



Evaluating callus formation of *Cynara scolymus* L. affected by growth regulators NAA and 2,4-D

Ali Mohammadkhani^{1*} , Bahram Maleki Zanjani^{2*} , Ali Ammarellou³

1*. Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

2*. Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

3. Research Institute of Modern Biological Techniques, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

ARTICLE INFO

Article history

Submitted: 2025-10-25

Revised: 2026-06-20

Accepted: 2026-07-18

KEYWORDS

Artichoke, Hormone, Explant, Medicinal plant .

ABSTRACT

Medicinal plants are used in various cosmetic, food, pharmaceutical, and medical industries. Artichoke (*Cynara scolymus* L.) is a perennial medicinal plant that has antioxidant, anticancer, antiinflammatory, antimicrobial, lipid-lowering, and heart and liver-protecting properties due to its phenolic compounds (such as cynarin and caffeoylquinic), flavonoids, inulin, and volatile organic compounds (e.g., methyl salicylate, camphene, and alpha-terpinene). Tissue culture of medicinal plants is widely used to produce secondary metabolites. This study investigated the callus formation of artichoke from explants (leaflet, crown, and rootlet) in culture medium containing NAA (0, 3, and 6 mg L⁻¹) and 2,4-D (0, 0.5, and 1 mg L⁻¹) hormones. The results showed that callus formation occurred in all cultured explants. According to the results of callus weight and dimensions, the best explant for producing callus was the rootlet, and the leaflet had the weakest callus formation. Considering the largest callus dimensions (average 14.3 cm) in rootlet explants cultured in medium containing 6 mg L⁻¹ NAA, rootlet explants and NAA hormone can be suggested for optimizing artichoke tissue culture and callus formation.

* Corresponding author: Ali Mohammadkhani

✉ E-mail: mohammadkhaniali1364@gmail.com





^۱. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

^۲. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

^۳. گروه پژوهشی زیست فناوری، پژوهشکده فناوری‌های نوین زیستی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۴-۰۸-۰۳

بازنگری: ۱۴۰۵-۰۳-۳۰

پذیرش: ۱۴۰۵-۰۴-۲۷

واژگان کلیدی:

آرتیشو، هورمون، ریزنمونه، گیاه دارویی.

چکیده: گیاهان دارویی در صنایع مختلف آرایشی، غذایی، داروسازی و پزشکی کاربرد دارند. کنگر فرنگی (*Cynara scolymus* L.) گیاه چند ساله دارویی است که به دلیل داشتن ترکیبات فنلی (مانند سیننارین و کافئویل-کونینیک)، فلاونوئیدها، اینولین و مواد آلی فرار (مثل متیل سالیسیلات، کامفن و آلفا-ترپینن) دارای خواص آنتی-اکسیدانی، ضد سرطانی، ضد التهابی، ضد میکروبی، کاهنده چربی و محافظت از قلب و کبد است. کشت بافت گیاهان دارویی جهت تولید متابولیت‌های ثانویه به‌طور گسترده‌ای به‌کار برده می‌شود. در این تحقیق کالوس‌زایی کنگر فرنگی از ریزنمونه‌ها (برگچه، طوقه‌چه و ریشه‌چه) را در محیط کشت حاوی هورمون‌های NAA (صفر، ۳ و ۶ میلی‌گرم در لیتر) و D-۲،۴ (صفر، ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم در لیتر) بررسی شد. نتایج نشان داد که در همه ریزنمونه‌های کشت شده کالوس‌زایی انجام شد. طبق نتایج وزن و ابعاد کالوس، بهترین ریزنمونه جهت تولید کالوس ریشه‌چه بود و برگچه ضعیف‌ترین کالوس‌زایی را داشت. با توجه به بیشترین ابعاد کالوس (میانگین ۳/۱۴ سانتی‌متر) در ریزنمونه ریشه‌چه کشت شده در محیط حاوی ۶ میلی‌گرم در لیتر NAA، می‌توان ریزنمونه ریشه‌چه و هورمون NAA را جهت بهینه‌سازی کشت بافت کنگر فرنگی و کالوس‌زایی پیشنهاد کرد.

