشتند. بیشینه قطر یقه، ارتفاع و طول ساقه ون در تیمار کود حیوانی ۱۵۰ گرم و بیشترین مقدار وزن خشک برگ‌های آن در تیمار کود گاوی ۳۰۰ گرم مشاهده شد. ارتفاع مرحله اول، میانگین سطح برگ، حجم، سطح مقطع و طول ریشه، وزن خشک برگ و حجم ساقه نهال‌های شیردار نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای مختلف قرار گرفتند. بیشترین ارتفاع مرحله اول برای نهال‌های این گونه در تیمار شاهد و بیشینه حجم ریشه آن‌ها در تیمارهای کود گاوی ۳۰۰ و ۱۵۰ گرم و پوسته برنج دو درصد مشاهده شد. بیشترین میانگین سطح برگ نهال‌های شیردار متعلق به تیمار کود گاوی ۱۵۰ گرم بود. تیمار کود گاوی ۳۰۰ گرم نیز بیشینه سطح مقطع ریشه، طول ریشه، وزن خشک برگ و حجم ساقه نهال‌های این گونه را به‌خود اختصاص داد. بااین‌حال، مقدار کلروفیل و فتوسنتز بین تیمارهای مختلف، اختلاف معنی‌داری نداشتند. براساس این یافته‌ها می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از کود گاوی در مقایسه با کودهای شیمیایی و بیوچار، کارکرد بهتری در افزایش رشد نهال‌های گلدانی ون و شیردار طی یک دوره رویش گیاهی در محیط نهالستان دارد.

واژه‌های کلیدی: بیوچار، کلروفیل برگ، کود گاوی، نهالستان لاجیم.

مقدمه

اغلب در جنگل‌کاری‌ها، تعداد زیادی از نهال‌ها در هنگام کاشت از بین می‌روند. یکی از دلایل آن، اثر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بستر نهالستان بر رشد و کیفیت نهال‌های تولیدی است (Ganji Moghadam & Zamanipour, 2013). ازسوی دیگر، سالانه مقدار زیادی از عناصر غذایی موجود در خاک نهالستان طی فرایند تولید و انتقال نهال‌ها خارج می‌شود. به‌طوری‌که در طولانی‌مدت، به‌علت فقر عناصر غذایی در خاک نهالستان، کیفیت نهال‌های تولیدی نیز کاهش می‌یابد. برای جبران عناصر ازدست‌رفته و جلوگیری از تضعیف خاک نهالستان می‌توان از کودهای آلی و شیمیایی و نیز بیوچار (Biochar) استفاده کرد (Amin Amlishi, 2019). در ایران، کودهای شیمیایی به‌عنوان سریع‌ترین راه برای جبران کمبود مواد غذایی خاک و افزایش تولید استفاده می‌شوند که سبب خسارت‌های جبران‌ناپذیری به محیط‌زیست شده‌اند (Khodarahmi *et al.,* 2020). مصرف کودهای شیمیایی در جهان در سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۱ حدود ۱۷۳ میلیون تن اعلام شده است که بیشترین مقدار آن (۶۱ درصد) را کودهای نیتروژن به‌خود اختصاص دادند (Gheshlaghi *et al.*, 2014). کاربرد کودهای آلی و دامی به‌ویژه در خاک‌های فقیر از عناصر غذایی ضمن اثرات مثبتی که بر ویژگی‌های خاک و افزایش مواد آلی آن دارد، ازنظر جنبه‌های اقتصادی، محیط‌زیستی و اجتماعی نیز مفید است. این کودها می‌توانند جایگزینی مناسبی برای کودهای شیمیایی در طولانی‌مدت باشند. کود دامی سبب پوک شدن خاک، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت و بهبود دانه‌بندی خاک می‌شود و ضمن افزایش کارایی مصرف آب، عملکرد محصول را نیز بهبود می‌دهد (Raja Sekar & Karmegan, 2010). کودهای آلی در بیشتر مناطق دنیا به‌طور موفقیت‌آمیزی در تولید تعداد زیادی از محصولات کشاورزی استفاده شده‌اند. بررسی اثر بیوچارهای تهیه‌شده از پوسته برنج و خرده‌چوب با درصدهای وزنی یک، دو و پنج در خاک‌های آهکی بر جوانه‌زنی بذر و رشد نهال‌های اقاقیای (*Robinia pseudoacacia L.*) در چین نشان داد که علاوه‌بر سرعت جوانه‌زنی بذرها، ریشه‌دوانی نهال‌ها در نسبت‌های یک و دو درصد بیوچار افزایش یافتند، اما در بیوچارهای استفاده‌شده با نسبت پنج درصد، نسبت حجم ریشه به شاخه به‌شدت کاهش یافت (Bu *et al.*, 2019).

بیوچار (زغال زیستی)، محصول تجزیه زی‌توده‌هایی مانند چوب، برگ گیاهان، باقی‌مانده‌های کشاورزی و کود حیوانی در یک فضای بسته بدون اکسیژن یا با اکسیژن محدود تحت درجه‌حرارت زیاد است (Ghorbani & Amirahmadi, 2018). در سال‌های اخیر، استفاده از بیوچار به‌عنوان یک جاذب و اصلاح‌کننده طبیعی آلودگی‌های خاک افزایش یافته است. زیرا کیفیت فیزیکی و شیمیایی خاک، عملکرد محصول، جذب عناصر غذایی توسط گیاهان، ظرفیت نگهداشت آب در خاک، گنجایش تبادل کاتیونی و ساختمان خاک درنتیجه کاربرد بیوچار بهبود می‌یابند (Safarzadeh Shirazi *et al.,* 2019). استفاده از این کود در خاک سبب تغییرات اساسی مانند افزایش تخلخل کل و درنتیجه، کاهش جرم مخصوص خاک- بیوچار، بهبود جذب مواد در منافذ ریز، افزایش نقل‌وانتقال آب و املاح در منافذ درشت و به‌دنبال آن‌ها، بهبود ساختمان و دانه‌بندی خاک، ایجاد تعادل در اقلیم و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود (Głąb *et al.,* 2016). بررسی اثر بیوچار بر خصوصیات فیزیکی خاک و ساختار ریشه انگور (*Vitis rotundifolia* L.) در ایالت فلوریدا در آمریکا نشان داد که بیوچار چوب کاج سبب افزایش در طول ریشه، تعداد شاخک‌های ریشه و تقاطع‌ها و نیز تقویت ساختار ریشه گونه مذکور می‌شود (Chang *et al.*, 2021). به‌طوری‌که ریشه‌ها در خاک اصلاح‌شده با بیوچار، طول بیشتر و قطر کمتری نسبت به خاک اصلاح‌نشده داشتند.

برنج در بیشتر از ۷۵ کشور جهان، یک ماده مهم غذایی است. به‌همراه برنج، سه فراورده جانبی شامل سبوس برنج، پوسته شلتوک و ساقه تولید می‌شوند. در استان مازندران، ۷۲ نوع محصول کشاورزی کشت و تولید می‌شوند که محصول برنج با تولید سالانه یک میلیون و ۳۰۰ هزار تن، رتبه اول کشور را دارد (Mirzapour *et al.,* 2021).

ضایعاتی که در مرحله‌های مختلف به‌ویژه پس از برداشت برنج تولید می‌شود، نیاز به توجه ویژه در ترویج مدیریت ضایعات محصول‌های کشاورزی و کاهش آن ها دارند. یکی از راه‌های کاربرد ضایعات برنج، استفاده از آن‌ها به‌شکل مخلوط با خاک‌های زراعی و یا به‌عنوان بیوچار به‌منظور کشت نهال‌های جنگلی و اصلاح خاک نهالستان است.

برای مقابله با کاهش سطح و کیفیت جنگل‌های هیرکانی، سالانه حدود ۳۰ تا ۴۰ هزار هکتار از مناطق تخریب‌شده این جنگل‌ها اغلب با استفاده از شیردار (*Acer cappadocicum* Gled.) و ون (*Fraxinus excelsior* L.) جنگل‌کاری می‌شوند. تولید نهال فراوان از گونه‌های مذکور به‌دلیل قوه نامیه اندک بذر، عدم امکان تکثیر غیرجنسی و نیز سرعت رشد کم آن‌ها با محدودیت مواجه است، بنابراین در پژوهش پیش‌رو، اثر اصلاح‌کننده‌های مختلف خاک بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی نهال‌های گلدانی و یک‌ساله شیردار و ون به‌منظور افزایش کیفیت نهال‌های تولیدی بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در نهالستان لاجیم در ارتفاع ۹۶۵ متری از سطح دریا در ناحیه البرز مرکزی و تحت مدیریت اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مازندران- ساری در شهرستان سوادکوه انجام شد. میانگین بارندگی و درجه‌حرارت سالانه در این منطقه به‌ترتیب حدود ۸۷۸/۴ میلی‌متر و ۱۴/۹ درجه سانتی‌گراد هستند. شیب عمومی منطقه مورد مطالعه ۲۰ درصد، pH خاک ۵/۷ و بافت آن، لومی است (Ghesemiaghbash & berg, 2020).

