

بررسی کاربرد نانو امولسیون اسانس بومادران (*Achillea wilhelmsii*) بر مولفه‌های جوانه‌زنی علف‌های هرز خرفه (*Portulaca oleracea*) و چاودار (*Secale cereal*)

مهناز کندی^۱، اسا ابراهیمی^۲، مرجان دیانت^{۳*}، حمید سعیدیان^۴

چکیده مبسوط

مقدمه: علف‌های هرز یکی از مهم‌ترین معضلات در کشاورزی هستند و باعث خسارت‌های زیادی به محصول می‌شوند. استفاده بی‌رویه از علف‌کش‌ها در دهه‌های اخیر منجر به اثرات مضر روی محیط زیست و موجودات زنده از جمله انسان گردیده است. برای مقابله با این مشکلات امروزه تلاش بر کاهش اتکاء به علف‌کش‌های مصنوعی و تغییر جهت به سمت کشاورزی پایدار به عنوان جزئی از مدیریت تلفیقی علف‌های هرز است. در بین ترکیبات طبیعی، اسانس‌ها که از اجزای گیاهان معطر و دارویی می‌باشند برای کشف علف‌کش‌های جدید مورد بررسی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها: به منظور بررسی اثرات اسانس بومادران (*Achillea wilhelmsii* C. Koch) بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه خرفه (*Portulaca oleracea* L.) و چاودار (*Secale cereal* L.) دو آزمایش به صورت عاملیل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات انجام شد. عامل اول نوع اسانس در دو سطح (طبیعی و نانو امولسیون) و عامل دوم غلظت اسانس در شش سطح (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میکرولیتر در لیتر) بودند.

یافته‌ها: تصاویر به دست آمده از میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان داد که ذرات به نسبت کروی و اندازه آن‌ها بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر بود. پتانسیل زتا نانو امولسیون اسانس ۱۳/۸- میلی‌ولت بود که نشان‌دهنده پایداری ذرات بود. هر دو نوع اسانس درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه هر دو علف هرز را کاهش دادند و با افزایش غلظت، درصد جوانه‌زنی به میزان بیشتری کاهش یافت. خرفه تیمار شده با اسانس طبیعی در غلظت ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر میزان ۵۵/۲۵ درصد جوانه زد ولی در همین غلظت درصد جوانه‌زنی بذرهای تیمار شده با نانو امولسیون اسانس ۳۰/۵۰ درصد بود. غلظت ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر نانو امولسیون اسانس توانست به طور کامل از جوانه‌زنی و رشد گیاهچه خرفه جلوگیری کند. نانو امولسیون اسانس در غلظت ۱۰۰۰ میکرولیتر در لیتر کاملاً از جوانه‌زنی بذر چاودار جلوگیری کرد. سرعت جوانه‌زنی تحت تاثیر اسانس بومادران کاهش یافت و تا غلظت ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر تفاوتی بین دو نوع اسانس وجود نداشت اما در غلظت ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر سرعت جوانه‌زنی بذر چاودار تیمار شده با نانو امولسیون و طبیعی به ترتیب به ۰/۳۲ و ۱/۴۰ تعداد در روز رسید که این تفاوت معنی‌دار بود.

نتیجه‌گیری: درصد بازدارندگی صفات بررسی شده در هر دو گونه علف‌هرز نشان داد که نانو امولسیون اسانس موثرتر از اسانس طبیعی بود. اسانس بومادران روی علف‌هرز خرفه در مقایسه با چاودار موثرتر بود. اسانس‌ها اثرات مشابهی روی علف‌های هرز ندارند و اثرات بازدارندگی آن‌ها بسته به غلظت و گونه علف‌هرز متفاوت خواهد بود و انتخابی بودن این ترکیبات باید مورد بررسی قرار گیرد. تولید نانو اسانس بومادران به عنوان علف‌کش طبیعی راهکاری برای مهار علف‌های هرز در نظام‌های کشاورزی آلی ارائه می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل زتا، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، غلظت اسانس

جنبه‌های نوآوری:

۱- ذرات نانو امولسیون از اسانس بومادران تولید شد.

۲- ذرات نانو امولسیون نسبت به اسانس طبیعی اثرات بازدارندگی بیشتری روی جوانه‌زنی علف‌های هرز مورد بررسی داشتند.

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی و صنایع غذایی،

واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

^۲ استادیار دانشکده کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات،

دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

^۳ دانشیار دانشکده کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات،

دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

^۴ استاد دانشگاه پیام نور زنجان



مقدمه

علف‌های هرز باعث کاهش کمی و کیفی تولیدات کشاورزی شده و خسارت‌های اقتصادی زیادی به کشاورزان وارد می‌کنند. در ایران در صورت مهار مناسب علف‌های هرز، عملکرد گیاهان زراعی را می‌توان ۳۰ تا ۵۰ درصد افزایش داد (جعفرپور^۱ و همکاران، ۲۰۱۱). چاودار (*Secale cereale* L.) یکی از مهم‌ترین علف‌های هرز مزارع گندم است که کاهش عملکرد گندم ناشی از این علف‌هرز تا ۷۵ درصد در ایران گزارش شده است (سردارآبادی^۲ و همکاران، ۲۰۱۲). خرفه (*Portulaca oleraceae* L.) نیز یکی از مهم‌ترین علف‌های هرز در مناطق گرمسیری نیمه‌گرمسیری و معتدله بوده که به عنوان نهمین علف‌هرز مهم در ۴۵ محصول زراعی در ۸۱ کشور گزارش شده است (واترهوس^۳، ۱۹۹۴). مهار علف‌های هرز به روش‌های مختلف مکانیکی، شیمیایی و زیستی می‌تواند صورت بگیرد. روش‌های شیمیایی مستلزم استفاده از علف‌کش‌های مصنوعی بوده که به‌طور وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. متأسفانه استفاده بی‌رویه این ترکیبات در دهه‌های اخیر منجر به اثرات مضر روی محیط زیست و موجودات زنده از جمله انسان گردیده است. علاوه بر این گزارش‌هایی در خصوص ظهور سریع جمعیت‌های علف‌هرز مقاوم به چنین علف‌کش‌هایی وجود دارد (کاسیدا و کوئیستاد^۴، ۱۹۹۸ و دجام^۵ و همکاران، ۲۰۱۰). بقایای علف‌کش‌های شیمیایی در خاک می‌تواند به گیاهان زراعی حساس در تناوب زراعی آسیب وارد کند (بورک و بل^۶، ۲۰۱۴). برای مقابله با این مشکلات امروزه تلاش بر کاهش اتکاء به علف‌کش‌های مصنوعی و تغییر جهت به سمت کشاورزی پایدار به عنوان جزئی از مدیریت تلفیقی علف‌های هرز است (نراقی^۷ و همکاران، ۲۰۱۶).

