Islamic Azad University
Gorgan Branch

Journal of Seed Research

ISSN (Print): 2383-2665
ISSN (Online): 2252-0961

The effect of Sunn hemp extract (*Crotalaria juncea*) formulated with chitosan nanoparticle on the germination of some weeds

Fatemeh Ahmadnia[1], Ali Ebadi[2*], Masoud Hashemi[3], Akbar Ghavidel[4], Mohammad Taghi Alebrahim[5]

[1]PhD student plant physiology. Department of Production engineering and plant genetics, Faculty of Agriculture and natural resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, Email: F.ahmadnia@uma.ac.ir

Professor, Department of Production engineering and plant genetics, Faculty of Agriculture and natural resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, Email: Ebadi@uma.ac.ir

[3]Professor, Stockbridge School of Agriculture, Soil Sciences, University of Massachusetts Amherst, Massachusetts, USA, Email: masoud@umass.edu

[4]Assistant professor, Department soil science, Faculty of Agriculture and natural resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, Email: Ghavidel@uma.ac.ir

[5] Professor, Department of Production engineering and plant genetics, Faculty of Agriculture and natural resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, Email: m.t.alebrahim@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2022-8-6
Revised: 2022-9-6
Accepted: 2022-9-16

Keywords:
Chitin
Germination indices
Herbal extract
Nanoparticle
Weeds

ABSTRACT

Sunn hemp (*Crotalaria juncea*) is an allelopathic cover crop used for the physical control of weeds. In order to investigate the effect of Sunn hemp formulated extract with chitosan nanoparticles on the germination of some weeds, an experiment was carried out in 2021 at the Faculty of Agriculture and Natural Resources of Mohaghegh Ardabili University with three replications. The experimental treatments included weed species wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) and pigweed (*Amaranthus retroflexus*) and extract concentration as zero (distilled water), 150 and 200 g/L. The results showed that Sunn hemp formulated extract with chitosan nanoparticles affected the germination percentage and related components in weed seeds. Also, the results indicated that with the increase in concentration (150 and 200 g/L respectively) the germination percentage of wild mustard seeds (20 and 44%, respectively) and pigweed seeds (6 and 12%, respectively) decreased compared to zero concentration. The results demonstrated that the wild mustard weed seed was more affected compared to the pigweed. Pearson's analysis showed a negative and significant effect of germination on time up to 25, 50 and 75%, mean germination time, and germination index. It also showed the positive and significant effect of germination on the coefficient of the velocity of germination, peak value, and germination value. The results emphasize the effect of Sunn hemp extract formulated with chitosan at a concentration of 200 g/L on the reduction of germination and its related components in wild mustard seeds.

Cite this article: Ahmadnia, F., Ebadi, A., Hashemi, M., Ghavidel, A., Alebrahim, M.T. (2022). The effect of Sunn hemp extract (*Crotalaria juncea*) formulated with chitosan nanoparticle on the germination of some weeds. *Journal of Seed Research*, 12 (4), 11-28.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch
Doi: 10.30495/jsr.2023.1988281.1257

نشریه تحقیقات بذر
شاپا چاپی: ۲۶۶۵-۲۳۸۳
شاپا الکترونیکی: ۰۹۶۱-۲۳۵۲
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

تأثیر عصاره سان‌همپ (*Cortalaria juncea*) فرموله شده با نانوذره کیتوزان بر جوانه‌زنی برخی از علف‌های‌هرز

فاطمه احمدنیا[۱]، علی عبادی[۲*]، مسعود هاشمی[۳]، اکبر قویدل[٤]، محمدتقی آل‌ابراهیم[٥]

[۱] دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه آموزشی مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، رایانامه: F.ahmadnia@uma.ac.ir

[۲] استاد، فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه آموزشی مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، رایانامه: ebadi@uma.ac.ir

[۳] استاد،گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی استاک بریج، دانشگاه ماساچوست، ماساچوست، آمریکا، رایانامه: masoud@umass.edu

[٤] دانشیار بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، رایانامه:ghavidel@uma.ac.ir

[٥] استاد علوم علف‌های‌هرز، گروه آموزشی مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، رایانامه: m.t.alebrahim@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/٥/۱٥
تاریخ بازنگری: ۱٤۰۱/٦/۱٥
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/٦/۲٥

واژه‌های کلیدی:
شاخص‌های جوانه‌زنی
عصاره‌های گیاهی
علف‌های هرز
کیتین و نانوذرات

چکیده

سان‌همپ (*Crotalaria juncea*) یک گیاه پوششی دگرآسیب مورد استفاده به منظور کنترل فیزیکی علف‌های‌هرز است. به منظور بررسی تأثیر عصاره فرموله شده سان‌همپ با نانوذره کیتوزان بر جوانه‌زنی برخی از علف‌های‌هرز، آزمایشی در سال ۱٤۰۰ در دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل گونه علف‌های‌هرز خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) و تاج خروس (*Amaranthus retroflexus*) و غلظت‌های صفر (آب مقطر)، ۱٥۰ و ۲۰۰ گرم در لیتر بود. نتایج نشان داد که عصاره سان‌همپ فرموله شده با نانوذره کیتوزان درصد جوانه‌زنی و مؤلفه‌های وابسته به آن را در بذر علف‌های‌هرز تحت تأثیر قرار داد. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش غلظت (به‌ترتیب غلظت‌های ۱٥۰ و ۲۰۰ گرم در لیتر) درصد جوانه‌زنی بذرهای خردل وحشی (به‌ترتیب ۲۰ و ٤٤ درصد) و تاج خروس (به‌ترتیب ٦ و ۱۲ درصد) در مقایسه با غلظت صفر کاهش یافت. نتایج نشان داد که جوانه‌زنی بذر خردل وحشی در مقایسه با بذر تاج خروس بیشتر تحت تأثیر قرار گرفت. تجزیه و تحلیل پیرسون تأثیر منفی و معنی‌دار جوانه‌زنی بر زمان تا ۲٥، ٥۰ و ۷٥ درصد، میانگین زمان جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی را نشان داد. همچنین تأثیر مثبت و معنی‌دار جوانه‌زنی بر ضریب سرعت جوانه‌زنی بذر، حداکثر مقدار جوانه‌زنی و ارزش جوانه‌زنی را نشان داد. نتایج بر تأثیر عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان در غلظت ۲۰۰ گرم در لیتر بر کاهش جوانه‌زنی و مؤلفه‌های وابسته به آن را در بذر خردل وحشی تأیید نمود.

استناد: احمدنیا، فاطمه؛ عبادی، علی؛ هاشمی، مسعود؛ قویدل، اکبر؛ آل‌ابراهیم، محمدتقی. (۱٤۰۱). تأثیر عصاره سان‌همپ (*Cortalaria juncea*) فرموله شده با نانوذره کیتوزان بر جوانه‌زنی برخی از علف‌های هرز. *نشریه تحقیقات بذر*، ۱۲ (٤)، ۲۸-۱۱.

Doi: 10.30495/jsr.2023.1988281.1257

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

سیستم‌های مدیریتی متداول، استفاده از نهاده‌های شیمیایی مانند علف‌کش‌ها را یکی از روش‌های کنترل علف‌های‌هرز در جهت افزایش عملکرد محصولات کشاورزی معرفی می‌کنند (Okey-Onyesolu et al., 2021). استفاده روزافزون و غیرهدفمند از این محصولات موجب افزایش مشکلات زیست‌محیطی مانند تخریب اکوسیستم‌های کشاورزی، تجمع بقایای نهاده‌های شیمیایی و آلودگی منابعی مانند هوا، آب و خاک می‌شود (Li et al., 2021). ارائه روش‌های زیست‌سازگار و ایمن توسط پژوهشگران موجب ایجاد استراتژی‌های مدیریتی موفق در زمینه تولید محصولات کشاورزی همگام با حفظ محیط زیست و دوام اقتصادی می‌شود (Saif et al., 2016).

استفاده از گیاهانی با خاصیت دگرآسیبی یکی از روش‌های سازگار با محیط زیست در مدیریت کنترل علف‌های‌هرز است. دگرآسیبی اثر مهاری یا تحریکی یک گیاه بر گونه‌ای دیگر در نتیجه انتشار ترکیبات شیمیایی در محیط است (Putnam and Tang, 1986). خاصیت دگرآسیبی گیاهان زراعی در مدیریت سیستم‌های کشاورزی برای کنترل علف‌های هرز به دلیل ترشح بسیار ناچیز ترکیبات دگرآسیب در محیط طبیعی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، با این حال می‌توان نقش آن‌ها را با استفاده از گیاهان تجاری دگرآسیب گسترش داد (Wu et al., 1999; Alder and Chase, 2007).

