



فصل نامه داروهای گیاهی

journal homepage: www.jhd.iaushk.ac.ir



اثر محیط‌های مختلف کشت بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیک به‌لیمو در شرایط کشت درون‌شیشه‌ای

حسن نورافکن^{۱*}، فاطمه سفیدکن^۲، سیدامیر موسوی^۳، مظفر شریفی^۴، احمد خلیقی^۱

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران؛

*مسئول مکاتبات (E-mail: hassannourafcan@gmail.com)

۲. موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، ایران؛

۳. پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری، تهران، ایران؛

۴. گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران؛

چکیده

شناسه مقاله

مقدمه و هدف: به‌لیمو با نام علمی *Lippia citriodora* H.B.K سال‌هاست به عنوان یک گیاه دارویی و معطر کشت شده و مورد مصرف قرار می‌گیرد. تکثیر جنسی به‌لیمو به علت عدم جوانه‌زنی بذر معمول نیست و تکثیر آن غیرجنسی انجام می‌شود. انتخاب محیط کشت مناسب یکی از ضرورت‌های موفقیت در کشت بافت است.

روش تحقیق: به منظور ارزیابی اثرات ۱۰ محیط کشت مورد استفاده در تحقیقات کشت بافت (۱- MS حاوی 3 mgL^{-1} BAP + 0.1 mgL^{-1} IBA + زغال فعال 1 gL^{-1})، ۲- MS حاوی 1 mgL^{-1} BAP + IBA + 0.5 mgL^{-1})، ۳- $1/2\text{MS}$ ، ۴- MS حاوی 5 mgL^{-1} BAP، ۵- MS حاوی 1 mgL^{-1} BAP + 0.5 mgL^{-1})، ۶- MS حاوی زغال فعال 1 gL^{-1})، ۷- MS حاوی 1 mgL^{-1} BAP + زغال فعال 1 gL^{-1})، ۸- MS حاوی 1 mgL^{-1} BAP + نیترات نقره 5 mgL^{-1})، ۹- MS حاوی نیترات نقره 5 mgL^{-1}) و ۱۰- شاهد (MS) بر صفات مورفوفیزیولوژیک به‌لیمو، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و سه ریزنمونه در هر تکرار انجام شد.

نتایج و بحث: نتایج اثرات مثبت 5 mgL^{-1} BAP و تا حدودی زغال فعال را بر بسیاری از شاخص‌های رشد نشان داد ولی برخلاف انتظار، نیترات نقره تأثیری روی کاهش پیری و نکروز برگ نشان نداد.

توصیه کاربردی / صنعتی: با توجه به یافته‌ها می‌توان محیط کشت چهارم (MS حاوی 5 mgL^{-1} BAP) را با داشتن بالاترین میزان از شاخص‌های وزن تر شاخساره، تعداد برگ، تعداد میانگره، تعداد شاخه، وزن تر ریشه، قطر کالوس و وزن خشک ریشه به عنوان محیط مناسب کشت بافت در شرایط آزمایشی اشاره شده انتخاب و معرفی نمود.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۲/۱۰/۱۷
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۳/۱/۱۸
نوع مقاله: علمی - پژوهشی
موضوع: بیوتکنولوژی گیاهان دارویی

کلید واژگان:

