

Effect of artificial shading on seed germination, survival, and growth and of one-year-old seedlings of *Paulownia fortunei*

Hajar Sheikh¹ | Alireza Ali-Arab^{*2} | Seyed Ehsan Sadati³

1. M.Sc. Graduate, Dept. of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: hajar.sheikh@yahoo.com
2. Corresponding Author, Assistant Prof., Dept. of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: aliarab@gau.ac.ir
3. Research Associate Prof., Center of Agricultural and Natural Resources Research of Mazandaran, Sari, Iran. E-mail: sadati10@yahoo.com

Article Info

Article type:

Full Length Research Paper

Article history:

Received: 08.25.2021

Revised: 06.09.2022

Accepted: 06.19.2022

Keywords:

Germination,
Paulownia fortunei,
Seedling production,
Shade house

ABSTRACT

Background and Objectives: *Paulownia fortunei* is an industrial and multipurpose introduced species that production and planting of its seedlings in Northern Iran is taken into consideration in recent years. Knowing the factors affecting the germination and early growth of this species can provide the possibility of improving the quality of seedlings produced in forest nurseries and thus increases the chances of success of wood farming practices of this species. Therefore, study on the response of this species to different light treatments is important. In the present study, two independent experiments were performed to investigate the effects of artificial shading on the function of this species in the germination and seedling stages.

Materials and Methods: Thanks to the inherent differences in plant needs and responses in the stages of germination and early growth, in this study, two independent experiments were designed and performed to achieve the research objectives. Aimed to investigate the effects of artificial shading treatments on the performance of this plant, two independent experiments were conducted during the germination and seedling stages. In the first experiment, using a completely randomized design, seed germination features were studied under three shading (25%, 50%, and 75%) and one control (without shade) treatment in the laboratory (Temperature of 25 °C and 70% relative humidity in a Germinator) conditions. In this experiment, seed germination was recorded for 3 weeks and at the end of the period, the growth traits of the sprouted seedlings were examined. Based on the information obtained, seed germination traits including germination speed (GS), germination energy (GE), peak value (PV), mean daily germination (MDG), and germination value (GV) as well as seed vigor index (VI) and length of shoot and root of sprouted seedlings were measured. In the second experiment, the growth and survival of 44 potted *Paulownia fortunei* seedlings under four treatments (including control, 25%, 50%, and 75% shading) were studied in the first growing season for 5 months, from the beginning of July to the end of November. At the end of the growing season, all seedlings were taken out of the pot, and the length, diameter, and dry weight of stem, leaf area and length, and dry weight of main and secondary roots were measured after separating the shoot and root. One-way analysis of variance and Duncan's test were used for statistical comparison of treatments at a 5% probability level.

Results: The results showed that GP, GS, MDG, and VI did not affect by shading treatments, However, the negative effects of shading treatments, especially in 50% and 75% shading levels on GV and PV were significant. Artificial shading did not affect first-year seedling survival so all seedlings survived under all treatments. Also, the results showed that under 50% and 75% shading treatments, stem length, stem diameter, stem dry weight, number, and area of leaves were significantly higher than in control and 25% treatments. Additionally, under 50% shading treatment, secondary root dry weight and total dry weight of seedlings were significantly upper than other treatments.

Conclusion: Seed germination and first-year survival of *P. fortunei* did not so sensitive to light intensity, but controlling light intensity using artificial shading improves seedling quality traits of this species. Hence, the use of 50% shading treatments can be proposed in nurseries of this species after the initial stages of germination and seedling establishment.

Cite this article: Sheikh, Hajar, Ali-Arab, Alireza, Sadati, Seyed Ehsan. 2022. Effect of artificial shading on seed germination, survival, and growth and of one-year-old seedlings of *Paulownia fortunei*. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 29 (1), 107-122.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/JWFST.2022.19076.1940

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تأثیر سایبان مصنوعی بر جوانه‌زنی بذر، رشد و زنده‌مانی نهال‌های یک‌ساله *Paulownia fortunei*

هاجر شیخ^۱ | علیرضا علی‌عرب^{۲*} | سید احسان ساداتی^۳

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه جنگلشناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: hajar.sheikh@yahoo.com
۲. نویسنده مسئول، استادیار گروه جنگلشناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران. رایانامه: aliarab@gu.ac.ir
۳. دانشیار پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، ساری، ایران. رایانامه: sadati10@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: پالونیا فورتونی از درختان تند رشد صنعتی و چندمنظوره وارداتی است که با توجه به صفات رویشی و تولیدی مناسب، زراعت چوب، کشت تلفیقی و تولید نهال آن در شمال ایران، به‌ویژه در استان گلستان مورد توجه قرار گرفته است. شناخت عوامل مؤثر بر جوانه‌زنی و رشد اولیه این گونه امکان بالا بردن کیفیت نهال‌های تولیدشده در نهالستان‌های جنگلی را فراهم نموده و بدین ترتیب شانس موفقیت عملیات زراعت چوب این گونه را افزایش می‌دهد؛ بنابراین، به‌لحاظ اهمیت مطالعه عکس‌العمل پالونیا فورتونی در برابر تیمارهای مختلف کنترل شدت نور پژوهش حاضر سعی دارد نحوه اثرگذاری سایبان مصنوعی بر عملکرد این گیاه در مراحل جوانه‌زنی و نهالی را مورد بررسی قرار دهد.
واژه‌های کلیدی: پالونیا فورتونی، تولید نهال، جوانه‌زنی، سایبان	مواد و روش‌ها: با توجه به تفاوت‌های ذاتی نیازها و پاسخ‌های گیاه در مراحل جوانه‌زنی و رشد اولیه، در این مطالعه جهت دستیابی به اهداف پژوهش دو آزمایش مستقل طراحی و اجرا گردید. در آزمایش اول با استفاده از طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار، صفات جوانه‌زنی بذر تحت تأثیر ۳ تیمار سایه (۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد) و یک تیمار شاهد (بدون سایه) در شرایط آزمایشگاه (ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰ درصد) بررسی شد. در این آزمایش به مدت ۳ هفته جوانه‌زنی بذور ثبت و در انتهای دوره صفات رویشی نونهال‌های سبز شده مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس اطلاعات حاصل صفات جوانه‌زنی بذر شامل قوه نامیه، سرعت، انرژی، نقطه اوج، میانگین روزانه و ارزش جوانه‌زنی و هم‌چنین شاخص بنبه بذر و طول ساقه‌چه و ریشه‌چه نونهال‌ها اندازه‌گیری شد. در آزمایش دوم رشد و زنده‌مانی نهال‌های پالونیا فورتونی با استفاده از ۴ تیمار سایبان مصنوعی (شامل سایبان‌های صفر (شاهد)، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد) صفات رویشی و زنده‌مانی ۴۴ نهال‌گلدانی این گونه به مدت ۵ ماه، از ابتدای تیر

