Research Article

Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research

DOI: 10.22092/IJMAPR.2026.368266.3549

Vol. 42, No. 3, Page 460-473 (2026)

A study of embryo culture, callus induction, and regeneration in Four Ecotypes of *Ferula gummosa* Boiss.

Arman Haghnazari[1]*, Mohammadreza Azimi[2] and Ali Amarlou[3]

1*. Corresponding author, MSc in Plant Genetics, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
E-mail: arman.2423224@gmail.com
2. Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
3. Research Institute of Modern Biological Techniques, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Received: 20/05/2025 Revised: 18/09/2026 Accepted: 24/09/2026

Abstract

Background and Objective: *Ferula gummosa* Boiss. is a perennial plant belonging to the family *Apiaceae* and is native to Iran. Besides its medicinal properties, this valuable plant is used in the cosmetics and personal care industries, as well as in jewelry making. One major difficulty in cultivating *F. gummosa* is its prolonged dormancy phase, which can last up to nine months under natural conditions. This extended dormancy, combined with excessive harvesting from natural habitats, has placed the species at risk of extinction in the wild. Therefore, this study aimed to overcome seed dormancy through embryo culture techniques and identify the F. gummosa ecotype with the most promising response to tissue culture. In addition, this study investigated the effects of different concentrations of plant growth regulators on callus induction and subsequent regeneration, with the ultimate objective of optimizing micropropagation techniques and supporting the large-scale propagation of *F. gummosa*.

Methodology: Four *F. gummosa* ecotypes were initially collected from three counties: Kashan, Abadeh, and Khalkhal. To determine embryo germination percentage and rate, embryos were aseptically excised from the seeds and cultured on Murashige and Skoog (MS) medium. The cultures were maintained in a growth chamber for one month to facilitate germination and seedling development. To evaluate callus induction across ecotypes, root explants were excised from seedlings developed through embryo culture. These explants were subsequently cultured on MS medium supplemented with indole-3-acetic acid (IAA) at 1 and 1.5 mg/L and naphthaleneacetic acid (NAA) at 3 and 5 mg/L. The cultures were maintained in an incubator at 20°C until callus formation occurred. The resulting calluses were then evaluated for size and weight to assess growth performance. During the subsequent regeneration phase, selected calluses were transferred to MS medium containing kinetin (KIN) at concentrations of 2, 4, and 8 mg/L. Regenerative responses and growth performance were compared after two months of culture.

Results: The embryo culture results showed that the Kashan ecotypes achieved the most favorable outcomes in terms of both germination percentage and germination rate. Furthermore, embryo culture effectively overcame the prolonged dormancy of *F. gummosa*, enabling viable seedlings to be obtained within one month. During the callus induction stage, the most vigorous calluses were obtained from Kashan ecotype cultured on medium supplemented with NAA at 5 mg/L. During the regeneration stage, organogenesis occurred in 42% of the calluses, with the medium supplemented with KIN at 4 mg/L yielding the most favorable results. In addition, 53% of the calluses continued to proliferate and developed into larger cell masses. The Kashan ecotype also demonstrated the most favorable performance during this stage, maintaining its superiority in the tissue culture response.

Conclusion: The findings indicate that tissue culture techniques are suitable for propagating *F.*

Copyright: © 2026 by the authors. This is an open access, peer-reviewed article published by Research Institute of Forests and Rangelands (http://ijmapr.areeo.ac.ir/) and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

gummosa and can effectively overcome its prolonged dormancy period, which may extend to nine months under natural conditions. The favorable responses observed during both callus induction and regeneration further demonstrate that tissue culture techniques have considerable potential for large-scale propagation of this valuable medicinal plant and for shortening its growth cycle. Among the evaluated ecotypes, those derived from the Kashan population consistently showed better results in embryo culture, callus formation, and regeneration. These findings suggest that the Kashan ecotype is a promising candidate for further optimization of tissue culture protocols and the development of efficient micropropagation methods for the mass production and conservation of *F. gummosa*.

Keywords: *Ferula gummosa* Boiss., micropropagation, regeneration, tissue culture.

بررسی کشت جنین، کالوس‌زایی و باززایی در چهار اکوتیپ باریجه (*Ferula gummosa* Boiss.)

آرمان حق‌نظری[۱*]، محمدرضا عظیمی [۲] و علی عمارلو[۳]

۱*- نویسنده مسئول، کارشناسی ارشد رشته ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران، پست‌الکترونیک: arman.2423224@gmail.com

۲- دانشیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۳- دانشیار، پژوهشکده فناوریهای نوین زیستی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۳۰ تاریخ اصلاح نهایی: ۱۴۰۵/۰۶/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۷/۰۲

چکیده

سابقه و هدف: باریجه (*Ferula gummosa* Boiss.) گیاهی چندساله از خانواده چتریان و بومی ایران است. این گیاه، علاوه بر ارزش دارویی، در صنایع آرایشی و بهداشتی و جواهرسازی کاربرد دارد. یکی از مشکلات عمده در رشد این گیاه، دوره خواب طولانی بذر است که در شرایط طبیعی تا ۹ ماه به طول می‌انجامد. این موضوع، همراه با برداشت بی‌رویه، موجب شده است باریجه در طبیعت در معرض خطر انقراض قرار گیرد. هدف این آزمایش، غلبه بر خواب بذر باریجه با استفاده از روش کشت جنین، شناسایی بهترین اکوتیپ از نظر پاسخ به کشت بافت و بررسی اثر غلظت‌های مختلف تنظیم‌کننده‌های رشد بر کالوس‌زایی و باززایی کالوس‌ها، به‌منظور بهینه‌سازی ریزازدیادی و تولید انبوه باریجه بود.

مواد و روش‌ها: ابتدا چهار اکوتیپ باریجه از سه شهرستان کاشان، آباده و خلخال جمع‌آوری شد. به‌منظور بررسی درصد و سرعت جوانه‌زنی، جنین بذرها در شرایط استریل جدا و در محیط کشت موراشیگ و اسکوگ (MS) کشت و به‌مدت یک ماه در اتاقک رشد نگهداری شدند تا گیاهچه تولید شود. همچنین، برای بررسی کالوس‌زایی این اکوتیپ‌ها، از ریشه گیاهچه‌های حاصل از کشت جنین ریزنمونه تهیه شد. این ریزنمونه‌ها در محیط MS حاوی ۱ و ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر اسید ایندول استیک (IAA) و ۳ و ۵ میلی‌گرم در لیتر اسید نفتالین استیک (NAA) کشت شدند و تا زمان تشکیل کالوس، در انکوباتور و دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردیدند. کالوس‌های تشکیل‌شده از نظر اندازه و وزن مقایسه شدند. در مرحله بعد، به‌منظور باززایی، بهترین کالوس‌ها در محیط MS حاوی ۲، ۴ و ۸ میلی‌گرم در لیتر کینتین (KIN) کشت و پس از دو ماه با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج: نتایج کشت جنین نشان داد که اکوتیپ‌های کاشان، بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی را داشتند. همچنین، کشت جنین روش مناسبی برای غلبه بر خواب بذر باریجه بود و با استفاده از آن، طی یک ماه گیاهچه‌های مناسبی تشکیل شدند. در مرحله کالوس‌زایی، بهترین کالوس‌ها در محیط حاوی ۵ میلی‌گرم در لیتر NAA و در اکوتیپ کاشان به‌دست آمدند. در مرحله باززایی نیز در ۴۲ درصد کالوس‌ها اندام‌زایی مشاهده شد و محیط حاوی ۴ میلی‌گرم در لیتر KIN بهترین نتایج را نشان داد. همچنین، ۵۳ درصد کالوس‌ها به رشد خود ادامه دادند و توده سلولی بزرگ‌تری ایجاد کردند. در این مرحله نیز بهترین اکوتیپ متعلق به شهرستان کاشان بود.

