



## Germination and Initial Growth of some *Thymus* accessions in Iran

Maryam Makkizadeh Tafti<sup>1\*</sup>, Somayeh Fekri Qomi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Medicinal Plants and By-products Research Division, Research Institutes of Forest and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, Email (Corresponding author): marytafti@gmail.com

<sup>2</sup> Medicinal Plants and By-products Research Division, Research Institutes of Forest and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

### Article type:

Research article

### Abstract

To study genetic variation in seed germination and initial growth among 51 accessions of eight *Thymus* species, a completely randomized design with three replications was conducted at the Research Institute of Forests and Rangelands. Measured characteristics included the germination percentage, radicle and plumule lengths of seedlings, mean germination time, germination rate, seedling dry weight, seed vigor index in the laboratory, and plant dry weight in the field. The results showed significant differences between accessions for all traits. The results showed that the radical and plumule lengths of seedlings, seedling dry weight, and seed vigor index from seeds at different altitudes were significantly different, with higher values recorded at lower elevations. The results indicated that the germination percentage was higher at elevated locations. Additionally, the study found that the weight of 1,000 seeds, germination rates, and initial growth did not influence the dry weight of plants in the field. Overall, the findings revealed significant differences among the samples studied, highlighting a high diversity in seed characteristics.

### Article history

Received: 2025/10/25

Revised: 2025/12/09

Accepted: 2025/12/11

### Keywords

*Thymus*

seed vigor index

germination

radicle and plumule

**Cite this article as:** Makkizadeh Tafti, M., Fekri Qomi, S. (2025). Germination and Initial Growth of some *Thymus* accessions in Iran. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 3(3): 113-135.



©The author(s)

Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch



<https://doi.org/10.71847/ejmp.2025.1229133>



انجمن گیاهان دارویی ایران  
شیت ۱۸۹۶۳

## اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۳۲۳۵  
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۹۷



دانشگاه آزاد اسلامی  
واحد گرگان

### جوانه‌زنی بذر و رشد رویشی گیاهچه تعدادی از اکسشن‌های آویشن (*Thymus*) ایران

مریم مکی‌زاده تفتی<sup>۱\*</sup>، سمیه فکری قمی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> بخش تحقیقات گیاهان دارویی و محصولات فرعی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، رایانامه (نویسنده مسول): marytafti@gmail.com

<sup>۲</sup> بخش تحقیقات گیاهان دارویی و محصولات فرعی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

چکیده	نوع مقاله:
به منظور بررسی جوانه‌زنی بذر و رشد رویشی گیاهچه ۵۱ اکسشن از هشت گونه آویشن ( <i>Thymus</i> ) بومی ایران آزمایشی در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور اجرا شد. ویژگی‌های مورد اندازه‌گیری شامل درصد جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک گیاهچه، شاخص بنیه بذر و وزن خشک تک بوته در مزرعه بود. نتایج نشان داد تأثیر اکسشن‌های مختلف بر تمام ویژگی‌های مورد مطالعه معنی‌دار بود. بر اساس نتایج در یک گونه بذور جمع آوری شده از ارتفاعات بالاتر درصد جوانه‌زنی بیشتر و شاخص بنیه بذر، وزن خشک گیاهچه و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه کمتری نسبت به بذور جمع‌آوری شده از ارتفاعات پایین‌تر نشان دادند. نتایج نشان داد جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و وزن هزار دانه بذرها تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک تک بوته در مزرعه نداشت. در مجموع نتایج این پژوهش حاکی از اختلاف زیاد بین نمونه‌های مورد بررسی و تنوع بالا از نظر صفات بذری می‌باشد.	مقاله پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۰۳ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۹/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۹/۲۰
	<b>واژه‌های کلیدی:</b> آویشن بنیه بذر جوانه‌زنی ریشه‌چه ساقه‌چه

**استناد:** مکی‌زاده تفتی، مریم؛ فکری قمی، سمیه. (۱۴۰۴). جوانه‌زنی بذر و رشد رویشی گیاهچه تعدادی از اکسشن‌های آویشن

(*Thymus*) ایران. فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی، ۱۳(۳)، ۱۱۳-۱۳۵



<https://doi.org/10.71847/ejimp.2025.1229133>

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان

© نویسندگان.



مقدمه

معنی‌داری بین وزن گیاهچه و جوانه‌زنی با میزان و توانایی جذب رطوبت بذرها، بین اندازه دانه با وزن گیاهچه و بین تولید زیست توده در مزرعه با رشد در شرایط آزمایشگاه وجود داشت (Pahlavani et al., 2009).

از طرفی آزمون جوانه‌زنی به تنهایی برای ارزیابی و تعیین کیفیت بذرها کافی نبوده و لزوم تعیین بنیه بذر به عنوان شاخص کیفی بذر ضروری است. بنیه بذر مجموع ویژگی‌هایی از بذر است که تعیین‌کننده توانایی بذر برای سبز شدن سریع و یکنواخت و نمو طبیعی گیاهچه‌ها در دامنه وسیعی از شرایط مزرعه هستند (Copeland and McDonald, 1995). نتایج Hasstrup و همکاران (۱۹۹۳) نشان داد محصول دانه گندم و جو پاییزه بطور معنی‌داری با افزایش میانگین مدت زمان جوانه‌زنی ناشی از قدرت پایین بذرها کاهش یافت.

یکی از معیارهای قدرت بذر مقدار ماده خشک یا به عبارتی وزن بذر می‌باشد. جوانه‌زدن و ظهور گیاهچه به انرژی زیادی احتیاج دارد که از طریق اکسیداسیون مواد غذایی ذخیره‌ای بذر تأمین می‌شود (Gharineh et al., 2004). وزن هزار دانه یکی از معیارهای مهم کیفی بذر می‌باشد. کیفیت مذکور به اندازه جنین و میزان ذخیره مواد برای جوانه‌زدن و رویش بستگی دارد. بررسی اثر وزن بذر بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های گندم نشان داد که در آزمون جوانه‌زنی استاندارد، وزن هزار دانه بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و میانگین زمان جوانه‌زنی تأثیر معنی‌داری نداشته و در آزمون رشد گیاهچه، وزن هزار دانه بر طول و وزن خشک گیاهچه تأثیر معنی‌داری داشته و بالاترین وزن خشک گیاهچه مربوط به حداکثر وزن هزار دانه بود (Moshatati et al., 2009). در تحقیقی توسط Perez Garsia و همکاران (۲۰۰۳) رابطه مثبت معنی‌داری بین وزن بذر

جوانه‌زنی و استقرار مناسب گیاهچه به عنوان یک عامل تعیین‌کننده در میزان تراکم بوته در واحد سطح و در نهایت عملکرد به حساب می‌آید و در همین رابطه سرعت و درصد جوانه‌زنی و سبز شدن گیاهچه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند (Ashraf and Waheed, 1990). مقایسه آزمون‌های قدرت بذر (آزمون جوانه‌زنی، فرسودگی بذر و رشد گیاهچه) برای پیش‌بینی جوانه‌زنی بذور و همچنین ارتباط آن با عملکرد دانه در کلزا، نشان داد سرعت جوانه‌زنی بیشترین ارتباط را با درصد بذور جوانه‌زده در مزرعه دارد. همچنین نتایج نشان داد پایین بودن مؤلفه‌های جوانه‌زنی مانند سرعت، یکنواختی و درصد جوانه‌زنی در شرایطی که عوامل محیطی برای رشد گیاهچه مساعد بوده و تراکم مطلوب گیاهی نیز در مزرعه حاصل شود تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه نخواهد داشت (Soleimanzadeh et al., 2008).

Ghasemi Golozani و همکاران (۱۹۹۶) در بررسی ارقام مختلف گندم نشان دادند که سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌های طبیعی در آزمایشگاه همبستگی مثبت و بالایی با درصد پوشش زمین و عملکرد دانه در مزرعه دارد. Demir و همکاران (۲۰۰۸) مشاهده نمودند یکنواختی و وزن گیاهچه‌های فلفل در مزرعه با افزایش میانگین مدت زمان جوانه‌زنی در آزمایشگاه کاهش یافت. ارتباط بین میانگین زمان جوانه‌زنی در آزمایشگاه با قدرت و عملکرد ذرت در مزرعه در تحقیقات مختلف گزارش شده است (Khajeh-Hosseini et al., 2009; Matthews and Khajeh Hosseini, 2006). بررسی ارتباط بین ۱۵ خصوصیت مرتبط با جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه در هفت گونه مهم زراعی شامل گندم، جو، سویا، پنبه، کلزا، آفتابگردان و گلرنگ با استفاده از تجزیه همبستگی‌های متعارف نشان داد که همبستگی

جوانه‌زنی و میانگین وزن خشک گیاهچه به‌طور معنی‌داری برتر از بذره‌های فرسوده بودند. بررسی همبستگی صفات مورد مطالعه نشان داد که از میان آزمون‌های قدرت بذر، هدایت الکتریکی مواد نشت یافته از بذرها و سرعت جوانه‌زنی همبستگی معنی‌داری با عملکرد دانه نشان دادند (Roosrok et al., 2002).

گیاه آویشن بومی جنوب اروپا و نواحی مختلف مدیترانه به خصوص غرب مدیترانه از جمله کشورهای فرانسه، پرتغال، اسپانیا، ایتالیا و یونان است و در شمال غربی آفریقا (مراکش، الجزایر، تونس و لیبی)، کوه‌های اتیوپی، جنوب غربی کوه‌های عربستان، در سرتاسر مناطق خشک آسیای غربی تا هیمالیا و نواحی گرمسیری آسیای شرقی و ژاپن انتشار یافته است. معروف‌ترین گونه‌این جنس *Th. vulgaris* است که مطالعات و تحقیقات زیادی روی آن انجام شده است و تولید آن در مقیاس تجاری در برخی از کشورهای اروپایی صورت می‌گیرد. از میان گونه‌های شناخته شده جنس آویشن علاوه بر گونه یاد شده تعداد محدودی در سطح تجاری کشت و تولید می‌شوند که شامل *Th. zygis*, *Th. serpyllum*, *Th. capitatus* و *Th. mastichiana* می‌باشند (Jamzad, 2009).

در خصوص گونه‌های آویشن از نظر تاکسونومیک گزارش‌های متفاوتی وجود دارد، اما با در نظر گرفتن کمترین تنوع ریخت‌شناختی، ۲۱۵ گونه از این جنس به وسیله Morales (۲۰۰۲) و ۳۵۰ گونه به وسیله Bown (۱۹۹۵) گزارش شده است. تنوع ریخت‌شناختی بالای موجود در میان جمعیت‌ها به علت توان جریان ژنی در میان جمعیت‌ها و وجود پدیده ماده -دوجنسی (*gynodioecious*) یا چندشکلی جنسی بوده که خود ناشی از ملاقات تعداد زیادی از گونه‌های راسته پروانه‌ها (Lepidoptera) در بین گونه‌های آویشن است. گونه‌های این جنس به علت دگرگشتی بسیار

و درصد جوانه‌زنی بذور آویشن مشاهده شد. ChitraDevi و همکاران (۲۰۰۳) در آزمایشی بر روی خردل هندی بیان داشتند که اندازه بذر بر بنیه بذر تأثیر گذار بوده و بذره‌های دارای وزن بیشتر قوه نامیه بالاتری داشته و در آزمون هدایت الکتریکی تراوش کمتری دارند. Kaydan و Yamur (۲۰۰۸) گزارش نمودند با افزایش وزن بذر درصد جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه‌های تریتیکاله به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. Jorge و Ray (۲۰۰۵) گزارش نمودند در گیاه بابونه با افزایش وزن بذر درصد جوانه‌زنی بذور افزایش یافت. Amico و همکاران (۲۰۰۴) و Arunachalam و همکاران (۲۰۰۳) مشاهده نمودند با افزایش اندازه بذر گندم بنیه بذر و درصد ظهور گیاهچه‌ها در مزرعه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و Baalbaki و Copeland (۱۹۹۷) گزارش نمودند اندازه بذر نه تنها بر درصد ظهور گیاهچه‌ها در مزرعه اثر داشت بلکه سبب افزایش عملکرد دانه شد.

