"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد سیزدهم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳
(ص ۱۰۶-۹۳)
مقاله پژوهشی

Iranian Journal of Seed Science and Technology
Vol.: 13, No.: 1, Spring 2024
(pp: 93-106)
DOI: 10.22092/ijsst.2022.359800.1450
Research Article

آنالیز تصویری بذرهای تولید شده دو رقم کاملینا (*Camelina sativa*) تحت تیمار محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها و بررسی تاثیر آن بر روی درصد و سرعت جوانه‌زنی

سحر رحمانی[۱]، رضا توکل افشاری[۱*]، سرور خرم دل[۱]، سید حسین نعمتی[۲]

۱. به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد، و دانشیار گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، خراسان رضوی، ایران.
۲. استادیار گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، خراسان رضوی، ایران.
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۰۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۱۷)

چکیده

گیاه کاملینا (*Camelina sativa*) یا کتان کاذب، یک محصول دانه روغنی مهم از تیره *Brassicaceae* می‌باشد که این گیاه به علت کاربردهای صنعتی، بهداشتی و غذایی بسیار حائز اهمیت بوده و سطح زیر کشت این محصول رو به افزایش می‌باشد و از مهم ترین ویژگی‌های این گیاه می‌توان به نیاز اندک این گیاه به نهاده‌های ورودی و مقاومت بالا نسبت به تنش‌های زیستی و غیر زیستی می‌باشد. در این طرح از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با استفاده از نرم افزارآماری SAS بذرهای دو رقم گیاه کاملینا (رقم سهیل و لاین۶۹) از نظر تاثیر محلول‌پاشی ریزمغذی‌های آهن، روی، منگنز و تیمار ترکیبی و تیمار شاهد در زمان بلافاصله بعد از تشکیل بذرها و همچنین بعد از تشکیل تقریبا ۵۰ درصد از بذرها محلول‌پاشی پایه مادری انجام شد و با در نظر گرفتن ۳ تکرار مورد بررسی قرار گرفت. تصاویر تهیه شده از جنین‌های گیاه کاملینا ارزیابی و بررسی شده و نتایج آنالیزهای تصویری با نتایج آزمون جوانه‌زنی مقایسه شد. نتایج این آزمایش نشان داد که بذر رقم لاین ۶۹ که دارای حداقل طول لپه، حداقل طول محور جنینی و حداقل طول بذر و حداکثر عرض بذر را در تیمار محلول‌پاشی ترکیبی بود، دارای حداقل نسبت طول محور جنینی به طول بذر، حداقل نسبت طول لپه به طول بذر وحداقل نسبت طول به عرض بذر نیز می‌باشد که کوچکتر بودن ابعاد بذر در رقم لاین ۶۹ منجر به کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی شده است چرا که مقدار ماده ذخیره‌ای بذر کمتر بوده و این امر بر روی درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرها اثرگذار می‌باشد.

کلمات کلیدی: دانه‌های روغنی – جنین زایی – مورفولوژی بذر – عناصر ماکرو و میکرو

Image analysis of camelina (*Camelina sativa*) seeds produced under micronutrient foliar treatments and its effects on germination percentage and speed

S. Rahmani[1], R. Tavakkol Afshari[1*], S. Khorramdel[1], S.H. Nemati[2]

1. MSc. Student, Professor, and Associate Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Horticultural Science and Landscape Architecture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
(Received: Aug. 25, 2023 – Accepted: Oct. 09, 2023)

Abstract

Camelina (*Camelina sativa*) is an important oilseed crop from the Brassicaceae family. This plant is important due to its industrial, health and food applications, and the cultivated area of this product is increasing, and important features of this plant. It can be attributed to the low need of this plant for inputs and high resistance to biotic and abiotic stresses. A factorial experiment in the form of a complete block design using SAS statistical software of the seeds of two varieties of Camelina (Sohail and Line 69) in terms of the effect of foliar spraying of micronutrients iron, zinc, manganese and the combined treatment and the control treatment immediately after closing After the formation of 50% of the seeds, foliar spraying was done and it was investigated during 3 repetition. The images prepared from Camelina plant embryos were evaluated and checked and the results of image analysis were compared with the results of the germination. The results of this experiment showed that the seed of line 69, which had the minimum cotyledon length, the minimum embryonic axis length, the minimum seed length and the maximum seed width in the combined foliar spraying treatment, had the minimum ratio of the embryonic axis length to the seed length, the minimum cotyledon length ratio It is related to the seed length and the minimum seed length to width ratio that the smaller size of the seed in line 69 has led to a decrease in the percentage and speed of germination.

Keywords: Oilseeds, embryogenesis, seed morphology, macro and micro elements

* Email: tavakolafshari@um.ac.ir

مقدمه

بذرها نهاده‌های بسیار مهمی در صنعت کشاورزی به شمار می‌روند به گونه ای که بذرها آغاز و پایان بیشتر فعالیت‌های کشاورزی می‌باشند. بذرها از نظر ویژگی‌های فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی، خلوص ژنتیکی و بیوشیمیایی و مولکولی بسیار مهم و حائز اهمیت می‌باشند چرا که کیفیت بذرها بر روی عواملی مانند: تولید گیاهچه قوی و استقرار خوب در مزرعه و در نهایت بر عملکرد محصول تاثیر می‌گذارد (Hemender *et al*., 2018).

گیاه کاملینا (*Camelina sativa*) بومی مناطق مدیترانه‌ای اروپا و آسیا می‌باشد (Bakhshi *et al*., 2021) و یک محصول مهم دانه روغنی از تیره *Brassicaceae* محسوب می‌شود که دارای ویژگی‌های زراعی مهمی از جمله نیاز به آب کم و نیاز اندک به کودهای شیمیایی می‌باشد که سبب سازگاری بالای این گیاه با شرایط خشکسالی و کم آبی شده است (Lixia and Li 2020)، و به علت مقاومت بالا نسبت به آفات و بیماری‌ها نسبت به سایر گیاهان دانه روغنی دارای برتری می‌باشد (Angelini *et al*., 2020). این گیاه از نظر گیاهشناسی یک گیاه یکساله و دولپه محسوب می‌شود که دارای ساقه ای صاف و کمی خشن با آرایش متناوب برگ‌ها می‌باشد. گل‌های آن به رنگ زرد و به صورت گل آذین خوشه در بالای بوته قرار دارد و میوه‌ها به شکل غلافی گلابی شکل می‌باشد که دارای بذرهای کوچک و مستطیل شکل به رنگ نارنجی تا قهوه‌ای رنگ در زمان رسیدگی کامل میوه‌ها دیده می‌شوند (Bakhshi *et al*., 2021). بذرهای گیاه کاملینا حاوی اسیدهای چرب آلفا لینولنیک اسید و اسید چرب لینولئیک اسید و امگا ۳ می‌باشند که بسیار برای سلامتی انسان مفید و ضروری می‌باشند و همچنین روغن حاصل از بذرهای آن به علت داشتن اسیدهای چرب منحصر به فرد به عنوان یک مولکول زیست فعال و بیوپلیمر در صنعت پالایش گاه زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Bakhshi *et al*., 2021).

آنالیزهای تصویری امروزه کاربرد زیادی در صنعت تولید بذر دارد به گونه ای که در شناسایی خصوصیات مختلف ژنوتیپ‌ها در محصولات متفاوت موثر بوده و از طریق آنالیزهای تصویری با دقت بالاتر و مدت زمان کوتاه تری می‌توان تفاوت‌های موجود را مورد بررسی قرار داد برای مثال از آنالیز های تصویری می‌توان برای ریخت شناسی، رنگ سنجی و سایر معیارها برای شناسایی انواع غلات و حبوبات استفاده نمود (Hemender *et al*., 2018). ارزیابی کیفی صفات مربوط به عملکرد از طریق آنالیزهای تصویری می‌تواند در تعیین ارزش غذایی بهینه دانه‌ها حائز اهمییت می‌باشد (Feiyu *et al*., 2021). تعیین شاخص‌های بنیه و یکنواختی، طول ریشه اولیه و لپه‌ها و نسبت ریشه به لپه‌ها توسط نرم افزارهای آنالیز تصویری یک روش سریع و دقیق در تعیین بنیه بذر، یکنواختی در استقرار گیاهچه و رشد و پرشدن دانه می‌باشد (Feiyu *et al*., 2021).

