Islamic Azad University
Gorgan Branch

Journal of Seed Research

ISSN (Print): 2383-2665
ISSN (Online): 2252-0961

Foliar Application of Zinc and Iron on mother plant of quinoa under water deficit stress Affects Its Seeds Germination and photosynthetic pigments

Nasim Pakbaz[1], Heshmat Omidi[2*], Hassanali Naghdi Badi[3], Amir Bostani[4]

[1] Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran,
Email: n.pakbaz1367@gmail.com

[2] Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran, Email: midi@shahed.ac.ir
Email: heshmatomidi@yahoo.com, omidi@shahed.ac.ir

[2] Associate Professor of Medicinal Plants Research Center, Shahed University, Tehran, Iran, Email: naghdibadi@yahoo.com

[3] Associate Professor of Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran,
Email: bostani@shahed.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2022-10-2
Revised: 2022-10-14
Accepted: 2022-10-31

Keywords:
Foliar application
Germination characteristics
Mother plant
Quinoa
Water deficit stress

ABSTRACT

water deficit stress during growth and flowering is one of the most major environmental constraints, which influences seed grain filling and consequential germination and early growth stages of plants. In this study, the impact of foliar application of micronutrients (control, Fe, Zn, Fe + Zn, nano- Fe, nano- Zn, nano- Fe + nano- Zn) on quinoa at 2 reproductive stages (50% and 100% of flowering stage) were evaluated under 2 levels of water deficit stress, control (-0.03±0.045) bar and water deficit stress (-9±0.045) bar. The results showed that germination traits including percentage, rate, mean germination time, germination uniformity, seedling length and weight index as well as chlorophyll and carotenoid content were significantly affected by micronutrient foliar application, foliar application time and water deficit stress. water deficit stress decreased the percentage and rate of germination and seedling indices, but foliar application of micronutrients reduced the adverse effects of foliar application of micronutrients. Foliar application of micronutrients also increase the amount of photosynthetic pigments. The findings of this research show that foliar spraying with nutrients, especially nano-iron + nano-zinc, increases the germination indices to improve the germination and growth of quinoa seedlings under water stress conditions.

Cite this article: Pakbaz, N., Omidi, H., Naghdi Badi, H.A., Bostani, A. (2022). Foliar Application of Zinc and Iron on mother plant of quinoa under water deficit stress Affects Its Seeds Germination and photosynthetic pigments. *Journal of Seed Research*, 12 (4), 55-72.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch
Doi: 10.30495/jsr.2023.1994101.1263

نشریه تحقیقات بذر
شاپا چاپی: ۲۶۶۵-۲۳۸۳
شاپا الکترونیکی: ۰۹۶۱-۲۳۵۲
دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان

تاثیر کاربرد محلول‌پاشی عناصر روی و آهن روی گیاه مادری کینوا تحت تنش کم‌آبی بر جوانه‌زنی و رنگیزه‌های فتوسنتزی بذور حاصل از آن

نسیم پاکباز [۱]، حشمت امیدی [۲*]، حسنعلی نقدی بادی [۳]، امیر بستانی [٤]

[۱] گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران، رایانامه: n.pakbaz1367@gmail.com
[۲] گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران، رایانامه: omidi@shahed.ac.ir
[۳] دانشیار مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران، رایانامه: naghdibadi@yahoo.com
[٤] دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران، رایانامه: bostani@shahed.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۷/۱۰
تاریخ بازنگری: ۱٤۰۱/۷/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۸/۹

واژه‌های کلیدی:
تنش کم‌آبی
خصوصیات جوانه‌زنی
کینوا
گیاه مادری
محلول پاشی

چکیده

تنش خشکی در طول رشد و گلدهی یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های محیطی است که بر تشکیل دانه و در نتیجه جوانه‌زنی و مراحل اولیه رشد گیاهان تأثیر می‌گذارد. در این مطالعه تأثیر محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها (شاهد، آهن، روی، آهن + روی، نانوآهن، نانوروی، نانوآهن + نانوروی) بر روی کینوا در دو مرحله گلدهی (۵۰ درصد و ۱۰۰ درصد) تحت دو سطح تنش، شاهد (۰/۰±۰۳/۰٤۵-) بار و تنش کم‌آبی (۰±۹/۰٤۵-) بار مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که صفات جوانه‌زنی شامل درصد، سرعت، میانگین زمان جوانه زنی، یکنواختی جوانه‌زنی، شاخص طولی و وزنی گیاهچه و همچنین محتوای کلروفیل و کارتنویید به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها، زمان محلول‌پاشی و سطوح تنش کم‌آبی قرار گرفتند. تنش کم‌آبی باعث کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی و شاخص‌های گیاهچه‌ای شد، اما محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها اثرات نامطلوب تنش محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها را کاهش داد. محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها همچنین میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی را افزایش داد. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که محلول‌پاشی با عناصر غذایی به ویژه نانو آهن + نانو روی باعث افزایش شاخص‌های جوانه‌زنی برای بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های کینوا در شرایط تنش کم‌آبی می‌گردد.