Kulakanavaret و همکاران (۱۹۸۹) گزارش نمودند بین اندازه بذر با جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه ارتباط مثبتی وجود دارد. در مقابل Lafond و Baker (۱۹۸۶a,b) معتقدند بذور کوچک‌تر نسبت به بذور بزرگ‌تر نه تنها سریع‌تر جوانه می‌زنند بلکه گیاهچه‌های آنها نیز سریع‌تر سبز می‌شود. Peksen و همکاران (۲۰۰۴) گزارش نمودند در نخود بذور کوچک‌تر نسبت به بذور بزرگ‌تر درصد جوانه‌زنی بالاتری دارند. از طرفی برخی محققان بر این باورند که اندازه بذر تأثیر معنی‌داری بر سرعت جوانه‌زنی و سبز شدن ندارد (Peterson et al., 1989; Randhawa et al., 1973).

ارتباط بین قدرت بذر با رشد و عملکرد نخود در مزرعه نشان داد در بذره‌های قوی در آزمایشگاه هدایت الکتریکی مواد نشت یافته از بذرها، درصد بذره‌های زنده، درصد جوانه‌های طبیعی، سرعت

و دماهای اصلی برای توده بذر طبیعی درمقایسه با توده زراعی تا حدودی کمتر بود (Tabrizi et al., 2007).

بررسی اکوفیزیولوژی جوانه‌زنی بذر *Th. capitatus* نشان داد جوانه‌زنی این گونه مستقل از نور بوده و دمای مطلوب جوانه‌زنی این گونه ۲۰-۱۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بذور قدیمی‌تر درصد جوانه‌زنی بالاتری نسبت به بذور جدیدتر نشان دادند که احتمالاً به دلیل تبخیر اسانس موجود در پوسته بذر می‌باشد. بعلاوه درصد جوانه‌زنی بذور کوچک‌تر بالاتر می‌باشد. در این تحقیق با آبشویی بذر توسط آب باران و حذف اسانس پوسته افزایش جوانه‌زنی مشاهده شد که می‌توان گفت خواب موجود در بذور آویشن می‌تواند یک روش سازگاری به منظور تعویق جوانه‌زنی بذور در دوره خشکی باشد (Thanos et al., 1995). در مطالعه جوانه‌زنی بذور *Th. praecox* جمع‌آوری شده از ارتفاعات مختلف بیشترین جوانه‌زنی در دمای ۲۰-۱۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد و بذور کوچک‌تر جوانه‌زنی بیشتری نشان دادند. بعلاوه بذور جمع‌آوری شده از ارتفاع بالاتر جوانه‌زنی بالاتری نشان دادند (Gimenez Benavides et al., 2005).

تنوع ژنتیکی در سطوح مختلف بین و درون گونه‌ای به شدت بر ترکیب، عملکرد و پایداری اکوسیستم‌های طبیعی و زراعی تأثیر می‌گذارد (Kolliker et al., 2008). در تحقیقات مختلف تأثیر ساختار ژنتیکی بر بنیه بذر گزارش شده است (Lopez et al., 1995, 1996; Rebetzke and Richards, 1999; Soltani et al., 2001).

ارتباط بین نتایج آزمون‌های بنیه بذر در آزمایشگاه با وضعیت سبز شدن و استقرار گیاهچه‌ها در مزرعه و همبستگی این صفات با عملکرد از مسائل مورد توجه محقق بوده است. نتایج حاصل از تحقیقات مختلف

متنوعند. این جنس در ایران ۱۸ گونه پایا و معطر دارد که در ارتفاعات البرز و سایر ارتفاعات می‌رویند و بیشترین پراکندگی در شمال و شمال غربی کشور گزارش شده است (جم‌زاد، ۱۳۷۳). از نظر پراکندگی بیشترین گسترش را گونه‌های *Th. pubescens*، *Th. fallax* و *Th. daenensis* دارند (Jamzad, 1994).

جوانه‌زنی بذور جمعیت‌های مختلف گونه‌های *Th. vulgaris*، *Th. mastichina* و *Th. zygis* نشان داد درصد جوانه‌زنی بذور میان جمعیت‌های مختلف به ترتیب از ۹۵-۴، ۹۵-۳۵ و ۹۰-۱۳ درصد متغیر می‌باشد. همچنین رابطه مثبت معنی‌داری بین وزن بذر و درصد جوانه‌زنی بذور *Th. vulgaris* مشاهده شد. درصد جوانه‌زنی بذور *Th. vulgaris* با طول جغرافیایی و درصد جوانه‌زنی بذور *Th. mastichina* با ارتفاع از سطح دریا رابطه معنی‌داری نشان داد (Perez Garsia et al., 2003). ارزیابی جوانه‌زنی دو توده زراعی و طبیعی *Th. Transcaspicus* نشان داد در هر دو توده بذری، بالاترین درصد جوانه‌زنی در دامنه دمایی ۳۰-۱۰ درجه سانتی‌گراد و بالاترین سرعت جوانه‌زنی در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. اگرچه میانگین درصد و سرعت جوانه‌زنی توده زراعی بیشتر از توده طبیعی بود اما نوسانات درصد و سرعت جوانه‌زنی در واکنش به دما در توده طبیعی بیشتر نمایان بود. بر اساس رگرسیون بین سرعت جوانه‌زنی و دما در هر دو توده بذری، دماهای اصلی جوانه‌زنی (پایه، مطلوب و حداکثر) به ترتیب ۱/۲-۳/۸۴، ۲۹/۱-۲۵/۸ و ۴۵-۴۸ درجه سانتی‌گراد برای توده زراعی و ۱/۰-۳/۳، ۲۹-۲۴/۹ و ۴۵-۴۶ درجه سانتی‌گراد برای توده طبیعی بدست آمد. به‌طور کلی بذوری که از رویشگاه طبیعی و ارتفاعات بالاتر جمع‌آوری شده بودند، سازگاری بهتری به دماهای کمتر نشان دادند و همچنین به‌علت وجود اکوتیپ‌های مختلف در این توده نوسانات بیشتری در جوانه‌زنی آنها مشاهده شد

بذور مورد استفاده در این پژوهش تعداد ۵۱ اکسشن از ۸ گونه آویشن بومی (*Th. Thymus lancifolius*، *Th. Th. kotschyanus transcaucasicus*، *Th. Th. transcaspicus*، *Th. migricus pubescens* و *Th. fedchenkoi daenensis*) بود که از بانک ژن مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور تهیه گردید. زمان برداشت و شرایط نگهداری بذرها در بانک ژن برای بذر تمام اکسشن‌ها یکسان بود و تمام بذرها مربوط به برداشت سال جاری بودند. جدول ۱ مشخصات اکسشن‌ها را نشان می‌دهد.

هر واحد آزمایشی شامل یک ظرف پتری به ابعاد ۱۰×۱۵ میلی‌متر بود. قبل از اجرای آزمایش بذرها با استفاده از هیپوکلریت سدیم ۲/۵ درصد به مدت ۵ دقیقه ضدعفونی شدند. پس از استریل کردن ظروف پتری و کاغذهای صافی در کف هر ظرف پتری یک عدد کاغذ صافی واتمن شماره یک قرار داده شد و بر روی کاغذهای صافی ۵۰ عدد بذر قرار داده شد. سپس به هر ظرف پتری شش میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. به منظور انجام آزمون جوانه‌زنی، ظروف پتری به اتاقک رشدی با شرایط هشت ساعت نور (۶۰۰ میکرومول فوتون بر متر مربع بر ثانیه) و ۱۶ ساعت تاریکی، رطوبت ۹۵ درصد و دمای ثابت ۲۲ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. شمارش بذور جوانه‌زده به صورت روزانه در ساعتی معین از روز اول کشت آغاز شد. شمارش تا زمانی که افزایشی در تعداد بذور جوانه‌زده مشاهده نشد و به مدت سه روز متوالی تعداد بذور جوانه‌زده در هر ظرف پتری ثابت ماند ادامه یافت. بذوری جوانه‌زده تلقی شدند که طول ریشه‌چه آنها دو میلی‌متر و بیشتر بود و گیاهچه‌هایی با هیپوکوتیل کوتاه، ضخیم و فتری شکل و ریشه اولیه بازداشته شده از رشد به عنوان بذور غیرطبیعی در نظر گرفته شدند (Perry, 1991).

جدول ۱: مشخصات اکسشن‌ها و محل جمع‌آوری بذور آنها

نشان داد از جمله عوامل مهمی که عملکرد و استقرار گیاهان مختلف را در مزرعه تحت تأثیر قرار می‌دهد کیفیت زراعی و بنیه بذر می‌باشد (Roberts and Osei- Bonsu, 1988; Wen and Kung-Cheheng, 1990; Hastrup Peadersen et al., 1993; Dahiya et al., 1994; Lopez et al., 1995, 1996; Begnami and Cortelazzo, 1996; Bishnoi and Santos, 1996; Soltani et al., 2001, 2002; Latifi et al., 2004). استفاده از بذرهایی با بنیه بالا منجر به جوانه‌زنی سریع و یکنواخت بذور شده که این امر سبب رسیدن به تراکم گیاهی مطلوب می‌گردد و از طرف دیگر رشد سریع گیاهچه به نوبه خود سبب دریافت بیشتر تشعخ خورشیدی و افزایش عملکرد خواهد شد (Tekrong and Egli, 1991; Latifi et al., 2004). در کشور ما ذخایر ژنی غنی و تنوع گیاهی وسیعی وجود دارد که با شناسایی، جمع‌آوری، ارزیابی و بهره‌برداری از این تنوع می‌توان زمینه را برای توسعه ارقام مناسب فراهم آورد. لذا این پژوهش با هدف بررسی جوانه‌زنی بذر و رشد رویشی گیاهچه و ارتباط آن با عملکرد تک بوته در مزرعه بر روی ۵۱ اکسشن آویشن بومی (*Thymus*) که از نقاط مختلف کشور جمع‌آوری شده بودند انجام شد تا بتوان بر اساس نتایج به دست آمده توده‌های مناسب برای کشت و بهره‌برداری در شرایط دیم و آبی را انتخاب نموده و توسعه دهیم.

#### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی جوانه‌زنی و رشد رویشی گیاهچه تعدادی از اکسشن‌های آویشن (*Thymus*) موجود در ایران آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در محل آزمایشگاه علوم زراعی بخش تحقیقات گیاهان دارویی و محصولات فرعی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور اجرا شد.