روش پژوهش

در پژوهش پیش‌رو از ۶۰ گلدان پلاستیکی به قطر ۳۵ و عمق ۳۸ سانتی‌متر در قالب نه تیمار شامل تیمارهای پوسته برنج به‌نسبت ۰/۵ و یک درصد حجمی خاک، بیوچار پوسته برنج به‌مقدار ۰/۵، یک و دو درصد حجمی خاک، کود گاوی در نسبت‌های ۰/۷۵ و ۱/۲۵ درصد حجمی خاک، کود شیمیایی کمینه و بیشینه (کود شیمیایی کمینه برای سوپرفسفات‌تریپل ۲۵، برای سولفات‌آمونیوم ۱۸/۷۵ و سولفات‌پتاسیم ۱۸/۷۵ و کود شیمیایی بیشینه برای سوپرفسفات‌تریپل ۵۰، برای سولفات‌آمونیوم ۳۷/۵ و سولفات‌پتاسیم ۳۷/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و خاک نهالستان برای دو گونه مورد مطالعه استفاده شد. مشخصات شیمیایی بیوچار، پوسته برنج و کود گاوی مورد استفاده در پژوهش پیش‌رو در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات بیوچار پوسته برنج، پوسته برنج و کود گاوی مورد استفاده

Table 1. Characteristics of rice husk biochar, rice husk and cow manure

تیمار Treatment	pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) Electrical conductivity (dS/m)	نیتروژن کل (درصد) N (%)	فسفر (درصد) P (%)	پتاسیم (درصد) K (%)	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)
بیوچار پوسته برنج Rice husk biochar	8.5	1.188	0.55	0.51	0.93	7.47
پوسته برنج Rice husk	5.79	1.815	3.2	0.67	0.58	35.91
کود گاوی Cow manure	7.19	3.535	1.1	0.86	1.19	17.53

سه گلدان برای هر تیمار در نظر گرفته شد. در کف هر گلدان به‌اندازه یک سانتی‌متر از ارتفاع آن، سنگ‌ریزه برای زهکشی بهتر و خروج آب استفاده شد. سپس تا ارتفاع نُه سانتی‌متری از خاک بستر نهالستان (خاک شاهد) و باقی‌مانده فضای خالی گلدان تا عمق ۲۲ سانتی‌متری با مخلوط خاک و تیمارهای مورد نظر پر شد (شکل ۱). به‌منظور اجرای آزمایش، بذرهای انتخاب‌شده در عمق مناسب خاک کاشته شدند. پس از سبز شدن بذرها با انجام عملیات تنک کردن به هر نهال، فضای کمینه ۱۰۰ سانتی‌متر مربع برای رشدونمو در گلدان‌ها داده شد. در هر گلدان، چهار نهال برای اندازه‌گیری ویژگی‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی نگهداری شد.

در هر ماه، ارتفاع نهال‌ها با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری شد. قطر یقه نهال‌ها نیز ماهانه با استفاده از دستگاه قطرسنج دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر ثبت شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ نهال‌ها، سه عدد برگ از قسمت‌های پایین، بالا و میانه نهال‌ها در انتهای دوره رویش انتخاب شد. سپس، مشخصه سطح برگ با استفاده از میانگین آن‌ها در نرم‌افزار Image J تعیین شد (Bradshaw *et al.*, 2007). پس از پایان آزمایش برای اندازه‌گیری حجم اندام‌ها، قسمت‌های مختلف نهال جدا شدند و هرکدام جداگانه در داخل استوانه مدرج با مقدار آب مشخص قرار داده شدند (Böhm, 1979). برای اندازه‌گیری وزن خشک، اندام‌های نهال به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و سپس توزین شدند. پس از شمارش تعداد ریشه‌ها، طول آن‌ها با استفاده از نخ با دقت میلی‌متر اندازه‌گیری شد. محیط ریشه از حاصل‌ضرب عدد پی در قطر به‌دست آمد. سطح ریشه نیز از حاصل‌ضرب محیط ریشه در طول آن محاسبه شد. مقدار فتوسنتز نهال‌ها با استفاده از دستگاه فتوسنتزمتر مدل GFS3000 اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری کلروفیل از دستگاه کلروفیل‌سنج SPAD 502 PLUS شرکت Konica Minolta استفاده شد. برای کاهش خطای اندازه‌گیری نیز چهار برگ به‌طور تصادفی از هر گلدان انتخاب شد و میانگین کلروفیل برگ نهال به‌دست آمد (Chang & Robison, 2003).

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

برای تجزیه‌وتحلیل آماری پس از بررسی نرمال بودن پراکنش داده‌ها و همگنی واریانس آن‌ها به‌ترتیب با استفاده از آزمون‌های شاپیرو ویلک و لون در سطح اطمینان ۹۵ درصد، از تجزیه واریانس یک‌طرفه استفاده شد. در صورت معنی‌داری هریک از مشخصه‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی اندازه‌گیری‌شده، مقایسه میانگین‌ها آن‌ها با استفاده از آزمون توکی انجام شد. همچنین، تحلیل رسته‌بندی PCA برای تعیین مهم‌ترین ویژگی‌های ریخت‌شناسی در تفکیک تیمارهای مختلف استفاده شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلاح‌کننده‌های خاک فقط بر قطر یقه و ارتفاع نهال در آخر دوره، وزن خشک برگ و طول ساقه ون در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بودند. همچنین، اثر تیمارهای مورد مطالعه بر ارتفاع نهال در ابتدای دوره، حجم ساقه، حجم ریشه، سطح مقطع ریشه، طول ریشه، وزن خشک برگ و میانگین سطح برگ نهال‌های شیردار در سطح اطمینان حداقل ۹۵ درصد، معنی‌دار به‌دست آمد (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر نهال‌های ون و شیردار

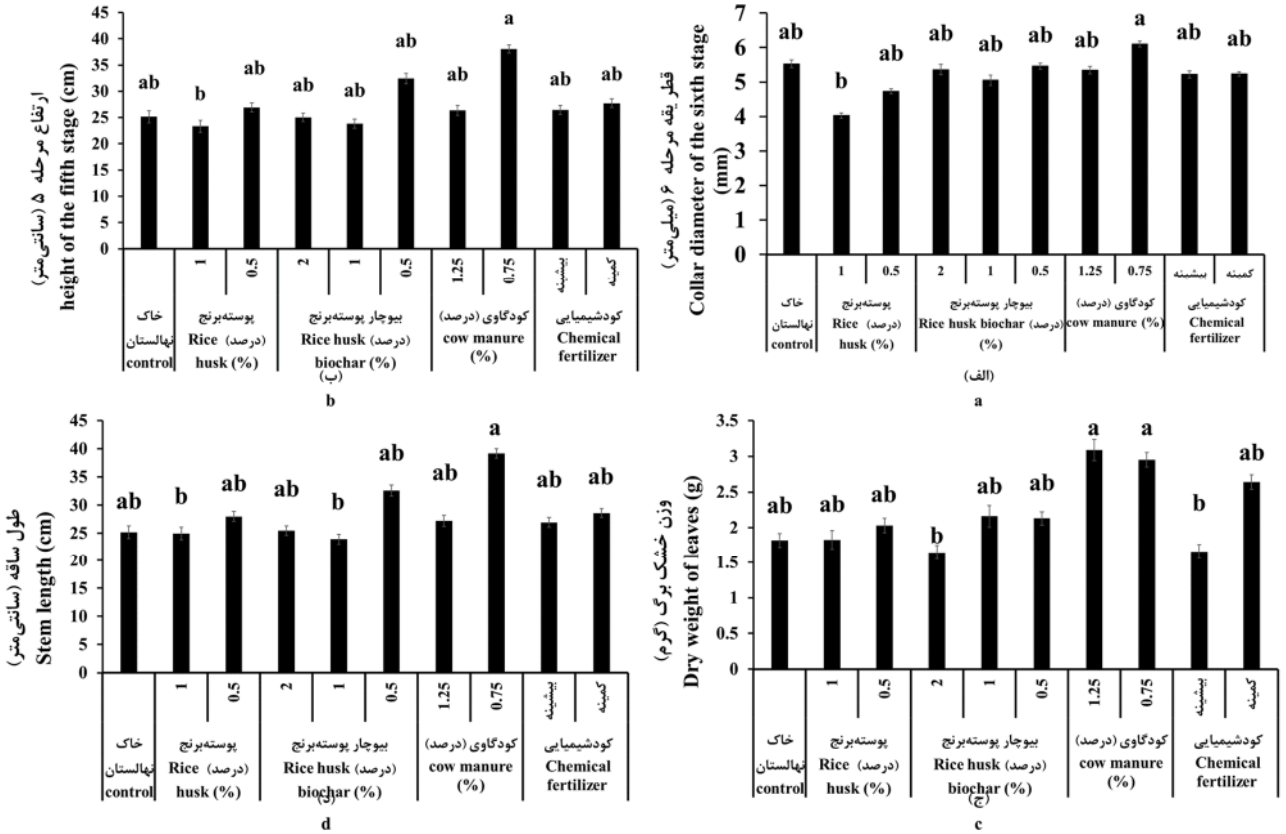
Table 2. Results of analysis of variance of different treatment effects on seedlings of *Fraxinus excelsior* and *Acer cappadocicum*

