

Effect of chemical compound of yarrow (*Achillea wilhelmsii* C. Koch) essential oil on germination characteristics of barnyard grass (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv) and common lambsquarter (*Chenopodium album* L.)

Mahnaz Kandi¹, Asa Ebrahimi², Marjan Diyanat^{*2}, Hamid Saeidian³

1,2. Department of Agricultural Sciences and Food Industries, Science and Research Branch, Islamic Azad University of Tehran, Iran. 3. Payame Noor University of Zanjan, Iran.

(Received: September 9, 2021- Accepted: September 9, 2021)

ABSTRACT

In order to investigate the effect of compound and herbicidal activity of yarrow (*Achillea wilhelmsii* C. Koch) essential oil on barnyard grass (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv) and common lambsquarter (*Chenopodium album* L.) germination, two factorial experiments were conducted in a randomized design with four replications at laboratory of Islamic Azad University in 2020. Experimental factors were the type of essential oil at two levels (ordinary and nano) and concentration at six levels (0, 100, 200, 400, 800 and 1000 μL^{-1}). essential oil analysis led to the identification of 49 compounds and Among them, camphor (21.1%), 1,8-cineole (19.3%), myrtenol (8.4%), carvacrol (8.3%) and borneol (6.1%) were the main compounds. Scanning electron microscopy images showed that the particles were 1 and 100 nm in size. There was no significant difference between germination percentages of barnyard grass at the 100 μL^{-1} concentration of two types of essential oil. However, with increasing the concentration, this difference became significant, so that in 400 μL^{-1} concentration, the germination percentage of barnyard grass treated with ordinary and nano essential oils reached 30.12 and 10.02%, respectively. Nano essential oil at 1000 at μL^{-1} concentration inhibited barnyard grass seeds germination completely. Common lambsquarter germination was 36.12% and 13.02% at 400 μL^{-1} of nano and ordinary essential oils and germination was completely prevented by 800 μL^{-1} nano essential oil. Common lambsquarter was more sensitive to yarrow essential oil in comparison to barnyard grass. Therefore, the application of 800 and 1000 μL^{-1} of yarrow nano essential is recommended to prevent the germination of common lambsquarter and barnyard grass seeds, respectively.

Keywords: Essential oil analysis, germination percentage, nano particle, radicle length, seedling dry weight.

بررسی ترکیبات شیمیایی اسانس بومادران (*Achillea wilhelmsii* C. Koch) بر خصوصیات جوانه‌زنی علف‌های هرز سوروف (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv) و سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.)

مهناز کندی^۱، آسا ابراهیمی^۲، مرجان دیانان^{*۲}، حمید سعیدیان^۳

۱- دانش آموخته رشته بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ۲- استادیاران دانشکده کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ۳- استاد، دانشگاه پیام نور زنجان.

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۱۸ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۱)

چکیده

به منظور بررسی اثر ترکیبات و فعالیت علف‌کشی اسانس بومادران (*Achillea wilhelmsii* C. Koch) بر دو علف‌هرز سوروف (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv) و سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.)، دو آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار در آزمایشگاه دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات در سال ۱۳۹۹ انجام شد. فاکتور اول نوع اسانس در دو سطح (معمولی و نانو) و فاکتور دوم غلظت اسانس در شش سطح (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میکرولیتر در لیتر) بودند. نتایج آنالیز اسانس منجر به شناسایی ۴۹ ترکیب در اسانس بومادران شد و از بین این ترکیبات، کامفور (۲۱/۱ درصد)، ۱،۸-سینئول (۱۹/۳ درصد)، میرتنول (۸/۴ درصد)، کارواکرول (۸/۳ درصد) و بورنتول (۶/۱ درصد) ترکیبات عمده موجود در اسانس را تشکیل می‌دادند. تصاویر به دست آمده از میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان داد که اندازه ذرات بین یک تا ۱۰۰ نانومتر بود. در صفت درصد جوانه‌زنی، تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های ۱۰۰ میکرولیتر در لیتر دو نوع اسانس وجود نداشت، اما با افزایش غلظت، این تفاوت معنی‌دار شد، به گونه‌ای که در غلظت ۴۰۰ میکرولیتر در لیتر، درصد جوانه‌زنی

* Corresponding author E-mail: m.diyanat@srbiau.ac.ir

سوروف تیمار شده با اسانس معمولی و نانو، به‌ترتیب به ۳۰/۱۲ و ۱۰/۰۲ درصد رسید. در غلظت ۱۰۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس نانو بومادران، به‌طور کامل از جوانه‌زنی بذر سوروف جلوگیری شد. در غلظت ۴۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس‌های نانو و معمولی، سلمه‌تره ۳۶/۱۲ و ۱۳/۰۲ درصد جوانه زد و اسانس نانو در غلظت ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر، کاملاً از جوانه‌زنی سلمه‌تره جلوگیری کرد. جوانه‌زنی بذر سلمه‌تره نسبت به بذر سوروف به اسانس بومادران حساس‌تر بود. به‌این ترتیب، کاربرد نانو اسانس بومادران در غلظت‌های ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میکرولیتر در لیتر به‌ترتیب جهت جلوگیری از جوانه‌زنی بذر سلمه‌تره و سوروف پیشنهاد می‌شود.

کلمات کلیدی: آنالیز اسانس، درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، نانو ذره، وزن خشک دانه‌رست.

مقدمه

های ارگانیک، معرفی علف‌کش‌های زیستی جهت کنترل علف‌های‌هرز می‌تواند توسعه بیشتر نظام‌های ارگانیک را امکان‌پذیر کند (Seyyedi et al., 2015). تلاش دانشمندان علوم مختلف این است که از دگرآسیبی (آللوپاتی) به‌عنوان ابزاری برای مدیریت علف‌های‌هرز در اکوسیستم زراعی بهره‌برند. گیاهان دارای خاصیت آللوپاتی از طریق تولید و ترشح متابولیت‌هایی که به محیط اطراف خود انتشار می‌دهند، تأثیر منفی بر جوانه‌زنی و رشد علف‌های‌هرز دارند و از این طریق، رشد و تراکم آن‌ها را محدود می‌کنند (Asgarpour et al., 2015). آللوپاتی زمینه‌ای را برای کشاورزی پایدار فراهم کرده است و پیش‌بینی می‌شود که در آینده، کنترل علف‌های‌هرز با استفاده از علف‌کش‌ها به حداقل برسد (Farooq et al., 2011). متابولیت‌های ثانویه گیاهی، پتانسیل آلی برای ایجاد فرمولاسیون جدید علف‌کش‌ها بر اساس ترکیبات طبیعی دارند و یا به‌عنوان یک راهنما برای شناسایی اجزای فعال برای به دست آوردن علف‌کش‌های طبیعی به‌کار می‌روند (Verdeguer et al., 2011). تعدادی از محققان پیشتر بر امکان استفاده از اسانس‌های استخراج شده از گیاهان معطر برای کنترل علف‌های‌هرز تاکید کرده‌اند (Campiglia et al., 2007). متابولیت‌های ثانویه گیاهی به‌عنوان ترکیبات دگرآسیب، تنها بر یک عمل فیزیولوژیکی موثر نیستند