سانهمپ (*Crotalaria juncea*) یکی از گیاهان پوششی مورد استفاده به‌منظور کنترل علف‌های‌هرز است. سانهمپ یک گیاه پوششی سه کربنه[1]، گرمسیری و مقاوم به شرایط سخت است (Kamireddy et al., 2013). سانهمپ پتانسیل بالایی در ارائه خدمات زیستی مانند سرکوب علف‌های‌هرز دارد (Cho et al., 2015). برخی از آمینو اسیدهای جداسازی شده از گیاه سانهمپ گونه کروتالاریا بیانگر خاصیت دگرآسیبی این گیاه هستند (Pant and Fales, 1974; Alder and Chase, 2007). در برخی از مطالعات بیان شده است که برگ‌های گیاه سانهمپ حاوی اسیدآمینه غیرپروتئینی فیتوتوکسیک هیدروکسی نورلوسین[2] هستند که می‌تواند موجب سرکوب علف‌های‌هرز شود (Javaid et al., 2015). با این حال رهاسازی غیرهدفمند ترکیبات دگرآسیب در بستر تولید محصولات کشاورزی و تأثیر عوامل متعدد محیطی می‌تواند موجب کاهش تأثیر این ترکیبات بر کنترل علف‌های‌هرز شود. استفاده از فناوری نانو به جهت ارائه هدفمند این ترکیبات در محیط می‌تواند یکی از روش‌های نوین، ایمن و مؤثر باشد (Maghsoodi et al., 2019; Elizabath et al., 2019). در حقیقت نانوتکنولوژی ساخت ذراتی در مقیاس یک تا ۱۰۰ نانومتر به عنوان ابزاری برای سنجش و مشاهده است (Bulasara et al., 2011). نانوذرات به دلیل بسیاری از ویژگی‌های ساختاری قابل توجه کاربرد گسترده‌ای در علوم و صنایع مختلف دارند (Bulasara et al., 2011). برای مثال گزارش شده است که نانوفناوری در کشاورزی موجب کاهش میزان انتشار مواد شیمیایی، تلفات علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها همگام با افزایش عملکرد محصولات کشاورزی می‌شود (Choudhary et al., 2020).

طیف گسترده‌ای از پلیمرهای زیستی از جمله کیتوزان به‌طور فعال به عنوان نانوحامل‌های تحویل‌دهنده‌ی مواد شیمیایی در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Wani et al., 2019; Choudhary et al., 2019). کیتوزان یک مشتق

1. C3

2. Phytoxic nonoprotein amino acid hydroxynorleucin

زیست‌سازگار، زیست‌تخریب‌پذیر با نفوذپذیری بالا، مقرون به صرفه برای تولید وسیع و غیرسمی از کیتین است (Shukla et al., 2013). ویژگی‌های زیستی، فیزیکوشیمیایی، میزان خلوص و وزن مولکولی کیتوزان وابسته به منبع و روش استخراج است (Kurita et al., 2006). سایر ویژگی‌های کیتوزان شامل خاصیت آنتی‌اکسیدانی (Sun et al., 2007)، هموستاتیک و پتانسیل تشکیل فیلم، قدرت جذب عالی، ضدباکتری، ضدقارچی و ضد ویروسی و ویژگی‌های آنتی کلسترولمی[3] موجب افزایش کاربردهای آن شده است (Mujtaba et al., 2018; Sun et al., 2007). بنابراین می‌توان بیان نمود که کیتوزان به عنوان یکی از کارآمدترین پلیمرها در تحویل مواد شیمیایی کشاورزی و ریزمغذی‌ها در نانوذرات است (Cota-Arriola et al., 2013). برای مثال در پژوهشی علف‌کش گلایفوسیت را با کیتوزان فرموله نموده و گزارش کردند که فرمولاسیون‌های انجام یافته کیتوزان/گلایفوسیت دارای کمترین سمیت و همزمان دارای مؤثرترین فعالیت علف‌کشی در برابر علف‌های‌هرز مورد نظر بودند (Rychter, 2019). در مطالعه‌ای دیگر پژوهشگران نشان دادند که علاوه بر کاهش سمیت علف‌کش ایمزاپیک[4] سنتز شده با نانوذرات کیتوزان، نانوذرات دارای پایداری فیزیکوشیمیایی مطلوبی بودند (Maruyama et al., 2016).

بنابراین به نظر می‌رسد تلفیق عصاره گیاه سان‌همپ به عنوان یک گیاه دگرآسیب با کیتوزان به عنوان یک نانوحامل، نگرش نوینی در ایجاد علفکش‌های زیستی از عصاره سان‌همپ باشد. هدف از این آزمایش، بررسی تأثیر عصاره‌های سان‌همپ و عصاره فرموله شده با کیتوزان بر قابلیت جوانه‌زنی و مؤلفه‌های وابسته به آن در علف‌های‌هرز تاج خروس و خردل وحشی بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر عصاره فرموله شده سان‌همپ با کیتوزان آزمایشی در سال ۱۴۰۰ در آزمایشگاه‌های تکنولوژی بذر و علوم علف‌های‌هرز گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل گونه علف‌های‌هرز خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) و تاج خروس (*Amaranthus retroflexus*) و غلظت‌های صفر (آب مقطر)، ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم در لیتر بود.

بذر سان همپ با نام تجاری (*Crotalaria Juncea*) Global Sunn brand Sunn hemp از ایالات متحده امریکا، ماساچوست، امهرست تهیه شد. بذور پس از اختلاط با باکتری همزیست *Bradyrhizobium* spp. با فواصل بین ردیف ۳۸ سانتی‌متر و روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر در بهار ۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان دانشگاه محقق اردبیلی کشت گردید. برخی از ویژگی‌های خاک مزرعه آزمایشی و شرایط اقلیمی به شرح جدول ۱ و شکل ۱ می‌باشد. با گذشت ٦٥ روز از تاریخ کاشت و پیش از گلدهی اقدام به جمع‌آوری برگ گیاه سان‌همپ گردید. برگ‌های گیاه سان‌همپ به مدت ۷۲ ساعت تا حصول وزن ثابت در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شد (Skinner et al., 2012). سپس نمونه‌های خشک شده توسط آسیاب مدل Romania, type ~3M پودر شد و تا زمان تهیه عصاره در یخچال ۷۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. برای

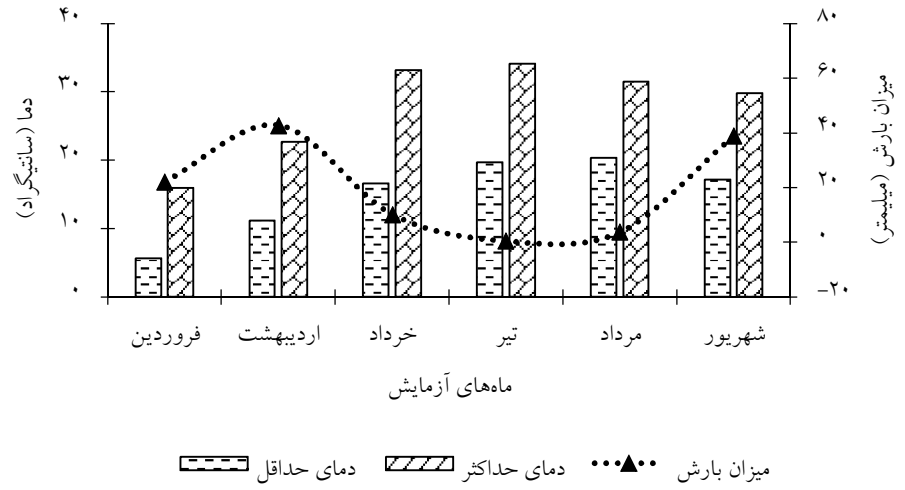
3. Anticholesterolaemic`

4. Imazapic

تهیه عصاره آبی گیاه سانهمپ از روش خیساندن[5] استفاده شد (Trusheva et al., 2007). در این روش پودر گیاه سانهمپ براساس غلظت‌های آزمایشی با آب مقطر مخلوط شد. به‌منظور تهیه غلظت‌های ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم در لیتر به‌ترتیب ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم پودر گیاه سانهمپ به یک لیتر آب مقطر (۱۰۰۰ میلی‌لیتر) اضافه شد. محلول‌های حاصل به‌مدت ٢٤ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی شیکر مدل FSA, AC220V, 50/60HZ (IRAN) قرار گرفت. پس از گذشت زمان، محلول حاصل با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ٤٢ صاف گردید. سپس به مدت ۱۵ دقیقه با ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد و عصاره شفاف رویی جدا و تا زمان انجام آزمون‌های زیست‌سنجی در یخچال در دمای ٤ درجه‌سانتی‌گراد نگهداری شد.

