

## تأثیر خاک‌های آلوده به لجن نفتی بر جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه داننهال‌های چند گونه پهن‌برگ

ناصر نوروزی هارونی<sup>۱</sup>، ضیاء‌الدین باده‌یان<sup>۲\*</sup> و مهرداد زرافشار<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

<sup>۲</sup> استادیار گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

<sup>۳</sup> استادیار بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۴/۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۶/۲۶)

### چکیده

امروزه مصرف روزافزون منابع نفتی و سوخت‌های فسیلی در ایران و همچنین توسعه استخراج، بهره‌برداری و پالایش این منابع سبب افزایش حساسیت به محیط زیست و جوامع انسانی شده است. در این تحقیق عملکرد جوانه‌زنی بذرهای افاقیا، ارغوان، زبان‌گنجشک، زیتون تلخ و آیلان‌توس در قالب یک طرح بلوک کاملاً تصادفی با سه تکرار (هر تکرار سه گلدان) بررسی شد. شمارش جوانه‌زنی بذرها با توجه به میانگین زمان ظهور اندام هوایی روی خاک در گلدان‌ها شروع شد و این شمارش تا انتهای جوانه‌زنی انجام گرفت و خصوصیات رویشی اولیه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که با افزایش آلودگی، بیشتر شاخص‌های اندازه‌گیری شده جوانه‌زنی بذر و داننهال گونه‌های بررسی شده کاهش یافت. تیمار خاک آلوده به ۴۰۰ گرم در کیلوگرم لجن نفتی به‌عنوان بالاترین سطح آلودگی نه‌تنها سبب کاهش سرعت و میانگین مدت زمان جوانه‌زنی در بذور زبان‌گنجشک نشد، بلکه میانگین درصد جوانه‌زنی (۲۱ درصد) و شاخص بنیه بذر (۳۳/۹۱ درصد) نسبت به دیگر گونه‌ها کمتر کاهش یافت. نتایج بررسی پاسخ رشد گونه‌های بررسی شده نیز نشان داد که عملکرد رشد در گونه زبان‌گنجشک به اندازه گونه‌های دیگر در شرایط آلودگی لجن نفتی کاهش نیافت، درحالی که در برخی از گونه‌های بررسی شده تا ۷۶ درصد در صفات رشد آنها تحت آلودگی شدید کاهش مشاهده و ثبت شد.

**واژه‌های کلیدی:** جوانه‌زنی، خرم‌آباد، داننهال، زیتون تلخ، لجن نفتی.

### مقدمه

موادی مانند واکس، آب و امولسیون‌های نفتی، مواد چسبناک لجنی را در کف مخازن پدید می‌آورند که همواره مشکل‌سازند و از آنها تحت عنوان لجن نفتی<sup>۱</sup> یاد می‌شود. گرفتگی متناوب و نیاز به پاکسازی مکرر به‌دلیل تشکیل رسوبات در خطوط لوله ورودی کوره‌ها، پیش‌گرم‌کن‌ها، فیلترها، مشعل‌ها، نازل‌ها، کاهش دمای مشعل‌ها، افزایش فشار خروجی پمپ‌ها، تشکیل جلبک در کف مخازن و ایجاد خوردگی، از

با توجه به غنای منابع نفتی و دیگر سوخت‌های فسیلی در ایران و همچنین توسعه رو به رشد در استخراج، بهره‌برداری و پالایش این منابع فسیلی، صنایع شیمیایی آینده‌ای مانند صنایع پتروشیمی، نفت و گاز در کنار منابع حساس زیستی و جوامع انسانی ایجاد شده است. ذرات جامد موجود در نفت خام که در مخازن نفتی ذخیره می‌شود، به‌همراه

گیاه آگروپایرون در مقایسه با دو گونه دیگر کمتر دستخوش تغییرات منفی این آلودگی می‌شود. Irajy-Asabadi et al. (2015) در مطالعه‌ای به‌منظور کاهش غلظت هیدروکربن‌های نفتی در خاک اطراف پالایشگاه اصفهان، از توان گیاه‌پالایی گیاهان سورگوم (*Sorghum vulgare*) و جو (*Hordeum vulgare*) استفاده کردند و دریافتند که هر دو گیاه برای کاهش غلظت هیدروکربن‌های نفتی خاک مؤثرند، به‌طوری‌که درصد کاهش غلظت هیدروکربن‌های نفتی خاک ۳۵-۲۳ درصد بیشتر از تیمار بدون گیاه بود. در مورد جوانه‌زنی و رشد گیاه در خاک آلوده به مشتقات نفتی مطالعات مختلف انجام گرفته که اغلب بر روی گونه‌های مرتعی و زراعی بوده است (Inckot et al., 2011). اغلب مطالعات صورت گرفته در ایران بیشتر به گیاهان زراعی و مرتعی معطوف بوده، این در حالی است که بیشتر این گونه‌ها ریشه‌دوانی ضعیف و کم‌عمقی دارند و تنها قادر به گیاه‌پالایی در عمق‌های سطحی‌اند. درختان در مقایسه با گونه‌های علفی، به‌طور معمول مقدار زی‌توده ریشه و عمق ریشه بیشتری دارند و از این رو می‌توانند حجم و سطح خاک بیشتری را تحت پوشش خود قرار دهند. تحقیقات بسیار زیادی از مقاومت، تجزیه و تخریب آلودگی‌های نفتی در خاک برای گونه‌های مختلف همچون بید (*Salix spp.*)، توس (*Betula pendula*)، صنوبر (*Populus spp.*) و توت قرمز (*Morus rubra*) موجود است (Rezek et al., 2009; Olson et al., 2007). Saggin Júnior et al. (2006) در بررسی تأثیر آلودگی نفتی خاک بر جوانه‌زنی و رشد گونه‌های *Acacia holosericea*، *Samanea saman* و *Mimosa caesalpinifolia* در پنج سطح آلودگی (۰، ۱۰، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ گرم در کیلوگرم) نشان دادند که سطوح بالای آلودگی سبب کاهش معنی‌دار رشد و جوانه‌زنی برای هر سه گونه می‌شود. از جمله این تحقیقات در داخل کشور می‌توان به تحقیق Fayaz & Bagherpour (2016) در بررسی تأثیر نفت

جمله دلایل تشکیل لجن‌های نفتی در تأسیسات صنعتی است (Eghlidi et al., 2013). به همین دلیل در تأسیسات نفتی و پالایشگاهی پس از گذشت یک دوره زمانی مشخص، طی عملیات اساسی به پاکسازی مخازن و خارج ساختن لجن‌های نفتی به روش سنتی اقدام شده و سپس لجن‌های نفتی جداشده در خاک دفن می‌شوند که این امر به آلودگی شدید محیط زیست می‌انجامد. آلودگی هیدروکربن‌های نفتی موجود در مشتقات نفتی را می‌توان با فناوری‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی از جمله عملیات حرارتی، شست‌وشوی خاک، استخراج به‌صورت گاز یا مایع، انجماد و تثبیت یا ترکیبی از روش‌های مذکور از خاک خارج کرد (Langbehn & Steinhart, 1995). استفاده از این روش‌ها نه تنها هزینه بالایی را می‌طلبد، بلکه نیازمند مصرف انرژی بیشتری است؛ بنابراین، امروزه استفاده از گیاه‌پالایی به دلیل سازگاری با محیط زیست، ارزان بودن و مصرف انرژی کمتر، مقبولیت بیشتری در مقایسه با دیگر روش‌ها دارد.