تا انتهای آبان، مورد بررسی قرار گرفت. در انتهای فصل رویش تمامی نهال‌ها از گلدان خارج و پس از جداسازی اندام هوایی و ریشه طول، قطر و وزن خشک ساقه، سطح برگ و هم‌چنین طول، وزن خشک ریشه‌های اصلی و فرعی اندازه‌گیری گردید و در نهایت همه داده‌ها با استفاده از روش تجزیه واریانس یک‌طرفه و آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مورد مقایسه آماری قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد قوه نامیه، سرعت و میانگین روزانه جوانه‌زنی و هم‌چنین شاخص بینه بذر تحت تأثیر تیمارهای سایبان قرار نگرفت، اما این عامل، به‌ویژه در سطوح سایبان ۵۰ و ۷۵ درصد، اثرات منفی معنی‌داری بر شاخص‌های ارزش و نقطه اوج جوانه‌زنی بذر داشته است. سایبان مصنوعی اثر معنی‌داری بر زنده‌مانی سال اول نهال‌ها نداشت و تمامی نهال‌ها در تیمارهای مختلف زنده‌مانی کامل داشتند. هم‌چنین نتایج نشان داد تحت سایبان ۵۰ و ۷۵ درصد، طول، قطر ساقه و وزن خشک ساقه در مقایسه با تیمار شاهد و سایبان ۲۵٪ بالاتر بود و تحت سایبان ۵۰ درصد وزن خشک ریشه فرعی و وزن خشک کل نهال‌ها، سطح و تعداد برگ نهال‌ها به‌طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بود.

نتیجه‌گیری: جوانه‌زنی بذر و زنده‌مانی سال اول نهال‌های پالونیا فورتنی نسبت به تغییرات شدت نور چندان حساس نیست، اما کنترل شدت نور با استفاده از سایبان مصنوعی، ویژگی‌های کیفی نهال‌های این گونه را بهبود می‌بخشد. طوری که استفاده از تیمار سایبان ۵۰ درصد پس از مراحل اولیه جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاهچه در نهالستان قابل توصیه است.

استناد: شیخ، هاجر، علی‌عرب، علیرضا، ساداتی، سید احسان (۱۴۰۱). تأثیر سایبان مصنوعی بر جوانه‌زنی بذر، رشد و زنده‌مانی نهال‌های یک‌ساله *Paulownia fortunei*. نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۹ (۱)، ۱۰۷-۱۲۲.

DOI: 10.22069/JWFST.2022.19076.1940



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

زراعت چوب و جنگل‌کاری با گونه‌های تندرشد صنعتی، از جمله پالونیا، یکی از مهم‌ترین اقدامات لازم در کشور به‌شمار می‌رود که حمایت و توسعه آن می‌تواند علاوه بر رونق بخشیدن به صنایع چوب و کاغذ کشور، موجب کاهش فشار وارده بر جنگل‌های طبیعی و هم‌چنین افزایش پایداری اکولوژیک، اقتصادی و اجتماعی منطقه شود؛ بنابراین، مطالعه عوامل تعیین‌کننده استقرار و رویش گونه‌های تندرشد چوب‌ده از اهمیت بالایی برخوردار است. یکی از مهم‌ترین عواملی که رشد و عملکرد جنگل‌کاری را تحت تأثیر قرار می‌دهد، کیفیت نهال است که خود در اثر تغییراتی که در اثر تغییرات عوامل محیطی (نور، رطوبت، دما، عناصر مغذی و تراکم کاشت) و عوامل درونی و فیزیولوژیک گیاه (از جمله مواد قندی، هورمون‌های مختلف و مقاومت در برابر تنش‌ها) در نهالستان‌های جنگلی بوجود می‌آید، تغییرات زیادی را از خود نشان می‌دهد (۱۰ و ۱۱). نور، یکی از عوامل محیطی مهم در کیفیت نهال درختان جنگلی محسوب می‌شود که با تنظیم شدت آن در نهالستان‌ها و عرصه‌های جنگلی، کیفیت نهال‌های تولیدشده تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۷).

پالونیا فورتونی (*Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl) یکی از گونه‌های تندرشد غیربومی صنعتی و چندمنظوره است که در سال‌های اخیر تولید نهال در نهالستان‌های جنگلی شمال ایران، به‌ویژه استان گلستان، مورد توجه قرار گرفته است؛ بنابراین شناخت عکس‌العمل آن در برابر تیمارهای مختلف کنترل شدت نور در مراحل مختلف جوانه‌زنی و رشد دارای اهمیت می‌باشد. به‌طورکلی، تابش نور خورشید به گیاهان می‌تواند اشعه موردنیاز در فرآیند فتوسنتز، رشد و تولیدمثل گیاه را تأمین نماید، اما تابش مستقیم یا غیرمستقیم (نور پخش‌شده) آن اثرات متفاوتی را در

آن‌ها ایجاد می‌کند. این موضوع سبب شده است پژوهش‌گران مختلفی واکنش نهال گونه‌های مختلف جنگلی، از جمله گونه‌های تندرشد را در برابر سطوح مختلف شدت نور مورد بررسی قرار دهند که از آن جمله می‌توان به پژوهش‌های فیسهیون (۱۹۷۵) بر روی ۴ کلن (ارقام ۵۳۲۱، ۵۳۲۳، ۵۳۲۶ و ۵۳۲۸) از صنوبر هیبرید (*P. deltoidea* × *nigra*)، پژوهش چاودری (۲۰۰۱) بر روی اکالیپتوس (*E. camaldulensis*) در کشور هندوستان (فیصل‌آباد)، پژوهش لوگان (۱۹۶۵) بر روی ۲ گونه توس (*Betula papyrifera* و *B. alleghaniensis*) و ۲ گونه افرا (*Acer saccharum* و *A. saccharinum*) کشور کانادا (اونتاریو) و هم‌چنین پژوهش انجام‌شده در رساله دکتری لانگریک (۲۰۰۱) بر روی یک گونه از پالونیا (*Paulownia tomentosa*) در کشور آمریکا (اوهایو) اشاره کرد (۳، ۵، ۱۲ و ۱۳). نتایج این پژوهش‌ها نشان داده است، عکس‌العمل گونه‌های تندرشد و حتی کلن‌های متفاوت آن‌ها در برابر سایه و شدت‌های نور مختلف حاصل از سایبان مصنوعی با یکدیگر متفاوت است. در مورد نهال کلن‌های صنوبر، با افزایش شدت نور شاخص‌های رشد نهال‌ها افزایش داشت و البته تحمل کلن ۵۳۲۳ تحمل بیشتری نسبت به سایه از خود نشان داد (۵). در مطالعه چاودری (۲۰۰۱) مشخص گردید که نهال‌های اکالیپتوس برای رویش مناسب در نهالستان نیازی به سایبان ندارند، اما وجود سایبان سبک (۵۰٪) موجب افزایش زنده‌مانی نهال‌ها می‌شود (۳). در تحقیق لوگان (۱۹۶۵) نیز مشخص گردید وجود سایه تا سطح ۴۵ تا ۲۵٪ تأثیر معنی‌داری بر رشد نهال‌های توس و افرا نقره‌ای نداشته است، اما در سطوح سایه شدید (۲۵ تا ۱۳٪) رشد نهال‌ها به‌شدت کاهش یافت (۱۲). البته واکنش نوری نهال‌های افرا قندی (*Acer saccharum*) تا حدودی متفاوت بود.