ردیف	اکستنشن	گونه	محل جمع‌آوری	ارتفاع از سطح دریا (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	۱	<i>Th. lancifolius</i>	مرکزی	۱۹۰۰	۴۹° ۱۹' ۴۰"	۳۰° ۵۹' ۱۷"
۲	۴	<i>Th. lancifolius</i>	مرکزی	۱۹۱۰	۴۹° ۱۹' ۴۰"	۳۴° ۵۹' ۱۷"
۳	۱۶	<i>Th. lancifolius</i>	کردستان (سنندج)	۲۴۰۰	۴۶° ۵۵' ۰۰"	۳۵° ۲۹' ۰۰"
۴	۴۱	<i>Th. lancifolius</i>	فارس (شیراز)	-	-	-
۵	۴۳	<i>Th. lancifolius</i>	لرستان (الیگودرز)	۲۳۱۲	۴۹° ۳۰' ۰۰"	۳۳° ۱۱' ۰۰"
۶	۴۴	<i>Th. lancifolius</i>	کردستان	۲۱۰۰	۴۷° ۰۷' ۰۰"	۳۵° ۳۷' ۰۰"
۷	۴۵	<i>Th. lancifolius</i>	اصفهان (فریدونشهر)	-	-	-
۸	۴۸	<i>Th. lancifolius</i>	لرستان (خرم‌آباد)	۱۹۰۰	۴۸° ۴۰' ۰۰"	۳۳° ۲۵' ۰۰"
۹	۶۹	<i>Th. lancifolius</i>	مرکزی	۲۴۷۵	۴۹° ۳۳' ۰۷"	۳۳° ۵۷' ۵۷"
۱۰	۲	<i>Th. transcaucasicus</i>	گیلان (رودبار)	۱۸۴۰	۴۹° ۴۷' ۸۱"	۳۶° ۴۳' ۹۱"
۱۱	۱۲	<i>Th. transcaucasicus</i>	زنجان	-	-	-
۱۲	۳	<i>Th. kotschyanus</i>	قزوین (قزوین)	۱۵۰۰	۴۹° ۲۳' ۰۰"	۳۶° ۲۹' ۰۰"
۱۳	۵	<i>Th. kotschyanus</i>	قزوین (قزوین)	۲۰۰۰	۴۹° ۵۵' ۰۰"	۳۶° ۳۴' ۰۰"
۱۴	۷	<i>Th. kotschyanus</i>	زنجان	-	-	-
۱۵	۸	<i>Th. kotschyanus</i>	زنجان	-	-	-
۱۶	۱۰	<i>Th. kotschyanus</i>	آذربایجان غربی	-	-	-
۱۷	۱۱	<i>Th. kotschyanus</i>	زنجان	-	-	-
۱۸	۱۷	<i>Th. kotschyanus</i>	آذربایجان غربی	-	-	-
۱۹	۲۱	<i>Th. kotschyanus</i>	کردستان (سنندج)	۲۴۰۰	۴۶° ۵۲' ۰۰"	۳۵° ۲۵' ۰۰"
۲۰	۲۲	<i>Th. kotschyanus</i>	قزوین (قزوین)	۱۵۰۰	۵۰° ۰۷' ۰۰"	۳۶° ۲۶' ۰۰"
۲۱	۲۳	<i>Th. kotschyanus</i>	کردستان (دیوان‌دره)	۲۴۰۰	۴۶° ۴۰' ۰۰"	۳۵° ۵۵' ۰۰"
۲۲	۵۰	<i>Th. kotschyanus</i>	زنجان	-	-	-
۲۳	۵۱	<i>Th. kotschyanus</i>	تهران	-	-	-
۲۴	۵۴	<i>Th. kotschyanus</i>	آذربایجان غربی (نقده)	۱۳۸۹	۴۲° ۲۲' ۴۵"	۳۶° ۵۵' ۱۲"
۲۵	۵۶	<i>Th. kotschyanus</i>	کرمان (زرنند)	۲۴۰۰	۵۶° ۴۷' ۳۵"	۳۰° ۵۴' ۲۵"
۲۶	۵۸	<i>Th. kotschyanus</i>	کردستان (سنندج)	۲۴۰۰	۴۶° ۵۲' ۰۰"	۳۵° ۳۱' ۰۰"
۲۷	۷۰	<i>Th. kotschyanus</i>	آذربایجان غربی (ارومیه)	۱۴۸۷	۴۵° ۰۷' ۱۴"	۳۷° ۱۷' ۸۰"
۲۸	۶	<i>Th. pubescens</i>	گیلان (سیاهکل)	۱۵۰۰	-	-
۲۹	۱۸	<i>Th. pubescens</i>	قزوین (قزوین)	۱۵۰۰	۵۰° ۰۷' ۰۰"	۳۶° ۲۶' ۰۰"
۳۰	۱۹	<i>Th. pubescens</i>	آذربایجان غربی (پیرانشهر)	۲۱۲۱	۴۵° ۰۳' ۹۳"	۳۶° ۱۰' ۸۶"
۳۱	۳۴	<i>Th. pubescens</i>	آذربایجان شرقی (مراغه)	۱۵۹۵	۴۶° ۱۴' ۴۲"	۳۶° ۲۵' ۵۱"
۳۲	۳۹	<i>Th. Pubescens</i>	آذربایجان شرقی (قره‌چمن)	۱۵۰۰	۴۶° ۵۹' ۲۸"	۳۷° ۴۱' ۲۵"
۳۳	۴۶	<i>Th. pubescens</i>	کردستان (سقز)	۲۰۶۰	۴۶° ۴۶' ۵۷"	۳۶° ۰۸' ۵۸"
۳۴	۵۳	<i>Th. pubescens</i>	زنجان	-	-	-
۳۵	۵۵	<i>Th. pubescens</i>	تهران	-	-	-

ردیف	اکسشن	گونه	محل جمع آوری	ارتفاع از سطح دریا (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۳۶	۵۹	<i>Th. migricus</i>	آذربایجان غربی (ارومیه)	۱۹۲۰	۴۴° ۴۵' ۶۳"	۳۷° ۲۹' ۴۷"
۳۷	۷۱	<i>Th. migricus</i>	آذربایجان غربی (سلماس)	۱۷۸۰	۴۴° ۳۴' ۶۸"	۳۸° ۰۹' ۱۷"
۳۸	۷۳	<i>Th. migricus</i>	آذربایجان غربی (سلماس)	۲۰۵۰	۴۴° ۳۷' ۴۹"	۳۸° ۱۵' ۹۱"
۳۹	33	<i>Th. transcaspicus</i>	خراسان	-	-	-
۴۰	۳۸	<i>Th. daenensis</i>	قزوین (قزوین)	۱۴۵۰	۵۰° ۲۵' ۰۰"	۳۶° ۲۹' ۰۰"
۴۱	۴۰	<i>Th. daenensis</i>	لرستان (خرم آباد)	۱۸۳۰	۴۸° ۳۰' ۰۰"	۳۳° ۱۵' ۰۰"
۴۲	۴۲	<i>Th. daenensis</i>	اصفهان (فریدن)	۲۳۰۰	-	-
۴۳	۴۹	<i>Th. daenensis</i>	اصفهان (داران)	۲۵۰۰	-	-
۴۴	۶۰	<i>Th. daenensis</i>	مرکزی	۱۹۶۵	۴۹° ۲۴' ۵۰"	۳۴° ۰۵' ۰۶"
۴۵	۶۲	<i>Th. daenensis</i>	لرستان (خرم آباد)	۱۸۲۰	۴۸° ۲۸' ۰۰"	۳۳° ۴۶' ۰۰"
۴۶	۶۶	<i>Th. daenensis</i>	سمنان (شهمیرزاد)	۲۵۶۴	۵۳° ۵۰' ۰۰"	۳۶° ۲۷' ۱۵"
۴۷	۶۸	<i>Th. daenensis</i>	اصفهان	-	-	-
۴۸	۷۲	<i>Th. daenensis</i>	مرکزی	۲۴۰۷	۴۹° ۵۲' ۵۷"	۳۳° ۴۶' ۲۴"
۴۹	۲۰	<i>Th. fedchenkoi</i>	آذربایجان غربی	-	-	-
۵۰	۵۲	<i>Th. fedchenkoi</i>	آذربایجان غربی (میاندوآب)	۱۳۴۰	۴۵° ۵۶' ۶۷"	۳۶° ۵۵' ۴۳"
۵۱	۷۴	<i>Th. fedchenkoi</i>	سمنان (سمنان)	۲۵۶۴	۵۳° ۵۰' ۰۰"	۳۶° ۲۷' ۱۵"

Index) (Abdul-Baki and Anderson, 1973) (رابطه

(۳) به طریق زیر محاسبه شدند:

$$\text{MGT} = \frac{\sum Dn}{\sum n} \quad \text{رابطه (۱):}$$

$$\bar{R} = \frac{1}{\text{MGT}} \quad \text{رابطه (۲):}$$

$$\text{SVI} = \frac{\text{Gr}\% \times \text{MSH}}{100} \quad \text{رابطه (۳):}$$

در این رابطه‌ها n تعداد بذور جوانه زده در روز D, D تعداد روزهای شمارش از شروع آزمایش، MGT میانگین روزهای جوانه زنی، Gr میزان جوانه زنی و MSH (Mean Seedling Height) متوسط طول گیاهچه‌ها است. داده‌های بدست آمده پس از بررسی نرمال بودن و کشیدگی (Courtosis) و چولگی (Skewness) و اعمال تبدیل مناسب، توسط نرم افزار MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند.

مدت زمان آزمایش برای هر اکسشن ۱۰ روز بود

و در پایان درصد جوانه زنی، میانگین زمان جوانه زنی، سرعت جوانه زنی، طول ریشه چه و ساقه چه، وزن خشک گیاهچه و شاخص بینه بذر بررسی شد. به منظور اندازه گیری طول ریشه چه و ساقه چه پنج عدد گیاهچه به صورت تصادفی از هر تکرار انتخاب شدند و میانگین طول ریشه چه و ساقه چه ثبت شد. به منظور تعیین وزن خشک گیاهچه‌ها، ۱۰ عدد گیاهچه در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد و به مدت ۲۴ ساعت درون آون خشک شدند و با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۰۰۱ وزن شدند. میانگین مدت زمان جوانه زنی (Mean Germination Time :MGT) (رابطه ۱)، سرعت جوانه زنی (Ellis and Roberts, 1980) ( $\bar{R}$ ) (رابطه ۲) و شاخص بینه بذر (Seed Vigour :SVI)

مقایسه میانگین‌ها در تیمارهای مختلف با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. همچنین ضرایب همبستگی ساده بین صفات اندازه‌گیری شده تعیین شد.

## نتایج

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس مشخص گردید، تفاوت اکسشن‌های مختلف از لحاظ تمامی ویژگی‌های مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد بالاترین درصد جوانه‌زنی متعلق به اکسشن‌های ۱۱ از زنجان، ۱۷ از آذربایجان غربی و ۷۰ از آذربایجان غربی مربوط به گونه *Th. kotschyanus*، ۴۳ از لرستان و ۶۹ از مرکزی مربوط به گونه *Th. lancifolius*، ۲۰ از آذربایجان غربی و مربوط به گونه *Th. fedchenkoi* و ۷۳ از آذربایجان غربی مربوط به گونه *Th. migricus* بود (جدول ۳). کمترین درصد جوانه‌زنی مربوط به اکسشن‌های ۲ از گیلان و ۱۲ از زنجان مربوط به گونه *Th. Transcaucasicus* بود (جدول ۳).

بر اساس نتایج درصد جوانه‌زنی بذور اکسشن‌های مختلف جمع‌آوری شده از یک گونه با ارتفاع از سطح دریا رابطه معنی‌داری نشان داد و بذور جمع‌آوری شده از ارتفاعات بالاتر جوانه‌زنی بالاتری نشان دادند (جدول ۱ و ۳). طبق نتایج حاصل از تجزیه همبستگی، بین درصد جوانه‌زنی با شاخص بنیه بذر همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴). بر اساس نتایج وزن هزار دانه با درصد جوانه‌زنی همبستگی معنی‌داری نشان نداد (جدول ۴).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد بالاترین سرعت جوانه‌زنی و کمترین میانگین زمان جوانه‌زنی مربوط به اکسشن‌های ۵ از قزوین، ۷ از زنجان، ۵۰ از زنجان و ۵۸ از کردستان مربوط به گونه *Th. kotschyanus*، ۱

از مرکزی مربوط به گونه *Th. lancifolius*، ۶۶ از سمنان مربوط به گونه *Th. daenensis*، ۱۹ از آذربایجان غربی، ۴۶ از کردستان و ۵۵ از تهران مربوط به گونه *Th. pubescens* و ۷۳ از آذربایجان غربی مربوط به گونه *Th. migricus* بود (جدول ۳). بیشترین میانگین زمان جوانه‌زنی در اکسشن‌های ۱۱ از زنجان، ۲۱ از کردستان و ۷۰ از آذربایجان غربی مربوط به گونه *Th. kotschyanus*، ۶۸ از اصفهان و ۴۹ از اصفهان مربوط به گونه *Th. daenensis*، ۱۲ از زنجان مربوط به گونه *Th. Transcaucasicus* و ۷۱ از آذربایجان غربی مربوط به گونه *Th. migricus* مشاهده شد (جدول ۳).