منبع تغییرات Source of variation	ون *Fraxinus excelsior*		شیردار *Acer cappadocicum*	
	F	معنی‌داری Significance	F	معنی‌داری Significance
وزن خشک کل Total dry weight	2.66	0.1^{ns}	2.78	0.097^{ns}
حجم ریشه Root volume	2.66	0.11^{ns}	5.62	0.01*
وزن خشک ساقه Dry weight of stem	2.82	0.95^{ns}	2.65	0.11^{ns}
وزن خشک ریشه Dry weight of roots	0.51	0.48^{ns}	0.91	0.34^{ns}
حجم ساقه Stem volume	3.12	0.08^{ns}	10.21	0.0017**
ارتفاع نهال در آخر دوره Seedling height at the end of the period	5.07	0.026*	0.096	0.76^{ns}
طول ساقه Stem length	4.1	0.027*	0.07	0.79^{ns}
میانگین سطح برگ Average leaf area	0.94	0.33^{ns}	10.32	0.001**
سطح مقطع ریشه Root cross section	1.25	0.27^{ns}	5.53	0.02*
وزن خشک برگ Dry weight of leaves	5.01	0.03*	5.38	0.022*
تعداد برگ نهال در آخر دوره Number of seedling leaves at the end of the period	1.67	0.2^{ns}	0.04	0.85^{ns}
قطر یقه نهال در آخر دوره Seedling collar diameter at the end of the period	4.62	0.033*	2.1	0.15^{ns}
طول ریشه Root length	0.1	0.75^{ns}	4.63	0.03*
تعداد برگ‌های نهال در ابتدای دوره Number of seedling leaves at the beginning of the period	2.55	0.11^{ns}	1.26	0.26^{ns}
قطر یقه نهال در ابتدای دوره Seedling collar diameter at the beginning of the period	0.023	0.881^{ns}	1.45	0.23^{ns}
ارتفاع نهال در ابتدای دوره Seedling height at the beginning of the period	0.136	0.71^{ns}	16.89	0.000**
کلروفیل Chlorophyll	0.926	0.52^{ns}	1.411	0.24^{ns}
فتوسنتز Photosynthesis	0.58	0.79^{ns}	0.96	0.49^{ns}

** معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ * معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ^{ns} غیرمعنی‌دار

**: Significant at p<0.01; *: Significant at p<0.05; ns: non-significant

نتایج مقایسه میانگین‌ها برای ویژگی‌های نهال‌های ون نشان داد که ازنظر قطر یقه مرحله آخر بین تیمارهای خاک نهالستان، پوسته برنج ۰/۵ درصد، بیوچار پوسته برنج ۰/۵، یک و دو درصد، کود گاوی ۳۰۰ گرم و کود شیمیایی کمینه و بیشینه، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بیشینه قطر یقه ون (۶/۱ میلی‌متر) در تیمار کود گاوی ۱۵۰ گرم و کمینه آن (۴/۰۳ میلی‌متر) در تیمار پوسته برنج یک درصد مشاهده شدند (شکل ۱– الف). بین تیمارهای خاک نهالستان، پوسته برنج ۰/۵ درصد، بیوچار پوسته برنج ۰/۵، یک و دو درصد، کود گاوی ۳۰۰ گرم و کودهای شیمیایی بیشینه و کمینه نیز اختلاف معنی‌داری ازنظر ارتفاع مرحله آخر وجود نداشت. بیشترین (۳۸/۰۸ سانتی‌متر) و کمترین (۲۳/۳۳ سانتی‌متر) ارتفاع نهال‌های ون به‌ترتیب در تیمارهای کود گاوی ۱۵۰ گرم و پوسته برنج یک درصد مشاهده شدند (شکل ۱– ب). همچنین، ازنظر وزن خشک برگ‌های ون بین تیمارهای خاک نهالستان، پوسته برنج یک و ۰/۵ درصد، بیوچار پوسته برنج یک و ۰/۵ درصد و کود شیمیایی کمینه، اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. بیشینه وزن خشک برگ‌های ون در تیمارهای کود گاوی ۳۰۰ و ۱۵۰ گرم (به‌ترتیب ۳/۰۹ و ۲/۹۵ گرم) و کمترین آن در تیمارهای بیوچار پوسته برنج دو درصد و کود شیمیایی بیشینه (به‌ترتیب ۱/۶۵ و ۱/۶۶ گرم) مشاهده شدند (شکل ۱– ج). طول ساقه ون بین تیمارهای خاک نهالستان، پوسته برنج ۰/۵ درصد، بیوچار پوسته برنج دو و ۰/۵ درصد، کود گاوی ۳۰۰ گرم و کود شیمیایی کمینه و بیشینه، اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین طول ساقه این گونه (۳۹/۱۶ سانتی‌متر) در تیمار کود گاوی ۱۵۰ گرم و کمترین آن در تیمار بیوچار پوسته برنج یک درصد (۲۳/۹۵ سانتی‌متر) و پوسته برنج یک درصد (۲۴/۹۵ سانتی‌متر) مشاهده شدند (شکل ۱– د).