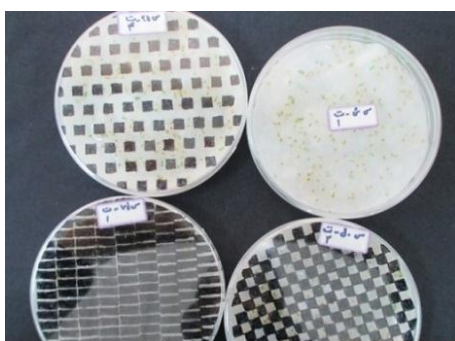
فرآیندهای جوانه‌زنی، رشد و زنده‌مانی نهال، اجرای پژوهش حاضر در قالب دو آزمایش مجزا برنامه‌ریزی گردید. طوری که در آزمایش اول مرحله جوانه‌زنی بذر و در آزمایش دوم مرحله رویشی نهال در سال اول کاشت در گلدان مورد بررسی قرار گرفت.

آزمایش اول: به‌منظور اجرای آزمایش اول ابتدا بذرهای پالونیا جمع‌آوری شده به مدت ۱۰ دقیقه در آب با درجه حرارت ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و پس از آن جهت آب‌نوشی کامل، به مدت ۲۴ ساعت در آب با درجه حرارت ۲۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس بذرها به کمک پتری‌دیش‌های ۱۰ سانتی‌متری درب‌دار با ۴ تکرار ۱۰۰ تایی بر روی بستری از دو لایه کاغذ صافی قرار داده شدند. برای ایجاد سایبان پتری‌دیش‌ها به نسبت‌های ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد به‌صورت شطرنجی با ماژیک مشکی رنگ‌آمیزی شد و برای تیمار شاهد پتری‌دیش‌ها بدون رنگ (نور کامل با شدت ۷۰۰۰ لوکس) بود (شکل ۲). پس از مرطوب‌سازی بسترهای کشت با آب مقطر، تمامی پتری‌دیش‌ها به مدت ۲۱ روز با استفاده از ژرمیناتور در شرایط مطلوب جوانه‌زنی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۷۰ درصد قرار داده شد. در طول اجرای پژوهش حاضر تمامی بذرها هر سه روز یک‌بار بررسی و در هر مرحله تعداد بذور جوانه‌زده ثبت شد و در انتهای آزمایش طول همه گیاهچه‌های حاصل اندازه‌گیری گردید. با استفاده از اطلاعات حاصل صفات جوانه‌زنی بذور، شامل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، انرژی جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، ارزش جوانه‌زنی، اوج جوانه‌زنی و میانگین روزانه جوانه‌زنی بر اساس روابط مندرج در جدول ۱ محاسبه شد (۱، ۱۴ و ۱۵). برای اندازه‌گیری طول ریشه‌چه و ساقه‌چه به‌طور تصادفی از هر تکرار ۲۰ گیاهچه انتخاب و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه آن‌ها با خط‌کش بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری و از آن‌ها میانگین گرفته شد.

طوری‌که رویش آن‌ها در سطوح سایه (۱۳ تا ۴۵٪) تفاوت معنی‌داری با نور کامل نداشت و از این نظر می‌توان استنباط نمود مقاومت این نهال‌ها در برابر سایه بیش‌تر است. این نتیجه نشان‌دهنده امکان به وجود آمدن واکنش‌های نوری متفاوت در گونه‌های مختلف یک جنس را نشان می‌دهد. نتایج پژوهش صورت گرفته بر روی اثر تیمارهای کنترل شدت نور بر یکی از گونه‌های جنس پالونیا (*P. tomentosa*) نیز نشان داده است که نهال‌های قرارگرفته در معرض سایه از رشد کندتر و وزن خشک‌ریشه پایین‌تر و هم‌چنین نسبت برگ و ساقه بالاتری برخوردار بودند. با توجه به این موضوع می‌توان چنین استنباط نمود که نهال‌های این گونه پس از استقرار در آشکوب تحتانی جنگل‌های متراکم، قادر به رقابت ریشه‌ای و نوری با گونه‌های بومی نخواهند بود و در تولید نهال آن‌ها نیازی به استفاده از سایبان مصنوعی احساس نمی‌شود. البته تاکنون پژوهش جامعی در زمینه واکنش نوری گونه‌های دیگر پالونیا انجام نشده است؛ بنابراین در پژوهش حاضر چگونگی عکس‌العمل جوانه‌زنی، رشد اولیه و زنده‌مانی نهال پالونیا فورتونی مورد بررسی و مطالعه قرار می‌گیرد. طوری‌که با استفاده از نتایج حاصل، سرشت نوری این گونه در مراحل آغازین زندگی مشخص گردیده و ملاحظات لازم جهت تولید نهال و کاشت آن مشخص گردد.

مواد و روش‌ها

جهت اجرای این آزمایش بذرهای پالونیا از جنگل شصت‌کلاته جمع‌آوری شد و تا زمان استفاده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در یخچال نگهداری شد. با توجه به تفاوت‌های زیادی که عکس‌العمل پالونیا در مرحله جوانه‌زنی بذر و مرحله رویش نهال در شرایط نهالستان وجود دارد و هم‌چنین به‌منظور دستیابی به نتایج دقیق‌تر در مورد اثرگذاری سایه و شدت نور بر



شکل ۱- نمونه‌هایی از پتری‌دیش‌های مورد استفاده در آزمایش اول برای تیمارهای شاهد، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد سایبان.

Figure 1. Illustrations of Petri dishes used in the first experiment for control, 25, 50, and 75% shading treatments.

جدول ۱- روابط به کار گرفته شده در محاسبه صفات جوانه‌زنی بذر پالونیا (۱۵).

Table 1. Equations used in calculating the germination traits of *Paulownia* seeds (15).

رابطه Equation	شماره NO	رابطه Equation	شماره NO
$GS = \sum(n_i/t_i)$	5	$GP = n/N * 100$	1
$SVI = GR * \text{Mean}(SL + RL) / 100$	6	$GE = Mcgr / (N * 100)$	2
$PV = \text{Max}(CG / DSS)$	7	$GV = PV * MDG$	3
		$MDG = FCG / T$	4

n, تعداد کل بذرهای جوانه‌زده در طی دوره، N، تعداد بذرهای کاشته شده، t_i ، تعداد روزهای پس از شروع آزمایش، n_i ، تعداد بذرهای جوانه‌زده در یک فاصله زمانی مشخص، Mcgr، ماکزیمم درصد تجمعی بذرهای جوانه‌زده، SL، طول ساقچه‌چه، RL، طول ریشه‌چه، GP، درصد جوانه‌زنی، GS، سرعت جوانه‌زنی، GE، انرژی جوانه‌زنی، SVI، شاخص بنیه بذر، GV، ارزش جوانه‌زنی، PV، اوج جوانه‌زنی، MDG، میانگین روزانه جوانه‌زنی، CG، تعداد تجمعی بذرهای جوانه‌زده، FCG، تعداد تجمعی نهایی بذرهای جوانه‌زده، T، زمان کل آزمون بر حسب روز است

n, N, Mcgr, SL, RL, GP, GS, GE, SVI, GV, PV, MDG, CG, FCG, and T respectively refers to the number of germinated seeds in the test period, the total number of planted seeds, Maximum cumulative percent of germinated seeds, shoot length, root length, germination percent, germination speed, germination energy, seed vigor index, germination value, peak value, mean daily germination, the cumulative number of germinated seeds, the final cumulative number of germinated seeds, total time of the test in days