جدول ۱: برخی از ویژگی‌های خاک مزرعه آزمایشی

pH	EC	شن	سیلت	رس	بافت	کربنات کلسیم	کربن آلی	نیتروژن کل (کجلدال)	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب
	دسی زیمنس بر متر	درصد				درصد			میلی‌گرم در کیلوگرم	
۷/۸	٤/۷	۱۰/۹۲	۳۰	۵۹/۰۸	رسی	۳۱/۲	۰/٦	۰/۰۵	۱۰/۵۱	٤٦۷



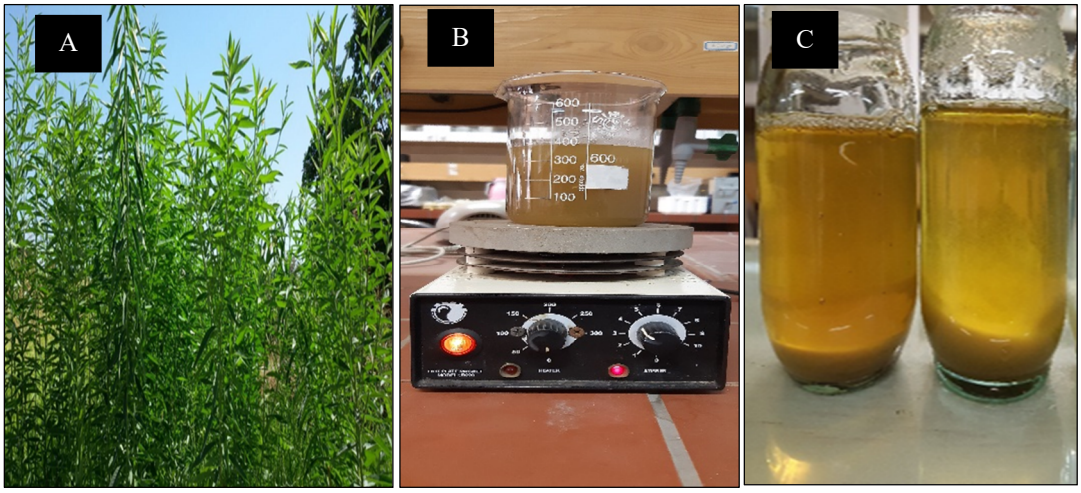
شکل ۱: تغییرات دمایی و بارش در طول دوره رشد سانهمپ

تهیه عصاره فرموله شده سانهمپ با کیتوزان: سنتز عصاره‌های فرموله شده سانهمپ در غلظت های ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم در لیتر با کیتوزان با استفاده از روش ژل‌شدن یونی[6] انجام شد (Bulmera et al., 2012; Shahbazi et al., 2013). کیتوزان تجاری با وزن مولکولی متوسط تهیه شد. به‌منظور سنتز، سه گرم کیتوزان با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم مدل (Satorius -SECURA124-1S- Germany) توزین شد

5. Maceration

6. Ionic gelation

و در ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شـد. جهت انحلال کـامـل و ایجاد یکنواختی در اختلاط محلول از همزن مغناطیسی با ۵۵۰ دور در دقیقه در دمای اتاق (۲±۲۷) استفاده شد. همچنین به‌منظور تنظیم pH برابر پنج، چند قطره به آن اسـتیک اسـید گلاسـیال اضافه شد. سپس مقدار ۲۰ میلی‌لیتر از عصاره سان‌همپ ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم در لیتر به محلول‌ها اضافه شد. در مرحله بعد مقدار ۰/۵ گرم تری پلی فسفات[7] توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ توزین شد و در ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به طور کـامـل حل و به صـــورت قطره قطره با اســـتفاده از قطره‌چکان به محلول کیتوزان اضافه شد. اختلاط محلول به مدت ٦٠ دقیقه ادامه یافت. سپس از محلول تهیه شده برای آزمون‌های زیســت‌ســنجی علف‌های‌هرز خردل وحشی و تاج خروس استفاده شد.



شکل ۲: گیاه سان همپ (A)، سنتز کیتوزان با عصاره سان همپ (B)، عصاره‌های سنتز شده ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم در لیتر (C)

آزمون‌های زیســت‌ســنجی: بذر علف‌های‌هرز خردل وحشـــی (*Sinapis arvensis* L.) و تـاج خـروس (*Amaranthus retroflexus*) از مزارع کشاورزی مرکز تحقیقات مغان در شـهرستان پارس آباد، استان اردبیل با موقعیت جغرافیایی '۳۹°۳۱ شمالی و '٤٦°٤٧ شرقی جمع‌آوری شـد. پیش از انجام آزمایش، قوه‌نامیه بذور علف‌هـای‌هرز خردل وحشـــی و تـاج خروس مورد ارزیابی قرار گرفت. به منظور شـکسـت خواب بذور علف‌هـای‌هرز از جیبرلیـک اسـیـد بـا غلظـت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر بـا ٢٤ ســاعت نگهداری در تاریکی استفاده شد (Keshtkar et al., 2008).

بـه منظور ســنجش تـأثیر هر یک از غلظت‌های مختلف عصـاره سـان‌همپ فرموله شـده با کیتوزان، تعداد ۵۰ عدد بذر از هرگونه علف‌هرز پس از استریل شـدن سـطحی توسـط هیپوکلریت سدیم یک درصد، بصـــورت تصـــادفی در پتری دیش‌هـای بـه قطر ۹ سـانتی‌متر بین دو کاغذ صافی قرار داده شد. به هریک از پتری‌دیش‌ها ۱۰ میلی‌لیتر عصـاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان و برای غلظت صفر گرم در لیتر (آب مقطر) اضـــافه شـــد. پس از آن ظروف پتری‌دیش در پاکت‌های پلاسـتیکی شفاف قرار داده شد و به منظور جوانه‌زنی به ژرمیناتور با رطوبت نسـبی ۷۵ درصـد و دمـای ۲۵ درجـه ســـانتی‌گراد انتقـال داده شـــد

7. Tripolyphosphate (TPP)

(Alebrahim et al., 2011; Alebrahim et al., 2015).

شمارش بذور به مدت ١٤ روز، روزانه در ساعت مشخص انجام شد. بذوری با طول ریشه‌چه دو میلی‌متر به عنوان بذور جوانه‌زده در نظر گرفته شدند (Perry, 1991).

درصد جوانه‌زنی بذر: درصد جوانه‌زنی بذر با استفاده از رابطه (١) محاسبه شد (Scott et al., 1984).

رابطه (١) $GP = \frac{S}{T} \times 100$

در این رابطه GP بیانگر درصد جوانه‌زنی، S بیانگر تعداد بذور جوانه‌زده و T بیانگر تعداد کل بذور نمونه آزمایشی می‌باشد.

زمان تا ٢٥، ٥٠ و ٧٥ درصد جوانه‌زنی: زمان تا ٢٥، ٥٠ و ٧٥ درصد جوانه‌زنی با استفاده از رابطه (٢) محاسبه شد (Mehmood et al., 2018).

رابطه (٢) $T = t_i + \frac{\{(\frac{N}{2}) - n_i\}(tj - ti)}{(nj - ni)}$

در این رابطه N بیانگر تعداد نهایی بذرهای جوانه‌زده، n_i و n_j بیانگر تعداد تجمعی بذرها که در زمان‌های t_i و t_j جوانه‌زده‌اند در زمانی که $ni < \frac{N}{2} < nj$ است.

سرعت جوانه‌زنی: سرعت جوانه‌زنی بذر با استفاده از رابطه (٣) محاسبه شد (Maguire, 1962; Burnett et al., 2005).

رابطه (٣) $GS = \sum \frac{n}{t}$

در این رابطه n بیانگر تعداد بذر جوانه‌زده در زمان t و t بیانگر تعداد روزهای پس از شروع جوانه‌زنی است.

ضریب سرعت جوانه‌زنی: ضریب سرعت جوانه‌زنی بذر با استفاده از رابطه (٤) محاسبه شد (Scott et al., 1984).

رابطه (٤) $CVG = \frac{G_1 + G_2 + \cdots + Gn}{(1 \times G_1) + (2 \times G_2) + \cdots + (n \times Gn)}$

در این رابطه CVG بیانگر ضریب سرعت جوانه‌زنی و $G_1 - G_n$ بیانگر تعداد بذر جوانه‌زده از روز اول تا انتهای آزمون می‌باشد.

میانگین زمان جوانه‌زنی: میانگین زمان جوانه‌زنی با استفاده از رابطه (٥) محاسبه شد (Ellis, 1992).

رابطه(٥) $MGT = \frac{\sum(nd)}{\sum n}$

در این رابطه MGT بیانگر میانگین زمان لازم برای جوانه‌زنی، d بیانگر تعداد روزهای شمارش از زمان شروع آزمایش و n تعداد بذر جوانه‌زده در روز d می‌باشد.

شاخص جوانه‌زنی بذر: شاخص جوانه‌زنی بذر با استفاده از رابطه (٦) محاسبه شد (TeKrony and Egli, 1991).

رابطه (٦) $GI = \sum_{i=1}^{k} ni/ti$

در این رابطه GI بیانگر شاخص جوانه‌زنی، ni بیانگر تعداد کل بذرهای جوانه‌زده، ti بیانگر تعداد روزهای پس از شروع جوانه‌زنی می‌باشد.

حداکثر مقدار جوانه‌زنی: حداکثر مقدار جوانه‌زنی با استفاده از رابطه (٧) محاسبه شد (Saeb et al., 2013).

رابطه (٧) $PV = \frac{MDG_{max}}{N_d}$

در این رابطه PV بیانگر حداکثر مقدار جوانه‌زنی (اوج جوانه‌زنی)، MDG_{max} بیانگر حداکثر میانگین جوانه‌زنی روزانه و N_d بیانگر تعداد روزهای پس از شروع جوانه‌زنی می‌باشد.

ارزش جوانه‌زنی بذر: ارزش جوانه‌زنی بذر با استفاده از رابطه (٨) محاسبه شد (Czabator, 1962).

رابطه (٨) $GV = MDG \times PV$

در این رابطه MDG بیانگر میانگین جوانه‌زنی روزانه و PV بیانگر حداکثر مقدار جوانه‌زنی بذر می‌باشد.

