اثر عصاره دود و دود آئروسل بر صفات جوانه‌زنی توت‌روباهی (*Sanguisorba minor* L.)

بهزاد مهرشاد[۱]، غلامرضا حیدری[۲]، یوسف سهرابی[۳]، محمدرضا عبدالهی[۴]، خسرو محمدی[۵] و سعید یوسف زاده[۶]

چکیده

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف عصاره دودی (۰، ۰/۰۰۲، ۰/۰۱، ۰/۱، ۰/۲ و ۱) و مقایسه تأثیر تیمار دود آئروسل با تیمار شاهد در بهبود جوانه‌زنی گیاه توت روباهی، دو آزمایش مستقل به ترتیب به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در اتاقک رشد اجرا گردید. نتایج آزمایش اول نشان داد که غلظت‌های ۰/۰۰۲، ۰/۰۱، ۰/۱ و ۰/۲ عصاره دودی، در مقایسه با شاهد باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه می‌شود در حالی‌که غلظت ۱، باعث کاهش در سرعت جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه گردید. در مجموع، غلظت‌های ۰/۲ و ۰/۱ کارایی بهتری در مقایسه با غلظت‌های ۰/۰۱ و ۰/۰۰۲ عصاره دودی، جهت بهبود جوانه‌زنی و صفات مرتبط داشتند. نتایج آزمایش دوم نشان داد که از نظر بیشتر صفات مورد مطالعه، تفاوت معنی‌داری بین شاهد و تیمار دود آئروسل وجود دارد. به طوری‌که بر اساس نتایج، تیمار آئروسل در کلیه صفات (به جز طول ریشه‌چه و نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه) به طور معنی‌داری نسبت به شاهد برتر بود و در مجموع استفاده از دود (به صورت عصاره یا آئروسل) در بهبود صفات مرتبط با جوانه‌زنی تأثیر چشم‌گیری داشت.

کلمات کلیدی: *بنیه بذر، توت روباهی، جوانه‌زنی، دود آئروسل، عصاره دودی*

Archive of SID

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۶/۲۵

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، کردستان، ایران.
۲. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، کردستان، ایران (نویسنده مسئول).
E- mail: g.heidari@uok.ac.ir
۳. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، کردستان، ایران.
۴. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
۵. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سنندج، گروه زراعت و اصلاح نباتات، سنندج، ایران.
۶. استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران.

www.SID.ir

مقدمه و بررسی منابع علمی

با پیشرفت علم شیمی، صنعت داروسازی نیز پیشرفت کرده و هر روز شاهد عرضه داروهای شیمیایی جدید به بازار هستیم. اگرچه ممکن است داروهای شیمیایی تأثیر قوی‌تری داشته باشند و نسبت به داروهای گیاهی سریع‌تر عمل کنند، اما عوارض جانبی آن‌ها در مقایسه با داروهای گیاهی بسیار بیشتر است. بنابراین، به منظور حفظ سلامتی، تمایل متخصصان، داروسازان و نیز بیماران به استفاده از گیاهان دارویی به طور روزافزون در حال افزایش است (Taylor, 2005).

توت روباهی (*Sanguisorba minor*) گیاهی دیپلوئید، چند ساله و دارویی از خانواده Rosacea، با اسامی انگلیسی small burnet و salad burnet می‌باشد. ساقه این گیاه جهت قطع خونریزی، التیام زخم و هم‌چنین به عنوان ماده ضد سم مصرف دارد. پس از وضع حمل زنان برای رفع مشکلات بعد از آن مفید است. دم کرده برگ آن برای کاهش تب و خنک کردن مفید است. ریشه آن در عادی کردن جریان خون مؤثر است. این گیاه در خاک‌های فقیر و مناطق خشک و سرد به خوبی رشد می‌کند. در ترکیه و برخی کشورها، یکی از مهم‌ترین گیاهان مرتعی و علوفه‌ای به شمار می‌رود که از اوایل بهار تا اواسط زمستان رشد می‌کند و جهت تغذیه دام استفاده می‌شود. از لحاظ مواد غذایی تقریباً با یونجه و اسپرس برابری می‌کند (۱۰٪ پروتئین در ماده خشک) و در دام ایجاد نفخ نمی‌کند (Rodriguez and Bermejo, 1986). برگ‌های آن مزه خیار دارد و می‌توان از آن به عنوان ماده افزودنی در سالادها و نوشیدنی‌های سرد و نیز برای بهبود طعم پنیر، کره و سرکه استفاده کرد (Babaoglu and Yorgancilar, 2000).

با توجه به موقعیت خاص آب و هوائی کشور ایران، برخورداری از بسیاری گونه‌های گیاهی و سابقه دیرینه استفاده از گیاهان داروئی در طب سنتی و نیز با توجه به افزایش تقاضا برای داروهای گیاهی، توسعه تکنیک‌های لازم برای کشت و کار این گیاهان با حداقل هزینه از اهمیت بالایی برخوردار است. کشت موفق گیاهان دارویی به میزان زیادی به قابلیت جوانه‌زنی بذور آن‌ها وابسته است. خصوصیات ژنتیکی، خواب بذر، قوه نامیه، قدرت جوانه‌زنی، بنیه گیاهچه، میزان رطوبت بذر و عمر بذر از شاخص‌های کیفی مهم بذر هستند و در این بین قدرت جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه، نسبت به سایر ویژگی‌ها برای زارع از اهمیت بیشتری برخوردار است (Omid Beygi, 2000).