- ✓ به‌لیمو
- ✓ بنزیل آدنین
- ✓ کشت بافت
- ✓ گیاهان دارویی
- ✓ BAP

۱. مقدمه

تعداد بسیار زیادی گیاه دارویی یکنواخت به دست آورد (Hosseini 2014). در زمینه کشت درون شیشه‌ای و کشت بافت به‌لیمو، مطالعه‌های گوناگونی گزارش شده است. برخی از این مطالعات نشان از افزایش درصد برخی از ترکیبات مهم اسانس به‌لیمو در شرایط کشت درون‌شیشه‌ای با به کار بردن ترکیباتی از تنظیم‌کننده‌های رشد، محرک‌ها، پیش‌ماده‌ها و ... دارد (Severin 2001; Oladzad et al., 2013; Gupta et al., 2006). اما نکته حائز اهمیت در این مطالعات این است که اغلب، پاسخ‌هایی متفاوت و گاهی متناقض نسبت به اثر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی ارائه شده است. عوامل زیادی در پاسخ به کشت بافت و ریزازدیادی گیاهان موثرند، از جمله می‌توان به نوع ژنوتیپ، نوع ریزنمونه، دما، طول روز، شدت نور، pH محیط، منبع غذایی، تنظیم‌کننده‌های رشد و غیره اشاره کرد (Tripathi and Tripathi, 2003; Nalwade and Tsay, 2004; van Eck and Kitto, 1990). تحقیقات متعددی روی اثر مواد تنظیم‌کننده‌رشد روی به‌لیمو انجام شده است (؛ Oladzad et al., 2013; Gupta et al., 2006; Severin et al., 2001). سورین و هم‌کاران^۴ (۲۰۰۶) اثر غلظت‌های محیط کشت و مواد تنظیم‌کننده رشد را بر پرآوری قطعات گره‌ی مطالعه نموده و ۲۸ روز پس از کشت به این نتیجه رسیدند که میانگین تعداد شاخساره‌های تولیدی به قطعات گره‌ی در محیط کشت نیم غلظت MS^۵ فاقد تنظیم‌کننده رشد، بالاترین نسبت را داشته و در این تیمار شش شاخساره به ریزنمونه به‌دست آمد. گوپتا^۶ و همکاران (۲۰۰۱) اثر تنظیم‌کننده‌های رشد را بر ریزازدیادی گونه *L. alba* بررسی نمودند و بیشترین تعداد نوساقه-ها را در محیط MS حاوی پنج میلی گرم در لیتر BAP^۷ و بیشترین طول شاخساره را در محیط MS حاوی یک میلی گرم در لیتر BAP به‌دست آوردند. ایشان همچنین محیط کشت بدون تنظیم‌کننده رشد را مناسب‌ترین محیط برای ریشه‌زایی گزارش کردند. در تحقیقی اثر غلظت‌های مختلف هورمون‌های BAP و IBA^۸ بر ازدیاد درون شیشه‌ای به‌لیمو مطالعه شده و نتایج نشان داد بهترین تیمار جهت شاخه‌زایی، تیمار هورمونی حاوی سه میلی-

گیاه به‌لیمو^۱ با نام علمی *Lippia citriodora* H.B.K و نام‌های مترادف *Verbena citriodora*, *Aloysia citriodora* و *Verbena triphylla* L. می‌باشد (Mozaffariyan, 1999; Zargari, 1993; Portmann et al., 2012). به‌لیمو به عنوان یک گیاه دارویی، معطر و زینتی کشت می‌شود. این گیاه به علت خواص دارویی، عطر و طعم مطبوع آن وارد کشور شده و در مناطق شمالی کشور توسط شرکت‌های تولیدکننده گیاهان دارویی به صورت محدود کشت گردیده است ولی امروزه به علت زیبایی و عطر دلپذیری که دارد در غالب نواحی پرورش می‌یابد. برگ‌ها و اندام رویشی به‌لیمو دارای خاصیت تب‌بر، مسکن، ضد نفخ و کمک‌کننده به هضم غذا می‌باشد. چای به‌لیمو فوق‌العاده آرام‌بخش و تسکین‌دهنده اعصاب است و اخیراً نقش آن در پیشگیری و کنترل جهش‌ها و نقش آن به‌عنوان آنتی‌اکسیدان نیز مورد توجه قرار گرفته است (Zargari, 1993; Ghaemi et al., 2006; Moaveni, 2010; Rezaei and Kamkar, 2000; Sabeti, 2001; Kheiri et al., 2006; Oladzad et al., 2013; Shahhosseini et al., 2012; Shahhosseini and Omidbeigi, 2002; Severin et al., 2006; Catalan and de Lampasona, 2002). اسانس به‌لیمو یکی از گران‌ترین و نایاب‌ترین اسانس‌ها در بازار به شمار می‌رود (Severin et al., 2006). با توجه به اهمیت و کاربرد وسیع اسانس‌ها در زمینه‌های گوناگون و توجه جهانی به گیاهان حاوی اسانس، همچنین با توجه به مشکلات زراعی، تغییرات آب و هوایی، آفات و بیماری‌های گیاهی در زمینه استفاده از گیاهان دارویی از روش‌های دیگری جهت به دست آوردن موثر گیاهی می‌توان استفاده نمود. یکی از این روش‌ها کشت بافت^۲ گیاهان می‌باشد (Shams Ardakani et al., 2006). به دلیل توجه به جنبه-های مختلف کشت بافت گیاهان دارویی، بهینه نمودن این روش‌ها به‌عنوان ابزار مهم جهت مطالعه‌های بعدی مربوط به عوامل موثر در بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه و همچنین کاربرد آن‌ها در اصلاح گیاهان دارویی مطرح می‌باشد. تکنیک ریزازدیادی گیاهی دارای کاربردهای تجاری قابل توجهی است زیرا با این تکنیک می‌توان

4. Severin et al.
5. Murashige and Skoog
6. Gupta
7. banzyle amino purine
8. indole-3-butyric acid

1. lemon verbena
2. *Verbenaceae*
3. tissue culture

شیشه‌ای و یافتن بهترین تیمارها از اهداف این تحقیق به شمار می‌رود.

۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی گیاهان دارویی و آزمایشگاه کشت بافت و بیوتکنولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه اجرا شد. قلمه‌های ریشه‌دار به‌لیمو از پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی کرج تهیه و به گلخانه تحقیقاتی گیاهان دارویی دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه منتقل و درون گلدان کشت شدند. پس از این که گیاهان کشت شده در گلدان به اندازه کافی رشد کردند از هر گلدان تعدادی ساقه ترد و جوان دارای گره‌های سالم انتخاب و پس از حذف برگ‌ها، قلمه‌هایی با اندازه حدود پنج سانتی‌متر که دارای چند گره برگی بودند در زیر دستگاه هود لامینار ایرفلو^{۱۱} و در شرایط استریل ضدعفونی شدند (Mohebalipour, 2012). پس از ضدعفونی و شستشوی ریزنمونه‌ها در زیر هود، هر ریزنمونه با استفاده از اسکالپل و پنس استریل به قطعات حدود یک سانتی-متری طوری که هر قطعه دارای یک جوانه جانبی باشد، تقسیم شد. گره‌های حاصل از ساقه‌های جوان به عنوان ریزنمونه و به صورت عمودی در محیط‌های کشت پیشنهادی زیر کشت شدند.

محیط کشت یک: MS حاوی (3 mgL⁻¹ BAP + 0.1 IBA (mgL⁻¹ + زغال فعال (1 gL⁻¹) (Oladza et al., 2013)

محیط کشت دو: MS حاوی (1 mgL⁻¹ BAP + 0.5 IBA (mgL⁻¹ + زغال فعال (1 gL⁻¹) (Oladza et al., 2013)

محیط کشت سه: 1/2MS فاقد تنظیم کننده رشد (Severin et al., 2006)

محیط کشت چهار: MS حاوی (5 mgL⁻¹ BAP) (Gupta et al., 2001)

محیط کشت پنج: MS حاوی (1 mgL⁻¹ BAP) (Gupta et al., 2001)

محیط کشت شش: MS حاوی زغال فعال (1 gL⁻¹) (Oladza et al., 2013)

گرم در لیتر BAP در ترکیب با ۰/۱ میلی گرم در لیتر IBA می‌باشد. در این مطالعه برای افزایش رشد طولی گیاهچه‌ها در مرحله شاخه‌زایی، تیمار هورمونی یک میلی گرم در لیتر BAP در ترکیب با نیم میلی گرم در لیتر IBA همراه با یک گرم در لیتر زغال فعال توصیه شد. همچنین در تحقیقی بر روی گونه *L. junelliana* اثر BAP در غلظت ۴/۴ میکرومولار به تنهایی و یا در ترکیب با ۰/۰۴ میکرومولار IBA بر ریزازدیادی این گیاه بررسی شد. در مطالعه‌ای دیگر، اثر هورمون‌های BAP و NAA^۹ بر تکثیر و ریشه‌زایی گیاه دارویی و در حال انقراض *Lippia filifolia* بررسی شد. نتایج نشان داد که محیط کشت حاوی ۴/۵ میکرومولار BAP به همراه ۵۴ نانومولار NAA بیشترین درصد نوشاخه‌ها را القاء نموده است (Oladza et al., 2013). در مطالعه‌ای بر روی ریزازدیادی نوعی شاه‌پسند^{۱۰} نشان داده شد که با استفاده از قطعات گره‌ی در محیط کشت MS حاوی ۷/۵ میکرومولار BA و ۰/۰۰۵ میکرومولار NAA القاء پرآوری شاخساره صورت می‌گیرد (Braga et al., 2012). تغییر ترکیب مواد غذایی محیط کشت نیز می‌تواند به صورت جدی منحنی رشد گیاه و تولید متابولیت‌های ثانویه را تحت تاثیر قرار دهد (Firoozi, 2009). بسیاری از اجزای محیط کشت از عوامل مهم در رشد و تولید متابولیت‌های ثانویه می‌باشند (Dehghan et al., 2010). علاوه بر مواد غذایی، یک یا چند تنظیم کننده رشد گیاهی برای رشد بهتر بافت‌ها و اندام‌ها ضروری هستند و مقدار نیاز به ماده رشد گیاهی به نوع بافت، مقدار هورمون درون‌زا و هدف کشت درون شیشه‌ای بستگی دارد. در کشت‌های درون شیشه‌ای، اکسین‌ها (IAA, IBA, NAA, 2,4-D, 2,4,5-T) و سایتوکنین‌ها (BAP)، TDZ, Kin, 2-ip و زآتین کاربرد فراوانی دارند. این ترکیبات هورمونی می‌توانند واکنش‌های مورفولوژیک فراوانی را در گیاهان باعث شوند (Nouroozi, 2007). استفاده از زغال فعال در محیط کشت، اثرهای سودمندی در جنین‌زایی سوماتیکی، کشت بساک، جوانه‌زنی بذر و ریشه‌زایی دارد (Montazeri et al., 2011). انتخاب روش موثری از کشت بافت جهت تکثیر آسان برای به دست آوردن گیاهان عاری از بیماری و یکسان از نظر ژنتیکی و مقایسه محیط کشت بر خصوصیات رشدی به‌لیمو در شرایط کشت درون-