بر اساس نتایج میانگین زمان جوانه‌زنی با سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه دارای همبستگی منفی و معنی‌داری بود (جدول ۴). همبستگی بین سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه مثبت بود (جدول ۴) یعنی با افزایش سرعت جوانه‌زنی، وزن خشک گیاهچه افزایش نشان داد. وزن هزار دانه با سرعت جوانه‌زنی همبستگی معنی‌داری نشان نداد (جدول ۴). بر اساس نتایج وزن هزار دانه با میانگین زمان جوانه‌زنی همبستگی معنی‌داری نشان نداد (جدول ۴).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد اکسشن‌های ۲۳ از کردستان مربوط به گونه *Th. kotschyanus* و ۴۸ از لرستان مربوط به گونه *Th. lancifolius* دارای بیشترین طول ریشه‌چه بودند (جدول ۳). اکسشن‌های ۷ از زنجان مربوط به گونه *Th. kotschyanus*، ۱ از مرکزی مربوط به گونه *Th. lancifolius*، ۴۹ از اصفهان، ۴۰ از لرستان و ۷۲ از مرکزی مربوط به گونه *Th. daenensis* از سمنان مربوط به گونه *Th. fedchenkoi* و ۷۳ از آذربایجان غربی مربوط به گونه *Th. migricus* کمترین طول ریشه‌چه را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). بالاترین طول ساقه‌چه در

گونه *Th. transcaspicus* نیز شاخص بنیه بذر بالایی داشتند (جدول ۳). پایین‌ترین شاخص بنیه بذر متعلق به اکسشن‌های ۷ از زنجان مربوط به گونه *Th. kotschyanus*، ۷۳ از آذربایجان غربی مربوط به گونه *Th. migricus*، ۴۰ از لرستان، ۴۹ از اصفهان و ۷۲ از مرکزی مربوط به گونه *Th. daenensis*، ۴۶ از کردستان و ۵۳ از زنجان مربوط به گونه *Th. Pubescens* و ۷۴ از سمنان مربوط به گونه *Th. fedchenkoi* بود (جدول ۳). با توجه به اینکه شاخص بنیه بذر تابعی از درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه می‌باشد، بنابراین هرگونه افزایش در این دو مورد می‌تواند منجر به افزایش شاخص بنیه بذر گردد. نتایج نشان داد در یک گونه بذور جمع‌آوری شده از ارتفاعات بالاتر شاخص بنیه بذر کم‌تری نسبت به بذور جمع‌آوری شده از ارتفاعات پایین‌تر داشتند (جدول ۱ و ۳). طبق نتایج همبستگی بین شاخص بنیه بذر با وزن خشک گیاهچه و وزن هزار دانه مثبت بود (جدول ۴).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد بالاترین وزن خشک ۱۰ عدد گیاهچه مربوط به اکسشن‌های ۶ از گیلان، ۱۸ از قزوین و ۱۹ از آذربایجان غربی مربوط به گونه *Th. kotschyanus* بود (جدول ۳). نتایج نشان داد در اکسشن‌های مختلف جمع‌آوری شده از ارتفاعات مختلف در یک گونه، بذور جمع‌آوری شده از ارتفاعات پایین‌تر وزن خشک گیاهچه بالاتری نشان دادند (جدول ۱ و ۳). نتایج نشان داد همبستگی بین وزن خشک گیاهچه با وزن هزار دانه مثبت بود (جدول ۴) که نمایانگر این است که با افزایش وزن هزار دانه، وزن خشک گیاهچه افزایش می‌یابد. بر اساس نتایج همبستگی بین وزن خشک گیاهچه با طول ریشه‌چه و ساقه‌چه معنی‌دار بود (جدول ۴).

اکسشن ۴۸ از لرستان مربوط به گونه *Th. lancifolius* مشاهده شد (جدول ۳). کمترین طول ساقه‌چه مربوط به اکسشن‌های ۳ از قزوین، ۷ از زنجان و ۱۰ از آذربایجان غربی مربوط به گونه *Th. kotschyanus*، ۴۶ از کردستان و ۵۳ از زنجان مربوط به گونه *Th. pubescens*، ۴۰ از لرستان و ۷۲ از مرکزی مربوط به گونه *Th. daenensis*، ۷۴ از سمنان مربوط به گونه *Th. fedchenkoi* و ۷۳ از آذربایجان غربی مربوط به گونه *Th. migricus* بود (جدول ۳). بر اساس نتایج طول ریشه‌چه و ساقه‌چه اکسشن‌های مختلف جمع‌آوری شده از ارتفاعات پایین‌تر بیشتر از اکسشن‌های جمع‌آوری شده از ارتفاعات بالاتر بود (جدول ۱ و ۳).

نتایج نشان داد طول ساقه‌چه با وزن خشک گیاهچه، شاخص بنیه بذر و وزن هزار دانه دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بود (جدول ۴). همبستگی بین طول ریشه‌چه و صفات طول ساقه‌چه، وزن خشک گیاهچه، شاخص بنیه بذر و وزن هزار دانه مثبت بود (جدول ۴). نتایج نشان داد وزن هزار دانه تأثیر معنی‌داری بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاه دارد به‌طوری‌که با افزایش وزن هزار دانه، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه افزایش یافت (جدول ۴).

بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها اکسشن‌های ۴۸ از لرستان مربوط به گونه *Th. lancifolius* و ۲۳ از کردستان مربوط به گونه *Th. kotschyanus* دارای بیشترین شاخص بنیه بذر بودند، هرچند اکسشن‌های ۱۹ از آذربایجان غربی، ۲۱ از کردستان و ۵۱ از تهران مربوط به گونه *Th. kotschyanus*، ۴۱ از فارس مربوط به گونه *Th. lancifolius*، ۳۸ از قزوین و ۶۲ از لرستان مربوط به گونه *Th. daenensis*، ۱۹ از آذربایجان غربی مربوط به گونه *Th. pubescens* و ۳۳ از کردستان مربوط به

جدول ۲: تجزیه واریانس داده‌های مربوط به ویژگی‌های جوانه‌زنی در شرایط آزمایشگاه و وزن خشک تک بونه در شرایط مزرعه ۵۱ اکسشن آویشن

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	میانگین زمان جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	شاخص بنیه پدز	وزن خشک		وزن خشک تک بوته در مزرعه
								۱۰ عدد گیاهچه	دانه	
اکسشن	۵۰	۲۱۳/۹۱**	۱/۲۷۶**	۰/۰۹۵**	۱۱۶/۲۰**	۱۰۷/۴۷**	۳۶۲/۴۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۳۰**	۵۰۶۲/۷۸**
خطا	۱۰۲	۲۳/۶۰	۰/۰۱۷	۰/۰۰۳	۱/۱۹۰	۲/۱۸۳	۶/۲۳	۰	۰	۲۴۹۹/۱۹
ضرب تغییرات (C.V)	-	۵/۲۹	۶/۹۵	۸/۷۹	۱۰/۰۷	۱۰/۶۲	۱۱/۱۸	۱۱/۰	۶/۲۷	۵۹/۰۱

ns فاقد اختلاف معنی دار، \*\* و \* اختلاف معنی دار در سطح یک درصد و پنج درصد

جدول ۳: مقایسه میانگین‌های ویژگی‌های جوانه‌زنی در شرایط آزمایشگاه و وزن خشک تک بونه در شرایط مزرعه ۵۱ اکسشن آویشن

نام گونه	شماره اکسشن	درصد جوانه‌زنی	میانگین زمان جوانه‌زنی (روز)	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه (میلی‌متر)	طول ساقه‌چه (میلی‌متر)	شاخص بینه بذر	وزن خشک ۱۰ عدد گیاهچه (گرم)	وزن هزار دانه (گرم)	وزن خشک تک بونه در مزرعه (گرم)
<i>Th. lancifolius</i>	۱	۹۷/۳ ab	۱/۳۳ c-f	۰/۷۵ a-d	۱۰/۲۰ abc	۱۳/۷۳ ab	۲۳/۲۹ ab	۰/۳۹ abc	۰/۶۶ a-d	۱۰۰/۰۰ bc
	۴	۹۷/۳ ab	۱/۹۷ a-f	۰/۵۰ a-d	۸/۱۰ abc	۱۳/۵۰ ab	۲۱/۰۶ ab	۰/۳۴ abc	۰/۳۰ bcd	۱۱۵/۱۲ bc
	۱۶	۹۳/۳ ab	۱/۵۲ a-f	۰/۶۶ a-d	۶/۸۳ abc	۹/۷۳ ab	۱۵/۴۸ ab	۰/۲۹ abc	۰/۵۰ ab	۷۳/۰۶ bc
	۴۱	۹۴/۶ ab	۲/۱۰ a-f	۰/۴۷ a-d	۲۰/۰۰ abc	۲۲/۰۰ ab	۳۹/۷۰ ab	۰/۴۳ abc	۰/۳۱ a-d	۶۲/۰۰ bc
	۴۳	۹۸/۶ a	۲/۶۲ a-f	۰/۳۸ bcd	۷/۶۵ abc	۱۱/۳۰ ab	۱۸/۶۹ ab	۰/۱۹ c	۰/۵۵ ab	۷۷/۱۸ bc
	۴۴	۹۴/۶ ab	۲/۲۷ a-f	۰/۴۴ a-d	۸/۳۶ abc	۱۰/۴۳ ab	۱۷/۷۹ ab	۰/۱۶ c	۰/۳۶ a-d	۹۳/۲۸ bc
	۴۵	۹۰/۶ ab	۲/۰۳ a-f	۰/۴۹ a-d	۱۶/۰۳ abc	۱۸/۳۶ ab	۳۱/۱۲ ab	۰/۴۱ abc	۰/۲۷ bcd	۱۰۵/۲۹ bc
	۴۸	۸۶/۶ a-d	۱/۴۰ b-f	۰/۷۲ a-d	۲۶/۲۶ ab	۲۸/۹۳ a	۴۷/۹۲ a	۰/۵۹ abc	۰/۶۶ a	۱۰۴/۱۹ bc
	۶۹	۹۸/۶ a	۲/۱۹ a-f	۰/۴۵ a-d	۸/۵۳ abc	۱۲/۴۳ ab	۲۰/۷۰ ab	۰/۲۰ c	۰/۲۴ bcd	۹۰/۴۰ bc
<i>Th. Transcaucasica</i>	۲	۶۰/۶ d	۱/۷۰ a-f	۰/۵۹ a-d	۱۰/۶۶ abc	۱۳/۰۰ ab	۱۴/۲۰ ab	۰/۲۲ bc	۰/۲۷ bcd	۶۰/۰۰ bc
	۱۲	۶۱/۳ cd	۳/۰ a-e	۰/۳۳ cd	۸/۵۰ abc	۱۳/۱۳ ab	۱۳/۲۶ ab	۰/۳۱ abc	۰/۳۵ a-d	۱۰۴/۰۰ bc
<i>Th. kotschyana</i>	۳	۰/۹۲ ab	۱/۶۷ a-f	۰/۶۰ a-d	۵/۳۳ bc	۷/۳۳ b	۱۱/۶۵ ab	۰/۳۹ abc	۰/۳۶ a-d	۴۰/۰۰ c
	۵	۹۳/۳ ab	۱/۱۹ ef	۰/۸۳ ab	۸/۳۳ abc	۱۲/۰۰ ab	۱۸/۹۶ ab	۰/۶۲ abc	۰/۳۶ a-d	۶۵/۱۲ bc
	۷	۹۳/۳ ab	۱/۱۳ f	۰/۸۸ ab	۳/۵۰ c	۵/۵۰ b	۸/۳۵ b	۰/۶۳ abc	۰/۳۳ a-d	۶۸/۲۳ bc
	۸	۸۱/۳ a-d	۱/۷۲ a-f	۰/۵۸ a-d	۸/۰۳ abc	۱۳/۵۰ ab	۱۷/۴۵ ab	۰/۴۴ abc	۰/۴۳ a-d	۹۱/۳۰ bc
	۱۰	۸۲/۶ a-d	۱/۳۲ c-f	۰/۷۵ a-d	۵/۵۰ bc	۶/۰۰ b	۹/۴۵ ab	۰/۳۲ abc	۰/۴۳ a-d	۱۱۷/۳۰ bc
۱۱	۹۸/۶ a	۳/۰۸ a-d	۰/۳۲ d	۱۱/۱۶ abc	۱۸/۴۳ ab	۲۸/۲۳ ab	۰/۵۴ abc	۰/۳۶ a-d	۶۱/۱۳ bc	