امروزه محققین به دنبال ترکیباتی هستند که موثر و سازگار با محیط زیست بوده و دارای شیوه‌های عمل

جدید بوده و بتواند جایگزین علف‌کش‌های مصنوعی موجود شود. تعداد زیادی از ترکیبات و فراورده‌های طبیعی به عنوان علف‌کش‌های زیستی مورد بررسی قرار رفتند. در بین ترکیبات طبیعی، اسانس‌ها که از اجزای گیاهان معطر و دارویی می‌باشند برای کشف علف‌کش‌های جدید مورد بررسی قرار گرفتند زیرا در خاک پایدار نبوده، آب‌های زیر زمینی را آلوده نکرده و باعث سمیت در انسان و دیگر پستانداران نمی‌شوند (وارو^۸ و همکاران، ۲۰۰۹). اسانس‌ها در بین ترکیبات طبیعی به عنوان اللوکمیکال‌ها^۹ تعریف می‌شوند. آن‌ها ترکیبی از متابولیت‌های مضر برای گیاهان و ریزجانداران هستند که در واکنش به عوامل زیادی تولید می‌شوند (امری^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۳). اسانس گیاهان معطر مانند خانواده‌های نعناع (Lamiaceae)، کاسنی (Asteraceae)، مورد (Myrtaceae) و شاهپسند (Verbenaceae) دارای پتانسیل دگرآسیبی هستند (آنجلینی^{۱۱} و همکاران، ۲۰۰۳).

بومادران که با نام علمی *Achillea sp.* گیاهی علفی و چند ساله از تیره کاسنی است که ۱۹ گونه از آن بومی ایران است. *Achillea wilhelmsii* C. Koch. دارای پراکندگی به نسبت وسیعی در مناطق شمالی ایران از جمله استان‌های مازندران و گلستان می‌باشد، همچنین در استان‌های آذربایجان، فارس، سیستان و بلوچستان، همدان و تهران رویش دارد (ریچینجر^{۱۲}، ۱۹۸۶). این گیاه دارای ترکیب‌های متابولیتی ثانویه از قبیل ترکیبات فنولی است و با آزاد کردن مشتقات فنیل پروپانوئیدهای ساده که به عنوان ترکیبات دارای اثر دگرآسیبی شناخته شده‌اند سبب کاهش درصد جوانه‌زنی می‌شود. ترکیباتی نظیر اسید کافئیک^{۱۳} و اسید فرولیک^{۱۴} از رشد و جوانه‌زنی بسیاری از گیاهان جلوگیری می‌کنند (داکشینی و اینهلینگ^{۱۵}، ۱۹۹۵). عصاره روغنی گیاه بومادران دارای ترکیبات متفاوتی از قبیل ۸،۱ -

⁸ Vurro⁹ Allelochemicals¹⁰ Amri¹¹ Angelini¹² Rechinger¹³ Cafeic¹⁴ Ferolic acide¹⁵ Dakshini and Einhellig¹ Jafarpuor² Sardarabadi³ Waterhouse⁴ Casida and Quistad⁵ Dejam⁶ Burke and Bell⁷ Naraghi

نشان کردند که پیرپین آلکالوئید^{۱۹}، اسید گالیک^{۲۰} و اسید فنولیک^{۲۱} می‌توانند با تسهیل در تولید گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن به طور غیرمستقیم باعث مرگ سلول ریشه شوند که همچنین ممکن است به عنوان مولکول‌های علامت‌گذاری کننده منجر به تغییر تعادل هورمونی در طول جوانه‌زنی بذر شود. گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن باعث پراکسیداسیون لیپیدها و از هم پاشیدگی غشاء می‌شوند (کائور^{۲۲} و همکاران، ۲۰۱۰، میوتلا^{۲۳} و همکاران، ۲۰۱۱ و سینگ^{۲۴} و همکاران، ۲۰۰۵). تعداد زیادی از مطالعات نشان می‌دهند که ترکیبات فنولی و مونوترپن‌های فرار می‌توانند در فرایندهای متابولیسمی در طول جوانه‌زنی و مراحل بعدی رشد گیاهچه تداخل ایجاد کنند (آن^{۲۵} و همکاران، ۲۰۰۰، کائور و همکاران، ۲۰۱۰، نوری‌مند^{۲۶} و همکاران، ۲۰۱۱، پونپایبونپیپات^{۲۷} و همکاران، ۲۰۱۳ و اسکریوانتی^{۲۸}، ۲۰۱۰). دیانت و قاسم‌خان قاجار^{۲۹} (۲۰۲۰) در بررسی اثرات دگرآسیبی اسانس گونه‌های پونه‌سا شامل *Nepeta menthoides* N. *binalodensis* و *N. elymaitica mahanensis* بر علف‌های هرز یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* Dur.) و خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) کاهش درصد جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه را تا ۱۰۰ درصد گزارش کردند. دی‌فتو و همکاران (۲۰۰۲) فعالیت علف‌کشی ۱۰ ترکیب از اسانس *Ruta graveolens* را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که بطور عمده از جوانه‌زنی و طولی شدن ریشه‌چه تربچه (*Raphanus sativus*) در نور و تاریکی جلوگیری می‌کند. دی‌مارتینو و همکاران (۲۰۱۰) فعالیت علف‌کشی ۲۷ مونوترپن را روی تربچه و شاهی (*Lipidium sativum*) نشان دادند. تحقیقات زیادی نشان دادند که اثرات بازدارندگی بتا-

سینئول^۱، مشتقات نپتالاکتون^۲، پارا-سیمن^۳، آلفا-تریپتن^۴ و سیس-کریزانتیل استات^۵ است (موهانراج و چن^۶، ۲۰۰۶). همچنین بررسی‌ها نشان داده که بومادران دارای ترکیبات آلفاپینن^۷، کمپن، لیمونن^۸، پورنل، Y-تریپنین^۹، کاروون، متنریل استات^{۱۰}، تیمول^{۱۱} و کارواکرویل^{۱۲} است (کاظمی^{۱۳}، ۲۰۱۵). اهمیت^{۱۴} و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که عصاره دو گونه بومادران (*Achillea gypsicola* Hub-Mor. و *Achillea biebersteinii* Afan *Amaranthus retroflexus* L.)، کاهوی وحشی (*Lactuca serriola* L.) و کنگر وحشی (*Cirsium arvense* L.) دی‌فتو^{۱۵} و همکاران (۲۰۰۲) فعالیت علف‌کشی ۱۰ ترکیب از اسانس *Ruta graveolens* را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که بطور عمده از جوانه‌زنی و طولی شدن ریشه‌چه تربچه در نور و تاریکی جلوگیری می‌کند و میزان این بازدارندگی وابسته به غلظت است. دی‌مارتینو^{۱۶} و همکاران (۲۰۱۰) فعالیت علف‌کشی ۲۷ مونوترپن را روی تربچه (*Raphanus sativus*) و شاهی (*Lipidium sativum*) نشان دادند. بومادران دارای خواص دگرآسیبی روی فلفل (*Capsium annuum*)، ذرت (*Zea mays* L.)، قیاق (*Sorghom helepense*)، سلمه‌تره (*Chenopodium album*) و تاج‌خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus*) است (علی‌پور^{۱۷} و همکاران، ۲۰۱۲). گل‌سبز^{۱۸} و همکاران (۲۰۰۸) خاطر

^{۱۱} Piperidine alkaloid^{۱۲} Gallic acid^{۱۳} Phenolic acid^{۲۲} Kaur^{۲۳} Mutlu^{۲۴} Singh^{۲۵} An^{۲۶} Nourimand^{۲۷} Poonpaiboonpipat^{۲۸} Scrivanti^{۲۹} Diyanat and Ghasemhkan-Ghajar^۱ 1,8-Cineole^۲ Nepetalactone^۳ Paracimene^۴ Alphaterpinene^۵ Cis-chrysanthemal acetate^۶ Mohanraj and Chen^۷ Alphapinene^۸ Limonene^۹ Y-terpinene^{۱۰} Metnerile acetate^{۱۱} Timole^{۱۲} Carvacrole^{۱۳} Kazemi^{۱۴} Ahmet^{۱۵} De Feo^{۱۶} De Martino^{۱۷} Alipour^{۱۸} Golisz

گردیده و مقدار ۱۰۰ گرم از آن‌ها به یک بالن ۱ لیتری منتقل گردیدند. پس از اضافه نمودن ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر استخراج اسانس به روش تقطیر با آب به کمک دستگاه کلونجر به مدت ۴ ساعت انجام شد. پس از آن به کمک سدیم سولفات خشک آگیری به عمل آمد و اسانس خالص به بدست آمده برای سایر مراحل در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شد (حقیقی و همکاران، ۲۰۱۲).