اثرات اکولوژیکی آتش (دود و گرمای حاصل از آتش) در تحریک جوانه‌زنی بذور گیاهان به خوبی شناخته شده است (Robert, 1992). در بسیاری از اکوسیستم‌های دنیا از جمله اکوسیستم چاپارل[1] (بلوط کوتاه) در کالیفرنیای جنوبی و اکوسیستم فینبوس[2] در آفریقای جنوبی، تحریک جوانه‌زنی بذر، تنها نیاز به یک آتش سوزی دارد (Brown and Botha, 2004). اثر تحریک کنندگی

1. Chaparral
2. Fynbos

Archive of SID

www.SID.ir

آتش بر جوانه‌زنی بذور به خاطر اثرات متقابل بین عوامل فیزیکی و شیمیایی حاصل از آتش است (Van Staden et al., 2000). اثرات تحریک کنندگی بالای دود و گرمای حاصل از آتش، بر جوانه‌زنی بذور، در گونه‌های مختص اکوسیستم‌های آتش‌خیز (گونه‌های جنگلی) و گونه‌هایی که در محل رویش آن‌ها آتش سوزی اتفاق نمی‌افتد، به خوبی مشخص شده است (Thomas and Vanstaden, 1995).

پیشرفت‌های اخیر در این زمینه نشان می‌دهد که دود، علاوه بر جوانه‌زنی بذور، بنیه گیاهچه را نیز بهبود می‌بخشد (Sparg et al., 2005, 2006). اگرچه ماهیت شیمیایی ماده محرک جوانه‌زنی موجود در دود (بوتنولاید) به تازگی کشف شده است، اثرات دود روی جوانه‌زنی بذور به طور گسترده‌ای شناخته شده و به روش‌های مختلف به کار گرفته شده است (Flematti et al., 2004). دود یک نقش حیاتی در استقرار مجدد و حفظ گیاهان بومی نیز دارد و به‌طور بالقوه، می‌تواند برای طیف مختلفی از کاربردهای مربوط به تکنولوژی بذر استفاده شود. علاوه بر این، دود پتانسیل کاربرد در صنایع زراعی و باغبانی، جهت تولید محصولات سالم‌تر و قوی‌تر را دارد (Light and Van Staden, 2004).

در این مطالعه اثر دود حاصل از سوختن گیاه دارویی خاکشیر به دو صورت عصاره آبی دود و دود آئروسل بر جوانه‌زنی و بنیه بذر گیاه توت روباهی (*Sanguisorba minor*)، بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی مورد استفاده در آزمایش

استحصال دود گیاهی: در این تحقیق، مخلوطی از اندام‌های هوایی تازه و خشک (ساقه، برگ و گل) گیاه خاکشیر (*Descurainia sophia*)، از رویشگاه‌های خودروی محوطه اطراف دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینای همدان جمع آوری گردید. اندام‌های هوایی جمع‌آوری شده این گیاه، در دمای محیط خشک گردید و در آزمایش تولید دود، مورد استفاده قرار گرفت. بذر گیاه دارویی توت روباهی، از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه گردید.

روش استخراج عصاره دودی: در این روش دود حاصل از سوختن ۵۰۰ گرم از گیاه خاکشیر (*Descurainia sophia*)، از یک مخزن حاوی یک لیتر آب مقطر عبور داده شد. به طوری‌که دود در آب مقطر به صورت یک محلول دود-آب (smoke-water) در آمد. این محلول دود-آب که به رنگ زرد شد، طی یک فرآیند شیمیایی با استفاده از اتر (برای جداسازی مواد موثره دود)، جوش شیرین (برای حذف اسیدهای قوی) و سود (برای حذف اسیدهای ضعیف)، برای استخراج عصاره دودی مورد استفاده قرار گرفت (Sparg et al., 2005, 2006). پس از استحصال عصاره دود، این عصاره در غلظت‌های مختلف ۱، ۰/۲، ۰/۱، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۲ با آب مقطر رقیق گشته و در ظرف‌هایی جداگانه نگهداری شد.

Archive of SID

www.SID.ir

روش تولید دود آئروسل: اندام‌های هوایی تازه و خشک گیاه خاکشیر شیرین جمع آوری شده در یک مخزن فلزی سوزانده شد و دود حاصل از آن توسط لوله‌ای که در طرف دیگر آن یک فن دمنده قرار داشت به یک محفظه برزنتی مکعبی به ابعاد ۸۰*۸۰*۸۰ سانتی‌متر هدایت گردید. در داخل این محفظه بذرهایی که به منظور جذب بهتر دود به مدت ۵ دقیقه در آب مقطر خیسانده شده بود، بر روی طبق‌هایی توری مانند که از جنس فلز بودند، قرار داده شدند. به منظور حذف اثر گرما بر بذرها، لوله هادی دود از میان محفظه‌ای پر از آب، عبور داده شد و از این طریق دود تولیدی، خنک گردید. بذرهای گیاه مورد نظر به مدت ۲۰ دقیقه در معرض دود آئروسل قرار گرفتند و جهت انجام مراحل بعدی آماده گردیدند (Crosti et al., 2006; Sparg et al., 2006).

روش اجرای مراحل جوانه‌زنی: قوه نامیه بذور قبل از شروع آزمایش، تعیین گردید. پتری‌دیش‌ها قبل از استفاده به مدت ٢٤ ساعت با هیپوکلریت سدیم ضدعفونی شدند. برای هر یک از گیاهان مورد مطالعه، تعداد شش پتری‌دیش که هر کدام تقریباً حاوی ۱۰۰ بذر بود، در نظر گرفته شد. هر کدام از پتری‌دیش‌ها توسط یک غلظت از عصاره دودی به مدت یک ساعت تیمار شدند. لازم به ذکر است که در تیمار شاهد به جای عصاره دود از آب مقطر استفاده شد.