نام گونه	شماره اکسشن	درصد جوانه‌زنی	میانگین زمان جوانه‌زنی (روز)	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه (میلی‌متر)	طول ساقچه (میلی‌متر)	شاخص بنیه بدر	وزن خشک ۱۰ گیاهچه (گرم)	وزن هزار دانه (گرم)	وزن خشک تک بوته در مزرعه (گرم)
<i>Th. pubescens</i>	۱۷	۹۸/۶ a	۲/۳۸ a-f	۰/۴۱ a-d	۸/۳۰ abc	۱۳/۲۰ ab	۲۱/۱۹ ab	۰/۰۱۷ c	۰/۴۲ a-d	۵۱/۸۱ c
	۲۱	۹۶/۰ ab	۳/۱۲ abc	۰/۳۲ d	۱۹/۱۰ abc	۲۳/۴۳ ab	۴۰/۷۷ ab	۰/۰۴۴ abc	۰/۵۰ ab	۵۳/۱۱ c
	۲۲	۹۰/۶ ab	۱/۷۰ a-f	۰/۵۸ a-d	۱۶/۴۰ abc	۱۹/۰۰ ab	۳۲/۲۱ ab	۰/۰۳۸ abc	۰/۳۱ a-d	۴۵/۹۶ c
	۲۳	۸۸/۰ a-d	۱/۷۲ a-f	۰/۵۸ a-d	۲۸/۰۰ a	۲۲/۰۰ ab	۴۴/۰۰ a	۰/۰۴۰ abc	۰/۵۳ ab	۴۷/۰۲ c
	۵۰	۹۴/۶ b	۱/۳۱ c-f	۰/۷۷ a-d	۱۳/۰۳ abc	۱۶/۰۰ ab	۲۷/۵۱ ab	۰/۰۳۹ abc	۰/۳۶ a-d	۷۵/۱۸ bc
	۵۱	۹۶/۰ ab	۱/۵۷ a-f	۰/۶۴ a-d	۱۸/۴۳ abc	۲۱/۱۳ ab	۳۸/۰۰ ab	۰/۰۳۹۹ abc	۰/۳۶ a-d	۳۶/۸۹ c
	۵۴	۹۶/۰ ab	۱/۸۳ a-f	۰/۵۴ a-d	۵/۶۶ bc	۹/۰۰ ab	۱۴/۰۸ ab	۰/۰۱۷ c	۰/۳۴ a-d	۸۵/۱۷ bc
	۵۶	۹۲/۲ ab	۱/۳۸ c-f	۰/۷۲ a-d	۱۱/۲۳ abc	۱۶/۳۳ ab	۲۵/۲۷ ab	۰/۰۲۷ abc	۰/۳۲ a-d	۴۷/۵۳ c
	۵۸	۹۶/۰ ab	۱/۲۳ def	۰/۸۱ a-d	۹/۶۶ abc	۱۳/۰۰ ab	۲۱/۷۰ ab	۰/۰۲۷ abc	۰/۳۱ a-d	۵۷/۰۰ c
	۷۰	۹۸/۶ a	۳/۰ a-e	۰/۳۳ cd	۱۲/۶۶ abc	۱۹/۳۳ ab	۳۱/۵۶ ab	۰/۰۴۱ abc	۰/۳۷ a-d	۱۵۲/۰۰ bc
۶	۹۳/۳ ab	۱/۴۲ a-f	۰/۷۰ a-d	۲۰/۰۰ abc	۲۳/۳۳ ab	۱۸/۶۹ ab	۰/۰۸۸ a	۰/۳۴ a-d	۳۴/۰۹ c	
۱۸	۹۴/۶ ab	۱/۴۴ a-f	۰/۶۸ a-d	۸/۷۳ abc	۱۳/۶۶ ab	۲۱/۱۷ ab	۰/۰۷۳ ab	۰/۲۲ bcd	۸۰/۰۰ bc	
۱۹	۹۴/۰ ab	۱/۱۱ f	۰/۹۰ a	۱۹/۰۰ abc	۲۰/۶۶ ab	۳۷/۲۹ ab	۰/۰۸۵ ab	۰/۳۴ a-d	۹۹/۱۲ bc	
۳۴	۸۹/۳ abc	۲/۰۶ a-d	۰/۳۲ d	۷/۵۳ abc	۱۲/۹۶ ab	۱۸/۳۳ ab	۰/۰۱۴ c	۰/۴۰ a-d	۸۸/۱۹ bc	
۳۹	۹۶/۰ ab	۲/۴۹ a-f	۰/۴۰ a-d	۸/۸۶ abc	۱۳/۱۶ ab	۲۱/۱۷ ab	۰/۰۲۳ bc	۰/۳۲ a-d	۴۹/۲۵ c	
۴۶	۹۴/۶ ab	۱/۱۸ ef	۰/۸۴ ab	۳/۳۳ c	۵/۰۰ b	۷/۸۹ b	۰/۰۱۴ c	۰/۳۳ a-d	۷۴/۲۹ bc	
۵۳	۶۸/۰ bcd	۱/۷۹ a-f	۰/۵۹ a-d	۳/۵۰ c	۴/۹۰ b	۵/۶۸ b	۰/۰۱۱ c	۰/۳۰ bcd	۶۵/۰۴ bc	
۵۵	۹۲/۰ ab	۱/۲۳ def	۰/۸۱ a-d	۶/۸۳ abc	۱۱/۸۶ ab	۱۷/۲۰ ab	۰/۰۲۲ bc	۰/۳۶ a-d	۵۶/۰۰ c	

نام گونه	شماره اکسشن	درصد جوانه‌زنی	میانگین زمان جوانه‌زنی (روز)	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه (میلی متر)	طول ساقه‌چه (میلی متر)	شاخص بینه بذر	وزن خشک ۱۰ عدد گیاهچه (گرم)	وزن هزار دانه (گرم)	وزن خشک تک بوته در مزرعه (گرم)
<i>Th. migricus</i>	۵۹	۸۶/۶ a-d	۱/۳۱ c-f	۰/۷۶ a-d	۱۱/۹۳ abc	۱۵/۰۰ ab	۲۳/۲۹ ab	۰/۰۳۲ abc	۰/۲۴ bcd	۷۵/۳۰ bc
	۷۱	۹۷/۳ ab	۳/۲۴ ab	۰/۳۱ d	۷/۷۶ abc	۱۳/۸۰ ab	۲۰/۹۶ ab	۰/۰۲۸ abc	۰/۲۸ bcd	۷۱/۳۷ bc
	۷۳	۱۰۰/۰ a	۱/۲۰ ef	۰/۸۳ abc	۲/۶۶ c	۴/۳۳ b	۷/۰۰ b	۰/۰۱۱ c	۰/۲۸ bcd	۱۱۸/۰۰ bc
<i>Th. transcaspicus</i>	۳۳	۹۶/۰ ab	۱/۵۲ a-f	۰/۶۵ a-d	۲۰/۰۰ abc	۱۷/۶۶ ab	۳۶/۲۲ ab	۰/۰۶۰ abc	۰/۳۷ a-d	۹۱/۲۷ bc
	۳۸	۹۶/۰ ab	۱/۹۵ a-f	۰/۵۱ a-d	۲۰/۰۳ abc	۲۲/۳۶ ab	۴۰/۸۰ ab	۰/۰۵۹ abc	۰/۲۵ bcd	۲۱۴/۱۸ ab
	۴۰	۸۹/۳ abc	۱/۹۸ a-f	۰/۵۰ a-d	۳/۷۳ c	۵/۱۰ b	۷/۹۲ b	۰/۰۲۶ abc	۰/۳۶ a-d	۸۲/۳۸ bc
	۴۲	۸۹/۳ abc	۲/۱۱ a-f	۰/۴۷ a-d	۱۵/۷۶ abc	۲۰/۴۰ ab	۳۲/۲۳ ab	۰/۰۵۰ abc	۰/۱۵ cd	۸۵/۱۱ bc
	۴۹	۹۴/۶ ab	۳/۱۱ abc	۰/۳۲ d	۳/۸۶ c	۵/۶۳ b	۸/۹۹ b	۰/۰۱۸ c	۰/۲۲ bcd	۱۱۹/۱۹ bc
<i>Th. daenensis</i>	۶۰	۸۴/۰ a-d	۲/۰۵ a-f	۰/۴۸ a-d	۱۱/۷۰ abc	۱۵/۳۳ ab	۲۲/۷۰ ab	۰/۰۱۹ c	۰/۲۵ bcd	۱۱۰/۱۴ bc
	۶۲	۹۷/۳ ab	۱/۳۲ c-f	۰/۷۵ a-d	۱۸/۸۶ abc	۱۹/۹۰ ab	۳۷/۹۳ ab	۰/۰۴۱ abc	۰/۴۵ a-d	۲۷۲/۰۰ a
	۶۶	۹۰/۶ ab	۱/۲۹ c-f	۰/۷۸ a-d	۱۵/۵۰ abc	۱۸/۶۶ ab	۳۰/۹۹ ab	۰/۰۴۹ abc	۰/۲۶ bcd	۶۵/۲۱ bc
	۶۸	۹۲/۰ ab	۳/۲۶ a	۰/۳۰ d	۹/۰۷ abc	۱۴/۳۰ ab	۲۱/۳۱ ab	۰/۰۱۸ c	۰/۲۵ bcd	۸۹/۲۶ bc
	۷۲	۹۶/۰ ab	۲/۰۱ a-f	۰/۴۹ a-d	۲/۶۶ c	۳/۶۶ b	۶/۱۰ b	۰/۰۱۲ c	۰/۲۰ bcd	۱۳۰/۱۷ abc
<i>Th. fedchenkoi</i>	۲۰	۹۸/۶ a	۱/۴۳ a-f	۰/۷۰ a-d	۷/۹۶ abc	۱۱/۸۶ ab	۱۹/۰۵ ab	۰/۰۰۹ c	۰/۳۱ a-d	۶۴/۲۴ bc
	۵۲	۹۷/۳ ab	۲/۴۹ a-f	۰/۴۰ a-d	۵/۵۰ bc	۹/۷۶ ab	۱۴/۸۱ b	۰/۰۱۹ c	۰/۱۲ d	۵۷/۱۰ c
	۷۴	۹۴/۶ ab	۱/۴۳ a-f	۰/۷۰ a-d	۳/۳۳ c	۴/۶۶ b	۷/۵۴ b	۰/۰۱۲ c	۰/۲۵ bcd	۶۰/۱۸ bc

در هر ستون میانگین‌هایی با حروف غیر مشترک، دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد می‌باشند.