بهترین زمان مصرف عناصر غذایی و مواد ریزمغذی در گیاهان باید با زمان حداکثر نیاز و تقاضا در گیاهان همزمان باشد تا حداکثر جذب اتفاق بیفتد (Stewart *et al*. , 2021). عناصر کم مصرف جزء عناصر مهم و مورد نیاز گیاهان می‌باشند اما میزان نیاز گیاهان به این عناصر نسبت به عناصر ماکرو، کمتر می‌باشد. عناصر کم مصرف شامل: روی- آهن- منگنز- بر-مس می‌باشند که هر یک از این عناصر در طی یک دوره خاص از فصل رشد گیاه، جذب می‌شوند (Stewart *et al*., 2021). کمبود آهن بر روی مقدارکلروفیل برگ ها و در نهایت تولید ماده خشک و عملکرد محصول اثر می گذارد (Goiba *et al*., 2020). مصرف آهن در خاک‌های آهکی علاوه بر تاثیر گذاری بر روی جذب سایر عناصر، بر روی شاخص‌هایی مانند پروتئین بذر و روغن ذخیره شده در بذرهای روغنی اثر می‌گذارد (Pangtandust *et al*., 2020). عنصر روی نیز در هنگام جوانه‌زنی در بخش ریشه چه به مقدار زیادی وجود دارد و در مراحل اولیه ی رشد گیاه

بسیار مهم و اثر گذار می‌باشد و همچنین کمبود روی سبب کاهش مقاومت گیاه نسبت به آفات و بیماری‌ها می‌شود (Goiba *et al*., 2020). غلظت عنصر روی در بذرها سبب افزایش قوه نامیه بذر می‌شود (Jalil shesh bahre and Movahedi dehnavi, 2012)، همچنین این عنصر بر روی وزن هزار دانه اثر گذاشته و موجب افزایش جوانه‌زنی بذر ها نیز می‌شود (Khalilvand and Yarnia. 2017). منگنز یکی از عناصر ضروری در فرایند متابولیسم نیتروژن و همچنین فتوسنتز می‌باشد و استفاده از منگنز به طور قابل توجهی سرعت رشد و عملکرد دانه را افزایش می‌دهد (Munawar *et al*., 2013).

این آزمایش به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی ریز مغذی‌ها بر روی شاخص های جنین بذر کاملینا و تاثیر آن بر روی شاخص‌های جوانه‌زنی بذرهای این گیاه انجام شده است.

مواد و روش

تهیه بذر: در این آزمایش از بذرهای رقم سهیل و لاین ۶۹ (DH69) استفاده شده که یک تیپ بینابین ارقام بهاره و پاییزه دارد و توسط شرکت دانش بنیان کشت و توسعه گیاهان دارویی بیستون شفا با شماره ثبت (۱۷۹۹۲) در سال ۱۳۹۷ در استان کرمانشاه تولید شده است.

جدول ۱- نام ارقام استفاده شده در هر تلاقی در گیاه کاملینا

Table 1- The names of cultivars used in each crossing in *Camelina* plant

نام Name	والد مادری Maternal parent		والد پدری Paternal parent	
	اسم رقم Name of the species	کشور مبدا Country of original	اسم رقم Name of the species	کشور مبدا Country of original
سهیل Soheil	Calena	آلمان Germany	Blaine Greek	یونان Greece
لاین ۶۹ DH69	Boha	دانمارک Denmark	Volynshaga	لهستان Poland

مواد گیاهی: بذرهای دو رقم سهیل ولاین۶۹ گیاه کاملینا (*Camelina sativa* L.) به صورت بهاره در تاریخ ۱۵ فروردین سال ۱۴۰۰ و به صورت طرح آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در مزرعه دانشگاه فردوسی مشهد کشت شده است. پایه مادری تحت محلول‌پاشی تیمارهای ریزمغذی‌ها شامل: ۱/۲گرم سولفات آهن، ۱/۱ گرم سولفات روی، ۰/۷۵گرم سولفات منگنز، میکس سولفات آهن، سولفات روی، سولفات منگنز که شامل ۰/۲۵۰گرم سولفات منگنز، ۰/۳۹۹ گرم سولفات آهن و ۰/۳۶۶گرم سولفات روی (۱/۳از هر تیمار را شامل می‌شد، هر کدام در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شده) و تیمار شاهد (آب مقطر) قرار گرفته است. محلول‌پاشی در دوزمان انجام شده است که زمان اول بلافاصله بعد از تشکیل دانه‌ها بوده و زمان محلول‌پاشی دوم در زمانی که حدودا ۵۰ درصد از بذرها بر روی پایه مادری تشکیل شده‌اند، انجام شده است. پس از رسیدگی کامل بذرها به صورت کاملا تصادفی از هر دو رقم سهیل و لاین۶۹گیاه کاملینا و ۵ تیمارمحلول‌پاشی، نمونه برداری انجام شده است. نمونه‌های جمع آوری شده در دمای ۶ درجه سانتی‌گراد به مدت یک هفته در داخل یخچال قرار گرفتند تا مورد بررسی قرارگرفته‌اند.

استخراج جنین و تصویر برداری: پس از انتقال بذرها به آزمایشگاه بذرها به مدت۵ الی ۱۰ دقیقه در پتری های حاوی آب مقطر قرار گرفته است تا امکان جداکردن پوسته بذرها ممکن شود. پس از استخراج جنین، تصویر برداری از جنین‌ها با دوربین و استریو میکروسکوپ

(OPTIKA: SZX-B+SZ-A1+SZ-ST3) با بزرگنمایی ۵ مگاپیکسلی انجام شده است و برای هر تیمار۳ تکرارمتناسب با تکرارهای درنظر گرفته شده در مزرعه، درنظر گرفته شده است.

آنالیز تصاویر: داده‌های حاصل از تصاویر گرفته شده که شامل اندازه‌های: طول محور جنینی، طول لپه‌ها، طول بذر و عرض بذر بوده را با کمک نرم‌افزار آماری SAS ۴-۹ به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی مورد بررسی و آنالیز قرار گرفته است.

آزمون جوانه‌زنی: بذرهای جمع آوری شده با در نظر گرفتن ۳ تکرار برای هر تیمار (متناسب با تکرارهای درنظر گرفته شده در مزرعه) در پتری‌های حاوی ۲۵ عدد بذربرای آزمون جوانه‌زنی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. به این صورت که ابتدا بذرها را با کمک محلول آب ژاول ۵ درصد، ضد عفونی شده است و با آب مقطر به طور کامل آبکشی شده و سپس۲۵ عدد از بذرها را داخل پتری دیش‌هایی که از قبل به خوبی ضدعفونی شده است و کاغذ صافی منا سب در آنها قرار گرفته ا ست، به صورت مربع شکل چیده شده و در داخل دستگاه ژرمیناتور با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۱۶ ساعت و دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۸ ساعت در شبانه روز، قرارگرفته‌اند و شمارش بذرهای جوانه زده به طور مرتب طی ۲۴ ساعت (هر روز) تا زمانی که جوانی زنی بذرها ۱۰۰ درصد شده باشد یا اینکه به مدت ۳ روز متوالی تعداد بذرهای جوانه زده تغییری نداشته باشد، ادامه می‌یابد. سپس از طریق فرمول‌های زیر، درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی (ISTA,2011) محاسبه گردیده است:

سرعت جوانه‌زنی = تعداد بذرهای جوانه زده در زمان معین/ تعداد روزهای شروع جوانه‌زنی (Bayat *et al.*,2017).