پس از اتمام مدت زمان تعیین شده، بذور از پتری دیش‌ها خارج گردیدند و با آب مقطر شسته شدند. بذرها با هیپوکلریت سدیم ۱۰٪ ضدعفونی شدند و سپس به طور تصادفی، تعداد ۲۰ عدد بذر از هر گروه به طور جداگانه در سه پتری دیش جدید (واحد آزمایشی) بر روی دو لایه کاغذ صافی واتمن قرار داده شدند و این بار ۵cc آب مقطر به هر پتری دیش اضافه گردید. برای جلوگیری از بروز بیماری‌های قارچی، بذور با استفاده از قارچ‌کش بنومیل دو در هزار ضدعفونی شدند و سپس پتری‌دیش‌ها جهت جوانه‌زنی به اتاقک رشد منتقل گردیدند. شرایط اتاقک رشد به صورت ١٦ ساعت روشنایی، ٨ ساعت تاریکی، دمای ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۷۰٪ تنظیم شد. شمارش بذور از آغاز جوانه‌زنی به مدت ٦ روز انجام شد و معیار جوانه‌زنی یک بذر، خروج ریشه‌چه به میزان یک میلی‌متر فرض گردید. پس از پایان دوره جوانه‌زنی صفاتی هم‌چون طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه و وزن گیاهچه بذور جوانه‌زده اندازه‌گیری شد و با استفاده از روابط ۱، ۲ و ۳ به ترتیب سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر تعیین گردید (Abdollahi et al., 2011).

(۱) سرعت جوانه‌زنی = $\Sigma n_i / \Sigma d_i$

(۲) درصد جوانه‌زنی = $\Sigma n_i / N$

(۳) $VI = (SL + RL) \times GP$

n_i: بذور جوانه‌زده در شمارش iام، d_i: روز جوانه‌زنی در شمارش iام، N: تعداد بذور کشت شده، VI: شاخص بنیه بذر، SL: طول ساقه‌چه، RL: طول ریشه‌چه، GP: درصد جوانه‌زنی.

Archive of SID

www.SID.ir

آزمایش مطالعه اثر تیمار عصاره دودی، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار و ٦ تیمار غلظت عصاره دودی (۰، ۱، ۰/۲، ۰/۱، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۲) و آزمایش مطالعه اثر تیمار دود آئروسل، در قالب طرح کاملاً تصادفی با ٤ تکرار و ۲ تیمار (شاهد و دود آئروسل) انجام گرفت. آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

آزمایش اول: عصاره دودی

درصد جوانه‌زنی: غلظت‌های مختلف عصاره دودی اثرات مثبت معنی‌داری را در سطح احتمال آماری ۵ درصد بر درصد جوانه‌زنی نشان دادند (جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که تمام غلظت‌های عصاره دودی، بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر درصد جوانه‌زنی بذور توت‌روباهی را در مقایسه با شاهد افزایش دادند (شکل ۱). روشن است که درصد جوانه‌زنی رابطه مستقیمی با سرعت جوانه‌زنی دارد و همان عواملی که باعث تقویت سرعت جوانه‌زنی می‌شوند، درصد جوانه‌زنی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند. گزارش شده است که بوتنولاید[3] (ترکیب مؤثر دود)، در تحریک جوانه‌زنی و جایگزینی نور در جوانه‌زنی بذور گیاهان خانواده آستراسه استرالیا (Merritt et al., 2006) و نیز تحریک جوانه‌زنی بذور علف‌های هرز، اثراتی مشابه با اسید جیبرلیک دارد (Daws et al., 2007). غضنفری و همکاران (Ghazanfari et al., 2012) ارتباط معنی‌داری را بین پاسخ جوانه‌زنی به دود و اسید جیبرلیک گزارش کرد. ما و همکاران (Ma et al., 2006) بیان کردند که بوتنولاید حاصل از دود گیاهی مکانیسمی شبیه به مکانیسم اکسین‌ها دارد و می‌توان از آن به عنوان جایگزین اکسین 2-4-D در رویان‌زایی سوماتیکی گیاهان استفاده نمود.

از طرف دیگر غلظت‌های بالای دود گیاهی، جوانه‌زنی را کاهش می‌دهد و میزان این کاهش به گونه گیاه بستگی دارد (Sparg et al., 2005; Dayamba et al, 2010; Light et al., 2002). در این تحقیق نیز غلظت ۱، اثرات بازدارنده‌ای روی بیشتر پارامترهای جوانه‌زنی نشان داد. به طوری‌که تقریباً در بیشتر گونه‌های مطالعه شده، غلظت بالای عصاره دودی (غلظت ۱)، جوانه‌زنی بذور را کاهش داد و یا به تأخیر انداخت. مکانیسمی که در اثر آن غلظت بالای دود باعث کاهش جوانه‌زنی می‌شود، هنوز به خوبی مشخص نیست ولی کلارک و فرنچ (Clarke and French, 2005) بیان کردند که این اثر، ممکن است به اثرات سمی ترکیبات دود مربوط باشد که در غلظت بالا به کاهش جوانه‌زنی و طول ساقه و ریشه منجر می‌گردند. شواهد جدید نشان می‌دهد که علاوه بر ترکیبات تحریک کننده جوانه‌زنی موجود در دود، ترکیب دیگری به نام بوتنولاید ۳، ٤، ۵- تری متیل فوران-(5H)- ۱[4] (بوتنولاید بازدارنده) در دود وجود دارد که اثر

3. -3-methyl-2Hfuro[2,3-c]pyran-2-one

4. -Butenolide 3,4,5- trimethylfuran-2(5H)-one

Archive of SID

www.SID.ir

بازدارندگی بر روی مراحل جوانه‌زنی و پس از جوانه‌زنی دارد و بطور معنی‌داری اثر مثبت ترکیب تحریک کننده جوانه‌زنی را کاهش می‌دهد (Light et al., 2010).