وجود این‌که علف‌های‌هرز با تنها یک درصد گیاهان جهان را تشکیل می‌دهند، اما به‌طور متوسط باعث ۳۵ درصد خسارت اقتصادی می‌شوند (Kambouzia & Novin, 2012). اصلی‌ترین راهکار مدیریت علف‌های‌هرز، کنترل شیمیایی توسط علف‌کش‌ها می‌باشد. در طی ۵۰ سال، گذشته تولیدات زراعی به شدت به علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌های مصنوعی وابسته شده‌اند (Ohno et al., 2008; Musavi & Musavinik, 2013). استفاده نادرست و مکرر از سموم، نه‌تنها کیفیت آب و خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهند و باعث افزایش باقی‌مانده این ترکیبات بیش از حداکثر سطوح مجاز در زیست‌بوم‌ها می‌شوند، بلکه تهدیدی جدی برای موجودات زنده غیر هدف و محیط زیست به شمار می‌رود (Guan et al., 2010; Tang et al., 2012). مصرف مداوم و بی‌رویه علف‌کش‌ها، ضمن آلودگی محیط‌زیست، مشکل مقاومت علف‌های‌هرز به علف‌کش‌ها را به دنبال دارند؛ از این رو، ضرورت جایگزینی روش‌ها و یا ترکیبات دیگر احساس می‌شود (Dayan et al., 2009; Jalili, 2010). نگرانی‌های اکولوژیک و زیست‌محیطی که با مصرف علف‌کش‌های شیمیایی به‌وجود آمده است، منجر به افزایش توجه به کشاورزی ارگانیک شده است و همچنین به دلیل عدم استفاده از علف‌کش‌های شیمیایی در نظام-

منشعب است (Ghahreman, 1979-1992; Azadbakht et al., 2003) ترکیبات اصلی اسانس بومادران، ۸،۱- سینئول، کامفور، بورنتول، پینن، آرتمیسیا کتون، سانتولینا الکل، فارزان، کاریوفیلن، کوبین، جرماکرن دی، اودسمول، آلفا - بیسابولول و اکسیدهای آن‌ها، گاما- گورجونن، گاما - مورولن و کامزولن هستند (Nemeth & Bernath, 2008). شرفزاده (Sharafzadeh, 2013) ترکیبات اصلی اسانس بومادران را استات سابینیل ۲۴/۴ درصد، سابینول ۲۱/۵ درصد، چری سانتینیل استات ۱۵/۲ درصد، لینالول ۸/۲ درصد و سینئول ۳/۳ درصد گزارش کرد. دهقان و علمی (Dehgan & Elmi, 2014) اصلی‌ترین ترکیبات اسانس گل بومادران را کارواکرول (۲۹/۲ درصد)، لینالول (۱۰/۳ درصد)، بورنتول (۵/۰۴ درصد)، E - نرولیدول (۸/۴ درصد) و ۸،۱- سینئول گزارش کردند.

در سال‌های اخیر، استفاده از مواد نانو ترکیب، مورد توجه فراوان پژوهشگران رشته‌های مختلف از جمله کشاورزی بوده است (Haghighi et al., 2012). حضرتی و همکاران (Hazrati et al., 2017) در بررسی نانومولسیون اسانس گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L. بر جوانه‌زنی و ویژگی‌های فیزیولوژیکی دو علف‌هرز سلمه‌تره و تاج خروس ریشه قرمز بیان کردند که شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد دانه‌رست در پاسخ به غلظت‌های مختلف نانو اسانس مرزه کاهش یافتند و بیشترین بازدارندگی در غلظت ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر نانومولسیون اسانس مشاهده شد. والد و همکاران (Waleed et al., 2016) در بررسی ماکرومولسیون و نانومولسیون اسانس *Thymus capitatus* و *Majorana hortensis* روی علف‌های هرز پیچک (*Convolvulus arvensis*) و ارزن وحشی (*Setaria viridis*) اظهار کردند که اسانس ماکرو و نانو *M. hortensis* اثر بازدارندگی

و بر اعمال متعددی از جمله جوانه‌زنی بذر، جذب مواد غذایی، تقسیم سلولی، طولیل شدن سلول، نفوذپذیری غشاء، جذب یون و فعالیت آنتی‌اکسیدانی اثرگذارند (Mutlu & Atici, 2009; Bais et al., 2003). فعالیت علف‌کشی اسانس‌ها به عنوان ترکیبات طبیعی، به دلیل ترکیبات آلویشیمیایی آن‌هاست (Mutlu et al., 2010; Mahdavia & Saharkhiz, 2015; Sadgrove & Jones, 2015). اثرات آلوپاتیکی اسانس‌های گیاهی شامل ۱، ۸-سینئول و کارواکرول (Almeida Barbosa et al., 2007)، کامفور (Young & Bush, 2009)، ترپین و لیمون (Hegazy & Farrage, 2007)، کاریوفیلن (Wang et al., 2009)، آلفاپینن (Mancini et al., 2009)، بتاپینن و کامفن (Nishida et al., 2005)، کومارین (Zeng et al., 2007)، بتاکاریوفیلن (Wang et al., 2009)، واینیل (Nasr Isfahan & Shariati, 2007) و ژرانیول (Almeida Barbosa et al., 2007) قبلاً گزارش شده است. دی‌فئو و همکاران (De Feo et al., 2002) فعالیت علف‌کشی ۱۰ ترکیب از اسانس *Ruta graveolens* را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که عمدتاً از جوانه‌زنی و طولیل شدن ریشه‌چه تربچه در نور و تاریکی جلوگیری می‌کند. دی‌مارتینو و همکاران (De Martino et al., 2010) فعالیت علف‌کشی ۲۷ مونوترپن را روی تربچه (*Raphanus sativus*) و شاهی (*Lipidium sativum*) نشان دادند. مزیت استفاده از اسانس‌ها در کشاورزی ارگانیک و پایدار، تجزیه سریع آن‌ها در محیط زیست است (Campiglia et al., 2007).

بومادران از خانواده Asteracea است که در ایران، ۱۹ گونه (هفت گونه انحصاری) از این گیاه دارویی به‌طور خودرو یافت می‌شوند. یکی از این گونه‌ها، *Achillea wilhelmsii* C. Koch. گیاهی نسبتاً کوچک و علفی با ارتفاع ۱۰ تا ۳۵ سانتی‌متر با ساقه

گازکروماتوگراف^۲ و گاز کروماتوگراف متصل به طیف‌نگار جرمی^۳ مدل Saturn 2200 ساخت کارخانه Varian کشور هلند استفاده شد. شناسایی اجزای اسانس با استفاده از بانک اطلاعات جرمی، زمان بازداری، محاسبه اندیس کوتاس، مطالعه طیف‌های جرمی هر یک از اجزای اسانس‌ها و مقایسه آن‌ها با طیف‌های مرجع انجام شد (Adams, 2007).

تولید نانو ذرات

اسانس به دست آمده از گیاه بومادران با استفاده از روش کم‌انرژی، نانوکپسولیت^۴ شد. ابتدا دو درصد از اسانس و دو درصد توین ۸۰، به مدت ۲۰ دقیقه با دور ۲۴۰۰rpm هموژنایز^۵ شدند و به تدریج ۹۶ درصد آب مقطر با اسانس و توین ۸۰ مخلوط شد و ماده حاصله برای ۳۰ دقیقه در دور ۳۰۰۰rpm هموژنایز شد و برای پنج دقیقه درون دستگاه التراسونیک قرار گرفت. سپس نمونه در ظرفی درب بسته به دور از نور مستقیم و در دمای اتاق نگهداری شد (Hazrati et al., 2017). اندازه ذرات با استفاده از دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی^۶ (SEM) مدل PROX ساخت شرکت Phenom هلند واقع در دانشگاه تربیت مدرس تعیین شد. جهت اندازه‌گیری پتانسیل زتا از دستگاه زتا سایزر^۷ مدل ZEN3600 ساخت شرکت Malvern واقع در دانشکده داروسازی دانشگاه تهران استفاده شد. بر طبق استاندارد تعریف شده برای آن، اگر پتانسیل زتا در طیف ۳۰+ تا ۳۰- باشد، سوسپانسیون پایدار است. اگر همه ذرات داخل سوسپانسیون دارای بار منفی و یا مثبت باشند، ذرات تمایل به دفع یکدیگر دارند و تمایل به هم انباشتگی

