اثر سرمادهی مرطوب بر جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه توده‌های اسفناج بومی ایران

مختار حیدری[1*]، محمدرضا زارع بوانی[2] و سید عبدا... افتخاری[3]

[1] دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، خوزستان، ایران
[2] استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، خوزستان، ایران
[3] دانشیار،گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۲۹

چکیده

به‌منظور مطالعه اثر سرمادهی مرطوب بر شاخص‌های جوانه‌زنی هفت توده اسفناج، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در سال ۱۳۹۵ انجام شد. تیمارها در این مطالعه شامل چهار سطح سرمادهی مرطوب (۰، ۳، ٦ و ۹ روز) و توده‌های اسفناج (کوهبان، شیروان، قوچان، قم، ورامین-۲، ورامین-۳ و کرج) بودند. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری در شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه وجود داشت. بهترین زمان سرمادهی در توده‌های قم، شیروان و ارومیه در ۹ روز سرمادهی وجود داشت. بیشترین سرعت جوانه‌زنی در بذور، کرج، ورامین-۳، ورامین-۲، شیروان، قوچان و قم پس از ۹ روز سرمادهی و در بذور کوهبان پس از شش روز سرمادهی وجود داشت. سرمادهی بذور اسفناج موجب تغییرات معنی‌دار در جوانه‌زنی بذر گردید و مشخص گردید دوره سرمادهی کوتاه (تا ۹ روز) در بهبود جوانه‌زنی بذر اسفناج مؤثر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تیمار بذر، درصد جوانه‌زنی، شاخص‌های رشد گیاهچه

مقدمه

اسفناج از خانواده سلمه تره (Chenopodiaceae) یکی از گیاهان بومی ایران و یک سبزی برگی پرمصرف می‌باشد که کشت و پرورش آن در نقاط مختلف کشور انجام می‌گردد. نتایج مطالعات انجام شده مشخص نموده تنوع زیادی در توده‌های مختلف اسفناج ایران از نظر خصوصیات ریخت شناسی بخش‌های مختلف گیاه (Asadi and Hassandokht, 2007; Eftekhari et al., 2010) و ترکیبات تشکیل دهنده (Erfani et al., 2006; Eftekhari et al., 2015) وجود دارد و با توجه به اهمیت کشت تجاری این محصول، لازم است جنبه‌های مختلف این تنوع در توده‌ها مورد بررسی قرار گیرد. دما یکی از عوامل محیطی مؤثر بر جوانه‌زنی بذر گیاهان می‌باشد و بر فعالیت‌های بیوشیمیایی و آنزیمی دخالت کننده در رکود یا تجزیه مواد غذایی ذخیره و تأمین انرژی مورد نیاز رویان اثرات تعیین کننده‌ای دارد. جوانه‌زنی بذر گیاهان در دامنه دمایی محدودی انجام می‌شود. بسته به حساسیت گونه یا رقم، خارج از این دامنه بهینه دمایی، جوانه‌زنی بذر کاهش می‌یابد (Bewley and Black, 1982). به‌دلیل افزایش تقاضا برای سبزی‌ها، کاشت آن‌ها در طول سال و یا نقاط مختلف آب و هوایی انجام می‌شود، در نتیجه امکان جوانه‌زنی بذر آن‌ها در دمای بهینه وجود ندارد. این امر منجر به کاهش جوانه‌زنی و

*نویسنده مسئول: mkheidari@yahoo.com

تولید گیاهچه‌های ضعیف می‌شود. در حال حاضر اسفناج یکی از مهم‌ترین سبزیجاتی می‌باشد که در مناطق مختلف دنیا از جمله ایران، در شرایط آب و هوایی متفاوتی کشت می‌شود، به همین دلیل در مورد اثر عوامل محیطی مانند دما بر جوانه‌زنی بذر اسفناج مطالعات مختلفی انجام شده است (Sifton, 1927; Atherton and Farooque, 1983; Katzman et al., 2001; Suganuma and Ohno, 1984)، با این وجود در مورد اثر عوامل محیطی مختلف مانند دما بر جوانه‌زنی بذر توده‌های اسفناج ایران اطلاعاتی وجود ندارد. علاوه بر تنوع مناطق کشت، گستردگی مناطق تولید بذر نیز باید در نظرگرفته شود. دما یکی از عوامل محیطی مؤثر بر رشد و نمو بذر بر روی گیاه مادری می‌باشد که جوانه‌زنی بذر اسفناج و گیاهان دیگر مانند کاهو را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Wiebe, 1989). تکثیر اسفناج با استفاده از بذر و به صورت کاشت مستقیم در محل اصلی می‌باشد. در بسیاری از مناطق نیمه گرمسیری جنوب کشور مانند استان خوزستان، به دلیل افزایش شدید دما در اواخر زمستان، امکان تولید بذر مرغوب اسفناج وجود ندارد و برای کشت تجاری اسفناج که در پاییز تا اوایل زمستان انجام می‌شود، بذر برخی توده‌ها از نقاط دیگر برای کشت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

هم‌چنین یافتن روش‌هایی که موجب بهبود جوانه‌زنی بذر اسفناج گردد، می‌تواند در آزمون‌های جوانه‌زنی بذر در آزمایشگاه مورد استفاده قرار گیرد. در تعیین استاندارد آزمایشگاهی بذر، برای انجام آزمون‌های جوانه‌زنی بذر اسفناج استفاده از روش سرمادهی پیشنهاد گردیده است ولی طول دوره آن مشخص نگردیده است (Rastegar, 1992).

در مورد اثرات دمای پایین و بالا بر جوانه‌زنی بذر اسفناج مطالعات مختلفی انجام شده است. اسفناج از سبزی‌هایی می‌باشد که کشت و پرورش آن در فصل خنک انجام می‌گیرد. حداقل دمای جوانه‌زنی بذر اسفناج ۲ درجه سلسیوس (Zvalo and Respondek, 2008; Ryder, 1979) و حداکثر ۳۰ درجه سلسیوس و دمای بهینه ۷ تا ۲۰ درجه سلسیوس گزارش شده است (Zvalo and Respondek, 2008) با این حال گزارش گردیده است جوانه‌زنی بذر اسفناج حتی در شرایط دمای بهینه نیز پائین است (Suganuma and Ohno, 1984). استفاده از روش‌هایی که موجب بهبود جوانه‌زنی بذر اسفناج در دمای پایین شود، می‌تواند در بهبود استقرار و تسریع رشد اولیه دانهال‌های اسفناج پس از جوانه‌زنی در دمای پایین بسیار مهم باشد؛ زیرا جوانه‌زنی سریع، همزمان بذر و درصد بالای درصد جوانه‌زنی در تولید تجاری اسفناج مهم است (Katzman et al., 2001). در مناطق نیمه گرمسیری، برای کشت پاییزه، بذر اسفناج در اواخر تابستان و اوایل پائیز به صورت مستقیم در مزرعه کاشته می‌شود. در این زمان هنوز دمای خاک بالا می‌باشد. گزارش گردیده است دمای بالا بر جوانه‌زنی بذر اسفناج اثر بازدارنده دارد (Harrington, 1963). دمای بالای خاک طی دوره جوانه‌زنی بذر اسفناج می‌تواند منجر به کاهش تولید گیاهچه‌های ضعیف، جوانه‌زنی و رشد غیر یکنواخت گیاهان شود و تراکم مناسب ایجاد نشود (Atherton and Farooque, 1983). برای بهبود جوانه‌زنی بذر اسفناج روش‌هایی مانندکاربرد اسید جیبرلیک (Akhtar et al., 2008)، حذف پوسته، خیساندن در آب (Ellis, 1985; Suganuma and Ohno, 1984)، خیساندن در محلول آب اکسیژنه (H_2O_2) (Heydecker et al., 1969; Ellis, 1985) و کاربرد پلی اتیلن گلایکول (Nakamura et al., 1982) پیشنهاد گردیده است.

دمای پایین یکی از مواردی است که اثر آن بر جوانه‌زنی بذر اسفناج مورد مطالعه قرار گرفته است. بر اساس دستورالعمل‌های پیشنهادی AOSA و ISTA، دمای مناسب جوانه‌زنی بذرهای بدون رکود اسفناج ۱۵ و ۱۰ درجه سلسیوس پیشنهاد شده است (Ellis, 1985). گزارش گردیده است سرمادهی به مدت ۵-۳ روز در دمای ۲-۰ درجه سلسیوس به‌صورت نسبی در بهبود جوانه‌زنی بذر اسفناج مؤثر است (Tamura et al., 1957). برای شکستن رکود بذر اسفناج سرمادهی (ISTA) در دمای صفر تا ۵ درجه سلسیوس به همراه رطوبت زیاد (Heydecker and Orphanos,

1968)، سرمادهی در دمای ۵ درجه سلسیوس به مدت ۵ روز و جوانه‌زنی در دمای ۱۰ درجه سلسیوس (Fornerod, 1975) پیشنهاد گردیده است. در مورد اثر دمای پایین بر جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های اسفناج گزارشی منتشر نگردیده است. لسکووار و همکاران (Leskovar et al., 1999) وجود تفاوت در جوانه‌زنی بذر چهار ژنوتیپ در آمریکا در دمای بالا را گزارش دادند.