تجزیه آماری داده‌ها: تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS 9.4، نتایج مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون $LSD_{5\%}$ و ترسیم شکل‌ها با استفاده از Excel 2019 انجام شد. همبستگی پیرسون با استفاده از نرم‌افزار آماری GraphPad Prism 9 پس از انجام آزمون نرمال بودن کولموگروف-اسمیرنوف رسم شد.

نتایج

درصد جوانه‌زنی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که درصد جوانه‌زنی بذر تحت تأثیر برهمکنش گونه علف‌های هرز و غلظت‌های مختلف عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که درصد جوانه‌زنی بذر خردل وحشی و تاج خروس با افزایش غلظت عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان کاهش یافت. به‌طوری‌که جوانه‌زنی بذر خردل وحشی در مقایسه با غلظت صفر (آب مقطر)، در غلظت‌های ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم در لیتر به‌ترتیب ۲۰ و ٤٤ درصد کاهش یافت (جدول ۳). همچنین جوانه‌زنی بذر تاج خروس در مقایسه با غلظت صفر (آب مقطر)، در غلظت‌های ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم در لیتر به‌ترتیب ٦ و ۱۲ درصد کاهش یافت (جدول ۳). مقایسه بین غلظت‌های ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم در لیتر در علف‌های‌هرز خردل وحشی و تاج خروس بیانگر کاهش به‌ترتیب ۳۰/۰۰ و ٦/۳۸ درصد جوانه‌زنی بذر علف‌های‌هرز است (جدول ۳).

زمان تا ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد جوانه‌زنی: نتایج بیانگر تأثیر مثبت و معنی‌دار برهمکنش گونه‌های علف‌های‌هرز و غلظت‌های مختلف عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که بیشترین زمان تا ۲۵ درصد جوانه‌زنی از غلظت‌های ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم در لیتر عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان در بذر خردل وحشی (به‌ترتیب ۲/۱۵ و ۲/۲۸ روز) حاصل شد (جدول ۳). این در حالی است که بذر تاج خروس دارای کمترین زمان تا ۲۵ درصد جوانه‌زنی بود و اختلاف آماری معنی‌داری در بین غلظت‌های ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم در لیتر وجود نداشت (جدول ۳). نتایج زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی مانند ۲۵ درصد جوانه‌زنی بود به طوری که بذر خردل وحشی در مقایسه با تاج خروس نیازمند مدت زمان بیشتری برای ۵۰ درصد جوانه‌زنی بود. بیشترین زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی (۲/٦۵ روز) از غلظت ۲۰۰ گرم در لیتر به‌دست آمد (جدول ۳). پس از این غلظت، غلظت ۱۵۰ گرم در لیتر (۲/۵۰ وز) خردل وحشی بیشترین زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی را داشت (جدول ۳). نتایج زمان تا ۷۵ درصد جوانه‌زنی بذر علف‌های‌هرز نشان داد که بیشترین (۳/۰۷ روز) و کمترین (۱/٤۵ روز) به‌ترتیب از غلظت ۲۰۰ گرم در لیتر بذر خردل وحشی و غلظت صفر گرم در لیتر بذر تاج خروس حاصل شد (جدول ۳). مدت زمان تا ۷۵ درصد جوانه‌زنی در غلظت‌های ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم در لیتر بذر تاج خروس (۱/۷۷ و ۱/۷۸ روز) اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند (جدول ۳). به طور کلی بذر خردل وحشی در مقایسه با بذر تاج خروس نیازمند زمان بیشتری برای جوانه‌زنی بود. به نظر می‌رسد در مقایسه غلظت‌های ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم در لیتر با غلظت صفر گرم در لیتر (آب مقطر) در ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد، عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان موجب کاهش ٤٤/۱۳، ٤۷/۳۷، ۳۹/۹٤، ٤۳/۱٤، ۳٦/۷۹ و ٤۱/۱۲ درصدی جوانه‌زنی شده است. این موضوع بیانگر تأثیرپذیری بیشتر بذر خردل وحشی از عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان با خاصیت دگرآسیبی است.

سرعت جوانه‌زنی: نتایج نشان داد که برهمکنش گونه‌های علف‌های‌هرز و غلظت‌های عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر سرعت جوانه‌زنی بذر خردل وحشی و تاج خروس داشت (جدول ۲). نتایج نشان داد که بیشترین سرعت جوانه‌زنی (۱۷/۱۱ بذر در روز) از غلظت صفر گرم در لیتر (آب مقطر) از بذر تاج خروس حاصل شد (جدول ۳).

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس تأثیر عصاره فرموله شده سان‌همپ با کیتوزان بر جوانه‌زنی علف‌های‌هرز

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		درصد جوانه‌زنی	زمان تا ۲۵ درصد جوانه‌زنی	زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی	زمان تا ۷۵ درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	میانگین زمان جوانه‌زنی	ضریب سرعت جوانه‌زنی	شاخص جوانه‌زنی	حداکثر مقدار جوانه‌زنی	ارزش جوانه‌زنی
گونه علف‌هرز	۱	۱۰۵۸/۰۰**	٤/۹۲**	٦/٥۹**	۳/۷٤**	۹۸٥/۱۸**	۳/٦۷**	۱۳۹۹/۹۳**	٦۰۸/٦۱**	۱۷۲۷/٤۱**	۹۸۳٦۳/۷۲**
غلظت	۲	۱۱۷۸/۰۰**	۲/٥۸**	۳/۳٦**	۱/۱۲**	۲٤۹/۹٥**	۱/۳۹**	٦۷۳/۱۰**	٤۸۸/۹٦**	۷٥۸/٦۹**	۷٥۸/٦۹**
گونه علف‌هرز×غلظت	۲	۳۸٦/۰۰**	۰/۰۳٦**	۰/۱۰**	۰/۳٦**	٦۹/۳٥**	۰/۱٤**	٤/۳۱^{ns}	٥/٥۳^{ns}	۱۳٦/۰۲**	۸۲٤۰/۳٦*
خطای آزمایشی	۱۲	٥۰/۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۹	۷/۰٤	۰/۰۰٤	۱/٥۱	۲/۲٥	۱٦/۷٤	۱۳۰۲/۰٤
ضریب‌تغییرات(درصد)	–	۸/۱۹	۳/٤۰	۲/۹٤	٤/٥٥	۱۲/۸۳	۲/۸۹	۲/٦۳	٦/۷۸	۱۰/۹۰	۱٤/٦۳

** و ^{ns} به‌ترتیب معنی داری در سطح احتمال یک درصد و عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

جدول ۳: نتایج مقایسه میانگین تأثیر عصاره فرموله شده سان‌همپ با کیتوزان بر جوانه‌زنی علف‌های‌هرز

	غلظت‌ها (گرم در لیتر)	درصد جوانه‌زنی (٪)	زمان تا ۲۵ درصد جوانه‌زنی (بذر/روز)	زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی (بذر/روز)	زمان تا ۷۵ درصد جوانه‌زنی (بذر/روز)	سرعت جوانه‌زنی (بذر/روز)	میانگین زمان جوانه‌زنی (بذر/روز)	ضریب سرعت جوانه‌زنی	شاخص جوانه‌زنی	حداکثر مقدار جوانه‌زنی	ارزش جوانه‌زنی
خردل وحشی	صفر	۱۰۰/۰۰ a	۱/۲۰ c	۱/٥۰ c	۱/۸۱ c	۱۷/۱۱ c	۲//۰۲ C	٤۹/٥٤ b	۲٦/۲۲ b	٤٥/٦٦ b	۳۲٦/۱۹ b
	۱٥۰	۸۰/۰۰ b	۲/۱٥ b	۲/٥۰ b	۲/۸٦ b	۹/۰۰ d	۳/۰۱ b	۳۳/۲۱ c	۱۳/۷۲ d	۲۲/٦٦ c	۱۲۹/٤۰ c
	۲۰۰	٥٦/۰۰ c	۲/۲۸ a	۲/٦٥ a	۳/۰۷ a	۱۳/۷۲ cd	۳/۲۰ a	۳۱/۲۲ c	۹/۰۰ e	۱٤/۸۸ d	٦۲/۳٥ d
تاج خروس	صفر	۱۰۰/۰۰ a	۰/۰۰ d	۰/۰۰ d	۱/٤٥ d	۳۹/۰۰ a	۱/٤٦ d	٦۸/٥۲ a	۳۸/٦۱ a	٥٤/٦٦ a	۳۹۰/٤۸ a
	۱٥۰	۹٤/۰۰ a	۱/۲٦ c	۱/٥۲ c	۱/۷۸ c	۲۳/۱٦ b	۲/۰٤ c	٤۸/۹٤ b	۲۳/۱٦ c	٤٥/۰۰ b	۳۰۳/۰۰ b
	۲۰۰	۸۸/۰۰ ab	۱/۲٤ c	۱/٥۱ c	۱/۷۷ c	۲۲/۰٥ b	۲/۰۲ c	٤۹/٤۲ b	۲۲/۰٥ c	٤۲/۳۳ b	۲٦۸/۰۰ b
$LSD_{5\%}$	–	۱۲/٥۷	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۱۷	٤/۷۲	۰/۱۱	۲/۱۹	۲/٦۷	۷/۲۸	٦٤/۱۹

میانگین‌های با یک حرف مشترک در آزمون $LSD_{5\%}$ تفاوت معنی‌داری ندارند.

