پژوهش‌های بذر ایران/ سال نهم/ شماره اول/ ۱۴۰۱/ صفحات: ۱۸۸-۱۷۷

مقاله کوتاه پژوهشی

بررسی تأثیر نانولوله‌های کربنی، کلرید کلسیم و نیترات پتاسیم بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر بلوط ایرانی (*Quercus brantii*)

فرهاد قاسمی آقباش[۱،*]، ایمان پژوهان[۱]، زهرا رستمی[۲]

چکیده مبسوط

مقدمه: بلوط ایرانی وسیع‌ترین رویشگاه جنگلی کشور را به‌خود اختصاص داده و از نظر اقتصادی و حفاظتی جایگاه بالایی دارد. پژوهش‌های اخیر اثرات مثبت نانو لوله‌های کربنی بر جوانه‌زنی و رشد اندام‌های گونه‌های علفی و چوبی را تأیید کرده‌اند. فناوری نانو یک حوزه در حال توسعه در تمام دوره‌های زندگی انسان است و تحقیقات متفاوتی نیز جهت استفاده از نانو مواد در زمینه‌های مختلف در حال انجام است. فناوری نانو می‌تواند زمینه مناسبی برای تولید گیاهان با ویژگی مناسب ایجاد نماید یا اینکه شرایط رشد بهتری را برای گیاهان فراهم کند. هدف این تحقیق بررسی تأثیر تیمارهای نانو لوله‌های کربن، کلریدکلسیم و نیترات پتاسیم ۱ درصد بر صفات جوانه‌زنی بذر بلوط ایرانی (***Quercus brantii*** **Lindl**) است.

مواد و روش‌ها: تیمارهای آزمایش شامل نانو لوله‌های کربن در پنج سطح (غلظت‌های ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) به‌مدت شش ساعت، کلرید کلسیم ۱ درصد به‌مدت ۴۸ ساعت، نیترات پتاسیم ۱ درصد به‌مدت ۲۴ ساعت و تیمار شاهد بدون استفاده از هیچگونه موادی بودند و آزمایش‌های صفات جوانه‌زنی روی آن‌ها انجام گرفت.

یافته‌ها: مطابق با نتایج، نانو لوله‌های کربنی صفات جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار دادند، به‌طوری‌که بذرهای بلوط ایرانی تیمار شده با غلظت ۷۵ میلی‌گرم در لیتر بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی را داشتند و بذرهای پرایم شده با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین میانگین زمان جوانه‌زنی را داشتند. کمترین درصد جوانه‌زنی، سرعت و میانگین زمان جوانه‌زنی مربوط به بذرهای شاهد بود.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که نانو لوله‌های کربنی با غلظت ۷۵ میلی‌گرم در لیتر بیشترین اثر مثبت را در صفات جوانه‌زنی داشته است؛ بنابراین از دیدگاه اقتصادی استفاده از این غلظت جهت پرایم بذرهای بلوط توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اسموپرایمینگ، بلوط، درصد جوانه‌زنی، نانوپرایمینگ

جنبه‌های نوآوری:

۱- خصوصیات جوانه‌زنی بذرهای بلوط ایرانی با استفاده نانو لوله‌های کربنی بررسی گردید.

۲- تاثیر اسموپرایمینگ و نانوپرایمینگ بر جوانه‌زنی بذرهای بلوط ایرانی مقایسه گردید.

[۱] استادیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر

[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشگاه ملایر

[*] رایانامه نویسنده مسئول: f.ghasemi@malayeru.ac.ir

http://dorl.net/dor/20.1001.1.23831251.1401.9.1.10.1

DOI: 10.52547/yujs.9.1.177

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۱)

مقدمه

جنگل‌های زاگرس با سطحی بیش از پنج میلیون هکتار حدود ۴۰ درصد جنگل‌های ایران را به‌خود اختصاص داده‌اند (عرفانی‌فرد[1] و همکاران، ۲۰۰۷). این جنگل‌ها که در غرب ایران از شمال‌غربی (جنوب پیرانشهر) تا جنوب‌غربی کشور گسترده شده‌اند، نه تنها در اثر دخل و تصرف‌های فراوان کاهش پیدا کرده‌اند، بلکه تخریب طی چند دهه اخیر سبب کاهش کیفی این جنگل‌ها نیز شده است. به‌عبارت دیگر، دخالت‌های فراوان مشکل تجدید حیات طبیعی را به‌همراه داشته است. گونه‌های درختی غالب در جنگل‌های زاگرس بلوط‌ها هستند که گونه‌های همراه آن شامل بادام، بنه، ارژن، کیکم، گلابی وحشی، زالزالک و دافنه است. گونه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl) یکی از سه گونه اصلی بلوط در جنگل‌های زاگرس است. جنس *Quercus* از خانواده Fagaceae با داشتن ۳۰۰ تا ۵۰۰ گونه یکی از فراوان‌ترین و به لحاظ اجتماعی، اقتصادی و بوم شناختی، یکی از مهم‌ترین جنس‌های گیاهی در نیمکره شمالی است (ذاکری انارکی و فلاح شمسی[2]، ۲۰۱۴).