با توجه به اینکه مشخص گردیده است حدود ٤٥ توده اسفناج در نقاط مختلف ایران برای کشت مورد استفاده قرار می‌گیرند (Eftekhari et al., 2010) ولی در مورد مقایسه جوانه‌زنی این توده‌ها در دمای پایین و یا اثر سرمادهی بذر به‌عنوان یک روش آماده سازی بذر اطلاعاتی منتشر نگردیده است، آزمایش حاضر به‌منظور بررسی اثر سرمادهی بر جوانه‌زنی بذر برخی توده‌های اسفناج بومی ایران انجام گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۹۵ در گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان (ملاثانی، ۳۵ کیلومتری شمال شرقی اهواز) انجام شد. بذر هفت توده اسفناج بومی ایران (شامل کوهبنان، شیروان، قوچان، قم، ورامین-۲، ورامین-۳، کرج) بر اساس مطالعات انجام شده توسط افتخاری و همکاران (Eftekhari et al., 2010) تهیه گردید. مشخصات محل جمع آوری در جدول ۱ آورده شده است. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با تیمارهای توده اسفناج (هفت توده) و زمان سرمادهی (۰، ۳، ٦ و ۹ روز سرمادهی) در چهار تکرار (هر تکرار شامل ۵۰ بذر در هر پتری دیش) اجرا شد. بذرها به مدت ۵ دقیقه با کلراکس سه درصد ضدعفونی شده و سرمادهی در یخچال در دمای ۷ درجه سلسیوس انجام گردید. پس از پایان هر دور سرمادهی، شستشوی بذور با آب، ضدعفونی سطحی در کلراکس ۵٪ به مدت سه دقیقه و سه بارآبکشی با آب مقطر، پنجاه عدد بذر هر توده به‌صورت جداگانه در پتری دیش روی یک لایه کاغذ صافی قرار داده شدند. به هر پتری دیش ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر افزوده شده و بذور در ژرمیناتور در دمای ۱۸ درجه سلسیوس قرار داده شدند. یادداشت برداری به‌صورت روزانه انجام گردید (Katzman et al., 2001). در پایان چهارده روز، درصد جوانه‌زنی اندازه‌گیری شده و طول ریشه‌چه و ساقه چه اندازه‌گیری شده و وزن خشک هر قسمت با قرار دادن نمونه‌ها به مدت ٤٨ ساعت در آون با دمای ۷۲ درجه سلسیوس (Shafiq et al., 2008) و توزین با ترازو اندازه‌گیری شد. میانگین زمان لازم برای جوانه‌زنی[1]، میانگین جوانه‌زنی روزانه[2] و سرعت جوانه‌زنی روزانه[3]، شاخص قدرت رشد طولی گیاهچه[4] و شاخص قدرت رشد وزنی گیاهچه[5] محاسبه گردید (Abbasian and Moemeni, 2013):

$$MTG=\sum (nd) / \sum_n$$
$$MDG= FGP/d$$
$$DGS= 1/ MDG$$

FGP: درصد جوانه‌زنی نهایی، d : تعداد روزهای آزمایش، n: تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر دوره شمارش، $\sum(nd)$: تعداد کل روزهای شمارش، $\sum_n$: تعداد کل بذرهای جوانه‌زده در طول آزمایش

شاخص قدرت رشد طولی گیاهچه = درصد جوانه‌زنی نهایی بذر × میانگین طول گیاهچه

شاخص قدرت رشد وزنی گیاهچه= درصد جوانه‌زنی نهایی بذر وزن خشک گیاهچه

1. Mean time to germination (MTG)
2. Mean daily germination (MDG)
3. Daily germination speed (DGS)
4. Seedling length vigor index (SLVI)
5. Seedling weight vigor index (SWVI)

شاخص رشد ریشه‌چه (Root index) = با تقسیم وزن خشک ریشه‌چه (بر اساس میلی‌گرم) به طول ریشه‌چه (بر اساس میلی‌متر) و شاخص رشد ساقه چه (Shoot index) = با تقسیم وزن خشک ساقه چه(بر اساس میلی‌گرم) به طول ساقه چه (بر اساس میلی‌متر) محاسبه گردید.

برای تمام صفات، آزمون نرمال بودن داده‌ها انجام شد. برای نرمال سازی در مورد داده‌هایی که واحد آن‌ها درصد بود، تبدیل آرک سینوس انجام شد و سپس تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها روی مقادیر تبدیل داده شده انجام شده و داده‌ها مجدد تبدیل شدند. با توجه به معنی‌دار شدن اثرات متقابل تیمار سرمادهی در توده‌های اسفناج، تجزیه آماری پس از ANOVA (برش‌دهی اثرات متقابل) انجام شد (جدول‌های ٤ و ٥). واکاوی داده‌ها با نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ٥ درصد انجام شد.

جدول ۱: مشخصات محل جمع‌آوری توده‌های اسفناج مورد استفاده در آزمایش

محل جمع‌آوری	مختصات جغرافیایی				ارتفاع از سطح دریا
	طول		عرض		
	دقیقه	درجه	دقیقه	درجه	(متر)
ورامین-۲	۳۹	۵۱	۱۹	۳۵	۹۱۵
ورامین-۳	۳۹	۵۱	۱۹	۳۵	۹۱۵
قم	۵۳	۵۰	۳۸	۳٤	۹۳۰
شیروان	٥٤	٥٧	۲۳	۳۷	۱۱٦۰
قوچان	۳۰	٥٨	۰٦	۳۷	۱۲٤۰
کرج	۰۰	۵۱	٤٨	۳٥	۱۳٦۰
کوهبنان (کرمان)	۱٦	٥٦	۲٤	۳۱	۲۰۰۰

نتایج

بررسی جدول تجزیه واریانس نتایج اثر تیمار زمان سرمادهی بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر (جدول ۲) نشان داد، اثر توده، طول دوره سرمادهی و برهمکنش توده در زمان سرمادهی بر درصد جوانه‌زنی، میانگین جوانه‌زنی روزانه (MTG) و سرعت جوانه‌زنی روزانه (MDG)، شاخص قدرت رشد طولی گیاهچه (SLVI)، شاخص قدرت رشد وزنی گیاهچه (SWVI)، طول ریشه‌چه و ساقه چه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه چه، طول کل و وزن خشک کل گیاهچه، نسبت وزن خشک و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه چه، شاخص رشد ریشه‌چه و شاخص رشد ساقه چه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. نتایج تجزیه واریانس برش دهی اثر متقابل نشان داد که توده‌های مختلف از نظر شاخص‌های جوانه‌زنی در سطوح مختلف تیمار سرمایی اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۳).

درصد جوانه‌زنی: در تیمار شاهد (بدون سرمادهی)، بیشترین درصد جوانه‌زنی بذر در توده قم وجود داشت (٤٨/٦٣ درصد) که به‌طور معنی‌داری بیشتر از درصد جوانه‌زنی بذر در سایر توده بود (جدول ٦). پس از ۳ روز سرمادهی، درصد جوانه‌زنی بذر در توده قم به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و بیشتر از درصد جوانه‌زنی بذر در سایر توده‌ها بود (٥٢/٥٧ درصد). پس از ٦ روز سرمادهی، درصد جوانه‌زنی بذر در توده قم (۷۷ درصد) با درصد جوانه زنی بذر در توده کرج (۷۱ درصد) تفاوت معنی‌داری نداشت ولی به طور معنی‌داری بیشتر از جوانه‌زنی بذر در سایر توده‌ها بود. در تیمار ۹ روز سرمادهی، توده کرج دارای بیشترین درصد جوانه‌زنی بود (۱۰۰ درصد) که به طور معنی‌داری بیشتر از جوانه‌زنی بذر در

توده‌های قم، قوچان، کوهبنان و شیروان بود (به ترتیب ۷۹/۰۳، ۸۰/۷۵، ۲۵/۱۳ و ۹۲/۷۵ درصد) ولی با جوانه‌زنی بذر در سایر توده‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ٦).

میانگین جوانه‌زنی روزانه: در تیمار بدون سرمادهی، بیشترین میانگین جوانه‌زنی روزانه در توده قم وجود داشت (۳/٤۷ روز) که به طور معنی‌داری بیشتر از این شاخص در سایر توده‌ها بود (جدول ٦). پس از ۳ روز سرمادهی، این شاخص در توده قم (۳/۷٦ روز) به طور معنی‌داری بیشتر از سایر توده‌ها بود. پس از ٦ روز سرمادهی، میانگین جوانه‌زنی روزانه بذر در توده قم افزایش یافت و بیشترین مقدار در میان توده‌ها بود (۵/۵ روز) که با این شاخص در توده‌های کرج (۵/۰۷ روز) تفاوت معنی‌داری نداشت ولی به طور معنی‌داری بیشتر از این شاخص در سایر توده‌ها بود. در روز نهم سرمادهی، بیشترین میانگین جوانه‌زنی بذر در توده کرج وجود داشت (۷/۱٤ روز) که با این شاخص در توده ورامین -۲ (٦/۸۵ روز) تفاوت معنی‌داری نداشت ولی به طور معنی‌داری بیشتر از این شاخص در سایر توده‌ها بود (جدول ٤).