سرعت جوانه‌زنی: اثر عصاره دودی بر سرعت جوانه‌زنی بذر در سطح احتمال آماری ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). همان‌طور که در شکل ۳- الف مشاهده می‌گردد، همه غلظت‌های مختلف مورد بررسی عصاره دودی، سرعت جوانه‌زنی بذور توت‌روباهی را در مقایسه با شاهد افزایش دادند. اگرچه بیشترین میزان سرعت جوانه‌زنی به غلظت ۰/۱ مربوط بود، ولی اختلاف معنی‌داری با تیمارهای غلظت ۰/۲، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۲ نداشت. در حالی‌که در میان غلظت‌های مختلف، غلظت ۱ عصاره دودی، سرعت جوانه‌زنی را به طور معنی‌داری، کمتر از سایر غلظت‌ها، نسبت به شاهد افزایش داد. توانایی تیمار دودی در کوتاه کردن زمان جوانه‌زنی یا افزایش سرعت جوانه‌زنی در گذشته نیز توسط محققین متعددی گزارش شده است (Sparg et al., 2005; Crosti et al., 2005; Daws et al., 2007; Razanamandranto et al., 2005). محققین گزارش کردند که ترکیب تحریک کننده جوانه‌زنی در دود می‌تواند باعث القای سریع‌تر فعالیت‌های چرخه سلولی شود و در نتیجه ظهور ریشه‌چه را در بذرهای در حال جوانه‌زنی شتاب ببخشد (Jain *et al.*, 2006). بنابراین، بذرهای تیمار شده با دود نسبت به بذور شاهد، با سرعت بیشتری جوانه می‌زنند. کاربرد دود، زمان جوانه‌زنی بذرهای *Combretum glutinosum* و *Combretum nigricans* را کاهش داد. دود گیاهی از طریق اثرات متقابل با هورمون‌های درون‌زاد گیاهی، جوانه‌زنی سریع‌تر را القا می‌کند (Van Staden et al., 2000).

طول ساقه‌چه: نتایج این تحقیق نشان داد که اثر تیمار عصاره دودی در سطح آماری ۱ درصد بر طول ساقه‌چه معنی‌دار است (جدول ۱). غلظت ۰/۱، در مقایسه با شاهد بیشترین تأثیر مثبت را بر افزایش طول ساقه‌چه داشت. در حالی‌که غلظت‌های ۰/۲ و ۱ عصاره دودی طول ساقه‌چه را نسبت به شاهد کاهش دادند (شکل ۳- ب).

طول ریشه‌چه: اثر عصاره دودی بر طول ریشه‌چه در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). در غلظت ۰/۲، طول ریشه‌چه به طور معنی‌داری افزایش یافت. در مورد سایر غلظت‌ها، به جز غلظت ۱ که طول ریشه‌چه بذور تحت تیمار را نسبت به شاهد کاهش داد، غلظت‌های مختلف عصاره دودی از نظر تأثیر بر طول ریشه‌چه اختلاف معنی‌داری با همدیگر و با شاهد نشان ندادند (شکل ۳- ج). به نظر می‌رسد که با افزایش غلظت عصاره دودی تا غلظت ۰/۲ تعادل ترکیبات بوتنولاید تحریک کننده و بازدارنده به نفع بوتنولاید تحریک کننده بود. به طوری‌که غلظت ۰/۲ عصاره دودی، طول ریشه‌چه را افزایش داد و با افزایش غلظت عصاره به بیش از این حد، این تعادل به نفع ترکیب بوتنولاید بازدارنده به هم می‌خورد و به کاهش

Archive of SID

www.SID.ir

طول ریشه‌چه منجر می‌شود (Brown and Van Staden, 1997).

وزن تر گیاهچه: تیمار عصاره دودی در سطح احتمال آماری ۱ درصد بر وزن تر گیاهچه مؤثر واقع شد (جدول ۱). به جز غلظت ۱ که وزن تر گیاهچه را نسبت به شاهد کاهش داد، سایر غلظت‌های عصاره دودی به طور معنی‌داری باعث افزایش وزن تر گیاهچه شدند (شکل ۳- د). وزن تر گیاهچه عبارت است از وزن تر مجموع ساقه‌چه و ریشه‌چه و در نتیجه تمامی عواملی که بر رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه مؤثر است، بر این صفت (وزن تر گیاهچه) نیز تأثیر می‌گذارد (شکل ۲- د). زمان کوتاه‌تر جوانه‌زنی (سرعت جوانه‌زنی بالاتر) به بنیه بیشتر گیاهچه و قدرت زنده مانی بالاتر منجر می‌شود و در نتیجه توانایی گیاهچه را برای رقابت در محیط افزایش می‌دهد (Brown and Van Staden, 1997).

بنیه گیاهچه: اثر عصاره دودی بر بنیه گیاهچه در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳- ۱). غلظت ۱ عصاره دودی، تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان نداد، اما سایر غلظت‌ها باعث افزایش معنی‌داری در بنیه گیاهچه شدند (شکل ۳- ۵). اسپارگ و همکاران (Sparg et al., 2005) با مطالعه‌ای که بر روی چندین گونه گیاهی دارویی انجام دادند، نشان دادند که دود ناشی از سوختن گیاهان، علاوه بر اثر بر جوانه‌زنی، می‌تواند صفات مرتبط با مرحله پس از جوانه‌زنی، از جمله بنیه گیاهچه را بطور معنی‌داری افزایش دهد.

نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه: عصاره دودی به‌طور معنی‌داری نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه را در سطح آماری ۱ درصد تحت تأثیر قرار داد (جدول ۱). به جز غلظت ۰/۲ که نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه را افزایش داد، سایر غلظت‌ها تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند (شکل ۳- و). نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه از صفات مطلوب و مهمی است که به ویژه با صفت مقاوت به خشکی در گیاهان در ارتباط است و همان‌طور که از اسم آن بر می‌آید، از تقسیم طول ریشه‌چه بر طول ساقه‌چه به دست می‌آید. عواملی که بر صفت طول ساقه‌چه و طول ریشه‌چه مؤثر هستند و در بخش‌های مربوط به آن‌ها بیان شده، بر این صفت نیز تأثیرگذار می‌باشند. نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه از صفات مطلوب و مهمی است که به ویژه با صفت مقاوت به خشکی در گیاهان در ارتباط است و همان‌طور که از اسم آن بر می‌آید، از تقسیم طول ریشه‌چه بر طول ساقه‌چه به دست می‌آید. عواملی که بر صفت طول ساقه‌چه و طول ریشه‌چه مؤثر هستند و در بخش‌های مربوط به آن‌ها بیان شده، بر این صفت نیز تأثیرگذار می‌باشند (شکل ۲- و).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات جوانه‌زنی بذور گیاه توت روباهی متأثر از عصاره دودی

منابع تغییر S.o.v	درجه آزادی Df	سرعت جوانه‌زنی Ger. R	درصد جوانه‌زنی Ger. P	طول ساقه‌چه St. Len.	طول ریشه‌چه Ra. Len.	وزن تر گیاهچه P. Fr. Wi.	بنیه گیاهچه Vig.	نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه R/S
بلوک Block	2	0.668*	704.167**	0.230	0.940*	0.027**	173779.961*	0.000
عصاره دود smoke extract	5	0.642**	415.83*	7.30**	21.35**	0.265**	271291.53**	0.323**
اشتباه آزمایشی Error	10	0.136	97.5	0.079	0.18	0.003	35772.8	0.002
ضریب تغییرات C.V (%)		16.5	14.9	3.2	2.5	7.4	16.5	2.5

* و ** به ترتیب بیانگر معنی‌دار بودن در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

آزمایش دوم: دود آئروسل

نتایج جدول ۲، نشان می‌دهد که در این تحقیق، تیمار دود آئروسل، سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و طول ساقه‌چه را در سطح احتمال آماری ۵ درصد تحت تأثیر قرار داد. هم‌چنین اثر دود آئروسل بر صفات وزن گیاهچه و بنیه گیاهچه در سطح احتمال آماری ۱ درصد، معنی‌دار بود. ولی از لحاظ آماری، اثر معنی‌داری بر صفات طول ریشه‌چه و نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه نداشت. بر اساس جدول ۳، به جز صفات طول ریشه‌چه و نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه، در بقیه صفات، بذور تیمار شده با دود آئروسل برتری آشکاری نسبت به بذور شاهد نشان دادند.

نتایج آزمایش دوم نشان داد که برای بیشتر صفات مورد مطالعه (به جز طول ریشه‌چه و نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه) از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین شاهد و تیمار دود آئروسل وجود داشت. به طوری‌که بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمارها، مشخص گردید که تیمار آئروسل در کلیه صفات (به جز طول ریشه‌چه و نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه) برتری معنی‌داری نسبت به شاهد دارد. نتایج این آزمایش در تأیید آزمایشات اسپارگ و همکاران (Sparg et al., 2005) می‌باشد که اثر دود آئروسل را بر جوانه‌زنی سه گیاه داروئی بومی آفریقای جنوبی آزمایش کرده و گزارش کردند که دود آئروسل صفات جوانه‌زنی و رشد گیاهان مورد آزمایش را به طور معنی‌داری بهبود می‌بخشند. مال‌آبادی و ویجایاکومار (Malabadi and Vijaya Kumar, 2006) نیز اثر مثبت دود آئروسل را بر بهبود جوانه‌زنی بذر برخی از گیاهان دارویی گزارش کردند.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر دود آئروسل بر صفات جوانه‌زنی بذور گیاه توت روباهی

منابع تغییر S.o.v	درجه آزادی Df	سرعت جوانه‌زنی Ger. R	درصد جوانه‌زنی Ger. P	طول ساقه‌چه St. Len.	طول ریشه‌چه Ra. Len.	وزن تر گیاهچه P. Fr. Wi.	بنیه گیاهچه Vig.	نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه R/S
دود آئروسل Aerocell	1	1.125*	1375.125*	51.714*	23.358	1.411**	2318942.64**	0.048
اشتباه آزمایشی Error	6	0.171	207.29	7.44	5.20	0.14	189341.218	0.01
ضریب تغییرات C.V (%)		23.89	23.74	24.15	19.41	28.52	29.93	9.60

*، ** و *** به ترتیب بیانگر معنی‌دار بودن در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