بلوط ایرانی با عمری طولانی و گستردگی زیاد، از دیر باز به‌خاطر استفاده غذایی انسان و دام و هم به‌دلیل داشتن ارزش دارویی از اهمیت بالایی برخوردار است (قادری[3] و همکاران، ۲۰۰۱). میوه بلوط با دارا بودن مقدار زیاد سدیم و منیزیم در تنظیم فشار خون نقش مهمی دارد. علاوه بر این دارای انواع ویتامین‌ها و کربوهیدرات‌ها بوده و ارزش غذایی بسیار بالایی دارد (ریکس و کرخام[4]، ۲۰۰۹). از بین رفتن قابلیت زنده ماندن و جوانه‌زنی در طی مدت زمان طولانی، مصرف بذر توسط حیوانات، مشکل بازسازی به روش طبیعی و مصنوعی را به شدت بر انگیخته است. همچنین تکثیر از طریق قلمه‌های ساقه در بیشتر گونه‌های بلوط دشوار است و در این گونه‌ها چندان موفق نبوده است، علاوه بر این، وزن دانه نیز بر درصد جوانه‌زنی تأثیر می‌گذارد (پروهیت[5] و همکاران، ۲۰۰۳). استفاده از روش‌های نوین با هدف بهبود خصوصیات جوانه‌زنی بذر و به دنبال آن خصوصیات رویشی نهال‌های حاصله برای درختان جنگلی می‌تواند در بالابردن کیفیت مناطق جنگلکاری مؤثر باشد. به‌منظور بهبود جوانه‌زنی بذر از روش‌های مختلف پرایمینگ بذر استفاده می‌شود. پرایمینگ فناوری است که به‌واسطه آن بذرها پیش از قرار گرفتن در محل کشت از لحاظ فیزیولوژیک و زیستی، آمادگی جوانه‌زنی بیشتری را به‌دست می‌آورند، این عمل موجب تغییرات زیستی و فیزیولوژیکی زیادی در بذرها و همچنین گیاه حاصل از آن می‌شود (کمالی و صادقی‌پور[6]، ۲۰۱۵). از فواید پرایمینگ بذر می‌توان به افزایش درصد جوانه‌زنی، سرعت و میزان جوانه‌زنی در محدوده وسیعی از شرایط محیطی، بهبود رشد و بنیه گیاهچه اشاره کرد (هیگا[7]، ۲۰۱۲). نتایج تحقیقات هادی‌نژاد[8] و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی تأثیر کلرید کلسیم و پلی اتیلن گلایکول بر خصوصیات جوانه‌زنی بلوط بلندمازو نشان داد که بیشترین میزان درصد جوانه‌زنی (۷۵ درصد)، سرعت جوانه‌زنی (۰/۲۹ دانه در روز) در کلرید کلسیم ۱ درصد مشاهده شد. پرایمینگ بذر انواع مختلفی دارد که نانو پرایمینگ روشی جدید برای افزایش قدرت نهال و بهبود صفات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه است (دهکردی و موسوی[9]، ۲۰۱۳). تحقیقات متفاوتی نیز جهت استفاده از نانو مواد در زمینه‌های مختلف انجام می‌شود (رأی[10]، ۲۰۱۰). مطالعات نشان داده است که استفاده از نانو مواد در افزایش جوانه‌زنی، رشد بذر و همچنین حفاظت گیاه و غیره از پتانسیل زیادی برخوردار بوده و نتایج قابل قبولی در این زمینه را نشان داده است و می‌تواند در آینده نقش مناسبی را ایفا نماید (خداکوسکایا[11] و همکاران، ۲۰۱۲).

بر خلاف سلول‌های جانوری، ورود جسم خارجی به سلول‌های گیاهی به‌علت دیواره سلولی آن‌ها دشوار

[1] Erfaniifard
[2] Zakeri Anaraki and Fallah Shamsi
[3] Ghaderi
[4] Rix and Kirkham
[5] Purohit
[6] Kamali and Sadeghipoor
[7] Higa
[8] Hadinezhad
[9] Dehkourdi and Mosavi
[10] Ray
[11] Khodakovskaya

است. به‌طوری که نانو ذراتی با اندازه کمتر از قطر منافذ دیواره سلولی می‌توانند از آن عبور کنند و موجب تسهیل ورود آب و تبادل گازها و در نتیجه تسریع در امر جوانه‌زنی شوند (ناوارو[1] و همکاران، ۲۰۰۳). البته تأثیر نانو ذرات روی گونه‌های گیاهی مختلف تا حد زیادی می‌تواند متفاوت باشد و وابسته به مرحله رویشی گیاه، زمان و مدت قرار گرفتن در معرض نانو ذرات و نیز اندازه، غلظت، ترکیب شیمیایی، ساختار سطحی، حلالیت، شکل و تجمع نانو ذرات دارد و با توجه به خواص شیمیایی و فیزیکی، اندازه و ترکیب آن‌ها و نیز تعامل نانو ذرات با گونه گیاهی در مراحل مختلف نمو متفاوت است (ما[2] و همکاران، ۲۰۱۲). یکی از نانو موادی که پیوسته در علوم گیاهی مورد توجه پژوهشگران قرار دارد نانولوله‌های کربنی بوده چرا که دارای ویژگی‌های منحصر بفرد از قبیل ساختار شیمیایی و ابعاد ویژه و انعطاف پذیری بالا است (تیواری[3] و همکاران، ۲۰۱۴). در حال حاضر نقش مثبت نانو لوله‌های کـربن در افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان مورد توجه قرار گرفته است (لاهیانی[4] و همکاران، ۲۰۱۵). یافته‌های پژوهشگران نشان می‌دهد که نانو لوله‌های کربن می‌توانند خصوصیات فیزیولـوژیکی و مورفولـوژیکی سلول‌های گیاهی را تحت تأثیر قرار دهند (حقیقی و سیلوا[5]، ۲۰۱۴). برخی پژوهش‌ها نشان دادند که ایجاد رخنه در پوشش بذرها توسط نانو ذرات باعث تسهیل نفوذ آب و اکسیژن به درون بذرها می‌شود. جیانگ[6] و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیقی نشان دادند که نانو لوله‌های کربنی باعث افزایش درصد جوانه‌زنی و رشد ریشه‌چه در بذر برنج می‌شود. این احتمال وجود دارد که نانو لوله‌های کربنی با تأثیر بر کانال‌های عبور آب در غشا و تنظیم عمل آن‌ها بتوانند به ورود آب به درون سلول‌ها کمک نمایند (خداکوسکایا و همکاران، ۲۰۰۹). برای اولین بار استفاده از نانو لوله‌های کربنی در علوم گیاهی با تحقیق خداکوسکایا و همکاران (۲۰۰۹) شروع شد. آن‌ها گزارش کردند نانو لوله‌های کربنی چند جداره با نفوذ در بذرهای گوجه فرنگی باعث افزایش رشد و سرعت جوانه‌زنی از طریق جذب آب بیشتر می‌شود و تا ۹۰ درصد در مقایسه با تیمارهای شاهد می‌رسد. لئو[7] و همکاران (۲۰۰۹) توانایی نفوذ نانو لوله‌های کربنی تک جداره را به داخل دیواره سلولی و غشای سلولی، سلول‌های توتون و تنباکو نشان دادند. در پژوهشی دیگر پیله‌ور[8] و همکاران (۲۰۱۴) اثر نانو لوله‌های کربنی بر جوانه‌زنی بذرها و رشد دانه رست‌های گیاه کاسنی تحت تیمار غلظت‌های مختلف را مورد بررسی قرار دادند، نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که غلظت‌های ۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانو لوله‌های کربنی موجب بهبود سرعت جوانه‌زنی نسبت به تیمار شاهد شده است. با توجه به نبود تحقیقات کافی در مورد تأثیر نانو لوله‌های کربن بر جوانه‌زنی بذر بلوط ایرانی و وجود مشکلاتی مانند کمبود درختان دانه‌زاد بلوط، وجود آفات و امراض فراوان در جنگل و همچنین مشکلات نگهداری بذرهای بلوط، تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر نانولوله‌های کربنی چندجداره بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر بلوط ایرانی انجام گرفت تا با استفاده از نتایج این پژوهش بتوان بذرهای با کیفیت خوب جهت برنامه‌های تولید نهال و احیای جنگل‌های غرب تولید نمود.