همچنین سرعت جوانه‌زنی بذر تاج خروس در غلظت‌های ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم در لیتر در مقایسه با غلظت صفر گرم در لیتر به‌ترتیب ٤٠/٥٩ و ٤٣/٤٤ درصد کاهش یافت (جدول ۳). با این حال غلظت‌های ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم در لیتر در بذر تاج خروس اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند. با توجه به تأثیرپذیری کمتر بذر تاج خروس در درصد جوانه‌زنی، زمان تا ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد جوانه‌زنی (جدول ۳)، نتایج حاصل از سرعت جوانه‌زنی به دور از انتظار نبود. کمترین سرعت جوانه‌زنی بدون اختلاف آماری معنی‌داری از غلظت‌های صفر، ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم در لیتر بذر خردل وحشی (به‌ترتیب ۱۷/۱۱، ۹ و ۱۳/۷۲ بذر در روز) حاصل شد (جدول ۳). نتایج حاصل از سرعت جوانه‌زنی بذر خردل وحشی در راستای نتایج حاصل از درصد جوانه‌زنی، زمان تا ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد جوانه‌زنی بود (جدول ۳).

میانگین زمان جوانه‌زنی: نتایج نشان داد که برهمکنش گونه‌های علف‌های‌هرز و غلظت‌های عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر میانگین زمان جوانه‌زنی بذر خردل وحشی و تاج خروس داشت (جدول ۲). نتایج نشان داد که بیشترین (۳/۲۰ بذر در روز) و کمترین (١/٤٦ بذر در روز) میانگین زمان جوانه‌زنی به‌ترتیب از غلظت‌های ۲۰۰ گرم در لیتر خردل وحشی و صفر گرم در لیتر (آب مقطر) تاج خروس حاصل شد (جدول ۳). میانگین زمان جوانه‌زنی در بذر خردل وحشی در غلظت‌های ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم در لیتر در مقایسه با صفر گرم در لیتر به‌ترتیب ۳۲/۹٦ و ۳٦/۹٥ درصد افزایش یافت (جدول ۳). با توجه به نتایج حاصل از درصد و سرعت جوانه‌زنی، عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان موجب کاهش در درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر خردل وحشی شده است. این در حالی است که میانگین جوانه‌زنی بذر تاج خروس مانند درصد و سرعت جوانه‌زنی تحت تأثیر افزایش غلظت‌های عصاره فرموله شده سان‌همپ با کیتوزان قرار نگرفت و در غلظت‌های ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم در لیتر (به‌ترتیب ۲/۰٤ و ۲/۰۲ بذر در روز) اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۳). با این حال در مقایسه غلظت‌های ۱۵۰ و۲۰۰ گرم در لیتر عصاره فرموله شده سان‌همپ با کیتوزان در مقایسه با غلظت صفر گرم در لیتر (آب مقطر) به‌ترتیب ۲۸/٥٤ و۲۷/۸٥ درصد افزایش میانگین زمان جوانه‌زنی مشاهده شد (جدول ۳).

ضریب سرعت جوانه‌زنی: نتایج نشان داد که ضریب سرعت جوانه‌زنی بذر تحت تأثیر اثرات جداگانه گونه‌های علف‌های‌هرز و غلظت‌های مختلف عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین (٥٥/٦۳) و کمترین (۳۷/۹۹) ضریب سرعت جوانه‌زنی تحت تأثیر گونه‌های علف‌های‌هرز از تاج خروس و خردل وحشی حاصل شد. به طوری که تاج خروس در مقایسه با خردل وحشی ضریب سرعت جوانه‌زنی بیشتری داشت (جدول ۳). همچنین بیشترین (٥۹/۰۳) ضریب سرعت جوانه‌زنی از غلظت صفر گرم در لیتر (آب مقطر) و کمترین (٤١/۰۷ و ٤۰/۳۲) بدون اختلاف آماری معنی‌داری از غلظت‌های ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم در لیتر حاصل شد (جدول ۳). به طور کلی با توجه به همبستگی ضریب سرعت جوانه‌زنی به درصد و سرعت جوانه‌زنی و نتایج حاصل از آن‌ها می‌توان بیان نمود که تاج خروس در مقایسه با خردل وحشی تأثیرپذیری کمتری در مقابل عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان داشت.

شاخص جوانه‌زنی بذر: نتایج نشان داد که برهمکنش گونه‌های علف‌های‌هرز و غلظت‌های عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر شاخص جوانه‌زنی بذر خردل وحشی و تاج خروس داشت (جدول ۲). بیشترین

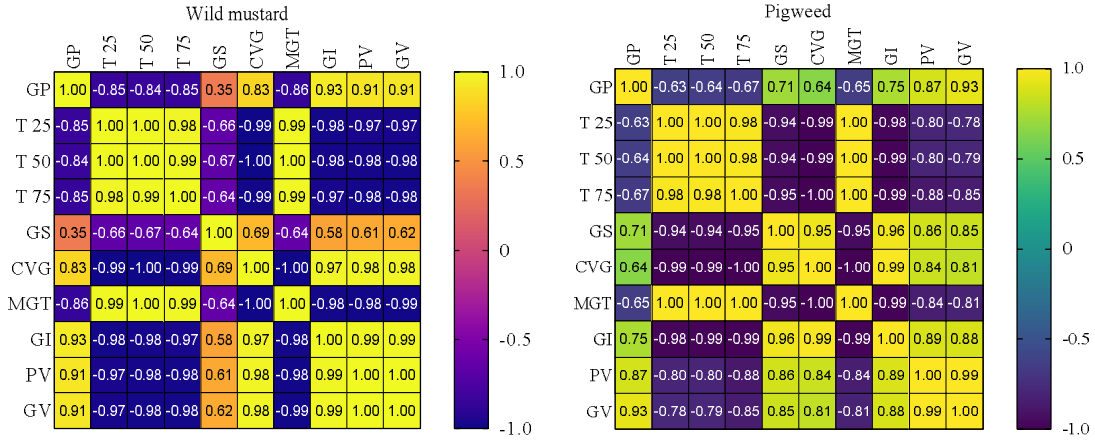
(٢٦/٢٢) و کمترین (٩) شاخص جوانه‌زنی بذر به ترتیب صفر گرم در لیتر بذر تاج خروس و ٢٠٠ گرم در لیتر بذر خردل وحشی حاصل شد (جدول ٣). نتاج نشان داد که در مقایسه غلظت ١٥٠ و ٢٠٠ گرم در لیتر عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان در بذر خردل وحشی با غلظت صفر گرم در لیتر به‌ترتیب ٤٧/٦٦ و ٦٥/٦٧ درصد شاخص جوانه‌زنی بذر کاهش یافت (جدول ٣). همچنین در مقایسه غلظت ١٥٠ و ٢٠٠ گرم در لیتر عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان در بذر تاج خروس با غلظت صفر گرم در لیتر به‌ترتیب ٣٩/٩٩ و ٤٢/٨٧ درصد شاخص جوانه‌زنی بذر کاهش یافت (جدول ٣).

حداکثر مقدار جوانه‌زنی: نتایج بیانگر تأثیر مثبت و معنی‌دار برهمکنش گونه علف‌های‌هرز و غلظت‌های مختلف عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان در سطح احتمال یک درصد بر حداکثر مقدار جوانه‌زنی بود (جدول ٢). همچنین نتایج نشان داد که بیشترین (٥٤/٦٦) از غلظت صفر گرم در لیتر بذر تاج خروس (آب مقطر) و کمترین (١٤/٨٨) از غلظت ٢٠٠ گرم در لیتر بذر خردل وحشی حاصل شد (جدول ٣). غلظت‌های صفر گرم در لیتر خردل وحشی، ١٥٠ و ٢٠٠ گرم در لیتر تاج خروس (به‌ترتیب ٤٥/٦٦، ٤٥/٠٠ و ٤٢/٣٣) اختلاف آماری معنی‌دار نداشتند (جدول ٣). با این حال در مقایسه بذر خردل وحشی با تاج خروس در غلظت‌های ١٥٠ و ٢٠٠ گرم در لیتر، خردل وحشی تأثیرپذیری بیشتری از عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان داشت (جدول ٣). به طوری که غلظت‌های ١٥٠ و ٢٠٠ گرم در لیتر عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان در مقایسه با غلظت صفر گرم در لیتر به‌ترتیب موجب کاهش ٥٠/٣٦ و ٦٧/٣٩ درصدی حداکثر جوانه‌زنی شد (جدول ٣).

ارزش جوانه‌زنی: نتایج بیانگر تأثیر مثبت و معنی‌دار برهمکنش گونه علف‌های‌هرز و غلظت‌های مختلف عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان در سطح احتمال یک درصد بر ارزش جوانه‌زنی بذر بود (جدول ٢). نتایج نشان داد که بیشترین (٣٩٠/٤٧) و کمترین (٦٢/٣٤) ارزش جوانه‌زنی بذر به‌ترتیب از غلظت‌های صفر گرم در لیتر (آب مقطر) تاج خروس و ٢٠٠ گرم در لیتر خردل وحشی به‌دست آمد (جدول ٣). غلظت‌های ١٥٠ و ٢٠٠ گرم در لیتر عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان در بذر تاج خروس (٣٠٣ و ٢٦٨) اختلاف آماری معنی‌داری از نظر ارزش جوانه‌زنی بذر نداشتند (جدول ٣). مقایسه غلظت‌های ١٥٠ و ٢٠٠ گرم در لیتر عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان با غلظت صفر گرم در لیتر (آب مقطر) در بذر خردل وحشی بیانگر کاهش ٦٠/٣٣ و ٨٠/٨٨ درصدی ارزش جوانه‌زنی بذر بود (جدول ٣). همچنین مقایسه غلظت‌های ١٥٠ و ٢٠٠ گرم در لیتر عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان با غلظت صفر گرم در لیتر (آب مقطر) در بذر تاج خروس بیانگر کاهش ٢٢/٤٠ و ٣١/٣٦ درصدی ارزش جوانه‌زنی بذر بود (جدول ٣).