چوبی به تعداد ۸ عدد و به ارتفاع ۱۵۰ سانتی‌متر و ۷۵ سانتی‌متر و نوارهای پلاستیکی مشکی ضخیم به عرض ۵ سانتی‌متر استفاده شد. نوارهای پلاستیکی برای هر تیمار با فاصله مناسب به پایه‌های چوبی منگنه شد. در سایبان ۲۵ درصد نوارها با فاصله ۷/۵ سانتی‌متر، در سایبان ۵۰ درصد با فاصله ۵ سانتی‌متر و در سایبان ۷۵ درصد با فاصله ۲/۵ سانتی‌متر از هم منگنه شد (شکل ۲). به منظور بررسی محیط نوری تحت سایبان‌ها و بررسی ارتباط صفات رویشی

آزمایش دوم: به منظور بررسی اثر سایبان مصنوعی بر رشد و زنده‌مانی نهال‌های پالونیا فورتونی در فصل رویش اول، تعداد ۴۴ اصله نهال گلدانی در ۴ کرت به ابعاد ۷۰*۱۵۰ سانتی‌متر برای تیمارهای سایبان با نسبت شاهد، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد در نظر گرفته شد. در هر کرت تعداد ۱۱ نهال گلدانی قرار گرفت و هر نهال به عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد. پس از رشد اولیه نهال‌ها در ابتدای تابستان (اول تیر) سایبان‌ها نصب شد. برای استقرار سایبان از پایه‌های

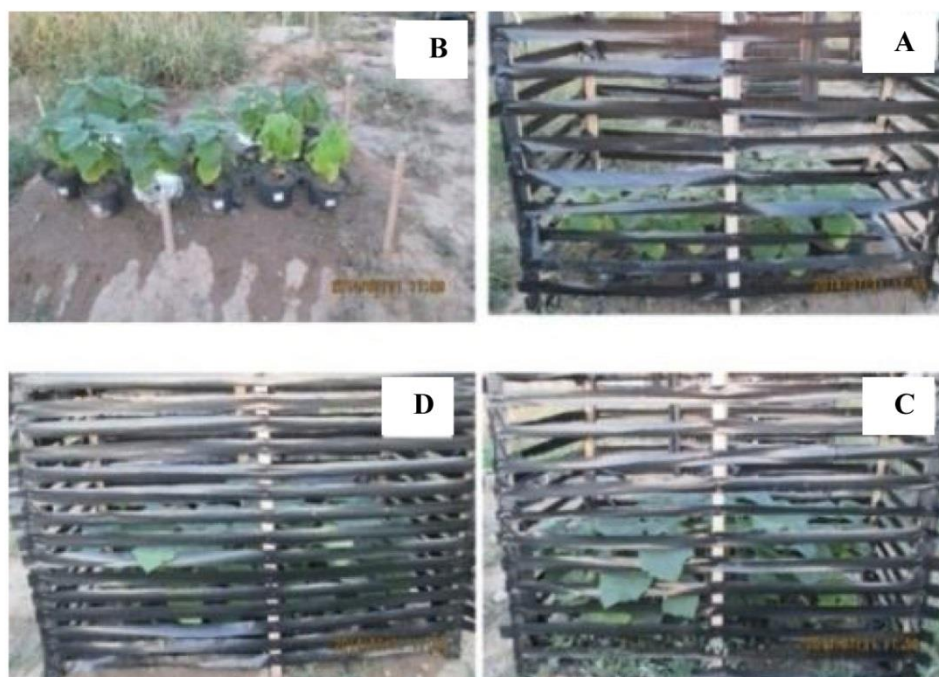
میزان زنده‌مانی و صفات رویشی نهال‌ها اندازه‌گیری و ثبت گردید. جهت بررسی وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه، تمامی نهال‌ها از گلدان خارج شدند و پس از شستشوی ریشه، ساقه و ریشه از محل یقه جدا و پس از اندازه‌گیری طول ساقه و ریشه‌های اصلی و فرعی (منشعب از ریشه اصلی) به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین گردیدند.

نهال‌ها و شدت نور، اندازه‌گیری نور هر ۱۰ روز یکبار به صورت مستقیم و با استفاده از فتومتر دیجیتال در ارتفاع تاج نهال‌ها انجام گردید و با تقسیم نمودن میانگین شدت نور ثبت‌شده در هر سایبان بر شدت نور ثبت‌شده در تیمار شاهد، شدت نور نسبی تیمارها مشخص گردید (جدول ۲). در طول فصل رویش اول تمامی نهال‌ها به صورت یکسان تحت تیمارهای مراقبتی قرار گرفتند. در انتهای فصل رویش

جدول ۲- مقادیر شدت نور ثبت‌شده در تیمارهای مختلف سایبان مورداستفاده در آزمایش دوم.

Table 2. Recorded light intensity values under different shade house treatments in the second experiment.

تیمار سایبان (Shade house treatment)				
75%	50%	25%	Control	
5473.0	7330.5	9009.6	40925.0	میانگین شدت نور (lux) Mean light intensity
1347.3	1796.4	2245.5	2395.2	اشتباه معیار (lux) Light intensity Standard error
13.4%	17.9%	22.0%	100.0%	شدت نور نسبی (%) Relative light intensity



شکل ۲- نمایی از تیمارهای سایبان مورداستفاده در آزمایش دوم:

شکل‌های الف، ب، ج و د به ترتیب سایبان‌های ۲۵٪، ۵۰٪ و ۷۵٪ را نشان می‌دهند.

Figure 2. View of shading treatments used in the second experiment: Figures A, B, C, and D show 25%, control, 50%, and 75% canopies, respectively.

توانی استفاده شد. هم‌چنین لازم به ذکر است که برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS ۱۹ و برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج

صفات جوانه‌زنی بذر: نتایج نشان داد که اثر تیمار سایبان بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، انرژی جوانه‌زنی، میانگین روزانه جوانه‌زنی و دوره جوانه‌زنی در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار نبوده است، اما این تأثیر بر ارزش جوانه‌زنی در سطح اعتماد ۹۵ درصد و بر اوج جوانه‌زنی در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۳).

تجزیه و تحلیل داده‌ها: تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس آزمون آنالیز واریانس یک‌متغیره انجام شد و معنی‌دار بودن اثر سایبان با استفاده از آزمون F در سطح احتمال خطای ۵ درصد بررسی شد. در مواردی که اثر سایبان مصنوعی معنی‌دار معرفی گردید، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت. همگن بودن واریانس مشاهدات در تیمارهای مختلف با استفاده از آزمون Levene و نرمال بودن خطای مدل‌های تجزیه واریانس با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk مورد بررسی قرار گرفت. در موارد رد شدن فرض نرمال بودن توزیع باقی‌مانده‌های مدل در این آزمون‌ها، از روش‌های تبدیل لگاریتمی، زاویه‌ای (آرک‌سینوس ریشه دوم) و

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در تیمار سایبان برای گونه پالونیا فورتنی در مرحله جوانه‌زنی.