مواد و روش‌ها

آزمایش مذکور در محیط آزمایشگاه و گلخانه تحقیقاتی دانشگاه ملایر در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. به منظور تهیه بذرهای مورد نیاز از گونه بلوط ایرانی، با مراجعه به رویشگاه طبیعی این گونه در منطقه دره شهر استان ایلام از پایه‌های مادری که به فواصل مختلفی از هم قرار داشتند، انجام شد. بعد از انتقال بذرها به محیط آزمایشگاه، بذرها با یکنواختی در اندازه و وزن انتخاب شدند و بذرها را در آب ریخته شده و بذرهای پوک از بذرهای سالم جدا شدند. سپس بذرها

[1] Navarro
[2] Ma
[3] Tiwari
[4] Lahiani
[5] Haghighi and Silva
[6] Jiang
[7] liu
[8] Pilehvar

درون یخچال و در دمای ۴ درجه سلسیوس به‌منظور انجام آزمایش‌های مربوطه نگهداری شدند. در این تحقیق تیمارها به‌صورت کاملاً تصادفی در سه تکرار ۳۰ تایی برای هر تیمار انجام گردید. تیمارهای پرایمینگ بذر شامل تیمارهای پرایمینگ بذر با نانو لوله‌های کربن (در پنج سطح غلظت ذرات ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌مدت شش ساعت)، تیمار کلرید کلسیم ۱ درصد (به‌مدت ۴۸ ساعت)، نیترات پتاسیم ۱ درصد (به‌مدت ۲۴ ساعت) و تیمار شاهد بدون افزودن هیچگونه ماده‌ای انجام شد. برای ایجاد سوسپانسیون و جدا کردن ذرات نانو از یکدیگر، محلول‌های مورد نظر ابتدا توسط دستگاه التراسونیک همگن شدند (پژوهان[1] و همکاران، ۲۰۱۴). نانو لوله‌های کربنی ساخت کشور ایران بوده و از مهم‌ترین مشخصات آن‌ها می‌توان به میانگین ابعاد ۱۰-۲۰ نانومتر، درجه خلوص ۹۵ درصد و سطح ویژه ۲۰۰ مترمربع برگرم و چگالی ۱/۲ گرم در متر مکعب اشاره کرد. برای تهیه غلظت‌های مورد نظر نانو کربن، ابتدا میزان لازم از نانو توزیع و در آب مقطر قرار داده و سپس به‌همراه بذرها به‌مدت شش ساعت روی دستگاه لرزاننده قرار داده شدند. سپس با توجه به تعداد تیمار و تکرارها مقداری بذر به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس در محلول نیترات پتاسیم در تاریکی قرار گرفتند. در ادامه بذرهای حاوی کلرید کلسیم ۱ درصد به‌مدت ۲۴ ساعت در محلول قرار داده شدند. پس از اعمال تیمارها، بذرهای پرایم شده با تیمارهای مختلف به گلدان‌های پلاستیکی با ابعاد ۱۵×۲۵ سانتی‌متر با گنجایش حدود ۲ کیلوگرم خاک و ماسه به نسبت ۱ به ۱ پر شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده شده است. سپس در هر گلدان ۳ عدد بذر کشت و به‌طور مرتب آبیاری شدند. در ادامه بذرهای پرایم شده با تیمارهای مختلف به گلخانه تحقیقاتی با شرایط دمایی ۱۰ ± ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت ۱۰ ± ۳۵ درصد انتقال داده شدند. معیار شروع آزمایش جوانه‌زنی، ظهور ساقه‌چه به‌اندازه دو میلی‌متر در نظر گرفته شد. بعد از ظهور اولین ساقه‌چه، عمل شمارش بذرهای سبزشده هر ۲۴ ساعت یک‌بار، به‌مدت معین انجام شد و اطلاعات مربوطه ثبت گردید. در این مرحله پارامترهای درصد جوانه‌زنی، میانگین سرعت و زمان جوانه‌زنی به ترتیب با استفاده از روابط ذیل محاسبه گردید (احمدلو[2] و همکاران، ۲۰۱۱).