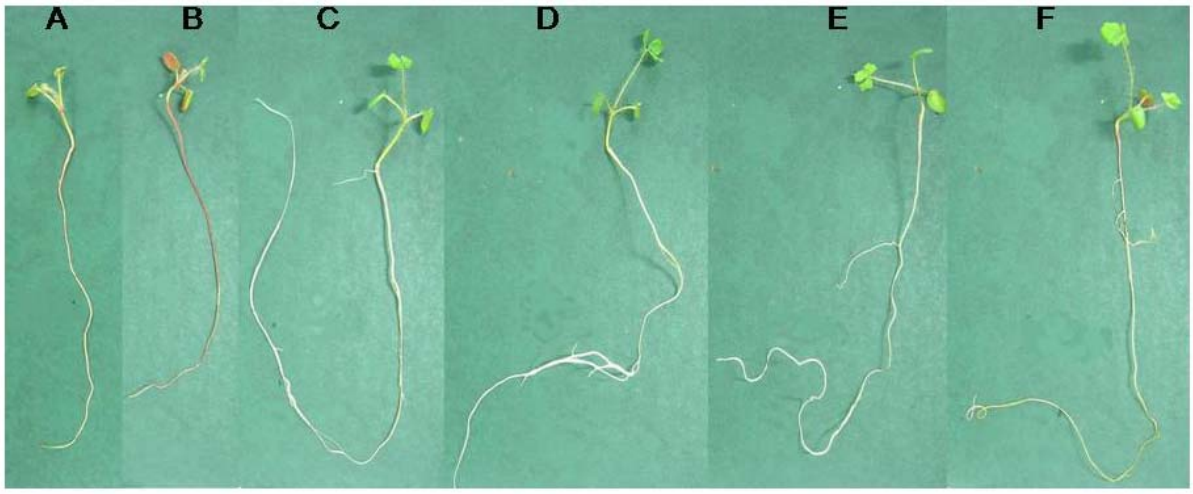
جدول ۳- مقایسه میانگین آزمایش تأثیر دود آئروسل بر صفات جوانه‌زنی بذور گیاه توت روباهی

	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) Ger. R (Seed per day)	درصد جوانه‌زنی Ger. P	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) St. Len. (cm)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) Ra. Len. (cm)	وزن تر گیاهچه (گرم) P. Fr. Wi. (g)	بنیه گیاهچه (درصد) Vig. (%)	نسبت ریشه به ساقه r/s
Cont. شاهد	1.358 b	47.50 b	8.750 b	9.998 a	0.893 b	9.15 b	1.140 a
Aerocell دود آئروسل	2.108 a	73.75 a	13.835 a	13.415 a	1.733 a	19.92 a	0.985 a

تیمارهایی که دارای حروف متفاوت هستند، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

نتیجه‌گیری

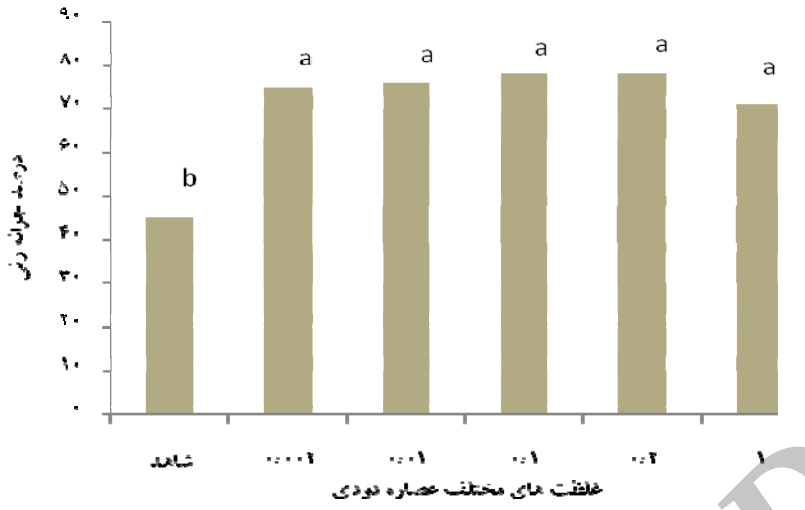
در مجموع، غلظت‌های ۰/۲ و ۰/۱ کارایی بهتری در مقایسه با غلظت‌های ۰/۰۱ و ۰/۰۰۲ عصاره دودی، جهت بهبود جوانه‌زنی و صفات مرتبط داشتند. نتایج آزمایش دوم نشان داد که از نظر بیشتر صفات مورد مطالعه، تفاوت معنی‌داری بین شاهد و تیمار دود آئروسل وجود دارد. به طوری‌که بر اساس نتایج، تیمار آئروسل در کلیه صفات (به جز طول ریشه‌چه و نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه) به طور معنی‌داری نسبت به شاهد برتر بود و در مجموع استفاده از دود (به صورت عصاره یا آئروسل) در بهبود صفات مرتبط با جوانه‌زنی تأثیر چشم‌گیری داشت.