n =است با تعداد بذرهای جوانه زده در زمان t

t= تعداد روزهای پس از شروع جوانه‌زنی

$GR = \sum (n/t)$

درصد جوانه‌زنی= تعداد بذرهای جوانه زده در هر روز / تعداد کل بذرها * ۱۰۰

$FGP=\frac{\sum n}{n} *100$

$\sum n$= تعداد بذرهای جوانه زده در هر روز

n= تعداد کل بذرها

نتایج و بحث

طول محور جنینی: نتایج حاصل ازتجزیه واریانس میانگین مربعات (جدول ۲) نشان داد که اثراصلی محلول‌پاشی عناصر تغذیه ای، اثر متقابل رقم و زمان محلول‌پاشی، اثر متقابل زمان محلول‌پاشی و محلول‌پاشی و همچنین تأثیر متقابل سه گانه شامل: اثر رقم- زمان و محلول‌پاشی بر روی طول محور جنینی معنی‌دار در سطح ۱ درصد و ۵ درصد می‌باشد. همچنین مقایسه میانگین صفات نشان داده است که رقم لاین۶۹ درزمان محلول‌پا شی اول و تیمار محلول‌پا شی منگنز بیشترین طول محور جنینی را بر حسب میلی‌متر نشان داده، در صورتی که کمترین مقدار طول محور جنینی بذر کاملینا در رقم لاین ۶۹در زمان محلول‌پاشی دوم و تیمار محلول‌پاشی ترکیبی بود که تفاوت آنها حدود ۲۲ درصد می‌باشد،که در شکل ۱- الف نمایش داده شده است. مطالعات وآزمایش‌های انجام شده نشان داده است که تیمارهای مختلف تغذیه ای بر روی بذر می‌تواند بر روی مورفولوژی بذر از جمله طول محور جنینی و سایر شاخص‌ها در بذر اثر گذارد و در نهایت باعث تغییر در درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر گردد (Utami and Hariyanto 2016).

طول لپه‌ها: بررسی‌های حاصل ازتجزیه واریانس میانگین مربعات صفت طول لپه (جدول۲) نشان داد که اثر اصلی رقم، تأثیر متقابل رقم و زمان محلول‌پاشی و همچنین تأثیر متقابل رقم و تیمارهای مختلف محلول‌پاشی دارای تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد و ۵ درصد می‌باشند. همچنین مقایسه میانگین صفات تحت تأثیر زمان محلول‌پاشی و رقم بر روی طول لپه نشان داده است که رقم سهیل در طول محلول‌پا شی دوم و تیمار محلول‌پا شی

شـــاهد بیشـــترین مقدار طول لپه را از خود نشـــان داده و کمترین مقـدار طول لپـه نیز در رقم لاین ۶۹ و در زمـان محلول‌پاشی دوم و تیمار محلول‌پاشی ترکیبی مشاهده شده اســـت، که تفاوت آنها حدود ۷ درصـــد می‌باشـــد، که در شکل۲-الف نمایش داده شده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات طول محور جنینی، طول لپه، طول بذر، عرض بذر، نسبت طول محور جنینی به طول بذر، نسبت طول لپه به طول بذر، نسبت طول به عرض بذر و درصد و سرعت جوانه‌زنی کاملینا تحت تاثیر تیمارهای محلول‌پاشی ریزمغذی

Table 2- Variance analysis of embryonic axis length, cotyledon length, seed length, seed width, cotyledon length to seed length ratio, cotyledon length to seed length ratio, seed length to width ratio and percentage and germination rate of Camelina under the influence of treatments Micronutrient spraying.

		میانگین مربعات (MS)								
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	طول محور جنینی Fetal axis length	طول لپه cotyledon length	طول بذر Seed length	عرض بذر seed width	نسبت طول محور جنینی به طول بذر The ratio of embryonic axis length to seed length	نسبت طول لپه به طول بذر Ratio of cotyledon length to seed length	نسبت طول به عرض بذر Seed length to width ratio	سرعت جوانه‌زنی Germination speed	درصد جوانه‌زنی Germination percentage
تکرار Repetition	2	0.006^{ns}	0.002^{ns}	0.0003^{ns}	0.003^{ns}	0.001^{ns}	0.0001^{ns}	0.005^{ns}	0.80^{ns}	79.31^{ns}
رقم (A) Cultivar	1	0.00004^{ns}	0.053*	0.010^{ns}	0.176**	0.002^{ns}	0.003^{ns}	0.239**	23.43**	453.75*
زمان محلول‌پاشی (B) Time of foliar spraying	1	0.014^{ns}	0.010^{ns}	0.223**	0.135*	0.015**	0.017**	0.006^{ns}	51.33**	1066.81*
ریزمغذی (C) Micronutrient	4	0.033*	0.016^{ns}	0.012^{ns}	0.023^{ns}	0.007**	0.005*	0.011^{ns}	7.99**	154.93^{ns}
A*B	1	0.021^{ns}	0.085**	0.00002^{ns}	0.016^{ns}	0.004^{ns}	0.014*	0.029^{ns}	4.53^{ns}	104.01^{ns}
A*C	4	0.077**	0.033**	0.065**	0.051^{ns}	0.006**	0.002^{ns}	0.018^{ns}	7.16**	193.50^{ns}
B*C	4	0.049**	0.007^{ns}	0.014^{ns}	0.027^{ns}	0.005**	0.0002^{ns}	0.033^{ns}	9.87**	143.56^{ns}
A*B*C	4	0.031*	0.017^{ns}	0.059**	0.078**	0.005**	0.002^{ns}	0.032^{ns}	4.01^{ns}	67.26^{ns}
خطا Error	38	0.009	0.007	0.014	0.020	0.001	0.002	0.014	1.69	83.282

ns, *, **به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد می‌باشد.

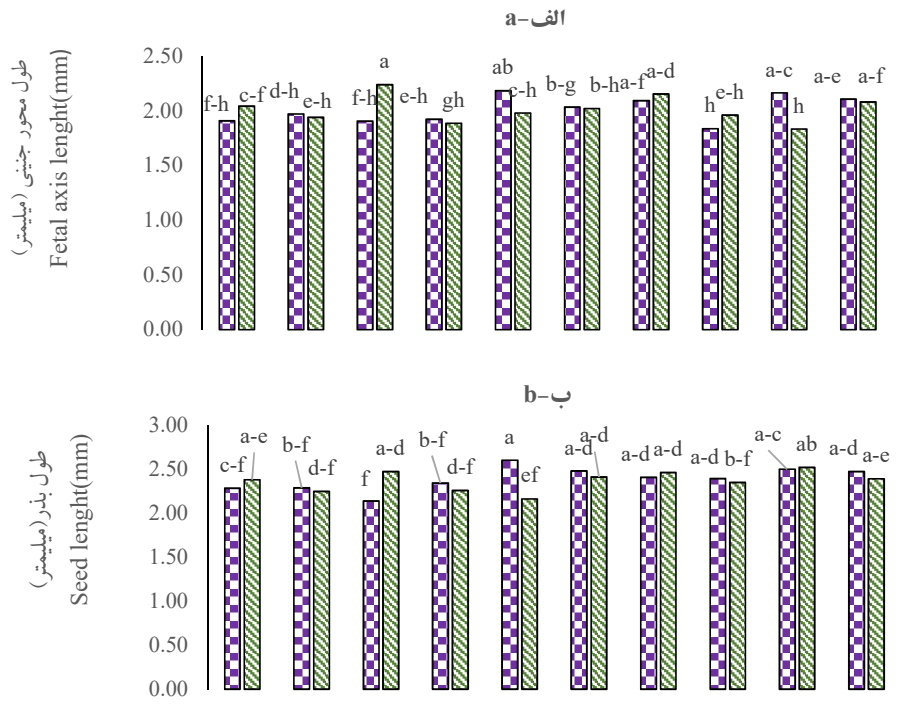
ns, *,** are insignificant and significant at the level of five percent and one percent, respectively

طول بذر: بررســـی‌های حاصـــل ازتجزیه واریانس میانگین مربعات (جدول۲) نشـــان داد که اثر اصـــلی زمان محلول پاشـــی و اثرات متقابل دو گانه نوع رقم و انواع تیمارهای مختلف محلول‌پاشی و همچنین اثرات متقابل سه گـانـه نوع رقم- زمـان محلول‌پـاشـــی و انواع تیمـارهـای محلول‌پاشی، از نظر طول بذر، دارای تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد می‌باشند. همچنین مقایسه میانگین صفات تحت تأثیر نوع رقم – زمان محلول‌پاشـی و انواع تیمارهای محلول‌پاشـی به خوبی مشـخص نموده اسـت که، بیشـترین طول بذر بر حســـب میلی‌متر مربوط به رقم ســـهیل تحت تیمار محلول‌پاشی، شاهد و زمان محلول‌پاشی اول می‌باشد. کمترین طول بذر نیز بر حســـب میلی‌متر مربوط به رقم ســـهیل در زمان محلول پاشـــی اول و تحت تأثیر تیمار محلول‌پاشـــی منگنز می‌باشـــد که اختلاف آنها حدود ۲۱ درصد می‌باشد که در شکل ۱- ب نمایش داده شده است.