رابطه (۱) درصد جوانه‌زنی $n/(N\times100$

رابطه (۲) سرعت جوانه‌زنی $\sum(n/t)$

رابطه (۳) میانگین زمان جوانه‌زنی $\sum(t.n)/\sum n$

n: تعداد جوانه‌زنی بذرها در طول دوره. N: تعداد کل بذرهای کشت شده. t: مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی (هشت تیمار و ۱۰ تکرار) انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. بررسی نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف اسمیرنوف و همگن بودن داده‌ها با آزمون لون بررسی شد. با رعایت نرمال و همگن بودن داده‌ها، مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن انجام شد.

نتایج

بررسی روند جوانه‌زنی بذر بلوط ایرانی در تیمارهای مختلف نانو لوله‌های کربنی، نیترات پتاسیم و کلریدکلسیم ۱ درصد در طول آزمایش نشان داد که هر یک از تیمارهای نانو لوله‌های کربن یک روند افزایشی را در جوانه‌زنی نشان داده است، با گذشت زمان، میزان جوانه‌زنی ثابت شده است، ضعیف‌ترین روند جوانه‌زنی مربوط به بذرهای شاهد و بذرهای تیمار شده با نانو کربن ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بود. در مقابل بذرهای تیمار شده با غلظت ۷۵ میلی‌گرم در لیتر بهترین شرایط جوانه‌زنی را داشتند، به‌طوری‌که در طول مدت زمان جوانه‌زنی، جوانه‌زنی آن‌ها به ۸۳ درصد نیز رسید (شکل ۱).

به‌طورکلی اعمال تیمارهای نانو لوله‌های کربنی سبب ارتقاء درصد جوانه‌زنی شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمارهای اعمال شده سبب تغییرات معنی‌دار آماری در تمامی صفات جوانه‌زنی

[1] Pazhouhan

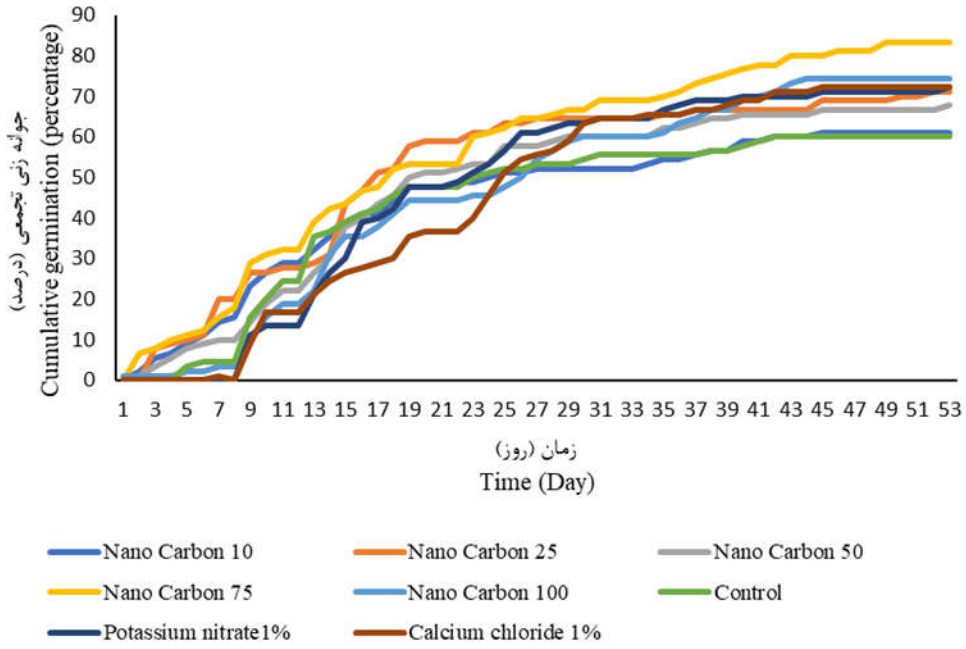
[2] Ahmadloo

شده است. نتایج آزمون دانکن حاکی از آن بود که پایین‌ترین نرخ درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمار شاهد با ۵۸ درصد بوده در مقابل، بالاترین درصد جوانه‌زنی (۸۳ درصد) مربوط به تیمار ۷۵ میلی‌گرم در لیتر نانو کربن بود. بین تیمارهای ۲۵ میلی‌گرم در لیتر نانو کربن، کلرید کلسیم ۱ درصد، نیترات پتاسیم ۱ درصد تفاوتی از این لحاظ مشاهده نشد (شکل ۲).

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی خاک گلدان‌ها در تیمارهای مختلف

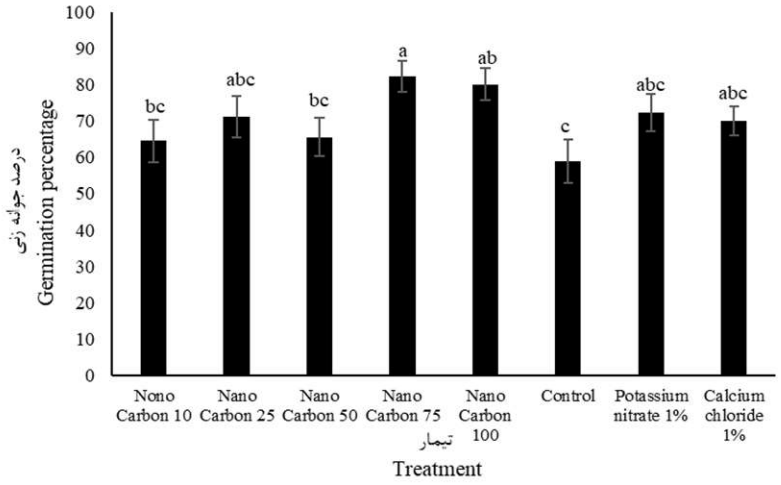
Table 1. Physical properties of soil in pots in different treatments

هدایت الکتریکی Ec (mS/m)	بافت خاک Soil texture	اسیدیته خاک pH	وزن مخصوص Soil bulk density (g/cm^3)
0.3	Sand	8.8	1.276



شکل ۱. روند درصد جوانه‌زنی تجمعی در گونه بلوط ایرانی تحت تیمارهای نانولوله‌های کربن، نیترات پتاسیم ۱ درصد و کلسیم کلرید ۱ درصد