بیشتری روی پیچک داشت و اسانس نانو اثرات علف‌کشی بیشتری به صورت پس‌رویشی در مرحله پنج تا هف برگی نسبت به دیگر فرمولاسیون بر پیچک در شرایط گلخانه‌ای داشت. اهداف این تحقیق، تهیه اسانس نانو بومادران و بررسی ویژگی‌های ذرات نانو و همچنین مقایسه اثرات اسانس نانو شده و معمولی بومادران روی مؤلفه‌های جوانه‌زنی دو علف‌هرز مهم محصولات زراعی تابستانه، سوروف و سلمه تره بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

گیاهان گلدار بومادران (*Achillea wilhelmsii* C. Koch) از منطقه ملارد در فاصله ۲۲ کیلومتری شهر تهران با طول جغرافیایی ۳۷ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۱۵۲ متر از سطح دریا در تابستان جمع‌آوری شدند و در هرباریوم دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد علوم تحقیقات مورد شناسایی قرار گرفتند و پس از حذف مواد زائد و شست‌وشو با آب در دمای اتاق و شرایط سایه به مدت ۷۲ ساعت خشک شدند. نمونه‌ها با آسیاب برقی پودر شدند و ۱۰۰ گرم از آن‌ها به یک بالن یک لیتری منتقل شد. پس از اضافه نمودن ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر، استخراج اسانس به روش تقطیر با آب به کمک دستگاه کلونجر^۱ به مدت چهار ساعت انجام شد. پس از آن به کمک سدیم سولفات خشک، آبگیری به عمل آمد و اسانس خالص به به دست آمده برای سایر مراحل در دمای چهار درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (Hazrati et al., 2017). برای تفکیک و شناسایی ترکیبات موجود در اسانس بومادران، از دستگاه

² Gas Chromatography

³ Mass spectroscopy

^۴ Low energy capsules

^۵ Homogenize

^۶ Scanning Electron Microscope

^۷ Zeta Sizer

^۱ Clevenger

با ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی و رطوبت نسبی ۶۵ درصد) انتقال داده شدند (Nazari et al., 2017). برای پیشگیری از تبخیر شدن اسانس، هر پتری‌دیش با پارافیلیم پوشیده شد. شمارش بذره‌های جوانه زده پس از گذشت ۲۴ ساعت از شروع آزمایش و هر روز انجام شد، تا زمانی که تعداد تجمعی بذره‌های جوانه زده به یک حد ثابت برسند. مبنای جوانه‌زنی بذرها، خروج ریشه‌چه از پوسته بذر به طول دو میلی‌متر و دیدن آن با چشم غیر مسلح بود (Jeffrey et al., 1987). برای محاسبه درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی از معادله‌های ۱ و ۲ استفاده شد (Alam et al., 2014).

$$GP = 100 \times \left(\frac{Ni}{S} \right) \quad \text{معادله (۱)}$$

$$GR = \sum \frac{Ni}{Ti} \quad \text{معادله (۲)}$$

که در آن‌ها، GP: درصد جوانه زنی، Ni: تعداد بذر جوانه زده در روز t ام، S: تعداد کل بذره‌های مورد استفاده، GR: سرعت جوانه‌زنی بر حسب تعداد بذر در روز، Ni: تعداد بذر جوانه زده در هر روز و Ti: تعداد روز از شروع آزمایش تا شمارش t ام بود. صفات طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک دانه رست نیز مورد بررسی قرار گرفتند.

پس از بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MINITAB و روش اندرسون-دارلینگ، تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار SAS ver. 9.1 و مقایسه بین تیمارها با آزمون LSD حفاظت شده در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ترکیبات تشکیل دهنده اسانس

نتایج حاصل از ایتحقیق منجر به شناسایی ۴۹ ترکیب در اسانس گیاه شد که ۳۷ ترکیب عمده آن در جدول ۱ آورده شده است. از بین این ترکیبات، کامفور^۲

از خود نشان نمی‌دهند. تمایل ذرات هم بار به دفع یکدیگر، رابطه مستقیمی با پتانسیل زتا دارد. به‌طور کلی، مرز پایداری و ناپایداری سوسپانسیون را می‌توان بر حسب پتانسیل زتا تعیین نمود (Schaffazick et al., 2003; Mohanraj & Chen, 2006).

بررسی اثر اسانس بر مولفه‌های جوانه‌زنی

به‌منظور بررسی تاثیر اسانس بومادران (*Achillea wilhelmsii* C. Koch) بر مولفه‌های جوانه‌زنی علف‌های هرز تابستانه مهم سوروف (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv) و سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.)، دو آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی و با چهار تکرار در آزمایشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات در سال ۱۳۹۹ انجام شد. فاکتور اول، اسانس بومادران در دو سطح معمولی و نانو شده و فاکتور دوم، غلظت اسانس در شش سطح (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میکرولیتر در لیتر) بودند. برای شکستن خواب بذر سوروف، از جداسازی پوسته (Shi et al., 1987) و برای سلمه‌تره از پنج هفته تیمار سرمادهی مرطوب (Tang et al., 2008) استفاده شد. ابتدا بذرها در محلول دو درصد هیپوکلریت سدیم به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفتند و سپس با آب مقطر به دفعات شسته شدند. بذره‌های علف‌های هرز مورد بررسی به پتری‌دیش‌های یک بار مصرف استریل که کف آن‌ها کاغذ صافی واتمن شماره یک^۱ بود منتقل شدند. در داخل پتری‌دیش‌های با قطر نه سانتی‌متر، ۲۵ عدد بذر با فواصل مناسب قرار داده شد. پس از تیمار با غلظت‌های مختلف اسانس بومادران، پتری‌دیش‌ها به دستگاه ژرمیناتور با دمای متناوب ۳۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد

^۲ Camphor

^۱ Watman, no. 1

تریپنتول^{۱۶} (۴/۳۴ درصد) بود. جاویدنیا و همکاران (Javidnia et al., 2004) ۵۷ ترکیب را در اسانس بومادران استان فارس گزارش کردند که کارواکرو^{۱۷} (۲۵/۱ درصد)، لینالول (۱۱/۰ درصد)، ۱، ۸-سینتول (۱۰/۳ درصد)، نرولیدول^{۱۷} (۹/۰ درصد) و بورنتول (۶/۴ درصد) ترکیبات اصلی بودند. نژادهابیلاش و همکاران (Nejadhabibvash et al., 2017) در اسانس این گیاه، کامفور و کامفن، ۱، ۸-سینتول، بورنتول، ۶ دی متیل (میرتانول) آلفا-لینالول، اسیمتول^{۱۸}، کامفور، بورنتول و میرتانول شناسایی کردند. این تفاوت‌ها می‌تواند به دلیل تفاوت در منشاء جغرافیای گیاهان مورد بررسی باشد.

بررسی نانو ذرات

تصاویر به‌دست آمده از میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان داد که ذرات، نسبتاً کروی و اندازه آن‌ها بین یک تا ۱۰۰ نانومتر بود (شکل ۱). پتانسیل زتا اسانس نانو شده، ۱۳/۸- میلی‌ولت بود که نشان‌دهنده پایداری ذرات بود (شکل ۲).