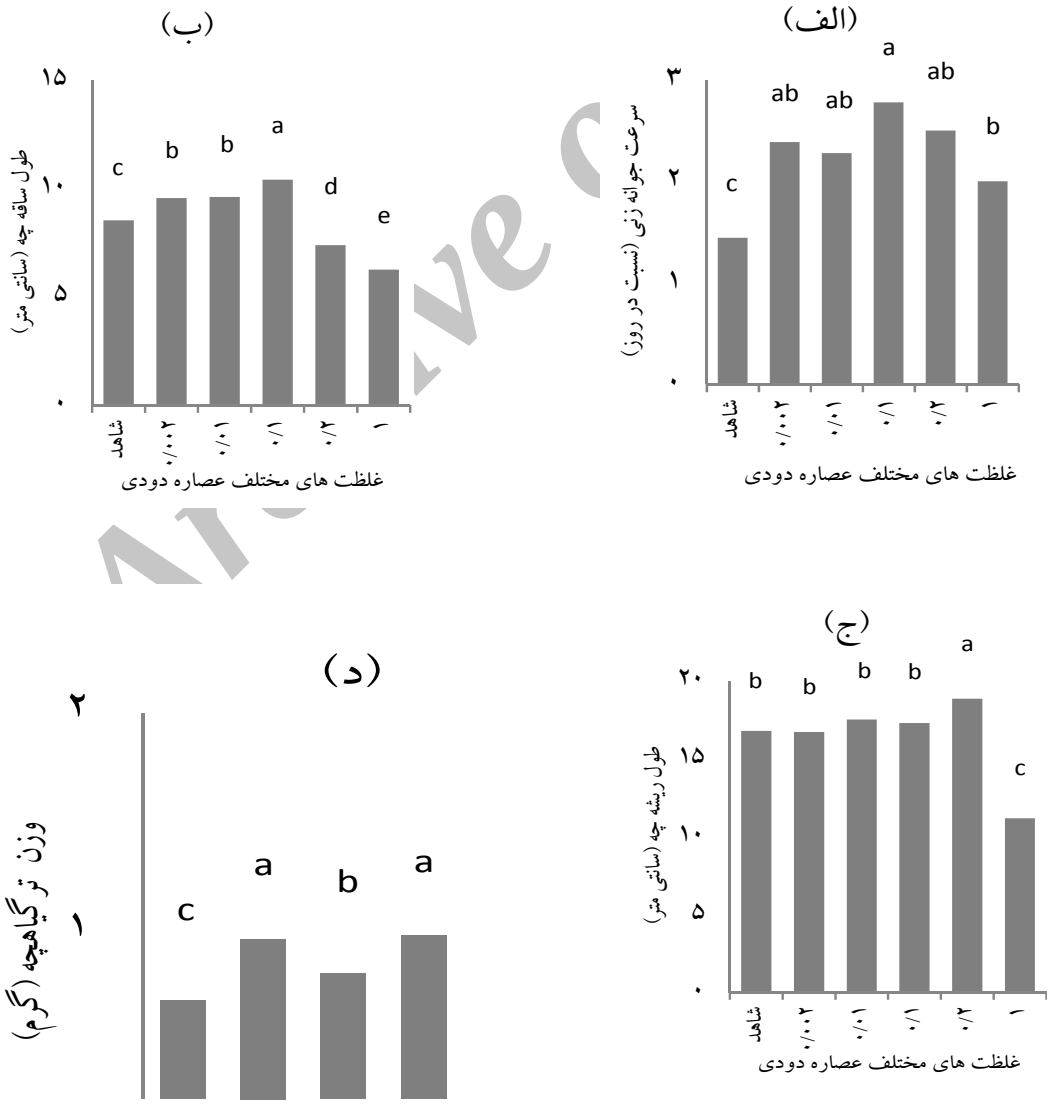
شکل ۱- مقایسه اندازه گیاهچه‌های توت روباهی تیمار شده با غلظت‌های مختلف عصاره دودی (B=1، C=0.2، D=0.1، E=0.01 و F=0.002) با تیمار شاهد (A)

Archive of SID

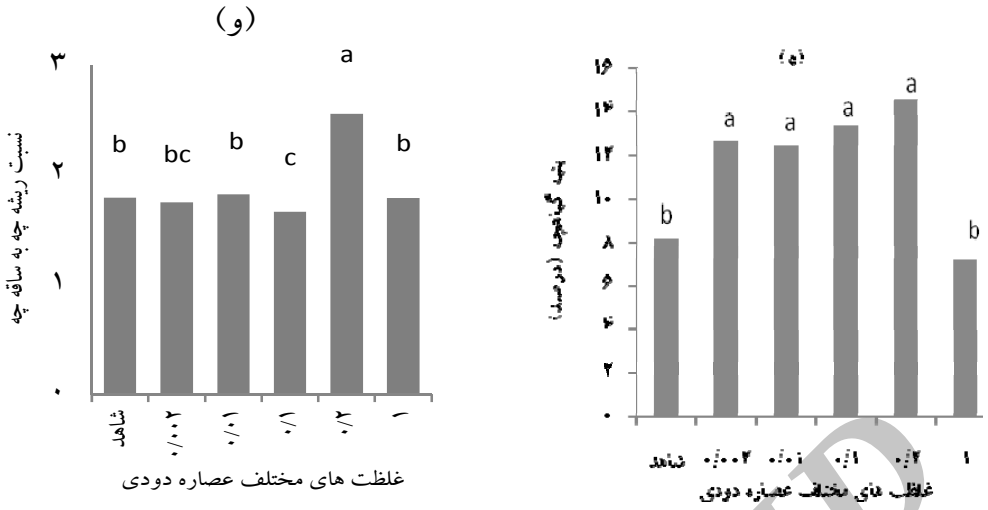
www.SID.ir



شکل ۲- اثر عصاره دودی بر درصد جوانه‌زنی گیاه توت روباهی



www.SID.ir



شکل ۳- اثر عصاره دودی بر سرعت جوانه‌زنی (الف)، طول ساقه‌چه (ب)، طول ریشه‌چه (ج)، وزن گیاهچه (د)، بنیه گیاهچه (ه) و نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه گیاه توت روباهی (و).

References منابع مورد استفاده

✓ Abdollahi, M. R., B. Mehrshad, and S. S. Moosavi. 2011. Effect of method of seed treatment with plant derived smoke solutions on germination and seedling growth of milk thistle (*Silybum marianum* L.). Seed Sci. Techno. 39: 225- 229.

✓ Babaoglu, M., and M. Yorgancilar. 2000. TDZ-specific plant regeneration in salad burnet. Plant Cell Tiss. Org. 63: 31- 34.