Fig. 1. Trend of cumulative germination percentage in Iranian oak species under treatments of carbon nanotubes, 1% potassium nitrate and 1% calcium chloride



شکل ۲. تأثیر پرایمینگ بذر بلوط ایرانی با غلظت‌های مختلف از نانولوله‌های کربن چندجداره، نیترات پتاسیم ۱ درصد، کلرید کلسیم ۱ درصد بر درصد جوانه‌زنی

Fig. 2. The effect of priming with different concentrations of multi-walled carbon nanotubes, potassium nitrate 1%, and calcium chloride 1% on the germination percentage of Iranian oak seeds

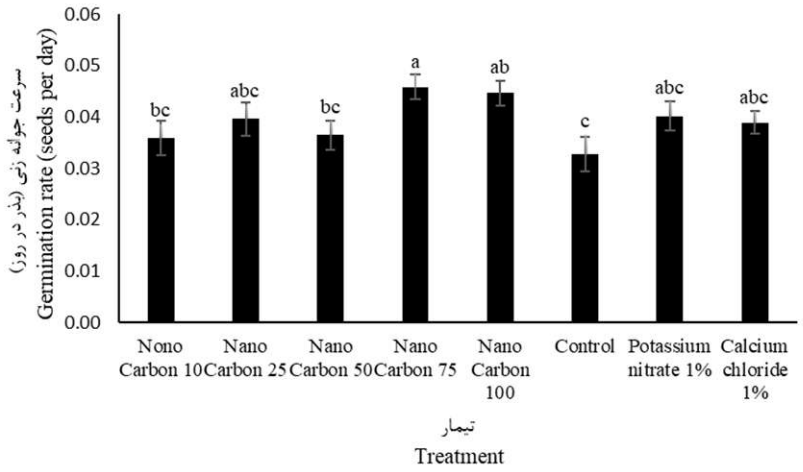
نتایج مقایسه میانگین مربوط به سرعت جوانه‌زنی نشان داد که بالاترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به تیمار ۷۵ میلی‌گرم در لیتر نانو کربن بود و کمترین سرعت جوانه‌زنی در تیمار شاهد مشاهده شد. همچنین بین تیمارهای کلرید کلسیم ۱ درصد، نیترات پتاسیم ۱ درصد و نانو کربن ۲۵ میلی‌گرم در لیتر تفاوت قابل ملاحظه‌ای مشاهده نشد (شکل ۳). همچنین در بین بذرهای پرایم شده با تیمارهای مختلف، بذرهای تیمار شده با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین میانگین زمان جوانه‌زنی را داشتند و کمترین میانگین زمان جوانه‌زنی مربوط به تیمار شاهد بود. بین تیمارهای ۱۰، ۵۰ و ۷۵ میلی‌گرم در لیتر نانو لوله کربن تفاوتی مشاهده نشد (شکل ۴).

بحث

فرایند جوانه‌زنی به‌ترتیب شامل جذب فیزیکی آب، شروع فرایندهای بیوشیمیایی و هیدرولیز قندهاست که در بین آن‌ها جذب آب حساس‌ترین مرحله است. اگر جذب آب توسط بذر دچار اختلال شود و یا جذب به‌کندی صورت گیرد فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی در داخل بذر به آرامی انجام می‌شود و در نتیجه مدت زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش می‌یابد لذا سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (رحیمی[1] و همکاران، ۲۰۱۷). نتایج به‌دست آمده از این پژوهش بیانگر اثر مثبت نانو پرایمینگ با نانو لوله‌های کربن چندجداره بر بهبود صفات جوانه‌زنی است. گزارش شده است که نانو لوله‌های کربنی می‌توانند تغییراتی در سطح بذر گیاهان ایجاد کنند. بدین ترتیب با سازوکار آندوسیتوز وارد پوشش بذر شده و با ایجاد تخلخل در پوشش آن، جذب آب را افزایش داد.

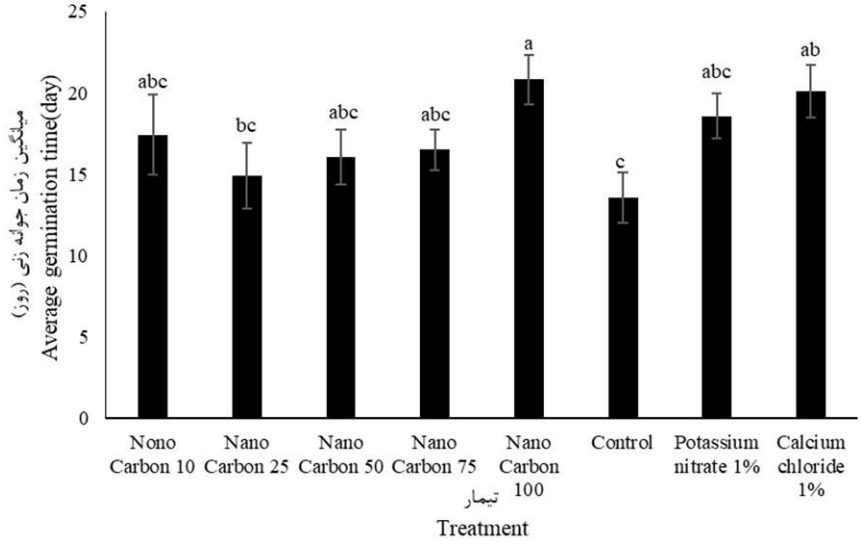
نتایج حاصل از مقایسه درصد جوانه‌زنی نشان داد بالاترین و پایین‌ترین درصد جوانه‌زنی به‌ترتیب متعلق به بذرهای پرایم شده با غلظت ۷۵ میلی‌گرم در لیتر و تیمار شاهد است. اخیراً طی تحقیقاتی توانایی نانو ذرات برای ورود به سلول‌های گیاهی نشان داده شده است (تورنی[2] و همکاران، ۲۰۰۷). بولی[3] (۱۹۹۷) گزارش داد که پرایمینگ بذر موجب افزایش آنزیم‌های آنتی اکسیدانی از قبیل گلوتاتیون پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در بذر می‌شود که این آنزیم‌ها فعالیت‌های پراکسیداسیون لیپید را طی جوانه‌زنی کاهش داده و در نتیجه باعث افزایش درصد جوانه‌زنی می‌شوند. دلاتوره