سرعت جوانه‌زنی روزانه: در تیمار بدون سرمادهی، بیشترین سرعت جوانه‌زنی روزانه بذر در توده ورامین-۳ وجود داشت (۱/۱۹) که به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر توده‌ها بود. پس از ۳ روز سرمادهی این شاخص در توده ورامین -۳ کاهش یافت و به ۰/۹۱ رسید ولی به طور معنی‌داری بیشتر از این شاخص در سایر توده‌ها بود (جدول ٦). پس از ٦ روز سرمادهی، شاخص سرعت جوانه‌زنی روزانه در توده‌های اسفناج تفاوت معنی‌داری نداشت. پس از ۹ روز سرمادهی، توده کوهبنان کرمان دارای بیشترین سرعت جوانه‌زنی روزانه بود (۰/٥٦) که به طور معنی‌داری بیشتر از این شاخص در سایر توده‌ها بود. سرعت جوانه‌زنی روزانه در سایر توده‌ها پس از ۹ روز سرمادهی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ٦).

طول ریشه‌چه: در تیمارهای شاهد (بدون سرمادهی) و یا ۳ روز سرمادهی بیشترین طول ریشه‌چه در توده کوهبنان کرمان وجود داشت (به ترتیب ۷/۰۸ میلی‌متر و ۸/۰٤ میلی‌متر) که به‌طور معنی‌داری بیشتر از طول ریشه‌چه در سایر تیمارها بود (جدول ٦). پس از ۹ روز سرمادهی، بیشترین طول ریشه‌چه در توده شیروان وجود داشت (۷/۷۳ میلی‌متر) که به‌طور معنی‌داری بیشتر از طول ریشه‌چه در سایر توده‌های اسفناج بود.

جدول ۲: تجزیه واریانس تأثیر ارقام مختلف اسفناج و تیمار سرمادهی بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)						
		درصد جوانه زنی	میانگین جوانه‌زنی روزانه	سرعت جوانه‌زنی روزانه	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	طول کل گیاهچه	شاخص طولی قدرت گیاهچه	شاخص وزنی قدرت گیاهچه
توده	٦	۸/٦٦**	۰/٦۲**	۰/۱۲**	۰/٤٥**	۰/۲۳**	۰/٤۸**	۹۲/۳۰**	۸۷۰/۱٥**
سرمادهی	۳	۷۱/٤۸**	٥۱/۱۰**	۰/٥۰**	۱/٥۲**	۰/۸۳**	۱/۲۷**	٦۳۸/۲۸**	۱۰۰۲٥/٦٤**
توده×سرمادهی	۱۸	٥/٦٦**	۰/٤۰**	۰/۰٦**	۰/٦۲**	۰/٤٤**	۰/۹٤**	۱۱۱/٤۰**	۱۱۰٤/۲۳**
خطا	۸٤	۰/۱٥	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۲/۲٤	۹/٤۳
ضریب تغییرات (cv)		٥/٥۲	٥/٥۳	۱۱/۲٦	٦/٥۲	٤/۹۱	٤/۸۱	۷/۲٦	٦/۷٦

ns، * و **به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ٥ و ۱ درصد

جدول ۳: تجزیه واریانس تأثیر ارقام مختلف اسفناج و تیمار سرمادهی بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)						
		وزن خشک ریشه	وزن خشک گیاهچه	وزن خشک کل گیاهچه	شاخص رشد ریشه	شاخص رشد ساقه‌چه	نسبت طول ریشه‌چه	وزن خشک ریشه/ ساقه‌چه
توده	٦	٥/٩٧ **	٢/٥٠**	٦/٩١**	٢/٣٣**	٠/٤١**	٠/١٥**	٠/١٩**
سرمادهی	٣	٧/٦٦ **	٣٧/٧١**	٣٧/٩٢**	٢/٠٤**	١٨/٨٤**	٠/٧٧**	٠/٥١ **
توده×سرمادهی	١٨	٤/٠٣**	٦/٢٢ **	٨/٩٠**	١/٣٢**	١/٦٢**	٠/٠٧**	٠/٠٩**
خطا	٨٤	٠/١٢	٠/٠٣	٠/٠٨	٠/٠٥	٠/٠٢	٠/٠١	٠/٠١
ضریب تغییرات (cv)		٩/٩٥	٣/٤٢	٤/٦٦	١٣/٧٣	٥/١٦	٦/٩٤	١٠/٤٢

ns، * و **به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ٤: تجزیه واریانس برشدهی اثر (تفکیک اثرات متقابل) سرمادهی در ارقام اسفناج بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر

سرمادهی (روز)	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)						
		درصد جوانه زنی	میانگین زمان جوانه زنی	سرعت جوانه زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه چه	طول کل گیاهچه	شاخص طولی قدرت گیاهچه
٠	٦	٤/٨٨**	٠/٣٥**	٠/١٣**	١/١٧**	٠/٨٦**	١/٩١**	١٠٠/٧٩**
٣	٦	٥/٩٧**	٠/٤٣**	٠/١٠**	٠/٢٤**	٠/١٨**	٠/٣٥**	٦٩/٢٣**
٦	٦	٢/٤٤**	٠/١٨**	٠/٠١**	٠/٠٧**	٠/٠٧**	٠/١٠**	١٨/١٢**
٩	٦	١٢/٣٥**	٠/٨٨**	٠/٠٧**	٠/٨٤**	٠/٤٣**	٠/٩٣**	٢٣٨/٣٤**

ns، * و **به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ٥: تجزیه واریانس برشدهی اثر (تفکیک اثرات متقابل) سرمادهی در ارقام اسفناج بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر

سرمادهی (روز)	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)							
		وزن خشک ریشه	وزن خشک گیاهچه	وزن خشک کل گیاهچه	شاخص رشد ریشه	شاخص رشد ساقه‌چه	طول ریشه‌چه/ ساقه‌چه	وزن خشک ریشه چه/ ساقه‌چه	شاخص وزنی قدرت گیاهچه
٠	٦	٩/٤٩**	٧/٣٥**	١٤/٩٨**	٤/٩١**	٣/٤٢**	٠/٠٦**	٠/١٧**	٩٥١/٧٤**
٣	٦	٤/١٨**	٢/٤١**	٤/٩٤**	٠/٦٠**	٠/٦٧**	٠/٠٣**	٠/٢١**	٥١٦/٣٧**
٦	٦	١/١٥**	١/٠٥**	١/٤٧**	٠/٢٥**	٠/٤٧**	٠/٠٢*	٠/٠٤**	١٩٢/٧٦**
٩	٦	٣/٢٣**	١٠/٣٤**	١٢/٢١**	٠/٥٢**	٠/٧٢**	٠/٢٥**	٠/٠٤**	٢٥٢١/٩٧**

ns، * و **به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ٦: مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی ارقام اسفناج در سطوح مختلف تیمار سرمایی