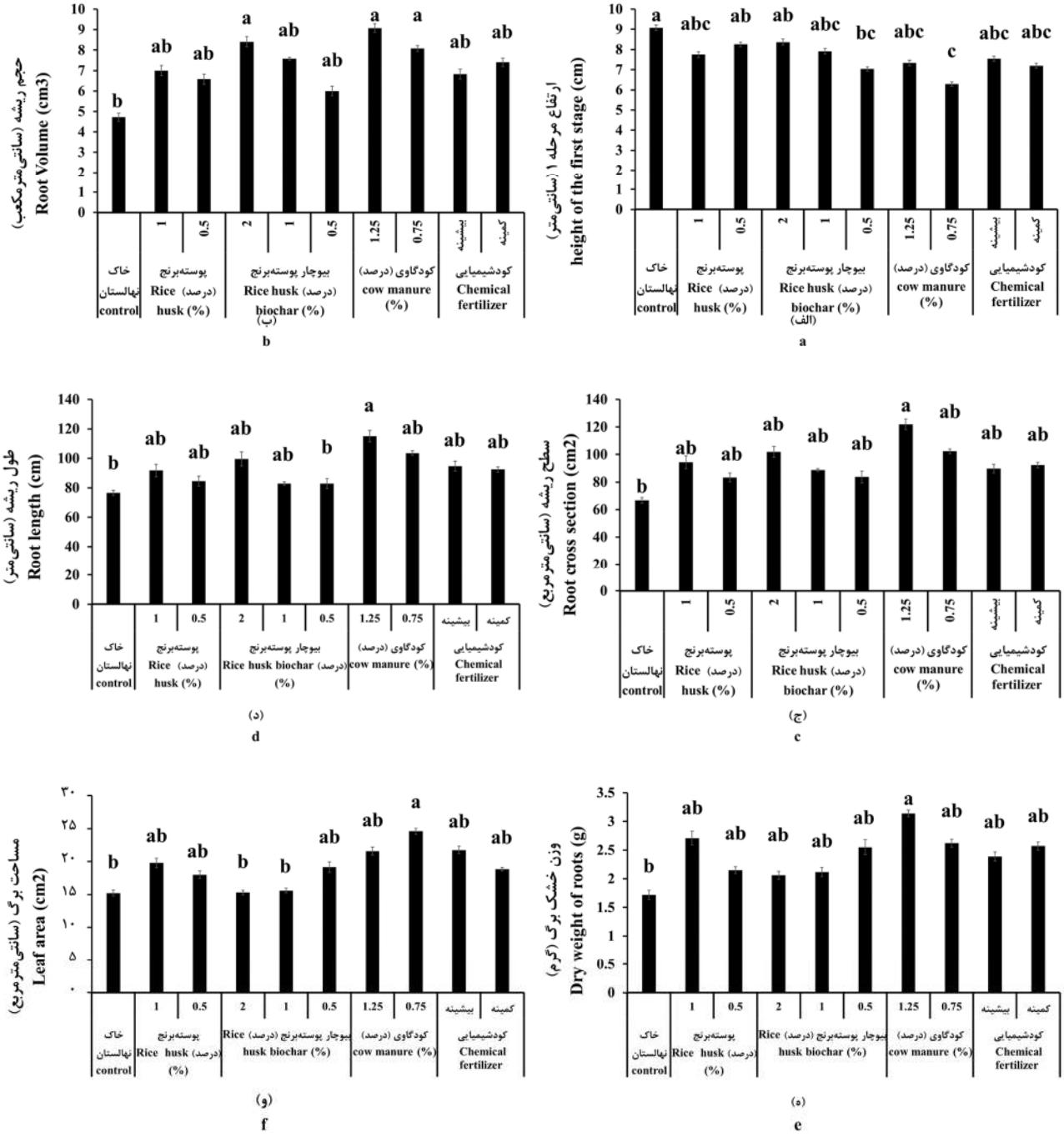


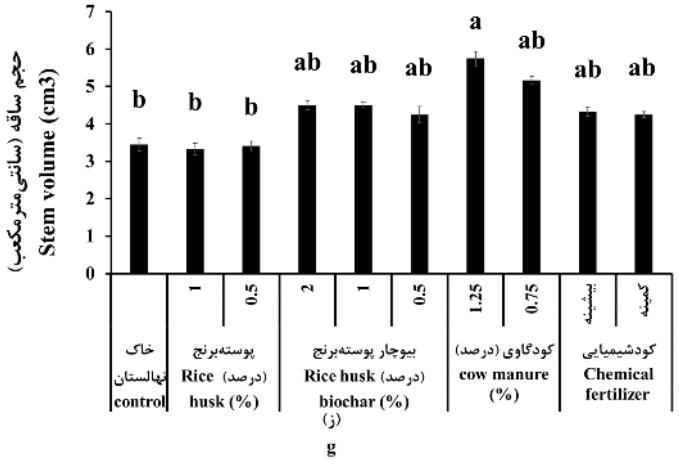
شکل ۱– نتایج مقایسه میانگین قطر یقه مرحله آخر (الف)، ارتفاع مرحله آخر (ب)، وزن خشک برگ (ج) و طول ساقه (د) در نهال‌های ون بین تیمارهای مختلف

Figure 2. Mean comparison results of collar diameter of the last stage (a), height of the last stage (b), leaf dry weight (c) and stem length (d) of *Fraxinus excelsior* in different treatments

براساس نتایج دیگر مقایسه میانگین‌ها، ارتفاع نهال‌های شیردار در ابتدای دوره موردمطالعه بین تیمارهای پوسته برنج ۰/۵ و یک درصد، بیوچار پوسته برنج یک و دو درصد، کود گاوی ۳۰۰ گرم و کودهای شیمیایی بیشینه و کمینه، اختلاف معنی‌داری نداشتند. بیشترین ارتفاع (۹/۰۸ سانتی‌متر) در خاک نهالستان و کمترین آن (۶/۲۹ سانتی‌متر) برای تیمار کود گاوی ۱۵۰ گرم به‌دست آمد (شکل ۲- الف). همچنین، بین تیمارهای پوسته برنج یک و ۰/۵ درصد، بیوچار پوسته برنج یک و ۰/۵ درصد و کودهای شیمیایی بیشینه و کمینه، اختلاف معنی‌داری ازنظر حجم ریشه شیردار مشاهده نشد. بیشترین حجم ریشه در تیمارهای کود گاوی ۳۰۰ گرم، پوسته برنج دو درصد و نیز کود گاوی ۱۵۰ گرم (به‌ترتیب ۹/۰۸، ۸/۴۱ و ۸/۰۸ سانتی‌متر مکعب) و کمترین آن در خاک نهالستان با مقدار ۴/۷۲ سانتی‌متر مکعب مشاهده شدند (شکل ۲- ب). ازنظر سطح مقطع ریشه شیردار بین تیمارهای پوسته برنج یک و ۰/۵ درصد، بیوچار پوسته برنج دو، یک و ۰/۵ درصد، کود گاوی ۱۵۰ گرم و کودهای شیمیایی بیشینه و کمینه، اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. بیشترین سطح مقطع ریشه نهال‌های شیردار (۱۲۱/۹۴ سانتی‌متر مربع) در تیمار کود گاوی ۳۰۰ گرم و کمترین آن (۶۶/۵۹ سانتی‌متر مربع) نیز در خاک نهالستان مشاهده شد (شکل ۲- ج). طول ریشه نهال‌های مذکور بین تیمارهای پوسته برنج یک و ۰/۵ درصد، بیوچار پوسته برنج دو و یک درصد، کود گاوی ۱۵۰ گرم و کودهای شیمیایی بیشینه و کمینه، اختلاف معنی‌داری نداشتند. بیشترین طول ریشه (۱۱۵ سانتی‌متر) در تیمار کود گاوی ۳۰۰ گرم و کمترین آن در خاک نهالستان (۷۶/۶۳ سانتی‌متر) و تیمار بیوچار پوسته برنج ۰/۵ درصد (۸۲/۷۹ سانتی‌متر) مشاهده شد (شکل ۲- د).