نتیجه‌گیری: نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده از روش‌های کشت بافت برای تکثیر این گیاه ارزشمند مناسب است و موجب شکستن دوره خواب طولانی باریجه، که در شرایط طبیعی تا ۹ ماه به طول می‌انجامد، می‌شود. همچنین، باریجه در کالوس‌زایی و باززایی نتایج مناسبی نشان داد؛ بنابراین، می‌توان از روش‌های کشت بافت به‌منظور تولید انبوه این گیاه و کاهش طول دوره رشد آن استفاده کرد. در این آزمایش، اکوتیپ‌های منطقه کاشان در مراحل کشت جنین، کالوس‌زایی و باززایی بهترین نتایج را نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: باریجه، باززایی، ریزازدیادی، کشت بافت.

مقدمه

باریجه با نام علمی *Ferula gummosa* Boiss.، گیاهی دارویی و چندساله متعلق به خانواده چتریان و جنس *Ferula* است. جنس *Ferula* به دلیل برخورداری از ترکیبات شیمیایی ارزشمند مانند ترپنوئید کومارین‌ها، مخلوط استرهای عطری، اسیدها و الکل‌های ترپنی و سزکوئی‌ترپن لاکتون‌ها همواره مورد توجه بوده است (Mofasseri *et al*., 2022؛ Rezaei *et al*., 2003). این گونه بومی کشورهای ایران، افغانستان، ترکیه و ترکمنستان است، در ایران استان‌های فارس، اصفهان، خراسان، آذربایجان، زنجان، همدان و مرکزی از مهمترین رویشگاه‌های آن به‌شمار می‌روند (Moradi *et al*., 2021). بهترین زمان برای کاشت بذر باریجه اوایل آذر تا اوایل دی‌ماه و دمای بهینه جوانه‌زنی آن ۱۴ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (Montazeri *et al*., 2011). اهمیت اقتصادی باریجه عمدتاً به‌دلیل صمغ اولئورزینی آن موسوم به گالبانوم است که در صنایع آرایشی و عطرسازی به‌عنوان تثبیت‌کننده عطر و در صنعت جواهرسازی به‌عنوان چسب الماس کاربرد دارد (Arshad, 2025). از ویژگی‌های دارویی اثبات‌شده این گیاه می‌توان به اثر ضددرد (Perveen *et al*., 2017)، ضدانگل (Kakar *et al*., 2013)، ضدتشنج و ضدصرع (Kiasalari *et al*., 2013؛ Sayyah *et al*., 2002)، آنتی‌اکسیدانی (Nguir *et al*., 2016)، ضدمیکروبی و ضدقارچی (Upadhyay *et al*., 2017)، ضدتومور (Bagheri *et al*., 2017؛ Zhang *et al*., 2015)، ضددیابت (Jalili *et al*., 2019؛ Yarizade *et al*., 2017)، سمیت سلولی (Hosseini *et al*., 2017)، تسکین سندرم محرومیت از مورفین (Ramezani *et al*., 2001) و کاربرد در شوینده‌های آنتی‌باکتریال صنعتی (Ghasemi *et al*., 2005) اشاره کرد.

با این حال، معضل بنیادین در تکثیر طبیعی باریجه، خواب بذر عمیق و پیچیده آن از نوع مورفوفیزیولوژیک است (Rostami *et al*., 2013). از سوی دیگر، بهره‌برداری غیراصولی و تخریب مراتع، جمعیت‌های طبیعی این گونه ارزشمند را در معرض خطر انقراض قرار داده است (Mohammady *et al*., 2021). از این‌رو، به‌کارگیری روش‌های زیست‌فناوری و کشت بافت گیاهی برای حفاظت، تکثیر انبوه، اهلی‌سازی و تولید متابولیت‌ها موضوعی ضروریست (Hadi *et al*., 2012). علاوه بر این، استفاده از کشت جنین به‌عنوان راهکاری کارآمد برای شکستن خواب بذر و تسریع جوانه‌زنی در این گونه اثبات شده است (Hadi *et al*., 2011). با توجه به تفاوت‌های ژنتیکی و جغرافیایی اکوتیپ‌های مختلف باریجه در ایران، شناسایی توده‌های دارای بیشترین ظرفیت باززایی اهمیت بالایی دارد. بنابراین، این پژوهش با هدف غلبه بر خواب بذر از طریق کشت جنین، ارزیابی کالوس‌زایی در محیط‌های هورمونی مختلف و بررسی ظرفیت باززایی در چهار اکوتیپ باریجه طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

بذرهای باریجه و خصوصیات رویشگاه‌ها

انجام این پژوهش در سال ۱۴۰۲ در پژوهشکده فناوری‌های نوین دانشگاه زنجان آغاز گردید. در این آزمایش، بذرهای چهار توده باریجه جمع‌آوری‌شده از شهرستان آباده استان فارس، شهرستان خلخال استان اردبیل و شهرستان کاشان استان اصفهان (شامل دو رویشگاه مجزا) در محیط کشت بافت موراشیگ و اسکوگ (MS) کشت شدند. مشخصات کامل جغرافیایی محل‌های جمع‌آوری توده‌ها شامل استان، شهرستان، طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات منشأ رویشگاهی اکوتیپ‌های باریجه مورد استفاده در پژوهش

Table 1. Characteristics of the natural habitats of the *Ferula gummosa* ecotypes used in the study

Ecotype	Province	County	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude (m)
A	Fars	Abadeh	31°12′ N	52°41′ E	2150
B	Ardabil	Khalkhal	37°38′ N	48°36′ E	2280
C1	Isfahan	Kashan	33°44′ N	51°24′ E	2200
C2	Isfahan	Kashan	33°47′ N	51°12′ E	2450

کشت جنین

برای انجام کشت جنین، بذرهای جمع‌آوری‌شده برای نرم شدن پوسته بذر و استخراج آسان‌تر جنین‌ها به مدت یک روز در آب مقطر و در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد در یخچال نگهداری شدند. سپس بذرها با الکل اتانول ۷۰ درصد به مدت یک دقیقه و محلول هیپوکلریت سدیم ۲ درصد به مدت پنج دقیقه ضدعفونی سطحی شدند و در نهایت با آب مقطر استریل سه بار شستشو گردیدند. پس از آن، جنین‌ها در شرایط کاملاً استریل از بذرها جدا شدند و در محیط کشت MS با ۳۰ گرم در لیتر ساکارز و ۸ گرم در لیتر آگار کشت گردیدند. پیش از اتوکلاو کردن (در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه)، اسیدیته (pH) محیط کشت بر روی ۵/۸ تنظیم شد و ظروف کشت در اتاق رشد با دمای ۲ ± ۲۴ درجه سانتی‌گراد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی قرار گرفتند. پس از گذشت یک ماه، درصد جوانه‌زنی برای هر توده اندازه‌گیری شد. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار (اکوتیپ‌ها) و ۱۵ تکرار انجام شد و نتایج آن با نرم‌افزار SPSS آنالیز شد و مقایسه میانگین با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و نرم‌افزار MSTAT-C انجام گردید.