جدول ۴: همبستگی ویژگی‌های جوانه‌زنی در شرایط آزمایشگاه و وزن خشک تک بوته در شرایط مزرعه ۵۱ اکسشن آویشن

	درصد جوانه‌زنی	میانگین زمان جوانه‌زنی (روز)	جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه (میلی‌متر)	طول ساقه‌چه (میلی‌متر)	شاخص بنیه بذر	عدد گیاهچه (گرم)	وزن هزار (گرم)	وزن خشک تک بوته (گرم)
درصد جوانه‌زنی	۱									
میانگین زمان جوانه‌زنی (روز)	۰/۰۱۸ ns	۱								
سرعت جوانه‌زنی	۰/۰۰۴ ns	-۰/۹۵۵ **	۱							
طول ریشه‌چه (میلی‌متر)	۰/۰۱۵ ns	-۰/۰۹۳ ns	۰/۰۵۰ ns	۱						
طول ساقه‌چه (میلی‌متر)	۰/۰۴۹ ns	۰/۰۵۸ ns	-۰/۰۷۵ ns	۰/۹۲۹ **	۱					
شاخص بنیه بذر	۰/۲۰۶ *	۰/۰۱۷ ns	-۰/۰۴۰ ns	۰/۹۲۸ **	۰/۹۳۰ **	۱				
وزن خشک ۱۰ عدد گیاهچه (گرم)	۰/۰۶۳ ns	-۰/۲۵۹ **	۰/۲۸۱ **	۰/۵۸۵ **	۰/۵۹۳ **	۰/۳۱۰ **	۱			
وزن هزار دانه (گرم)	-۰/۰۰۱ ns	-۰/۰۸۰ ns	۰/۱۰۵ ns	۰/۳۳۲ **	۰/۲۸۰ **	۰/۳۱۰ **	۰/۱۵۴ *	۱		
وزن خشک تک بوته در مزرعه (گرم)	۰/۰۳۱ ns	۰/۰۲۹ ns	۰/۰۲۶ ns	۰/۰۶۹ ns	۰/۰۵۸ ns	۰/۱۰۹ ns	۰/۰۲۴ ns	۰/۰۱۱ ns	۱	

ns: فاقد اختلاف معنی‌دار، \* و \*\* اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد و پنج درصد

اولیه گیاهچه نمایان می‌باشد که با نتایج Edje و همکاران (۱۹۷۰) همخوانی دارد. یکی از دلایل افزایش وزن خشک در اکسشن‌هایی با سرعت جوانه‌زنی بالاتر می‌تواند به این دلیل باشد که با بالا بودن سرعت جوانه‌زنی زمان رشد بیشتری در دسترس گیاهچه قرار گرفته است. وزن هزار دانه با سرعت جوانه‌زنی همبستگی معنی‌داری نشان نداد که عدم معنی‌دار شدن ممکن است به دلیل تفاوت کم بین وزن هزار دانه و یا کم بودن زمان جوانه‌زنی برای نشان دادن تفاوت‌ها باشد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج Stanton (۱۹۸۴)، Baker و Edwards (۱۹۸۶a,b)، Hartwig و Perry (۱۹۷۱) و Harrison (۱۹۷۳) و Gharineh و همکاران (۲۰۰۴) و Enayat Gholizadeh و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد. در حالیکه Khan و همکاران (۲۰۰۵)، Gholami و همکاران (۲۰۰۹)، Adjei و همکاران (۲۰۱۱) و Hojjat (۲۰۱۱) افزایش سرعت جوانه‌زنی را در بذور بزرگ‌تر گزارش نمودند. بر اساس نتایج وزن هزار دانه با میانگین زمان جوانه‌زنی همبستگی معنی‌داری نشان نداد که با نتایج Hicks و همکاران (۱۹۷۶)، Hampton (۱۹۹۳)، Akbari و همکاران (۲۰۰۴) و Msuya و Stefano (۲۰۱۰) و Enayat Gholizadeh و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد.

بر اساس نتایج طول ریشه‌چه و ساقه‌چه اکسشن‌های مختلف جمع‌آوری شده از ارتفاعات پایین‌تر بیشتر از اکسشن‌های جمع‌آوری شده از ارتفاعات بالاتر بود. رشد ریشه‌چه معیار مناسبی برای ارزیابی قدرت رویش بذر است زیرا با ایجاد یک سیستم ریشه‌ای قوی امکان بقای گیاهچه به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد (Makkawi et al., 1999). طول گیاهچه معیاری از بنیه گیاهچه محسوب می‌شود و در بسیاری از گونه‌ها همبستگی بالایی بین طول اجزا گیاهچه و بنیه بذر مشاهده شده است و از آن به

مقایسه میانگین‌ها نشان داد بالاترین وزن خشک اندام هوایی تک بوته در مزرعه مربوط به اکسشن‌های ۷۰ از آذربایجان غربی مربوط به گونه *Th. kotschyanus* و ۳۸ از قزوین، ۶۲ از لرستان و ۷۲ از مرکزی مربوط به گونه *Th. daenensis* بود (جدول ۳). نتایج نشان داد وزن هزار دانه بذرها تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک تک بوته در مزرعه نداشت (جدول ۴). در مجموع نتایج این پژوهش حاکی از اختلاف زیاد بین نمونه‌های مورد بررسی و تنوع بالا از نظر صفات بذری می‌باشد.

### بحث

بر اساس نتایج درصد جوانه‌زنی بذور جمع‌آوری شده از ارتفاعات بالاتر جوانه‌زنی بالاتری نشان دادند که با نتایج پژوهش‌های Perez Garsia و همکاران (۲۰۰۳) و Gimenez Benavides و همکاران (۲۰۰۵) همخوانی دارد. بر اساس نتایج وزن هزار دانه با درصد جوانه‌زنی همبستگی معنی‌داری نشان نداد که عدم معنی‌دار شدن ممکن است به دلیل تفاوت کم بین وزن هزار دانه و یا کم بودن زمان جوانه‌زنی برای نشان دادن تفاوت‌ها باشد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج Cordazzo (۲۰۰۲)، Akbari و همکاران (۲۰۰۴) و Msuya و Stefano (۲۰۱۰) مطابقت دارد. در حالیکه این نتایج مغایر با پژوهش‌های Chastain و همکاران (۱۹۹۵)، حجت (۲۰۱۱) و Aliabadi Farahani و همکاران (۲۰۱۱) می‌باشد. Kumar و همکاران (۱۹۸۶) مشاهده نمودند که اندازه بذر همانند کوچکی، سبکی یا بزرگی ظاهری تأثیر معنی‌داری بر جوانه‌زنی و قدرت رشد گیاهچه و عملکرد بذر ندارد.

بر اساس نتایج همبستگی بین سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه مثبت بود یعنی با افزایش سرعت جوانه‌زنی، وزن خشک گیاهچه افزایش نشان داد. بنابراین اهمیت سرعت جوانه‌زنی در قدرت و استقرار

و Aliabadi، (۱۹۹۳) Gonzalez، (۱۹۷۳) Everson و Farahani و همکاران (۲۰۱۱) و López-Castañeda و همکاران (۱۹۹۴) مطابقت دارد.

بالا تر بودن وزن خشک گیاهچه می‌تواند نشان دهنده بالا بودن برخی فعالیت‌های فیزیولوژیک و همچنین افزایش بازده استفاده از مواد غذایی درون بذر باشد. Mc Daniel (۱۹۶۹) گزارش نمود وزن گیاهچه با فعالیت بیوشیمیایی و پروتئین‌های میتوکندری همبستگی مثبتی دارد. نتایج نشان داد با افزایش وزن هزار دانه، وزن خشک گیاهچه افزایش می‌یابد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، وزن هزار دانه بیشتر سبب رشد طولی و وزنی بیشتر گیاهچه خواهد شد که این امر می‌تواند باعث استقرار بهتر گیاهچه در مزرعه شود. این نتایج با پژوهش‌های Lafond و Baker (۱۹۸۶a,b)، Bonfil (۱۹۹۸)، Akbari و همکاران (۲۰۰۴)، Msuya و Stefano (۲۰۱۰)، Zaidman و همکاران (۲۰۱۰) و Nedeva و Nicolova (۱۹۹۹) مطابقت دارد. علت افزایش وزن خشک گیاهچه در بذره‌های سنگین‌تر می‌تواند ناشی از بیشتر بودن ذخایر غذایی بذر باشد که طی جوانه‌زنی از حالت ذخیره‌ای به صورت ساختارهای مختلف در گیاهچه درآمده است (Singh *et al.*, 1972; Tripathi & Khan, 1990; Durrant & Loads, 1990). بر اساس نتایج همبستگی بین وزن خشک گیاهچه با طول ریشه‌چه و ساقه‌چه معنی‌دار بود که با پژوهش Msuya و Stefano (۲۰۱۰) همخوانی دارد. نتایج نشان داد وزن هزار دانه بذرها تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک تک بوته در مزرعه نداشت. توماس (Thomas, 1966) گزارش نمود وزن بذر تنها در ابتدای رشد گیاهچه بر قدرت و بنیه گیاهچه تأثیر دارد و با افزایش سن گیاه این اثر کم و غیر معنی‌دار خواهد شد.

#### نتیجه‌گیری کلی

عنوان معیاری برای ارزیابی رشد گیاهچه و بنیه بذر استفاده می‌شود (Hampton & TeKrony, 1995). نتایج نشان داد وزن هزار دانه تأثیر معنی‌داری بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاه دارد به‌طوری‌که با افزایش وزن هزار دانه، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه افزایش یافت که نتایج این آزمایش با مشاهدات Wulff (۱۹۸۶)، Leishman و Westoby (۱۹۹۴)، Alkaraki (۱۹۹۸)، Gharineh و همکاران (۲۰۰۴)، Zaidman و همکاران (۲۰۱۰)، Aliabadi Farahani و همکاران (۲۰۱۱) و Sawan و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد. Khadi و همکاران (۱۹۹۴) گزارش نمودند در پنبه با وجود آنکه برخی گیاهچه‌ها دارای ابعاد طولی مشابهی بودند اما آن دسته از گیاهچه‌هایی که دارای ریشه‌چه طویل‌تری نسبت به ساقه‌چه بودند توانستند شاخص قدرت رشد گیاهچه بالاتری ایجاد نمایند. طول ساقه‌چه بیشتر در شرایط کشت عمیق و زمین‌های سله بسته می‌تواند بذر را در رساند گیاهچه به سطح خاک یاری دهد. اما در شرایط کشت با عمق مطلوب بزرگی این صفت می‌تواند تنها به هدر رفتن منابع غذایی بذر به منظور رشد بیش از حد مطلوب ساقه‌چه بیانجامد و مواد غذایی کمتری به ریشه که در آغاز رشد بسیار مهم می‌باشد برساند (Smith & Cothren, 1999).