E-mail: Mohammadkhaniali1364@gmail.com

Journal homepage: jmpb.znu.ac.ir

*نویسنده مسئول: علی محمدخانی



مقدمه

گیاهان دارویی متابولیت‌های ثانویه (مثل ترپن‌ها، فنول‌ها و آلکالوئیدها) را سنتز می‌کنند که اجزای ارزشمندی برای تولید داروها، طعم‌دهنده‌ها، رنگ‌ها، عطرها و آفت‌کش‌ها هستند. با ظهور رنسانس گیاهی، وابستگی به گیاهان دارویی در تمام حوزه‌ها به عنوان ماده اولیه برای داروهای گیاهی، مواد مغذی، فرآورده‌های آرایشی و بهداشتی، افزایش یافته است (Husen and Pant, 2024). کنگرفرنگی (*Cynara scolymus* L.) گیاه دارویی چندساله از خانواده کاسنیان است. برگ این گیاه حاوی میزان بالایی از مواد فعال دارویی، مانند اسیدهای فنلی (عمدتاً سینارین، کلوروژنیک‌اسید و کافئیک‌اسید) و فلاونوئیدها (شامل اسکولیموساید، لوتئولین گلیکوساید و اینولین) است که برای خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضد میکروبی، ضدسرطانی، ضدآی‌وی، محافظت از قلب و کبد و کاهش چربی، بسیار مؤثر هستند (Gostin and Waisundara, 2019).

افزایش تقاضا برای متابولیت‌های مهم دارویی از گیاهان، تمرکز تحقیقات را به سمت کشت بافت گیاهی معطوف کرده است (Fatima et al., 2023). تکنیک کشت بافت نه تنها برای تکثیر گسترده گیاهان دارویی در فضا و زمانی محدود، بلکه برای حفاظت، ذخیره‌سازی طولانی‌مدت، بهبود ژنتیکی و تولید متابولیت‌های ثانویه نیز بسیار سودمند بوده است (Husen and Pant, 2024). ترکیب محیط کشت باید تمام نیازهای رشد سلول را تأمین کند و بسته به نوع بافت گیاهی یا سلول مورد کشت می‌تواند متفاوت باشد. محیط کشت مناسب حاوی املاح معدنی (عناصر میکرو و ماکرو)، ویتامین‌ها، مکمل‌های آلی، فیتوهورمون‌ها، منبع کربن و ماده‌ای جامدکننده (مانند آگار) است (Murashige and Skoog, 1962). ترکیب مناسب محیط کشت از مؤثرترین عوامل رشد و تمایز کالوس و تولید متابولیت‌های ثانویه است (Joshaghani et al., 2014). در هورمون‌ها، اکسین‌ها برای تقویت تشکیل کالوس و سیتوکینین‌ها برای تحریک تقسیم سلولی و تسریع روند رشد کالوس استفاده می‌شوند (Ozsan and Onus, 2020). اکسین‌های نوع NAA و 2,4-D و سیتوکینین‌های نوع کینتین و ۶-بنزیل‌آمینوپورین، بیشترین کاربرد را برای تهیه محیط کشت بافت دارند و استفاده از آن‌ها با غلظت‌های مختلف برای القای کالوس در بسیاری از مطالعات گزارش شده است (Joshaghani et al., 2014; Farhan et al., 2018).

ریزازدیادی کنگرفرنگی راهکاری جایگزین برای تولید مواد رویشی سالم، باکیفیت و یکنواختی در مقیاس بزرگ است. تکثیر کنگرفرنگی در شرایط آزمایشگاهی با تمرکز بر ترکیب محیط، تنظیم‌کننده‌های رشد، ژنوتیپ‌ها و نوع ریزنمونه‌ها در چندین مطالعه گزارش شده است (Iapichino, 2013; Farhan et al., 2018; Ozsan and Onus, 2020). کنگرفرنگی به شدت هتروزیگوت است و نگهداری ژرمپلاسم آن به شکل بذر محدود است. از این رو، استفاده از کشت بافت گیاهی می‌تواند راهکار قابل اعتمادی را برای حمایت از بهره‌برداری و حفاظت از تنوع زیستی کنگرفرنگی فراهم کند (Bekheet and Sota, 2019). با توجه به اهمیت کنگرفرنگی به عنوان گیاه دارویی حاوی متابولیت‌های ثانویه باارزش در حوزه غذا و دارو و محدود بودن مطالعات انجام‌شده در ایران درباره اثر هورمون‌ها بر کالوس‌زایی این گیاه، تحقیق حاضر به بررسی کالوس‌زایی ریزنمونه‌های مختلف کنگرفرنگی در محیط‌های حاوی غلظت‌های مختلف NAA و 2,4-D پرداخته است.