کالوس‌زایی

برای القای کالوس، از ریشه گیاهچه‌های به‌دست‌آمده از کشت جنین، ریزنمونه‌هایی به ابعاد ۳ میلی‌متر تهیه شد و در محیط کشت MS با ۳۰ گرم در لیتر ساکارز و حاوی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی شامل هورمون‌های NAA در غلظت‌های ۰، ۳ و ۵ میلی‌گرم بر لیتر و IAA در غلظت‌های ۰، ۱ و ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر، در ترکیب با هم و هریک به‌صورت جداگانه کاشته شدند. این نمونه‌ها در انکوباتور در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. این بخش از آزمایش در قالب آزمایش فاکتوریل ۳×۳×۴ با طرح کاملاً تصادفی و سه تکرار انجام شد و صفت‌های وزن کالوس و طول کالوس اندازه‌گیری و با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ آنالیز شدند. فاکتورهای آزمایش عبارت بودند از: توده‌های مورد استفاده در ۴ سطح (فاکتورA)، غلظت‌های مختلف هورمون IAAدر سه سطح (فاکتورB) و غلظت‌های مختلف هورمون NAAدر سه سطح (فاکتورC). محیط‌های کشت طبق جدول ۲ آماده شدند.

جدول ۲- ترکیب اسید نفتالین استیک و اسید ایندول استیک در محیط کشت MS برای القای کالوس در اکوتیپ‌های باریجه

Table 2. Combinations of NAA and IAA in MS medium for callus induction in *Ferula gummosa* ecotypes

Number	NAA (mg.L^{-1})	IAA (mg.L^{-1})
1	0	0
2	0	1
3	0	1.5
4	3	0
5	3	1
6	3	1.5
7	5	0
8	5	1
9	5	1.5

باززایی

برای بررسی باززایی، محیط کشت پایه MS با غلظت‌های مختلف ۲، ۴ و ۸ میلی‌گرم در لیتر هورمون کینتین آماده شد و بهترین کالوس‌های به‌دست‌آمده از آزمایش کالوس‌زایی در آن کشت شدند و پس از حدود دو ماه، وزن گیاهچه‌ها و وزن کالوس‌ها اندازه‌گیری گردیدند. این بخش از آزمایش به‌صورت فاکتوریل ۳×۴ با طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش عبارت بودند از: چهار اکوتیپ از سه استان اصفهان، فارس و اردبیل (فاکتورA) و غلظت‌های مختلف هورمون KIN در سه سطح ۲، ۴ و ۸ میلی‌گرم بر لیتر (فاکتورB). داده‌های حاصل از این بخش با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SPSS و MSTAT-C مورد

تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند و آزمون مقایسه میانگین صفات با روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج

کشت جنین

نتایج حاصل از بررسی جوانه‌زنی توده‌های مختلف، حکایت از تفاوت توده‌ها از نظر طول مدت جوانه‌زنی داشت (جدول ۳)، به‌گونه‌ای که در توده فارس جوانه‌زنی پس از گذشت ۷ روز از کشت و در توده خلخال پس از گذشت ۱۱ روز مشاهده شد. همچنین در دو توده جمع‌آوری‌شده از منطقه کاشان، این مدت به ۸ روز رسید. در توده‌های کاشان، جوانه‌زنی از ریشه شروع شده و بعد ساقه و برگ‌ها رشد می‌کردند، در حالی که در توده‌های فارس و خلخال ابتدا برگ‌ها رشد کرده و بعد رشد ریشه مشاهده شد.

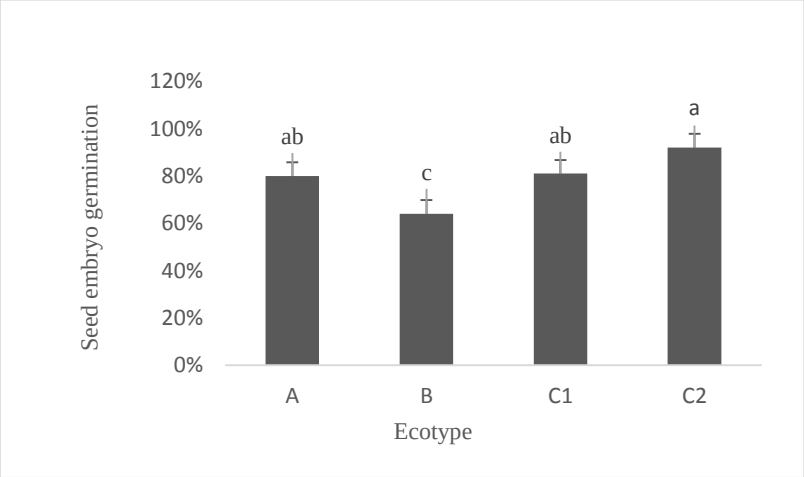
پس از گذشت ۳۰ روز از کشت بذرها، جوانه‌زنی توده‌ها اندازه‌گیری شد و نتایج نشان داد که توده C2 با ۹۲٪ جوانه‌زنی بهترین توده بود. پس از آن، به ترتیب توده C1 با ۸۱٪، توده A با ۸۰٪ و در نهایت توده B با ۶۴٪ کمترین درصد جوانه‌زنی را داشت (شکل ۱). سپس طول گیاهچه‌ها اندازه‌گیری شدند. نتایج طبق جدول ۳ نشان‌دهنده معنی‌دار بودن این صفت با اطمینان ۹۹٪ بود. نتایج این آزمایش با آزمون LSD مقایسه میانگین شدند و توده C2 بهترین توده و توده B ضعیف‌ترین توده شناخته شد (شکل ۲).