تولید نانو ذرات

اسانس به دست آمده از گیاه بومادران با استفاده از روش کم انرژی نانو امولسیون گردید. ابتدا ۲ درصد از اسانس و ۲ درصد تئوین ۸۰، ۲۰ دقیقه با دور ۲۴۰۰ rpm هموژنایز شده و به تدریج ۹۶ درصد آب مقطر با اسانس و تئوین ۸۰ مخلوط شده و ماده حاصله برای ۳۰ دقیقه در دور ۳۰۰۰ rpm هموژنایز شده و برای ۵ دقیقه درون دستگاه التراسونیک قرار گرفت. سپس برای اندازه‌گیری‌های آینده نمونه در ظرفی درب بسته به دور از نور مستقیم در دمای اتاق نگهداری شد (حضرتی^۵ و همکاران، ۲۰۱۷). اندازه ذرات با استفاده از دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی^۶ (SEM) مدل PROX ساخت شرکت Phenom هلند واقع در دانشکده تربیت مدرس تعیین شد. جهت اندازه‌گیری پتانسیل زتا از دستگاه زتا سایزر مدل ZEN3600 ساخت شرکت Malvern واقع در دانشکده داروسازی دانشگاه تهران استفاده شد.

بررسی اثر اسانس بر مولفه‌های جوانه‌زنی

به منظور بررسی تاثیر اسانس بومادران بر مولفه‌های جوانه‌زنی علف‌های هرز یک ساله خرفه و چاودار دو آزمایش به صورت عاملیل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با ۴ تکرار در دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات در سال ۱۳۹۹ انجام شد. عامل اول اسانس بومادران در دو سطح (نانو امولسیون و طبیعی) و عامل دوم غلظت اسانس در ۶ سطح (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میکرولیتر در لیتر) بودند. ابتدا بذرها در محلول

پینن بر طول ریشه‌چه نسبت به ساقه‌چه در برنج زراعی، سلمه‌تره (*Chenopodium album* Linn.)، سوروف (*Echinochloa crusgalli* (L.) P. Beauv.) و تاج‌خروس بیشتر بوده است (چووان^۱ و همکاران، ۲۰۱۱).

استفاده از مواد نانو ترکیب، در رشته‌های مختلف از جمله کشاورزی مورد توجه پژوهشگران بسیاری قرار گرفته است (حقیقی^۲ و همکاران، ۲۰۱۲ و پورخالو^۳ و همکاران، ۲۰۱۱). نانو امولسیون‌ها، امولسیون‌های بسیار ریز شده یا امولسیون‌های زیر میکرون هستند، که اندازه ذرات آنها ۵۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر است. به طور کلی اندازه قطرات یک امولسیون به عواملی نظیر نوع فازها، مقدار و نوع امولسیفایر مصرفی، چگونگی تهیه امولسیون و غیره بستگی دارد. از این ترکیبات به‌عنوان فرآورده‌هایی با ظرفیت بالا جهت پژوهش‌های مرتبط با بذر نام برده می‌شود هرچند سازوکار دقیق آن‌ها به‌خوبی شناخته نشده است (حقیقی و حصارکی^۴، ۲۰۱۳). استفاده از نانوعلف‌کش‌ها راهکار مؤثری در جهت مهار علف‌های هرز و کاهش اثرات مخرب آن‌ها بر محیط زیست است. اهداف این تحقیق تولید اسانس نانو بومادران و مقایسه اثرات اسانس نانو شده و غیرنانو بومادران روی مؤلفه‌های جوانه‌زنی علف‌های هرز خرفه (علف‌هرز مهم در محصولات تابستانه) و چاودار (یکی از مهم‌ترین علف‌های هرز گندم) بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

گیاهان گلدار بومادران از منطقه ملارد استان تهران در فاصله ۲۲ کیلومتری شهر تهران و ارتفاع ۱۱۵۲ متر از سطح دریا جمع‌آوری شدند. با استفاده از هرباریوم (قهرمان، ۱۹۷۹-۱۹۹۲) دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد علوم تحقیقات شناسایی گیاه بومادران صورت گرفت (کد هرباریومی: ۵۰). پس از حذف مواد زائد و شست و شو با آب در دمای اتاق و شرایط سایه به مدت ۷۲ ساعت خشک گردیدند. نمونه‌ها با آسیاب برقی پودر

¹ Chowhan

² Haghighi

³ Pourkhaloe

⁴ Haghighi and Hessarakli

⁵ Hazrati

⁶ Scanning Electron Microscope

شد. مقایسه بین تیمارها با آزمون LSD حفاظت شده در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

بررسی نانو ذرات

تصاویر به دست آمده از میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان داد که ذرات نسبتاً کروی و اندازه آن‌ها بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر بود (شکل ۱). جدیدی^۳ و همکاران (۲۰۲۱) اندازه ذرات نانوکپسوله حاوی عصاره چاودار را در نمونه عصاره نانو شده ساقه بین ۱۱۳ تا ۳۵۰ نانومتر و در نمونه عصاره نانو شده ریشه بین ۷۱/۴ تا ۱۲۹ نانومتر گزارش کردند. پتانسیل زتا نانو امولسیون اسانس ۱۳/۸- میلی‌ولت بود (شکل ۲) که 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 از خود نشان نمی‌دهند. تمایل ذرات هم بار به دفع یکدیگر رابطه مستقیمی با پتانسیل زتا دارد. بطور کلی مرز پایداری و ناپایداری سوسپانسیون را می‌توان بر حسب پتانسیل زتا تعیین نمود (موهانراج و چن^۴، ۲۰۰۶ و اسکافازیک^۵ و همکاران، ۲۰۰۳).

۲ درصد هیپوکلریت سدیم به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفتند و سپس با آب مقطر به دفعات شسته شدند (چان^۱ و همکاران، ۱۹۹۷). بذرهای علف‌های هرز مورد بررسی به پتری‌های یک بار مصرف سترون که کف آن‌ها کاغذ صافی واتمن شماره یک بود منتقل شدند. تعداد ۲۵ عدد بذر با فواصل مناسب به داخل پتری‌های ۹ سانتی‌متری انتقال داده شدند. پس از تیمار با غلظت‌های مختلف اسانس، پتری‌ها به دستگاه ژرمیناتور با دمای متناوب ۳۰ و ۱۵ درجه سلسیوس (با ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی و رطوبت نسبی ۶۵ درصد) انتقال داده شدند. برای پیشگیری از تبخیر شدن اسانس هر پتری با پارافیلیم پوشیده شد. شمارش بذرهای جوانه زده پس از گذشت ۲۴ ساعت از شروع آزمایش هر روز انجام شد تا زمانیکه تعداد تجمعی بذرهای جوانه‌زده به یک حد ثابت برسند. مبنای جوانه‌زنی بذر، خروج ریشه‌چه از پوسته بذر به طول ۲ میلی‌متر و رویت آن با چشم غیر مسلح بود (جفری^۲ و همکاران، ۱۹۸۷). برای محاسبه درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی از رابطه‌های ۱ و ۲ استفاده شد (امری و همکاران، ۲۰۱۳).