سرمادهی	ارقام	درصد جوانه زنی	میانگین زمان جوانه زنی(روز)	سرعت جوانه زنی	طول ریشه‌چه (میلی متر)	طول ساقه‌چه (میلی متر)	طول گیاهچه (میلی متر)	طول ریشه چه/ساقه چه	شاخص طولی قدرت گیاهچه
۰	کوهبنان	۳۳/۷۵^{lm}	۲/٤۱^{lm}	۰/٤۲$^{e-g}$	۷/۰۸^{bc}	۷/۱۵^{a}	۱٤/۲۳^{a}	۰/۹۹^{mn}	٤۸۰/۷۵$^{g-i}$
۰	ورامین ۲	۳۷/۲۵^{kl}	۲/٦٦^{kl}	۰/۳۸$^{f-h}$	۲/۰۱^{lm}	۲/۲٤^{n}	٤/۲٤^{lm}	۰/۹۱$^{n-p}$	۱۵۸/۵٦^{mn}
۰	ورامین ۳	۱٤/۲۵^{q}	۱/۰۲^{q}	۱/۱۹^{a}	۱/۱٤^{m}	۲/۳٤^{mn}	۳/٤۹^{m}	۰/٤۹^{q}	٤۸/۵٤^{o}
۰	قم	٤۸/٦۳^{hi}	۳/٤۷^{hi}	۰/۲۹$^{g-l}$	۲/۵۲^{l}	۲/۲۹^{mn}	٤/۸۰^{l}	۱/۱۰$^{k-n}$	۲۳٤/۰۵^{lm}
۰	قوچان	۲۷/۷۵^{mn}	۱/۹۸^{mn}	۰/۵۱$^{d-f}$	۳/۹۹^{ij}	٤/۲۱$^{e-g}$	۸/۲۱^{hi}	۰/۹٦$^{m-o}$	۲۲۷/۹٦^{lm}
۰	کرج	٤۰/۱۳$^{j-l}$	۲/۸۷$^{j-l}$	۰/۳۷$^{f-i}$	۵/۳٦$^{e-g}$	۵/۰۵^{cd}	۱۰/٤۱^{cd}	۱/۰۷$^{k-n}$	٤۲۰/۰۰^{ij}
۰	شیروان	۲۲/۵۰^{no}	۱/٦۱^{no}	۰/۷۲^{c}	۳/٤٦^{jk}	۵/۰۸^{c}	۸/۵٤$^{g-i}$	۰/٦۸$^{o-q}$	۱۹۳/٤۲^{lm}
۳	کوهبنان	٤۲/۵۰$^{i-k}$	۳/۰٤$^{j-l}$	۰/۳۳$^{g-j}$	۸/۰٤^{a}	۵/۸٤^{b}	۱۳/۸۸^{a}	۱/۳۸$^{g-j}$	۵۸۹/۷۵^{ef}
۳	ورامین ۲	۲۱/۲۲^{op}	۱/۵۲^{op}	۰/٦۷^{cd}	۵/۷۲$^{d-f}$	۵/٦۵^{b}	۱۱/۳۷^{bc}	۱/۰۲$^{l-n}$	۲٤۱/۹۱^{lm}
۳	ورامین ۳	۱۵/۵٤^{pq}	۱/۱۱^{pq}	۰/۹۱^{b}	۵/۳۵$^{e-g}$	٤/۸۹^{cd}	۱۰/۲٤$^{c-e}$	۱/۱۰$^{j-n}$	۱۵۸/۵٤^{mn}
۳	قم	۵۲/۵۷^{gh}	۳/۷٦^{gh}	۰/۲۷$^{g-l}$	٦/۱٦^{de}	۳/۹٦$^{f-h}$	۱۰/۱۳^{de}	۱/۵٦$^{d-h}$	۵۳۱/٤۰^{fh}
۳	قوچان	٤۳/۵۳۲$^{i-k}$	۳/۱۱$^{j-l}$	۰/۳۲$^{g-k}$	٤/۳۹^{hi}	۳/۳٤$^{i-k}$	۷/۷۳^{ij}	۱/۳۱$^{h-j}$	۳۳۵/۹۸^{jk}
۳	کرج	٤۲/۲۸$^{i-k}$	۳/۰۲$^{j-l}$	۰/۳٤$^{g-j}$	٤/٦۹$^{g-i}$	٤/۵۸^{de}	۹/۲٦$^{e-h}$	۱/۰۲$^{l-n}$	۳۸۹/۳٤^{ij}
۳	شیروان	۲۷/٤۸$^{m-o}$	۱/۹٦$^{m-o}$	۰/۵۱$^{d-f}$	۵/۳۸$^{e-g}$	٤/۳۲^{ef}	۹/٦۹$^{d-f}$	۱/۲۹$^{h-l}$	۲٦٦/۰۳^{kl}
٦	کوهبنان	۵٦/۷۵^{fg}	٤/۰٦^{fg}	۰/۲۵$^{g-l}$	۵/۷۱$^{d-f}$	۳/۷٤$^{g-j}$	۹/٤۵$^{d-g}$	۱/۵۳$^{e-h}$	۵۹۵/۳۳$^{f-h}$
٦	ورامین ۲	٤٦/۵٦$^{h-j}$	۳/۳۳$^{h-j}$	۰/۳۰$^{g-l}$	۵/۲٦$^{f-h}$	٤/۳۵^{ef}	۹/٦۱$^{d-g}$	۱/۲۱$^{i-m}$	٤٤۸/٤۰^{hi}
٦	ورامین ۳	٤٦/۰۰^{ij}	۳/۲۹^{ij}	۰/۳۰$^{g-l}$	۵/٤٤$^{d-g}$	۳/۷۷$^{g-j}$	۹/۲۱$^{e-h}$	۱/٤٦$^{f-i}$	٤۲۳/٦۳^{ij}
٦	قم	۷۷/۰۰^{cd}	۵/۵۰^{cd}	۰/۱۸$^{j-l}$	۵/۷۳$^{d-f}$	۳/۵۰$^{h-k}$	۹/۲۳$^{e-h}$	۱/٦٦$^{c-f}$	۷۱۰/۱۹^{c}
٦	قوچان	٦۹/۰۰^{e}	٤/۹۳^{e}	۰/۲۱$^{i-l}$	٤/۲۰^{ij}	۲/۷۵^{lm}	٦/۹٦^{jk}	۱/۵٦$^{d-h}$	٤۷۷/٦٦$^{g-i}$
٦	کرج	۷۱/۰۰^{de}	۵/۰۷^{de}	۰/۲۰$^{i-l}$	۵/۱۹$^{f-h}$	۳/٤۰$^{i-k}$	۸/۵۹$^{f-i}$	۱/۵٦$^{d-h}$	٦۰۹/٤۵$^{d-f}$
٦	شیروان	٦۰/۰۰^{f}	٤/۲۹^{f}	۰/۲۳$^{h-l}$	۵/۹۹$^{d-f}$	۳/۳۰^{jk}	۹/۲۹$^{d-h}$	۱/۸۲^{cd}	۵۵۵/٤۷$^{e-g}$
۹	کوهبنان	۲۵/۱۳^{no}	۱/۸۰^{no}	۰/۵٦$^{c-e}$	۲/۵۷^{l}	۱/۲۰^{o}	۳/۷٦^{lm}	۲/۱۱^{b}	۹٤/٦۸^{no}
۹	ورامین ۲	۹۵/۸۸^{ab}	٦/۸۵^{ab}	۰/۱۵^{l}	۲/٦۳^{kl}	۳/۹۵$^{f-h}$	٦/۵۸^{k}	۰/٦۷^{pq}	٦۲۹/۹۸$^{c-e}$
۹	ورامین ۳	۹٦/۲۵^{ab}	٦/۸۸^{ab}	۰/۱۵^{l}	۵/۵۵$^{d-g}$	۳/۱۲^{kl}	۸/٦۷$^{f-i}$	۱/۷۸$^{c-e}$	۸۳۳/۲۷^{b}
۹	قم	۷۹/۰۳^{c}	۵/٦۵^{c}	۰/۱۸$^{j-l}$	۵/٤۸$^{d-g}$	۳/۳٤$^{i-k}$	۸/۸۲$^{f-i}$	۱/٦٦$^{c-f}$	٦۹۷/۱۱^{cd}
۹	قوچان	۸۰/۷۵^{c}	۵/۷۵^{c}	۰/۱۸$^{j-l}$	٦/۲٤$^{c-e}$	۲/۳۷^{mn}	۸/٦۱$^{f-i}$	۲/٦۵^{a}	٦۹٦/۷۵^{cd}
۹	کرج	۱۰۰/۰۰^{a}	۷/۱٤^{a}	۰/۱٤^{l}	٦/۳۰^{cd}	۳/۸۰$^{g-i}$	۱۰/۱۰^{de}	۱/٦۵$^{c-g}$	۱۰۰۹/٦۹^{a}
۹	شیروان	۹۲/۷۵^{b}	٦/٦۳^{b}	۰/۱۵^{kl}	۷/۷۳^{ab}	٤/۰۲^{fg}	۱۱/۷۵^{b}	۱/۹۲^{bc}	۱۰۹۱/۲۵^{a}

*در هر سطح تیمار سرمادهی، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح ۵ درصد آزمون توکی تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۷: مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی ارقام اسفناج در سطوح مختلف تیمار سرمایی