یکی از شاخص‌های تعیین‌کننده کیفیت بذر، شاخص بنیه بذر می‌باشد. بذرهایی که دارای بنیه قوی‌تر هستند، توانایی بالایی در تحمل تنش‌های محیطی دارند و ضمن داشتن درصد بالایی از جوانه‌زنی قادرند گیاهچه‌های طبیعی و قوی تولید نمایند نتایج نشان داد در یک گونه بذور جمع‌آوری شده از ارتفاعات بالاتر شاخص بنیه بذر کم‌تری نسبت به بذور جمع‌آوری شده از ارتفاعات پایین‌تر داشتند. با توجه به نتایج به‌دست آمده، وزن هزار دانه بالاتر سبب افزایش بنیه بذر خواهد شد که این امر می‌تواند باعث استقرار بهتر گیاهچه در مزرعه شود. این نتایج با پژوهش‌های Ries

در مجموع نتایج این پژوهش حاکی از اختلاف زیاد بین نمونه‌های مورد بررسی و تنوع بالا از نظر صفات بذری می‌باشد. اختلاف بین اکسشن‌ها می‌تواند ناشی از مقدار و فعالیت آنزیم‌های مؤثر در فرآیند تبدیل عناصر غذایی به بافت گیاهی و جذب سریع‌تر آب از پوسته بذر باشد ( Hofmann *et al.*, 1986; Tupper *et* )

1971). لازم به ذکر است کلیه بذرهای مورد استفاده در این آزمایش پس از رسیدگی فیزیولوژیک در رویشگاه اصلی برداشت شدند و دارای طول عمر و شرایط نگهداری کاملاً مشابه بودند. از این رو تفاوت معنی‌دار مشاهده شده بین صفات فوق به دلیل تفاوت‌های ژنتیکی و اقلیمی آنها می‌باشد.

## References

- Abdul-Baki, A.A., and Anderson, J.D. (1973). Relationship between decarboxylation of glutamic acid and vigour in soybean seeds. *Crop Science*, 13: 222-226. <https://doi.org/10.2135/cropsci1973.0011183X001300020023x>
- Adjei, P.Y., Banful, B.K., and Idun, I.A. (2011). Seed size and seed cut-length effects on germination behavior and seedling growth of avocado (*Persea Americana* Merr.). *International Journal of Agricultural Research*, 6(3): 299-305. <https://doi.org/10.3923/ijar.2011.299.305>
- Akbari, G.A., Ghasemi Pirbalouti, M., Najaf Abadi Farahani, M., and Shahverdi, M. (2004). Effect of harvesting time on soybean seed germination and vigor. *Journal of Agriculture*, 6: 9-18. [https://joa.ut.ac.ir/article\\_10402.html?lang=en](https://joa.ut.ac.ir/article_10402.html?lang=en)
- Aliabadi Farahani, H., Moaveni, P., and Maroufi, K. (2011). Effect of seed size on seedling vigour in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Advances in Environmental Biology*, 5(7): 1701-1705. <http://www.aensiweb.com/old/aeb/2011/1701-1705.pdf>
- Al-Karaki, G.N. (1998). Seed size and water potential effects on water uptake, germination and growth of *Lentil*. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 181(4): 237-242. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.1998.tb00423.x>
- Amico, R.U., Zizzo, G.V., Agnello, S., Sciortino, A., and Iapichino, G. (1994). Effect of seed storage and seed size on germination, emergence and bulb production of *Amaryllis belladonna* L. *Acta Horticulturae*, 362: 281-288. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1994.362.34>
- Arunachalam, A., Khan, M.L., and Singh, N.D. (2003). Germination, growth and biomass accumulation as influenced by seed size in *Mesua ferrea* L. *Turkish Journal of Botany*, 27: 343-348. <https://journals.tubitak.gov.tr/botany/vol27/iss5/1/>
- Ashraf, M., and Waheed, A. (1990). Screening of local exotic of lentil (*Lens Culinaris* Medik.) for salt tolerance at two growth stages. *Plant and Soil*, 128: 167-176. <https://doi.org/10.1007/BF00011106>
- Baalbaki, R.Z., and Copeland, L.O. (1997). Seed size, density and protein content effect on field performance of wheat. *Seed Science and Technology*, 25: 511-521.
- Basra, S.M.A., Zia, M.N., Mahmood, T., Afzal, L., and Khaliq, A. (2002). Comparison of different invigoration techniques in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pakistan Journal of Agriculture*, 5(2): 325-329. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122650/records/64723e492c1d629bc978e680>
- Begnami, C.N., and Cortelazzo, A.L. (1996). Cellular alterations during accelerated aging of French bean seeds. *Seed Science and Technology*, 24: 295-303.
- Bishnoi, U.R., and Santos, M.M. (1996). Evaluation of seed of three mungbean cultivars for storability, quality and field performance. *Seed Science and Technology*, 24: 237-243.
- Bonfil, C. (1998). The effects of seed size, cotyledon reserves, and herbivory on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Q. laurina* (Fagaceae). *American Journal of Botany*, 85: 79-87. <https://bsapubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.2307/2446557>

- Chastain, T.G., Ward, K.J. and Wysocki, D.J. (1995). Stand establishment responses of soft white winter wheat to seedbed residue and seed size. *Crop Science*, 35: 213-218. <https://doi.org/10.2135/cropsci1995.0011183X003500010040x>
- Chitra Devi, L., Kant, K., and Dadlani, M. (2003). Effect of size grading and ageing on sinapine leakage, electrical conductivity and germination percentage in the seed of mustard (*Brassica juncea* L.). *Seed Science and Technology*, 31, 505-509. 10.15258/sst.2003.31.2.27
- Copeland, L.O., and McDonald, M.B. (1995). Seedlot potential, viability, vigour and field performance. *Seed Science and Technology*, 22: 421-425.
- Cordazzo, C.V. (2002). Effect of seed mass on germination and growth three dominant species in Southern Brazilian coastal dunes. *Brazilian Journal of Biology*, 62(3): 427-435. 10.1590/S1519-69842002000300005
- Dahiya, D.S., Tomer, R.P.S., Dahiya, B.S., and Kumar, A. (1994). Genetic for speed of germination under laboratory condition in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Seed Science and Technology*, 22: 629-632.
- Demir, I., Ermis, S., Mavi, K., and Matthews, S. 2008. Mean germination time of pepper seed lots (*Capsicum annum* L.) predicts size and uniformity of seedlings in germination tests and transplant modules. *Seed Science and Technology*, 36(1): 21-30. 10.15258/sst.2008.36.1.02
- Durrant, M.J., and Loads, A.H. (1990). Some changes in sugar beet seeds during maturation and after density grading. *Seed Science and Technology*, 18: 11-21.
- Edje, C.T., and Burris, J.S. (1970). Seedling vigour in soybean. *Proceedings of Association of Official Seed Analysts*, 60: 149-157. <https://www.jstor.org/stable/23432473>
- Edwards, C.J.J., and Hartwig, E.E. (1971). Effect of seed size upon rate of germination in soybeans. *Agronomy Journal*, 63(3): 429-450. <https://doi.org/10.2134/agronj1971.00021962006300030024x>
- Ellis, R.H., and Roberts, E.H. (1980). Improved equations for the prediction of seed longevity. *Annals of Botany*, 45: 13-30. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a085797>
- Enayat Gholizadeh, M.R., Gharineh, M.H., Bakhshandeh, A.M., Alamisaeid, K.H., Dehghanshoar, M., and Sharafizadeh, M. (2011). Response of the seedling characters of S.C704 maize affected by the source and size of the seed in laboratory conditions using standard germination test. *Advances in Environmental Biolog*, 5(10): 3138-3144. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:85830964>
- Gharineh, M.H., Bakhshandeh, A., and Ghasemi Golezani, K. (2004). Vigor and seed germination of wheat cultivar in Khuzestan environmental condition. *The Scientific Journal of Agriculture*, 27: 65-76. (In Persian)
- Ghasemi Golozani, K., Salehian, H., Rahimzadeh Khoei, F., and Moghadam, M. (1996). The effects of seed vigor on emergence and grain yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 2: 48-54.
- Gholami, A., Sharafi, S., Sharafi, A., and Ghasemi, S. (2009). Germination of different seed size of pinto bean cultivars as affected by salinity and drought stress. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 7(2): 555-558. <https://doi.org/10.1234/4.2009.1732>
- Gimenez Benavides, L., Escudero, A., and Perez Garcia, F. (2005). Seed germination of high mountain Mediterranean species: altitudinal, inter population and inter annual variability. *Ecological Research*, 20(4), 433-444. 10.1007/s11284-005-0059-4
- Gonzalez, E.J. (1993). Effect of seed size on germination and seedling vigor of *Virola koschnyi* Warb. *Forest Ecology and Management*, 57(1-4): 275-281. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(93\)90177-O](https://doi.org/10.1016/0378-1127(93)90177-O)
- Hampton, J.G. (1993). The ISTA perspective of seed vigor testing. *Journal of Seed Technology*, 17(2): 105-109. <https://www.jstor.org/stable/23432675>
- Hampton, J.G., and TeKrony, D.M. (1995). Handbook of Vigor-Test Methods. 3rd edition. International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland. <https://www.seedtest.org/en/handbooks/handbook-for-vigour-test-methods-3rd-edition-1995-product-1049.html>

- Hastrup Peadersen, L., Jorgensen, P.E., and Poulsen, I. (1993). Effect of seed vigor and dormancy on field emergence, development and grain yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and winter barley (*Hordeum vulgare* L.). *Seed Science and Technology*, 21: 159-178.
- Hicks, D.R., Peterson, R.H., Lueschen, W.E., and Ford, J.H. (1976). Seed grade effect on corn performance. *Agronomy Journal*, 68(5): 819-820. <https://doi.org/10.2134/agronj1976.00021962006800050034x>
- Hoffmann, W.C., Kittock, D.L., and Alemayeku, M. (1986). Planting seed density in relation to cotton emergence and yield. *Agronomy Journal*, 80(5): 834-836. <https://doi.org/10.2134/agronj1988.00021962008000050030x>
- Hojjat, S.S., (2011). Effects of seed size on germination and seedling growth of some Lentil genotypes (*Lens culinaris* Medik.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 3: 1-5. <https://profdoc.um.ac.ir/paper-abstract-1040977.html>
- Jamzad, Z., (1994). Thyme. Research Institute of Forests and Rangelands Press, Tehran, Iran.
- Jamzad, Z., (2009). *Thymus* and *Satureja* species of Iran. Research Institute of Forests and Rangelands press, Tehran, Iran.
- Jorge, M.H.A. and Ray, D.T. (2005). Germination characterization of Guayule (*Parthenium argentatum*) seed by morphology mass and X-ray and analysis. *Industrial Crops and Products*, 22: 59-63. 10.1016/j.indcrop.2004.05.007
- Kaydan, D., and Yağmur, M. (2008). Germination, seedling growth and relative water content of shoot in different seed sizes of triticale under osmotic stress of water and NaCl. *African Journal of Biotechnology*, 7(16): 2862-2868. <https://academicjournals.org/journal/AJB/article-full-text-pdf/CB15E408369>
- Khadi, B.M., Parkasha Rao, R., Yenjerappa, S.T., Janagoudar, B.S., Eshanna, M.R., and Naik, R.B. (1994). Effects of crossing period on seed quality of a cotton hybrid. *Seed Research*, 22: 7-11.
- Khan, A., Jan, A., Bashir, S., and Mammona, N. (2005). Effect of nitrogen and seed size on maize crop. *Journal of Agriculture and Social Sciences*. 1(4): 380-381. [https://www.researchgate.net/publication/262375093\\_Effect\\_of\\_nitrogen\\_and\\_seed\\_sizes\\_on\\_maize\\_crop\\_I\\_Crop\\_stand\\_and\\_plant\\_height#:~:text=Larger%20seeds%20resulted%20in%20maximum,agro%2Dclimatic%20condition%20of%20Peshawar.](https://www.researchgate.net/publication/262375093_Effect_of_nitrogen_and_seed_sizes_on_maize_crop_I_Crop_stand_and_plant_height#:~:text=Larger%20seeds%20resulted%20in%20maximum,agro%2Dclimatic%20condition%20of%20Peshawar.)
- Khajeh-Hosseini, M., Lomholt, A., and Matthews, S. (2009). Mean germination time in the laboratory estimates the relative vigour and field performance of commercial seed lots of maize (*Zea mays* L.). *Seed Science and Technology*, 37(2): 446-456. 10.15258/sst.2009.37.2.17
- Kulakanavar, R.M., Shashidhara, S.D., and Kulkanrni, G.N. (1989). Effect of grading on quality of wheat seeds. *Seed Research*, 182-185.
- Kumar, V., Mehta, N.P., and Gohil, M.D. (1986). Effect of seed size on germination, seedling vigour and yield. *Seed Research*, 14: 99-101.
- Lafond, G.P., and Baker, R.G. (1986a). Effects of temperature moisture stress, and seed size on germination of nine spring wheats. *Crop Science*, 26: 563-567. <https://doi.org/10.2135/cropsci1986.0011183X002600030028x>
- Lafond, G.P., and Baker, R.G. (1986b). Effects of genotype and seed size on speed of emergence and seedling vigor in nine spring wheat cultivars. *Crop Science*. 26: 341-346. <https://doi.org/10.2135/cropsci1986.0011183X002600020027x>
- Latifi, N., Soltani, A., and Spanner, D. (2004). Effect of temperature on germination components in Canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 35(2): 313-321. [https://jijas.ut.ac.ir/article\\_17951.html?lang=fa](https://jijas.ut.ac.ir/article_17951.html?lang=fa)
- Leishman, M., and Westoby, M. (1994). The role of large seeds in seedling establishment in dry soil conditions - experimental evidence from semi-arid species. *Journal of Ecology*, 82(2), 249-258. <https://www.jstor.org/stable/2261293>
- Lopez Castaneda, C., Richards, R.A., and Farquhar, D.G. (1995). Variation in early vigour between wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.). *Crop Science*, 35: 472-479. 10.2135/cropsci1995.0011183X003500020032x