[1] Rahimi
[2] Torney
[3] Bewley



شکل ۳. تأثیر پرایمینگ بذر بلوط ایرانی با غلظت‌های مختلف از نانولوله‌های کربن چندجداره، نیترات پتاسیم ۱ درصد، کلرید کلسیم ۱ درصد بر سرعت جوانه‌زنی

Fig. 3. The effect of priming with different concentrations of multi-walled carbon nanotubes, potassium nitrate 1%, and calcium chloride 1% on the germination rate of Iranian oak seeds



شکل ۴. تأثیر پرایمینگ بذر بلوط ایرانی با غلظت‌های مختلف از نانولوله‌های کربن چندجداره، نیترات پتاسیم ۱ درصد، کلرید کلسیم ۱ درصد بر میانگین زمان جوانه‌زنی

Fig. 4. The effect of priming with different concentrations of multi-walled carbon nanotubes, potassium nitrate 1%, and calcium chloride 1% on the average germination time of Iranian oak seeds

روچ[1] و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان دادند که تیمار نانو لوله‌های کربنی چند دیواره موجب افزایش درصد جوانه‌زنی و افزایش رشد در گونه‌های سویا، جو و ذرت شده است. بیشترین میانگین زمان جوانه‌زنی در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم نانو کربن مشاهده شد. به‌طور کلی با افزایش غلظت نانو کربن از غلظت ۷۵ به ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، سرعت و درصد جوانه‌زنی کاهش یافت. می‌توان اشاره به این موضوع داشت که با افزایش سرعت جوانه‌زنی، تعداد بذر جوانه‌زده شده در یک

[1] De La Torre-Roch

زمان مشخص افزایش می‌یابد، بنابراین اگر در تیماری سرعت جوانه‌زنی افزایش یافت می‌توان اظهار داشت که بذور بیشتری جوانه‌زده و در نهایت درصد جوانه‌زنی افزایش می‌یابد (یزدانی بیوکی و رضوانی مقدم[1]، ۲۰۱۲).

همچنین افزایش سرعت جوانه‌زنی در بذرهای تیمار شده ممکن است با افزایش تقسیم سلولی در بذرهای پرایم شده توجیه شود. بیشترین درصد جوانه‌زنی تجمعی در طول زمان و تمام سطح در بذور تیمار شده با غلظت ۷۵ میلی‌گرم در لیتر نانو کربن مشاهده شد. لذا می‌توان اذعان داشت که تیمار ۷۵ میلی‌گرم در لیتر و پس از آن تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر دارای بیشترین اثر بخشی در سرعت، درصد و میانگین زمان جوانه‌زنی این گونه داشتند. یکی از موثرترین اثرات نانو لوله‌های کربنی روی گیاهان بالا بردن درصد و سرعت جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بذر است (خداکوسکایا و همکاران، ۲۰۰۹).

پیش از این اثر مثبت نانو لوله‌های کربنی در افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی بذرهای مختلف نیز گزارش شده است. نتایج تحقیق نوروزی[2] و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که شاخص‌های جوانه‌زنی و صفات مورفولوژیکی نسبت به غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانو لوله‌های کربن واکنش مثبت نشان داده و نسبت به سایر غلظت‌ها منفی بود. در این تحقیق مشاهده شد که غلظت‌های اعمال شده سبب سمیت و کاهش چشمگیر درصد جوانه‌زنی و یا به عبارت دیگر مرگ جنین بذر نشده‌اند.

حقیقی و دسیلوا (۲۰۱۴) بیان کردند که استوانه‌ای بودن نانو لوله‌های کربنی جذب آب و گاز را تسهیل می‌کند و موجب جوانه‌زنی و رشد راحت‌تر گیاهچه می‌شود. توانایی نفوذ نانو لوله‌های کربنی از پوسته بذر توسط خداکوسکایا و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش شده است. آن‌ها نشان دادند نانو لوله‌های کربن با نفوذ به پوسته ضخیم بذر و با افزایش جذب آب و تأثیر بر فعالیت‌های بیولوژیکی موجب افزایش رشد و سرعت جوانه‌زنی می‌شود. همچنین این احتمال وجود دارد که نانو لوله‌های کربن با تأثیر بر کانال‌های عبور آب در پوسته بذر و تنظیم عمل آن‌ها بتوانند به ورود آب به درون سلول‌ها کمک کنند. در تحقیق سیدنا[3] و همکاران (۲۰۱۸) نیز، تأثیر نانوپرایمینگ بذر با استفاده از نانو لوله‌های کربنی چند جداره بر صفات جوانه‌زنی بذر بارانک لرستانی مطلوب و تیمارهای ۱۵۰ و ۳۵۰ میلی‌گرم در لیتر به عنوان موفق‌ترین تیمارها ارزیابی شده است. نتایج تحقیق علی یاری[4] و همکاران (۲۰۱۶) نیز نشان از تأثیر مثبت نانو لوله‌های کربن بر صفات جوانه‌زنی بذر سرو نقره‌ای و سرو خمره‌ای بود، نتایج نشان داد که سرو نقره‌ای و سرو خمره‌ای در غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کاج سیاه با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشتر از شاهد جوانه‌زنی داشتند و در هر دو گونه اثر منفی نانولوله‌های کربن بر صفات جوانه‌زنی مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که پاسخ صفات جوانه‌زنی به پرایمینگ بذر مثبت بوده، با توجه به اینکه پرایمینگ بذر باعث بهبود صفات مورد مطالعه در شرایط گلخانه شد، می‌توان به عنوان یک روش برای افزایش بهبود صفات جوانه‌زنی بذر استفاده کرد. از آنجا که یک ماده و یک غلظت مشخص از ماده به تنهایی نمی‌تواند موجب بهبود تمام پارامترهای جوانه‌زنی شود، لذا انتخاب بهترین ماده و در پی آن بهترین غلظت به عنوان عامل مهم جهت استفاده برای پرایمینگ بذر محسوب می‌شود. باتوجه به اینکه در این تحقیق بهترین غلظت برای بهبود صفات جوانه‌زنی ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانو لوله‌های کربنی بود پیشنهاد می‌شود با دیدگاه اقتصادی غلظت ۷۵ میلی‌گرم در لیتر نانو لوله‌های کربنی برای بهبود صفات جوانه‌زنی به کار برده شود.