سوروف

خلاصه نتایج مربوط به تجزیه واریانس عوامل مورد بررسی بر خصوصیات جوانه‌زنی سوروف در جدول ۲ آمده است. اثرات نوع و غلظت اسانس و اثر متقابل آن‌ها بر تمام صفات مورد بررسی به غیر از سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود و تنها اثر ساده غلظت اسانس در سطح یک درصد بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل نوع اسانس در غلظت اسانس بر صفات مورد بررسی سوروف در جدول ۳ آمده است. هر دو نوع اسانس، مولفه‌های جوانه‌زنی سوروف را کاهش دادند. یافته‌های این تحقیق در تایید مطالعات قبلی است که اثرات سمی

(۲۱/۱ درصد)، ۸، ۱-سینتول^۱ (۱۹/۳ درصد)، میرتنول^۲ (۸/۴ درصد)، کارواکرو^۳ (۸/۳ درصد) و بورنتول^۴ (۶/۱ درصد) ترکیبات عمده موجود در اسانس بومادران را تشکیل می‌دادند. شهرکی و راونده (Shahraki & Ravandeh, 2012) نیز در بررسی اسانس گل بومادران از استان خوزستان ۶۱ ترکیب شناسایی کردند که ترکیبات اصلی آن شامل کامفور (۲۷/۹۹ درصد)، سابینیل استات^۵ (۶/۵۶ درصد)، ترپینن-۴-ال^۶ (۶/۴۳ درصد)، کامفن^۷ (۶/۴۳ درصد) و آلفا-پینن^۸ (۵/۴۷ درصد) بودند. در پژوهشی که اشرفی‌پور و همکاران (Afshari Pour et al., 1996) در کرمان انجام دادند، نه ترکیب کاریوفیلین اکسید^۹ (۱۲/۵ درصد)، کامفور (۹ درصد)، بورنتول (۶/۱ درصد)، لینالول^{۱۰} (۵/۵ درصد)، ۱، ۸-سینتول (۳/۶ درصد)، کرنیلاتیلین استات^{۱۱} (۲/۷ درصد) و کارواکرو^{۱۲} (۲ درصد) ترکیبات اصلی اسانس بودند. محمدی (Mohammadi, 2012) در اسانس قسمت‌های هوایی این گیاه، ۵۸ ترکیب (۹۶/۶۷ درصد) شناسایی کرد. ترکیبات اصلی اسانس شامل گراندیلول^{۱۳} (۱۳/۰۹ درصد)، نکرو^{۱۴} (۱۰/۵۷ درصد)، ۱، ۸-سینتول (۸/۴۷ درصد)، توجون^{۱۵} (درصد)، متیل-۱-وینیل-۲-ایزوپروپیل سیکلوبوتان-۱ (۸/۰۰ درصد)، برمواستیل کلراید^{۱۶} (۶/۰۴ درصد)، سابینن^{۱۵} (۵/۷۰ درصد)، لینالول (۴/۵۹ درصد) و

¹ 1,8-Cineole

² Myrtenol

³ Carvacrol

⁴ Borneol

⁵ Sabinyl acetate

⁶ Terpinene- 4- ol

⁷ Camphene

⁸ α -pinene

⁹ Caryophyllene oxide

¹⁰ Linalol

¹¹ Cornilanthylene acetate

¹² Grandisol

¹³ Thujene

¹⁴ Bromo acetyl chloride

¹⁵ Sabinene

¹⁶ α -terpineol

¹⁷ Nerolidol

¹⁸ Sminole

صفات مورد بررسی کاهش یافتند.

اسانس‌ها را نشان دادند (Scrivanti *et al.*, 2003;)

Singh *et al.*, 2009; Mutlu *et al.*, 2010; Arora *et*

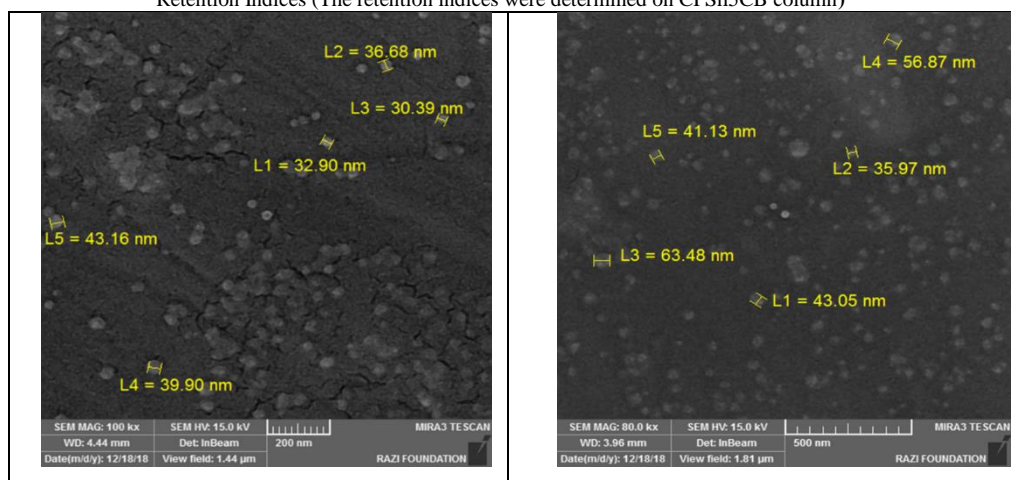
al., 2015). در هر دو نوع اسانس، با افزایش غلظت،

جدول ۱- درصد ترکیبات تشکیل دهنده اسانس بومادران

Table 1. Percentage composition of the essential oils of yarrow

No	Compound	IR	%
1	α -Thujene	935	0.8
2	α -Pinene	940	8.1
3	Camphor	954	21.1
4	Sabinene	981	1.6
5	β -Pinene	986	1.5
6	Myrcene	998	1.7
7	δ -3-Carene	1011	0.5
8	α -Terpinene	1024	0.2
9	<i>p</i> -Cymene	1034	0.8
10	1,8-Cineole	1041	19.3
11	(Z)- β -Ocimene	1046	7.1
12	(E)- β -Ocimene	1056	2.5
13	γ -Terpinene	1066	1.3
14	<i>trans</i> -Sabinene-hydrate	1075	1.8
15	Borneol	1088	6.1
16	Tepinolene	1095	0.3
17	Linalool	1107	0.4
18	<i>trans</i> -Pinocarveole	1129	0.7
19	<i>cis</i> - <i>p</i> -menth-2-en-1-ol	1131	0.2
20	Carvacrol	1134	8.3
21	Allo-ocimene	1137	0.2
22	<i>trans</i> -Sabinole	1149	2.2
23	Pinovarvone	1172	0.2
24	Myrtenal	1175	8.4
25	δ -Terpineole	1177	0.5
26	Myrtenol	1184	2.1
27	Terpinen-4-ol	1187	1.8
28	Cryptone	1196	0.2
29	α -Terpineole	1200	2.9
30	Myrthanol	1207	0.5
31	4 α ,7 α ,7 α -Nepetalactone	1422	0.8
32	β -caryophyllene	1434	3.1
33	Germacrene D	1496	2.2
34	Bicyclogermacrene	1512	0.3
35	4 β ,7 α ,7 α -Nepetalactone	1575	2.1
36	β -caryophyllene oxide	1585	0.1
37	spathulenole	1595	0.1

Retention Indices (The retention indices were determined on CPSi15CB column)