همبستگی پیرسون: نتایج حاصل از همبستگی پیرسون در بذر خردل وحشی بیانگر تأثیر منفی و معنی‌دار جوانه‌زنی بذر بر زمان تا ٢٥ درصد جوانه‌زنی ($r=-0.85^{**}$)، زمان تا ٥٠ درصد جوانه‌زنی ($r=-0.84^{**}$)، زمان تا ٧٥ درصد جوانه‌زنی ($r=-0.85^{**}$)، میانگین جوانه‌زنی بذر ($r=-0.86^{**}$) بود. همچنین نتایج همبستگی پیرسون بیانگر تأثیر مثبت و معنی‌دار جوانه‌زنی بذر بر ضریب سرعت جوانه‌زنی ($r=0.83^{**}$)، شاخص جوانه‌زنی بذر ($r=0.93^{**}$)، حداکثر مقدار جوانه‌زنی ($r=0.91^{**}$) و ارزش جوانه‌زنی ($r=0.91^{**}$) بود (شکل ٣). نتایج همبستگی پیرسون در بذر تاج خروس بیانگر تأثیر منفی و معنی‌دار جوانه‌زنی بذر بر زمان تا ٧٥ درصد جوانه‌زنی ($r=-0.67^{*}$) و تأثیر مثبت و معنی‌دار آن بر شاخص جوانه‌زنی بذر

(r=0.75*) بود (شکل ۳). مدت زمان جوانه‌زنی تا ۲۵ درصد جوانه‌زنی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر زمان تا ۵۰ درصد (r=1.00**)، زمان تا ۷۵ درصد (r=0.98**) و میانگین جوانه‌زنی (r=1.00**) داشت (شکل ۳). همچنین مدت زمان جوانه‌زنی تا ۲۵ درصد تأثیر منفی و معنی‌داری بر سرعت جوانه‌زنی (r=-0.94**)، ضریب سرعت جوانه‌زنی (r=-0.99**) و شاخص جوانه‌زنی (r=-0.98**) داشت (شکل ۳).



شکل ۳: نتایج همبستگی پیرسون خردل وحشی و تاج خروس

درصد جوانه‌زنی بذر (GP)، زمان تا ۲۵ درصد جوانه‌زنی (T_{25})، زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی (T_{50})، زمان تا ۷۵ درصد جوانه‌زنی (T_{75})، سرعت جوانه‌زنی (GS)، ضریب سرعت جوانه‌زنی (CVG)، میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT)، شاخص جوانه‌زنی (GI)، حداکثر مقدار جوانه‌زنی (PV) و ارزش جوانه‌زنی (GV)

بحث

جوانه‌زنی بذر با مجموعه‌ای از فرآیندهای پیچیده فیزیولوژیک و بیوشیمیایی همراه است (Wang et al., 2019). عوامل داخلی متعددی از جمله قدرت بذر، دما، زمان و عوامل بیرونی مانند تحریک‌کننده‌ها و بازدارنده‌های مانند هورمون‌ها و ترکیبات دگرآسیب بر جوانه‌زنی بذر تأثیرگذارند (Xia et al., 2018). بذر خردل وحشی و تاج خروس دو گونه مهم خسارت‌زا در مزارع کشاورزی هستند (Enayati et al. 2019; Zargar et al., 2021). شناخت ویژگی‌های جوانه‌زنی و مؤلفه‌های وابسته به آن در این بذور موجب افزایش توانمندی‌های مدیریتی در کاهش خسارت‌های آن‌ها به مزارع کشاورزی می‌شود. نتایج حاصل از این آزمایش بیانگر آن بود که با افزایش غلظت عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان درصد جوانه‌زنی بذور خردل وحشی و تاج خروس کاهش یافت. بذر خردل وحشی در غلظت‌های ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم در لیتر کاهش قابل توجه‌ای (۲۰ و ٤٤ درصد) در درصد جوانه‌زنی داشت. همچنین نتایج بازدارندگی ۳۰/۰۰ و ٦/۳۸ درصدی جوانه‌زنی در غلظت‌های ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم در لیتر بیانگر تأثیرپذیری بیشتر بذر علف‌هرز خردل وحشی در مقایسه با بذر علف‌هرز تاج خروس بود. به نظر می‌رسد بازدارندگی عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان در غلظت ۲۰۰ گرم در لیتر بیشتر از غلظت ۱۵۰ گرم در لیتر در بذر علف‌هرز خردل وحشی بود. نتایج حاصل از زمان تا ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد جوانه‌زنی نیز در راستای درصد جوانه‌زنی بیانگر ایجاد بازدارندگی بیشتر در جوانه‌زنی بذر خردل وحشی در مقایسه با تاج خروس بود به طوری که در مقایسه غلظت‌های ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم در لیتر با غلظت

صفر گرم در لیتر (آب مقطر) در ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد جوانه‌زنی عصاره سانهمپ فرموله شده با کیتوزان موجب بازدارندگی ٤٤/١٣، ٤٧/٣٧، ٣٩/٩٤، ٤٣/١٤، ٣٦/٧٩ و ٤١/١٢ درصدی جوانه‌زنی شد. این موضوع بیانگر تأثیرپذیری بیشتر بذر خردل وحشی از عصاره سانهمپ فرموله شده با کیتوزان با خاصیت دگرآسیبی است. در مطالعات بسیاری به تأثیر عصاره سانهمپ بر جوانه‌زنی بذور مختلفی مانند گندم، کاهو و علف‌هرز تاج خروس اشاره شده است (Skinner et al., 2012; Alder et al., 2007; Ohdan et al., 1995). در برخی از پژوهش‌ها غلظت‌های مختلف دهیدروپیرولیزیدین[8] در دانه، ساقه، ریشه و برگ گیاه سانهمپ و سایر آلکالوئیدها مانند ریدلین[9]، سیکونین[10] و سنسیفیلین[11] به عنوان عوامل مؤثر در افزایش خاصیت دگرآسیبی گیاه سانهمپ در سرکوب علف‌های‌هرز اشاره شده است (Adams et al., 1956; Morris et al., 2015). گزارش شده است که عصاره بذر سانهمپ موجب کاهش ۱۲ درصدی رشد علف‌های‌هرز می‌شود (Cole, 1991). سرعت جوانه‌زنی بذر علف‌هرز تاج خروس در غلظت‌های ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم در لیتر کاهش یافت اما این کاهش در مقایسه با خردل وحشی بسیار ناچیز بود به‌طوری‌که تفاوت آماری در این غلظت‌ها مشاهده نشد. این در حالی است که سرعت جوانه‌زنی در غلظت ۱۵۰ گرم در لیتر در مقایسه با ۲۰۰ گرم در لیتر بازدارندگی بیشتری در بذر علف‌هرز خردل وحشی داشت. گزارش شده است که کیتوزان موجب تحریک جوانه‌زنی بذر در پاسخ به تنش‌های زیستی و غیرزیستی می‌شود (Mahdavi et al., 2013). برای مثال گزارش شده است که استفاده از کیتوزان موجب افزایش سرعت جوانه‌زنی خیار، فلفل، کدو تنبل و کلم شده است (Chandrkrachang et al., 2002). اگرچه مطالعات بسیاری بر تأثیر مثبت کیتوزان بر تنش‌های محیطی، القای مقاومت در پاتوژن‌ها و تقویت‌کننده و تنظیم‌کننده رشد گیاه اشاره کرده است (Boonlertnirum et al., 2007; Hemantaranjan et al., 2014; Cabrera et al., 2013) اما به نظر می‌رسد سنتز کیتوزان با غلظت عصاره گیاهی مصرف شده در سنتز عامل تعیین‌کننده تأثیرپذیری بذور علف‌های‌هرز باشد.

میانگین مدت زمان جوانه‌زنی یکی از مهمترین ویژگی‌های کیفی بذر محسوب می‌شود که بیانگر مدت زمان استقرار یک گیاه در محیط است (Pasandideh et al., 2014). همچنین این صفت کیفی شاخصی از سرعت و شتاب جوانه‌زنی است و به عنوان معیاری از یکنواختی جوانه‌زنی و بینه گیاهچه نیز محسوب می‌شود (Hanter et al., 1984). نتایج حاصل از این آزمایش بیانگر افزایش میانگین مدت زمان جوانه‌زنی بذر خردل وحشی در غلظت ۲۰۰ گرم در لیتر در مقایسه با غلظت‌های ۱۵۰ و صفر گرم در لیتر بود. این امر بیانگر تأثیر مثبت عصاره سانهمپ فرموله شده با کیتوزان بر کاهش یکنواختی جوانه‌زنی بذر خردل وحشی است. این در حالی است که میانگین مدت زمان جوانه‌زنی بذر تاج خروس تغییر چندانی در تمام غلظت‌های مورد بررسی نداشت. به نظر می‌رسد مقاومت بذر تاج خروس در برابر تغییرات جوانه‌زنی تحت تأثیر عصاره فرموله شده سانهمپ با کیتوزان بیشتر است. با توجه به افزایش میانگین زمان جوانه‌زنی و رابطه آن با سرعت جوانه‌زنی می‌توان گزارش نمود که ضریب سرعت جوانه‌زنی بذر تحت تأثیر عصاره سانهمپ فرموله شده با کیتوزان در غلظت‌های ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم در لیتر کاهش یافت.