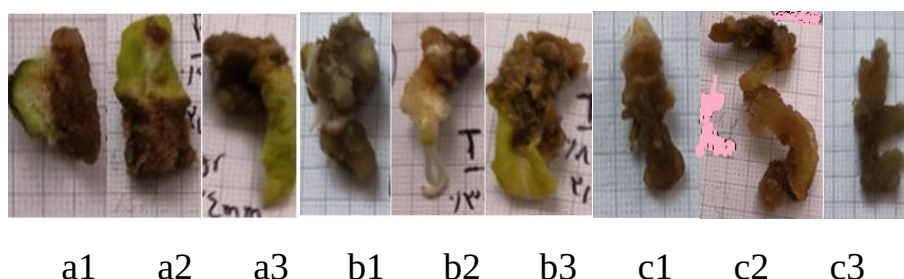
مواد و روش‌ها

بذرهای کنگر فرنگی از مرکز ملی ذخایر ژنتیک ایران، بخش بانک گیاهی، با کد هرباریومی ART.1401.2، تهیه گردید. این آزمایش داخل اتاقک کشت مجهز به هود لامینار ایرفلو واقع در آزمایشگاه پژوهشکده بیوتکنولوژی دانشگاه زنجان انجام شد. محیط کشت MS حاوی ۳۰ گرم در لیتر ساکارز به عنوان منبع کربن و ۹ گرم در لیتر آگار طبق استاندارد تهیه گردید (Murashige and Skooge, 1962). استریل کردن محیط کشت با دستگاه اتوکلاو در دمای ۱۱۱ درجه سانتی‌گراد، فشار ۱/۵ بار و مدت زمان ۲۰ دقیقه انجام شد. برای تهیه ریزنمونه‌های بذری، بذرهای کنگر فرنگی (ضد عفونی با الکل ۷۰ درصد برای ۵ دقیقه و سپس هیپوکلرید سدیم ۲/۵ درصد به مدت ۲۰ دقیقه انجام شد و در انتها به مدت ۳ دقیقه با آب مقطر استریل آبکشی صورت گرفت) در پتری‌های استریل حاوی محیط کشت MS جوانه‌دار شدند و حدود ۲۱ روز پس از تاریخ کشت بذرها، برگچه، طوقه‌چه و ریشه‌چه آن‌ها به عنوان ریزنمونه با ابعاد ۰,۵ در ۰,۵ سانتی‌متر جدا شدند. سپس ریزنمونه‌ها تحت شرایط استریل به محیط کشت MS حاوی غلظت‌های مختلف هورمون‌های NAA و 2,4-D و دارای pH=۵/۸ منتقل شدند. پس از آن، انکوباسیون در تاریکی و دمای ۲۳ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل سه عاملی با طرح پایه کاملاً تصادفی (۲۷ تیمار و ۳ تکرار) اجرا شد. عامل اول، ریزنمونه‌های مختلف (برگچه، طوقه‌چه و ریشه‌چه) بود. عامل دوم و سوم، به ترتیب هورمون NAA (صفر، ۳ و ۶ میلی‌گرم در لیتر) و هورمون 2,4-D (صفر، ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم در لیتر) بودند. بعد از حدود ۲ هفته درجه‌بندی کالوس‌ها ثبت گردید و صفات وزن کالوس توسط ترازوی دیجیتالی و اندازه کالوس تشکیل شده با کولیس اندازه‌گیری شدند.

داده‌های مربوط به وزن و ابعاد کالوس بر مبنای آزمایش فاکتوریل سه عاملی (۳×۳×۳) با طرح پایه کاملاً تصادفی در ۳ تکرار با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTSTC، تجزیه و تحلیل شدند. مقایسه میانگین به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج

نتایج ارزیابی ریزنمونه‌های کشت شده نشان داد که کالوس پس از گذشت ۱۰ روز در محیط‌های کشت مشاهده گردید. در همه ریزنمونه‌های کشت شده، کالوس‌زایی انجام شد. بعد از ۵۲ روز از کشت در شرایط تاریکی، کالوس‌ها به وفور در ریزنمونه‌ها دیده شدند. برای کالوس هریک از ریزنمونه‌ها، درجه کالوس بر اساس اندازه آن تعیین گردید. میزان کالوس‌زایی هر سه ریزنمونه در شکل ۱ نشان داده شده است. همه کالوس‌های تشکیل شده از نوع نرم بودند.