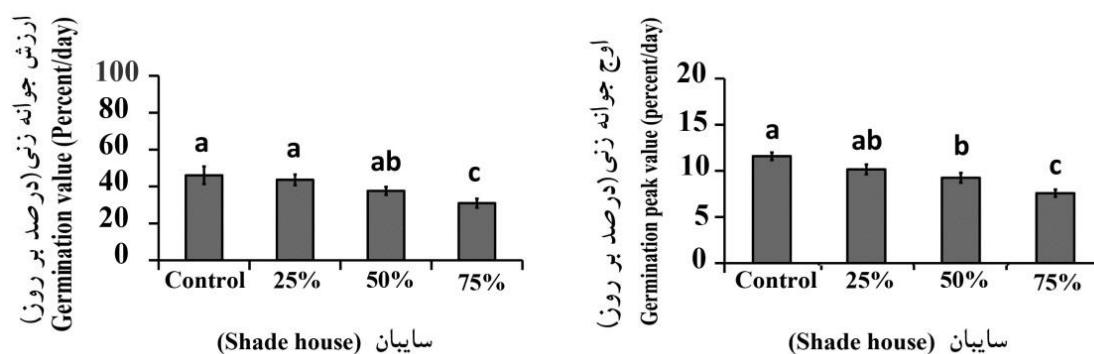
Table 3. ANOVA table of investigated traits of *paulownia fortunei* under shading treatments in the germination stage.

دوره جوانه‌زنی G. period	میانگین روزانه Daily mean	اوج جوانه‌زنی G. peak value	ارزش جوانه‌زنی G. value	انرژی جوانه‌زنی G. energy	سرعت جوانه‌زنی G. speed	قوه نامیه Germination percent	منبع تغییرات Source of variations
5.06 ^{ns}	0.07 ^{ns}	11.2 ^{**}	182.2 [*]	67.5 ^{ns}	2.2 ^{ns}	34.0 ^{ns}	سایبان Shading
1.6	0.1	0.8	41.7	80.08	0.9	52.5	اشتباه آزمایشی Error

* و ** نشان‌دهنده اثر معنی‌دار، به ترتیب در سطوح ۵ و ۱ درصد و ^{ns} نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است
* and ** respectively show significance at 5% and 1% probability levels and ^{ns} shows insignificance at 5% probability level

تیمارهای ۲۵ و ۵۰ درصد با ۱/۴۱ و ۲/۳۳ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. ارزش جوانه‌زنی در تیمار شاهد (۴۶/۱ درصد بر روز) بیش‌ترین مقدار و در سایه ۲۵ درصد با ۲/۴۹ درصد کاهش تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت و در تیمار ۷۵ درصد با ۱۵/۱۳ درصد کاهش نسبت به شاهد کم‌ترین مقدار را داشت (شکل ۳).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد تیمار سایبان اثرات معنی‌داری بر نقطه اوج جوانه‌زنی و هم‌چنین بر ارزش جوانه‌زنی داشت طوری که با افزایش درصد سایبان نقطه اوج و ارزش جوانه‌زنی بذر کاهش یافت. طوری که اوج جوانه‌زنی در تیمار شاهد بیش‌ترین مقدار (۱۱/۵ درصد بر روز) و در سایه ۷۵ درصد کم‌ترین مقدار (۷/۵ درصد بر روز) را داشت و در



شکل ۳- اثر سایبان بر صفات جوانه‌زنی بذر پالونیا فورتونی در آزمایش اول. حروف لاتین مشابه، نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Figure 3. Effects of shading treatments on seed germination of paulownia fortunei in the first experiment (Mean± Standard error). Similar small letters, show insignificant difference between traits at 5% probability level.

و در تیمار ۷۵ درصد بیش‌ترین مقدار (۰/۹ سانتی‌متر) را داشت و در تیمارهای ۲۵ و ۵۰ درصد با ۰/۱۸ و ۰/۱۴ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. البته با افزایش درصد سایبان طول ریشه‌چه و گیاهچه کاهش یافت. طول ریشه در تیمار شاهد بیش‌ترین مقدار (۲/۴ سانتی‌متر) و در تیمار ۷۵ درصد کم‌ترین مقدار (۱/۴ سانتی‌متر) را داشت.

بنیه بذر و رشد اولیه نونهال‌ها: نتایج نشان داد که تیمار سایبان بر طول ساقه‌چه و ریشه‌چه نونهال‌ها در سطح اعتماد ۹۹ درصد اثر معنی‌دار داشته و اما بر شاخص بنیه بذر در سطح اعتماد ۹۵ درصد اثر معنی‌دار نداشت (جدول ۴). همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد افزایش سایه باعث افزایش معنی‌داری در رشد طولی ساقه گردید (شکل ۴). طول ساقه در تیمار شاهد کم‌ترین مقدار (۰/۶۴ سانتی‌متر)

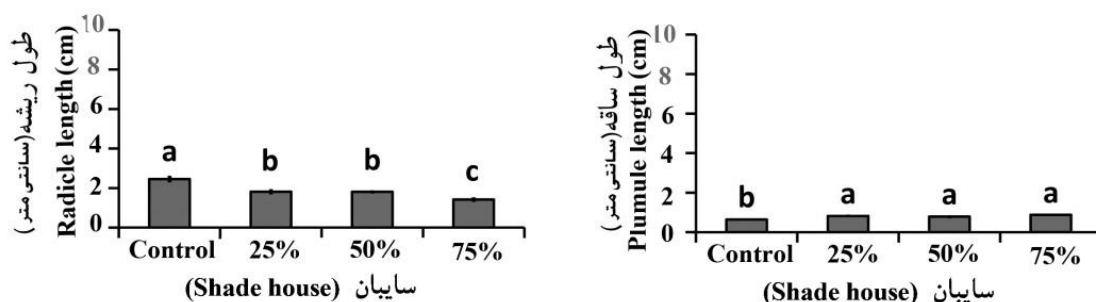
جدول ۴- مقادیر میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس بنیه بذر و صفات گیاهچه پالونیا فورتونی تحت تیمارهای مختلف سایبان.

Table 4. ANOVA Mean squares values of seed vigor index, and length of radicle, plumule and newly germinated seedlings of *Paulownia fortunei* under shading treatments.

طول ریشه‌چه Radicle length	طول ساقه‌چه Plumule length	شاخص بنیه بذر Seed vigor index	منبع تغییرات Source of variations
0.50**	0.03**	19.7 ^{ns}	سایبان Shading
0.01	0.002	7.8	اشتباه آزمایشی Error

** معرف اثر معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد بوده و ^{ns} عدم وجود اثر معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد را نشان می‌دهد

** Show significance at 1% and ^{ns} shows insignificance at a 5% probability level



شکل ۴- اثر تیمار سایبان بر صفات جوانه‌زنی پالونیا فورتونی در آزمایش اول (میانگین \pm اشتباه معیار). حروف لاتین مشابه، نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Figure 4. Effects of shading treatments on seed germination of *paulownia fortunei* in the first experiment (Mean \pm Standard error). Similar small letters, show an insignificant difference between traits at a 5% probability level.