9. naphthaleneacetic acid

10. *Verbena litoralis* Kunth

11. laminar airflow hood

در کشت درون شیشه‌ای گیاهان عالی، تنظیم کننده‌های رشد، مخصوصاً اکسین‌ها و سیتوکینین‌ها، خیلی بارز هستند. در واقع، می‌توان گفت که غالب کشت درون شیشه‌ای بدون وجود تنظیم کننده‌های رشد، غیرممکن است. تصمیم در مورد افزودن اکسین و یا سیتوکینین به محیط کشت جهت رشد و یا تقسیم سلولی، بستگی به نوع قلمه و گونه‌های گیاهی دارد. به عنوان مثال، قلمه‌هایی که خودشان اکسین کافی تولید می‌کنند، به اکسین اضافی برای رشد و یا تقسیم سلولی نیاز ندارند. همچنین در مورد قلمه‌هایی که سیتوکینین کافی دارند، به سیتوکینین اضافی برای افزودن به محیط کشت، نیازی نیست (Yang and Sung, 2002). برای بررسی پاسخ به کشت بافت گیاه بادرنجبویه^{۱۲}، اثر تنظیم کننده‌های رشد IAA، NAA، IBA، BAP و کینتین بر انواع ریزنمونه^{۱۳} (گره‌ها، شاخساره، میان‌گره، ریشه و برگ) مورد ارزیابی قرار داده شد. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که افزودن سیتوکینین‌ها (کینتین و BAP) منجر به افزایش تولید شاخساره گردید. در این مطالعه محیط حاوی یک میلی‌گرم در لیتر کینتین به همراه نیم تا یک میلی‌گرم در لیتر NAA بهترین محیط جهت ریززادگی بادرنجبویه تشخیص داده شد (Mohebalipour, 2012). محیط کشت چهار با داشتن بیشترین BAP مصرفی باعث افزایش تعداد شاخه در به‌لیمو شده است.

یون نقره به فرم نیترات مانند نیترات‌نقره (AgNO₃) نقش مهمی در رویان‌زایی سوماتیکی^{۱۴}، تشکیل ساقه و ریشه دارد. نیترات‌نقره به عنوان بازدارنده فعالیت اتیلن شناخته می‌شود. یون نقره توانایی مسدود نمودن فعالیت اتیلن خارجی در فعالیت‌هایی مانند ریزش برگ، پیری و بازدارندگی رشد را دارد. نیترات‌نقره با داشتن برخی صفات مانند قابلیت دسترسی آسان، حل شدن در آب و پایداری، کاربردهای متنوع مفیدی در تنظیم رشد گیاهی و ریخت‌زایی^{۱۵} در شرایط درون و برون شیشه‌ای دارد (Kumar et al., 2009).