گیاه‌پالایی به‌عنوان یک تکنولوژی جدید با فناوری سبز برای پاکسازی خاک، رسوبات، آب‌های سطحی و زیرزمینی آلوده به فلزات سنگین، مواد آلی و مواد پرتوزا به‌کار می‌رود (Inckot et al., 2011). این تکنیک سبب تخریب یا تبدیل آلاینده‌های آلی و غیرآلی به ترکیباتی با درجه سمیت کمتر یا جلوگیری از جابه‌جایی این مواد سمی به محیط می‌شود. استفاده از این روش برای پاکسازی خاک با آلودگی‌های نفتی در تحقیقات گسترده‌ای در شرایط آزمایشگاهی، گلخانه و مطالعات میدانی صورت گرفته است (Soleimani et al., 2010). در تحقیق Parvanak et al. (2013) با هدف بررسی قابلیت جوانه‌زنی و رشد گیاهان یونجه، کتان و آگروپایرون در خاک‌های آلوده به لجن نفتی به نسبت‌های صفر (شاهد)، ۱۰ و ۲۰ درصد وزنی با خاک غیرآلوده پالایشگاه اصفهان در شرایط گلخانه، مشاهده شد که میانگین درصد جوانه‌زنی و تولید زی‌توده گیاهی در

مدیریتی محیط زیست و سازمان جنگل‌ها و مراتع مؤثر واقع شود؛ بنابراین در این تحقیق تأثیر سطوح مختلف آلودگی لجن نفتی بر عملکرد جوانه‌زنی بذر و رویش اولیه دانهدال‌های پنج‌گونه درختی اقاقیا (*Robinia pseudoacacia* L.)، ارغوان (*Cercis siliquastrum* L.)، زیتون تلخ (*Fraxinus rotundifolia* Mill.) و آیلان‌توس (*Melia azedarach* L.) و آیلان‌توس (*Ailanthus altissima* Mill.) بررسی شده است.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه پژوهش

این پژوهش در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان انجام گرفت. بذرهای پنج‌گونه اقاقیا، ارغوان معمولی، زبان‌گنجشک، زیتون تلخ و آیلان‌توس از نهالستان زاغه (خرم‌آباد) تهیه و برخی از خصوصیات بذر اندازه‌گیری شد (ISTA, 1985) (جدول ۱).

خام (صفر تا ۲۰ درصد) بر جوانه‌زنی و رویش نهالی چهار گونه درختی کهور، آکاسیا، کنار و اقاقیا اشاره داشت. یافته‌های آنها نشان داد که جوانه‌زنی بذر کهور و آکاسیا تحت تأثیر آلودگی قرار نگرفتند، اما وجود بیش از ۶ درصد آلودگی به کاهش جوانه‌زنی کنار و ۴ درصد آلودگی به توقف کامل جوانه‌زنی اقاقیا منجر شد؛ بنابراین می‌توان از گونه‌های درختی با قابلیت رشد بالا، مقاومت زیاد، سیستم ریشه‌دوانی عمیق نیز استفاده کرد. از سوی دیگر، گونه‌های درختی با داشتن تنه‌های بزرگ و ریشه‌های وسیع منبع مناسبی برای انباشت آلودگی خاک به‌شمار می‌آیند. علاوه بر این می‌توان با استفاده از گونه‌های چوبی به ایجاد فضای سبز یا حتی احداث کمربندهای سبز نیز کمک کرد.

با توجه به اینکه طی سال‌های اخیر در جنگلکاری‌های گسترده انجام‌گرفته در کشور به‌طور وسیع از پنج‌گونه اقاقیا، ارغوان، زبان‌گنجشک، زیتون تلخ و آیلان‌توس استفاده شده است، بررسی توان تجزیه و تخریب آلودگی‌های نفتی به‌وسیله آنها ضروری است و می‌تواند در اتخاذ سیاست‌های

جدول ۱- خصوصیات منطقه جمع‌آوری بذر و خصوصیات بذر اندازه‌گیری شده (نهالستان زاغه)

گونه	قوة نامیه (%)	رطوبت (%)	تعداد در کیلوگرم	وزن هزاردانه (gr)	خلوص (%)
اقاقیا	۶۰	۶	۵۴۱۲۱	۱۸/۵	۵۵
ارغوان	۹۰	۵/۷	۲۲۸۵۳	۴۴/۲	۹۷
زبان‌گنجشک	۶۵	۶/۲	۱۰۴۵۰	۹۷	۹۰
زیتون تلخ	۹۰	۵/۱	۲۰۰۱۰	۵۱۰/۵	۹۵
آیلان‌توس	۹۵	۵/۷	۳۱۵۲۴	۳۱/۸	۷۵

### شیوه اجرای پژوهش

ابتدا خاک زراعی تهیه و خصوصیات مربوط به آن اندازه‌گیری شد (جدول ۲). سپس به‌منظور آماده‌سازی تیمارها، لجن نفتی خشک‌شده تهیه‌شده از پالایشگاه اصفهان پس از خرد کردن، با نسبت‌های

۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ گرم در کیلوگرم با خاک زراعی مخلوط شد و در گلدان‌های پلاستیکی با ابعاد ۲۵×۱۵ سانتی‌متر به‌مدت سه هفته در شرایط مرطوب قرار داده شد. بذر تهیه‌شده پس از ۲۴ ساعت خیسانده شدن در آب معمولی، در قالب یک طرح بلوک کاملاً

یک‌بار در حد ظرفیت زراعی آبیاری شدند. ظرفیت زراعی این خاک براساس روش مرسوم وزنی برابر با ۲۲۰ میلی‌لیتر محاسبه شد.

تصادفی با سه تکرار (هر تکرار ۳ گلدان) کاشته شدند. درون هر گلدان ۲۵ عدد بذر کاشته شد. گلدان‌ها به گلخانه با شرایط دمایی  $25 \pm 10$  درجه سانتی‌گراد و رطوبت  $35 \pm 10$  درصد منتقل شده و هر دو روز

جدول ۲- مشخصات خاک مورد استفاده در تحقیق

جرم ظاهری خاک (g/cm <sup>3</sup> )	کلاسه بافت	sand (%)	silt (%)	clay (%)	C (%)	K (ppm)	P (ppm)	N (%)	EC (ds/m)	pH
۱/۳	لوم رسی	۲۹/۵	۳۰	۴۰/۵	۱/۰۵	۲۸۵	۸/۸	۰/۱	۰/۶	۷/۴
جرم حقیقی (g/cm <sup>3</sup> )	Ca (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Mg (ppm)			
۲/۶۳	۸/۵	۰/۹۵	۰/۵	۰/۷۱	۳/۸۵	۶/۵	۲/۵			

دیگر جوانه‌زنی نیز با استفاده از فرمول‌های اشاره‌شده در جدول ۳ تعیین شد (Norouzi Haroni et al., 2014).

شمارش جوانه‌زنی بذرها با توجه به میانگین زمان ظهور اندام هوایی روی خاک در گلدان‌ها شروع شد و این شمارش تا انتهای جوانه‌زنی انجام گرفت. صفات

جدول ۳- رابطه‌های به‌کاررفته برای محاسبه صفات جوانه‌زنی

روابط محاسباتی	صفات
$Germination\ rate = n/N \times 100$	درصد جوانه‌زنی
$Germination\ speed = \sum(n_i/t_i)$	سرعت جوانه‌زنی
$Mean\ time\ to\ germination = \sum(n_i \cdot t_i) / \sum n$	میانگین مدت زمان جوانه‌زنی
$SVI = GR \times (SI + RI) / 100$	شاخص بنیه بذر
$t_i$ - تعداد روزهای پس از شروع جوانه‌زنی	$n$ - تعداد کل بذرهای جوانه‌زده طی دوره
$n_i$ - تعداد بذرهای جوانه‌زده در فاصله مدت زمان مشخص $t_i$	$N$ - تعداد بذرهای کاشته‌شده
$RI$ - طول اندام زمینی (میلی‌متر)	$SI$ - طول اندام هوایی (میلی‌متر)
$GR$ - درصد جوانه‌زنی	

حاصل با کولیس اندازه‌گیری شد. وزن تر اندام هوایی و ریشه پس از قطعه‌قطعه کردن دانه‌های حاصل با ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. همچنین برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام‌های ریشه و هوایی دانه‌ها نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت به آون با دمای ۷۵ درجه انتقال داده شده و دوباره اندازه‌گیری شدند.