- Lopez Castaneda, C., Richards, R.A., Farquhar, D.G., and Williamson, R.E. (1996). Seed and seedling characteristics contributing to variation in early vigour among temperate cereals. *Crop Science*, 36: 1257-1266. <https://doi.org/10.2135/cropsci1996.0011183X003600050031x>
- Makkawi, M., El Balla, M., Bishaw, Z., and Van Gastel, A.J.G. (1999). The relationship between seed vigour tests and field emergence in lentil (*Lens culinaris* Medikus). *Seed Science and Technology*, 27: 657-668.
- Matthews, S., and Khajeh Hosseini, M. (2006). Mean germination time as an indicator of emergence performance in soil of seed lots of maize (*Zea mays*). *Seed Science and Technology*, 24(2): 339-347. 10.15258/sst.2006.34.2.09
- Mc Daniel, R.G. (1969). Relationship of seed weight, seedling vigour and mitochondrial metabolism in barley. *Crop Science*, 9(6): 823-827. <https://doi.org/10.2135/cropsci1969.0011183X000900060048x>
- Morales, R. (2002). The history, botany and taxonomy of the genus *Thymus*, In: Thyme: The Genus *Thymus*, pp. 1-43. eds. Stahl Biskup, E. and F. Saez. Taylor and Francis, London. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9780203216859-5/history-botany-taxonomy-genus-thymus-ram%C3%B3n-morales>
- Moshatati, A., Hejazi, A., Kian Mehr, M.H., Sadat Noori, S.A., and Gharineh, M.H. (2009). Effect of seed weight on germination and growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedling pishtaz variety. *Crop Production*, 2(1): 137-144. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.2008739.1388.2.1.9.7>
- Msuya, D.G., and Stefano, J. (2010). Responses of maize (*Zea mays*) seed germination capacity and vigour to seed selection based on size of cob and selective threshing. *World Journal of Agricultural Sciences*, 6(6): 683-688. [https://www.researchgate.net/publication/337949794\\_Responses\\_of\\_Maize\\_Zea\\_mays\\_Seed\\_Germination\\_Capacity\\_and\\_Vigour\\_to\\_Seed\\_Selection\\_Based\\_on\\_Size\\_of\\_Cob\\_and\\_Selective\\_Threshing#:~:text=Size%20of%20ears%20did%20not,expression%20of%20high%20grain%20vigour](https://www.researchgate.net/publication/337949794_Responses_of_Maize_Zea_mays_Seed_Germination_Capacity_and_Vigour_to_Seed_Selection_Based_on_Size_of_Cob_and_Selective_Threshing#:~:text=Size%20of%20ears%20did%20not,expression%20of%20high%20grain%20vigour)
- Nedeva, D., and Nicolova, A. (1999). Fresh and dry weight changes and germination capacity of natural or premature desiccated developing wheat seeds. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 25: 3-15. [http://www.bio21.bas.bg/ipp/gapbfiles/v-25/99\\_1-2\\_03-15.pdf](http://www.bio21.bas.bg/ipp/gapbfiles/v-25/99_1-2_03-15.pdf)
- Opoku, G., Davies, F.M., Zetrio, E.V., and Camble, E.E. (1996). Relationship between seed vigor and yield of white beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Varieties and Seeds*, 9(2): 119-125. [https://www.researchgate.net/publication/290022599\\_Relationship\\_between\\_seed\\_vigour\\_and\\_yield\\_of\\_white\\_beans\\_Phaseolus\\_vulgaris\\_L](https://www.researchgate.net/publication/290022599_Relationship_between_seed_vigour_and_yield_of_white_beans_Phaseolus_vulgaris_L)
- Pahlavani, M.H., Ahmadi, A., Palooj, E., and Jafari, A. (2009). Association between seed physical characteristics, germination and seedling growth using canonical correlation analysis. *Journal of Plant Production Research*, 16(2): 47-66. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23222050.1388.16.2.4.1>
- Peksen, E., Peksen, A., Bozolu, H., and Gülümser, A. (2004). Some seed traits and their relationships to seed germination and field emergence in Pea (*Pisum sativum* L.). *Journal of Agronomy*, 3: 243-246. 10.3923/ja.2004.243.246
- Perry, D.A., and Harrison, J.G. (1973). Causes and development of bellow heat in pea seed. *Annals of Applied Biology*, 73(1): 95-101. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1973.tb01313.x>
- Perry, D.A. (1991). Methodology and application of vigour tests. International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland.
- Peterson, C.M., Klepper, B., and Rickman, R.W. (1989). Seed reserves and seedling development in winter wheat. *Agronomy Journal*, 81: 245-251. <https://doi.org/10.2134/agronj1989.00021962008100020022x>
- Perez Garcia, F., Hornero, J., and Gonzalez-Benito, M.E. (2003). Interpopulation variation in seed germination of five Mediterranean Labiatae shrubby species. *Israel Journal of Plant Sciences*, 51(2): 117-124. 10.1560/2YAB-37UL-70QV-LMFT

- Randhawa, G.S., Bains, D.S., and Gill, G.S. (1973). The effects of the size of seed on the growth and development of wheat. *Journal of Agricultural Research*, 10: 291-295.
- Rebetzke, G.S., and Richards, R.A. (1999). Genetic improvement of early vigour in wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50: 291-301. 10.1071/A98125
- Ries, S.K., and Everson, E.H. (1973). Protein content and seed size relationships with seedling vigor of wheat cultivars. *Agronomy Journal*, 65(6): 884-886. <https://doi.org/10.2134/agronj1973.00021962006500060011x>
- Roberts, E.H., and Osei-Bonsu, K. (1988). Seed and seedling vigour In: World Crops: Cool Season Food Legumes. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture (Vol 5), pp. 897-910. Ed. R.J. Summerfield. Springer, Dordrecht, 1230p. [https://doi.org/10.1007/978-94-009-2764-3\\_71](https://doi.org/10.1007/978-94-009-2764-3_71)
- Roostrok, M., Ghassemi-Golezani, K., and Javanshir, A., (2002). Relationship between seed vigour and field performance in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Seed and Plant*, 18(2), 156-169. <https://doi.org/10.22092/spij.2017.110853>
- Sawan, Z.M., Fahmy, A., and Yousef, S.E. (2011). Effect of potassium, zinc and phosphorus on seed yield, seed viability and seedling vigor of cotton (*Gossypium barbadense* L.). *Archives of Agronomy and Soil Science*, 57(1): 75-90. 10.1080/03650340903222328
- Singh, J.N., Tripathi, S.K., and Negi, P.S. (1972). Note on the effect of seed size on germination, growth and yield of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 42(1): 83-86. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19720702134>
- Smith, C.W., and Cothren, J.T. (1999). Cotton: Origin, History, Technology, and Production. John Wiley and Sons, New York, USA, 850p. [https://books.google.com/books/about/Cotton.html?id=5XM6b1TKS5cCandsource=kp\\_book\\_description](https://books.google.com/books/about/Cotton.html?id=5XM6b1TKS5cCandsource=kp_book_description)
- Soleimanzadeh, H., Habibi, D., Seyedi, M.N. and Nasrollahi, M. (2008). Comparison of the best seed vigor test for prediction of seedling emergence and grain yield in rapeseed. *New Findings in Agriculture*, 3(9): 41-45. <https://sanad.iau.ir/Journal/nfa/Article/1086315>
- Soltani, A., Zeinali, E., Galeshi, S., and Latifi, N. (2001). Genetic variation for and interrelationships among seed vigor traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) from the Caspian Sea Coast of Iran. *Seed Science and Technology*, 29: 653-662. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20013151205>
- Soltani, A., Zeinali, E., Galeshi, S., and Latifi, N. (2002). Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by salinity and seed size. *Seed Science and Technology*, 30: 51-60. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:81876128>
- Stanton, M.L. (1984). Seed variation in wild radish: effect of seed size on components of seedling and adult fitness. *Ecology*, 65(4): 1105-1112. <https://doi.org/10.2307/1938318>
- Tabrizi, L., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Rezvani Moghaddam, P. (2007). Germination behaviour of cultivated and natural stands seeds from of khorasan thyme (*Thymus transcaspicus* Klokov) with application of regression models. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 5(2):, 249-257. [https://jcesc.um.ac.ir/article\\_29620.html](https://jcesc.um.ac.ir/article_29620.html)
- TeKrong, D.M., and Egli, D.M. (1991). Relationship of seed vigour to crop yield: A review. *Corp Science*, 31: 816-822. <https://doi.org/10.2135/cropsci1991.0011183X003100030054x>
- Thanos C.A., C.C. Kadisa, and F. Skaroua. (1995). Ecophysiology of germination in the aromatic plants thyme, savory and oregano (Labiatae). *Seed Science Research*, 5: 161-170. <https://doi.org/10.1017/S0960258500002786>
- Thomas, R.L., (1966). The influence of seed weight on seedling vigour in *Lolium perenne*. *Annals of Botany*, 30(1), 111-121. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a084052>
- Tripathi, R.S., and Khan, M.L. (1990). Effects of seed weight and microsite characteristics on germination and seedling fitness in two species of *Quercus* in a subtropical wet hill forest. *Oikos*, 57: 289-296. <https://doi.org/10.2307/3565956>

- Tupper, G.R., Kunze, O.R., and Wilkes, L.H. (1971). Physical characteristics of cottonseed related to seedling vigor and design parameters for seed selection. *Transactions of the ASAE*, 14(5):, 890-893. <https://hdl.handle.net/1969.1/DISSSERTATIONS-175693>
- Wen, S.H.T., and Kung-Cheheng, M.E. (1990). Relationship between seed health, seed vigour and the performance of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) in the field. *Seed Science and Technology*, 18: 713-719.
- Wulff, R.D., (1986). Seed size variation in *Desmodium paniculatum*: II. Effects on seedling growth and physiological performance. *Journal of Ecology*, 74(1): 99-114. <https://www.jstor.org/stable/2260351>
- Zaidman, B.Z., Ghanim, M. and Vaknin, Y. (2010). Effect of seed weight on seed vigour and early seedling growth of *Jatropha curcas*, a biodiesel plant. *Seed Science and Technology*, 38(3): 757-766. <https://doi.org/10.15258/sst.2010.38.3.22>