رابطه (۱)

$$GP = 100 \times \left(\frac{ni}{N} \right)$$

که در آن GP: درصد جوانه‌زنی، ni: تعداد بذر جوانه‌زده در روز i ام و N: تعداد کل بذور کشت شده بود.

رابطه (۲)

$$GR = \sum \frac{ni}{ti}$$

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 i ام بود. صفات طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه نیز برای ۵ گیاهچه در هر پتری مورد بررسی قرار گرفتند.

پس از بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MINITAB و روش اندرسون-دارلینگ، تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS V 9:1 انجام

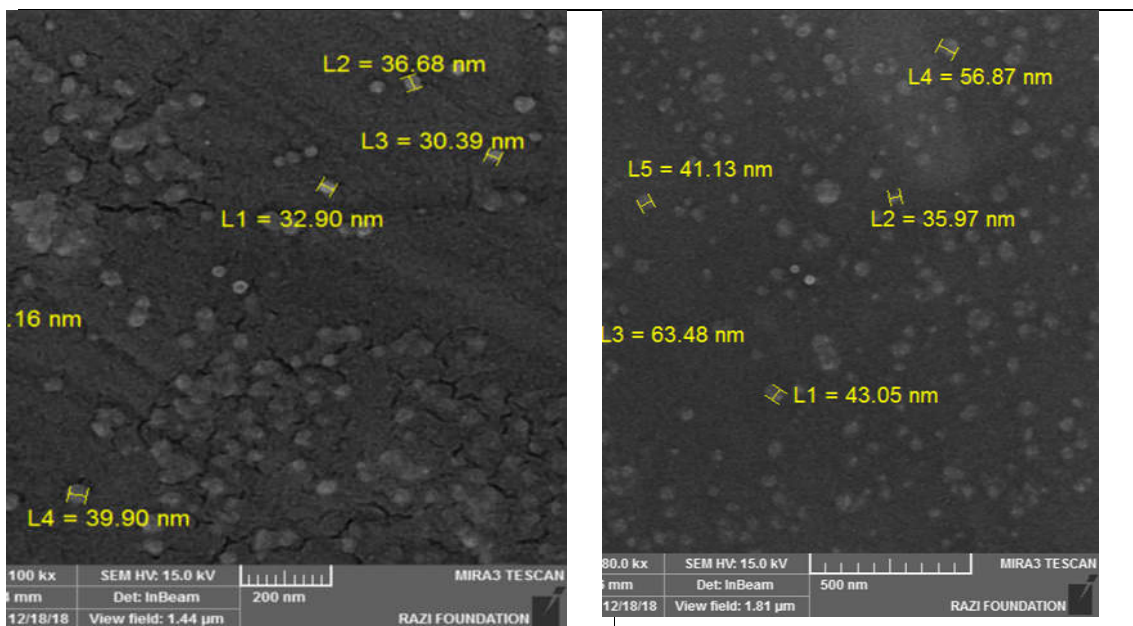
³ Jadidi

⁴ Mohanraj and Chen

⁵ Schaffazick

¹ Chun

² Jeffrey

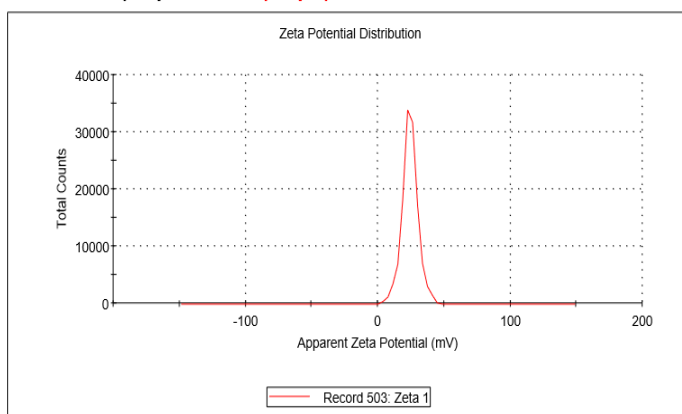


شکل ۱. تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از تشکیل ذرات نانو

Fig. 1. Images of SEM microscope from spherical particle formation

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 امولسیون اسانس بومادران

Fig. 2. Zeta potential of nano emulsion of yarrow oil

اسانس نیز بر کلیه صفات مورد بررسی به غیر از سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار شده است و اثر اصلی هر کدام جداگانه بر سرعت جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری را در سطح یک درصد نشان دادند.

بررسی مولفه‌های جوانه‌زنی

علف‌هرز خرفه

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی خرفه در جدول ۱ آورده شده است. اثر اصلی نوع اسانس و غلظت اسانس در کلیه صفات مورد بررسی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شدند. اثر متقابل نوع اسانس و غلظت

جدول ۱. میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه خرفه
Table 1. Mean squares for germination percentage, germination rate, root length, plumule length and seedling dry weight of common purslane

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean squares				
		درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول ریشه‌چه Radicle length	طول ساقه‌چه Plumule length	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight
نوع اسانس Type of oil	1	1976.33**	1.68 **	56.33 **	41.87**	0.764**
غلظت اسانس oil concentration	5	8488.23 **	25.07 **	296.48 **	205.28**	3.19**
نوع اسانس × غلظت اسانس Type of oil × Essential oil concentration	5	169.43**	0.437 n.s	4.93**	3.50**	0.0548**
Error.خطا	36	40.63	0.284	1.84	1.24	0.019
ضریب تغییرات (%) C.V (%)	-	16.17	20.49	14.36	14.21	14.52

** معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و n.s عدم تفاوت معنی‌دار

** Significant at 5 probability, and n.s non-significant

جدول ۲ اثر غلظت‌های مختلف اسانس بومادران را بر صفات مورد بررسی خرفه نشان می‌دهد. تفاوت معنی داری بین غلظت‌های مختلف هر دو نوع اسانس مشاهده شد. هر دو نوع اسانس باعث کاهش درصد جوانه‌زنی خرفه شدند و با افزایش غلظت درصد جوانه‌زنی به میزان زیادی کاهش یافت. جلوگیری از جوانه‌زنی به نظر می‌رسد به علت تخریب در فعالیت آنزیم‌هایی مثل آنزیم آمیلاز است که در جوانه‌زنی نقش دارد (آلام و اسلام^۱، ۲۰۰۲). ترکیبات دگرآسیب نه تنها منجر به کاهش جوانه‌زنی می‌شوند بلکه باعث تاخیر در جوانه‌زنی نیز می‌شوند. فلاونوئیدها، فنل‌ها تانن‌ها و گلیکوزیدها به عنوان ترکیبات بازدارنده جوانه‌زنی معرفی کرده‌اند (مکی‌زاده تفتی^۲ و همکاران، ۲۰۱۱). از آنجاکه بومادران دارای متابولیت‌های ثانویه از قبیل ترکیبات فنولی می‌باشد به نظر می‌رسد که با آزاد کردن این ترکیبات باعث کاهش جوانه‌زنی می‌شود. آزادبخت^۳ و همکاران (۲۰۰۳)، ترکیبات اصلی اسانس بومادران از استان مازندران را کامفور (۲۱/۲ درصد)، میرتنول (۱۴/۴ درصد)، میرتنیل استات (۸/۹ درصد)، یوموگی الکل