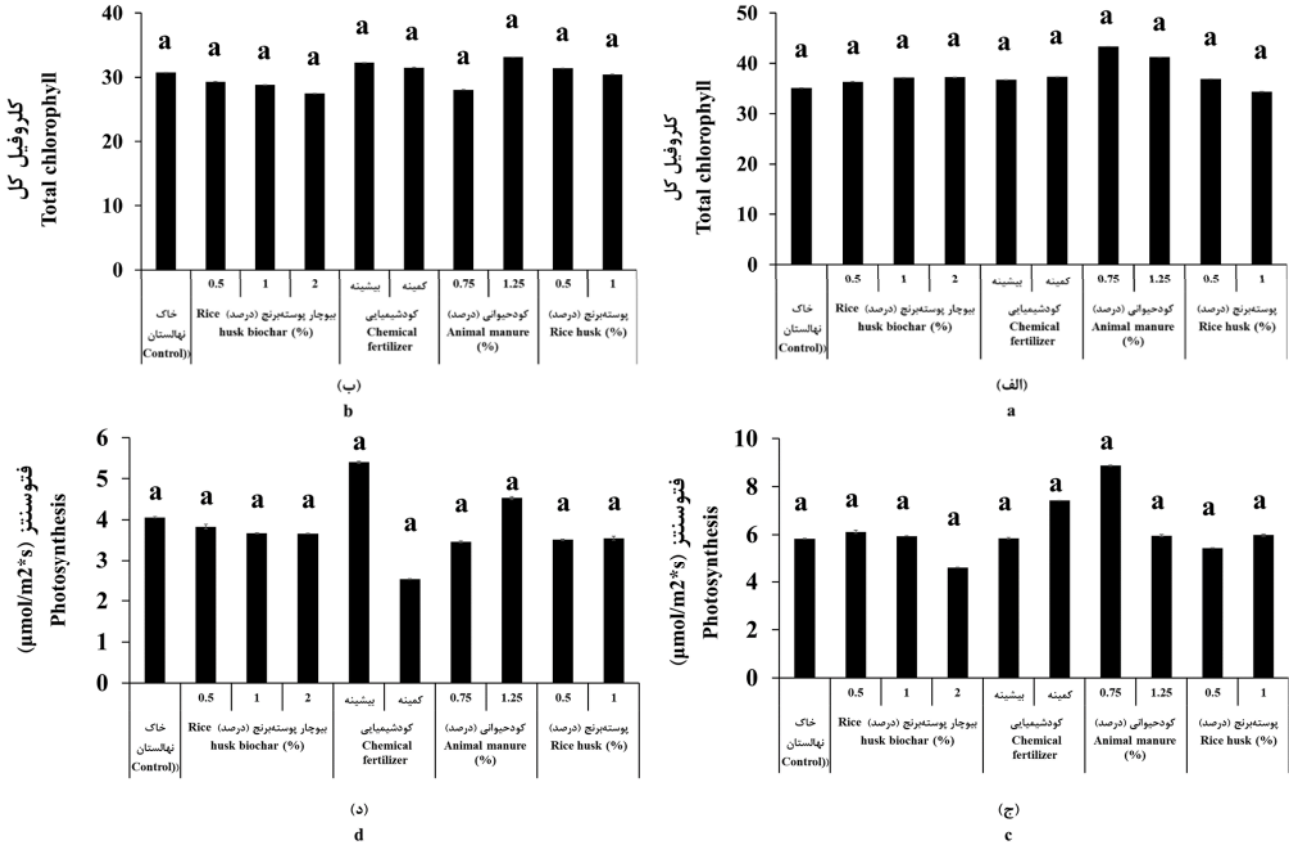
نتایج مقایسه میانگین‌های وزن خشک برگ‌های شیردار نشان داد که از این نظر بین تیمارهای پوسته برنج یک و ۰/۵ درصد، بیوچار پوسته برنج دو، یک و ۰/۵ درصد، کود گاوی ۱۵۰ گرم و کودهای شیمیایی بیشینه و کمینه، اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. بیشترین (۳/۱۴ گرم) و کمترین (۱/۷۲ گرم) وزن خشک برگ‌های شیردار به‌ترتیب برای تیمارهای کود گاوی ۳۰۰ گرم و خاک نهالستان به‌دست آمد (شکل ۲- ه). سطح برگ نهال‌های این گونه نیز بین تیمارهای پوسته برنج یک و ۰/۵ درصد، بیوچار پوسته برنج ۰/۵ درصد، کود گاوی ۳۰۰ گرم و کودهای شیمیایی بیشینه و کمینه، اختلاف معنی‌داری نشان نداد. بیشترین میانگین سطح برگ در تیمار کود گاوی ۱۵۰ گرم با مقدار ۲۴/۵۸ سانتی‌متر مربع و کمترین آن در خاک نهالستان و تیمارهای بیوچار پوسته برنج دو و یک درصد به‌ترتیب با مقادیر ۱۵/۲۲، ۱۵/۲۸ و ۱۵/۵۸ سانتی‌متر مربع مشاهده شد (شکل ۲- و). برای حجم ساقه نهال‌های شیردار بین تیمارهای بیوچار پوسته برنج دو، یک و ۰/۵ درصد، کود گاوی ۱۵۰ گرم و کودهای شیمیایی بیشینه و کمینه، اختلاف معنی‌دار به‌دست نیامد. بیشترین حجم ساقه با مقدار ۵/۷۵ سانتی‌متر مکعب در تیمار کود گاوی ۳۰۰ گرم و کمترین آن نیز در تیمارهای پوسته برنج یک و ۰/۵ درصد و خاک نهالستان به‌ترتیب با مقادیر ۳/۳۳، ۳/۴۱ و ۳/۴۵ سانتی‌متر مکعب مشاهده شدند (شکل ۲- ز). بااین‌حال، مقایسه میانگین مقدار کلروفیل و فتوسنتز نشان داد که اختلاف تیمارهای مورد مطالعه در هیچ‌کدام از دو گونه ون و شیردار معنی‌دار نبود (شکل ۳- الف، ب، ج و د).


ارتفاع مرحله ۱ (سانتی‌متر)
height of the first stage (cm)
a abc ab ab abc bc abc c abc abc
خاک نهالستان control
پوسته‌برنج Rice husk (%) 1 0.5
بیوچار پوسته‌برنج Rice husk biochar (%) 2 1 0.5
کودگاوی (درصد) cow manure (%) 1.25 0.75
کودشیمیایی Chemical fertilizer بیشینه کمینه
(الف)
a
حجم ریشه (سانتی‌مترمکعب)
Root Volume (cm3)
b ab ab a ab ab a a ab ab
(ب)
b
سطح ریشه (سانتی‌مترمربع)
Root cross section (cm2)
b ab ab ab ab ab a ab ab ab
(ج)
c
طول ریشه (سانتی‌متر)
Root length (cm)
b ab ab ab ab b a ab ab ab
(د)
d
وزن خشک برگ (گرم)
Dry weight of roots (g)
b ab ab ab ab ab a ab ab ab
(ه)
e
مساحت برگ (سانتی‌مترمربع)
Leaf area (cm2)
b ab ab b b ab ab a ab ab
(و)
f



شکل ۲- نتایج مقایسه میانگین ارتفاع مرحله اول (الف)، حجم ریشه (ب)، سطح مقطع ریشه (ج)، طول ریشه (د)، وزن خشک برگ (ه)، سطح برگ (و) و حجم ساقه (ز) در نهال‌های شیردار بین تیمارهای مختلف

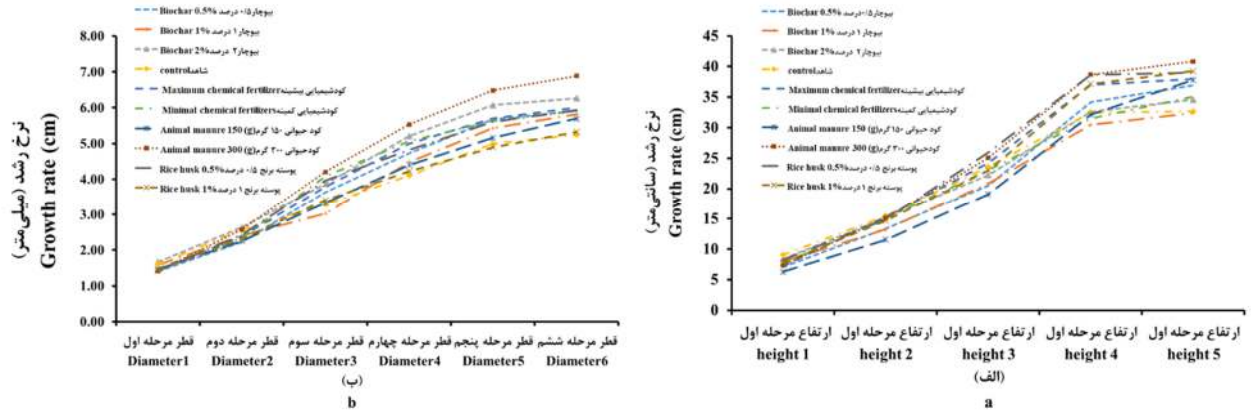
Figure 3. Mean comparison results of the average height of the first stage (a), root volume (b), root cross section (c), root length (d), leaf dry weight (e), leaf area (f) and stem volume (g) of *Acer cappadocicum* in different treatments



شکل ۳- نتایج مقایسه میانگین مقدار کلروفیل کل ون (الف) و شیردار (ب) و فتوسنتز این دو گونه (به‌ترتیب ج و د) بین تیمارهای مختلف

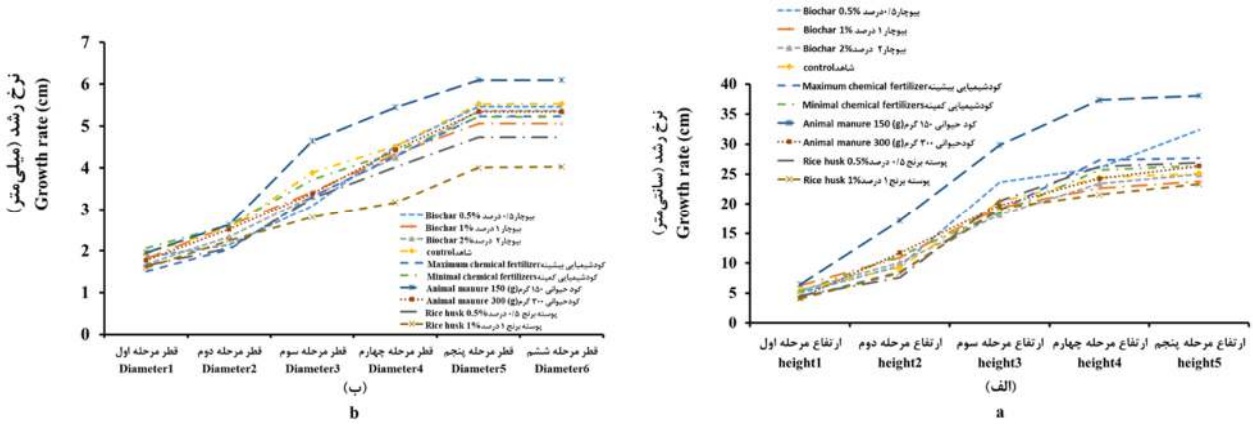
Figure 3. Mean comparison results of total chlorophyll content of *Fraxinus excelsior* (a) and *Acer cappadocicum* (b), and photosynthesis of the two species (c and d, respectively) between the different treatments

براساس نتایج دیگر، بیشترین نرخ رویش ارتفاعی و قطری در نهال‌های شیردار در تیمار کود حیوانی ۳۰۰ گرم مشاهده شد (شکل ۴- الف و ب). همچنین بیشینه رشد قطری و ارتفاعی ون برای تیمار کود شیمیایی بیشینه به‌دست آمد (شکل ۵- الف و ب).