جدول ۳- تجزیه واریانس درصد جوانه‌زنی جنین بذر و طول گیاهچه باریجه در محیط MS فاقد هورمون پس از ۳۰ روز

Table 3. ANOVA for seed embryo germination percentage and seedling length of *Ferula gummosa* in hormone-free MS medium after 30 days

S.O.V.	d.f.	M.S.	
		Seedling length	Seed embryo germination
Ecotype	3	40.246**	547.167**
Experimental error	56	6.488	39.600
C.V. (%)		73.80	7.95

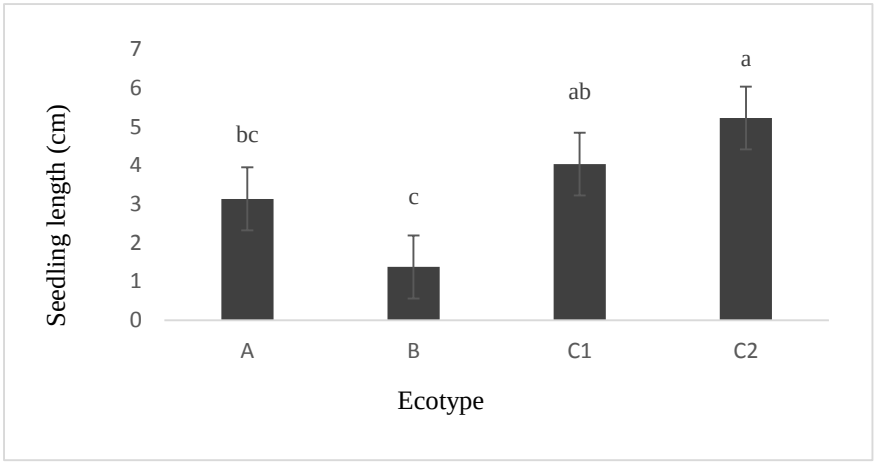
**: significant at the 1% probability level.



شکل ۱- درصد جوانه‌زنی جنین بذر باریجه در محیط MS فاقد هورمون

Figure 1. Seed embryo germination of *Ferula gummosa* in hormone-free MS medium

Means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (LSD test).



شکل ۲- طول گیاهچه حاصل از کشت جنین بذر باریجه در محیط MS فاقد هورمون پس از ۳۰ روز

Figure 2. Seedling length from seed embryo culture of *Ferula gummosa* in hormone-free MS medium after 30 days

Means with common letters are in the same statistical group at the 5% probability level (LSD test).

کالوس‌زایی

کالوس‌زایی در تمامی محیط‌ها، به‌جز محیط شماره ۱ مشاهده شد و محیط‌های شماره ۶ و ۷ بهترین نتایج را برای وزن و طول کالوس نشان دادند. طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴)، معنی‌دار بودن اثر متقابل بین فاکتورها حکایت از آن دارد که توده‌های مختلف، واکنش متفاوتی نسبت به مقادیر هورمون‌ها نشان می‌دهند. اثر متقابل هورمون‌ها با ۹۹٪ اطمینان برای هر دو صفت معنی‌دار بود. اثر متقابل توده مورد استفاده و هورمون IAA با ۹۵٪ اطمینان برای صفات طول و وزن کالوس و اثر متقابل توده و هورمون NAA با ۹۹٪ اطمینان بر صفت طول کالوس معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که استفاده از توده فارس در محیط حاوی ۵ میلی‌گرم بر لیتر NAA بهترین نتایج را در وزن کالوس و توده C1در محیط حاوی ۳ میلی‌گرم NAA و ۱/۵ میلی‌گرم IAA بهترین نتایج را برای طول کالوس نشان دادند (جدول ۵).

جدول ۴- تجزیه واریانس طول و وزن کالوس باریجه در محیط MS پس از ۳۰ روز تحت‌تأثیر اکوتیپ، IAA و NAA

Table 4. ANOVA for callus length and weight of *Ferula gummosa* in MS medium after 30 days as affected by ecotype, IAA, and NAA

S.O.V.	d.f.	M.S.	
		Callus weight	Callus length
Ecotype	3	0.001*	0.031^{ns}
IAA	2	0.002**	0.224*
NAA	2	0.009**	1.742**
Ecotype × IAA	6	0.001*	0.160*
Ecotype × NAA	6	0.000^{ns}	0.223**
IAA × NAA	4	0.002**	0.256**
Ecotype × IAA × NAA	12	0.000 ^{ns}	0.132*
Experimental error	72	0.000	0.064
C.V. (%)		65	37.43

^{ns}, *, and **: non-significant, significant at 5, and 1% probability levels, respectively.

جدول ۵- اثرمتقابل اکوتیپ × هورمون بر طول و وزن کالوس باریجه در محیط MS پس از ۳۰ روز

Table 5. Ecotype × hormone interaction on callus length and weight of *Ferula gummosa* in MS medium after 30 days

Ecotype	Hormone combination	Callus weight (g)	Callus length (cm)
A	1	0.0036^{g}	$^{j-}$0.33^{g}
	2	0.0050^{g}	$^{g-}$0.43^{f}
	3	0.0046^{g}	$^{j-}$0.50^{e}
	4	0.0123^{efg}	$^{i-}$0.66^{c}
	5	0.0083^{fg}	$^{i-}$0.66^{c}
	6	$^{g-}$0.0133^{d}	$^{j-}$0.53^{e}
	7	0.0870^{a}	1^{abc}
	8	0.0063^{g}	$^{h-}$0.7^{c}
	9	0.0500^{b}	1^{abc}
B	1	0.0026^{g}	0.26^{ij}
	2	0.0023^{g}	0.20^{j}
	3	0.0034^{g}	$^{j-}$0.33^{g}
	4	0.0110^{efg}	$^{i-}$0.66^{c}
	5	0.0030^{g}	$^{j-}$0.40^{f}
	6	$^{g-}$0.0140^{d}	$^{d-}$0.96^{a}
	7	$^{f-}$0.0310^{b}	1.3^{a}
	8	0.0056^{g}	$^{j-}$0.60^{c}
	9	0.0350^{bcd}	1.16^{ab}