عرض بذر: در بررسی نتایج حاصل از تجزیه واریانس میانگین مربعات (جدول ۲) مشخص شد که اثر اصلی رقم و اثر اصلی زمان محلول‌پاشی و همچنین اثرات متقابل سه گانه نوع رقم- زمان محلول‌پاشی و انواع تیمارهای مختلف محلول‌پاشی بایکدیگر دارای اختلاف معنی‌داری در سطح

۱ درصد و ۵ درصد می‌باشند. همچنین مقایسه میانگین صفات تحت تأثیر نوع رقم، زمان محلول‌پاشی و انواع تیمارهای مختلف محلول‌پاشی به خوبی مشخص نموده است که بیشترین مقدار عرض بذر بر حسب میلی‌متر مربوط به رقم لاین ۶۹ در زمان محلول‌پاشی دوم و تحت تأثیر تیمار محلول‌پاشی ترکیبی بوده است. کمترین عرض بذر بر حسب میلی‌متر نیز مربوط به رقم سهیل در زمان محلول‌پاشی اول و تیمار محلول‌پاشی منگنز می‌باشد؛ که اختلاف آنها حدود ۵۰ درصد می‌باشد که در شکل ۱- ج نمایش داده شده است.

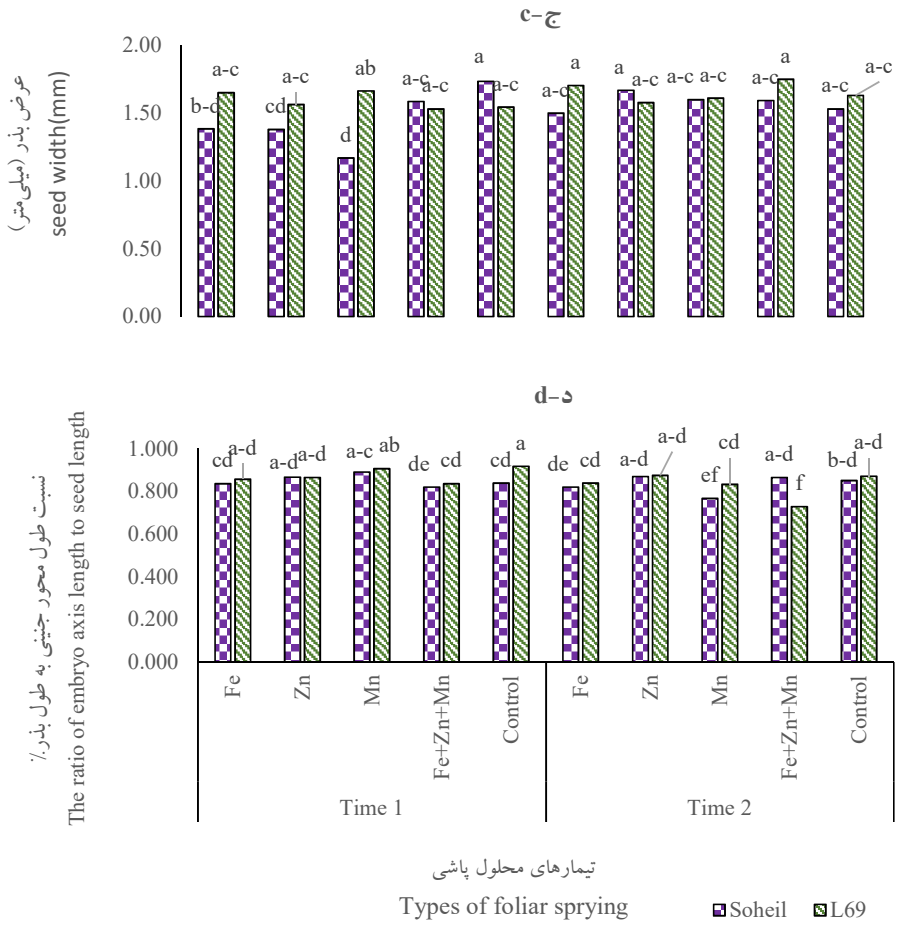
نسبت طول محور جنینی به طول بذر: با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس میانگین مربعات (جدول ۲) مشخص شده است که اثر اصلی، زمان محلول‌پاشی، اثر اصلی انواع تیمارهای محلول‌پاشی و اثرات متقابل دو گانه، رقم و انواع تیمارهای محلول‌پاشی و اثرات دوگانه، زمان و انواع تیمارهای محلول‌پاشی و همچنین اثرات سه گانه رقم- زمان و انواع تیمارهای محلول‌پاشی دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ در صد می‌با شند. بر ا ساس مقایسه میانگین صفات تحت تأثیر رقم- زمان و انواع تیمارهای محلول‌پاشی، مشخص شده است که رقم لاین ۶۹ در زمان محلول‌پاشی اول و تحت تأثیر تیمار محلول‌پاشی شاهد بیشترین نسبت طول محور جنینی به طول بذر را به خود اختصاص داده است و در مقابل آن، رقم لاین ۶۹ در زمان محلول‌پا شی دوم و تحت تأثیر تیمار محلول‌پا شی ترکیبی، کمترین نسبت طول محور جنینی به عرض بذر را به خود اختصاص داده است؛ که اختلاف میان آنها حدود ۲۵ درصد می‌باشد که در شکل ۱- د نمایش داده شده است.



شکل۱- نمودار مقایسه میانگین صفات طول محور جنینی (الف)، طول بذر (ب)، عرض بذر (ج)و نسبت طول محور جنینی به طول بذر(د) تحت اثر محلول‌پاشی ریز مغذی‌ها شامل: آهن (Fe)، روی (Zn)، منگنز (Mn)، تیمار ترکیبی (Fe+Zn+Mn) و دو رقم بذر (Soheil, L69) و دو زمان محلول‌پاشی (Time1, Time2). تیمارهایی که دارای اختلاف معنادار نمی‌باشند با حروف یکسان مشخص شده‌اند.

Figure 1- Chart comparing the characteristics of embryonic axis length (a), seed length (b), seed width (c) and the ratio of embryonic axis length to seed length (d) under the effect of foliar spraying of micronutrients including: iron (Fe), zinc (Zn)), manganese (Mn), combined treatment (Fe+Zn+Mn) and two seed varieties

(Soheil, L69) and two foliar spraying times (Time1, Time2). Treatments that do not have significant differences are marked with the same letters.