شکل ۱- نمونه‌هایی از کالوس‌زایی در ریزنمونه ریشه‌چه (a1, a2, a3) و طوقه‌چه (b1, b2, b3) و برگچه (c1, c2, c3) کنگر فرنگی به ترتیب از سمت چپ به راست

ارزیابی کالوس‌زایی *Cynara scolymus* L. تحت تاثیر تنظیم کننده های رشد شامل: NAA و D-2,4 / محمدخانی؛ علی. ملکی زنجانی؛ بهرام، عمارلو؛ علی.

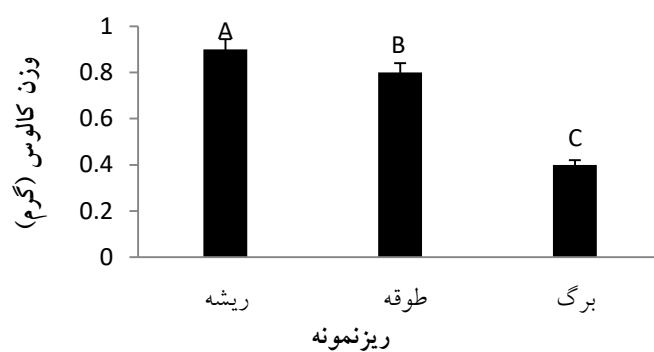
نتایج تجزیه واریانس وزن کالوس نشان داد که بین ریزنمونه‌ها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. بین سطوح مختلف هورمون‌های NAA و 2,4-D و ریزنمونه، اختلاف غیرمعنی‌دار است؛ بدین معنی که غلظت‌های مختلف هورمون‌ها بر کالوس‌زایی و وزن کالوس تأثیری نداشتند (جدول ۱). طبق نتایج تجزیه واریانس ابعاد کالوس مشخص شد که اختلاف معنی‌داری بین ریزنمونه‌ها و سطوح مختلف هورمون 2,4-D وجود ندارد؛ ولی بین غلظت‌های NAA اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد مشاهده شد (جدول ۱).

جدول ۱: تجزیه واریانس اثر هورمون‌های 2,4-D و NAA و ریزنمونه‌ها بر صفات وزن و ابعاد کالوس کنگرفرنگی

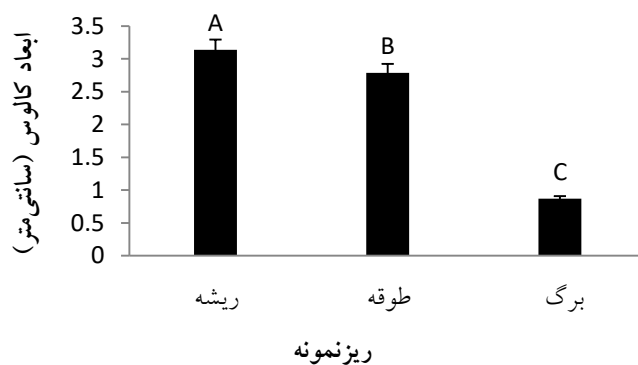
میانگین مربعات			
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن کالوس	ابعاد کالوس
ریزنمونه	۲	ns ۰/۲۶۶	ns ۱/۵۲۳
هورمون 2,4-D	۲	ns ۰/۱۵۷	ns ۱/۰۰۵
هورمون 2,4-D × ریزنمونه	۴	ns ۰/۰۳۸	ns ۰/۵۹۳
هورمون NAA	۲	ns ۰/۳۵۶	** ۱۰/۵۴۶
هورمون NAA × ریزنمونه	۴	ns ۰/۰۷۶	ns ۰/۲۳
هورمون 2,4-D × NAA	۴	ns ۰/۴۲۷	ns ۴/۶۹۲
هورمون 2,4-D × NAA × ریزنمونه	۸	ns ۰/۰۴۴	ns ۰/۱۷۳
خطای آزمایشی	۵۴	۰/۰۳۶	۰/۲۹۹