[1] Yazdani Biouki and Rezvani Moghadam
[2] Norouzi
[3] Sayedena
[4] Aliyari

منابع

Ahmadloo, F., Tabari, M., Rahmani, A. and Yousefzadeh, H. 2011. Effect of cattle manure and decomposed litter to improve germination and survival of *Cupressus arizonica* and *C. sempervirens* var. horizontalis in nursery. Journal of Forest and Wood Products, 63(4): 317-330. [In Persian with English Summary].

Bewley, J.D. 1997. Seed germination and dormancy. Plant Cell, 9: 1055-1066. https://doi.org/10.1105/tpc.9.7.1055

Aliyari, F., Soltani, A. and Zarafshar, M. 2016. Germination model for Arizona cypress (*Cupressus arizonica*) in response to temperature and drought stress. Iranian Journal of Seed Research, 2(2): 113-121. [In Persian with English Summary].

Dehkourdi, E.H. and Mosavi, M. 2013. Effect of anatase nanoparticles (TiO_2) on parsley seed germination (*Petroselinum crispum*) in vitro. Biological Trace Element Research, 155(2): 283-286. https://doi.org/10.1007/s12011-013-9788-3

De La Torre-Roche, R., Hawthorne, J., Deng, Y., Xing, B., Cai, W., Newman, L.A. and White, J.C. 2013. Multiwalled carbon nanotubes and C60 fullerenes differentially impact the accumulation of weathered pesticides in four agricultural plants. Environmental Science & Technology, 47(1): 12539-12547. https://doi.org/10.1021/es4034809

Erfaniifard, S., Zubiri, M., Jurisprudence, J. and Nemiranian, M. 2007. Determination of appropriate area and shape of sample plots in canopy estimation using forest simulation in Zagros. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 15(3): 278-278. [In Persian with English Summary].

Ghaderi, M., Sadeghi, A., Alami, M., Ghorbani, N. and Azizi, M.H. 2001. Evaluation of the antioxidation activity, regenerative power produced and the antioxidant capacity of phenolic extracts of the oak. Journal Food Technology, 11(1): 34-104. [In Persian with English Summary].

Hadinezhad, P., Payam Noor, V., Ghaderifar, F. and Mohammadi, J. 2011. The effect of calcium chloride and polyethylene glycol on the germination characteristics of *Quercus castaneifolia* C. A. Mey. The Second National Conference on Seed Science and Technology, Mashhad. [In Persian with English Summary].

Haghighi, M. and Da Silva, T.J.A. 2014. The effect of carbon nanotubes on the seed germination and seedling growth of four vegetable species. Journal of Crop Science and Biotechnology, 17 (4): 201-208. https://doi.org/10.1007/s12892-014-0057-6

Higa, T., 2012. Nature arming and environmental management through effective microorganisms - The Past, Present and Future. Department of Horticulture, University of the Ryukyus Okinawa, Japan.

Jiang, Y., Hua, Z., Zhao, Y., Liu, Q., Wang, F. and Zhang, Q. 2014. The Effect of carbon nanotubes on rice seed germination and root growth. In: Zhang TC., Ouyang P., Kaplan S., Skarnes B. (eds.). Proceedings of the 2012 International Conference on Applied Biotechnology (ICAB 2012). Lecture Notes in Electrical Engineering, Vol 250. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37922-2_129

Kamali, N. and Sadeghipoor, A. 2015. Effects of different concentrations of nano TiO_2 on germination and early growth of five range plant species. Journal of Rangeland, 9(2): 170-181. [In Persian with English Summary].

Khodakovskaya, M., Kanishka, D.S., Alexandru, S.B., Dervishi, E. and Villagarcia, H. 2012. Carbon nanotubes induce growth enhancement of tobacco cells, In: ACS Nano. 6(3): 2128-2135. https://doi.org/10.1021/nn204643g

Khodakovskaya, M., Dervishi, E., Mahmood, M., Xu,Y., Li, Z., Watanabe, F. and Biris, A.S. 2009. Carbon nanotubes are able to penetrate plant seed coat and dramatically affect seed germination and plant growth. ACS NANO, 10: 3221-3227. https://doi.org/10.1021/nn900887m

Lahiani, M.H., Chen, J., Irin, F., Puretzky, A.A., Green, M.J. and Khodakovskaya, M.V. 2015. Interaction of carbon nanohorns with plants: Uptake and biological effects. Carbon, 81: 607-619. https://doi.org/10.1016/j.carbon.2014.09.095

Liu, Q., Chen, B., Wang, Q., Shi, X., Xiao, Z., Lin, J. and Fang, X. 2009. Carbon nanotubes as molecular transporters for walled plant cells. Nano Letters 9(3): 1007-1010. https://doi.org/10.1021/nl803083u

Ma, X., Geiser-Lee, J., Deng, Y. and Kolmakov, A. 2010. Interactions between engineered nanoparticles (ENPs) and plants: Phytotoxicity, uptake and accumulation. Science of the Total Environment, 408: 3053-3061. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.03.031

Navarro, E., Bousquet, J., Moiroud, A., Munive, A., Piou, D. and Normand, P. 2003. Molecular phylogeny of Alnus (Betulaceae), inferred from nuclear ribosomal DNA ITS sequences. In Frankia Symbiosis. Springer Netherlands, 207-217. https://doi.org/10.1007/978-94-017-1601-7_22

Norouzi, S., Tadayon, M. and Norouzi, M. 2013. Effect of carbon nanotube on germination and some morphological traits of bean plant (*Vicia faba*). The first national conference on non-biological plant stresses, Isfahan. [In Persian with English Summary].