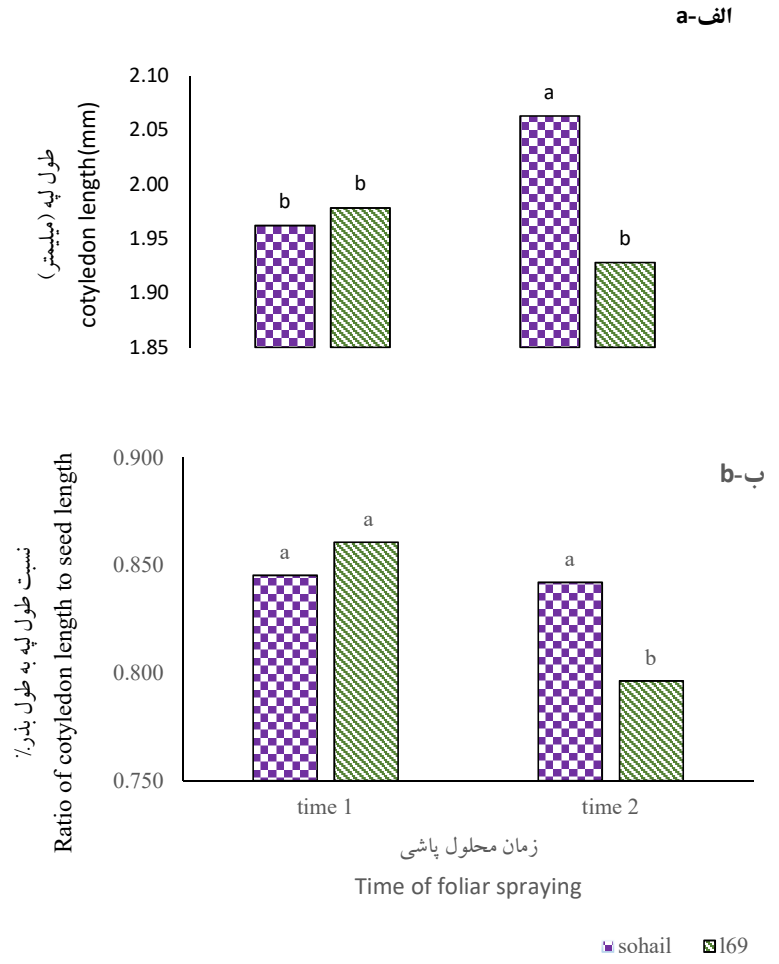
ادامه شکل ۱

Figure 1- Continued

نسبت طول لپه‌ها به طول بذر: با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس میانگین مربعات (جدول۲) مشخص شده است که اثر اصلی زمان محلول‌پاشی و اثر اصلی تیمارهای مختلف محلول‌پاشی و همچنین اثرات دوگانه، رقم و زمان محلول‌پاشی دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ در صد و ۵ در صد می‌باشند. بر اساس مقایسه میانگین صفات تحت تأثیر رقم و زمان محلول پاشی مشخص نموده است که بیشترین نسبت طول لپه‌ها به طول بذر مربوط به رقم لاین ۶۹ و در زمان محلول پاشی اول می‌باشد که بر خلاف آن، کمترین نسبت طول لپه‌ها به طول بذر مربوط به رقم لاین ۶۹در زمان محلول‌پاشی دوم می‌باشد که اختلاف آنها حدود ۸ در صد می‌باشد؛ که در شکل ۲-ب نمایش داده شده است.

نسبت طول به عرض بذر: با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس میانگین مربعات (جدول ۲) مشخص شده است که اثر اصلی رقم دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ در صد می‌باشد. بر اساس مقایسه میانگین صفات تحت تأثیر انواع رقم، به خوبی مشخص نموده است که بیشترین نسبت طول به عرض بذر مربوط به رقم سهیل و کمترین نسبت طول به عرض بذر مربوط به رقم لاین ۶۹می‌باشد

که اختلاف آنها حدود ۹ در صد می‌با شد؛ که در شکل ۳ نمایش داده شده است بررسی بذرها از روی شاخص‌های مورفولوژیکی یکی از راهکارهایی است که می‌تواند به بررسی و ارزیابی کیفیت بذرها کمک نماید و از طریق آنالیزهای تصویری و اندازه گیری‌های انجام شده بتوان کیفیت بذر را تعیین نمود و از طرفی این آنالیزهای تصویری می‌تواند بسیار سریع تر و با کیفیت بالاتری به تعیین کیفیت بذر بپردازد (Utami and Hariyanto 2016).

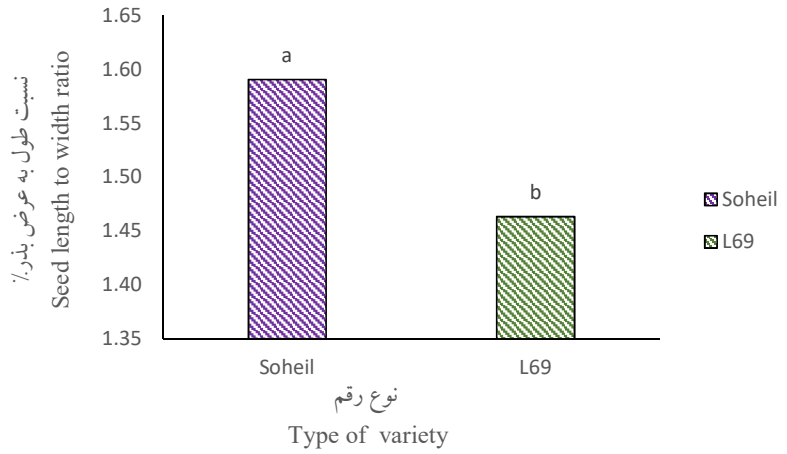


شکل ۲- نمودار مقایسه میانگین صفات طول لپه (الف) و نسبت طول لپه به طول بذر (ب) تحت اثر محلول‌پاشی ریز مغذی‌ها شامل: آهن(Fe)، روی (Zn)، منگنز (Mn)، تیمار ترکیبی (Fe+Zn+Mn) و دو رقم بذر (Soheil, L69).
تیمارهایی که دارای اختلاف معنا دار نمی‌باشند با حروف یکسان مشخص شده‌اند.

Figure 2- Comparison graph of the average characteristics of cotyledon length (a) and ratio of cotyledon length to seed length (b) under the effect of foliar application of micronutrients including: iron (Fe), zinc (Zn), manganese (Mn), combined treatment (Fe+Zn+ Mn) and two seed varieties (Soheil, L69). Treatments that do not have significant differences are marked with the same letters.

سرعت جوانه‌زنی: بررسی نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داده است که اثراصلی رقم، زمان و انواع تیمارهای محلول‌پاشی و همچنین اثر دوگانه رقم- محلول‌پاشی و زمان- محلول‌پاشی برای شاخص

سرعت جوانه‌زنی بذر، دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد می‌باشند. علاوه براین، نمودارمقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی تحت تاثیر رقم، زمان محلول‌پاشی و انواع مختلف تیمارهای محلول‌پاشی نشان داده است که بیشترین سرعت جوانه‌زنی بذر مربوط به رقم سهیل در زمان محلول‌پاشی دوم و تحت تاثیر تیمار محلول‌پاشی آهن بوده است در صورتی که کمترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به رقم لاین ۶۹ در زمان محلول‌پاشی اول و تحت تاثیر تیمار تغذیه ای ترکیبی بوده است که در شکل ۴- الف نمایش داده شده است. مطالعات وآزمایش‌های انجام شده نشان داده است که تیمارهای مختلف تغذیه ای بر روی بذر می‌تواند بر روی مورفولوژی بذر از جمله طول محور جنینی و سایر شاخص‌ها در بذر اثر گذارد و در نهایت باعث تغییر در درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر گردد (Utami and Hariyanto 2016).