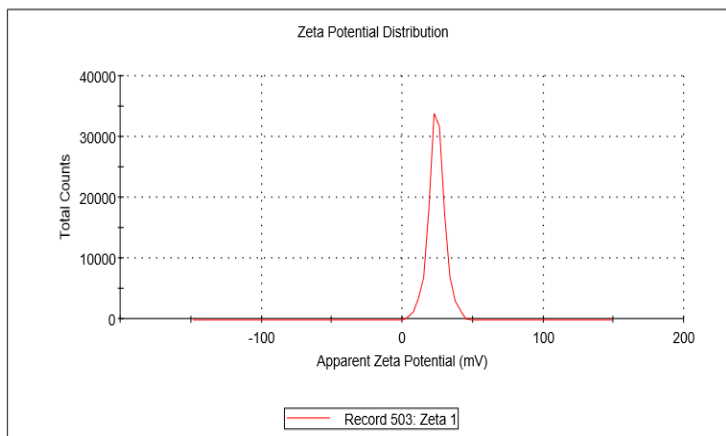


شکل ۱- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از تشکیل ذرات نانو

Figure 1. Spherical particle formation images by SEM microscope

Results

	Mean (mV)	Area (%)	St Dev (mV)
Zeta Potential (mV): -13.8	Peak 1: 24.2	100.0	6.14
Zeta Deviation (mV): 88.3	Peak 2: 0.00	0.0	0.00
Conductivity (mS/cm): 0.0564	Peak 3: 0.00	0.0	0.00
Result quality : See result quality report			



شکل ۲- پتانسیل زتای نانو ذره اسانس بومادران
Figure 2. Zeta potential of nano particle of yarrow oil

جدول ۲- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک دانه‌رست سوروف

Table 2. Mean squares of variance analysis of germination percentage and rate, root and shoot lengths and seedling dry weight of barnyard grass

S.O.V	Degree of freedom	Mean squares				
		Germination percentage	Germination rate	Radicle length	Shoot length	Seedling dry weight
Type of oil	1	**914.45	0.454 ^{ns}	**55.38	**32.41	**0.438
Oil concentration	5	**5853.65	**25.81	**358.60	**217.83	**3.45
Type of oil × oil concentration	5	**146.82	0.236 ^{ns}	**9.70	**5.42	**0.079
Error	36	23.65	0.248	1.52	0.85	0.017
C.V	-	15.36	20.51	16.93	14.70	19.79

*, ** and ^{ns}: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم تفاوت معنی‌دار.

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

جلوگیری شد. با افزایش غلظت هر دو نوع اسانس از صفر به ۴۰۰ میکرولیتر در لیتر، طول ریشه‌چه سوروف تیمار شده با اسانس معمولی و نانو از ۱۷/۰۲۲ میلی‌متر به ترتیب به ۶/۷۲۴ و ۱/۵۶۸ میلی‌متر رسید (به ترتیب ۶۰/۴۹ و ۹۰/۷۸ درصد کاهش). کامفور و ۸،۱- سینثول یکی از ترکیبات اصلی شناسایی شده در اسانس بومادران مورد مطالعه بود. در تایید نتایج این تحقیق، زانیو و زیگادلو (Zunino & Zygodlo, 2004) در بررسی اثرات موثرترین‌های

در صفت درصد جوانه‌زنی، تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های ۱۰۰ میکرولیتر در لیتر دو نوع اسانس وجود نداشت، اما با افزایش غلظت، این تفاوت معنی‌دار شد، به گونه‌ای که در غلظت ۴۰۰ میکرولیتر در لیتر، درصد جوانه‌زنی سوروف تیمار شده با اسانس معمولی و نانو به ترتیب به ۳۰/۱۲ و ۱۰/۰۲ درصد رسید که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند. در غلظت ۱۰۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس نانو بومادران، به طور کامل از جوانه‌زنی بذر سوروف

با قطر نانومتر است و به این ترتیب، جذب و اثربخشی ترکیبات دگرآسیب افزایش می‌یابد (Abd El Azim & Balah, 2016). وزن خشک دانه رست سوروف با تیمار با اسانس بومادران کاهش یافت. رشد گیاه در حضور ترکیبات دگرآسیب شیمیایی با توقف تقسیم میتوز در سلول‌های مرستمی ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش می‌یابد (Bertin et al., 2003). با کاربرد ۴۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس معمولی و نانو بومادران، وزن خشک دانه‌رست به ترتیب به ۰/۵۱۷ (۶۸/۹۱٪ کاهش) و ۰/۱۱۴ (۹۳/۱۹٪ کاهش) میلی-گرم رسید که البته تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۳).

۸،۱- سینتول، کامفور و منتول بر ذرت گزارش کردند که این سه ترکیب به ترتیب در غلظت‌های ۲، ۲۱/۷ و ۷/۴ میلی‌گرم در لیتر، باعث ۸۰ درصد بازدارندگی رشد ریشه می‌شوند. مکانیزم عمل این ترکیبات، جلوگیری از تولید سلول و سنتز DNA در مرستم انتهایی ریشه است (Nishida et al., 2005). در طول ساقه‌چه نیز روند مشابهی مشاهده شد و با افزایش غلظت اسانس، درصد کاهش طول ساقه‌چه سوروف افزایش یافت، اما اسانس نانو توانست با شیب بیشتری طول ساقه‌چه سوروف را کاهش دهد (جدول ۳). علت افزایش تأثیر نانوآمولسیون عصاره گیاهان، افزایش سطح جذب به واسطه وجود ذرات

جدول ۳- اثرات نوع اسانس و غلظت‌های مختلف آن بر صفات درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک دانه رست سوروف

Table 3. Effects of essential oil type and concentration on germination percentage, shoot and radicle lengths and seedling dry weight of barnyard grass

Type of essential oil	Concentration ($\mu\text{l L}^{-1}$)	Trait			
		Germination percentage	Radicle length (mm)	Shoot length (mm)	Seedling dry weight (mg)
Essential oil	0	70.29 a	17.022 a	13.639 a	1.661 a
	100	55.31 b	13.182 b	10.814 b	1.235 b
	200	45.29 c	10.612 c	8.922 c	0.949 c
	400	30.12 d	6.724 d	6.061 d	0.517 d
	800	14.55 f	2.731 f	3.123 e	0.188 e
	1000	5.61 g	0.020 g	0.030 f	0.002 g
Nano-Essential oil	0	70.29 a	17.022 a	13.639 a	1.661 a
	100	51.93 b	9.317 c	10.176 b	1.139 b
	200	29.10 e	3.461 e	5.868 d	0.488 d
	400	10.02 f	1.568 f	2.267 e	0.114 f
	800	2.46 g	0.130 g	0.747 f	0.006 g
	1000	0 h	0 g	0 f	0 g
LSD		5.35	1.35	1.01	0.42

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و بر اساس آزمون LSD حفاظت شده ندارند. Means with the same letter in the same column are not significantly different based on LSD at 5% of probability level.

در صفت سرعت جوانه‌زنی، تنها اثر غلظت اسانس معنی‌دار بود و اختلاف معنی‌داری بین دو نوع اسانس مشاهده نشد. جدول ۴ مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی سوروف را تحت تأثیر غلظت‌های اسانس نشان می‌دهد. بر اساس این جدول، تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های مورد بررسی وجود داشت و با افزایش غلظت، سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. در غلظت ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر، سرعت جوانه‌زنی سوروف از ۴/۹۹ به ۱/۱۴ (۷۷/۱۵٪ کاهش) کاهش یافت (جدول ۴). این نتایج در توافق با مطالعات قبلی است که نشان دادند که اسانس‌ها و مونوترپن‌ها، اثرات علف‌کشی زیادی دارند (Singh et al., 2009, 2006 a,b).