سرمادهی	ارقام	وزن خشک ساقه چه (میلی گرم)	وزن خشک ریشه چه (میلی گرم)	وزن خشک کل (میلی گرم)	شاخص رشد ریشه (میلی گرم/میلی متر)	شاخص رشد ساقه چه (میلی گرم/میلی متر)	وزن خشک ریشه چه/ ساقه چه	شاخص وزنی قدرت گیاهچه
۰	کوهبنان	۳۳/۵۰^{d}	۱۳/۳٤$^{g-j}$	٤٦/۸۸^{de}	۱/۸۹$^{e-h}$	٤/٦۹^{kl}	۰/٤۰$^{g-k}$	۱۵۸۵/۸۰^{ij}
۰	ورامین ۲	۲۵/۹۵^{f}	۳۳/۵٦^{a}	۵۹/۵۱^{c}	۱٦/٤۹^{a}	۱۱/٦۳^{d}	۱/۳۰^{b}	۲۲۲۷/٤۰$^{e-g}$
۰	ورامین ۳	٤/۹۰^{o}	۱/۹٤^{p}	٦/۸٤^{l}	۱/۵۹$^{f-h}$	۲/۰۹^{no}	۰/۳۸$^{h-l}$	۹۰/۷۰^{o}
۰	قم	۳۱/۹۸^{de}	۱۷/۳۱$^{e-g}$	٤۹/۲۹^{d}	٦/۸۲^{b}	۱۳/۹٦^{bc}	۰/۵٤$^{e-i}$	۲٤۰٦/۹۰^{ef}
۰	قوچان	۱۱/۲۲^{n}	۵/۸۱$^{m-p}$	۱۷/۰٤^{jk}	۱/٤۷$^{f-h}$	۲/۷۱^{n}	۰/۵۲$^{e-i}$	٤۷۰/۵۰^{n}
۰	کرج	۲۳/۰٤^{g}	۱۲/٤۹$^{h-k}$	۳۵/۵۳^{gh}	۲/۳۵$^{d-h}$	٤/٦۰^{l}	۰/۵٤$^{e-h}$	۱٤٤۵/۳۰^{jk}
۰	شیروان	۱۱/٤۹^{n}	۲/۳۷^{op}	۱۳/۸٦^{k}	۰/٦۸^{h}	۲/۲٦^{n}	۰/۲۰^{l}	۳۱۹/۷۰ ^{no}
۳	کوهبنان	۲۲/۷۹^{gh}	۲۵/۸۳^{bc}	٤۸/٦۲^{d}	۳/۲۲$^{c-f}$	۳/۹۱^{lm}	۱/۱٤^{b}	۲۰٦٦/۹۰$^{e-h}$
۳	ورامین ۲	۵/۹۰^{o}	۹/۳۱$^{j-m}$	۱۵/۲۱^{k}	۱/٦۳$^{f-h}$	۱/۰۵^{o}	۱/۵۷^{a}	۳۲٤/٦۰^{no}
۳	ورامین ۳	۱٤/۲۰^{m}	۳/٦۵$^{n-p}$	۱۷/۸۵^{jk}	۰/۷۰^{h}	۲/۹٤^{mn}	۰/۲۷$^{j-l}$	۲۷٦/۱۰^{no}
۳	قم	۱۷/۳٦^{jk}	۱٤/٦۹$^{f-i}$	۱۳/۰۵^{h}	۲/٤۰$^{d-h}$	٤/٤۲^{l}	۰/۸۵^{cd}	۱٦۸۳/۲۰$^{h-j}$
۳	قوچان	۱٤/۹۰^{lm}	۱۰/۱۱$^{i-m}$	۲۵/۰۰^{i}	۲/۳۲$^{d-h}$	٤/٤۷^{l}	۰/٦۸^{de}	۱۰۸۸/۷۰^{kl}
۳	کرج	۲۰/۵٦^{hi}	۱۸/۸۱^{ef}	۳۹/۳۷^{fg}	٤/۰۹^{cd}	٤/۵۳^{l}	۰/۹۲^{c}	۱٦۷۷/۸۰$^{h-j}$
۳	شیروان	۱۹/٤۸^{ij}	۱٦/۰۷$^{e-h}$	۳۵/۵۵^{gh}	۳/۰٤$^{d-g}$	٤/۵۸^{l}	۰/۸۳^{cd}	۹۷۸/۱۰^{lm}
٦	کوهبنان	۱۷/۰۰^{kl}	۷/٤۱$^{l-n}$	۲٤/٤۰^{i}	۱/۳۰$^{f-h}$	٤/۵٦^{l}	۰/٤٤$^{f-j}$	۱۳/۸۵$^{j-l}$
٦	ورامین ۲	۳۰/۳۱^{e}	۱۲/۰۰$^{h-l}$	٤۲/۳۱^{ef}	۲/۳۲$^{d-h}$	٦/۹۸^{hi}	۰/٤۰$^{g-k}$	۱۹٦۷/۸۰$^{g-i}$
٦	ورامین ۳	۲٤/۸٦^{fg}	۵/۹۷$^{m-p}$	۳۰/۸۳^{h}	۱/۱۰^{gh}	٦/٦۵^{ij}	۰/۲٤^{kl}	۱٤۲۰/۳۰^{jk}
٦	قم	۲۰/۱۳^{i}	۱۱/۷۱$^{h-l}$	۳۱/۸۳^{h}	۲/۰٤$^{e-h}$	۵/۸۱^{jk}	۰/۵۸$^{e-g}$	۲٤۵٤/٦۰^{e}
٦	قوچان	۲٦/۵۰^{f}	۸/۲۰$^{k-n}$	۳٤/۷۰^{gh}	۱/۹۸$^{e-h}$	۹/۷٦^{ef}	۰/۳۱$^{j-l}$	۲٤۰۰/۰۰^{ef}
٦	کرج	۳۰/۱۳^{e}	۱۵/٤۷$^{e-h}$	٤۵/٦۰^{de}	۲/۹۹$^{d-g}$	۸/۹۷^{fg}	۰/۵۲$^{e-i}$	۳۲۳۵/۰۰^{d}
٦	شیروان	۲٦/٤۸^{f}	۷/۱۹$^{l-n}$	۳۳/٦٦^{h}	۱/۲۲^{gh}	۸/۱۰^{gh}	۰/۲۸$^{j-l}$	۲۰۱۹/۹۰$^{f-h}$
۹	کوهبنان	۱۵/۵۵$^{k-m}$	٦/۸۰$^{m-o}$	۲۲/۳۵^{ij}	۲/۹٦$^{d-g}$	۱۳/۱۷^{c}	۰/٤٤$^{f-j}$	۵٦۳/۸۰^{mn}
۹	ورامین ۲	۷٦/۲۵^{a}	۱۷/۷۵$^{e-g}$	۹٤/۰۰^{a}	٦/۷٦^{b}	۱۹/۳۲^{a}	۰/۲۳^{kl}	۹۰۱۰/۳۰^{a}
۹	ورامین ۳	۵۸/۰۱^{b}	۲۰/۰۰^{de}	۷۸/۰۱^{b}	۳/٦۲$^{c-e}$	۱۸/٦٦^{a}	۰/۳۵$^{i-l}$	۷۵۱۲/٤۰^{b}
۹	قم	۳٤/۱۹^{d}	۱۹/۱۹$^{e-h}$	٤۹/۳۷^{d}	۲/۸۱$^{d-g}$	۱۰/۳۷^{e}	۰/٤٤$^{f-j}$	۳۹۱۹/۰۰^{c}
۹	قوچان	۳۰/٤٤^{e}	۱٦/۱۹$^{e-h}$	٤٦/٦۳^{de}	۲/٦۱$^{d-h}$	۱۲/۹٤^{c}	۰/۵۳$^{e-i}$	۳۷٦۷/۰۰^{c}
۹	کرج	٤۸/٤۸^{c}	۲۹/۸۸^{ab}	۷۸/۳۵^{b}	۵/۱٤^{bc}	۱۲/۹۳^{c}	۰/٦۲^{ef}	۷۸۳۵/۰۰^{b}
۹	شیروان	۵۷/۷۵^{b}	۲٤/۳۱^{cd}	۸۲/۰٦^{b}	۳/۱۷$^{d-f}$	۱٤/۳۹^{b}	۰/٤۲$^{g-k}$	۷٦۱٦/٤۰^{b}

در هر سطح تیمار سرمادهی، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح ۵ درصد آزمون توکی تفاوت معنی‌داری ندارند.

طول ساقه چه: در تیمار شاهد، طول ساقه چه در توده کوهبنان کرمان به‌طور معنی‌داری بیشتر از این شاخص در سایر توده‌ها بود (۷/۱۵ میلی‌متر) ولی پس از ۳ روز سرمادهی، طول ساقه چه در توده کوهبنان کرمان (۵/۸٤ میلی‌متر) با این شاخص در توده ورامین-۲ تفاوت معنی‌داری نداشت (به‌ترتیب ۵/٦۵ میلی‌متر) ولی به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر توده‌ها بود (جدول ٦). پس از ٦ روز سرمادهی، بیشترین طول ساقه چه در توده ورامین-۲ وجود داشت (٤/۳۵ میلی‌متر) که به‌طور معنی‌داری بیشتر از طول ساقه‌چه در توده‌های قوچان (۲/۷۵ میلی‌متر) و شیروان (۳/٤ میلی‌متر) بود ولی با این شاخص در سایر توده‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت. پس از ۹ روز سرمادهی، بیشترین طول ساقه چه در توده شیروان وجود

داشت (٤/٠٢ میلی‌متر) که با طول ساقه چه در توده‌های کرج (٣/٨ میلی‌متر) و ورامین -٢ (٣/٩٥ میلی‌متر) تفاوت معنی-داری نداشت ولی به‌طور معنی‌داری بیشتر از طول ساقه چه در سایر توده‌ها بود (جدول ٦).