8. Dehydropyrrolizidine
9. Riddelline
10. Senecionine
11. Seneciphylline

اگرچه در این غلظت‌ها کاهش ضریب سرعت جوانه‌زنی اختلاف آمای معنی‌داری نداشت. بیان شده است که ضریب سرعت جوانه‌زنی، بیانگر سرعت و شتاب جوانه‌زنی بذر است (Scott et al., 1984). همچنین اگر میانگین زمان جوانه‌زنی کمتر باشد، سرعت جوانه‌زنی بذر بیشتر خواهد بود (Pasandideh et al., 2014). بنابراین می‌توان گزارش نمود که بذر تاج خروس در این آزمایش با کمترین میانگین جوانه‌زنی و بیشترین سرعت جوانه‌زنی دارای بالاترین ضریب سرعت جوانه‌زنی است. البته این موضوع بیانگر عدم تأثیرپذیری مطلوب بذر علف‌هرز تاج خروس از عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان است.

برهمکنش سرعت و درصد جوانه‌زنی بذر، موجب بهبود شاخص بذر می‌شود که گزارش شده است شاخص بذر، ترکیبی از این دو مؤلفه است (Kader, 2005). کاهش درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بذر خردل وحشی و تاج خروس در غلظت‌های ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم در لیتر موجب کاهش شاخص جوانه‌زنی بذر شد. این کاهش در بذر علف‌هرز خردل وحشی (۴۷/۶۶ و ۶۵/۶۷ درصد) قابل توجه بود. همچنین حداکثر مقدار جوانه‌زنی و ارزش جوانه‌زنی بذر تحت تأثیر عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان در خردل وحشی در مقایسه با تاج خروس در غلظت ۲۰۰ گرم کاهش قابل توجه‌ای داشت. این امر بیانگر تأثیر بازدارنده و معنی‌دار عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان بر کاهش ارزش جوانه‌زنی بذر و حداکثر مقدار جوانه‌زنی است. برای مثال پژوهشگران گزارش کردند حضور یک آمینواسید غیرپروتئینی به نام دی- هیدروکسی نورلوسین[12] در سان‌همپ مانع از جوانه‌زنی بذر کاهو (*Lactuca sativa* L.) می‌شود (Pant and Fales, 1974; Pilbeam and Bell, 1979). همچنین بر تأثیر خاصیت دگرآسیبی عصاره آبی برگ سان‌همپ بر جوانه‌زنی گندم (*Triticum aestivum*)، فلفل دلمه‌ای (*Capsicum annum*) و تأثیر کم آن بر جوانه‌زنی گوجه فرنگی اشاره شده است (Adler and Chase, 2007; Ohdan *et al*., 1995). نتایج مطالعه‌ای نشان داد که استفاده از عصاره برگ سان‌همپ در مقایسه با تیمار شاهد موجب کاهش جوانه‌زنی در بذرهای فلفل دلمه‌ای (۱۰۰ درصد)، گوجه فرنگی (۱۰۰ درصد)، پیاز (۹۵ درصد)، شلغم (۶۹ درصد)، بامیه (۴۹ درصد)، نخود (۳۹ درصد)، چاودار (۲۲ درصد)، ذرت شیرین (۱۴ درصد)، نخود زمستانه اتریشی (۱۰ درصد)، شبدر لاکی (۸ درصد)، خیار (۲ درصد) و گندم زمستانه (۲ درصد) شد (Skinner et al., 2012). سنتز نانوذرات کیتوزان با استفاده از عصاره‌های گیاهی کاربردهای مختلفی دارد. برای مثال سنتز نانوذرات کیتوزان با علف‌کش‌های شیمیایی مانند گلایفوسیت و ایمزاپیک و تأثیر مطلوب آن‌ها بر کاهش استقرار علف‌های‌هرز و خطرات زیست‌محیطی گزارش شده است (Maruyama et al., 2016; Rychter, 2019).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این آزمایش بیانگر آن بود که با افزایش غلظت عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان، درصد جوانه‌زنی و سایر مؤلفه‌های وابسته به آن و مورد بررسی کاهش یافت. بررسی تأثیرپذیری گونه علف‌های‌هرز نیز نشان داد که بذر علف‌هرز خردل وحشی بیشترین تأثیرپذیری را در مقایسه با بذر علف‌هرز تاج خروس داشت. همچنین به نظر می‌رسد غلظت عصاره گیاهی مورد استفاده در سنتز با کیتوزان مهمترین عامل بازدارندگی جوانه‌زنی و مؤلفه‌های وابسته به آن باشد. از نتایج چنین استنباط می‌گردد

12. D-hydroxy nor leucine

عصاره سانهمپ فرموله شده با کیتوزان در غلظت ۲۰۰ گرم در لیتر موجب تأثیر مطلوب در کاهش جوانهزنی و مؤلفههای وابسته به آن در بذر خردل وحشی میشود.

References

Abdul-Baki, A. and Anderson, J.D. 1973. Vigor determination in soydean by multiple criteria. Crop Science. 13:630-633.

Adams, R. and Gianturco, M.1956. The alkaloids of *Crotalaria juncea*. Journal of American Chemical Society. 78:1919-1921.

Adler, M.J. and Chase, C.A. 2007. Comparison of the allelopathic potential of leguminous summer cover crops: Cowpea, sunn hemp, and velvetbean. Hort Science. 42:289-293.

Alebrahim, M.T., Fakhari, R. and Sharifi, K. 2015. Allelopathic effect of bitter gourd extract (*Acroptilon repens*) on the greening of some crops and weeds. Iranian Journal of Seed Research, 6(3): 13-21.

Alebrahim, M.T., Rouhi, H., Serajchi, M., Majd, R. and Ghorbani, R. 2011. Study of dormancy-breaking and optimum temperature for germination of Russian knapweed (*Acroptilon repens* L.). International Journal of Agriscience. 1(1):19-25.

Boonlertnirum, S., Sarobol, E.D., Meechoui, S. and Sooksathan, I. 2007. Drought recovery andgrain yield potential of rice after chitosan application. Kasetsart Journal- Natural Science. 41(1):1-6.

Bulasara, K.V., Thakuria, H., Uppaluri, R. and Purkait, M.K. 2011. Effect of process parameters on electroless plating and nickel-ceramic composite membrane characteristics. Desalination. 268 (1-3): 195-203.

Bulmera, C., Margaritisa, A. and Xenocostasb, A. 2012. Production and characterization of novel chitosan nanoparticles for controlled release of rHu-Erythropoietin. Biochemical Engineering Journal. 68: 61-69.

Burnett, S.E., Pennisi, S.V., Thomas, P.A. and van Iersel, M.W. 2005. Controlled drought affects morphology and anatomy of Salvia splendens. Journal of the American Society for Horticultural Science. 130(5): 775-781.

Cabrera, J.C., Wégria, G., Onderwater, R.C.A., González, G., Nápoles, M.C., Falcón-Rodríguez, A.B., Costales, D., Rogers, H.J., Diosdado, E., González, S., Cabrera, G., González, L. and Wattiez, R. 2013. Practical Use of Oligosaccharins in Agriculture. In: S. Saa Silva, P. Brown, and M. Ponchet (Eds.), Proc. 1st World Congress on the Use of Biostimulants in Agriculture, Acta Hort. 1009 (2013): 195-212.

Chandrkrachang, S. 2002. The applications of chitin and chitosan in agriculture in Thailand. Advances in Chitin Science. 5:458-462.

Cho, A.H., Chase, C.A. and Treadwell, D.D. 2015. Apical dominance and planting density effects on weed suppression by Sunn Hemp (*Crotalaria juncea* L.). Hortscience 50(2):263-267.

Choudhary, S.K., Kumar, A. and Kumar. R. 2020. Novel Nanotechnological Tools for Weed Management – A Review. Chemical Science Review and Letters. 9(36): 886-894.

Cole, S.D. 1991. Allelopathic effects of *Crotalaria juncea*. University of South Dakota, MS Thesis.

Cota-Arriola, O., Onofre Cortez-Rocha, M., Burgos-Hernández, A., Marina Ezquerra- Brauer, J. and Plascencia-Jatomea, M. 2013. Controlled release matrices and micro/nanoparticles of chitosan with antimicrobial potential: development of new strategies for microbial control in agriculture. Journal of Science of Food Agriculture. 93 (7):1525–1536.

Czabator, F.J. 1962. Germination Value: An Index Combining Speed and Completeness of Pine Seed Germination. Forest Science. 8: 386-396.