جدول ۴- اثر غلظت اسانس بر سرعت جوانه‌زنی سوروف

Table 4. Effect of essential oil concentration on germination rate of barnyard grass

Oil concentration ($\mu\text{L L}^{-1}$)	Germination Rate
0	4.99 a
100	3.71 b
200	2.77 c
400	1.95 d
800	1.14 e
1000	0 f
LSD	0.68

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و بر اساس آزمون LSD حفاظت شده ندارند.

Means with the same letter are not significantly different based on LSD at 5% of probability level.

آن و اثرات متقابل آن‌ها بر کلیه صفات مورد بررسی

سلمه‌تره

سلمه‌تره در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند

جدول ۵ نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی

سلمه‌تره را نشان می‌دهد. اثرات نوع اسانس و غلظت

(جدول ۵).

جدول ۵- اثرات نوع و غلظت‌های مختلف اسانس بر صفات درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک دانه رست

سلمه‌تره

Table 5. Effects of essential oil type and concentration on germination percentage, shoot and radicle lengths and seedling dry weight of lambsquarter.

S.O.V	Degree of freedom	Mean squares				
		Germination percentage	Germination rate	Radicle length	Shoot length	Seedling dry weight
Type of oil	1	**981.46	**6.30	**32.66	**22.24	**0.899
Oil concentration	5	**5922.28	**32.25	**251.90	**141.30	**4.11
× oil concentration	5	**203.33	**1.077	**7.738	**5.035	**0.146
Type of oil						
Error	36	20.92	0.117	0.796	0.47	0.013
CV	-	12.83	12.90	12.21	12.65	11.12

*، ** و **؛ به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم تفاوت معنی‌دار.

*, ** and **: Significant at 5% and 1% of probability levels and non-significant respectively.

غلظت ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر، کاملاً از جوانه‌زنی سلمه‌تره جلوگیری کرد (جدول ۶). در تایید این نتایج، جدیدی و همکاران (Jadidi et al., 2021) بیان کردند که با نانوکپسوله عصاره چاودار، درصد بازدارندگی از جوانه‌زنی و رشد دانه‌رست دو علف-هرز سس مزرعه (*Cuscuta campestris* Y.(dodder)) و خرفه (*Portulaca oleracea* L.) افزایش یافت. تفاوت معنی‌داری بین سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه-چه و ریشه‌چه و وزن خشک دانه رست سلمه‌تره تحت تاثیر غلظت ۱۰۰ میکرولیتر در لیتر دو گونه اسانس وجود نداشت، اما با افزایش غلظت، این تفاوت معنی‌دار شد. در غلظت ۴۰۰ میکرولیتر در لیتر، سرعت جوانه‌زنی بذر سلمه‌تره تحت تاثیر اسانس‌های نانو و معمولی به ترتیب ۲/۶۸ و ۰/۹۴ بود که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند. طول ریشه‌چه سلمه‌تره

هر دو نوع اسانس معمولی و نانو بومادران، باعث کاهش صفات مورد بررسی سلمه‌تره شدند (جدول ۶). مشخص شده است که تخریب تنفس میتوکندریایی و مسیر اکسیداتیو پنتوز فسفات، دلایل اصلی ترکیبات آلوشیمیایی در ممانعت از جوانه‌زنی هستند (Abraham et al., 2000; Muscolo et al., 2001). تفاوت معنی‌داری در صفات مورد بررسی بین غلظت‌های مختلف هر دو نوع اسانس مشاهده شد. اثر محرک یا بازدارندگی ترکیبات آللوپاتیک روی رشد گیاهان بستگی به غلظت آن‌ها دارد (Kalinova et al., 2012). نسبت به اسانس معمولی، شیب کاهش صفات مورد بررسی که توسط اسانس نانو ایجاد شد بیشتر بود. در غلظت ۴۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس-های نانو و معمولی، سلمه‌تره به میزان ۳۶/۱۲ و ۱۳/۰۲ درصد جوانه‌زنی داشت و اسانس نانو در

که خاصیت اللوپاتیکی ۸،۱-سینئول (Almeida Barbosa *et al.*, 2007) کارواکرو (Almeida Young & Bush, 2007) و کامفور (Barbosa *et al.*, 2007) در 2009 آن قبلا در گیاهان دیگر نیز گزارش شده است. روند مشابهی در وزن خشک دانه رست مشاهده شد و اسانس نانو شده توانست به میزان بیشتری وزن خشک دانه رست سلمه‌تره را کاهش دهد (جدول ۶). رومگنی و همکاران (Romagni *et al.*, 2000) در مطالعات آزمایشگاهی نشان دادند که ۸،۱-سینئول و آنالوگ طبیعی آن ۴،۱ سینئول، از رشد چندین علف-هرز جلوگیری کردند.

با کاربرد اسانس بومادران کاهش یافتگی نشان‌دهنده آن است که ترکیبات دگراسیب از طریق ممانعت از عمل جیبرلین و ایندول استیک اسید تولید شدن سلول‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Qasem, 1992). در غلظت ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر، طول ریشه‌چه سلمه‌تره تیمار شده با اسانس‌های نانو و معمولی بومادران، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند. طول ساقه‌چه سلمه‌تره با کاربرد ۴۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس نانو و معمولی از ۱۱/۱۸۵ میلی‌متر به ترتیب به ۱/۹۱۳ و ۵/۴۶۷ میلی‌متر (به ترتیب ۸۲/۸۹٪ و ۵۱/۱۲٪ کاهش) رسید. اسانس گونه بومادران مورد مطالعه، دارای ترکیبات زیادی بود

جدول ۶- اثرات نوع و غلظت‌های مختلف اسانس بر صفات درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک دانه رست سلمه‌تره

Table 6. Effects of essential oil type and concentration on germination percentage, shoot and radicle lengths and seedling dry weight of lambsquarter.

Type of essential oil	Concentration ($\mu\text{l L}^{-1}$)	Trait				
		Germination percentage	Germination rate	Radicle length (mm)	Shoot length (mm)	Seedling dry weight (mg)
Essential oil	0	73.29 a	5.43 a	14.957 a	11.185 a	1.929 a
	100	58.31 b	4.39 b	11.900 b	8.881 b	1.610 ab
	200	48.29 c	3.58 c	9.855 c	7.339 c	1.271 c
	400	36.12 d	2.68 d	7.122 d	5.467 d	0.951 c
	800	17.55 e	1.40 e	3.582 e	2.660 e	0.562 d
	1000	7.50 f	0.63 g	1.356 g	1.064 g	0.197 d
Nano-Essential oil	0	78.29 a	5.43 a	14.957 a	11.185 a	1.929 a
	100	54.93 b	4.04 b	11.461 b	8.612 b	1.446 b
	200	32.10 d	2.38 d	7.051 d	4.848 d	0.845 c
	400	13.02 e	0.94 f	2.656 f	1.913 f	0.343 d
	800	0 g	0 h	0 h	0 h	0 e
	1000	0 g	0 h	0 h	0 h	0 e
LSD		5.04	0.37	0.98	0.75	0.48

*, **, *^{ns}: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم تفاوت معنی‌دار.