طول گیاهچه: در تیمار شاهد و یا ٣ روز سرمادهی، بیشترین طول گیاهچه در توده کوهبنان کرمان بود (به ترتیب ١٤/٢٣ و ١٣/٨٨ میلی متر) که به طور معنی‌داری بیشتر از طول کل گیاهچه در سایر توده‌ها بود (جدول ٦). در تیمار ٦ روز سرمادهی، کمترین طول کل گیاهچه در توده قوچان وجود داشت (٦/٩٦ میلی‌متر) که با طول گیاهچه در توده کرج (٨/٥٩ میلی‌متر) تفاوت معنی‌داری نداشت ولی به طور معنی‌داری کمتر از طول کل گیاهچه در سایر توده‌ها بود و این شاخص در سایر توده‌ها پس از ٦ روز سرمادهی تفاوت معنی‌داری نداشت. در روز نهم سرمادهی، بیشترین طول کل گیاهچه در توده شیروان بود (١١/٧٥ میلی‌متر) که با این شاخص در توده کرج (١٠/١ میلی‌متر) تفاوت معنی‌داری نداشت ولی به طور معنی‌داری بیشتر از سایر توده‌ها بود (جدول ٦)

نسبت طول ریشه به ساقه‌چه: در تیمار شاهد، بیشترین نسبت طول ریشه به ساقه چه در توده قم وجود داشت (١/١) که به‌طور معنی‌داری بیشتر از این شاخص در توده‌های ورامین -٣ و شیروان بود (به ترتیب ٠/٤٩ و ٠/٦٨) ولی با این شاخص در سایر توده‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ٧). پس از ٣ روز سرمادهی این نسبت در توده قم (١/٥٦) به‌طور معنی‌داری بیشتر از توده کرج (١/٠٢) و ورامین-٢ (١/٠٢) بود ولی با سایر توده‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ٤). پس از ٦ روز سرمادهی، این شاخص تنها در توده شیروان به‌طور معنی‌داری بیشتر از توده ورامین-٢ بود (به ترتیب ١/٨٢ و ١/٢١) بود. پس از ٩ روز سرمادهی، بیشترین نسبت طول ریشه به ساقه چه در توده قوچان وجود داشت (٢/٦٥) که با این نسبت در توده کوهبنان کرمان (٢/١١) تفاوت معنی‌داری نداشت ولی به‌طور معنی‌داری بیشتر از این شاخص در سایر توده‌ها بود (جدول ٤).

شاخص طولی قدرت گیاهچه: در تیمار شاهد(بدون سرمادهی)، بیشترین شاخص قدرت رشد طولی گیاهچه در توده کوهبنان کرمان وجود داشت (٤٨٠/٧٥) که با این شاخص در توده کرج (٤٢٠) تفاوت معنی‌داری نداشت ولی به‌طور معنی‌داری بیشتر از این شاخص در سایر تیمارها بود (جدول ٦). پس از ٣ روز سرمادهی، توده‌های کوهبنان کرمان و قم به طور معنی‌داری دارای بیشترین شاخص قدرت رشد طولی گیاهچه بودند (به ترتیب ٥٨٩/٧٥ و ٥٣١/٤). پس از ٦ روز سرمادهی، بیشترین شاخص فوق در توده قم وجود داشت (٧١٠/١٩) که به طور معنی‌داری بیشتر از این شاخص در سایر توده‌ها بود. پس از ٩ روز سرمادهی، توده شیروان دارای بیشترین شاخص بود (١٠٩١/٢٥) که با این شاخص در توده‌های کرج (١٠٠٩/٦٩) تفاوت معنی‌داری نداشت ولی به طور معنی‌داری بیشتر از این شاخص در سایر توده‌ها بود (جدول ٦).

وزن خشک ساقه‌چه: در تیمار شاهد وزن خشک ساقه چه در توده‌های کوهبنان و قم به طور معنی‌داری بیشتر از سایر توده‌ها بود (به ترتیب ٣٣/٥ و ٣١/٩٨ میلی‌گرم) ولی پس از ٣ روز سرمادهی بیشترین وزن خشک ساقه چه در توده کوهبنان وجود داشت (٢٢/٧٩ میلی‌گرم) که بیشتر از این شاخص در سایر توده‌ها بود (جدول ٧). پس از ٦ روز سرمادهی، بیشترین وزن خشک ساقه چه در توده ورامین-٢ وجود داشت (٣٠/٣١ میلی‌گرم) که با وزن خشک ساقه چه در توده کرج٣٠/٠١٣ میلی گرم) تفاوت معنی‌داری نداشت ولی به طور معنی داری بیشتر از وزن خشک ساقه در سایر توده‌های اسفناج بود. پس از ٩ روز سرمادهی، ورامین -٢ دارای بیشترین وزن خشک ساقه چه (٧٦/٢٥ میلی‌گرم) و توده کوهبنان کرمان دارای کمترین وزن خشک ساقه چه (١٥/٥٥ میلی‌گرم) بود (جدول ٧).

وزن خشک ریشه‌چه: در تیمار شاهد، توده ورامین، -٢ دارای بیشترین وزن خشک ریشه‌چه بود (٣٣/٥٦ میلی‌گرم) که به طور معنی‌داری بیشتر از وزن خشک ریشه‌چه در سایر توده‌ها بود (جدول ٤). پس از ٣ روز سرمادهی، توده کوهبنان و

پس از ٦ روز سرمادهی توده کرج دارای بیشترین وزن خشک ریشه‌چه بودند (به‌ترتیب ۲۵/۷۳ و ۱۵/٤۷ میلی‌گرم) ولی پس از ۹ روز سرمادهی بیشترین وزن خشک ریشه‌چه در دانهال‌های توده کرج وجود داشت (۲٤/۳۱ میلی‌گرم) (جدول ۷).

وزن خشک گیاهچه: بیشترین وزن خشک گیاهچه در تیمار شاهد در توده ورامین ۲ وجود داشت (۵۹/۵۱ میلی‌گرم) که به طور معنی‌داری بیشتر از سایر توده‌ها بود. پس از ۳ روز سرمادهی، توده کوهبنان کرمان به طور معنی‌داری دارای بیشترین وزن خشک گیاهچه بود (۱۳/۸۸ میلی‌گرم) که به طور معنی‌داری بیشتر از این شاخص در سایر توده‌ها بود (جدول ۷). پس از ٦ روز سرمادهی در توده کرج و ورامین -۲ بیشترین وزن خشک گیاهچه وجود داشت (به‌ترتیب ٤۵/٦ و ٤۲/۳۱ میلی‌گرم) که به طور معنی‌داری بیشتر از وزن خشک گیاهچه در سایر توده‌ها بود. پس از ۹ روز سرمادهی، وزن خشک گیاهچه در توده ورامین -۲ (۹٤ میلی‌گرم) به طور معنی‌داری بیشتر از وزن خشک گیاهچه در سایر تیمارها بود (جدول ۷).

شاخص ریشه‌چه: در تیمار بدون سرمادهی، شاخص ریشه‌چه در توده ورامین ۲ به طور معنی‌داری بیشتر از سایر توده‌ها بود (۱٦/٤۹ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) ولی در تیمار ۳ روز سرمادهی این شاخص در توده کرج (٤/۰۹ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) با توده‌های کوهبنان و شیروان (به ترتیب ۳/۲۲ و ۳/۰٤ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) تفاوت معنی‌داری نداشت ولی به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر توده‌ها بود (جدول ٤). پس از ٦ روز سرمادهی، شاخص ریشه‌چه در توده کرج (۲/۹۹ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) تنها با توده ورامین ۲ تفاوت معنی‌داری نداشت (۲/۳۲ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) ولی به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر توده‌ها بود. پس از ۹ روز سرمادهی بیشترین شاخص ریشه‌چه در توده ورامین -۲ بود که با توده کرج تفاوت معنی‌داری نداشت (به ترتیب ٦/۷٦ و ۵/۱٤ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) ولی به‌طور معنی‌داری بیشتر از این شاخص در سایر توده‌ها بود (جدول ٤).

شاخص ساقه چه: در تیمار بدون سرمادهی، توده قم دارای بیشترین شاخص ساقه چه بود (۱۳/۹٦ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) ولی پس از ۳ روز سرمادهی، توده‌های ورامین ۲ و ورامین ۳ دارای کمترین شاخص ساقه چه بودند و در سایر توده‌ها این شاخص تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۷). پس از ٦ روز سرمادهی بیشترین شاخص ساقه چه در توده قوچان بود (۹/۷٦ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) که با این شاخص در توده‌های کرج و شیروان (۸/۹۷ و ۸/۱ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) تفاوت معنی‌داری نداشت ولی به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر توده‌ها بود. در تیمار ۹ روز سرمادهی، توده‌های ورامین ۲ و ۳ به‌طور معنی‌داری دارای بیشترین شاخص ساقه چه بودند (به‌ترتیب ۱۹/۳۲ و ۱۸/٦٦ میلی‌گرم در میلی‌لیتر). این شاخص در سایر توده‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ٤).

شاخص وزنی قدرت گیاهچه: در تیمار شاهد، شاخص قدرت رشد وزنی گیاهچه در توده‌های ورامین-۳، قوچان و شیروان (به‌ترتیب ۹۰/۷، ٤۷۰/۵ و ۳۱۹/۷) تفاوت معنی‌داری نداشت ولی به طور معنی‌داری کمتر از سایر توده‌ها بود و این شاخص در توده‌های ورامین -۲ و قم (به ترتیب ۲۲۲۷/٤ و ۲٤۰٦/۹) تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۷). پس از ۳ روز سرمادهی، توده کوهبنان دارای بیشترین شاخص قدرت رشد وزنی گیاهچه بود (۲۰٦٦/۹) و توده‌های ورامین-۲ و ورامین-۳ (به ترتیب ۳۲٤/٦ و ۲۷٦/۱) دارای کمترین شاخص قدرت رشد وزنی گیاهچه بودند. در تیمار ٦ روز سرمادهی، توده کرج دارای بیشترین شاخص قدرت رشد وزنی گیاهچه بود (۳۲۳۵). در تیمار ۹ روز سرمادهی، بیشترین شاخص قدرت رشد وزنی گیاهچه در توده ورامین-۲ (۹۰۱۰/۳) و کمترین شاخص در توده کوهبنان (۵٦۳/۸) وجود داشت (جدول ۷).