#### اندازه‌گیری شاخص‌های رشد دانه‌ها

شمارش تا زمان ثابت ماندن تعداد بذرهای جوانه‌زده تا سه روز متوالی در هر گلدان، ادامه یافت (Norouzi Haroni et al., 2014). پس از گذشت پانزده روز از پایان جوانه‌زنی، برای هر یک از گونه‌ها در سطوح مختلف آلودگی بیست دانه‌ها انتخاب و سپس طول اندام زمینی و اندام هوایی دانه‌های

شد. کمترین درصد جوانه‌زنی در تیمار سطح آلودگی ۴۰ درصد و به ترتیب برای گونه‌های افاقیا، آیلان، زبان گنجشک، ارغوان و زیتون تلخ به مقدار ۲۷/۵۵، ۲۹/۳۳، ۴۱/۷۷، ۵۶/۴۴ و ۶۶ درصد ثبت شد. بیشترین مقدار کاهش جوانه‌زنی در پاسخ به تیمار سطح آلودگی ۴۰ درصد (۴۰۰ گرم در کیلوگرم) را بذور گونه آیلان توس با میزان ۶۸/۲۷ درصد کاهش نسبت به شاهد نشان دادند و در مقابل کمترین میزان کاهش درصد جوانه‌زنی بذرها تحت این تیمار در زبان گنجشک مشاهده شد (۲۱ درصد کاهش در مقایسه با شاهد) (شکل ۱). همچنین میانگین درصد جوانه‌زنی گونه زبان گنجشک تا سطح آلودگی ۲۰۰ گرم در کیلوگرم لجن نفتی تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد و ۱۰۰ گرم در کیلوگرم نشان نداد.

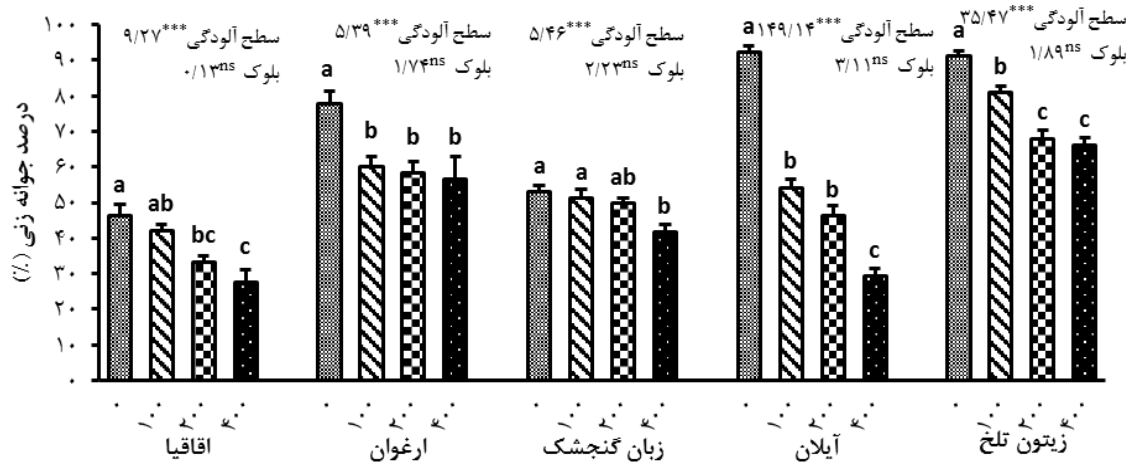
## روش تحلیل

ضمن رعایت پیش‌فرض‌های آنالیز واریانس، برای تجزیه و تحلیل آماری نیز از نرم‌افزار آماری SAS رویه GLM استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها برای کلیه تیمارها با آزمون توکی به دست آمد. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

## نتایج

### پاسخ جوانه‌زنی گونه‌ها به آلودگی لجن نفتی درصد جوانه‌زنی

سطوح آلودگی لجن نفتی در خاک به‌طور معنی‌داری (سطح ۰/۱ درصد) بر میانگین درصد جوانه‌زنی هر پنج گونه مؤثر بود. بالاترین میانگین درصد جوانه‌زنی و در مقابل کمترین آن برای هر پنج گونه به ترتیب در تیمار شاهد و ۴۰ درصد مشاهده



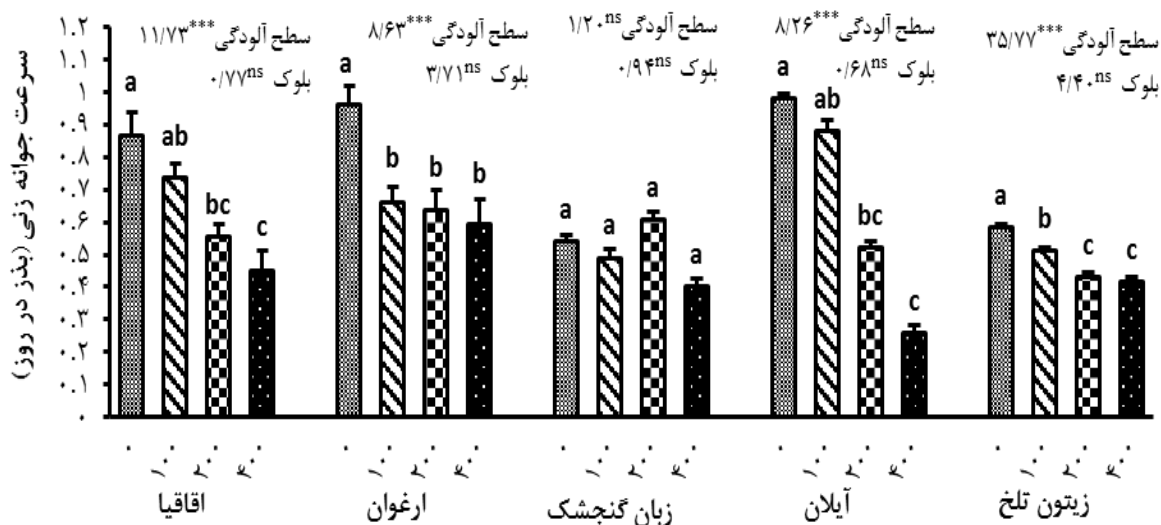
شکل ۱- درصد جوانه‌زنی بذرهای گونه‌های بررسی شده در حضور سطوح مختلف آلودگی (گرم بر کیلوگرم) (میانگین ± اشتباه معیار) (\*\*\*) معنی‌داری در سطح ۰/۰۰۱، <sup>ns</sup> عدم معنی‌داری)

معنی‌داری مشاهده شد. بیشترین و کمترین میانگین سرعت جوانه‌زنی به ترتیب متعلق به تیمار شاهد و تیمار سطح آلودگی ۴۰ درصد (۴۰۰ گرم در کیلوگرم) در این گونه‌ها بود. در این میان، بیشترین نرخ کاهش سرعت جوانه‌زنی در پاسخ به تیمار ۴۰۰ گرم در کیلوگرم را بذرهای گونه آیلان (۷۳/۴۶)

## سرعت جوانه‌زنی

سطوح مختلف آلودگی در خاک تأثیر معنی‌داری بر سرعت جوانه‌زنی گونه زبان گنجشک نداشت. در حالی که با افزایش سطح آلودگی لجن نفتی، در سرعت جوانه‌زنی چهار گونه آفاقیا، ارغوان، آیلان توس و زیتون تلخ در سطح ۰/۱ درصد خطا کاهش

درصد) و کمترین نرخ کاهش را گونهٔ زیتون تلخ (۲۸/۶۴ درصد) نشان دادند (شکل ۲).