محیط کشت هفت: MS حاوی BAP (1 mgL⁻¹) + زغال فعال (1 gL⁻¹) (Oladzed et al., 2013)
 محیط کشت هشت: MS حاوی BAP (1 mgL⁻¹) + نیترات‌نقره (5 mgL⁻¹) (Turhan, 2004; Gupta et al., 2001)
 محیط کشت نه: MS حاوی نیترات‌نقره (5 mgL⁻¹) (Turhan, 2004)
 محیط کشت ده: MS (Gupta et al., 2001)

ریزنمونه‌ها در بطری‌های شیشه‌ای ۲۰۰ میلی‌لیتری کاشته شده و سپس در اتاقک رشد به مدت ۳۰ روز در شرایط دمایی ۲۵ درجه سلسیوس و روشنایی ۱۶ و تاریکی ۸ ساعت نور مهتابی برای تولید گیاهچه‌های سالم و عاری از میکروارگانیسم‌ها نگهداری شدند. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و هر تکرار شامل سه بطری شیشه‌ای بوده و در هر واحد آزمایشی (بطری شیشه‌ای) سه عدد ریزنمونه کشت شد. در پایان آزمایش، صفات مورفولوژیکی مانند طول ریشه و شاخساره (با خط‌کش برحسب میلی‌متر)، تعداد برگ، ریشه و شاخساره، تعداد گره در بلندترین شاخساره، وزن تر و خشک ریشه و شاخساره (با استفاده از ترازوی دقیق تا چهار رقم اعشار)، تعداد برگ نکرز، شاخص کلروفیل (SPAD) و قطر کالوس ریزنمونه‌ها اندازه‌گیری و میانگین گرفته شد. داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ تجزیه و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال یک درصد صورت گرفت.

۳. نتایج و بحث

جدول تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تمامی صفات مورد ارزیابی نشان داد که بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد اختلاف آماری معنی‌داری وجود دارد (جدول ۱). نتایج به‌دست آمده نشان داد که شاخص کلروفیل در محیط‌های کشت ۲، ۳، ۴، ۶، ۷، ۹ و ۱۰، وزن تر شاخساره در ۴ و ۵، تعداد برگ در ۴ و ۸، بلندترین ریشه در ۲، ۳، ۵، ۶، ۷، ۹ و ۱۰، تعداد ریشه در ۳، ۶، ۷ و ۱۰، تعداد میانگره در ۴ و ۸، تعداد شاخه در ۴ و ۸، وزن تر ریشه در ۴، ۵ و ۹، قطر کالوس در ۴ و ۵، وزن خشک ریشه در ۴ و ۱۰، وزن خشک ساقه در ۷ و ۱۰ و برگ نکرز در ۲، ۴، ۶، ۸، ۹ و ۱۰ در بالاترین سطح آماری قرار دارند (جدول ۲ و ۳).

12. *Melissa officinalis* L.
 13. explant
 14. somatic embryogenesis
 15. morphogenesis

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر محیط‌های مختلف کشت بر شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک به لیمو

| S.O.V. | D.F. | Mean of squares | | | | | | | | | | | | |
|----------|------|------------------------|---------------|-----------------|----------------------|-------------------|------------------------|---------------|--------------|-------------|-----------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| | | Fresh weight of shoots | No. of leaves | Plantlet height | Index of chlorophyll | No. of internodes | No. of necrotic leaves | No. of shoots | No. of roots | Root length | Fresh weight of roots | Diameter of callus | Dry weight of roots | Dry weight of shoots |
| medium | 9 | 1566.5** | *34.7* | **933.9 | **92 | **5.5 | **4.7 | **0.9 | **21.9 | *30.4* | *154.3* | **5.6 | *6.4* | 55.5** |
| error | 20 | 133.44 | 4.72 | 36.21 | 8.26 | 1.54 | 0.9 | 0.15 | 0.89 | 2.22 | 10.56 | 0.27 | 0.44 | 8.75 |
| C.V. (%) | | 17.1 | 16.25 | 16.15 | 15.04 | 22.95 | 29.8 | 24.1 | 23.9 | 29.51 | 18.86 | 23.29 | 22.9 2 | 24.9 7 |

ns: غیر معنی دار، * و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۲. اثر محیط‌های مختلف کشت روی ویژگی‌های اندام هوایی به لیمو.