نسبت وزن خشک ریشه به ساقه چه: بررسی نتایج مربوط به نسبت وزن خشک ریشه به ساقه چه نشان داد توده ورامین -۲ در تیمار شاهد پس از ۳ روز سرمادهی دارای بیشترین نسبت وزن خشک ریشه به ساقه چه بود (به‌ترتیب ۱/۳ و ۱/۵۷ برابر) (جدول ٤). پس از ٦ روز سرمادهی، توده قم دارای بیشترین نسبت وزن خشک ریشه به ساقه چه بود (۰/۵۸) که با این نسبت در توده کرج (۰/۵۲) تفاوت معنی‌داری نداشت ولی به طور معنی‌داری بیشتر از وزن خشک ریشه به ساقه چه در سایر تیمارها بود. پس از ۹ روز سرمادهی، نسبت وزن خشک ریشه به ساقه چه در توده کرج (۰/٦۲) تنها با این شاخص در توده قوچان (۰/۵۳) تفاوت معنی‌داری نداشت ولی به طور معنی‌داری بیشتر از این شاخص در سایر توده‌ها بود (جدول ٤).

بحث

در آزمایش حاضر اثر تیمارهای سرمادهی ۰، ۳، ٦ و ۹ روز بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر در ۷ توده اسفناج بومی ایران مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان دادند تیمار سرمادهی بین ۳ تا ۹ روز بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و شاخص‌های رشد گیاهچه توده‌های اسفناج بومی ایران اثر معنی‌داری داشت (جدول ٦). وجود تنوع درصد جوانه‌زنی توده‌ها در شاهد و تیمارهای سرمادهی به مدت ۳ تا ۹ روز و هم‌چنین وجود تفاوت معنی‌دار در حداکثر درصد جوانه‌زنی بذر در توده‌های قم، کرج، قوچان، ورامین-۲ و ورامین-۳ پس از ۳ تا ۹ روز سرمادهی (جدول ٦) احتمالاً نشان دهنده وجود مقادیر متفاوت مواد بازدارنده در بذر توده‌های اسفناج بومی ایران می‌باشد. اگرچه در مورد مواد بازدارنده در بذرهای اسفناج ایران گزارشی منتشر نگردیده است، ولی گزارش گردیده است فاکتورهای داخلی و بیرونی متعددی ممکن موجب ایجاد رکود در بذر اسفناج گردیده یا از جوانه‌زنی بذر اسفناج جلوگیری نماید (Katzman et al., 2001). یکی از این موارد می‌تواند با پوسته بذر در ارتباط باشد. بذر اسفناج شامل یک بذر حقیقی تکی می‌باشد که توسط پریکارپ آزاد در بر گرفته شده است. پیشنهاد گردیده است پریکارپ بر جوانه‌زنی اسفناج اثر بازدارنده دارد و این بازدارندگی ناشی از ویژگی‌های فیزیکی پریکارپ (پوسته بیرونی بذر) و یا وجود مواد بازدارنده در پوسته بذر می باشد (Leskovar et al., 1999; Atherton and Farooque, 1983). با توجه به اینکه ایشیکاوا (Ishikawa, 1951) و ماکینو و میاماتو (Makino and Miyamoto, 1954) گزارش دادند پیکریک اسید (Picric acid) و اگزالیک اسید موجود در پریکارپ عامل بازدارنده جوانه‌زنی بذرهای اسفناج هستند، به جز پریکارپ، احتمال وجود مواد بازدارنده در سایر قسمت‌های بذر اسفناج نیز وجود دارد. در جوانه‌زنی بذر *Chenopodium album* (یک گونه شبیه اسفناج از خانواده کنوپودیاسه) یک جایگاه فعالیت ثانویه برای هورمون‌های گیاهی تشخیص داده شده که در ساختارهای احاطه کننده بذر وجود داشت و اسید ایسایزیک (ABA) موجود در آن هیدرولیز ناشی از جیبرالین در آندوسپرم را متوقف می‌نمود (Bewley and Black, 1994; Karssen, 1976). با توجه به اینکه افتخاری و همکاران (Eftekhari et al., 2010) در بررسی ویژگی‌های ٤٤ توده اسفناج بومی ایران، تنها رنگ بذر و وزن هزار دانه را مورد بررسی قرار دادند و در مورد ویژگی‌های فیزیکی یا شیمیایی پریکارپ یا سایر قسمت‌های بذر در توده-های اسفناج ایران گزارشی منتشر نگردیده است. به نظر می رسد لازم است در مورد برخی ویژگی‌های فیزیکی و بیوشیمیایی بذر و پریکارپ بذر توده‌های اسفناج ایران مطالعاتی انجام شود. پریکارپ اطراف جنین و پریسپرم بخشی از بافت دیپلوئید گیاه مادری است، بنابراین از نظر ژنتیکی با بافت دیپلوئید جنین تفاوت دارد (Bewley and Black, 1982). این موضوع می‌تواند تفاوت‌های ژنتیکی مربوط به بازدارندگی پوشش بذر بر جوانه‌زنی بذر را توجیه نماید. با توجه به اینکه بررسی مختصات جغرافیایی محل جمع‌آوری بذرها (جدول ۱) نشان‌دهنده وجود تفاوت‌های قابل توجه در ارتفاع از

سطح دریا و عرض جغرافیایی می‌باشد، بررسی ترکیبات بیوشیمیایی بذرها از جمله ترکیباتی که به‌عنوان بازدارنده جوانه‌زنی بذر در پوسته بذر اسفناج پیشنهاد گردیده است (Ishikawa, 1951; Makino and Miyamoto, 1954) در ارتباط با محل رویش گیاهان مادری می‌تواند اطلاعات مهمی در زمینه اثر شرایط آب و هوایی بر کیفیت بذر اسفناج در اختیار قرار دهد. مشخص گردیده است گلدهی گیاه مادری و کیفیت بذر اسفناج و کاهو با دمای محیط طی نمو بذر روی گیاه مادری ارتباط دارد و پا این بودن دمای محیط در این مرحله موجب کاهش جوانه‌زنی بذر کاهو و اسفناج می‌گردد (Wiebe, 1989)، بنابراین به نظر می‌رسد لازم است موضوع تفاوت شرایط آب و هوایی طی نمو بذر روی گیاه مادری با کیفیت بذر اسفناج نیز مورد مطالعه قرار گیرد. این موضوع در مناطقی مانند خوزستان اهمیت دارد که بذر لازم برای کاشت پاییزه از بذر تولید شده در کشت بهاره مناطق دیگر مانند همدان وارد می‌شود (اطلاعات جمع‌آوری شده توسط نویسندگان). نتایج آزمایش حاضر نشان دادند پس از سرمادهی بذر به مدت ٦ روز، میانگین زمان جوانه‌زنی در تمام توده‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت و پس از ۹ روز سرمادهی تنها در بذرهای توده کوهبنان افزایش معنی‌داری در میانگین زمان جوانه‌زنی وجود داشت (جدول ٦). با توجه به اینکه کاتزمن و همکاران (Katzman et al., 2001) گزارش دادند تیمارهای بذر ممکن است از طریق تغییر ویژگی‌های فیزیکی بذر موجب تسریع جوانه‌زنی بذر اسفناج گردند. هم‌چنین اترتون و فاروق (Atherton, and Farooque, 1983) گزارش دادند در پوسته بذر اسفناج مواد بازدارنده وجود دارد. شوکانوما و اوهنو (Suganuma and Ohno, 1984) نیزگزارش دادند بذرهای اسفناج حذف پوسته شده در حضور عصاره تهیه شده از بذر با آب و یا بذرهای اسفناج دارای پریکارپ بذرهای سالم جوانه‌زنی پایینی داشتند ولی عصاره تهیه شده از بذرهایی که قبلاً خیسانیده شده بودند، بر جوانه‌زنی بذر اسفناج اثر ممانعت کننده نداشت که نشان‌دهنده وجود مواد بازدارنده در بذر و پوسته بذر اسفناج می‌باشد. احتمالاً تیمار سرمادهی به همراه رطوبت موجب نرم شدن پوسته یا تجزیه مواد بازدارنده گردیده است و تیمار سرمادهی با تأثیر بر ویژگی‌های فیزیکی و بیوشیمیایی پوسته، موجب پیشرفت سریع‌تر فرآیندهای اولیه مربوط به جوانه‌زنی بذر گردیده است. بررسی نتایج نشان داد تیمار سرمادهی موجب افزایش نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه چه و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه چه گردید (به ترتیب جدول‌های ٦ و ۷) که نشان‌دهنده اثر معنی‌دار تیمار سرمادهی بر رشد گیاهچه در توده‌های اسفناج می‌باشد؛ بنابراین پیشنهاد می‌گردد در کاشت بذر اسفناج، استفاده از تیمار سرمادهی به مدت کوتاه (سه تا شش روز) برای افزایش سرعت جوانه‌زنی بذر اسفناج مورد بررسی قرار گیرد. این موضوع می‌تواند در کاشت بذر اسفناج در شرایط نامساعد نیز مورد استفاده قرار گیرد. بخشی از این اثر بازدارندگی پوسته بذر می‌تواند ناشی از ترکیبات پوسته باشد. هم‌چنین پیشنهاد شده وجود مواد موسیلاژی موجود در پوسته بذر و محدود شدن تبادلات گازی بذر با محیط نیز می‌تواند موجب کاهش جوانه‌زنی بذر شود (Bewley and Black, 1982). در اسفناج میزان دریافت اکسیژن برای جنین عامل مهم برای جوانه‌زنی می‌باشد (Heydecker and Orphanos, 1968)، وجود بازدارنده‌ها در پریکارپ بذر اسفناج به صورت مستقیم بر جنین تأثیر دارد و یا به صورت غیر مستقیم بر دریافت اکسیژن توسط جنین اثر دارد. بازدارنده‌ها ممکن است طریق افزایش نیا بذر به دریافت اکسیژن بیش از مقدار لازم، از جوانه‌زنی ممانعت به عمل آورند این مکانیسم در چغندر مورد تائید قرار گرفته است (Black and Wearing, 1959). این احتمال وجود دارد اسید ایسایزیک (ABA) یکی دیگر از عوامل سیستم بازدارنده جوانه‌زنی بذر اسفناج باشد که موجب تغییر متابولیسم بذر می‌شود. این تغییر از طریق توقف فعالیت سنتز اندو-تبا-ماناناز یا تأخیر در جوانه‌زنی بذر تا ایجاد شرایط دمای پائین می‌باشد. فعالیت مانوز و سنتز آن می‌تواند توسط اسید آبسیزیک اسید ممانعت شود (Malek and Bewley, 1991). تغییر در میزان کربوهیدرات‌ها طی جوانه‌زنی بذر انجام می‌شود و عموماً میزان منوساکاریدها افزایش یافته و میزان