Pazhouhan, I., Jalali, S.Gh.A., Atabati, H., Zarafshar, M. and Sattarian, A. 2014. Comparison of carbon nanotubes with chemical and physical treatments to break seed dormancy of *Myrtus communis* L. Journal of Plant Researches, 29(2): 300-308. [In Persian with English Summary].

Pilevar, Z., Mahmoodzade, H. and Eshaghi, A. 2014. Investigation of the effect of carbon nanotubes on germination characteristics and seed growth of chicory plant (*Cichorium intybus* L). The Second National Conference on Medicinal Plants and Sustainable Agriculture, Hamedan. [In Persian with English Summary].

Purohit, V.K., Tamta, S., Nandi, S.K., Rikhari, H.C. and Palni. L.M.S. 2003. Does acorn weight influence seed germination and subsequent seedling growth of central Himalayan oaks? Journal of Tropical Forest Science, 15(3): 483-492.

Rahimi, D., Kartoolinejad, D., Nourmohammadi, K. and Naghdi, R. 2017. The effect of carbon nanotubes on drought tolerance of Caucasion Alder (*Alnus Subcordata* C.A. Mey.) seeds in germination stage. Iranian Journal of Seed Science and Technology, 6(2): 17-28. [In Persian with English summary].

Ray, M. 2010. The Effects of single walled carbon nanotubes on plant growth. Electronic Theses and Dissertations. Paper 90.

Rix, M. and Kirkham, T. 2009. *Quercus castaneifolia*. Curtis's botany. Mines Advisory Group. 16: 14-69.

Sayedena, V., Pilehvar, B., Abrari-Vajari, K., Zarafshar, M. and Eisvand, H.R. 2018. Effects of TiO_2 nanoparticles on germination and primary growth of mountain ash (*Sorbus luristanica*). Iranian Journal of Seed Research, 6(1):173-184. [In Persian with English Summary]. https://doi.org/10.29252/yujs.6.1.173

Tiwari, D., Dasgupta-Schubert, N., Cendejas, L.V., Villegas, J., Montoya, L.C. and Garcia, S.B. 2014. Interfacing carbon nanotubes (CNT) with plants: enhancement of growth, water and ionic nutrient uptake in maize (*Zea mays*) and implications for nanoagriculture. Applied Nanoscience 4: 577-591. https://doi.org/10.1007/s13204-013-0236-7

Torney, F., Trewyn, B.G., Lin, V.S.Y. and Wang, K. 2007. Mesoporous silica nanoparticles deliver DNA and chemicals into plants. Nature Nanotechnology, 2(5): 295-300. https://doi.org/10.1038/nnano.2007.108

Yazdani Biouki, R. and Rezvani Moghadam, P. 2012. Evaluation of germination characteristics of *Althea officinalis* L. under drought stress and salinity. Iranian Journal of Field Crops Research, 10(1): 1-10. [In Persian with English Summary].

Zakeri Anaraki, S. and Fallah Shamsi, S.R. 2014. An investigation on Persian oak (*Quercus brantii Lindl*) single tree defoliation mapping, using Rapideye and Aster-L1B satellite imageries. Iranian Journal of Forest, 5(4): 443-456. [In Persian with English summary].

Iranian Journal of Seed Research, 2022, 9(1): 177-188

Short Research Paper

The effect of carbon nanotubes, calcium chloride and potassium nitrate on germination traits of Iranian Oak seed (*Quercus brantii*)

Farhad Ghasemi Aghbash[1,*], Iman Pazhouhan[1], Zahra Rostami[2]

Extended Abstract

Introduction: Iranian oak has the largest forest habitat in the country and has a high position in terms of economy and protection. Recent studies have confirmed the positive effects of carbon nanotubes on the germination and organ growth of herbaceous and woody species. Nanotechnology is an evolving field in all periods of human life and various research is done to use nanomaterials in different fields. Nanotechnology can provide a good medium for the production of plants with suitable characteristics or provide better growth conditions for plants. The aim of this study was to investigate the effect of carbon nanotube treatments, calcium chloride 1% and potassium nitrate 1% on the germination traits of Iranian oak seed (*Quercus brantii* Lindl).

Materials and Methods: Treatments included carbon nanotubes at five levels (concentrations of 10, 25, 50, 75, and 100 mg/l) for six hours, 1% calcium chloride for 48 hours, potassium nitrate for hours 24 hours and control treatment, which were primed without using any materials and germination traits were tested on them.

Results: According to the results, carbon nanotubes affected germination traits, so that Iranian oak seeds at a concentration of 75 mg/l had the highest germination percentage and rate, and primed seeds with a concentration of 100 mg/l had the highest mean germination time. The lowest germination percentage, speed and mean germination time were related to control seeds.

Conclusion: The results showed that carbon nanotubes with 75 mg/l had the most positive effect on germination traits. Therefore, from an economic point of view, the use of this concentration is recommended for priming oak seeds.

Keywords: Germination percentage, Iranian oak, Nanopriming, Osmopriming

Highlights:

1- The germination characteristics of Iranian oak seeds were investigated using carbon nanotubes.
2- The effect of osmopriming and nanopriming on the germination of Iranian oak seeds was compared.

[1] Assistant Professor Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

[2] MS.c. Student of Forestry, Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

[*]Corresponding author, E-mail: f.ghasemi@malayeru.ac.ir

(Received: 10.06.2020; Accepted: 05.11.2021)

http://dorl.net/dor/20.1001.1.23831251.1401.9.1.10.1

DOI: 10.52547/yujs.9.1.177