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

بیشتری داشت، به‌گونه‌ای که در غلظت ۴۰۰ میکرولیتر در لیتر، درصد جوانه‌زنی سوروف تیمار شده با اسانس معمولی و نانو به ترتیب به ۳۰/۱۲ و ۱۰/۰۲ درصد رسید که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند، اما در غلظت ۱۰۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس نانو بومادران، به‌طور کامل از جوانه‌زنی بذر سوروف جلوگیری شد. در غلظت ۴۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس‌های نانو و معمولی، سلمه‌تره به میزان ۳۶/۱۲ و ۱۳/۰۲ درصد جوانه زد و اسانس نانو در غلظت ۸۰۰

نتیجه‌گیری کلی

ترکیبات عمده تشکیل دهنده اسانس بومادران، کامفور (۲۱/۱ درصد)، ۸،۱-سینئول (۱۹/۳ درصد)، میرتنول (۸/۴ درصد)، کارواکرو (۸/۳ درصد) و بورنتول (۶/۱ درصد) بودند. پتانسیل زتای اندازه‌گیری شده نشان داد که ذرات نانو، از پایداری مناسبی برخوردار بودند و هر دو نوع اسانس، کلیه صفات مورد بررسی را کاهش دادند. صفات مورد بررسی با افزایش غلظت اسانس کاهش بیشتری یافتند اما اسانس نانو، تاثیر

میکرولیتر در لیتر کاملاً از جوانه‌زنی سلمه‌تره جلوگیری کرد. اسانس نانو شده توانست به میزان بیشتری وزن خشک دانه رست سلمه‌تره را کاهش دهد و سلمه‌تره نسبت به سوروف، به اسانس بومادران حساس‌تر بود. به این ترتیب کاربرد نانو اسانس بومادران در غلظت‌های ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میکرولیتر در لیتر به ترتیب جهت جلوگیری از جوانه‌زنی بذر سلمه‌تره و سوروف پیشنهاد می‌شود.

منابع

- Abd El Azim, W.M. and Balah, M.A. 2016. Nanoemulsions formation from essential oil of *Thymus capitatus* and *Majorana hortensis* and their use in weed control. *Indian J. Weed Sci.* 48: 421-427.
- Abraham, D., Braguini, W.L., Kelmer-Bracht, A.M. and Ishii-Iwamoto, E.L. 2000. Effects of four monoterpenes on germination, primary root growth, and mitochondrial respiration of maize. *J. Chem. Ecol.* 26: 611-624.
- Adams, R.P. 2007. Identification of essential oil components by gaschromatography/mass spectrometry, 4th ed. Allured Publishing Corporation, Carol Stream, USA.
- Afshari Pour, S., Asgary, S. and Lockwood, G.B. 1996. Constituents of the essential oil of *Achillea wilhelmsii* from Iran. *Planta Medica.* 62: 77-78.
- Alam, A., Juraimi, A.S., Rafii, M.Y., Abdul Hamid, A. and Aslani, F. 2014. Screening of purslane (*Portulaca oleracea* L.) accessions for high salt tolerance. *Sci. World J.* 1-13.
- Almeida Barbosa, L.C., Demuner, A.J., Dumont Clemente, A., de Paula, V.F. and Faiz, M.D.I. 2007. Seasonal variation in the composition of volatile oils from *Schinus terebinthifolius* RADDI. *Quim Nova.* 30(8): 1959-1965.
- Asgarpour, R., Khajeh-Hosseini, M. and Khorramdel, S. 2015. Effect of aqueous extract concentrations of saffron organs on germination characteristics and preliminary growth of three weed species. *JSR.* 3(1): 81-96. (In Persian with English Abstract)
- Arora, K., Batish, D.R., Singh, H.P. and Kohli, R.K. 2015. Allelopathic potential of the essential oil of wild marigold (*Tagetes minuta* L.) against some invasive weeds. *JEAS.* 3: 56-60.
- Azadbakht, M., Morteza-Semnani, K. and Khansari, N. 2003. The essential oils composition of *Achillea wilhelmsii* C. Koch leaves and flowers. *J. Med Plants.* 2 (6): 55-58.
- Bais, H.P., Vepachedu, R., Gilbory, S., Callaway, R.M. and Vivanco, J.M. 2003. Allelopathy and exotic plant invasion from molecules and genes to communities. *Science.* 301: 1377-1380.
- Bertin, C., Yang, X. and Weston, L.A. 2003. The role of root exudates and allelochemicals in the rhizosphere. *Plant soil.* 256: 67-83.
- Campiglia, E., Mancinelli, R., Cavalierim A. and Caporali, F. 2007. Use of essential oils of cinnamon, lavender and peppermint for weed control. *Italian J. Agron.* 2: 171-175.
- Dayan, F.E., Cantrell, C.L. and Duke, S.O. 2009. Natural products in crop protection. *Bioor. Med. Chem.* 17: 4022-4034.
- De Feo, V., Simone, F.D. and Senatore, F. 2002. Potential allelochemicals from the essential oil of *Ruta graveolens*. *Phytochem.* 61: 573-578.
- Dehgan, G. and Elmi, F. 2014. Essential oil combination of three species of *Achillea* growing wild in East Azerbaijan- Iran. *Adv. Herb. Med.* 1(1): 22-28.
- De Martino, L., Mancini, E., Almeida, L.F.R. and De Feo V. 2010. The antigerminative activity of twenty-seven monoterpenes. *Molecules.* 15: 6630-6637.
- Farooq, M., Jabran, K., Cheema, Z.A., Wahid, A. and Siddique, K.H. 2011. Role of allelopathy in agricultural pest management. *Pest manag sci.* 67(5): 494-506.
- Gahreman, A. 1979-1992. Colorful flora of Iran. Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran (In Persian).
- Guan, H., Chi, D., Yu, J. and Li, H. 2010. Dynamics of residues from a novel nanoimidacloprid formulation in soybean fields. *Crop Prot.* 29: 942-946
- Haghighi, M., Afifipour, Z. and Mozafarian, M. 2012. The effect of N-Si on tomato seed germination under salinity levels. *JBES.* 6 (16): 87-90.
- Hazrati, H., Saharkhiz, M.J., Niakousari, M. and Moein, M.R. 2017. Natural herbicide activity of *Satureja hortensis* L. essential oil nanoemulsion on the seed germination and morphophysiological features of two important weed species. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 142: 423-430.
- Hegazy, A.K. and Farrage, H.F. 2007 Allelopathic potential of chenopodium ambrosioides on germination