الیگوساکاریدها کاهش می‌یابد (Vertucci and Farrant, 1995; Koster and Leopold, 1988)، الیگوساکاریدها با درجه بالای پلی مریزاسیون از غشاها و ماکرو مولکول‌های بذر در مقابل رطوبت پائین بذر حفاظت می‌نماید (Bernal-Lugo and Leopold, 1992). شواهدی در زمینه متابولیسم کربوهیدرات‌ها در بذرهای خیسانیده شده یا در حال جوانه‌زنی اسفناج وجود ندارد تا نقش این الیگوساکاریدهای با درجه پلی مریزاسیون بالا در جوانه‌زنی بذر اسفناج مشخص شود. تفاوت در جوانه‌زنی بذر با میزان بازدارنده‌های پوسته بذر ژنوتیپ‌های اسفناج مرتبط می‌باشد.

Refrences

Abbasian, A. and Moemeni. J. 2013. Effects of Salinity Stress on seed germination and seedling vigor indices of two halophytic plant species (*Agropyron elongatum* and *A. pectiniforme*). International Journal of Agriculture and Crop Sciences. International Journal of Agriculture Crop Science. 5(22) : 2669-2676.

Akhtar, N., Ibrar, M. and Aman, N. 2008. The effects of different soaking times and concentrations of GA3 on seed germination and growth of *spinacia oleracea* L. Pakistan Journal of Plant Science. 14(1): 9-13.

Asadi, H.A., and Hassandokht, M.R. 2007. Genetic diversity of Iranian landraces of spinach. Journal of Iranian Agricultural Sciences. 3: 257-265. (In Persian).

Atherton, J.G. and Farooque, A.M. 1983. High temperature and germination in spinach. I. The role of the pericarp. Scientia Horticulturea. 19:25-32.

Bernal-Lugo, I. and Leopold, A. C. 1992. Changes in soluble carbohydrates during seed storage. Plant Physiology. 98:1207-1210.

Bewley, J.D. and Black, M. 1982. Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination. Vol. 2. Springer-Verlag, New York.

Bewley, J.D. and Black, M. 1994. Seeds: Physiology of development and germination. 2nd ed. Plenum Press, New York.

Black, M. and Wearing, P.F. 1959. The role of germination inhibotors and oxygen in the dormancy of the light-sensetive seed of *Betula* spp. Journal of Experimantal Botany, 10: 134-135.

Eftekhari, S.A., Hassandokht, M.R., Fatahimoghadam, M.R. and Kashi, A.K. 2010. Genetic diversity of native spinach of Iran (*Spinacia oleracea* L.) using morphological traits. Iranian Horticultural Science. 41(1): 83-93.(In Persian)

Eftekhari, S.A., Heidari, M. and Azemi, A. 2015. Nutritional value of selected Iranian spinach (*Spinacia oleracea*) landraces. Research Project, Pp. 61. University of Shahid Chamran, Iran, Ahvaz. (In Persian).

Ellis, R.H. 1985. Handbook of seed technology for genebanks. International Board for Plant Genetic Resources edition. Roma, Italy.

Erfani, F., Hassandokht M.R., Barzegar M. and Jabbari A. 2006. Determination and Comparison of Chemical Properties of Seven Iranian Spinach Cultivars. Intentional Journal of Food Science & Technology. 3(2): 27-34. (In Persian).

Fornerod, C. 1975. Remarques sur la germination des semences potagères en laboratoire. Revue Horticole Suisse. 48: 6-9.

Harrington, J.F. 1963. The effect of temperature on the germination of several kinds of vegetable. Proceedings of the 16th International Horticulture Congress. 2: 435-441.

Heydecker, W., and Orphanos, P.I. 1968. The effect of excess moisture on the germination of *Spinacia oleracea* L. Planta. 83: 237-247.

Heydecker, W., Orphanos, P.I. and Cherram, R.S. 1969. The importance of air supply during seed germination. Proceeding of the International Seed Testing Association. 34: 297-304.

Ishikawa, S. 1951. On the growth inhibitor present in the spinach fruit. Botanial Magazine. 64: 120-125. (In Japanese with English summary).

Karssen, C.M. 1976. Two sites of hormonal action during germination of *Chenopodium album* seeds. Physiol. Plant. 36: 264-270.

Katzman, L.S., Taylor, A.G. and Langhans, R.W. 2001. Seed enhancements to improve spinach germination. Hort Science. 36(5): 979-981.

Koster, K.L., and Leopold, A.C. 1988. Sugars and desiccation tolerance in seeds. Plant Physiology. 88:829-832.

Leskovar, D.I., Esensee, V., and Belefant-Miller, H. 1999. Pericarp, Leachate, and Carbohydrate Involvement in Thermo-inhibition of Germinating Spinach Seeds. Journal of the American Society for Horticultural Science. 124(3): 301-306.

Makino, I., and Miyamoto, T. 1954. On the growth inhibiting substance in the germinating spinach seeds. Japanes Journal of Breeding. 4: 158-160.

Malek, L., and Bewley, J.D. 1991. Endo-β -mannanase activity and reserve mobilization in excised endosperm of fenugreek affected by volume of incubation and abscisic acid. Seed Sci. Res. 1:45-49.

Nakamura, S., Teranishi, T. and Aoki, M. 1982. Promoting effect of polyethylene glycol on the germination of celery and spinach seeds. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science. 50: 461-467.

Rastegar, M. 1992. Seed Testing and Control. Barahmand Press. P127.

Ryder, E.J. 1979. Leafy Salad Vegetables. A.V.I. Pub. Co. Westport, Connecticut. P11.

Shafiq, M., Zafar, I.M., and Athar, M. 2008. Effect of lead and cadmium on germination and seedling growth of *Leucaena leucocephala*. Journal Applied Science and Environmental Management. 12(2): 61-66.

Sifton, H.B. 1927. On the germination of the seed of *Spinacia oleracea* L. at low temperatures. Annals of Botany. 41: 557 -569.

Suganuma, N., and Ohno, H. 1984. Role of pericarp in reducing spinach (*Spinacia oleracea* L.) seed germination at supra optimal temperature. Journal of Japanes Horticultural Science. 53(1): 38-44.

Tamura, T., Ito, K., and Takano, S. 1957. Breaking of the dormancy of spinach seeds. Kyushu Agricultural Research. 19: 54-56.

Vertucci, C.W., and Farrant, J.M. 1995. Acquisition and loss of desiccation tolerance. In: J. Kigel and G. Galili (eds.). Seed development and germination, Marcel Dekker Inc., New York. p 237-271

Wiebe, H.J. 1989. Effects of low temperature during seed development on the mother plant on subsequent bolting of chicory, lettuce and spinach. Scientia Horticulturea, 38(4): 223-229.

Zvalo, V., and Respondek, A. 2008. Spinach Vegetable Crops Production Guide for Nova Scotia. Agra Poin. P 9.