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

اگرچه بین ریزنمونه‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، با این حال با انجام آزمون چنددامنه‌ای دانکن (سطح ۵ درصد) به‌منظور انتخاب بهترین ریزنمونه، مشخص شد که ریشه‌چه با میانگین وزن کالوس ۰/۹ گرم و میانگین ابعاد ۳/۱۴ سانتی‌متر، بهترین ریزنمونه بود و بیشترین کالوس‌زایی را داشت. برگچه با میانگین وزن ۰/۴ گرم و میانگین ابعاد ۱/۸ سانتی‌متر، ضعیف‌ترین ریزنمونه بود و کمترین کالوس‌زایی را داشت (شکل‌های ۲ و ۳). تیمارهای ترکیبی NAA و 2,4-D و ریزنمونه‌ها تفاوت آماری معنی‌داری در وزن کالوس ایجاد نکردند (جدول ۲). افزایش غلظت هورمون NAA در محیط کشت منجر به افزایش ابعاد کالوس در هر سه ریزنمونه کنگرفرنگی شد (شکل ۴). بررسی سطوح ترکیبی NAA و 2,4-D و ریزنمونه‌ها نشان داد که بهترین تیمار ترکیبی، غلظت ۶ میلی‌گرم در لیتر NAA بدون 2,4-D در ریزنمونه ریشه‌چه بود که دارای بیشترین ابعاد کالوس (میانگین ۳/۱۴ سانتی‌متر) بود (شکل ۴).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر ساده ریزنمونه‌ها بر صفت وزن کالوس کنگر فرنگی. میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی-داری با یکدیگر ندارند.



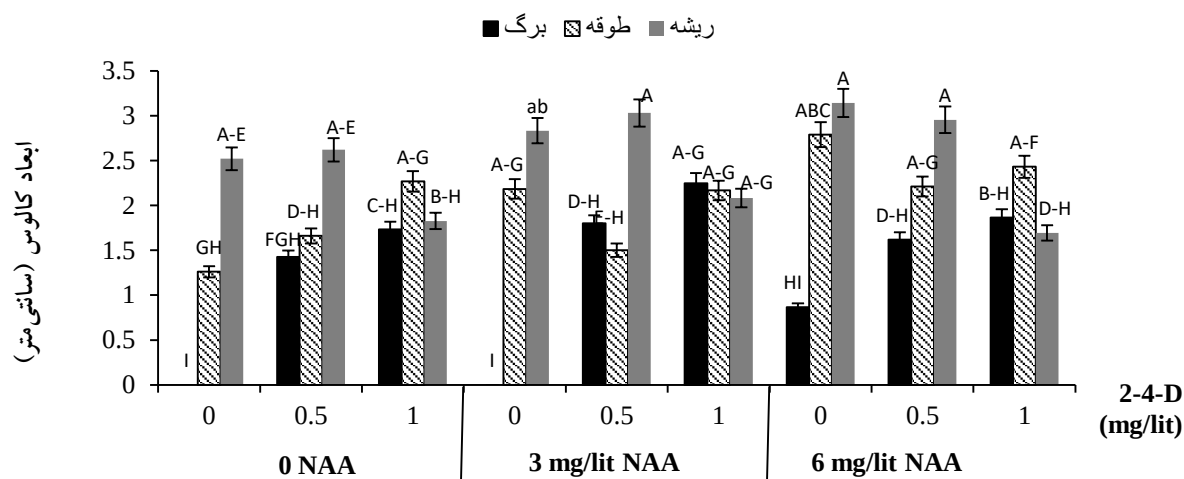
شکل ۳- مقایسه میانگین اثر ساده ریزنمونه‌ها بر صفت ابعاد کالوس کنگر فرنگی. میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی-داری با یکدیگر ندارند.

ارزیابی کالوس‌زایی *Cynara scolymus* L. تحت تاثیر تنظیم کننده های رشد شامل: NAA و 2,4-D / محمدخانی؛ علی. ملکی زنجانی؛ بهرام، عمارلو؛ علی.

جدول ۲: مقایسه میانگین وزن و ابعاد کالوس در ریزنمونه‌های مختلف کنگرفرنگی تحت تأثیر سطوح مختلف هورمون‌های NAA و 2,4-D