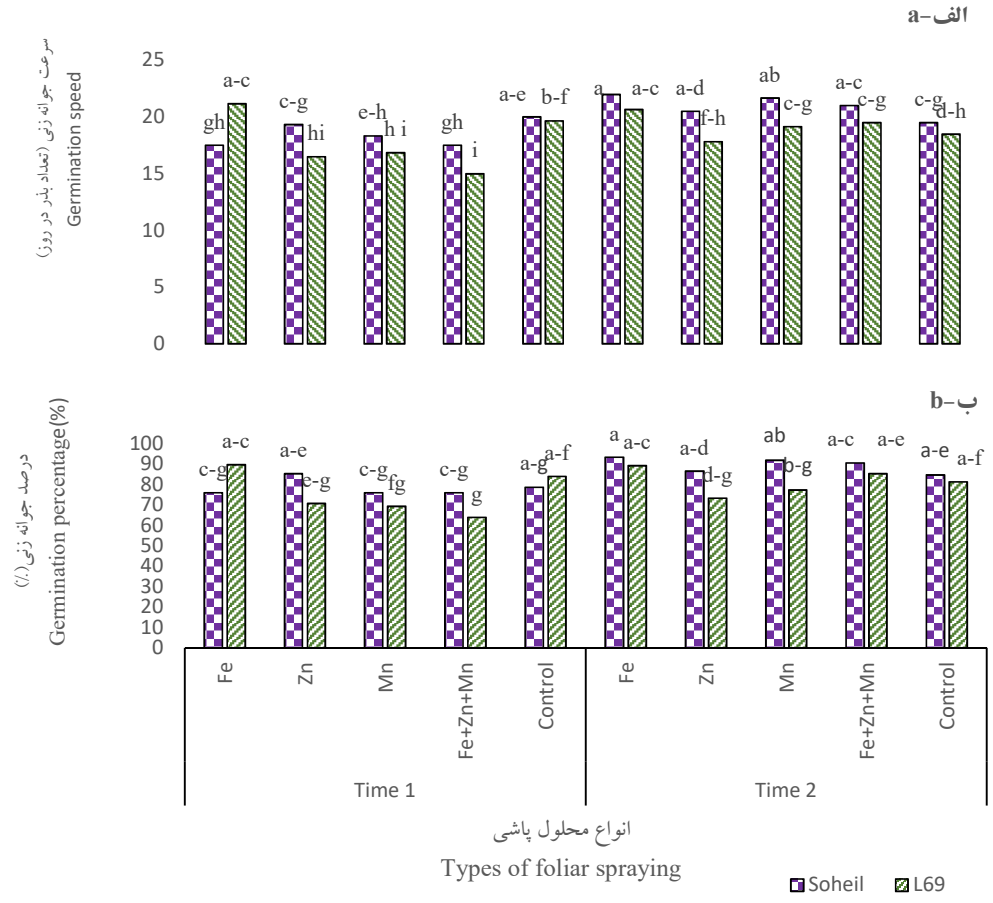


شکل ۳- نمودار مقایسه میانگین نسبت طول به عرض بذر تحت اثر دو رقم بذر (Soheil, L69).

Figure3- Comparison chart of average seed length to width ratio under the effect of two seed varieties (Soheil, L69)

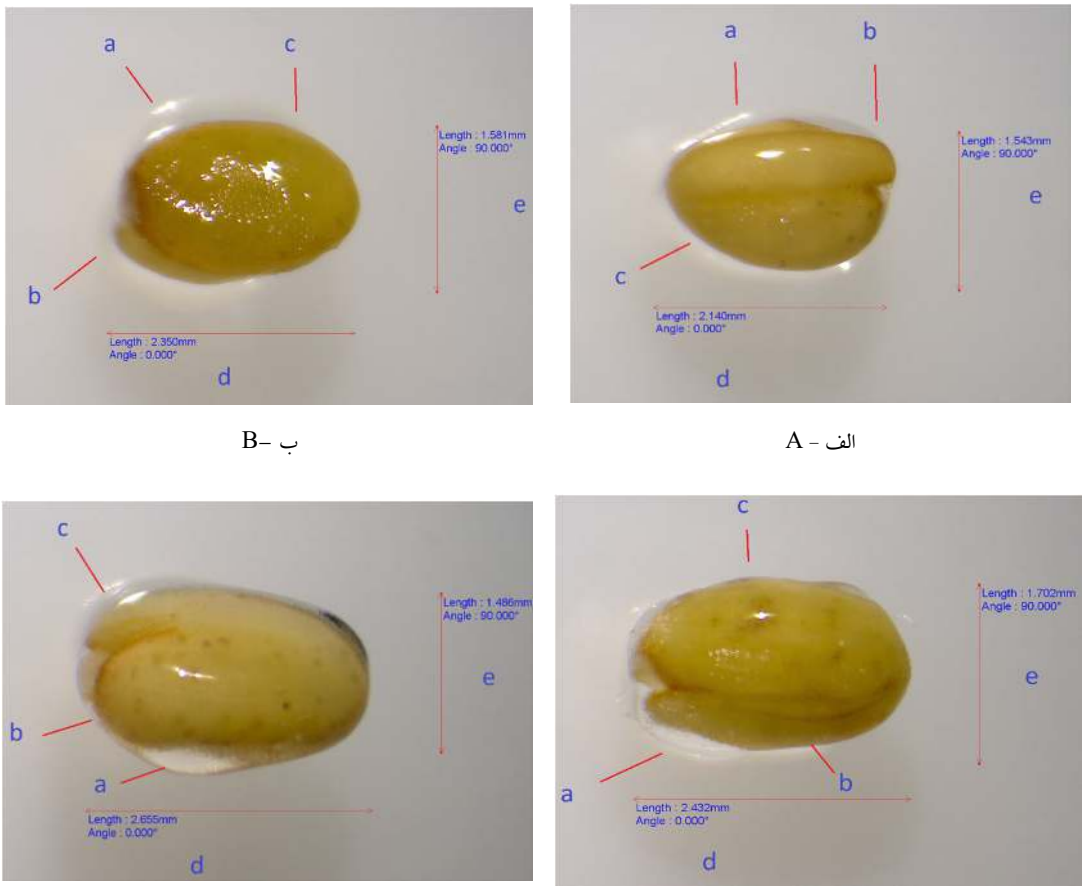
درصد جوانه‌زنی: بررسی نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داده است که اثرا صلی رقم و اثر اصلی زمان بر روی در صد جوانه‌زنی بذرهای کاملینا دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند. همچنین نمودار مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی تحت تاثیر رقم، زمان محلول‌پاشی و تیمارهای محلول‌پاشی مختلف ریزمغذی‌ها نشان داده است که حداکثر درصد جوانه‌زنی در رقم سهیل در زمان محلول‌پاشی اول و تحت تیمار تغذیه ای آهن مشاهده شده است در صورتی که کمترین درصد جوانه‌زنی مربوط به رقم لاین ۶۹ در زمان محلول پاشی نخست و تحت تیمار محلول‌پاشی ترکیبی بوده است که در شکل ۴- ب نمایش داده شده است.نتایج حاصل از بررسی و آزمایشات انجام شده نشان می‌دهد که با استفاده از مورفولوژی بذر به ویژه از طریق آنالیزهای تصویری حاصل از بررسی جنین بذر می‌توان در صد جوانه‌زنی را در بذرها مورد ارزیابی قرار داد و به طور غیر مستقیم درصد جوانه‌زنی بذر را تعیین نمود (Zarei *et al.*, 2022). استفاده از آنالیزهای تصویری بذر با کمک اشعه xدر جهت تعیین درصد جوانه‌زنی، یک روش غیر مخرب می‌باشد (Hemender *et al.*, 2018). تحقیقات اخیر داده هایی را در مورد شاخص‌های فیزیکی در داخل بذر برر سی نموده است که این شاخص‌های حاصل از آنالیز تصویری بذر با کمک اشعه x توانسته اند با دقت بالایی بین داده ها و ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر رابطه موثر و همبستگی تاثیرگذاری را پیدا نمایند (Campos *et al.*, 2022). جلیل شش بهره و موحدی دهنوی اعلام نمودند که محلول‌پاشی

ترکیبی روی و آهن توانسته است صفات و شاخص‌های جوانه‌زنی را در بذرهای گیاه سویا بهبود ببخشد (Jalil sheshbahre and Movahedi dehnavi, 2012). نتایج تحقیقلت خلیل وند و یارنیا نشان داده است که محلول‌پاشی با سولفات منیزیم، سولفات روی، سولفات منگنز و اسیدبوریک در مرحله پرشدن دانه‌ها و همچنین محلول‌پاشی سولفات منگنز و سولفات منیزم در مرحله ظهور گل تاجی در گیاه ذرت باعث جوانه‌زنی ۱۰۰ درصدی بذرهای ذرت شده است و همچنین نتایج تحقیقات آنها مشخص نموده است که محلول‌پاشی پایه مادری با عناصر ریز مغذی تاثیر مثبتی بر میزان کربوهیدرات ذخیره‌ای در بذرهای ذرت داشته و از این رو سبب افزایش درصد جوانه‌زنی بذرهای ذرت شده است (Khalilvand and Yarnia. 2017).