(۸/۷ درصد) و بورنتول (۸/۲ درصد) گزارش کردند. مونوترپن‌های اوسیمن، ۸-ا-سینئول، کامفور، تیمول، آلفا-پینن، منتول و ژرانیول از رشد ذرت از طریق پراکسیداسیون چربی جلوگیری می‌کنند (زائو^۴ و همکاران، ۲۰۱۱). ترکیب ۱،۸-سینئول جوانه‌زنی رشد گیاهچه و میزان کلروفیل را در گیاه کاسیا (*Cassia occidentalis*) کاهش می‌دهد (سینگ و همکاران، ۲۰۰۲). درصد جوانه‌زنی خرفه توسط نانو امولسیون اسانس به میزان بیشتری کاهش یافت. به گونه‌ای که در غلظت ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر خرفه تیمار شده با اسانس طبیعی میزان ۵۵/۲۵ درصد جوانه زد ولی در همین غلظت درصد جوانه‌زنی بذره‌ای تیمار شده با نانو امولسیون اسانس ۳۰/۵۰ درصد بود. همین روند در صفات طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه و وزن خشک گیاهچه خرفه نیز مشاهده شد و با افزایش غلظت اسانس این صفات کاهش یافتند. غلظت ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر نانو امولسیون اسانس توانست به طور کامل از جوانه‌زنی و رشد گیاهچه خرفه جلوگیری کند. کاهش صفات مورد مطالعه با افزایش غلظت اسانس در انطباق با نتایج سایر محققان بود (اسماعیل و چانگ^۵، ۲۰۰۲ و

⁴ Zhao

⁵ Ismail and Chong

¹ Alam and Islam

² Makkizadeh Tafti

³ Azadbakht

شده گردند و درصد و سرعت جوانه‌زنی را در آن کاهش دهند.

علف‌هرز چاودار

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی چاودار در جدول ۴ آورده شده است. اثرات نوع اسانس و غلظت اسانس و اثر متقابل آن‌ها بر کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار بود (جدول ۴).

کولی^۱ و همکاران، (۲۰۰۱). پدیده دگرآسیبی به غلظت مواد آلووشیمیایی بسیار وابسته است و ممکن است با تغییر در غلظت این مواد درجات متفاوتی از بازدارندگی و تحریک کنندگی مشاهده شود (کولورن^۲، ۲۰۰۷). در غلظت ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر تفاوت معنی‌داری در طول ریشه‌چه بین خرفه‌های تیمار شده با نوع اسانس وجود داشت. اگرچه هر دو اسانس طول ریشه‌چه را کاهش دادند. اطلاعات زیادی در مورد فعالیت بازدارندگی روغن‌های فرار و مواد تشکیل دهنده ترپنوئید آن‌ها در دست نیست، اما هم مهار تکثیر سلولی در مریستم‌های انتهایی ریشه به عنوان یکی از دلایل مهار رشد مورد بحث قرار گرفته است (کائور و همکاران، ۲۰۱۰). در حضور نانو امولسیون اسانس و اسانس طبیعی با غلظت ۴۰۰ میکرولیتر در لیتر طول ساقه‌چه خرفه به ترتیب به ۵/۵ و ۸/۷ میلی‌متر رسید که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند. در غلظت ۴۰۰ میکرولیتر در لیتر وزن خشک گیاهچه خرفه تحت تاثیر دو نوع اسانس طبیعی و نانو امولسیون اسانس به ترتیب به ۱/۰۹۴ و ۰/۶۷۳ گرم رسید (جدول ۲). در تایید این نتایج عبدالعظیم و بالا^۳ (۲۰۱۶) نیز گزارش کردند که خاصیت دگرآسیبی گیاهان دارویی آویشن (*Thymus capitatus*) و مرزنجوش (*Majorana hortensis*) با نانوکردن اسانس آن‌ها افزایش می‌یابد.

اثر متقابل نوع و غلظت اسانس بر صفت سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار نشد بنابراین مقایسه میانگین اثرات ساده آن‌ها صورت گرفت (جدول ۲). همانطور که جدول ۳ نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های مورد بررسی وجود داشت. تفاوت معنی‌داری در سرعت جوانه‌زنی خرفه تحت تاثیر دو نوع اسانس طبیعی و نانو امولسیون اسانس وجود داشت. بیشترین و کمترین سرعت جوانه‌زنی خرفه به ترتیب در غلظت‌های صفر (شاهد) و ۱۰۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس بومادران مشاهده شد (جدول ۳). توماسیوسکی و تیمان^۴ (۱۹۹۶) بیان کردند که مواد دگرآسیب می‌توانند باعث کاهش تولید هورمون جیبرلین و اکسین در بذر آبیگری

¹ Kohli

² Koloren

³ Abd El Azim and Balah

⁴ Tomaszeweski and Thimann

جدول ۲. اثرات نوع اسانس و غلظت‌های مختلف آن بر صفات درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه خرفه

Table 2. The effects of essential oil type and different concentrations on germination percentage, plumule length, radicle length and seedling dry weight of common purslane

نوع اسانس Type of essential oil	غلظت Concentration ($\mu\text{l L}^{-1}$)	صفت Trait			
		درصد جوانه‌زنی Germination percentage	طول ریشه‌چه Radicle length (mm)	طول ساقه‌چه Plumule length (mm)	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight (g)
اسانس طبیعی Normal essential oil	0	85.75 a	18.00 a	15.000 a	1.875 a
	100	71.75 b	14.25 b	11.875 b	1.484 ab
	200	55.25 d	11.50 d	9.583 d	1.198 bc
	400	36.75 e	10.50 d	8.750 d	1.094 c
	800	17.75 f	6.00 e	4.875 f	0.609 cd
	1000	7.75 g	3.00 f	2.583 g	0.310 d
نانو امولسیون اسانس Nano emulsion of essential oil	0	85.75 a	18.00 a	15.000 a	1.875 a
	100	62.75 c	12.75 c	10.458 c	1.245 b
	200	30.50 e	10.50 d	7.750 e	0.980 c
	400	11.00 fg	7.00 e	5.583 f	0.673 cd
	800	0 h	0 g	0 h	0 d
	1000	0 h	0 g	0 h	0 d
LSD (P<0.05)		7.05	1.03	1.23	0.48

جدول ۳. اثرات ساده نوع اسانس و غلظت اسانس بر سرعت جوانه‌زنی خرفه

Table 3. The effect of type of oil and oil concentration on germination rate of common purslane.

نوع اسانس Type of oil	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) Germination Rate (Seed/day)
اسانس طبیعی Normal essential oil	2.42 a
نانو امولسیون اسانس Nano emulsion of essential oil	1.79 b
LSD (P<0.05)	0.42
غلظت اسانس Essential oil concentration ($\mu\text{l L}^{-1}$)	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) Germination Rate (Seed/day)
0	5.25 a
100	3.87 b
200	2.87 c
400	2.0 d
800	1.12 e
1000	0.5 f
LSD (P<0.05)	0.72

جدول ۴. میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس نوع و درصد اسانس بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه چاودار

Table 4. Mean squares of analysis of variance for the type and concentration of essential oil on germination percentage, germination rate, root length, plumule length and seedling dry weight of common rye

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی D. F.	میانگین مربعات Mean squares				
		درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول ریشه‌چه Radicle length	طول ساقه‌چه Plumule length	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight
نوع اسانس Type of oil	1	762.46**	6.20**	22.66**	20.24**	0.873**
غلظت اسانس Essential oil c	5	5012.28**	31.21**	241.90**	131.30**	4.51**
نوع اسانس × غلظت اسانس Type of oil × Essential oil concentration	5	201.30**	3.075*	7.708**	4.011**	0.116**
خطا Error	36	18.98	0.111	0.796	0.970	0.043
ضریب تغییرات (%) C.V (%)	-	11.43	12.70	12.21	12.65	11.12