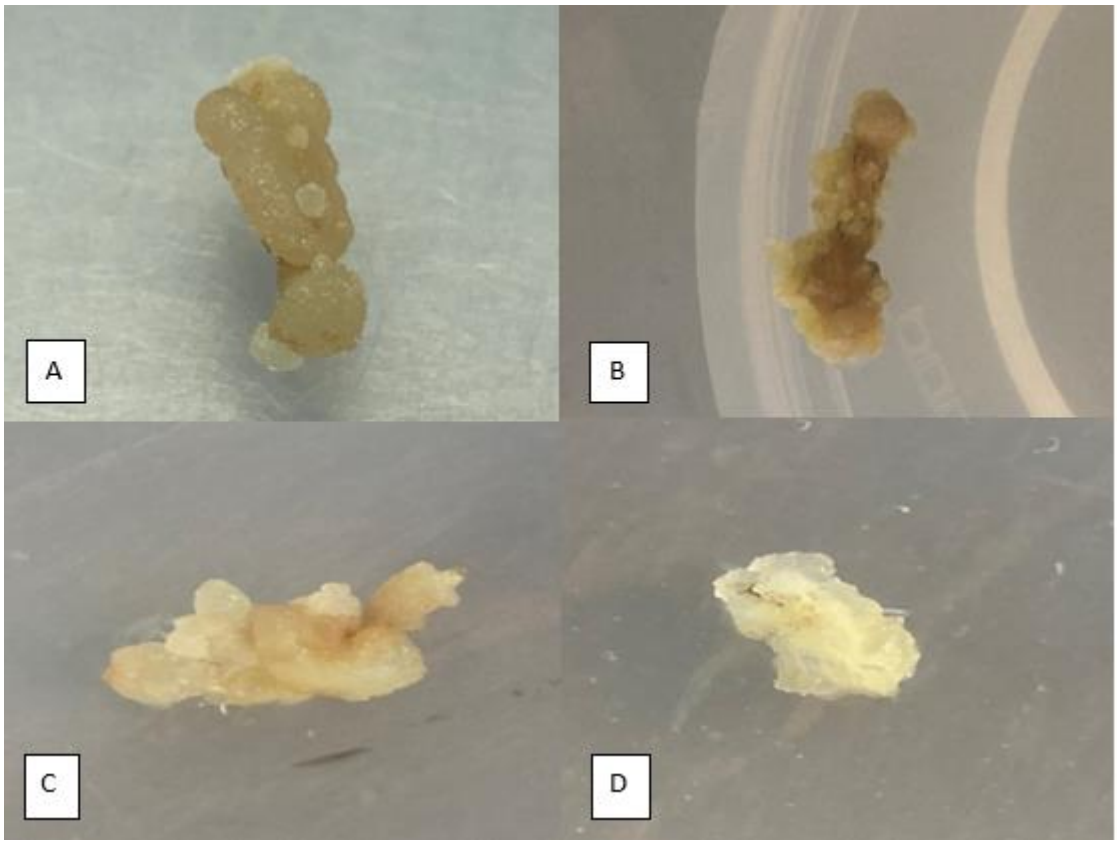
ادامه جدول ۵-

Continued Table 5. Ecotype × hormone interaction on …

Ecotype	Hormone combination	Callus weight (g)	Callus length (cm)
C1	1	0.0030^{g}	$^{j-}$0.40^{f}
	2	0.0050^{g}	$^{j-}$0.56^{d}
	3	$^{g-}$0.0153^{d}	$^{i-}$0.66^{c}
	4	0.0053^{g}	$^{f-}$0.76^{b}
	5	$^{g-}$0.0166^{c}	$^{j-}$0.56^{d}
	6	0.0450^{b}	1.3^{a}
	7	0.0453^{b}	$^{j-}$0.53^{e}
	8	$^{g-}$0.0150^{d}	$^{f-}$0.80^{b}
	9	0.0393^{bc}	$^{j-}$0.60^{c}
C2	1	0.0040^{g}	0.30^{hij}
	2	0.0100f^{g}	$^{g-}$0.73^{c}
	3	0.0050^{g}	$^{j-}$0.46^{f}
	4	0.0116^{efg}	$^{j-}$0.50^{e}
	5	0.0426^{b}	1^{abc}
	6	$^{f-}$0.0300^{b}	$^{e-}$0.90^{a}
	7	0.0413^{b}	1.23^{a}
	8	$^{e-}$0.0336^{b}	$^{i-}$0.63^{c}
	9	$^{g-}$0.0230^{c}	$^{g-}$0.73^{c}

Means with common letters are in the same statistical group at the 5% probability level (LSD test).

Hormone combinations: 1: 0 mg L^{-1} IAA + 0 mg L^{-1} NAA, 2: 1 mg L^{-1} IAA + 0 mg L^{-1} NAA, 3: 1.5 mg L^{-1} IAA + 0 mg L^{-1} NAA, 4: 0 mg L^{-1} IAA + 3 mg L^{-1} NAA, 5: 1 mg L^{-1} IAA + 3 mg L^{-1} NAA, 6: 1.5 mg L^{-1} IAA + 3 mg L^{-1} NAA, 7: 0 mg L^{-1} IAA + 5 mg L^{-1} NAA, 8: 1 mg L^{-1} IAA + 5 mg L^{-1} NAA, and 9: 1.5 mg L^{-1} IAA + 5 mg L^{-1} NAA.



شکل ۳- مقایسه کالوس‌زایی باریجه پس از ۳۰ روز: اکوتیپ کاشان۱ (A)، کاشان۲ (B)، فارس (C) و خلخال (D)

Figure 3. Comparison of *Ferula gummosa* callus induction after 30 days: Kashan1 (A), Kashan2 (B), Fars (C), and Khalkhal (D)

باززایی

در این مرحله، باززایی در ۴۲٪ از کالوس‌های کشت‌شده مشاهده شد که بیشتر این مقدار مربوط به کالوس‌های کاشته‌شده در محیط MS با ۴ میلی‌گرم در لیتر هورمون KIN و اکوتیپ C1 بود. ۵۳٪ از کالوس‌ها نیز به رشد خود ادامه دادند، به‌طوری‌که وزن کالوس‌ها نسبت به وزن اولیه افزایش یافته بود. ۵٪ از کالوس‌ها نیز هیچ تغییری پیدا نکردند.

تجزیه واریانس صفت وزن کالوس بعد باززایی (جدول ۶) نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین اکوتیپ‌های مورد استفاده با ۹۹٪ اطمینان بود اما غلظت‌های مختلف هورمون کینتین و اثر متقابل هورمون کینتین و اکوتیپ معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۷) با آزمون LSD بیانگر این بود که بهترین باززایی، از کالوس‌های اکوتیپ C1 در محیط حاوی ۴ میلی‌گرم بر لیتر کینتین به‌دست آمد، همچنین کالوس‌های اکوتیپ C2 نیز نتایج قابل قبولی نشان دادند که این توده‌ها هر دو بومی منطقه کاشان بودند. در توده A که بومی استان فارس بود، باززایی کمتر مشاهده شد و کالوس‌های این توده، به رشد خود ادامه داده و وزن آنها نسبت به وزن اولیه افزایش پیدا کرده بود. کالوس‌های منطقه خلخال نیز بازده کمتری نسبت به سه اکوتیپ دیگر داشتند.