| Medium number | Fresh weight of shoot | Number of leaves | Plantlet height | Index of chlorophyll | Number of internodes | Number of necrotic leaves | Number of shoot | Dry weight of shoot |
|---------------|-----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|--------------------|----------------------|
| 1 | 39.38 ^e | 10.33 ^c | 19.23 ^{de} | 17.07 ^b | 3.9 ^c | 2.2 ^{bcd} | 1.67 ^{bc} | 7.97 ^d |
| 2 | 39.12 ^e | 11.13 ^c | 28.67 ^d | 22.3 ^{ab} | 4.1 ^c | 4.67 ^a | 1 ^c | 7.08 ^d |
| 3 | 60.79 ^{de} | 10.30 ^c | 44.2 ^c | 25.23 ^a | 4.23 ^c | 1.1 ^d | 1.23 ^{bc} | 7.08 ^d |
| 4 | 108.42 ^a | 20.77 ^a | 12.5 ^e | 11.1 ^c | 8.33 ^a | 3.2 ^{abc} | 2.47 ^a | 12.2 ^{bcd} |
| 5 | 93.33 ^{ab} | 12.43 ^c | 29.4 ^d | 18.01 ^b | 5.33 ^{bc} | 1.8 ^{cd} | 1.77 ^b | 12.03 ^{bcd} |
| 6 | 55.05 ^{de} | 13.23 ^c | 42.3 ^c | 22.44 ^{ab} | 5.33 ^{bc} | 4 ^{ab} | 1 ^c | 10.2 ^{cd} |
| 7 | 52.80 ^{de} | 11.09 ^c | 49.8 ^{bc} | 23.88 ^a | 4.67 ^{bc} | 2.5 ^{bcd} | 1.2 ^{bc} | 16.47 ^{ab} |
| 8 | 68.03 ^{cd} | 17.55 ^{ab} | 22.57 ^{de} | 8.47 ^c | 6.77 ^{ab} | 4.9 ^a | 2.57 ^a | 9.68 ^{cd} |
| 9 | 85.23 ^{bc} | 14.43 ^{bc} | 56.53 ^b | 20.3 ^{ab} | 5.57 ^{bc} | 3.97 ^{ab} | 1.74 ^{bc} | 14.68 ^{bc} |
| 10 | 73 ^{bcd} | 12.33 ^c | 67.43 ^a | 22.3 ^{ab} | 5.9 ^{bc} | 3.57 ^{ab} | 1.57 ^{bc} | 20.48 ^a |

جدول ۳. اثر محیط‌های مختلف کشت روی ویژگی‌های ریشه به لیمو.

| Medium number | Fresh weight of root | Root length | Diameter of callus | Number of root | Dry weight of root |
|---------------|----------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| 1 | 15.17 ^c | 1.57 ^b | 3.03 ^{bc} | 1.9 ^c | 2.08 ^{de} |
| 2 | 9.77 ^{cd} | 6.87 ^a | 1.23 ^d | 3.77 ^b | 1.07 ^e |
| 3 | 14.2 ^c | 7.57 ^a | 0.57 ^{de} | 7 ^a | 1.62 ^e |
| 4 | 28.2 ^a | 0 ^b | 4.3 ^a | 0 ^d | 5.31 ^a |
| 5 | 25.03 ^{ab} | 7.2 ^a | 3.67 ^{ab} | 3.3 ^{bc} | 3.77 ^{bc} |
| 6 | 10.87 ^{cd} | 6.27 ^a | 1.27 ^d | 6.2 ^a | 1.5 ^e |
| 7 | 7.8 ^d | 6.3 ^a | 0.23 ^e | 7.3 ^a | 2.09 ^{ed} |
| 8 | 14.67 ^c | 0 ^b | 3.29 ^{bc} | 0 ^d | 2.88 ^{cd} |
| 9 | 24.53 ^{ab} | 7.03 ^a | 2.5 ^c | 3.9 ^b | 3.78 ^{bc} |
| 10 | 22.03 ^b | 7.6 ^a | 2.33 ^c | 5.9 ^a | 4.79 ^{ab} |

انتخاب محیط کشت مناسب یکی از ضرورت‌های موفقیت در کشت بافت است. یکی از محیط‌های کشت بافت گیاهی که اکثر مواد مورد نیاز گیاهان را دارا می‌باشد و در بسیاری از تحقیقات از آن استفاده شده و نتایج رضایت‌بخشی به دنبال داشته است، محیط کشت موراشیگ و اسکوگ (MS) می‌باشد. محیط کشت مناسب برای رشد، تقسیم و تمایز سلول‌های ریز نمونه ضروری است که دارای آب، مواد غذایی و ویتامین‌ها به عنوان تنظیم کننده فعالیت‌های متابولیکی سلول‌ها و سایر موادی باشد که سبب تسریع رشد ریزنمونه می‌گردد (Bagheri and Saffari, 2002). با توجه به یافته‌های حاصل از این پژوهش، می‌توان محیط کشت چهارم (MS) حاوی BAP (5 mgL^{-1}) (Gupta et al., 2001) را با داشتن بالاترین میزان از شاخص‌های وزن تر شاخساره، تعداد برگ، تعداد میانگره، تعداد شاخه، وزن تر ریشه، قطر کالوس و وزن خشک ریشه به عنوان محیط مناسب کشت در شرایط آزمایشی اشاره شده انتخاب و معرفی نمود.