شکل ۴- نمودار مقایسه میانگین صفات سرعت جوانه‌زنی (الف) و درصد جوانه‌زنی (ب) تحت اثر محلول‌پاشی ریز مغذی‌ها شامل: آهن(Fe)، روی (Zn)، منگنز (Mn)، تیمار ترکیبی (Fe+Zn+Mn) و دو رقم بذر (Soheil, L69) و دو زمان محلول‌پاشی (Time1, Time2).

Figure 4- Comparison graph of the average characteristics of germination speed (a) and germination percentage (b) under the effect of foliar application of micronutrients including: iron (Fe), zinc (Zn), manganese (Mn), combined treatment (Fe+Zn+Mn) and two seed varieties (Soheil, L69) and two spraying times (Time1, Time2).



الف – A

ب –B

ج –C

د – D

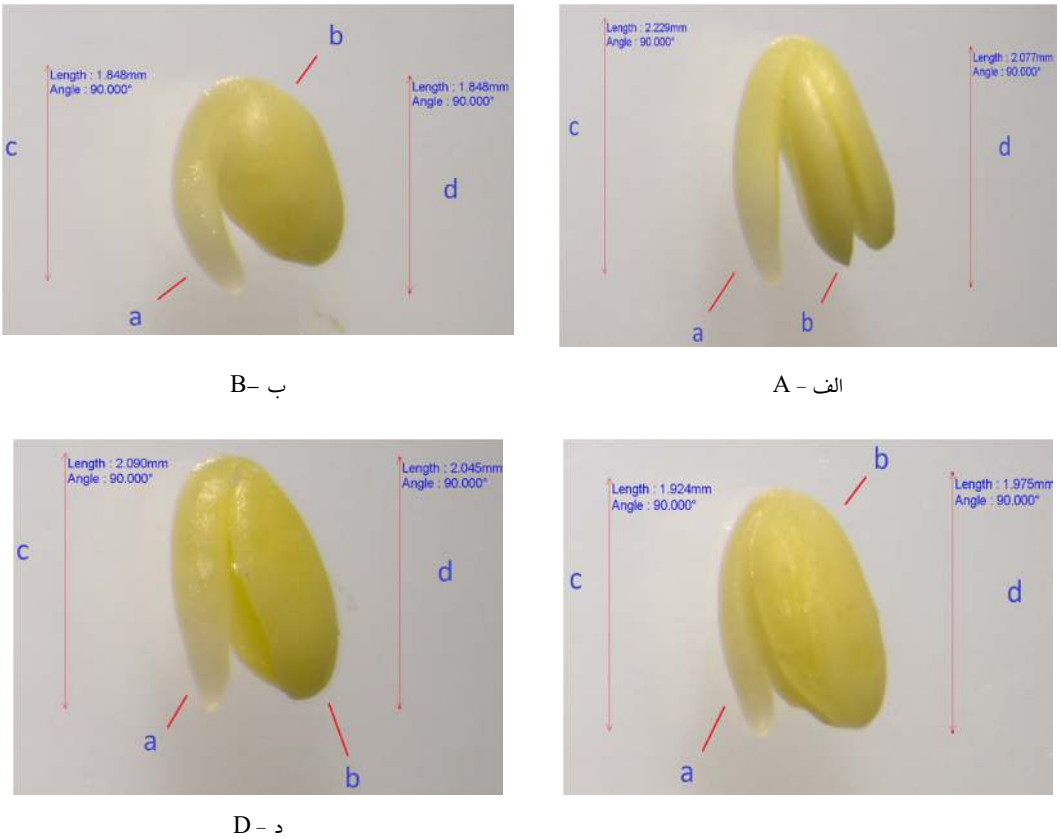
شکل ۵– (الف – ب) تصاویر بذر کاملینا رقم لاین ۶۹ از ابعاد مختلف. (ج – د) تصاویر بذر کاملینا رقم سهیل. در این تصاویر شکل بذر کاملینا به صورت مستطیلی شکل نمایش داده شده است که (a) یک لایه موسیلاژ، بذر را احاطه نموده است چون بذرها برای استخراج جنین به مدت ۵ الی ۱۰ دقیقه در داخل پتری حاوی آب مقطر قرار گرفته‌اند. (b) محور جنینی بذر می‌باشد. (c) لپه‌ها می‌باشند. (d) طول بذر بر حسب میلی‌متر. (e) عرض بذر بر حسب میلی‌متر.

Figure 5- (A-B) Camelina line 69 seed images of different types. (C-D) Images of camellia seeds of Sohail variety. In this figure, Camelina seeds can be seen in a rectangular shape, and (a) a layer of mucilage surrounds the seeds, because the seeds were kept in a petri dish containing distilled water for 5-10 minutes to harvest the embryos. (b) Embryonic involvement of the seed, which can be well seen from the seed coat. (c) They are cotyledons. (d) Seed length in mm. (e) Seed width in mm.

نتیجه‌گیری نهایی

تغذیه ی بذرها بر روی پایه مادری مو ضوع بسیار مهم و حائز اهمیتی می‌باشد چرا که کمبود هر یک از عناصر غذا یی در ماده ذ خیره‌ای بذرها می تواند بر روی شاخص‌های جوانه‌زنی مانند سرعت و درصد جوانه‌زنی بذرها، اثر گذارد. از طرفی تغذیه بذرها بر روی مورفولوژی و شکل ظاهری و ابعاد بذرها نیز اثر گذار بوده است و این امر نیز می‌تواند بر روی شاخص‌های جوانه‌زنی بذرها اثر گذارد. نتایج این آزمایش نشان داده است که بذرهای رقم لاین ۶۹ که تحت تیمار محلول‌پاشی ترکیبی قرار داشتند از نظر طول محور جنینی، طول لپه ها، طول بذر، نسبت طول به عرض بذر، نسبت طول لپه به طول بذر و نسبت طول محور جنینی به طول بذر، کمترین اندازه‌ها را به خود اختصاص داده و همین ابعاد کوچک بذر سبب کاهش

سرعت و درصد جوانه‌زنی بذرهای رقم لاین ۶۹ نسبت به بذرهای رقم سهیل بوده است. بذرهای رقم سهیل نیز که حداکثر طول بذر، حداکثر طول لپه و حداکثر نسبت طول به عرض بذر را به خود اختصاص داده اند نیز دارای حداکثر درصد و سرعت جوانه‌زنی می‌باشند چرا که ماده ذخیره‌ای بیشتری در بافت ذخیره‌ای بذر نسبت به بذرهای لاین ۶۹ که ابعاد کوچکتری داشته‌اند، ذخیره نموده‌اند. این آزمایش به خوبی رابطه بین ابعاد بذر و درصد و سرعت جوانه‌زنی را نشان داده است؛ به گونه ای که حداکثر طول بذر و طول محور جنینی تحت تاثیر تیمار ریزمغذی منگنز و زمان محلول‌پاشی اول ایجاد شده است وحداکثر درصد و سرعت جوانه‌زنی در بذرهای کاملینا نیز تحت تاثیر تیمار ریزمغذی آهن، ایجاد شده است. حداقل طول محور جنینی و طول بذر تحت تاثیر تیمار ریزمغذی ترکیبی و در زمان دوم محلول‌پاشی ایجاد شده است و همچنین حداقل سرعت و درصد جوانه‌زنی بذرهای کاملینا نیز تحت تاثیر تیمار محلول‌پاشی ترکیبی و در زمان محلول‌پاشی دوم ایجاد شده است.