- and seedling growth of some cultivated and weeds plants. GJBB. 2(1): 1–9
- Jadidi, M., Diyanat, M. and Ebrahimi, A. 2021. Effect of nanocapsulated of rye (*Secale cereale* L.) extractions on germination components of two weeds, dodder (*Cuscuta campestris* Y.(dodder)) and purslane (*Portulaca oleracea* L.). Iran. IJSST. 10: 1-15. (In Persian with English Abstract)
- Jalili, E. 2010. The remains were commonly used herbicides in corn field on yield and growth parameters of wheat in Karaj. Master's thesis, University of Takestan (In Persian). 71Pp.
- Javidnia, K., Miri, R. and Sadegh Pour, H. 2004. Composition of the volatile oil of *Achillea wilhelmsii* C. Koch from Iran. Drau J. 12(2): 63-66.
- Jeffrey, D.W., Timothym, C.M. and John, T.R. 1987. Solution volume and seed number: often overlooked factors in allelopathic bioassays. J. Chem. Ecol. 13: 1424–1426.
- Kalinova, S., Golubinova I., Hristoskov A. and Ilieva, A. 2012. Allelopathic effect of aqueous extract from root systems of johnson grass on seed germination and initial development of soybean, pea and vetch. Allelo J. 34 (2): 111-119
- Kambouzia, J. and Novin, S. 2012. The effects of some plant residues on germination and early growth of some tomato weeds. Environ. Sci. 9(2): 65-88. (In Persian with English Abstract)
- Mahdavi, F. and Saharkhiz, M.J. 2015. Phytotoxic activity of essential oil and water extract of peppermint (*Mentha×piperita* L. CV. Mitcham). J. Appl. Res. Med. Arom. Plants. 2: 146–153.
- Mancini, E., Apostolides, A.N., De Martino, L., De Feo, V., Formisano, C., Rigano, D. and Senatore, F, 2009. Chemical composition and phytotoxic effects of essential oils of *Salvia hierosolymitana* boiss. and *Salvia multicaulis* Vahl. growing wild in Lebanon. Molecules. 14: 4725–4736
- Mohammadi Bolban Azad, M. 2012 Investigation of plant phytochemistry of *Achillea wilhelmsii* from Taftan area. MSc thesis, Sistan and Baluchestan University, Sistan and Baluchestan, Iran. (in Persian)
- Mohanraj, V.J. and Chen, Y. 2006. Nanoparticles-a review. Trop. J. Pharm. Res. 5: 561–573.
- Musavi, S.J. and Musavinik, S.M. 2013. Investigating the allelopathy effects of aqueous extract of hoary cress (*Cardaria draba*) on triticale (*Cereal scale*) seedling growth. J. Plant Pro. 26(4): 477-485. (In Persian with English Abstract)
- Musco, A., Panuccio, M.R. and Sidari, M. 2001. The effect of phenols on respiratory enzymes in seed germination. Plant Growth Regul. 35: 31–35.
- Mutlu, S., Atici, O. and Esim, N. 2010. Bioherbicidal effects of the essential oils of *Nepeta meyeri* Benth. On weed spp. Allelopathy J. 26: 291–300.
- Mutlu, S. and Atici, O. 2009. Allelopathic effect of *Nepeta meyeri* Benth. extracts on seed germination and seedling growth of some cropplants. Acta Physiol. Plant. 31(1): 89-93
- Nasr Isfahan, M. and Shariati, M. 2007. The effect of some allelochemicals on seed germination of *Coronilla varia* L. seeds. JAES. 2(5): 534–538.
- Nazari, S., Deihimfard, R. and Faraji, J. 2017. An investigation into germination patterns of common lambsquarters (*Chenopodium album*) in reaction to temperature, salinity and waterlogging stress. Iranian J. Seed Res. 3(2): 15-30.
- Nejadhabibvash, F., Medavadikia, H., Toufigh, S., Ali Mohammadyan, M., Amirfathi, G. and Panahi, S, 2017. Study of the plant growth stages effect on the color, content and composition of essential oil of *Achillea wilhelmsii* C. Koch. Case Study: Qushchi Ghat in West Azerbaijan province. 5(3): 47-64.
- Nemeth, E. and Bernath, J. 2008. Biological activities of yarrow species (*Achillea* spp). Curr. Pharm. Des. 14(29): 3151-67.
- Nishida, N., Tamotsu, S., Nagata, N., Saito, C. and Sakai, A. 2005. Allelopathic effects of volatile monoterpenoids produced by *Salvia leucophylla*: inhibition of cell proliferation and DNA synthesis in the root apical meristem of *Brassica campestris* seedlings. J. Chem. Ecol. 31(5): 1187–1203.
- Ohno, K., Minami, T., Matsui, Y. and Magara, Y. 2008. Effects of chlorine on organophosphorus pesticides adsorbed on activated carbon: Desorption and oxon formation. Water Res. 42: 1753-1759.
- Qasem, J.R. 1992. Pigweed (*Amaranthus spp.*) interference in transplanted tomato (*Lycopersicon esculentum*). J. Hort. Sci. 67(3): 421-428.
- Romagni, J.G., Allen, S. and Dayan, F.E. 2000. Allelopathic effects of volatile cineoles on two weedy plant species. J Chem Ecol. 26: 303-313.
- Sadgrove, N. and Jones, G. 2015. A contemporary introduction to essential oils: chemistry, bioactivity and prospects for Australian agriculture. Agric J. 5: 48–102.
- Schaffazick, S.R., Guterres, S.S.U., Freitas, L.D. and Pohlmann, A.R. 2003. Physicochemical characterization and stability of the polymeric nanoparticle systems for drug administration. Quim Nova. 26: 726–737.
- Scrivanti, L.R., Zunino, M. and Zygodlo, M. 2003. *Tagetes minuta* and *Schinus areira* essential oils as allelopathic agents. Bioch. Syst. Ecol. 31: 563–572.

- Seyyedi, S.M., Moghaddam, R., Shahriari, R. and Azad, M. 2015. Allelopathic effect of different castor bean organs (*Ricinus communis* L.) on reducing germination and growth of dodder (*Cuscuta campestris* Yuncker). *Agroecolo.* 7(2): 156-167. (In Persian with English Abstract)
- Shahraki, A. and Ravandeh, M. 2012. Comparative survey on the essential oil composition and antioxidant activity of aqueous extracts from flower and stem of *Achillea wilhelmsii* from Taftan (Southeast of Iran). *Health. Scope.* 1(4): 167-172.
- Sharafzadeh, S.H. 2013. Major constituents of the volatile oils of genus *Achillea* from Iran. *Sci Agric.* 2: 1-2.
- Shi, J.S., Leather, G.R. and Mayanard, G. 1987. Induction of germination in dormant barnyardgrass (*Echinochloa crus galli*) seed by wounding. *Weed Sci.* 35: 753-757.
- Singh, H.P., Batish, D.R., Kaur, S., Kohli, R.K. and Arora, K. 2006a. Phytotoxicity of volatile monoterpene citronellal against some weeds. *Z. Naturforsch C. J. Biosci.* 61: 334-340.
- Singh, P.H., Batish, R.D., Kaur, S., Arora, K. and Kohli, K.R. 2006b. α -pinene inhibits growth and induces oxidative stress in roots. *Ann. Bot.* 98: 1261-1269.
- Singh, H.P., Kaur, S., Mittal, S., Batish, D.R. and Kohli, R.K. 2009. Essential oil of *Artemisia scoparia* inhibit plant growth by generating reactive oxygen species and causing oxidative damage. *J Chem Ecol.* 35: 154-162.
- Tang, J., Huang, X., Huang, X., Xiang, L. and Wang, Q. 2012. Photocatalytic degradation of imidacloprid in aqueous suspension of TiO₂ supported on H-ZSM-5. *Environ. Earth Sci.* 66: 441-445.
- Tang, D.S., Hamayun, M., Ko, Y.M., Zhang, Y.P., Kang, S.M. and Lee, I.J. 2008. Role of red light, temperature, stratification and nitrogen in breaking seed dormancy of *Chenopodium album* L. *JCSB.* 11: 199 – 204.
- Young, G.P. and Bush, J.K. 2009. Assessment of the allelopathic potential of *Juniperus ashei* on germination and growth of *Bouteloua curtipendula*. *J. Chem. Ecol.* 35(1):74-80.
- Verdeguer, M., García-Rellán, D., Boira, H., Pérez, E., Gandolfo, S. and Blázquez, M.A. 2011. Herbicidal activity of *Peumus boldus* and *Drimys winterii* essential oils from Chile. *Molecules.* 16: 403-411.
- Waleed, M., Azim, A.E. and Balah, M.A. 2016. Nanoemulsions formation from essential oil of *Thymus capitatus* and *Majorana hortensis* and their use in weed control. *Indian J. Weed Sci.* 48(4): 421-427.
- Wang, R., Peng, Sh., Zeng, R., Ding, L.W. and Xu, Z. 2009. Cloning, expression and wounding induction of caryophyllene synthase gene from *Mikania micrantha*. H.B.K. and allelopathic potential of caryophyllene. *Allelopathy J.* 24(1): 35-44.
- Zunino, M.P. and Zygadlo, J.A. 2004. Effect of monoterpenes on lipid oxidation in maize. *Planta.* 219: 303-309.