جدول ۶- تجزیه واریانس وزن کالوس باریجه پس از ۶۰ روز باززایی در محیط **MS** تحت‌تأثیر اکوتیپ و کاینتین

Table 6. ANOVA for callus weight of *Ferula gummosa* after 60 days of regeneration in MS medium as affected by ecotype and kinetin

S.O.V	d.f.	M.S.
		Callus weight
Ecotype	3	0.032**
Kinetin	2	0.008ns
Ecotype × Kinetin	6	0.007ns
Experimental error	24	0.006
C.V. (%)		78.8

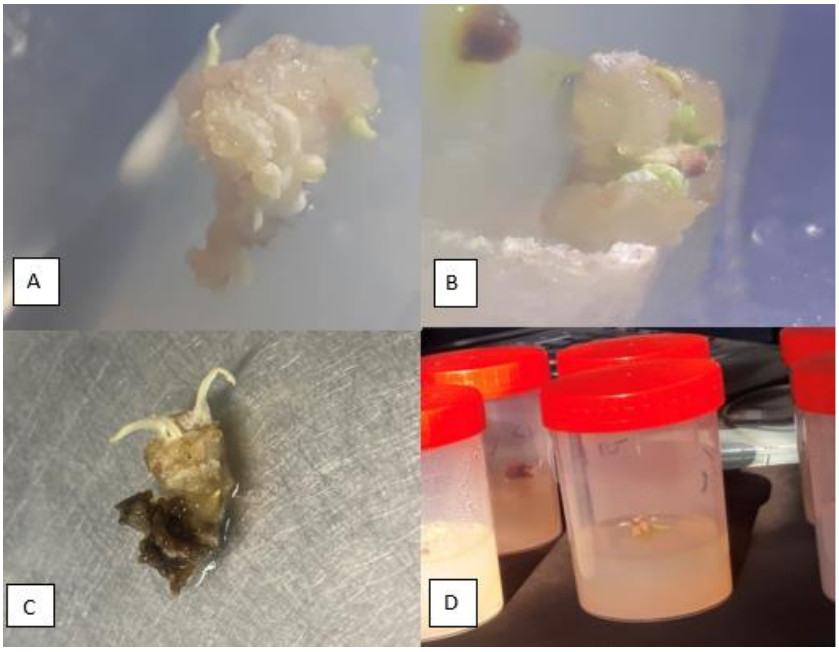
ns and **: non-significant and significant at 1% probability level, respectively.

جدول ۷- اثرمتقابل اکوتیپ × کاینتین بر وزن کالوس باریجه پس از ۶۰ روز باززایی در محیط **MS**

Table 7. Ecotype × Kinetin interaction on callus weight of *Ferula gummosa* after 60 days of regeneration in MS medium

Ecotype	Kinetin concentration (mg L^{-1})	Callus weight (g)
A	2	0.043c
	4	0.063c
	8	0.066c
B	2	0.020c
	4	0.060c
	8	0.050c
C1	2	0.213ab
	4	0.240ab
	8	0.066c
C2	2	0.096bc
	4	0.140abc
	8	0.123abc

Means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (LSD test).



شکل ۴- مسیرهای باززایی کالوس‌های باریجه: **A**- جنین‌زایی سوماتیکی، **B**- ساقه‌زایی، **C**- ریشه‌زایی و **D**- باززایی گیاهچه کامل

Figure 4. Regeneration pathways of *Ferula gummosa* calli: A- somatic embryogenesis, B- shoot organogenesis, C- rhizogenesis, and D- complete plantlet regeneration

بحث

در این پژوهش، به‌منظور دستیابی به گیاهچه کامل و شکستن دوره خواب بذر، از تکنیک کشت جنین استفاده شد. جوانه‌زنی جنین‌ها بین ۷ تا ۱۱ روز پس از کشت مشاهده گردید که طی آن، کمترین درصد جوانه‌زنی مربوط به توده خلخال با ۶۴ درصد و بیشترین میزان به توده C2 با ۹۷ درصد اختصاص داشت. Montazeri و همکاران (۲۰۱۱) با کشت بذر این گیاه در محیط کشت موراشیگ و اسکوگ (MS) با غلظت یک‌چهارم گزارش کردند که تنها نزدیک به ۲۰ درصد بذرها پس از ۴۰ تا ۴۵ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد جوانه زدند. در پژوهشی دیگر، Sarabadani و همکاران (۲۰۰۸) با کشت جنین باریجه در محیط یک‌چهارم MS نشان دادند که جوانه‌زنی پس از گذشت تنها دو روز آغاز شد.

یافته‌های این تحقیق تأیید می‌کند که کشت جنین، روشی کارآمد برای غلبه بر خواب عمیق بذر باریجه است؛ زیرا همان‌طور که در منابع اشاره شده است، گونه‌های جنس *Ferula* به‌دلیل خواب فیزیولوژیکی و ریخت‌شناختی عمیق و دوره جوانه‌زنی طولانی، در چرخه‌های طبیعی تکثیر با محدودیت شدیدی مواجه هستند (Sharma & Khajuria, 2020). علاوه بر این، ارزیابی نقش هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد مانند اسید جیبرلیک در شکستن خواب بذر و تحریک سرعت جوانه‌زنی توده‌های مختلف باریجه می‌تواند در افزایش بیشینه درصد جوانه‌زنی مفید باشد (Shah *et al.*, 2023).

در مرحله القای کالوس، ترکیب هورمونی ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر IAA به همراه ۳ میلی‌گرم بر لیتر NAA و تیمار ۵ میلی‌گرم بر لیتر NAA، مناسب‌ترین پاسخ‌ها را نشان دادند. Rezaei و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که مطلوب‌ترین بافت کالوس در محیط حاوی ۱ میلی‌گرم بر لیتر NAA به همراه ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر بنزیل‌آمینوپورین (BAP) از ریزنمونه ریشه به دست می‌آید.

Hadi و همکاران (۲۰۱۱) نیز بیان کردند که ریزنمونه‌های کشت‌شده در محیط B5 غنی‌شده با ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA و ۲ میلی‌گرم بر لیتر BAP بیشترین بازده کالوس‌زایی را ایجاد نمودند.

بررسی پاسخ سایر گونه‌های جنس *Ferula* نیز مؤید اهمیت نسبت هورمونی و نوع بافت بر موفقیت کالوس‌زایی است؛ برای نمونه در گیاه *Ferula ferulaeoides*، تشکیل بافت‌های کالوسی دارای پتانسیل باززایی شاخساره از ریزنمونه‌های برگ، لپه و هیپوکوتیل با موفقیت گزارش شده است (Suran *et al.*, 2016) که نشان از انعطاف‌پذیری پاسخ درون‌شیشه‌ای در این سرده دارد. علاوه بر پتانسیل باززایی، کالوس‌های حاصل از این سرده در تولید متابولیت‌های ثانویه نیز اهمیت دارند؛ به‌طوری‌که در گونه دارویی و در معرض انقراض *Ferula tadshikorum*، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مناسبی در کشت‌های کالوسی ثبت شده است (Mustafina *et al.*, 2025). با توجه به تفاوت در منشأ بافتی، پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آینده، افزون بر ریزنمونه ریشه، پتانسیل بافت‌های جوان‌تر مانند لپه و هیپوکوتیل که عموماً میزان کالوس‌زایی بیشتری نشان می‌دهند نیز بررسی شود (Klimek *et al.*, 2020).

در مرحله باززایی، بالاترین فراوانی کالوس‌های تمایزیافته مربوط به توده کاشان در محیط کشت MS حاوی ۴ میلی‌گرم بر لیتر هورمون کینتین ثبت شد. Sarabadani و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی باززایی باریجه دریافتند که کاربرد ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر آدنین سولفات نتایج مطلوبی در تمایز و باززایی کالوس‌ها به همراه دارد. همچنین Rezaei و همکاران (۲۰۰۳) با کشت کالوس‌های باریجه در محیط MS به‌همراه ویتامین‌های B5، کازئین هیدرولیزات، دو رژیم دمایی (۴ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و غلظت‌های مختلف NAA (۰/۱ و ۱ میلی‌گرم بر لیتر) به منظور اندام‌زایی و ریشه‌زایی گزارش کردند که تنها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد القای ریشه انجام شد؛ در حالی که در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، بافت کالوس بدون ریشه‌زایی به رشد نامتمایز خود ادامه داد.