شکل ۴- تغییرات رویش ارتفاعی (الف) و قطری (ب) نهال‌های شیردار تحت تیمارهای مختلف

Figure 4. Variations in height (a) and diameter growth (b) of *Acer cappadocicum* between different treatments The heights in the first to fifth stages are indicated by h1 to h5. In the same way, b1 to b6 indicate diameters at each stage.



شکل ۵- تغییرات رویش ارتفاعی (الف) و قطری (ب) نهال‌های ون تحت تیمارهای مختلف

Figure 5. Variations in height (a) and diameter growth (b) of *Fraxinus excelsior* between different treatments The heights in the first to fifth stages are indicated by h1 to h5. In the same way, b1 to b6 indicate diameters at each stage.

رسته‌بندی تحلیل PCA براساس ویژگی‌های ریخت‌شناسی برای دو گونه ون و شیردار به‌ترتیب در شکل ۶- الف و ب آمده است. در نمودار PCA متعلق به ون، تیمارهای کود گاوی ۱۵۰ گرم و بیوچار پوسته برنج یک درصد از تیمارهای دیگر، قابل‌تفکیک هستند. بااین‌حال، در نمودار PCA شیردار فقط تیمار کود گاوی ۱۵۰ گرم تاحدودی از تیمارهای دیگر تفکیک شده است. این نتایج نشان‌دهنده عملکرد متفاوت تیمارهای کود گاوی و بیوچار پوسته برنج یک درصد نسبت به تیمارهای دیگر هستند. مهم‌ترین ویژگی‌های ریخت‌شناسی نهال‌های ون و شیردار در تفکیک تیمارهای مورد مطالعه شامل وزن خشک کل، حجم ریشه، وزن خشک ساقه، وزن خشک ریشه، حجم ساقه بودند (جدول ۳). از ویژگی‌های مهم ریخت‌شناسی دیگر در نهال‌های شیردار می‌توان سطح مقطع و طول ریشه اشاره کرد.

جدول ۳- همبستگی بین محورهای PCA و متغیرهای ریخت‌شناسی اندازه‌گیری‌شده در دو گونه ون و شیردار

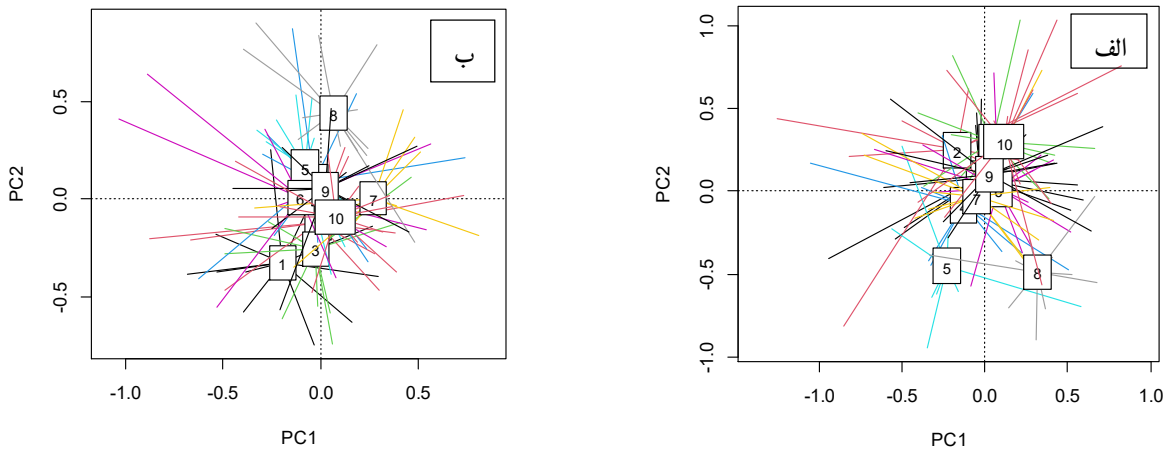
Table 3. Correlation between PCA axes and morphological variables measured in *Fraxinus excelsior* and *Acer cappadocicum*

متغیر Variable	ون *Fraxinus excelsior*		شیردار *Acer cappadocicum*	
	محور ۱ Axis 1	محور ۲ Axis 2	محور ۱ Axis 1	محور ۲ Axis 2
وزن خشک کل Total dry weight	0.35	0.02	0.37	-0.16
حجم ریشه Root volume	0.34	0.26	0.3	0.32
وزن خشک ساقه Dry weight of stem	0.31	0.09	0.35	-0.13
وزن خشک ریشه Dry weight of roots	0.31	-0.18	0.32	-0.18
حجم ساقه Stem volume	0.31	0.22	0.3	0.25
ارتفاع نهال در آخر دوره Seedling height at the end of the period	0.25	-0.13	0.09	-0.07
طول ساقه Stem length	0.24	-0.11	0.15	-0.14
میانگین سطح برگ Average leaf area	0.24	0.18	0.23	0.18
سطح مقطع ریشه Root cross section	0.24	0.25	0.34	0.33
وزن خشک برگ Dry weight of leaves	0.19	0.01	0.22	-0.03
تعداد برگ نهال در آخر دوره Number of seedling leaves at the end of the period	0.15	-0.09	0.09	-0.13
قطر یقه نهال در آخر دوره Seedling collar diameter at the end of the period	0.09	-0.13	0.11	-0.05
طول ریشه Root length	0.09	0.18	0.3	0.26
تعداد برگ نهال در ابتدای دوره Number of seedling leaves at the beginning of the period	0.01	-0.18	0.01	-0.16
قطر یقه نهال در ابتدای دوره Seedling collar diameter at the beginning of the period	-0.01	-0.06	-0.01	-0.07
ارتفاع نهال در ابتدای دوره Seedling height at the beginning of the period	0.01	-0.06	-0.03	-0.2
مقادیر ویژه Eigenvalues	2.48	0.27	0.99	0.17

متغیر Variable	ون *Fraxinus excelsior*		شیردار *Acer cappadocicum*	
	محور ۱ Axis 1	محور ۲ Axis 2	محور ۱ Axis 1	محور ۲ Axis 2
درصد تبیین واریانس Percentage of variance	64	7	56.87	10.13
درصد تجمعی تبیین واریانس Cumulative percentage of variance explanation	64	71	56.87	67
درصد آماره Broken-stick Percentage of Broken-stick statistics	14.82	10.98	14.89	10.98

اعدادی که زیر آن‌ها خط کشیده شده است، ویژگی‌های ریخت‌شناسی هر گونه برای محورهایی را نشان می‌دهند که درصد مقادیر ویژه آن‌ها بیشتر از آماره **Broken-stick** و مقدار همبستگی آن‌ها بیشتر از ۰/۳ هستند. این ویژگی‌ها، بیشترین تأثیر را در تبیین واریانس داده‌ها داشتند.

Underlined numbers in bold indicate morphological factors of each species for axes whose percentage of specific values is higher than the Broken-stick statistic and their correlation values are above 0.3. These factors had the greatest effects in explaining the variance of the data.



شکل ۶- رسته‌بندی تحلیل **PCA** براساس ویژگی‌های ریخت‌شناسی نهال‌های ون (الف) و شیردار (ب)

۱: خاک نهالستان، ۲: پوسته برنج یک درصد، ۳: پوسته برنج ۰/۵ درصد، ۴: بیوچار پوسته برنج دو درصد، ۵: بیوچار پوسته برنج یک درصد، ۶: بیوچار پوسته برنج ۰/۵ درصد، ۷: کود گاوی ۳۰۰ گرم، ۸: کود گاوی ۱۵۰ گرم، ۹: کود شیمیایی بیشینه و ۱۰: کود شیمیایی کمینه.

Figure 7. Classification of PCA analysis based on morphological traits of two species of *Fraxinus excelsior* (a) and *Acer cappadocicum* (b)
1: Control, 2: 1% of rice husk, 3: 0.5% of rice husk, 4: 2% of rice husk biochar, 5: 1% of rice husk biochar, 6: 0.5 percent of rice husk biochar, 7: 300 g of cow manure, 8: 150 g of cow manure, 9: Maximum chemical fertilizer and 10: Minimum chemical fertilizer.