2,4-D (میلی گرم در لیتر)	NAA (میلی گرم در لیتر)	ریزنمونه	وزن (گرم)	A
۰	۰	برگچه	۰	A
۰	۰	طوقه‌چه	۰/۲۲	A
۰	۰	ریشه‌چه	۰/۴۹۶۷	A
۰/۵	۰	برگچه	۰/۳۶	A
۰/۵	۰	طوقه‌چه	۰/۲۹۳۳	A
۰/۵	۰	ریشه‌چه	۰/۷۲	A
۱	۰	برگچه	۰/۳۵۶۷	A
۱	۰	طوقه‌چه	۰/۳۸	A
۱	۰	ریشه‌چه	۰/۲۵	A
۰	۳	برگچه	۰	A
۰	۳	طوقه‌چه	۰/۸۷۶۷	A
۰	۳	ریشه‌چه	۰/۴۸۳۳	A
۰/۵	۳	برگچه	۰/۳۲۳۳	A
۰/۵	۳	طوقه‌چه	۰/۳۲۳۳	A
۰/۵	۳	ریشه‌چه	۰/۷	A
۱	۳	برگچه	۰/۳۴۳۳	A
۱	۳	طوقه‌چه	۰/۴۹۶۷	A
۱	۳	ریشه‌چه	۰/۲۶۳۳	A
۰	۶	برگچه	۰/۱۷۶۷	A
۰	۶	طوقه‌چه	۰/۵۵۶۷	A
۰	۶	ریشه‌چه	۰/۶۳	A
۰/۵	۶	برگچه	۰/۵۰۶۷	A
۰/۵	۶	طوقه‌چه	۰/۵۷۳۳	A
۰/۵	۶	ریشه‌چه	۰/۹	A
۱	۶	برگچه	۰/۷۲	A
۱	۶	طوقه‌چه	۰/۴۱۶۷	A
۱	۶	ریشه‌چه	۰/۳۷۳۳	A

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.



شکل ۴- مقایسه میانگین ابعاد کالوس در ریزنمونه‌های مختلف کنگرفرنگی تحت تأثیر سطوح مختلف هورمون‌های NAA و 2,4-D

بحث

محیط‌های کشت حاوی نوع و غلظت‌های مناسب تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی برای تقویت القای کالوس بسیار مهم هستند و تأثیر آن‌ها بستگی به ژنوتیپ و نوع ریزنمونه گیاهی دارد (Shan et al., 2016). این مطالعه اهمیت نوع و غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی برای القای کالوس کنگرفرنگی از ریزنمونه‌های بذری را نشان داد. ریزنمونه ریشه‌چه بیشترین میزان کالوس‌زایی را بر اساس وزن و ابعاد کالوس داشت و برگچه از این نظر ضعیف‌ترین ریزنمونه بود. بیشترین ابعاد کالوس با تیمار ۶ میلی‌گرم در لیتر NAA در ریزنمونه ریشه‌چه حاصل شد، در حالی که ترکیب ۶ میلی‌گرم در لیتر NAA و ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر 2,4-D در ریزنمونه ریشه‌چه برای افزایش وزن کالوس بسیار مؤثر بود. این امر نشان داد که کالوس‌زایی کنگرفرنگی تحت تأثیر نوع ریزنمونه، نوع و غلظت تنظیم‌کننده رشد گیاهی تغییر می‌کند. در راستای این نتیجه، مشخص شده است که عوامل متعددی مانند ژنوتیپ، ترکیب محیط کشت، نوع ریزنمونه، منبع کربوهیدرات، شرایط کشت و نوع و غلظت تنظیم‌کننده رشد، بر القای کالوس ریزنمونه‌های کشت‌شده در شرایط آزمایشگاهی تأثیر می‌گذارند (Ozsan and Onus, 2020). اهمیت این موضوع در مطالعات مختلفی گزارش شده است؛ برای مثال، کالوس کنگرفرنگی در ترکیب ۵ میلی‌گرم در لیتر NAA + ۲ میلی‌گرم در لیتر BA، ۱۰۰ درصد القا شد و زمانی که یکی از تنظیم‌کننده‌های رشد حذف شد، ریزنمونه‌ها هیچ کالوسی تولید نکردند (Farhan et al., 2018). به‌طور مشابه، کالوس‌زایی از ریزنمونه‌های برگ کنگرفرنگی در محیط کشت MS حاوی ۵ میلی‌گرم در لیتر NAA، ۲ میلی‌گرم در لیتر کینتین و ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین حاصل شد (El Bahr, 2014). بکیت و همکاران (۲۰۱۸) طی مطالعه‌ای به بررسی تولید ترکیبات فنلی، سینارین و سیلیمارین از گیاهان کنگرفرنگی و خارمریم در شرایط درون‌شیشه پرداختند. مریستم رأس ساقه دو گونه گیاهی از جوانه‌های رشدیافته در شرایط آزمایشگاهی جداسازی شد. نتایج نشان داد که کاربرد محیط کشت MS در ترکیب با ۵ میلی‌گرم در لیتر NAA، ۲ میلی‌گرم در لیتر کایننتین (Kt) و ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک‌اسید (GA3) به همراه مصرف ۳ میلی‌گرم در لیتر پیکلورام، سبب افزایش کالوس‌زایی در هر دو گیاه کنگرفرنگی و خارمریم شد.