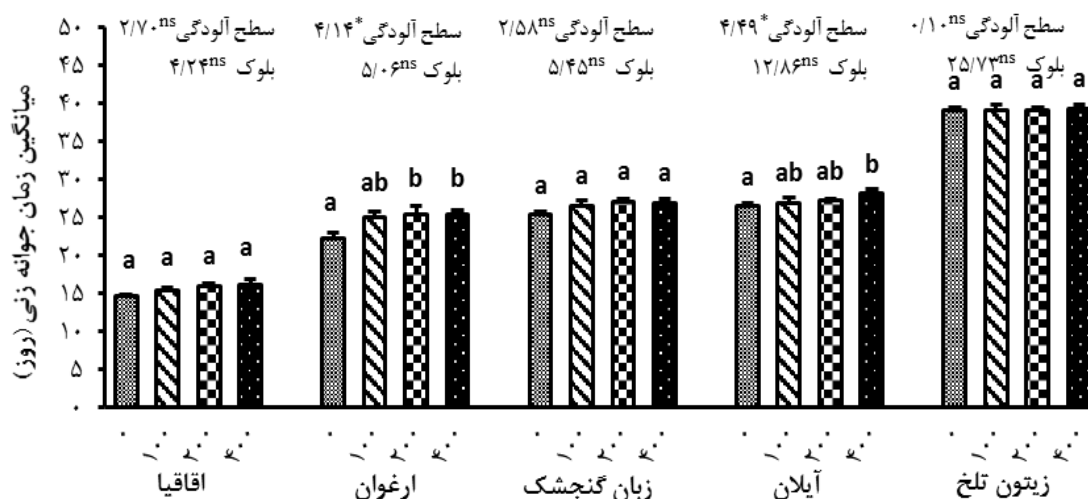


شکل ۲- سرعت جوانه‌زنی بذر گونه‌های بررسی‌شده در حضور آلودگی (گرم بر کیلوگرم) (میانگین ± اشتباه معیار)

### میانگین زمان جوانه‌زنی

اعمال سطوح مختلف آلودگی لجن نفتی تأثیر معنی‌داری بر میانگین زمان جوانه‌زنی گونه‌های افاقیا، زبان گنجشک و زیتون تلخ ندارد. درحالی که این آلودگی‌ها سبب افزایش جزئی و معنی‌دار در میانگین زمان جوانه‌زنی بذر گونهٔ ارغوان و آیلان توس شد؛

به طوری که بیشترین تغییر در میانگین زمان جوانه‌زنی را تیمار سطح آلودگی ۴۰ درصد (۴۰۰ گرم در کیلوگرم) در مقایسه با تیمار شاهد برای گونه‌های ارغوان با ۱۲/۷۲ درصد و گونهٔ آیلان ۶/۲۲ درصد افزایش نشان دادند (شکل ۳).

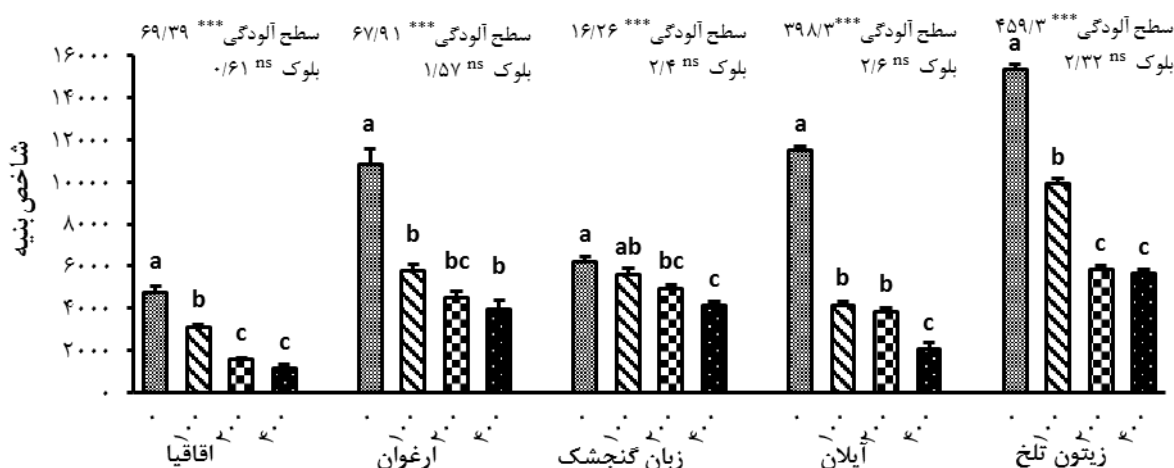


شکل ۳- میانگین زمان جوانه‌زنی بذرهای بررسی‌شده در سطوح مختلف آلودگی (گرم بر کیلوگرم) (میانگین ± اشتباه معیار)

در کیلوگرم) ثبت شد؛ در این سطح آلودگی شاخص بینه بذر در گونه زبانه گنجشک تنها ۳۳/۹۱ درصد در مقایسه با شاهد خود کاهش نشان داد، در حالی که در گونه آیلان این نرخ کاهش در مقایسه با شاهد خود ۸۲/۱۱ درصد بود (شکل ۴).

### شاخص بنیه بذر

بر اساس نتایج آنالیز واریانس، اثرات معنی دار تیمارهای آلودگی لجن نفتی در خاک بر شاخص بنیه بذر تأیید شد. بر این اساس، بیشترین شاخص بنیه بذر در تیمار شاهد همه گونه‌ها ملاحظه شد (شکل ۴). در مقابل کمترین میانگین این شاخص برای تمامی گونه‌ها در تیمار آلودگی ۴۰ درصد (۴۰۰ گرم



شکل ۴- شاخص بنیه بذر گونه‌های بررسی شده در حضور سطوح مختلف آلودگی (گرم بر کیلوگرم) (میانگین  $\pm$  اشتباه معیار)

درصد) را نشان داد (جدول ۴).

### شاخص‌های مورفولوژیکی دانه‌های ارغوان

کلیه شاخص‌های مورفولوژیکی اندازه‌گیری شده برای دانه‌های ارغوان به جز وزن تر اندام زمینی و وزن خشک اندام هوایی در سطح ۰/۱ درصد خطا معنی دار شدند. وزن تر اندام هوایی دانه‌های این گونه تا سطح آلودگی ۲۰۰ گرم در کیلوگرم تفاوت معنی داری با شاهد نداشتند، در حالی که با افزایش سطح آلودگی از ۲۰۰ به ۴۰۰ کاهش معنی داری ثبت شد. وزن تر اندام زیرزمینی و وزن خشک اندام هوایی در هیچ کدام از تیمارها کاهش نیافت. در تیمار سطح آلودگی ۴۰ درصد (۴۰۰ گرم در کیلوگرم)، صفت طول ریشه‌چه بیشترین مقدار کاهش (۶۱/۷۸ درصد) را در مقایسه با دانه‌های شاهد نشان داد، در حالی

### شاخص‌های رشد دانه‌های افاقیا

نتایج آنالیز واریانس یکطرفه، حاکی از تأثیر معنی دار آلودگی نفتی بر تمامی شاخص‌های رشد این گونه در سطح ۱ درصد بود. افزایش سطح آلودگی سبب کاهش تمامی شاخص‌های رشد شد؛ به طوری که بیشترین مقادیر مربوط به تیمار شاهد و کمترین آنها مربوط به تیمار ۴۰۰ گرم در کیلوگرم لجن نفتی بود. وزن تر اندام هوایی در این گونه در سطح آلودگی ۱۰۰ تفاوت معنی داری با شاهد نداشت، در حالی که با افزایش سطح آلودگی از ۱۰۰ به ۲۰۰ و ۴۰۰ کاهش معنی داری مشاهده شد. در تیمار سطح آلودگی ۴۰ درصد (۴۰۰ گرم در کیلوگرم)، وزن خشک اندام زمینی بیشترین کاهش را در مقایسه با دانه‌های شاهد (۷۶/۷۸ درصد) نشان داد، در حالی که صفت وزن خشک اندام هوایی کمترین کاهش (۴۰/۲۸)

که صفت وزن تر اندام هوایی کمترین مقدار کاهش (۲۳/۰۷ درصد) را نشان داد (جدول ۵).