بحث

نتایج پژوهش پیش‌رو برای نهال‌های ون نشان داد که بیشینه ویژگی‌های قطر یقه (۶/۱ میلی‌متر)، ارتفاع (۳۸/۰۸ سانتی‌متر) و طول ساقه (۳۹/۱۶ سانتی‌متر) متعلق به تیمار کود گاوی ۱۵۰ گرم بودند. در راستای این نتایج، Tabari و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که تأمین رطوبت و عناصر تغذیه‌ای خاک اطراف ریشه سبب افزایش زنده‌مانی و رشد نهال‌های زربین (*Cupressus sempervirens* L.) می‌شوند. براساس نتایج Solla-Gullón و همکاران (۲۰۰۸) نیز بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک به افزایش رویش قطری و ارتفاعی نهال‌های کاج (*Pinus radiata* D.Don) منجر شد. Kärkönen و همکاران (۲۰۰۲) نیز

گزارش کردند که مصرف کود دامی با بهبود قابلیت نگهداری آب در خاک سبب افزایش ارتفاع نهال‌های نوئل (*Picea abies* (L.) H. Karst.) شد. کودهای دامی، اثرات زیادی بر رشد محصول دارند. به‌طوری‌که با بهبود شرایط محیطی و تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، سرعت رشد نسبی و عملکرد گیاه را به‌طور مثبتی تحت تأثیر قرار می‌دهند (Fallah *et al.*, 2020).

نتایج مقایسه میانگین‌ها در پژوهش پیش‌رو نشان داد که بیشترین وزن خشک برگ‌های ون در تیمارهای کود گاوی ۳۰۰ و ۱۵۰ گرم به‌ترتیب با مقدار ۳/۰۹ و ۲/۹۵ گرم و برای شیردار در تیمار کود گاوی ۳۰۰ گرم با مقدار ۳/۱۴ گرم مشاهده شد. همچنین، برای نهال‌های شیردار، بیشترین میانگین سطح برگ (۲۴/۵۸ سانتی‌متر مربع) در تیمار کود گاوی ۱۵۰ گرم مشاهده شد. شاخص سطح برگ، نقش مهمی در جذب تابش، رشد محصول و عملکرد گیاه دارد. استفاده از کودهای دامی که حاوی مقدار زیاد نیتروژن هستند، سبب افزایش سطح برگ در گیاه می‌شوند (Berdjour *et al.*, 2020). پوسته برنج حاوی مقدار زیادی نیتروژن است که نیاز به معدنی شدن دارد. کود گاوی نیز حاوی نیتروژن قابل‌دسترس (اوره) برای گیاه است، بنابراین نیتروژن کود گاوی سریع‌تر در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و سبب افزایش رشد نهال می‌شود. این نتایج نشان می‌دهد که نیتروژن کافی برای رشدونمو گیاه ضروری است. استفاده از کودهای آلی سبب افزایش در مواد آلی خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی و ظرفیت نگهداری آب و نیز بهبود دسترسی به مواد مغذی پرمصرف و کم‌مصرف می‌شوند که درنهایت، زی‌توده گیاهی را افزایش می‌دهند (Dehghan Samani *et al.*, 2017). صرف‌نظر از نوع کود دامی، مصرف آن به‌دلیل افزایش نیتروژن و فسفر موجود در خاک، بهبود وزن خشک محصول تولیدی را به‌دنبال خواهد داشت (Gulshan *et al.*, 2013).

بیشینه ارتفاع (۹/۰۸ سانتی‌متر) و حجم ساقه (۵/۷۵ سانتی‌متر مکعب) در نهال‌های شیردار به‌ترتیب در خاک نهالستان و تیمار کود گاوی ۳۰۰ گرم مشاهده شد. Tabari و همکاران (۲۰۰۷) نیز بر افزایش رشد اندام‌های هوایی نهال‌ها در اولین فصل رشد با استفاده از مواد آلی اصلاح‌کننده خاک تأکید کردند. بیشترین حجم ریشه (۹/۰۸ سانتی‌متر مکعب)، سطح مقطع ریشه (۱۲۱/۹۴ سانتی‌متر) و طول ریشه‌های شیردار (۱۱۵ سانتی‌متر) در تیمار کود گاوی ۳۰۰ گرم مشاهده شد. بررسی واکنش نهال‌های افرا پلت (*Acer velutinum* Boiss.) به کودهای شیمیایی و دامی در دو نهالستان جنگلی در استان مازندران نشان داد که طول ریشه نهال‌ها در اثر کوددهی به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند (Rahmani *et al.*, 2007). رشد بیشتر ریشه نهال‌ها می‌تواند در استقرار بهتر آن‌ها پس از انتقال به عرصه مؤثر باشد. نتایج همبستگی متغیرهای ریخت‌شناسی اندازه‌گیری‌شده در پژوهش پیش‌رو نشان داد که به‌ترتیب، وزن خشک کل، حجم ریشه، وزن خشک ساقه، وزن خشک ریشه، حجم ساقه در نهال‌های ون و وزن خشک کل، وزن خشک ساقه، سطح مقطع ریشه، وزن خشک ریشه، حجم ریشه، حجم ساقه و طول ریشه برای نهال‌های شیردار، مهم‌ترین ویژگی‌های ریخت‌شناسی در تفکیک تیمارهای مورد مطالعه بودند. همبستگی خوب زی‌توده با عناصر تغذیه‌ای خاک نشان‌دهنده افزایش زی‌توده و شاخص کیفیت نهال‌های مورد مطالعه است. همسو با این نتایج، بررسی رویش نهال‌های نوئل تحت تأثیر تأمین مواد مغذی نیز حاکی از اثرات مثبت نیتروژن بر رشد آن‌ها بود (Kaakinen *et al.*, 2004). برای ارزیابی و درجه‌بندی نهال، ویژگی‌های مختلفی به‌کار می‌روند، اما اغلب از قطر یقه، ارتفاع، سطح برگ و تعداد ریشه‌های فرعی یک نهال برای ارزیابی کیفیت و درجه‌بندی آن استفاده می شوند (Moetekef Masooleh *et al.*, 2012). در واقع، افزودن کود به خاک در حد مطلوب و براساس نیاز فیزیولوژی و شرایط بوم‌شناختی هر گیاه، مانند عملکرد هورمون‌های گیاهی سبب تحریک گیاه در جذب عناصر غذایی و افزایش در فعالیت آنزیم‌ها، متابولیسم، غلظت قندها، پروتئین‌ها، اسیدهای آلی و عناصر معدنی بافت گیاه می شود که درنهایت، قوی شدن و بهبود رشد گیاه را به‌دنبال دارد (Zhao & Liu, 2009).

نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که کود حیوانی در مقایسه

با کودهای دیگر، کارایی بهتری در افزایش رشد نهال‌ها داشت. به‌طورکلی، افزودن کودهای آلی به خاک ضمن بهبود ویژگی های رویشی نهال‌ها، کیفیت شیمیایی خاک را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند و سبب افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در خاک می‌شوند. این کودها در طولانی‌مدت نیز با آزادسازی عناصر غذایی در رفع نیازهای تغذیه‌ای گیاه مؤثر هستند. به‌عبارت‌دیگر، کود موجود در خاک به‌عنوان منبع بازگشت مواد مغذی به خاک عمل می‌کند. به‌طوری‌که این مواد پس از طی فرایندهای مختلف تجزیه می‌توانند سبب حاصلخیزتر شدن خاک و افزایش رشد رویشی و سلامت نهال‌ها شوند. اگرچه رشد علف‌های هرز به‌علت استفاده از کودهای دامی افزایش می‌یابند، اما مصرف این کودها برای تولید نهال‌های یک‌ساله در نهالستان به‌دلیل بی‌ضرر بودن نسبت به کود شیمیایی پیشنهاد می‌شود.