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

** Significant at 1 probability

غلظت‌های متفاوت نانو امولسیون اسانس مرزه مؤلفه‌های جوانه‌زنی این دو علف‌هرز را کاهش داد و میزان کاهش بسته به غلظت نانو امولسیون تغییر می‌کرد. علت افزایش تأثیر نانو امولسیون عصاره گیاهان افزایش سطح جذب به واسطه وجود ذرات با قطر نانومتر بوده و به این ترتیب جذب و اثر بخشی ترکیبات دگراسیب افزایش می‌یابد (عبدالعظیم و بالا، ۲۰۱۶). در صفت طول ریشه‌چه بین دو غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس طبیعی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت اما تفاوت بین این دو غلظت در نانو امولسیون اسانس معنی‌دار بود (جدول ۵). اسانس و اجزای اسانس گیاهان دارویی منجر به تاخیر در جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بسیاری از علف‌های هرز می‌شود. تیمار با هر دو نوع اسانس بومادران باعث کاهش طول ساقه‌چه شد.

هر دو نوع اسانس طبیعی و نانو امولسیون اسانس توانستند درصد جوانه‌زنی علف‌هرز چاودار را کاهش دهند. اسانس‌ها اثرات بازدارندگی خوبی روی جوانه‌زنی و رشد و طولیل شدن ریشه‌چه دارند که این بازدارندگی کاملاً به غلظت وابسته است (امری و همکاران، ۲۰۱۳ و باتیش^۱ و همکاران، ۲۰۱۲). در غلظت ۱۰۰ میکرولیتر در لیتر تفاوت معنی‌داری بین دو نوع اسانس وجود نداشت اما با افزایش غلظت، نانو امولسیون اسانس توانست به میزان بیشتری جوانه‌زنی را بازدارد کند و در غلظت ۱۰۰۰ میکرولیتر در لیتر نانو امولسیون اسانس کاملاً از جوانه‌زنی بذر چاودار جلوگیری شد (جدول ۵). سرعت جوانه‌زنی نیز تحت تأثیر اثرات متقابل نوع و غلظت اسانس قرار گرفت. سرعت جوانه‌زنی تحت تأثیر اسانس بومادران کاهش یافت و تا غلظت ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر تفاوتی بین دو نوع اسانس وجود نداشت اما در غلظت ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر سرعت جوانه‌زنی بذر چاودار تیمار شده با نانو امولسیون اسانس و اسانس طبیعی به ترتیب به ۰/۳۲ و ۱/۴۰ بذر در روز رسید که این تفاوت معنی‌دار بود (جدول ۵). حضرتی^۲ و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی اسانس نانو شده گیاه مرزه روی علف‌های هرز تاج‌خروس و سلمه‌تره گزارش کردند که

¹ Batish

² Hazrati

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرات نوع اسانس و غلظت‌های مختلف آن برای صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه چاودار

Table 5. The mean comparison for the effects of essential oil type and different concentrations for germination percentage, plumule length, radicle length and seedling dry weight of rye

نوع اسانس Type of essential oil	غلظت اسانس Concentration ($\mu\text{L L}^{-1}$)	صفت Trait				
		درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate (Seed/day)	طول ریشه‌چه Radicle length (mm)	طول ساقه‌چه Plumule length (mm)	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight (mg)
اسانس طبیعی Normal essential oil	0	87.21 a	4.43 a	18.029 a	15.111 a	2.121 a
	100	81.11 a	4.39 a	14.182 ab	10.814 b	1.665 b
	200	67 b	3.28 b	10.612 b	8.922 bc	0.940 c
	400	45 c	2.63 c	5.734 c	6.061 c	0.513 cd
	800	19 e	1.40 d	2.711 c	3.123 cd	0.289 e
	1000	7 f	0.77 e	0.120 c	0.030 d	0.012 e
نانو امولسیون اسانس Nano emulsion of essential oil	0	87.21 a	4.43 a	18.029 a	15.111 a	2.121 a
	100	70.23 b	4.00 ab	9.311 b	9.106 b	1.139 b
	200	50.54 c	3.01 b	3.422 c	5.860 c	0.488 d
	400	32.11 d	1.97 d	1.444 c	4.267 c	0.414 d
	800	8.45 f	0.32 ef	0.134 c	0.713 d	0.160 de
	1000	0 g	0 f	0 c	0 d	0 e
LSD (P<0.05)		6.89	0.76	6.31	2.30	0.37

(آلمیداباربوسا^۳ و همکاران، ۲۰۰۷) و کامفور (وارو^۴ و همکاران، ۲۰۰۹) قبلاً در گیاهان دیگر نیز گزارش شده است.

نتیجه‌گیری

تصاویر به‌دست آمده از میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان داد که ذرات به نسبت کروی و اندازه آنها بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر بود. پتانسیل زتا نانو امولسیون اسانس شده ۱۳/۸- میلی‌ولت بود که نشان‌دهنده پایداری ذرات بود. نتایج نشان داد که هر دو نوع اسانس باعث کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه و وزن خشک گیاهچه دوگونه علف هرز مورد بررسی شدند. تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های مختلف هر دو نوع اسانس وجود داشت. درصد بازدارندگی ایجاد شده در صفات مورد بررسی در هر دو گونه علف هرز نشان داد که نانو امولسیون اسانس موثرتر از اسانس طبیعی بود. اسانس‌های استخراج شده از گیاهان معطر می‌توانند اثرات بازدارندگی زیادی روی

کاهش در طول ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌تواند به دلیل کاهش سرعت تقسیم سلولی و دراز شدن سلول‌ها به دلیل فعالیت مواد دگرآسیب و کاهش تقسیم میتوز باشد (چاروانینگ^۱ و همکاران، ۲۰۱۰). با کاربرد ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر نانو امولسیون اسانس و اسانس طبیعی طول ساقه‌چه چاودار به ترتیب به ۳/۱۲۳ و ۰/۷۱۳ میلی‌متر رسید. بنابراین اسانس نانو توانست به‌صورت موثرتری از رشد ساقه‌چه بازداري کند (جدول ۵).

روند مشابهی در وزن خشک گیاهچه مشاهده شد با افزایش غلظت وزن خشک گیاهچه چاودار تحت تاثیر هر دو اسانس به میزان بیشتری کاهش یافت. در تیمار با نانو امولسیون اسانس بین غلظت‌های ۲۰۰ و ۴۰۰ میکرولیتر در لیتر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. غنی^۲ و همکاران (۲۰۰۸)، اصلی‌ترین ترکیبات اسانس بومادران را کامفور (۱۹/۶۶ درصد)، آلفا - پینن (۱۰/۰۰ درصد) و ۱-۸ سینئول (۹/۰۶ درصد) گزارش کردند. خاصیت دگرآسیبی ۸،۱-سینئول و کارواکرول

³ Almeida Barbosa

⁴ Vurro

¹ Charoenying

² Ghani

جوانه‌زنی بذر گیاهان زراعی و علف‌های هرز داشته باشند. این تحقیق نشان داد که اسانس بومادران روی علف‌هرز خرفه در مقایسه با چاودار موثرتر بود. اسانس‌ها اثرات مشابهی روی علف‌های هرز ندارند و اثرات بازدارندگی آن‌ها بسته به غلظت و گونه علف‌هرز متفاوت خواهد بود و انتخابی بودن این ترکیبات باید مورد بررسی قرار گیرد.