جدول ۴- مقایسه میانگین شاخص‌های رشد نهال‌های افاقیا تحت سطوح مختلف لجن نفتی با خاک

صفات	۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰
طول ساقچه‌چه (mm)	۶۱/۱۹ (۳/۴۷) <sup>a</sup>	۴۲/۱۷ (۲/۴۰) <sup>b</sup>	۲۸/۱۴ (۱/۵۳) <sup>c</sup>	۲۲/۸۸ (۱/۶۷) <sup>c</sup>
طول ریشه‌چه (mm)	۴۱/۲۵ (۲/۶۶) <sup>a</sup>	۳۱/۴۳ (۳/۴۷) <sup>b</sup>	۱۸/۴۷ (۱/۳۲) <sup>c</sup>	۱۸/۹۶ (۰/۹۶) <sup>c</sup>
وزن تر اندام هوایی (gr)	۰/۰۹۹ (۰/۰۰۶) <sup>a</sup>	۰/۰۸۷ (۰/۰۰۴) <sup>a</sup>	۰/۰۶۵ (۰/۰۰۴) <sup>b</sup>	۰/۰۴۸ (۰/۰۰۳) <sup>b</sup>
وزن تر اندام زمینی (gr)	۰/۰۱۳۲ (۰/۰۰۰۵) <sup>a</sup>	۰/۰۱۰ (۰/۰۰۰۵) <sup>b</sup>	۰/۰۰۷۸ (۰/۰۰۰۳) <sup>c</sup>	۰/۰۰۵۹ (۰/۰۰۰۳) <sup>d</sup>
وزن خشک اندام هوایی (gr)	۰/۰۱۳۹ (۰/۰۰۱) <sup>a</sup>	۰/۰۱۰ (۰/۰۰۰۴) <sup>b</sup>	۰/۰۰۹۸ (۰/۰۰۰۷) <sup>b</sup>	۰/۰۰۸۳ (۰/۰۰۰۴) <sup>b</sup>
وزن خشک اندام زمینی (gr)	۰/۰۰۵۶ (۰/۰۰۰۲) <sup>a</sup>	۰/۰۰۳۷ (۰/۰۰۰۲) <sup>b</sup>	۰/۰۰۲۲ (۰/۰۰۰۱۵) <sup>c</sup>	۰/۰۰۱۳ (۰/۰۰۰۱) <sup>d</sup>

\*\* وزن‌های خشک اندام‌های مختلف دانهال، میانگین وزن ۲۰ دانهال است. اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده اشتباه معیار است.

جدول ۵- مقایسه میانگین شاخص‌های رشد دانهال‌های ارغوان تحت سطوح مختلف لجن نفتی با خاک

صفات	۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰
طول ساقچه‌چه (mm)	۶۰/۹۳ (۲/۱۶) <sup>a</sup>	۵۰/۰۹ (۲/۷۱) <sup>b</sup>	۴۵/۸۱ (۲/۱۶) <sup>bc</sup>	۳۹/۵۶ (۱/۳۴) <sup>c</sup>
طول ریشه‌چه (mm)	۷۸/۷۱ (۵/۸۵) <sup>a</sup>	۴۶/۴۲ (۵/۳۱) <sup>b</sup>	۳۱/۶ (۲/۳۲) <sup>bc</sup>	۳۰/۰۸ (۱/۹۳) <sup>c</sup>
وزن تر اندام هوایی (gr)	۰/۱۴۳ (۰/۰۰۶) <sup>a</sup>	۰/۱۴۳ (۰/۰۰۵) <sup>a</sup>	۰/۱۲۵ (۰/۰۰۶) <sup>ab</sup>	۰/۱۱۰ (۰/۰۰۳) <sup>b</sup>
وزن تر اندام زمینی (gr)	۰/۰۵۷۳ (۰/۰۰۴) <sup>a</sup>	۰/۰۴۷ (۰/۰۰۳) <sup>a</sup>	۰/۰۴۴ (۰/۰۰۲) <sup>a</sup>	۰/۰۴۲ (۰/۰۱۱) <sup>a</sup>
وزن خشک اندام هوایی (gr)	۰/۰۱۶۷ (۰/۰۰۰۶) <sup>a</sup>	۰/۰۱۶۰ (۰/۰۰۰۵) <sup>a</sup>	۰/۰۱۵۸ (۰/۰۰۰۶) <sup>a</sup>	۰/۰۱۵۴ (۰/۰۰۰۴) <sup>a</sup>
وزن خشک اندام زمینی (gr)	۰/۰۰۷۷ (۰/۰۰۰۵) <sup>a</sup>	۰/۰۰۵۹ (۰/۰۰۰۴) <sup>b</sup>	۰/۰۰۵۲ (۰/۰۰۰۳) <sup>c</sup>	۰/۰۰۴۶ (۰/۰۰۰۲) <sup>d</sup>

\*\* وزن‌های خشک اندام‌های مختلف دانهال، میانگین وزن ۲۰ دانهال است. اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده اشتباه معیار است.

## شاخص‌های مورفولوژیکی دانهال‌های

### زبان گنجشک

در میان تیمارهای آلودگی اعمال‌شده، وزن تر اندام هوایی و زمینی گونه زبان گنجشک در سطح ۰/۱ درصد و همچنین طول اندام هوایی و وزن خشک اندام زمینی در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار آماری داشتند، در حالی که صفات طول ریشه‌چه و وزن خشک اندام هوایی بین تیمارها معنی‌دار نبود. شایان ذکر است که وزن تر اندام زمینی در تیمار آلودگی ۱۰۰ گرم در کیلوگرم کاهش و سپس در آلودگی ۲۰۰ گرم در کیلوگرم افزایش یافت و در سطح آلودگی ۴۰۰ گرم در کیلوگرم دوباره کاهش

یافت. وزن خشک اندام زمینی نیز در این گونه تا سطح آلودگی ۲۰۰ گرم در کیلوگرم تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت، در حالی که با افزایش سطح آلودگی از ۲۰۰ به ۴۰۰ کاهش معنی‌دار ثبت شد. در میان شاخص‌های مورد بررسی که تیمار سطح آلودگی ۴۰ درصد (۴۰۰ گرم در کیلوگرم) تأثیر معنی‌داری بر آنها نشان داد، صفت وزن خشک اندام زمینی بیشترین میزان کاهش را در مقایسه با دانهال‌های شاهد (۴۳/۰۹ درصد) نشان داد، در حالی که صفت طول ساقچه‌چه کمترین مقدار کاهش (۱۵/۴۳ درصد) را نشان داد (جدول ۶).



جدول ۶- مقایسه میانگین شاخص‌های رشد دانه‌های زبان‌گنجشک تحت سطوح مختلف لجن نفتی با خاک

صفات	۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰
طول ساقچه (mm)	۶۰/۴۰ (۲/۶۴) <sup>a</sup>	۵۵/۸۴ (۳/۴۳) <sup>ab</sup>	۴۸/۰۶ (۲/۷۸) <sup>b</sup>	۵۱/۰۸ (۲/۴۴) <sup>ab</sup>
طول ریشه‌چه (mm)	۵۷/۳۵ (۴/۳۳) <sup>a</sup>	۵۴/۰۹ (۵/۱۸) <sup>a</sup>	۵۱/۳ (۴/۸۱) <sup>a</sup>	۴۷/۴۲ (۳/۵۲) <sup>a</sup>
وزن تر اندام هوایی (gr)	۰/۲۲۴ (۰/۰۱۵) <sup>a</sup>	۰/۱۸۰ (۰/۰۱۱) <sup>ab</sup>	۰/۱۵۱ (۰/۰۱۲) <sup>b</sup>	۰/۱۵۱ (۰/۰۱۳) <sup>b</sup>
وزن تر اندام زمینی (gr)	۰/۰۸۳ (۰/۰۰۶) <sup>a</sup>	۰/۰۵۴ (۰/۰۰۶) <sup>b</sup>	۰/۱۰۲ (۰/۰۰۷۷) <sup>a</sup>	۰/۰۵۳ (۰/۰۰۵) <sup>b</sup>
وزن خشک اندام هوایی (gr)	۰/۰۳۸۸ (۰/۰۰۱) <sup>a</sup>	۰/۰۳۵۸ (۰/۰۰۳) <sup>a</sup>	۰/۰۳۳۷ (۰/۰۰۳۲) <sup>a</sup>	۰/۰۳۲۹ (۰/۰۰۳) <sup>a</sup>
وزن خشک اندام زمینی (gr)	۰/۰۳۰۴ (۰/۰۰۲) <sup>a</sup>	۰/۰۳۰۱ (۰/۰۰۳۳) <sup>a</sup>	۰/۰۲۹۹ (۰/۰۰۴۷) <sup>a</sup>	۰/۰۱۷۳ (۰/۰۰۲۱) <sup>b</sup>

\*\* وزن‌های خشک اندام‌های مختلف دانه‌ها، میانگین وزن ۲۰ دانه‌هاست. اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده اشتباه معیار است.