ارزیابی کالوس‌زایی *Cynara scolymus* L. تحت تاثیر تنظیم کننده های رشد شامل: NAA و 2,4-D / محمدخانی؛ علی. ملکی زنجانی؛ بهرام، عمارلو؛ علی.

القای کالوس‌زایی با تیمارهای حاوی یک یا هر دوی NAA و 2,4-D می‌تواند به دلیل نقش این هورمون‌ها به‌عنوان اکسین در تقسیم سلولی و تسریع روند رشد باشد. تنظیم‌کننده‌های رشد نقش مهمی در کالوس‌زایی دارند.

نتیجه‌گیری

در مجموع، نتیجه‌گیری می‌شود که کالوس ریزنمونه‌های بذری کنگرفرنگی در محیط کشت MS حاوی NAA و 2,4-D، بعد از ۱۰ روز تشکیل گردید. بیشترین ابعاد کالوس در ریزنمونه ریشه‌چه و تیمار ۶ میلی گرم در لیتر NAA و بیشترین وزن کالوس در ریزنمونه ریشه‌چه و ترکیب ۶ میلی گرم در لیتر NAA و ۰/۵ میلی گرم در لیتر 2,4-D به دست آمد. با توجه به افزایش کالوس‌زایی در همه ریزنمونه‌ها، به‌ویژه ریشه‌چه با افزایش غلظت NAA در محیط کشت، می‌توان این هورمون و ریزنمونه ریشه‌چه را برای بهینه‌سازی کشت بافت کنگرفرنگی و کالوس‌زایی پیشنهاد کرد.

منابع

- Bekheet, S., Sota, V. (2019). Biodiversity and medicinal uses of globe artichoke (*Cynara scolymus* L.) plant. *Journal of Biodiversity Conservation and Bioresource Management*, 5(1), 39-54.
- El Bahr, M. (2014) Callus production of Globe Artichoke and Milk Thistle: In vitro hypolipidemic and antioxidant activities. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 3: 1-17.
- Farhan M.M., Hassawi D.S., Ibraheem N.K. 2018a. Callus inductions and phytochemical determination of Artichoke (*Cynara scolymus*) growing in Iraq. *J. Univ. Anbar Pure Sci*, 12(2): 18-28.
- Fatima, I., Akram, M., Mukhtar, H., Gohar, U. F., Sajid, Z. A., & Hameed, U. (2023). Tissue Culture of Medicinal Plants. In *Essentials of Medicinal and Aromatic Crops* (pp. 1-32). Cham: Springer International Publishing.
- Gostin AI, Waisundara VY. 2019. Edible flowers as functional food: A review on artichoke (*Cynara cardunculus* L.). *Trends Food Sci Technol*. 86:381–91.
- Husen, A., & Pant, M. (Eds.). (2024). *Tissue culture techniques and medicinal plants: enhancing propagation and production*. CRC Press.
- Iapichino, G. 2013. Micropropagation of Globe Artichoke (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus*). *Protocols for Micropropagation of Selected Economically-Important Horticultural Plants*, 369-380.
- Joshaghani M.S., Ghasemnezhad A., Alizadeh M., Tanuri A. 2014. Assessment of some phenolic acids of artichoke callus under in vitro conditions. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 4(4): 1151-1158.
- Murashige, T; Skoog, F. 1962. A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. *Physiologia Plantarum*. 15(3): 473–497.
- Ozsan T., Onus A.N. 2020. Callogenesis optimization of some globe artichoke [*Cynara cardunculus* var. *scolymus* (L.) Fiori] cultivars based on in vivo and in vitro leaf explants. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(4), 1873–1884.

Shan P.R., Nasr M.H.B., Malek-Yonan A. 2016. Determination of callus induction of the artichoke and optimization of callus producing culture. *Int J Biochem Biotechnol*, 5(3): 670-674.