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 Journal of Weed Science, 48: 421-427. <https://doi.org/10.5958/0974-8164.2016.00108.8>
- Ahmet, C., Tulay, A., Ebru, M. and Adnan, A. 2009. Antifungal and herbicidal properties of essential oils and hexane extract of *Achillea gypsicola* Hub-Mor. and *Achillea biebersteinii* Afan. Industrial Crops and Products, 29: 562-570. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.11.002>
- Alam, S.M. and Islam, E.U. 2002. Effect of aqueous extract of leaf stem and root of nettle leaf goosefoot and NaCl on germination and seedling growth of rice. Pakistan Journal of Science and Technology, 1(2): 47-52.
- Alipour, Sh., Farshadfar, E. and Binesh, S. 2012. Allelopathic effects of yarrow (*Achillea millefolium*) on the weeds of corn (*Zea mays* L.). European Journal of Experimental Biology, 2(6): 2493-2498.
- 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. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000800030>
- Amri, I., Hamrouni L., Hanana, M. and Jamoussi, B. 2013. Review on phytotoxic effects of essential oil and their individual components: news approach for weeds management. International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology, 4: 96-114.
- An, M., Haig, T. and Pratley, J.E. 2000. Phytotoxicity of *Vulpa* residues II. Separation, identification and quantification of allelochemicals from *Vulpa myuros*. Journal of Chemical Ecology, 26: 1465-1476. <https://doi.org/10.1023/A:1005539809774>
- Angelini, L.G., Carpanese, G., Cioni, P.L., Morelli, I., Macchia, M. and Flamini, G. 2003. Essential oils from Mediterranean lamiaceae as weed germination inhibitors. Journal of Agriculture Food Chemistry, 51: 6158-6164. <https://doi.org/10.1021/jf0210728>
- Azadbakht, M., Morteza-Semnani, K. and Khansari, N. 2003. The essential oils composition of *Achillea wilhelmsii* C. Koch leaves and flowers. Journal of Medicinal Plants, 2(6): 55-58.
- Batish, D.R., Singh, H.P., Kaur, M., Kohli, R.K. and Singh, S. 2012. Chemical characterization and phytotoxicity of volatile essential oil from leaves of *Anisomeles indica* (Lamiaceae). Biochemical Systematics and Ecology, 41: 104-109. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2011.12.017>
- Burke, I.C. and Bell, J.L. 2014. Plant health management: herbicides. Encyclopedia of Agriculture Food System, 4: 425-440. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52512-3.00181-9>
- Casida, J.E. and Quistad, G.B. 1998. Golden age of insecticide research: past, present or future. Annual Review of Entomology, 43: 1-16 <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.43.1.1>
- Charoenying, P., Teerarak, M. and Laosinwattana, C. 2010. An allelopathic substance isolated from *Zanthoxylum limonella* Alston fruit. Scientific Horticulture, 125: 411-416. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.04.045>

- Chowhan, N., Singh, H.P., Batish, D.R. and Kohli, R.K. 2011. Phytotoxic effects of b-pinene on early growth and associated biochemical changes in rice. *Acta Physiologiae Plantarum*, 33: 2369-2376. <https://doi.org/10.1007/s11738-011-0777-x>
- Chun, S.C., Schneider, R.W. and Cohn, M.A. 1997. Sodium hypochlorite: effect of solution pH on rice seed disinfestations and its direct effect on seedling growth. *Journal of Plant Disease*, 81: 821-824 <https://doi.org/10.1094/PDIS.1997.81.7.821>
- Dakshini, K.M.M. and Einhellig, F.A. 1995. Allelopathy: organisms, processes, and applications. American Chemical Society. 381p.
- De Feo, V., Simone, F.D. and Senatore, F. 2002. Potential allelochemicals from the essential oil of *Ruta graveolens*. *Phytochemistry*, 61: 573-578. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(02\)00284-4](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(02)00284-4)
- 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. <https://doi.org/10.3390/molecules15096630>
- Dejam, M., Dejkham, H., and Zakerin, A. 2010. Application of allelopathic potential of cumin (*Cuminum cyminum* L.) essential oils as a new method in the control of (*Lolium perenne* L.) and (*Sisimberium irio* L.) weeds. National Conference on New Ideas in Agriculture, Azad University of Isfahan. [In Persian with English Summary]
- Diyanat, M. and Ghasemhkan-Ghajar, F. 2020. Herbicidal activity of essential oils from four *Nepeta* species against wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) and winter wild oat (*Avena ludoviciana* Dur.). *Iranian Journal of Weed Science*, 16: 1-15. [In Persian with English Summary]
- Ghani, A.M., Azizi, M., Hassanzadeh Khayyat, M. and Pahlavanpour, A.A. 2008. Essential oil composition of *Achillea eriophora*, *A. nobilis*, *A. biebersteinii* and *A. wilhelmsii* from Iran. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 11(5): 460-467. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2008.10643654>
- Golisz, A, Sugano, M., and Fujii, Y. 2008. Microarray expression profiling of *Arabidopsis thaliana* L. in response to allelochemicals identified in buckwheat. *Journal of Experimental Botany*, 59: 3099-3109. <https://doi.org/10.1093/jxb/ern168>
- Haghighi, M. and Hessarakli, M. 2013. Influence of silicon and nano-silicon on salinity tolerance of cherrytomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) at early growth stage. *Scientia Horticulturae*, 161: 111-117. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.06.034>
- Haghighi, M., Afifipour, Z. and Mozafarian, M. 2012. The effect of N-Si on tomato seed germination under salinity levels. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 6: 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. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 142: 423-430. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.04.041>
- Ismail, B.S. and Chong, T.V. 2002. Effects of aqueous extracts and decomposition of *Mikania micrantha* HBK debris on selected agronomic crops. *Weed Biology Management*, 2(1): 31-38. <https://doi.org/10.1046/j.1445-6664.2002.00045.x>
- 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.). *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 10: 1-15. [In Persian with English Summary]