### شاخص‌های مورفولوژیکی دانه‌های آیلان توس

افزایش سطح آلودگی لجن نفتی به کاهش کلیه شاخص‌های رشد برای دانه‌های آیلان توس در سطح ۰/۱ درصد خطا منجر شد، به طوری که بیشترین مقادیر مربوط به تیمار شاهد و کمترین آنها مربوط به تیمار سطح آلودگی ۴۰ درصد (۴۰۰ گرم در

کیلوگرم) لجن نفتی بود؛ در این تیمار، صفت وزن تر اندام زمینی بیشترین میزان کاهش را در مقایسه با دانه‌های شاهد (۷۶ درصد) نشان داد، درحالی که وزن خشک اندام هوایی کمترین مقدار کاهش (۴۸/۱۸ درصد) نشان داد (جدول ۷).

جدول ۷- مقایسه میانگین شاخص‌های رشد دانه‌های آیلان توس تحت سطوح مختلف لجن نفتی با خاک

صفات	۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰
طول ساقچه (mm)	۶۰/۴۰ (۴) <sup>a</sup>	۴۳/۵۵ (۲/۱۲) <sup>b</sup>	۲۵/۹۸ (۱/۴۳) <sup>c</sup>	۲۴/۰۱ (۱/۲۵) <sup>c</sup>
طول ریشه‌چه (mm)	۵۸/۵۵ (۳/۷۸) <sup>a</sup>	۲۷/۵۳ (۱/۳۳) <sup>b</sup>	۱۸/۵۰ (۱/۴۹) <sup>c</sup>	۱۷/۲۹ (۱/۳۳) <sup>c</sup>
وزن تر اندام هوایی (gr)	۰/۱۶۰ (۰/۰۱۱) <sup>a</sup>	۰/۰۹۹ (۰/۰۰۵) <sup>b</sup>	۰/۰۶۲ (۰/۰۰۲۸) <sup>c</sup>	۰/۰۵۱ (۰/۰۰۳۴) <sup>c</sup>
وزن تر اندام زمینی (gr)	۰/۰۵۰ (۰/۰۰۳) <sup>a</sup>	۰/۰۲۷ (۰/۰۰۲) <sup>b</sup>	۰/۰۲۶ (۰/۰۰۶۳) <sup>b</sup>	۰/۰۱۲ (۰/۰۰۰۷) <sup>c</sup>
وزن خشک اندام هوایی (gr)	۰/۰۳۱۱ (۰/۰۰۲) <sup>a</sup>	۰/۰۲۱۵ (۰/۰۰۱) <sup>b</sup>	۰/۰۱۷۳ (۰/۰۰۰۷) <sup>b</sup>	۰/۰۱۳۸ (۰/۰۰۰۴) <sup>b</sup>
وزن خشک اندام زمینی (gr)	۰/۰۱۱ (۰/۰۰۰۸) <sup>a</sup>	۰/۰۰۷۴ (۰/۰۰۰۷) <sup>b</sup>	۰/۰۰۸۴ (۰/۰۰۱۳) <sup>ab</sup>	۰/۰۰۵۷ (۰/۰۰۰۳) <sup>b</sup>

\*\* وزن‌های خشک اندام‌های مختلف دانه‌ها، میانگین وزن ۲۰ دانه‌هاست. اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده اشتباه معیار است.

### شاخص‌های مورفولوژیکی دانه‌های زیتون تلخ

در تمامی شاخص‌های اندازه‌گیری شده (به جز وزن تر اندام زمینی) برای دانه‌های زیتون تلخ، در پاسخ به افزایش سطح آلودگی، کاهش معنی‌داری در سطح ۰/۱ درصد ثبت شد. وزن خشک اندام زمینی تا سطح آلودگی ۲۰۰ گرم در کیلوگرم تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نشان نداد، اما با افزایش از ۲۰۰ به ۴۰۰

گرم در کیلوگرم کاهش نشان داد. در تیمار آلودگی ۴۰ درصد (۴۰۰ گرم در کیلوگرم)، صفت وزن تر اندام هوایی بیشترین میزان کاهش را در مقایسه با دانه‌های شاهد (۶۵/۵۶ درصد) نشان داد، درحالی که صفت وزن خشک اندام زمینی دارای کمترین مقدار کاهش (۴۳/۶۳ درصد) بود (جدول ۸).

جدول ۸- مقایسه میانگین شاخص‌های رشد دانه‌های زیتون تلخ تحت سطوح مختلف لجن نفتی با خاک

ت	۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰
طول ساقه‌چه (mm)	۱۰۳ (۴/۱۳) <sup>a</sup>	۷۱/۳۱ (۲/۹۴) <sup>b</sup>	۵۸/۷۲ (۲/۳۴) <sup>c</sup>	۴۷/۷۹ (۲/۲۳) <sup>c</sup>
طول ریشه‌چه (mm)	۶۵/۳۹ (۲/۲۵) <sup>a</sup>	۵۱/۴۴ (۳/۰۴) <sup>b</sup>	۳۷/۳۱ (۱/۳۳) <sup>c</sup>	۲۶/۷۹ (۰/۸۴) <sup>d</sup>
وزن تر اندام هوایی (gr)	۰/۱۵۱ (۰/۰۰۸۹) <sup>a</sup>	۰/۱۰۶ (۰/۰۰۹) <sup>b</sup>	۰/۰۷۱ (۰/۰۰۵) <sup>c</sup>	۰/۰۵۲ (۰/۰۰۲۶) <sup>c</sup>
وزن تر اندام زمینی (gr)	۰/۰۴۵ (۰/۰۰۳) <sup>a</sup>	۰/۰۴۷ (۰/۰۰۲) <sup>a</sup>	۰/۰۴۵ (۰/۰۰۲۳) <sup>a</sup>	۰/۰۴۶ (۰/۰۰۱۹) <sup>a</sup>
وزن خشک اندام هوایی (gr)	۰/۰۲۴۴ (۰/۰۰۱) <sup>a</sup>	۰/۰۱۹۳ (۰/۰۰۱) <sup>b</sup>	۰/۰۲۰ (۰/۰۰۰۹) <sup>b</sup>	۰/۰۱۲۶ (۰/۰۰۰۵) <sup>c</sup>
وزن خشک اندام زمینی (gr)	۰/۰۱۱ (۰/۰۰۰۸) <sup>a</sup>	۰/۰۰۹۷ (۰/۰۰۰۴) <sup>a</sup>	۰/۰۰۱۰۵ (۰/۰۰۱۴) <sup>a</sup>	۰/۰۰۶۲ (۰/۰۰۰۲) <sup>b</sup>

\*\* وزن‌های خشک اندام‌های مختلف دانه‌ها، میانگین وزن ۲۰ دانه‌هاست. اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده اشتباه معیار است.

## بحث

طی چند دهه اخیر، آلودگی خاک ناشی از هیدروکربن‌های نفتی به‌منزله یک مسئله بحرانی محیط زیستی در دنیا مطرح شد. ازاین رو سعی در کنترل یا کاهش آثار مخرب این مواد آلاینده در اولویت بوده و بدین منظور گونه‌های علفی و چوبی متعددی در قالب گیاه‌پالایی معرفی شده است. در گیاهان، اثرات سمی مواد نفتی با کاهش میزان جوانه‌زنی بذر، کاهش میزان رشد اندام‌های هوایی و ریشه، نکروزه شدن شاخه، برگ و بافت، کاهش تولید رنگدانه‌های فتوسنتزی مشخص می‌شود (Saggin Júnior et al., 2006; Fayaz & Bagherpour, 2016). در این تحقیق عملکرد جوانه‌زنی و رشد گونه‌های پهن‌برگ مانند افاقیا، ارغوان، زبان‌گنجشک، زیتون تلخ و آیلان‌توس ارزیابی شد.