نیترات نقره به تنهایی در محیط کشت ۹ روی ریشه اثر مثبتی را نشان داده ولی بر خلاف انتظار اثر چندانی روی ریزش و پیری برگ نداشته و در هر دو تیمار حاوی نقره برگ نکرده در بالاترین میزان قرار دارد.

حضور زغال فعال در محیط کشت با جذب اتیلن محیط و محدود کردن اثرهای زیان‌بار فنل‌های اکسید شده و آزاد شده توسط بافت گیاهی، باعث افزایش تعداد برگ و طول ساقه و کیفیت گیاهچه می‌شود. زغال فعال فیتوهورمون‌های اضافی و دیگر مواد ساخته شده در محیط را که مانع ریشه‌زایی می‌شوند جذب می‌کند و همچنین یک محیط تاریک شبیه به شرایط محیط طبیعی گیاه را فراهم می‌کند. همچنین تغییر pH محیط به یک سطح بهینه، جذب ناخالصی‌های آگار و مواد شیمیایی بازدارنده رشد که در زمان اتوکلاو توسط دهیدراسیون ساکارز تولید می‌شوند، از اثرهای دیگر زغال فعال است (Montazeri et al., 2011). تاثیر مثبت زغال فعال را می‌توان در محیط‌های کشت ۲ و ۶ روی بهبود خصوصیات ریشه مشاهده نمود.

۴. نتیجه گیری

- Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants.*, 26 (4): 583-595. (In Persian).
- Mozaffariyan, V. 1999. *Dictionary of Iranian Plant Names*. Second Edition. Farhang Moaser press. pp. 596. (In Persian).
- Nouroozi, P. 2007. *Direct regeneration from Hyacinth bulbs explants of two varieties (Atlantic and Carnegie) in vitro conditions*. M.Sc. thesis. Horticultural Science department. University of Tehran. Pp: 111. (In Persian).
- Oladzad, A., Qaderi, A., Naqdi badi, H.A. and Zare karizi, A.R. 2013. Rapid propagation of Lemon verbena (*Lippia citriodora* H.B.K.) by *in vitro* culture. *Journal of Medicinal Plants.*, 11(2): 145-153. (In Persian).
- Rezaei, M.B. and Kamkar, J. 2000. Investigation of chemical composition of lemon verbena essential oils. *Pajooheh and Sazandegi in agriculture and Horticulture.*, 14(2): 13-15. (In Persian)
- Sabeti, H. 2001. *Iranian Forests, trees and shrubs*. Yazd university press. Pp. 806. (In Persian).
- Shahhosseini, R. and Omidbeigi, R. 2002. Evaluation of essential oil content and composition of Lemon verbena under organic. Seventh Congress of Horticultural Sciences. Pp: 2517-2519. (In Persian).
- Shahhosseini, R., Ghorbani, H., Saleh, R. and Omidbeigi, R. 2012. Quantitative and qualitative evaluation of essential oil of lemon verbena seeds. *Journal of Plant Production research.*, 17(4): 91-96. (In Persian).
- Shams Ardakani, M.R., Haji Akhoondi, E., Jamshidi, A.H. and Mohammad Rafiee, P. 2006. Production and maintenance of plant cell cultures and comparison metabolites produced in callus and whole plant. *Journal of Medicinal Plants.*, Fifth year. Volume 17. Pp. 21-26. (In Persian).
- Zargari, E. 1993. *Medicinal plants*. University of Tehran press. Fifth Edition. Volume 6. Pp. 711-714. (In Persian).
- Kumar, V., Parvatam, G. and Ravishankar, G.A. 2009. AgNO₃ - a potential regulator of ethylene activity and plant growth modulator. *Electronic Journal of Biotechnology.*, 2(2): 1-15.
- Yang, C. and Sung, F. 2002. Effect of gibberellic acid and dormancy-breaking chemicals on flower development of *Rhododendron pulchrum* sweet and *R. scabrum* Don. *Scientia Horticulturae.*, 83: 331-337.
- Bagheri, E. and Saffari, M. 2002. *Principles of plant tissue culture*. University of Ferdowsi Mashhad press. pp. 406. (In Persian).
- Dehghan, A., Ebadi, M.T., Naghdi badi, H.A., Shahriyari, F., Azizi, M. and Asghari, GH. 2010. An overview of the techniques in the production of tropane alkaloids. *Journal of Medicinal Plants.*, Year 9. 1(32): 149-164. (In Persian).
- Firoozi, A. 2009. *Suspension cultures of the herb milk thistle, Evaluation of silymarin production and use of somaclonal variation by ISSR*. M.Sc. Thesis of Agricultural Biotechnology. Colleague of Agriculture. Tabriz University. Pp. 130. (In Persian).
- Ghaemi, E., Khorshidi, D., Moradi, A., Seifi, A., Mazendrani, M. and Bazouri, M. 2006. The Effect of Ethanol Extract of Lemon verbena on the Skin Infection due to *Staphylococcus aureus* in an Animal Model. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants.*, 22(3): 242-249. (In Persian).
- Hosseini hashemzadeh, H., Mohebalipour, N. and Nourafcan, H. 2014. *Surface disinfection effect of different treatments on the growth of Stevia (Stevia rebaudiana Bert.) explants in vitro condition*. First National Conference on Medicinal Plants and sustainable agriculture. Hamadan. Pp. 10. (In Persian).
- Kheiri, H., Safi khani, K. and Barati, E. 2006. *Planting method of yield of Lemon verbena in Hamadan. Proceedings of the National Conference on the Sustainable Development of Medicinal Plants*. Research Institute of Forests and Rangelands press. Pp: 249-250. (In Persian).
- Moaveni, P. 2010. *Medicinal plants*. Volume I. Islamic Azad University – Shahre Qods Branch press. Pp: 398. (In Persian).
- Mohebalipour, N. 2012. *Effect of growth regulators on Citral of Melissa ecotypes in vitro condition and evaluation of Genetic structure by ISSR markers*. PhD thesis if plant breeding. Colleague of Agriculture. Tabriz University. Pp: 166. (In Persian).
- Montazeri, F., Omidi, M. and Imani, N. 2011. Comparing various methods of seed and embryo culture and charcoal effect in optimizing *in vitro* culture of Galbanum (*Ferula gummosa* Boiss.).