- Jafarpour, R., Tajbakhsh, M. and Eyvazi, A.R. 2011. Allelopathic effects of white mustard, yellow yarrow, sage, *Artemisia* and walnut leaf of red bean. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 9: 39-49. [In Persian with English Summary]
- Jeffrey, D.W., Timothym, C.M. and John, T.R. 1987. Solution volume and seed number often overlooked factors in allelopathic bioassays. *Journal of Chemical Ecology*, 13: 1424-1426. <https://doi.org/10.1007/BF01012292>
- Kaur, S., Singh, H.P., Mittal, S., Batish, D.R. and Kohli, R.K. 2010. Phytotoxic effects of volatile oil from *Artemisia scoparia* against weeds and its possible use as a bioherbicide. *Industrial Crops and Products*, 32: 54-61. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.03.007>
- Kazemi, M. 2015. Chemical composition of the essential oil of *Achillea tenuifolia*, aerial parts. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 18: 261-263. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2014.985732>
- Kohli, R.K., Singh, H.P. and Batish, D.R. 2001. Allelopathy in agroecosystems: an overview. *Journal of Crop Production*, 4(2): 1-41. https://doi.org/10.1300/J144v04n02_01
- Koloren, O. 2007. Allelopathic Effects of *Medicago sativa* L. and *Jicia cracca* L. *Pakistan Journal of Biological Science*, 10: 1639-1642. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2007.1639.1642>
- Makkizadeh Tafti, M., Farhoudi, R., Rabiee, M. and Rasifar, M. 2011. Allelopathic effect of harmel (*Peganum harmala* L.) on germination and growth of three weeds. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 27: 135-146. [In Persian with English Summary]
- Mohanraj, V.J. and Chen, Y. 2006. Nanoparticles-a review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 5: 561-573. <https://doi.org/10.4314/tjpr.v5i1.14634>
- Mutlu, S., Atici, O., Esim, N. and Mete, E. 2011. Essential oils of catmint (*Nepeta meyeri* Benth.) induce oxidative stress in early seedlings of various weed species. *Acta Physiology Plant*, 33: 943-951. <https://doi.org/10.1007/s11738-010-0626-3>
- Naraghi, M., Gorbani javid, M. and Oveisi, M. 2016. Optimizing the use of herbicides in line with the goals of sustainable agriculture and environmental protection. The second conference on new findings in the environment and agricultural ecosystems. [In Persian with English Summary]
- Nourimand, M., Mohsenzadeh, S., Teixeira da Silva, J.A. and Saharkhiz, M.J. 2011. Allelopathic potential of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology*, 5(1): 54-57.
- Poonpaiboonpipat, T., Pangnakorn, U., Suvunnamek, U., Teerarak, M., Charoenying, P. and Laosinwattana, C. 2013. Phytotoxic effects of essential oil from *Cymbopogon citratus* and its physiological mechanisms on barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*). *Industrial Crops and Products*, 41: 403-407. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.04.057>
- Pourkhaloe, A., Haghighi, M., Saharkhiz, M.J., Jouzi, H. and Doroodmand, M.M. 2011. Investigation on the effects of carbon nanotubes (CNTs) on seed germination and seedling growth of salvia (*Salvia microsiphon*), pepper (*Capsicum annum*) and tall fescue (*Festuca arundinacea*). *Journal of Seed Technology*, 33(2): 155-160.
- Rechinger, KH. 1986. *Flora Iranica*, Akademische Druck- U.Verlagsanstalt, Graz-Austria, No. 158: 53-54.

- Sardarabadi, H. R., Hadizadeh, M. H. and Alimoradi, L. 2012. Estimation of rye damage in wheat fields using hyperbolic competition model. The sixth national conference of new ideas in agriculture. [In Persian with English Summary]
- 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. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422003000500017>
- Scrivanti L.R. 2010. Allelopathic potential of *Bothriochloa laguroides* var. *laguroides* (DC.) Herter (Poaceae: Andropogoneae). Flora, 205: 302-305. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2009.12.005>
- Singh, H.P., Batish D.R., Kaur, S., Ramezani, H. and Kohli, R.K. 2002. Comparative phytotoxicity of four monoterpenes against *Cassia occidentalis*. Annals of Applied Biology, 141: 111-116. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2002.tb00202.x>
- Singh, H.P., Batish D.R., Setia N. and Kohli, R.K. 2005. Herbicidal activity of volatile oils from *Eucalyptus citriodora* against *Parthenium hysterophorus*. Annals of Applied Biology, 146: 89-94. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2005.04018.x>
- Tomaszeweski, M. and Thimann, K.V. 1996. Interactions of phenolic acids, metallic ions and chelating agents on auxin-induced growth. Plant Physiology, 41: 1443-1454. <https://doi.org/10.1104/pp.41.9.1443>
- Vurro, M., Boari, A., Evidente, A., Andolfi, A. and Zermane, N. 2009. Natural metabolites for parasitic weed management. Pest Management Science, 65: 566-571. <https://doi.org/10.1002/ps.1742>
- Waterhouse D.F. 1994. Biological control of weeds: Southeast Asian Prospects. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra 302p.
- Zhao, L.J., Yang, X.N., Lix, Y., Mu, W. and Liu, F. 2011. Antifungal, insecticidal and herbicidal properties of volatile components from *Paenibacillus polymyxa* strain BMP-11. Agricultural Sciences in China, 10: 728-736. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(11\)60056-4](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(11)60056-4)

Research Article

Evaluating the application of yarrow (*Achillea wilhelmsii*) essential oil nanoemulsion on germination indices of purslane (*Portulaca oleracea*) and rye (*Secale cereale*)Mahnaz Kandi¹, Asa Ebrahimi², Marjan Diyanat^{3*}, Hamid Saeidian⁴**Extended Abstract**

Introduction: Weeds are one of the most important problems in agriculture and cause a lot of damage to crops. Overconsumption of herbicides in recent decades has led to harmful impacts on the environment and living organisms, including humans. In order to deal with these problems today, efforts are being made to reduce reliance on artificial herbicides and change direction towards sustainable agriculture as a part of integrated weed management. Among natural compounds, essential oils, which are components of aromatic and medicinal plants, were investigated to discover new herbicides.

Material and Methods: In order to investigate the effects of yarrow essential oil (*Achillea wilhelmsii* C. Koch) on the germination and growth of purslane (*Portulaca oleracea* L.) and rye (*Secale cereale* L.) seedlings, two factorial experiments were conducted in the form of a completely randomized design in three replicates at Islamic Azad University, Science and Research Branch. The first factor was the type of essential oil in two levels (normal and nanoemulsion) and the second factor was the concentration of essential oil in six levels (0, 100, 200, 400, 800, and 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$).

Results and Discussion: Scanning electron microscopy images showed the particles were relatively spherical and their size varied from 1 to 100 nm. The zeta potential of the nanoparticles was -13.8 mV, indicating particle stability. Both types of essential oils reduced germination percentage, germination rate, plumule length, radicle length, and seedling dry weight of both weeds, and germination percentage decreased significantly with increasing concentration. At a concentration of 200 $\mu\text{L L}^{-1}$, purslane treated with essential oil germinated 55.25%, but at the same concentration, the germination percentage of seeds treated with nanoemulsion of essential oil was 30.50%. Nanoemulsion of essential oil at concentration of 800 $\mu\text{L L}^{-1}$ was able to completely prevent the germination and growth of purslane seedlings. Nanoemulsion of essential oil at a concentration of 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$ completely prevented rye seed germination. Germination rate decreased under treatment of yarrow essential oil and there was no difference between two types of essential oils at concentration of 200 $\mu\text{L L}^{-1}$, but at a concentration of 800 μL , the germination rate of rye seeds treated with nanoemulsion of essential oil and ordinary essential oil reached to 1.40 and 0.32, respectively which was a significant difference.

Conclusions: The inhibition percentage of the studied traits in both weed species showed that the essential oil nanoemulsion was more effective than the normal essential oil. Yarrow essential oil was more effective on purslane weed compared to rye. Essential oils do not have similar effects on weeds and their inhibitory effects will be different depending on the concentration and species of weeds, and the selectivity of these compounds should be investigated. The production of nano essential oil of yarrow as a natural herbicide is a solution. It offers to control weeds in organic farming systems.

Keywords: Allelopathy, Germination rate, Oil concentration, Zeta potential

Highlights:

- 1- Nanoemulsion particles were produced from Yarrow essential oil
- 2- Nanoemulsion particles had more inhibitory effects on the investigated weeds than the normal essential oil.

¹ Graduated Student, Department of Agricultural Sciences and Food Industries, Science and Research Branch, Islamic Azad University of Tehran, Tehran, Iran

² Assistant Professor, Department of Agricultural Sciences and Food Industries, Science and Research Branch, Islamic Azad University of Tehran, Tehran, Iran

³ Associate Professor, Department of Agricultural Sciences and Food Industries, Science and Research Branch, Islamic Azad University of Tehran, Tehran, Iran

⁴ Professor of Payame Noor University of Zanjan, Zanjan, Iran