نتایج نشان داد که با افزایش شدت آلودگی لجن نفتی، میزان درصد جوانه‌زنی بذور در هر پنج گونه کاهش یافت که دلیل آن را می‌توان محصور شدن آب و کاهش حرکت مواد غذایی، کاهش کلسیم، نیترات و فسفر قابل جذب، اتصال ذرات و سخت شدن خاک، اختلال در تهویه خاک و نیز تجزیه ناقص هیدروکربن‌ها و تولید عناصر سمی مانند سولفیدها و فلزات سنگین عنوان کرد

(Abioye et al., 2017). (Gallego et al., 2001) پس از مطالعه گونه‌های بومی مکزیکی در خاک آلوده به نفت گزارش کردند که آلودگی نفتی، میزان جوانه‌زنی گونه‌ها را از ۳۰ تا ۹۰ درصد کاهش می‌دهد و دلیل آن را اثرات سمی آلودگی و همچنین نبود رطوبت مناسب در خاک بیان کردند. زمانی که بذر این گونه‌های پهن‌برگ تحت تیمار سطح ۴۰ درصد آلودگی کاشته شدند، گونه زبان‌گنجشک در مقایسه با دیگر گونه‌های بررسی شده از موفقیت بیشتری برخوردار بود. اگرچه تأثیرات منفی در تمامی گونه‌ها مشاهده شد؛ به‌نظر می‌رسد جذب رطوبت توسط بذر زبان‌گنجشک در شرایط خاک آلوده به نسبت سایر گونه‌ها کمتر دچار اختلال شده است. از سوی دیگر، اثرات بازدارندگی آلودگی نفتی با سطح آلودگی ۴۰ درصد بر بذر گونه آیلان‌توس شایان ملاحظه بود؛ چراکه نسبت به شاهد خود کاهش بیشتری نشان داد. به‌نظر می‌رسد مواد نفتی با ورود به داخل بذر سبب تغییر واکنش‌های متابولیکی در آن و در نتیجه مرگ جنین بذر شده است (Fayaz & Bagherpour, 2016). کاهش سرعت جوانه‌زنی در بذر چهار گونه افاقیا، ارغوان، آیلان‌توس و زیتون تلخ در سطوح بالای آلودگی در مقایسه با تیمار شاهد را می‌توان به سمیت ایجادشده توسط هیدروکربن‌های نفتی و ممانعت ترکیبات نفتی از ورود آب و اکسیژن سریع به داخل بذر نسبت داد.

*Cedrela odorata*، *Swietenia macrophylla*، *Tabebuia rosea* و *Haematoxylum campechianum* در شرایط گلخانه نشان داد که افزایش تنش آلودگی سبب کاهش ارتفاع ساقه نهال‌های مورد مطالعه شده و گونه *Haematoxylum campechianum* بیشترین کارایی را در مقایسه با سه گونه دیگر داشته است. تفاوت در توسعه ریشه‌چه در حضور آلاینده نفتی در گونه‌های بررسی شده اغلب به توان تحمل گیاه به آلودگی نفتی بستگی دارد (Fayaz & Bagherpour, 2016). در این تحقیق طول ریشه‌چه در تمامی گونه‌ها به جز زبان گنجشک زمانی که تحت آلودگی شدید قرار گرفتند، کاهش نشان داد. عدم کاهش معنی دار طول ریشه‌چه در دانه‌های زبان گنجشک از سازوکارهای این گیاه در برابر برخی تنش‌ها مثل آلاینده‌های نفتی است، چراکه گیاه با افزایش طول ریشه، آب و مواد غذایی مورد نیاز خود را تأمین می‌کند (Huang et al., 2004). وزن خشک اندام هوایی در دانه‌های دو گونه زبان گنجشک و ارغوان در سطوح مختلف تنش آلودگی اعمال شده تفاوت معنی داری را با تیمار شاهد نشان ندادند. دلیل این مسئله ممکن است تأثیرات ریزوسفر دانه‌های این دو گونه بر قابلیت زیستی و تولید فیتوتوکسیسیت‌هایی برای جلوگیری از جذب آلاینده‌ها باشد که با انتشار متابولیت‌های ثانویه مانند ترکیبات فنلی ریزوسفر همراه بوده و ممکن است متابولیت‌های دفاعی گیاهی به تنش آلودگی باشد (Soleimani et al., 2010). کاهش زی‌توده اندام هوایی در سه گونه افاقیا، آیلان توس و زیتون تلخ و همچنین کاهش زی‌توده خشک اندام زمینی هر پنج گونه بررسی شده ممکن است تا حدودی به دلیل خواص آب‌گریزی ترکیبات هیدروکربنی که با کاهش رطوبت، به اختلال در نمو ریشه‌ها و کاهش جذب آب و مواد غذایی و رشد تمامی بخش‌ها منجر می‌شود، باشد. همچنین این کاهش در زی‌توده ریشه ممکن است به علت تنش ناشی از کمبود آب باشد که سبب

علاوه‌بر این، کاهش سرعت جوانه‌زنی بذر در خاک‌های آلوده ممکن است به دلیل کاهش اکسیژن قابل دسترس و افزایش رقابت برای اکسیژن در میان بذرهای در حال جوانه‌زنی باشد؛ اما نبود تغییر معنی دار سرعت جوانه‌زنی در گونه زبان گنجشک در سطوح مختلف آلودگی در مقایسه با تیمار شاهد را می‌توان به خصوصیات دیواره سلولی و مقاومت آن در برابر برخی ترکیبات نفتی با وزن مولکولی کم (به‌ویژه هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای) که اجازه عبور آسان این مواد را از غشای سلولی نداده‌اند، دانست (Saraeian et al., 2015).

نتایج میانگین زمان جوانه‌زنی برای گونه ارغوان و آیلان نشان داد که افزایش آلودگی سبب افزایش دوره جوانه‌زنی می‌شود. این نتیجه ناشی از موانع فیزیکی القاشده توسط ترکیبات هیدروکربنی موجود در خاک عنوان شده است؛ به طوری که هیدروکربن یک غشای روغنی را در اطراف دانه تشکیل می‌دهد و همچون سد مانع انتقال آب و اکسیژن به داخل دانه می‌شود یا آن را کاهش داده و از طرف دیگر خواص هیدروفوبیک نفت، قابلیت‌های رطوبتی رسوبات را کاهش می‌دهد، بنابراین آب در دسترس بذر قرار نمی‌گیرد (Meudec et al., 2007). کاهش مقدار شاخص بنیه بذر در دانه‌های رشد کرده در خاک‌های آلوده به لجن نفتی در مقایسه با تیمار شاهد را می‌توان به دلیل کاهش در دو جزء مهم شاخص بنیه بذر یعنی طول دانه‌ها و درصد جوانه‌زنی بذرهای کاشته شده در تیمار آلودگی لجن نفتی دانست. طول ساقه‌چه دانه‌های حاصل از بذور پنج گونه بررسی شده با افزایش سطح آلودگی کاهش یافت که دلیل کاهش طول ساقه‌چه را می‌توان عدم تهویه خاک عنوان کرد که به واسطه کاهش مواد غذایی، سبب توقف رشد، کوتاهی گیاه و پژمردگی آن می‌شود (Agbogidi & Eshegbeyi, 2006). مطالعه Pérez-Hernández et al. (2016) بر ارزیابی توان گیاه‌پالایی چهار گونه درختی

مقایسه با سایر گونه‌ها برخوردار بود؛ چراکه مؤلفه‌های جوانه‌زنی و صفات رشد آن کمتر دستخوش اثرات بازدارنده لجن نفتی قرار گرفت. از آنجا که مراحل جوانه‌زنی و رویش اولیه دانه‌ها در شرایط تنش‌های محیطی و غیرمحیطی اهمیت بسیاری دارد و نیز از آنجا که استفاده از بذر از نظر اقتصادی در طرح‌های جنگلکاری در مقایسه با نهال مقرون به‌صرفه‌تر است، گونه‌هایی که بهترین عملکرد و کارایی را در این شرایط نشان دهند، می‌توانند به‌عنوان گونه موفق معرفی شوند. با عنایت به یافته‌های این تحقیق پیشنهاد می‌شود از گونه زبان‌گنجشک در امر جنگلکاری در مناطق آلوده به لجن نفتی استفاده شود.