- Portmann, E., Lopez Nigro, M.M., Reides, C.G., Liesuy, S., Ricco, R.A., Wagner M.L., Gurni, A.A. and Carballo, M.A. 2012. Aqueous extracts of *Lippia turbinata* and *Aloysia citriodora* (Verbenaceae): assessment of antioxidant capacity and DNA damage. *International journal of toxicology.*, 00(0)1-11.
- Severin, C., Bruzzese, D., Di Sapio, O., Gattuso, M. and Gattuso, S. 2006. Evaluation of *in vitro* behaviour of *Aloysia citriodora* Palau: histological and chemical study. *Molecular medicinal chemistry.*, Vol.11: 19-20.
- Catalan, C.A.N. and de Lampasona, M.E.P. 2002. *The chemistry of the genus Lippia (Verbenaceae)*. In S.E. Kintzios, (ed.) *Oregano: The genera Origanum and Lippia*, Taylor and Francis; London 127-149.
- Gupta, S.K., Khanuja, S.P.S. and Kumar, S. 2001. *In vitro* micropropagation of *Lippia alba*. *Current Science.*, 81(2): 210-206.
- Tripathi, L. and Tripathi, J.N. 2003. Role of biotechnology in medicinal plants. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research.*, 2: 243-253.
- Nalwade, S.M., and Tsay, H.S. 2004. *In vitro* propagation of some important Chinese medicinal plants and their sustainable usage. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant.*, 40: 143-154.
- Van Eck, J.M. and Kitto, S.L. 1990. Callus initiation and regeneration in *Mentha*. *HortScience.*, 25(7): 804-806.
- Braga, V.F., Mendes, G., Oliveira, R.T.R., Soares, C.Q.G., Resende, C.F., Pinto, L.C., Santana, R.D., Viccini, L.F., Raposo, N.R.B. and Peixoto, P.H.P. 2012. Micropropagation, antinociceptive and antioxidant activities of extracts of *Verbena litoralis* Kunth (Verbenaceae). *Anais da academia brasileria deciecias.*, 84(1):139-147.
- Turhan, H. 2004. The effect of silver nitrate (ethylene inhibitor) on *in vitro* shoot development in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Biotechnology.*, 3(1): 72-74.