طولی ساقه، قطر ساقه، وزن خشک ساقه، ضریب قد کشیدگی، تعداد برگ و سطح برگ، اثر معنی‌داری داشته است (جدول ۵). نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات ظاهری اندام زمینی، نسبت ریشه به ساقه و وزن خشک کل نهال‌های پالونیا فورتونی نیز نشان داد در تیمارهای مختلف سایبان، به جز طول ریشه اصلی، سایر ویژگی‌ها به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سایبان مصنوعی قرار گرفته‌اند (جدول ۶).

صفات رویشی نهال‌های یک‌ساله: نتایج نشان داد سایبان مصنوعی در فصل رویش اول اثر معنی‌داری بر زنده‌مانی نهال‌های پالونیا نداشت، طوری که در تمامی تیمارها، نهال‌ها از زنده‌مانی کامل (۱۰۰ درصد) برخوردار بودند و با توجه به تشابه مقادیر زنده‌مانی در تمامی تیمارها امکان آنالیز آماری فراهم نشد. علاوه‌براین، نتایج نشان داد که تیمار سایبان مصنوعی در سطح اعتماد ۹۹ درصد بر تمامی صفات ظاهری اندام هوایی نهال‌های پالونیا فورتونی، شامل رشد

جدول ۵- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات ظاهری اندام هوایی نهال‌های یک‌ساله پالونیا فورتونی تحت تیمارهای مختلف سایبان.

Table 5. ANOVA Mean squares values of shoots traits of *Paulownia fortunei* one year old seedlings under shading treatments.

منبع تغییرات Source of variations	طول ساقه Stem length	قطر ساقه Stem diameter	وزن خشک ساقه Dry weight	ضریب قد کشیدگی Slenderness coefficient	سطح برگ Leaf area
سایبان	3.8**	0.32**	0.80**	1710479.9**	0.44*
اشتباه آزمایشی Error	0.10	0.03	0.10	320247.8	0.06

** اثر معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد را نشان می‌دهد

* Show significance at 1%

جدول ۶- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات ظاهری ریشه نهال‌های یک‌ساله پالونیا فورتونی تحت تیمارهای مختلف سایبان.

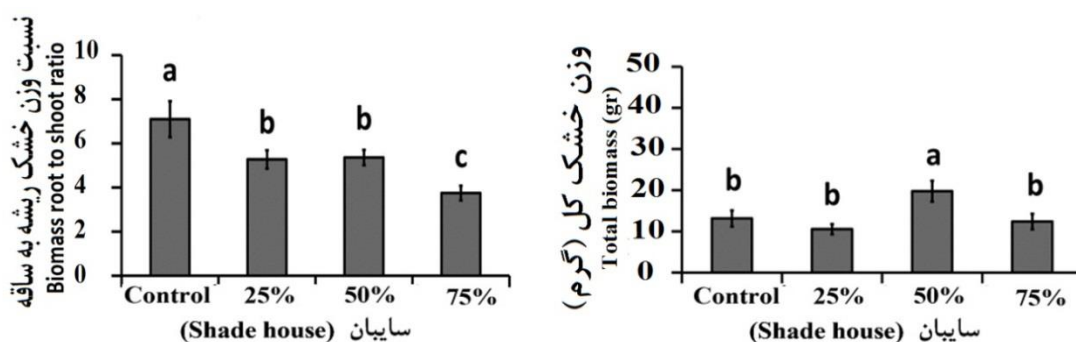
Table 6. ANOVA Mean squares values of root traits of *Paulownia fortunei* one year old seedlings under shading treatments.

وزن خشک کل نهال Total seedling dry weight	نسبت ریشه به ساقه Root/Shoot ratio	وزن خشک ریشه فرعی Secondary root dry weight	وزن خشک کل ریشه Total root dry weight	طول ریشه اصلی Main root length	منبع تغییرات Source of variations
166.3*	21.0**	110.3**	150.2**	64.0 ^{ns}	سایبان
40.0	3.0	19.0	30.0	152.1	اشتباه آزمایشی Error

* و ** نشان‌دهنده اثر معنی‌دار، به ترتیب در سطوح ۵ و ۱ درصد و ^{ns} نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است
* and ** respectively show significance at 5% and 1% probability levels and ^{ns} shows insignificance at 5% probability level

یافت و در تیمار سایبان ۵۰٪ سطح و تعداد برگ بالاترین برخوردار بودند (شکل ۵). مقایسه میانگین‌ها هم‌چنین نشان داد در تیمار سایبان ۵۰٪، میانگین وزن خشک ریشه فرعی و وزن خشک کل نهال‌ها به‌طور معنی‌داری بالاتر از نهال‌های شاهد و سایر تیمارهای سایبان بود، اما نسبت وزن خشک ریشه به ساقه نهال‌ها با افزایش درصد سایه و کاهش شدت نور به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. طوری‌که بالاترین مقدار این نسبت در تیمار شاهد (بدون سایبان) و کم‌ترین آن در تیمار سایبان ۷۵ درصد محاسبه گردید (شکل ۵).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد تحت سایبان‌های ۵۰ و ۷۵ درصد، نهال‌های پالونیا فورتونی از طول، قطر ساقه و وزن خشک بالاتری در مقایسه با تیمار شاهد و سایبان ۲۵٪ برخوردار بودند (شکل ۵). البته ضریب قدکشیدگی نهال‌ها تحت سایبان به‌طور معنی‌داری بالاتر از تیمار شاهد بود، اما از این نظر اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف سایبان وجود نداشت. علاوه‌براین، مقایسه میانگین‌ها نشان داد سطح و تعداد برگ نهال‌های پالونیا فورتونی تحت سایبان به‌طور معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد افزایش



شکل ۵- اثر تیمار سایبان بر نسبت وزن خشک ریشه به ساقه و وزن خشک کل نهال‌های پالونیا فورتونی در انتهای فصل رویش اول (میانگین ± اشتباه معیار). حروف لاتین مشابه، نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Figure 5. Effects of shading treatments on biomass root to shoot ratio of *paulownia fortunei* seedlings at the end of the first growing season (Mean ± Standard error). Similar small letters, show an insignificant difference between traits at a 5% probability level.

جدول ۷- صفات ظاهری اندام هوایی و ریشه نهال‌های یک‌ساله پالونیا فورتونی تحت تیمارهای سایبان مصنوعی. حروف لاتین مشابه، نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Table 7. Morphological shoots and root traits of *Paulownia fortunei* one-year-old seedlings under shading treatments. Similar small letters, show an insignificant difference between traits at a 5% probability level.