القای نشانه‌های بازدارندگی ABA در ریشه می‌شود. (Agbogidi et al. (2011) در مطالعه جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه نهال *Jatropha curcas* L. تحت تأثیر آلودگی نفتی مشاهده کردند که سطوح بالای آلودگی سبب کاهش زی‌توده دانه‌ها حاصل شد که دلیل آن را بی‌تحرك شدن مواد معدنی و مغذی حیاتی توسط آلودگی نفتی گزارش کردند.

نتایج بررسی خصوصیات جوانه‌زنی، رشد اولیه، عملکرد ریشه و اندام هوایی گیاهان بررسی شده نشان داد که نه تنها خصوصیات جوانه‌زنی متأثر از آلودگی خاک است، بلکه صفت ریشه از جمله طول ریشه و زی‌توده آن در بیشتر گونه‌ها حساسیت بیشتری به آلودگی لجن نفتی داشته است. از میان پنج گونه بررسی شده، گونه زبان‌گنجشک از مقاومت بیشتری در

## References

- Abioye, O.P., Ijah, U.J.J., & Aransiola, S.A. (2017). Phytoremediation of Soil Contaminants by the Biodiesel Plant *Jatropha curcas*. *Phytoremediation Potential of Bioenergy Plants*, 97-137.
- Agbogidi, O.M. (2011). Effects of crude oil contaminated soil on biomass accumulation of *Jatropha curcas* (L) seedlings. *Journal of Ornamental and Horticultural Plants*, 1(1), 43-49.
- Agbogidi, O.M., & Eshegbeyi, O.F. (2006). Performance of *Dacryodes edulis* (Don. G. Lam HJ) seeds and seedlings in a crude oil contaminated soil. *Journal of Sustainable Forestry*, 22(3-4), 1-13.
- Eghlidi, P., zeraei, h. & Omrani, Gh.A. (2013). Identification, Classification and Management of Waste in Shiraz Oil Refinery Based on RC. *Journal of Human and Environment*, 25, 23-34.
- Fayaz, P., & Bagheripour, A. (2016). The effect of crude oil deterioration on the vegetative and physiological performance of seed and seedlings of *Ziziphus*, *Prosopis*, *Acacia* and *Black Locust*. *Journal of Iran Applied Ecology*, 5 (16), 31-41.
- Gallego, J. L., Loredó, J., Llamas, J. F., Vázquez, F., & Sánchez, J. (2001). Bioremediation of diesel-contaminated soils: evaluation of potential in situ techniques by study of bacterial degradation. *Biodegradation*, 12(5), 325-335.
- Huang, X.D, Alawi, Y.E, Penrose, D.M., Glick, B.R., & Greenberg, B.M. (2004). A multi process phytoremediation system for removal of polycyclic aromatic hydrocarbons from contaminated soil. *Environmental Pollution*, 130, 465-476.
- Inkot, R.C., de Oliveira Santos, G., De Souza, L.A., & Bona, C. (2011). Germination and development of *Mimosa pilulifera* in petroleum-contaminated soil and bioremediated soil. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 206(3), 261-266.
- Iraji-Asabadi, F., Mirbagheri, F., & Najafi, P. (2015). Investigation of changes in the concentration of hydrocarbons in different depths of the soils after the planting process. *Journal of Iran Natural Environment*, 68 (3), 363-372.

- ISTA (1985) International rules for seed testing. *Seed Science and Technology*, 13, 299-513.
- Langbehn, A., & Steinhart, H. (1995). Biodegradation studies of hydrocarbons in soils by analyzing metabolites formed. *Chemosphere*, 30(5), 855-868.
- Meudec, A., Poupart, N., Dussauze, J., & Deslandes, E. (2007). Relationship between heavy fuel oil phytotoxicity and polycyclic aromatic hydrocarbon contamination in *Salicornia fragilis*. *Science of Total Environment*, 381(1), 146-156.
- Norouzi Haroni, N., Tabari kochaksaraei, M., & Sadatti, A. (2014). Effect of Hallopriming on break dormancy and Improvement of Seed Germination of judas tree (*Cercis siliquastrum* L.). *Journal of Iran Science and Technology of Wood and Forest*, 2 (21), 85-104.
- Olson, P.E., Castro, A., Joern, M., DuTeau, N.M., Pilon-Smits, E.A.H., & Reardon, K.F. (2007). Comparison of plant families in a greenhouse phytoremediation study on an aged polycyclic aromatic hydrocarbon contaminated soil. *Journal of Environmental Quality*, 36(5), 1461-1469.
- Parvanak, K., Reese, F., Azadi, A., & Hosseini Boladaghi, S. (2014). Response of alfalfa, flax and agropyron growth in contaminated soils. *Journal of Iran Soil Management and Sustainable Production*, 4 (2), 255-264.
- Pérez-Hernández, I., Ochoa-Gaona, S., Adams, R.H., Rivera-Cruz, M.C., Pérez-Hernández, V., Jarquín-Sánchez, A., & Martínez-Zurimendi, P. (2016). Growth of four tropical tree species in petroleum-contaminated soil and effects of crude oil contamination. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-15.
- Rezek, J., Carsten, D.W., Mackova, M., Zadrazil, F., Macek, T. (2009). Biodegradation of PAHs in long-term contaminated soil cultivated with European white birch (*Betula pendula*) and red mulberry (*Morus rubra*) tree. *International Journal Phytoremediation*, 11(1), 65-80.
- Saggin Júnior, O.J., Bento, R.A., Silva, E.M.R., Pitart, R.M., Straliootto, R., Volpon, A.G.T., Landa, F.H.T.G., & Tavares, S.R. (2006). Effect of nitrogen - fixing bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi on tree legume growth on soil contaminated with petroleum. In: Fertbio 2006, Bonito, Annals. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, (Embrapa Agropecuária Oeste, Documentos, 82).
- Sareian, Z., Etemadi, N., Haghghi, M., Haj Abbasi, M., & afyoni, M. (2015). Influence of oil pollution in soil on germination and morphophysiological characteristics of wild grasses (*Agropyron desertorum*) for use in landscape engineering. *Journal of Iran Plant Production Process and Plant*. 4 (11), 78-98.
- Soleimani, M., Afyuni, M., Hajabbasi, M.A., Nourbakhsh, F., Sabzalian, M.R., & Christensen, J.H. (2010). Phytoremediation of an aged petroleum contaminated soil using endophyte infected and non-infected grasses. *Chemosphere*, 81(9), 1084-1090.



## The effect of Oil Sludge Contamination on Seed Germination Response and Initial Growth of Several Broadleaf Saplings

N. Norouzi Haroni<sup>1</sup>, Z. Bادهian<sup>2\*</sup>, and M. Zarafshar<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ph.D. Student of Forest Science and Ecology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, I. R. Iran

<sup>2</sup> Assistant Prof., Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, I. R. Iran

<sup>3</sup> Natural Resources Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, I.R. Iran.

(Received: 27 June 2017, Accepted: 17 September 2017)

### Abstract

Nowadays, increasing consumption of oil and other fossil fuels in Iran, as well as growing development in the extraction, exploitation, and refining of these fossil resources, has increased the sensitivity of the environment and human societies. In this research, the germination performance of black locust, Judas tree, ash, Chinaberry and tree of heaven seeds was studied in a completely randomized block design with three replicates (each replicate with three pots). Seed germination counting began with the average time of elevated emergence on the soil in the pots. This counting was continued until the end of germination and the initial growing characteristics were measured. The result indicated that most of the measured germination indicators of studied saplings were decreased with increasing contamination levels. Soil treatment with 400 g/kg of oil sludge as the highest contamination level not only did not decrease the speed and average germination time in asparagus seed, but also the average percentage of germination (21%) and seed vigor index (33.91% percent) were decreased less than other species. Growth response results of the studied species showed that the growth performance of ash species was not decreased compared to other species in the conditions of oil sludge contamination, while in some of the studied species, decreased growth up to 76% was observed and recorded under the intense contamination.

**Keywords:** Germination, Khorramabad, Sapling, Chinaberry, Oil Sludge.