در گونه خویشاوند آنغوزه (*Ferula assa-foetida*) نیز تأثیر نسبت هورمون‌ها در القای باززایی به اثبات رسیده است؛ به‌گونه‌ای که تیمار با ۲ میلی‌گرم بر لیتر سیتوکینین BA همراه با ۱ میلی‌گرم بر لیتر اکسین NAA، بالاترین بازده شاخه‌زایی

و باززایی را نشان داده است (Zare *et al.*, 2010). مقایسه این یافته‌ها بر نقش تعیین‌کننده ترکیب سیتوکینین–اکسین و تأثیر سرما بر مسیرهای پیام‌رسانی اندام‌زایی در این گیاه تأکید دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان‌دهنده برتری اکوتیپ‌های منطقه کاشان نسبت به اکوتیپ‌های استان فارس و استان اردبیل بود. اکوتیپ C2 بیشترین درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه را داشت. در مرحله کالوس‌زایی نیز، اکوتیپ C1 بهترین اکوتیپ بوده و بیشترین میانگین را هم برای صفت وزن کالوس و هم برای صفت طول کالوس داشت؛ به‌نحوی‌که کالوس‌های این اکوتیپ در مرحله باززایی نیز، بهترین کالوس‌ها شناخته شدند. همچنین در مرحله کالوس‌زایی، محیط شماره ۶ شامل ۳ میلی‌گرم در لیتر هورمون NAA و ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر هورمون IAA و محیط شماره ۷، حاوی ۵ میلی‌گرم در لیتر هورمون NAA به عنوان محیط‌های مناسب برای کالوس‌زایی شناخته شدند. در مرحله باززایی نیز، استفاده از ۴ میلی‌گرم در لیتر هورمون کینتین در محیط MS نتایج قابل قبولی نشان داد. با توجه به اهداف این آزمایش، کشت جنین روش مناسبی برای غلبه بر خواب در گیاه باریجه بود که خواب این گیاه را که در شرایط طبیعی حداقل ۶ ماه زمان می‌برد، به دو هفته رساند. همچنین، اکوتیپ‌های C1 و C2 به عنوان بهترین اکوتیپ‌ها شناخته شدند که نتایج مطلوبی را در هر سه آزمایش نشان دادند. از سویی، استفاده از غلظت‌های هورمونی مورد استفاده باعث کالوس‌زایی در تمامی توده‌ها شد و بهترین محیط‌ها، محیط‌های شماره ۶ و ۷ بودند که تمامی ریزنمونه‌ها در این دو محیط کالوس دادند. در محیط‌های شماره ۲، ۳ و ۴ کالوس‌زایی کمتر مشاهده شد و کالوس‌های این محیط‌ها، وزن کمتری داشتند. در سایر محیط‌ها نیز کالوس‌های قابل قبولی مشاهده شدند. در مرحله باززایی نیز ۴۲٪ از کالوس‌های مورد استفاده تمایز یافتند و گیاهچه‌های جدید ایجاد کردند؛ با این حال، سرعت رشد این گیاهچه‌ها کم بود که این می‌تواند به‌علت وجود خواب شدید در این گیاه باشد.

References

- Ahooei, S., Sohani Darban, A. and Nabavi Kalat, M., 2015. Assessment of different treatments effect on seed dormancy break in *Ferula gummosa* Boiss. Iranian Journal of Dynamic Agriculture, 13(2): 83-93. https://sanad.iau.ir/Journal/kavir/Article/1098285/FullText
- Arshad, I., Bibi, A., Ayub, M.A., Zafar, M.M., Hussain, A.I. and Zubair, M., 2025. Oleo-gum-resins: Occurrence, extraction, and biological potential: 1-20. In: Ramawat, K.G. and Merillon, J.M. (Eds.). Natural Products, Springer, Berlin, Heidelberg.4828p. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36202-6_215-1
- Bagheri, S.M., Abdian-Asl, A., Taheri Moghadam, M., Yadegari, M., Mirjalili, H. and Zare Zadeh, A., 2017. Antitumor effect of *Ferula assa-foetida oleo-gum* resin against breast cancer induced by 4T1 cells in BALB/c mice. Journal of Ayurveda and Integrative Medicine, 8(3): 152-158. https://doi.org/10.1016/j.jaim.2017.02.013
- Ghasemi, Y., Faridi, P., Mehregan, I. and Mohagheghzadeh, M., 2005. *Ferula gummosa* Boiss. Fruits: An aromatic antimicrobial agent. Chemistry of Natural Compounds, 41(3): 311-314. 10.1007/s10600-005-0138-3
- Hadi, N., Omidbeyghi, R. and Moeini, A., 2011. In vitro conservation of *ferula gummosa* germplasm and its callus induction. Iranian Journal of Rangeland and Forest Plant Breeding and Genetic Research, 19(1): 28-38. 10.22092/ijrfpbgr.2011.7435
- Hadi, N., Omidbeygi, R. and Moeini, A., 2012, Investigation of *invitro* germination of zygotic embryo of *ferula gummosa*. Iranian Journal of Medical Plants, 19(1): 48-56. 20.1001.1.2717204.2012.11.42.24.2
- Hosseini, A., Bakhtiari, E., Rad, A.K., Shahraki, S., Mousavi, S.H., Havakhah, S. and Amiri, M.S., 2017. The evaluation and comparing of cytotoxic effects of *Ferula gummosa* gum, *Scutellaria lindbergii*, *Kelussia odoratissima* and *Artemisia kopetdaghensis* extracts on ACHN cell line. Iranian Journal of Pharmaceutical Research, 16: 1106-1114. https://doi.org/10.22037/ijpr.2017.2076
- Jalili-Nik, M., Soukhtanloo, M., Javanshir, S., Jahani Yazdi, A., Esmaeilizadeh, M., Jafarian, A. and Ghorbani, A., 2019. Effects of ethanolic extract of

Ferula gummosa oleoresin in a rat model of streptozotocin-induced diabetes. Research in Pharmaceutical Sciences, 14(2): 138-145. https://doi.org/10.4103/1735-5362.253361