سایبان (درصد) (Shading (percent))				
75%	50%	25%	شاهد (Control)	
8.0 ^a	8.2 ^a	6.4 ^b	6.8 ^b	قطر ساقه (میلی‌متر) Stem diameter (mm)
33.6 ^a	36.2 ^a	25.0 ^b	22.4 ^b	طول ساقه (سانتی‌متر) Stem length (cm)
2.58 ^a	3.55 ^a	1.64 ^b	1.58 ^b	وزن خشک ساقه (گرم) Stem biomass (gr)
42.03 ^a	42.34 ^a	39.84 ^a	33.59 ^b	ضریب قدکشیدگی Slenderness coefficient
156.45 ^{ab}	322.58 ^a	112.90 ^b	16.13 ^c	سطح برگ (سانتی‌متر مربع) Leaves area (cm ²)
46.33 ^a	40.0 ^a	43.33 ^a	42.0 ^a	طول ریشه اصلی (سانتی‌متر) Main root length (cm)
4.06 ^{ab}	5.80 ^a	3.06 ^b	4.32 ^{ab}	وزن خشک‌ریشه اصلی (گرم) Main root biomass (gr)
4.44 ^b	11.39 ^a	5.00 ^b	6.11 ^b	وزن خشک‌ریشه‌های فرعی (گرم) Secondary roots biomass (gr)

بحث

قرار نگرفته است، اظهارنظر دقیقی در زمینه حداقل نیاز نوری بذر پالونیا فورتونی در مرحله جوانه‌زنی به وجود نمی‌آید، اما با توجه به تأثیر منفی سایه بر ارزش و نقطه اوج جوانه‌زنی بذور این گونه و همچنین کاهش معنی‌دار طول ریشه‌چه و طول کل گیاهچه پالونیا فورتونی در مرحله رشد اولیه، می‌توان بیان نمود که وجود سایه و کاهش شدت نور جوانه‌زنی بذور پالونیا فورتونی را با مشکلاتی مواجه خواهد نمود. این یافته‌ها با نتایج پژوهش کایره و همکاران (۱۹۹۹) بر روی ۱۶ گونه درختی جنگل‌های گرمسیری آفریقای غربی و همچنین نتایج حاصل از پژوهش چن و همکاران (۲۰۱۲) بر روی یک گونه

جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه: نتایج نشان داد کاهش شدت نور تأثیر معنی‌داری بر قوه‌نامه، سرعت و میانگین روزانه جوانه‌زنی و همچنین شاخص بنبه بذر پالونیا فورتونی نداشت، اما این عامل، به‌ویژه در سطوح سایبان ۵۰ و ۷۵ درصد، اثرات منفی معنی‌داری بر شاخص‌های ارزش و نقطه اوج جوانه‌زنی بذور پالونیا فورتونی داشته است. چنین اثرات منفی سایبان بر جوانه‌زنی بذر گیاهان می‌تواند نورپسندی و نیاز نوری بالای گیاه در مرحله جوانه‌زنی را مورد تأکید قرار دهد. البته با توجه به این‌که در پژوهش حاضر جوانه‌زنی بذر در شرایط تاریکی مطلق موردبررسی

ماگنولیا (*Manglietia patungensis*) مطابقت دارد، اما با نتایج تیمورزاده و همکاران (۲۰۰۴) روی بلوط اوری (*Quercus macranthera*) مطابقت ندارد (۴، ۹ و ۱۷). چنین تفاوت‌هایی در رفتار جوانه‌زنی بذر گونه‌های مختلف می‌تواند از یکسو ناشی از سرشت اکولوژیک متفاوت گونه‌ها و از سوی دیگر به اندازه بذر این گونه‌ها بستگی داشته باشد. طوری‌که گرایم و همکاران (۱۹۸۱) نشان دادند گونه‌هایی که وزن بذر آن‌ها کم‌تر از ۰/۱ میلی‌گرم بود، برای جوانه‌زنی خود به نور احتیاج داشتند و با افزایش اندازه بذر، نیاز نوری گیاه در مرحله جوانه‌زنی کاهش یافت (۶)؛ بنابراین با توجه به اندازه بذر بسیار کوچک پالونیا فورتونی، نیاز نوری این گونه در مرحله جوانه‌زنی دور از انتظار نیست.

ویژگی‌های رویشی نهال‌های یک‌ساله: به‌طورکلی، توانایی زنده‌مانی و به حداکثر رسانیدن جذب کربن در زیر سایبان می‌تواند معرف ویژگی بردباری به سایه نهال باشد. اهمیت بردباری به سایه در مدیریت تجدید حیات و رویش گونه‌های جنگلی در عرصه‌های کاشت، به‌خوبی مشخص شده است، اما هنوز رفتار بسیاری از گونه‌ها در برابر سایه به‌خوبی شناخته نشده است (۱۶). مشاهدات میدانی که توسط ژو و همکاران (۱۹۸۶)، در رویشگاه‌های طبیعی این گونه در چین نشان‌دهنده این مطلب است که گونه‌های مختلف پالونیا از نیاز نوری متفاوتی برخوردار بوده و از این نظر دو گونه *P. fortunei* و *P. fargessi* بردباری بیشتری در برابر سایه نشان داده‌اند (۱۹).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که سایبان مصنوعی، تأثیر معنی‌داری بر زنده‌مانی نهال‌های پالونیا نداشت و در هر ۴ تیمار نهال‌ها در حد ۱۰۰ درصد زنده ماندند. این نتایج با نتایج پژوهش حسینی و همکاران (۲۰۰۷)، روی نهال‌های سرو نقره‌ای

(*Cupressus arizonica*) مطابقت دارد، اما با نتایج پژوهش پیلهور و همکاران (۱۳۹۱) روی نهال‌های برودار (*Quercus brantii*)، جهانپور و همکاران (۲۰۱۱) روی نهال‌های بنه (*Pistacia atlantica*)، تیمورزاده و همکاران (۲۰۰۴)، روی نهال‌های اوری (*Quercus macranthera*) مطابقت ندارد (۷، ۸ و ۱۶). زنده‌مانی بالای نهال‌ها در تیمارهای شدت نور نشان‌دهنده مقاومت زیاد و انعطاف‌پذیری نهال‌های پالونیا و سرو نقره‌ای در برابر تغییرات شدت نور در سال نخست است. گیاهان جوان نسبت به گیاهان مسن به تنش گرمایی حساس‌تر هستند (۸). پس تمامی نهال‌ها برای زنده ماندن در مدت چند سال نخست به حداقل ۲۰ درصد نور مستقیم احتیاج دارند که مقدار دقیق آن با توجه به سرشت بردباری گونه نسبت به سایه متفاوت است (۷). در این شرایط سایبان میکرو کليمایی ایجاد می‌کند که نقش مهمی در استقرار موفق نهال‌های برخی گونه‌ها دارد (۱۸).