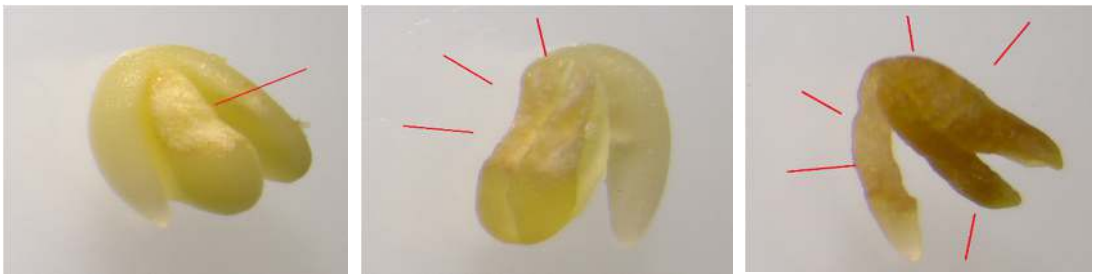
الف – A

ب –B

د – D

شکل ۶- (الف – ب) تصاویر جنین استخراج شده بالغ بذرهای کاملا رسیده رقم لاین ۶۹ گیاه کاملینا. (ج – د) تصاویر جنین استخراج شده بالغ بذرهای کاملا رسیده رقم سهیل گیاه کاملینا،نمایش داده شده است. در این تصاویر (a) محور جنینی بذر و (b) لپه‌ها، (c) طول محور جنینی و (d) طول لپه‌ها نمایش داده شده است. بسته به نوع رقم بذر و تیمار تغذیه‌ای اعمال شده و زمان محلول‌پاشی، طول محور جنینی و لپه‌ها و همچنین نسبت طول محور جنینی به لپه‌ها متفاوت می‌باشد.

Figure 6- (A-B) pictures of extracted mature embryos of fully ripe seeds of line 69 of Camelina plant. (C-D) The images of extracted mature embryos of fully ripe seeds of Sohail variety of Camelina plant can be seen. In these images, (a) the embryonic axis of the seed and (b) the cotyledons, (c) the length of the embryonic axis and (d) the length of the cotyledons can be seen. Depending on the type of seed variety and nutritional treatment applied and the time of spraying, the length of the embryonic axis and cotyledons, as well as the ratio of the length of the embryonic axis to cotyledons, are different.



الف – A ب – B ج –C

شکل ۷- در این تصاویر نمونه‌هایی از جنین‌های آسیب دیده بذر گیاه کاملینا رقم لاین ۶۹ قابل مشاهده می‌باشد که بخش‌های آسیب دیده محور جنینی با خطوط قرمز رنگ مشخص شده است. (الف) آسیب دیدگی شدید محور جنینی و لپه‌ها. (ب) آسیب دیدگی متوسط که بخشی از لپه‌ها را درگیر نموده. (ج) آسیب دیدگی جزئی در قسمت کوچکی از لپه را نشان می‌دهد. آسیب دیدگی‌ها در طی مراحل مختلف رشد و نمو در بخش‌های مختلف جنین بذر ایجاد شده است که بخش‌های آسیب دیده به رنگ تیره و کدر تر از بخش‌های سالم، قابل نمایش می‌باشد.

Figure 7- In these images, examples of damaged embryos of Camelina plant seeds line 69 can be seen, and the damaged parts of the embryonic axis are marked with red lines. (A) Severe damage to the embryonic axis and cotyledons. (B) moderate damage involving part of the cotyledons. (C shows minor damage in a small part of the cotyledon. Damages have been caused during different stages of growth and development in different parts of the seed embryo, and the damaged parts are visible in a darker and duller color than the healthy parts

سپاسگزاری

از آزمایشگاه بذر موسسه بذر و نهال رضوی برای در اختیار قرار دادن امکانات مورد نیاز برای آنالیزهای تصویری، سپاسگزاری می گردد.

منابع

Reference

Angelini, L., A. Chehade, L. Foschi, and S. Tavarini. 2020. Performance and Potentiality of Camelina (Camelina sativa L. Crantz) Genotypes in Response to Sowing Date under Mediterranean Environment. Agronomy. 10:1929-1950. DOI:10.3390/agronomy10121929.

Bakhshi, B., H. Rostami, and H.M. Fanaei. 2021. Camelina, an adaptable oilseed crop for the warm and dried regions of Iran. Cent. Asian J. Plant Sci. Innov. 1(1): 39-45. DOI:10.22034/CAJPSI.2021.01.05.

Bayat, P., M.A. Ghobadi, and G. Mohammadi.2020. Evaluation of the ability of standard seed germination test in laboratory conditions to predict the emergence and establishment of chickpea (*Cicer arietinum L.*) seedlings. Seed Sci. Technol. 2(5): 35-50

Campos, L.P., et al.2022. Radiographic Imaging as a Quality Index Proxy for Brachiaria brizantha Seeds. Plants (Basel). 11(8): 1014. DOI: 10.3390/plants11081014.

Feiyu, Z, P. Paul, W. Hussain, and H. Walia. 2021. *SeedExtractor*: An Open-Source GUI for Seed Image Analysis. Front. Plant Sci. 11. DOI: 10.3389/fpls.2020.581546.

Jalil shesh bahre, M., and M. Movahedi Dehnavi.2012. The effect of foliar application of zinc and iron on the root of soybean seed grown under drought stress conditions. Journal Crop Prod. 5(1): 19-35.

Khalilvand Behruzyar, E, and M. Yarnia.2017. Effects of foliar spraying of methanol and some nutrients on the mother base of hybrid 704 corn on some quantitative and qualitative characteristics of the seed. Iranian J. Seed Sci. Technol. 5(2): 133-142. (In Persian, with English Abstract)

Goiba, P.K., A.G. Durgude, and C.A. Nimbalkar.2020. Effect of Seed Priming with Iron and Zinc on Yield Contributing Parameters as well as the nutrient uptake of the Soybean (Glycine max) in Calcareous Soil. Asian J. of Soil Sci. 17th Feb.

Hemender, S., V.S. Mor, and Y. Jitender. 2018. Image Analysis: A Modern Approach to Seed Quality Testing. Curr. J. Appl. Sci. Technol. 27(1):1-11. DOI: 10.9734/CJAST/2018/40945.

ISTA. 2011. International rules for seed testing. The International Seed Testing Association (ISTA), Zurich, Switzerland.

Lixia, y, and R. Li. 2020. Metabolic Engineering a Model Oilseed *Camelina sativa* for the Sustainable Production of High-Value Designed Oils. Front. Plant Sci. 11. DOI: 10.3389/fpls.2020.00011.

Munawar, B., M. Ikram, and R. Ashraf. 2013. Effect of seed priming with zinc, boron and manganese on seedling health in carrot (DaucuscarotaL.). Int. J. Agric. Crop Sci. 5(22): 2697-2702.

Panjtandoust, M., A. Sorushzadeh, and F. Ghanati. 2010. The effect of soil application and iron solution spraying on some quality characteristics Peanut plant seed (*Arachis hypogeas L*) in alkaline soil. Plant Biol. 5: 37-50. (In Persian)

Stewart, Z.P., E.T. Paparozzi, and C.A. Shapiro.2021. Effect of Foliar Micronutrients (B, Mn, Fe, Zn) on Maize Grain Yield, Micronutrient Recovery, Uptake, and Partitioning. Plants. 10: 528-553. DOI: 10.3390/plants10030528.

Utami, E., and S. Hariyanto. 2016. The Effect of Organic Nutrient and Growth Regulators on Seed Germination, Embryo and Shoots Development of Dendrobium antennatum by In Vitro. Biosaintifika J. Biol. Biol. Edu. 8(2): 165-171. DOI: 10.15294/biosaintifika.v8i2.5165.

Zarei, M., R. Tavakkol Afshari, and M. R. Jahansooz. 2022. Morphophysiological dormancy in Smyrnium cordifolium Boiss: Germination requirements and embryo growth. J. Appl. Res. Med. Aromatic Plants. 30: 100385-100395. DOI:10.1016/j.jarmap.2022.100385.