Elizabath, A., Babychan, M., Mathew, A.M. and Syriac, G.M. 2019. Application of nanotechnology in agriculture. International Journal of Pure and Applied Bioscience. 7 (2):131-139.

Ellis, R. H. 1992. Seed and seedling vigor in relation to crop growth and yield. Plant Growth Regulation. 11: 249-255.

Enayati, V., Esfandiari, E., Pourmohammad, A. and Haj Mohammadnia Ghalibaf, K. 2019. Evaluation of different methods in seed dormancy breaking and germination of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). Iranian Journal of Seed Research: 5(2): 129-137.

Hemantaranjan, A., Katiyar, D., Singh, B. and Nishant Bhanu, A. 2014. A Future Perspective in Crop Protection: Chitosan and its Oligosaccharides. Advances in Plants & Agriculture Research. 1(1): 00006, 1-8.

Hunter, E.A., Glaasbey, C.A. and Naylor. R.A.L. 1984. The analysis of data from germination tests. Journal of Agricultural Sciences, Cambridge. 102: 207-213.

Javaid, M.M., Bhan, M., Johnson, J.V., Rathinasabapahi, B. and Chase, C.A. 2015. Biological and chemical characterizations of allelopathic potential of diverse accessions of the cover crop sunn hemp. American Society for Horticultural Science. 140(6):532-541.

Kader, M.A. 2005. A comparison of seed germination calculation formulae and the associated interpretation of resulting data. Journal and Proceedings of the Royal Society of New South Wales. 138: 65–75.

Kamireddy, S.R., Li, J., Abbina, S., Berti, M., Tucker, M. and Ji, Y. 2013. Converting forage sorghum and sunn hemp into biofuels through dilute acid pretreatment. Industrial Crops and Products. 49:598-609.

Keshtkar, H.R. Azarinvand, H., Etemad, V. and Moosavi, S.S. 2008. Seed dormancy-breaking and germination requirements of *Ferula ovina* and *Ferula gummosa*. Desert. 13:45-51.

Kurita, K. 2006. Chitin and chitosan: functional biopolymers from marine crustaceans. Mar Biotechnol (NY). 8(3): 203-226. doi: 10.1007/s10126-005-0097-5.

Li, H.F., Dong, J.X., Vasylieva, N., Cui, Y.L. Wan, D.B., Hua, X.D., Huo, j.Q., Yang, D.C., Gee, Sh.J. and Hammock, B.D. 2021. Highly specific nanobody against herbicide 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid for monitoring of its contamination in environmental water. Science of the Total Environment 753 (2021):141950, 1-41.

Maghsoodi, M.R., Lajayer, B.A., Hatami, M. and Mirjalili, M.H. 2019. Challenges and opportunities of nanotechnology in plant-soil mediated systems: beneficial role, phytotoxicity, and phytoextraction, Advances in Phyto nanotechnology. From synthesis to Application, Edition: 1st, 379-404 pp.

Maguire, J.D. 1962. Speed of germination, aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. Crop Science. 2:176-177.

Mahdavi, B. and Rahimi, A. 2013. Seed priming with chitosan improves the germination and growth performance of ajowan (*Carum copticum*) under salt stress. EurAsian Journal of BioSciences Eurasia J Biosci. 7: 69-76.

Maruyama, C.R., Guilger, M., Pascoli, M., Bileshy-Jose, N., Abhilash, P.C., Fraceto, L.F. and Lima, R.D. 2016. Nanoparticles Based on Chitosan as Carriers for the Combined Herbicides Imazapic and Imazapyr. Scientific Reports. 6:19768, 1-15. DOI: 10.1038/srep19768.

Mehmood, A., Naeem, M., Khalid, F., Saeed, Y., Abbas, T., Jabran, Kh., Sawar, M.A. Tanveer, A. and Javaid, M.M. 2018. Identification of phytotoxins in different plant parts of Brassica napus and their influence on mung bean. Environmental Science and Pollution Research. 25:18071-18080.

Morris, JB., Chase, C., Treadwell, D., Koenig, R., Cho, A., Morales-Payan, J.P., Murphy, T. and Antonious, G.F. 2015. Effect of sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.) cutting date and planting density on weed suppression in Georgia, USA. Journal of Environmental Science and Health, Part B.50: 614-621.

Mujtaba, M., Khawar, KH.M., Camara, M.C., Carvalho, L.B., Fraceto, L.F., Morsi, R.E., Elsabee, M.Z., Kaya, M., Labidi, J., Ullah, H. and Wang, D. 2020. Chitosan-based delivery systems for plants: A brief overview of recent advances and future directions. International Journal of Biological Macromolecules. 154: 683-697.

Ohdan, H., Daimon, H. and Mimoto, H. 1995. Evaluation of allelopathy in Crotalaria by using a seed pack growth pouch. Japanese Journal of Crop Science. 64:644-649.

Okey-Onyesolu, C.F., Hassanisaadi, M., Bilal, M., Barani, M., Rahdar, A., Iqbal, J. and

Pant, R. and Fales, H.M. 1974. Occurrence of a new amino acid in Crotalaria seeds. Phytochemistry. 13:1626-1627.

Pasandideh, H., Sseyed Sharifi, R., Hamidi, A., Mobasser, S. and Sedghi, M. 2014. Relationship of seed germination and vigour indices of commercial soybean (*Glycine max* L. Merr.) Cultivar with seedling emergence in field. Iranian Journal of Seed Sciences and Research, 1(1): 29-50.

Perry, D.A. 1991. Methodology and application of vigor tests. International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland. 275pp.

Pilbeam, D.J. and Bell, A.E. 1979. A reappraisal of the free amino acids in seeds of *Crotalaria juncea* (*Leguminosae*). Phytochemistry. 18: 320-321.

Putnam, A.R. and Tang, C.S. 1986. The science of allelopathy. Wiley, N.Y.

Rychter, P. 2019. Chitosan/glyphosate formulation as a potential, environmentally friendly herbicide with prolonged activity. Journal of Environmental Science and Health, part B. Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes. 54(8):681-692. https://doi.org/10.1080/03601234.2019.1632644

Saeb, H., Khayyat, M., Zarezadeh, A., Moradinezhad, F., Samadzadeh, A. and Safaee, M. 2013. Effects of NaCl stress on seed germination attributes of periwinkle (*Catharanthus roseus* L.) and corn poppy (*Papaver rhoeas* L.) plants. Plant Breeding and Seed Science. 67:115-123.

Saif, S., Tahir, A. and Chen, Y. 2016. Green Synthesis of Iron Nanoparticles and Their Environmental Applications and Implications. Nanomaterials (MADP). 6(11), 209: 1-26.

Scott, S.J., Jones, R.A. and Williams, W.A. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. Crop Science, 24: 1192-1199.

Shahbazi, M.A., Hamidi, M. and Mohammadi-Samani, S. 2013. Preparation, optimization, and in-vitro/in-vivo/ex-vivo characterization of chitosan-heparin nanoparticles: drug-induced gelation. Journal of Pharmacy and pharmacology. 65(8): 1118-1133.

Shukla, S.K., Mishra, A.K., Arotiba, O.A., Mamba, B.B. 2013. Chitosan-based nanomaterials: A state-of-the-art review. International Journal of Biological Macromolecules. 59(2013): 46-58.

Skinner, E.M., Dı´az-Pe´rez, J.C., Phatak, SH., Schomberg, H.H. and Vencill, W. 2010. Allelopathic Effects of Sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.) on Germination of Vegetables and Weeds. Hort. Science. 47(1):138-142.

Sun, T., Zhou, D., Xie, J., Mao, F. 2007. Preparation of chitosan oligomers and their antioxidant activity. European Food Research and Technology. 225 (3-4): 451-456.

Tekrony, D.M. and Egli, D.B. 1991. Relationship of seed vigor to crop yield: a review. crop science. 31(3):816-822.

Trusheva, B., Trusnkova, D. and Bankova, V. 2007. Different extraction methods of biologically active components from propolis: a preliminary study. Chemistry central Journal. 1(13):1-4.

Wang, J., Ma, H. and Wang, SH. 2019. Application of ultrasound, microwaves, and magnetic fields techniques in the germination of cereals. Food Science and Technology Research. 25 (4): 489-497.

Wani, T.A., Masoodi, F., Baba, W.N., Ahmad, M., Rahmanian, N. and Jafari, S.M. 2019. Nanoencapsulation of agrochemicals, fertilizers, and pesticides for improved plant production. Advances in Phytonanotechnology. Chapter 11, 279-298.

Wu, H., Pratley, J., Lemerle, D. and Haig, T. 1999. Crop cultivars with allelopathic capability. Weed Research. 39:171–180.

Xia, Q., Green, B.D., Zhu, Z.Z., Li, Y.E., Gharibzahedi, S.M.T., Roohinejad, S. and Barba, F.J. 2018. Innovative processing techniques for altering the physicochemical properties of wholegrain brown rice (*Oryza sativa* L.)-opportunities for enhancing food quality and health attributes. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 59(20):3349-3370.

Zargar, M., Kavhiza, N.J., Bayat, M. and Pakina, E. 2021.Wild Mustard (*Sinapis arvensis*) Competition and Control in Rain-Fed Spring Wheat (*Triticum aestivum* L.). Agronomy. 11(11): 11(11): 2306:1-8.