نتایج نشان داد که تیمار سایبان تأثیر معنی‌داری بر صفات رویشی نهال‌های یک‌ساله پالونیا فورتونی داشت طوری که تحت سایبان ۵۰ و ۷۵ درصد، به‌طور معنی‌داری طول و قطر ساقه و همچنین وزن خشک نهال‌ها در مقایسه با تیمار شاهد و سایبان ۲۵٪ بالاتر بود و تحت سایبان ۵۰٪ وزن خشک‌ریشه فرعی و وزن خشک کل نهال‌ها، سطح و تعداد برگ نهال‌ها به‌طور معنی‌داری بالاتر از نهال‌های شاهد و سایر تیمارهای سایبان بود. نتایج این پژوهش با نتایج حسینی و همکاران (۲۰۰۷) بر روی سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica*)، پیلهور و همکاران (۲۰۱۲) روی *Quercus petraea* و *Quercus robur*، مطابقت دارد و با نتایج تیمورزاده و همکاران (۲۰۰۴) بر روی بلوط اوری (*Quercus macranthera*) در مورد قطر، پیلهور و همکاران (۲۰۱۲) بر روی (*Quercus brantii*)، در مورد تعداد برگ، مطابقت

ریشه‌های فرعی با قطر بزرگ‌تر از ۱ میلی‌متر نداشت. نتایج این پژوهش با نتایج پیله‌ور و همکاران (۲۰۱۲) بر *Quercus petraea* و *Quercus robur*، مطابقت ندارد (۱۶). طوری‌که نونهال‌های *Quercus petraea* و *Quercus robur* با افزایش سایه وزن ریشه و نسبت ساقه به ریشه کم‌تری از خود نشان دادند. میزان حساسیت بایومس ریشه در مقابل کاهش نور، نسبت به بایومس ساقه و یا سطح برگ بیش‌تر است، بنابراین کاهش رشد ریشه در شرایط سایه زیاد می‌تواند یکی از عوامل مرگ‌ومیر نونهال‌ها در زیر توده‌های بسیار متراکم نیز باشد. میزان بایومس ریشه در پاسخ به نور کامل افزایش می‌یابد و این باعث می‌شود در صورت از دست دادن قسمت‌های هوایی، شانس احیای مجدد گیاه افزایش می‌یابد (۱۶). در تیمار شاهد بیش‌ترین میزان بایومس در ریشه بعد از تیمار ۵۰ درصد مشاهده شد که پاسخی مستقیم به مقدار نور است و این باعث شد بیش‌ترین نسبت ریشه به ساقه در تیمار شاهد مشاهده شود.

ندارد (۷، ۱۶ و ۱۷). نفوذ کم‌تر نور در پوشش گیاهی باعث افزایش هورمون‌های اکسین و جیبرلین می‌شود و در نتیجه رشد طولی گیاه افزایش می‌یابد و در نتیجه رشد قطری آن نیز افزوده می‌شود (۲). در تیمار ۵۰ و ۷۵ درصد سایبان به علت دریافت نور کم‌تر نهال‌ها هورمون‌های اکسین و جیبرلین بیش‌تری ترشح می‌کردند و این باعث افزایش رشد ارتفاعی و قطری نهال‌ها شد. از طرف دیگر این سایبان‌ها مانع از دریافت نور شدید شدند و مانع از خشک شدن سطح خاک و از دست رفتن رطوبت شد. این تیمارها به این علت که سایبان مانع از رسیدن سرما به نهال‌ها شد تا پایان دوره برگ‌های خود را حفظ کرد.

نتایج پژوهش نشان داد که تیمار سایبان تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک‌ریشه اصلی، وزن خشک‌ریشه‌های فرعی، وزن خشک ساقه، وزن خشک گیاه، حجم کل ریشه، وزن خشک کل ریشه و نسبت وزن خشک‌ریشه به ساقه داشت. هم‌چنین تیمار سایبان تأثیر معنی‌داری بر طول ریشه اصلی، طول

منابع

1. Alivand, R., Tavakkol Afshari, R., and Sharifzadeh, F. 2013. Germination response and estimation of seed deterioration of *Brassica napus* under various storage conditions. *Iranian J. of Crop Science*, 44: 1. 69-83. (In Persian)
2. Ardakani, M. 2001. *Ecology*. Tehran Univ. Press, 340p. (In Persian)
3. Chaudhry, A.K. 2001. Effect of shade on growth performance of four tree species: Nursery stage. *Pakistan J. of Agricultural Sciences*, 38: 3-4. 41-43.
4. Chen, F., Liu, L., Chen, F., and Jia, G. 2012. The ecological characteristics of seed germination and seedling establishment of *Manglietia patungensis*: implication for species conservation. *American J. of Plant Sciences*. 3: 1455-1461.
5. Fasehun, F.E. 1975. Effect of light intensity on growth, photosynthesis, and nitrate reductase in hybrid poplars. Ph.D. Dissertation, IOWA state Univ. Press, 88p.
6. Grime, J.P., Mason, G., Curtis, A.V., Rodman, J., and Band, S.R. 1981. A comparative study of germination characteristics in a local flora. *The J. of Ecology*. 69: 3. 1017-1059.
7. Hosseini, S.M., Aliarab, A.R., Rasouli Akredi, Y., Akbarinia, M., Jalali, G., Tabari Kouchaksaraei, M., and Elmi, M.R. 2007. Effect of shading treatments on height growth and mortality of *Cupressus arizonica* seedlings. *J. of Environmental Studies*. 43: 3. 61-72. (In Persian)

8. Jahanpour, F., Fattahi, M., and Karamian, R. 2011. Studying the influence of light on surviving pistachio saplings in Lorestan province. *Iranian J. of Forest.* 3: 2. 91-98. (In Persian)
9. Kyereh, B., Swaine, M.D., and Thompson, J. 1999. Effect of light on the germination of forest trees in Ghana. *J. of Ecology.* 87: 772-783.
10. Lamhamedi, M.S., and Gagnon, J. 2003. New forest seedling production technologies in Quebec and their integration in reforestation programs in developing countries. *Ressources naturelles, faune et parcs, Forest research branch. XII World Forestry Congress Québec, Canada.* pp. 1-10.
11. Lavender, D.P. 1984. Plant physiology and nursery environment: interactions affecting seedling growth. In *Forestry Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings.* Springer, Dordrecht. pp. 133-141.
12. Logan, K.T. 1965. Growth of tree seedlings as affected by light intensity: White birch, yellow birch, sugar maple, and silver maple. Department of forestry publication, 16p.
13. Longbrake, A.C.W. 2001. Ecology and invasive potential of *paulownia tomentosa* (Sculariaceae) in a hardwood forest landscape. Doctoral Dissertation, College of Arts and Sciences, Ohio Univ, 174p.
14. Osareh, M.H., and Shariat, A. 2009. Salinity resistance in germination stage and growth stage in some eucalyptus species. *J. of agricultural sciences and natural resources.* 15: 6. 145-175. (In Persian)
15. Panwar, P. and Bhardwaj, S.D. 2005. *Handbook of practical forestry.* Agrobios Publications, 203p.
16. Pilevar, B., Kakavand, M., Akbari, H., Esmaili, A., Soosani, J., and Mirazadi, Z. 2012. Growth and morphological responses of Manna oak (*Quercus brantii*) seedlings to different light levels at nursery in the first growing year. *Iranian j. of Forest and Poplar Research.* 20: 1. 74-83. (In Persian)
17. Teymourzadeh, A., Akbarinia, M., Hoseini, M., and Tabari, M. 2004. Effect of shade house on survival and growth of *Quercus macranthera* seedlings. *J. of Research and Construction in Agriculture and Horticulture,* 16: 4. 12-17. (In Persian)
18. Varamesh, S., and Tabari, M. 2010. Establishment and growth of direct-seeding of *Quercus castaneifolia* affected by light intensity and weed competition. *Iranian J. of Forest and Poplar Research,* 18: 1. 107-115. (In Persian)
19. Zhu, Z.H., Chao, C.J., Lu, X.Y. and Xiong, Y.G. 1986. *Paulownia in China: cultivation and utilization.* Chinese Academy of Forestry Staffs, Asian Network for Biological Sciences, 65p.