✓ Blank, R. R., and J. A. Young. 1998. Heated substrate and smoke: Influence on seed emergence and plant growth. J. Range. Manage. 51: 577- 583.

✓ Brown, N. A. C., and P. A. Botha. 2004. Smoke seed germination studies and a guide to seed propagation of plants from the major families of the Cape Floristic Region, South Africa. S. Afr. J. Bot. 70: 559- 581.

✓ Brown, N. A. C., and J. Van Staden. 1997. Smoke as a germination cue: A review. Plant Growth Regul. 22: 115- 124.

✓ Clarke, S., and K. French. 2005. Germination response to heat and smoke of 22 Poaceae species from grassy woodlands. Aust. J. Bot. 53: 445- 454.

✓ Crosti, R., P. G. Ladd., K. W. Dixon, and B. Piotto. 2006. Post-fire germination: The effect of smoke on seeds of selected species from the central Mediterranean basin. Forest Ecol. Manag. 221: 306- 312.

✓ Daws, M. I., J. Davies., H. W. Pritchard., N. A. C. Brown, and J. Van Staden. 2007. Butenolide from plant-derived smoke enhances germination and seedling growth of arable weed species. Plant Growth Regul. 51: 73- 82.

✓ Dayamba, S. D., L. Sawadogo., M. Tigabu., P. Savadogo., D. Zida., D. Tiveau, and P. C. Oden. 2010. Effects of aqueous smoke solutions and heat on seed germination of herbaceous species of the Sudanian savanna-woodland in Burkina Faso. Flora. 205: 319- 325.

✓ Flematti, G. R., E. L. Ghisalberti., K. W. Dixon, and R. D. Trengove. 2004. A compound from smoke that promotes seed germination. Science. 305: 977- 977.

✓ Ghazanfari, P., M. R. Abdollahi., A. Moieni, and S. S. Moosavi. 2013. Effects of Plant-Derived Smoke and Gibberellic Acid on Seed Dormancy Breaking, Seed Germination Traits

Archive of SID

www.SID.ir

and Seedling Growth of Rapeseed (*Brassica napus* L.) Under *in Vitro* Condition. Agric. Biotechnol. 11 (2): 17- 26.

✓ Jain, N., M. G. Kulkarni, and J. Van Staden. 2006. A butenolide, isolated from smoke, can overcome the detrimental effects of extreme temperatures during tomato seed germination. Plant Growth Regul. 49: 263- 267.

✓ Light, M. E., B. V. Burger., D. Staerk., L. Kohout, and J. Van Staden. 2010. Butenolides from Plant-Derived Smoke, Natural plant-growth regulators with antagonistic actions on seed germination. J. Nat. Prod. 73: 267- 269.

✓ Light, M. E., M. J. Gardner., A. K. Jager, and J. Van Staden. 2002. Dual regulation of seed germination by smoke solutions. Plant Growth Regul. 37: 135- 141.

✓ Light, M. E., and J. Van Staden. 2004. The potential of smoke in seed technology. S. Afr. J. Bot. 70: 97- 101.

✓ Ma, G. H., E. Bunn., K. Dixon, and G. Flemati. 2006. Comparative enhancement of germination and vigor in seed and somatic embryos by the smoke chemical 3-methyl-2H-furo 2,3-c pyran-2-one in *Baloskion tetraphyllum* (Restionaceae). In Vitro Cell Dev-Plant. 42: 305- 308.

✓ Malabadi, R. B., and Vijaya Kumar, S. 2006. Smoke induced germination of some important medicinal plants. J. Phyto. Res. 19: 221- 226.

✓ Merritt, D. J., M. Kristiansen., G. R. Flematti., S. R. Turner., E. L. Ghisalberti., R. D. Trengove, and K. W. Dixon. 2006. Effects of a butenolide present in smoke on light-mediated germination of Australian Asteraceae. Seed Sci. Res. 16: 29- 35.

✓ Omid Beygi, R. 2000. Production and Processing Of Medicinal Plants, Volume I. Publisher: Astan Quds Razavi (Mashhad). 397 Pp. (In Persian)

✓ Robert, R. J. 1992. The role of temperature in germination ecophysiology. In: Fenner, M. (ed.) Seeds, the ecology of regeneration in plant communities. Pp: 285- 325. CAB International, Wallingford, UK.

✓ Razanamandranto, S., M. Tigabu., L. Sawadogo, and P. C. Oden, 2005. Seed germination of eight savanna-woodland species from West Africa in response to different cold smoke treatments. Seed Sci. Technol. 33: 315- 328.

✓ Rodriguez, M. J., and P. Bermejo. 1986. Constituents of *Sanguisorba minor* ssp. magnolii. Fitoterapia. 57: 446- 447.

✓ Sparg, S. G., M. G. Kulkarni, M. E. Light, and J. Van Staden. 2005. Improving seedling vigour of indigenous medicinal plants with smoke. Bioresource Technol. 96: 1323- 1330.

✓ Sparg, S. G., M. G. Kulkarni, and J. Van Staden. 2006. Aerosol smoke and smoke-water stimulation of seedling vigor of a commercial maize cultivar. Crop Sci. 46: 1336- 1340.

✓ Taylor, L. 2005. The healing power of rainforest herbs. Garden City Park, NY: Square One Publishers. 535 Pp.

✓ Thomas, T. H., and J. Van Staden, 1995. Dormancy break of celery (*Apium graveolens* L.) seeds by plant derived smoke extract. Plant Growth Regul. 17: 195- 198.

✓ Van Staden, J., N A. C. Brown., A. K. Jager, and T. A. Johnson, 2000. Smoke as a germination cue. Plant Species Biol. 15: 167- 178.

Archive of SID

www.SID.ir