- Kakar, S.A., Tareen, R.B., Sandhu, Z.U.D., Azam Kakar, M., Kakar, S.U.R., Iqbal, Z. and Jabeen, H., 2013. *In vitro* and *in vivo* anthelmintic activity of *Ferula costata* (Kor.) against gastrointestinal nematodes of sheep. Pakistan Journal of Botany, 45: 263-268. http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/45(SI)/35.pdf
- Kiasalari, Z., Khalili, M., Roghani, M., Heidari, H. and Azizi, Y., 2013. Antiepileptic and antioxidant effect of hydroalcoholic extract of *Ferula assa-foetida* gum on pentylentetrazole-induced kindling in male mice. Basic and Clinical Neuroscience, 4(4): 299. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4202581/
- Klimek-Chodacka, M., Kadluczka, D. and Lukasiewicz, A., 2020. Effective callus induction and plant regeneration in callus and protoplast cultures of *Nigella damascena* L. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 143: 693-707. https://doi.org/10.1007/s11240-020-01953-9
- Labafi H.A., MehrAfarin A., Naqdi B.H., Ghorbani Nahouji M. and Tavakoli M., 2018. Investigating the effect of various chemical and non-chemical treatments on breaking dormancy of galbanum seeds, *Ferula gummosa* Boiss. Eco-Phytochemical Journal of Medicinal Plants, 1(4): 80-89. https://sid.ir/paper/247827/en
- Mofasseri, M., Tofighi, Z., Pirali Hamedani, M., Hadjiakhoondi, A., Tavakoli, S., Moein, Z. and Baharipour, Z., 2022. Remarkable variation in phytochemicals of *Ferula gummosa* Bioss. essential oils collected from different parts of Iran. Research Journal of Pharmacognosy, 9(4): 29-38. https://doi.org/10.22127/rjp.2022.345563.1917
- Mohammady, M., Pourghasemi, H.R. and Yousefi, S., 2021. Modeling and prediction of habitat suitability for *Ferula gummosa* medicinal plant in a mountainous area. Natural Resources Research, 30: 4861-4884. https://doi.org/10.1007/s11053-021-09940-3
- Montazeri, F., Imani, N. and Omidy, M., 2011. Comparing various methods of seed and embryo culture and charcoal effect in optimizing *in vitro* culture of galbanum. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 26(4): 583-595. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2011.6674
- Moradi, P., Aghajanloo, F., Moosavi, A., Monfared, H.H., Khalafi, J., Taghiloo, M., Khoshzaman, T., Shojaee, M. and Mastinu, A., 2021. Anthropic effects on the biodiversity of the habitats of *Ferula gummosa*. Sustainability, 13(14): 7874. https://doi.org/10.3390/su13147874
- Mustafina, F.U., kizi Jamalova, D.N. and Zarekarizi, A.R., 2025. Optimized microclonal propagation protocol and antioxidant activity of callus cultures from the endangered *Ferula tadshikorum* Pimenov (Apiaceae Lindl.). Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 161: 51. https://doi.org/10.1007/s11240-025-03048-9
- Nguir, A., Mabrouk, H., Douki, W., Ben Ismail, M., Ben Jannet, H., Flamini, G. and Hamza, M.A., 2016. Chemical composition and bioactivities of the essential oil from different organs of *Ferula communis* L. growing in Tunisia. Medicinal Chemistry Research, 25: 515-525. https://doi.org/10.1007/s00044-016-1506-1
- Parsa, S., Ahmadi, K., Ghazanchian, A. and Mahmoodi, S., 2016. Effect of pre-chilling media and breaking seed dormancy treatments on galbanum (*Ferula gummosa* Boiss.) seed germination. Journal of Seed Ecophysiology,1(2): 201-215. 10.22077/sej.2016.430
- Perveen, I., Raza, M.A., Iqbal, T., Naz, I., Sehar, S. and Ahmed, S., 2017. Isolation of anticancer and antimicrobial metabolites from *Epicoccum nigrum*, an endophyte of *Ferula sumbul*. Microbial Pathogenesis, 110: 214-224. https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.06.033
- Ramezani, M., Hosseinzade, H. and Mojtahedi, K., 2001. Effects of *Ferula gummosa* Boiss. Fraction on morphine dependence in mice. Journal of Ethnopharmacology, 77(1): 71-75. https://doi.org/10.1016/S0378-8741(01)00263-X
- Rezaei, M., Bernar, F. and Shafiei Darabi, S., 2003. *Ferula gummosa*. Journal of Iranian Medicinal Plants Research, 17(1): 1-73. https://ijmapr.areeo.ac.ir/article_118180.html?lang=en
- Rostami, M. and Tavakol Afshari, R., 2013. Classification and breaking methods of galbanum (*Ferula gummosa*) seed dormancy. Iranian Journal of Crop Science, 45(2): 255-263. https://doi.org/10.22059/ijfcs.2014.51904
- Sarabadani, R., Omidi, M., Bihamta, M. and Davazdah Emami, S., 2008. Evaluation of *in vitro* embryo culture and the effect of medium culture, hormone levels, and explant types on callus induction and shoot organogenesis of *Ferula gummosa*. Journal of Medicinal Plants, 7(27): 71-81. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.2717204.2008.7.27.7.7
- Sayyah, M., Mandgary, A. and Kamalinejad, M., 2002. Evaluation of the anticovulsant activity of the seed acetone extract of *Ferula gummosa* against seizures induced by pentylenetrazole and electroconvulsive shock in mice. Journal of Ethnopharmacology, 82(3):

105-109. https://doi.org/10.1016/S0378-8741(02)00166-6
- Shah, S.H., Islam, S. and Mohammad, F., 2023. Gibberellic acid: A versatile regulator of plant growth, development and stress responses. Journal of Plant Growth Regulation, 42: 7352-7373. https://doi.org/10.1007/s00344-023-11035-7
- Sharma R.K., 2020. Somatic embryogenesis and plant regeneration in *Ferula jaeschkeana Vatke*: A threatened medicinal herb. International Journal of Plants Research, 33(4): 1-7. https://doi.org/10.1007/s42535-020-00154-1
- Suran, D., Tumendalai, B. and Gun-Aajav, B., 2016. *In vitro* seed germination and callus induction of *Ferula ferulaeoides* (Steud.) Korov. (Apiaceae). Mongolian Journal of Biological Sciences, 14: 53-58. 10.22353/mjbs.2016.14.07
- Upadhyay, P.K., Singh, S., Agrawal, G. and Vishwakarma, V.K., 2017. Pharmacological activities and therapeutic uses of resins obtained from *Ferula asafoetida* Linn.: A review. International Journal of Green Pharmacy, 11: S240-S247. https://doi.org/10.22377/ijgp.v11i02.1033
- Yarizade, A., Kumleh, H.H. and Niazi, A., 2017. In vitro antidiabetic effects of *Ferula assafoetida* extracts through dipeptidyl peptidase IV and α-glucosidase inhibitory activity. Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research, 10: 357-360. https://doi.org/10.22159/ajpcr.2017.v10i5.1664
- Zare, A.R., Solouki, M. and Omidi, M., 2010. Callus induction and regeneration in *Ferula assafoetida* L., an endangered medicinal plant. Trakia Journal of Sciences, 8(1): 11-18. http://tru.uni-sz.bg/tsj/Vol8No1_2010/AmirRezaZare.pdf
- Zhang, H., Lu, J., Zhou, L., Jiang, L. and Zhou, M., 2015. Antioxidant and antitumor effects of *Ferula sinkiangensis* K. M. Shen. International Journal of Clinical and Experimental Medicine, 8: 20845-20852. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4723854/