منابع مورد استفاده

- Amin Amlishi, M., 2019. The effect of fertilizer on vegetative traits of *Populus deltoides* Marsh. saplings and the rate of their resistance to pests and diseases in Kiashshahr nursery. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 26(4): 565-576 (In Persian with English summary).
- Berdjour, A., Dugje, I.Y., Nurudeen, A.R., Odoom, D.A., Kamara, A.Y., Ajala, S., 2020. Direct estimation of maize leaf area index as influenced by organic and inorganic fertilizer rates in guinea savanna. Journal of Agricultural Science, 12(6): 66-75.
- Böhm, W., 1979. Methods of Studying Root Systems. Springer, Berlin, Heidelberg, 199p.
- Bradshaw, J.D., Rice, M.E., Hill, J.H., 2007. Digital analysis of leaf surface area: effects of shape, resolution, and size. Journal of the Kansas Entomological Society, 80(4): 339-347.
- Bu, X.L., Su, J., Xue, J.H., Wu, Y.B., Zhao, C.X., Wang, L.M., 2019. Effect of rice husk biochar addition on nutrient leaching and microbial properties of calcaric cambisols. Journal of Soil and Water Conservation, 74(2): 172-179.
- Chang, S.X., Robison, D.J., 2003. Nondestructive and rapid estimation of hardwood foliar nitrogen status using the SPAD-502 chlorophyll meter. Forest Ecology and Management, 181(3): 331-338.
- Chang, Y., Rossi, L., Zotarelli, L., Gao, B., Shahid, M.A., Sarkhosh, A., 2021. Biochar improves soil physical characteristics and strengthens root architecture in Muscadine grape (*Vitis rotundifolia* L.). Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 8(1): 7.
- Dehghan Samani, J., Ghasemi Pirbalouti, A. and Malekpoor, F., 2017. Effect of organic and chemical fertilizers on growth parameters and essential oil of Iranian basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Crop Nutrition Science, 3(1): 14-24.
- Fallah, S., Mouguee, S., Rostaei, M., Adavi, Z., Lorigooini, Z., Shahbazi, E., 2020. Productivity and essential oil quality of *Dracocephalum kotschyi* under organic and chemical fertilization conditions. Journal of Cleaner Production, 255: 120189.
- Ganji Moghadam, E., Zamanipour, M., 2013. Methods of improving tree crops quality (increasing of branching) in the orchards' nursery. Research Achievements for Field and Horticulture Crops, 1(2): 165-188 (In Persian with English summary).
- Ghasemi Aghbash, F. Berg. B. 2020. Comparsion of nutrient dynamics and decay rate of Christmas needles (Picea abies Karst) in the habitats of Strassan Sweden and Lajim Iran. Ecology of Iranian forests. 7(14): 101-110. (In Persian with English summary).
- Gheshlaghi, Z., Khorasani, R., Haghnia, G.H., Kafi, M., 2014. Effect of zinc and harvest times on decrease nitrate accumulation and nitrate reductase enzyme activity in lettuce and spinach grown hydroponically. Journal of Soil and Plant Interactions, 5(3): 113-124 (In Persian with English summary).
- Ghorbani, M., Amirahmadi, A., 2018. Effect of rice husk biochar on some physical characteristics of soil and corn growth in a loamy soil. Iranian Journal of Soil Research, 32(3): 305-318 (In Persian with English summary).
- Głąb, T., Palmowska, J., Zaleski, T., Gondek, K., 2016. Effect of biochar application on soil hydrological properties and physical quality of sandy soil. Geoderma, 281(?): 11-20.
- Gulshan, A.B., Saeed, H.M., Javid, S., Meryem, T., Atta, M.I., Amin-ud-Din, M., 2013. Effects of animal manure on the growth and development of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.). ARPN Journal of Agricultural and Biological Science, 8(3): 213-218.
- Kaakinen, S., Jolkkonen, A., Iivonen, S., Vapaavuori, E., 2004. Growth, allocation and tissue chemistry of *Picea abies* seedlings affected by nutrient supply during the second growing season. Tree Physiology, 24(6): 707-719.
- Kärkönen, A., Koutaniemi, S., Mustonen, M., Syrjänen, K., Brunow, G., Kilpeläinen, I., ... and Simola, L.K., 2002. Lignification related enzymes in *Picea abies* suspension cultures. Physiologia Plantarum, 114 (3):

343-353.
- Khodarahmi, Y., Hamid, Z., Soltani Mohammadi, A., 2020. Evaluation and comparison of the effect of modified biochar and hydrochar, zeolite and superabsorbent as a layer to reduce nitrate leaching in a loam soil. Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 4(14): 1322-1335 (In Persian with English summary).
- Mirzapour, V., Malakmohammadi, I., Hosseini, S., 2021. Structural model of waste management extension and education in agricultural development of Mazandaran Province. Agricultural Education Administration Research, 13(56): 9-32.
- Moetekef Masooleh, S., Rostami Shahraji, T., Bonyad, A.I., 2012. The grading of *Alnus glutinosa* and *Acer velutinum* seedlings in Shanderman and Safrabasteh forest nursery in Guilan province. Journal of Forest and Wood Products, 65(1): 97-106 (In Persian with English summary).
- Rahmani, A., Khoshnevis, M. and Nourshad, M., 2007. Effects of different fertilizers on growth of *Acer* seedlings in two nurseries at Caspian region of Iran. Pajouhesh and Sazandegi, 19(3): 143-149 (In Persian with English summary).
- Raja Sekar, K., Karmegan, N., 2010. Earthworm casts as an alternate carrier material for biofertilizers: Assessment of endurance and viability of *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium* and *Rhizobium leguminosarum*. Scientia Horticulturae, 124(2): 286-289.
- Safarzadeh Shirazi, S., Zibaei, Z., Ostovar, P., 2019. Effect of rice husk biochar on growth and micronutrients concentration of holy basil (*Ocimum sanctum* L.) under water stress. Journal of Plant Production, 26(2): 101-114 (In Persian with English summary).
- Solla-Gullón, F., Santalla, M., Pérez-Cruzado, C., Merino, A., Rodríguez-Soalleiro, R., 2008. Response of *Pinus radiata* seedlings to application of mixed wood-bark ash at planting in a temperate region: Nutrition and growth. Forest Ecology and Management, 255(11): 3873-3884.
- Tabari, M., Saeidi, H.R., Alavi-Panah, K., Basiri, R., Pourmadgidian, M.R., 2007. Growth and survival response of potted *Cupressus sempervirens* seedlings to different soils. Pakistan Journal of Biological Sciences, 10(8): 1309-1312.
- Zhao, C., Liu, Q., 2009. Growth and photosynthetic responses of two coniferous species to experimental warming and nitrogen fertilization. Canadian Journal of Forest Research, 39(1): 1-11.

Effect of different soil amendments on morphological and physiological traits of one-year-old seedlings of ash (*Fraxinus excelsior* L.) and coliseum maple (*Acer cappadocicum* Gled.)

S. Rahimnejad [1], S.M. Hojjati [2*], H. Asadi [3], H. Jalilvand [4] and M. Mahmoudi [5]

1- Ph.D. Student of Forest Sciences and Engineering, Natural Resources Faculty, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
2*- Corresponding author, Prof., Department of Forest Sciences and Engineering, Natural Resources Faculty, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. Email: s_m_hodjati@yahoo.com
3- Assistant Prof., Department of Forest Sciences and Engineering, Natural Resources Faculty, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
4- Prof., Department of Forest Sciences and Engineering, Natural Resources Faculty, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
5- Assistant Prof., Soil and Water Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran

Received: 15.05.2022 Accepted: 20.07.2022

Abstract

The aim of this study was to investigate the effects of rice husk, rice husk biochar, cow manure and chemical fertilizers on the morphological and physiological characteristics of coliseum maple (*Acer cappadocicum* Gled.) and ash (*Fraxinus excelsior* L.) seedlings. A total of 60 pots were considered for nine modifying treatments and nursery soil with three replications in a completely randomized design in Lajim nursery located in Savadkuh county, north of Iran. Results showed that different treatments had significant effects on some morphological characteristics of ash. The highest diameter, height, stem length of this species were observed in 150 g of cow manure treatment and the highest dry leaf weight was observed in 300 g of cow manure treatment. Different treatments had significant effects on the height of first stage, leaf area, volume, cross section and length of roots, leaf dry weight and stem volume of coliseum maple seedlings. The highest height in first stage of this species was observed in the control and the highest root volume was observed in the treatments of 300 and 150 g of cow manure and 2% of rice husk treatments. The highest root cross section, root length, leaf dry weight and stem volume of coliseum maple seedlings were observed in 300 g of cow manure treatment and the highest mean leaf area was observed in 150 g of cow manure treatment. In addition, no significant difference was observed in chlorophyll content and photosynthesis of different treatments. In general, the obtained results show that the use of cow manure compared to chemical fertilizers and biochar has a better function in increasing the growth of *Fraxinus excelsior* and *Acer cappadocicum* seedlings during a period of plant growth in the nursery.

Keywords: Biochar, cow manure, Lajim nursery, leaf chlorophyll.