استناد: پاکباز، نسیم؛ امیدی، حشمت؛ نقدی بادی، حسنعلی؛ بستانی، امیر. (۱٤۰۱). تاثیر کاربرد محلول‌پاشی عناصر روی و آهن روی گیاه مادری کینوا تحت تنش کم‌آبی بر جوانه‌زنی و رنگیزه‌های فتوسنتزی بذور حاصل از آن. *نشریه تحقیقات بذر*، ۱۲ (٤)، ۷۲-۵۵.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.
Doi: 10.30495/jsr.2023.1994101.1263

مقدمه

گیاهان دارویی میراثی گرانبها و با اهمیت جهانی هستند که ثروت عظیمی به جهان ارزانی داشته‌اند. در طی دهه‌های گذشته گسترش وسیعی در طیف درمان‌های گیاهی صورت گرفته که رشد سریع تقاضا برای داروهای گیاهی و بالطبع گیاهان دارویی در دنیا را به دنبال داشته است (Omidi et al., 2015). ایران از نظر آب وهوا در زمینه رشد گیاهان دارویی یکی از بهترین مناطق جهان محسوب می شود (Sedghaslami et al., 2010). کینوا با نام علمی (*Chenopodium quinoa* Willd) گیاهی دولپه‌ای، آلوتتراپلوئید (2n=4x=36)، از خانواده Amaranthaceae، سه کربنه و هالوفیت اختیاری است (Adolf et al., 2012). کینوا با حدود ۹۵ درصد خودگشنی از کوه‌های آند کرانهٔ غربی آمریکای لاتین (جنوبی) منشأ گرفته است. از گیاهان زیر خانواده اسفناج و چغندرقند بوده و با وجود ارزش غذایی بالایی که دارد، در شرایطی که اراضی دارای حاصلخیزی کم و یا دارای محدودیت هستند به خوبی قابل کشت بوده و محصول مناسب تولید می‌کند (Jacobsen et al., 2009). دانهٔ کینوا حاوی ۲۰-۱٤ درصد پروتئین و سرشار از اسیدآمینه‌های ضروری مانند لیزین و متیونین است که در بیشتر گیاهان غله‌ای به میزان خیلی کمی وجود دارد (Ferriera et al., 2015).

گیاهان در طبیعت به طور مداوم در معرض انواع تنش‌های زیستی و غیرزیستی قرار دارند. در میان این تنش‌ها، تنش خشکی یکی از مهمترین عوامل تاثیر گذار بر رشد و باروری گیاهان است و به عنوان مهمترین تنش غیرزیستی نقش مهمی در کاهش عملکرد گیاهان دارویی دارد (Jafarzadeh et al., 2010; Anjum et al., 2011). در حال حاضر، افزایش تحمل به تنش خشکی می‌تواند بوسیلهٔ راهکارهای متعدد ایجاد شود، به نظر موثرترین راه حل استفاده از عوامل مدیریتی مناسب در مراحل مختلف نمو گیاه است (Shanker et al., 2014; Wojtyla et al., 2016). مشکل تثبیت عناصرغذایی در خاک‌های آهکی و اسیدیته بالا، آبشویی، مصرف بی‌رویه کودهای فسفاته و تجزیه نوری سبب شده که در خاک‌های ایران نیز کمبود عناصر ریزمغذی به ویژه روی و آهن دیده شود و مقدار کمتری از آنها جذب اندام‌های هوایی می‌گردد (Malakuti and Homaei, 2004). از راهکارهای مناسب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، استفاده از محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی و برخی ترکیبات از طریق تغذیه برگی[1] (محلول‌پاشی) می‌باشد (Malakuti and Homaei, 2004).

مواد شیمیایی کشاورزی که به صورت محلول‌پاشی برای محصولات استفاده می‌شوند، فقط مقدار کمی از آنها، که بسیار پایین‌تر از حداقل مقدار مؤثر مورد نیاز است، به محل مورد نظر در محصولات می‌رسد که ناشی از مشکلاتی مثل آبشویی آن‌ها، کاهش به وسیله تجزیه نوری و هیدرولیزاست. از این‌رو برای داشتن کارایی مطلوب، چندین تکرار لازم است که ممکن است سبب اثرات نامطلوب مثل آلودگی آب و خاک و نیز افزایش هزینه‌ها شود. استفاده از نانوذره مواد با خصوصیات مفید مانند غلظت مؤثر (با قابلیت حل پذیری، ثبات و تأثیر بالا)، زمان رهایش کنترل شده در پاسخ به محرک خاص، تأثیرگذاری بیشتر و کاهش سمیت، امروزه اجتناب ناپذیر است (Green et al., 2007).

1. Foliar feeding

به طور کلی، از آنجایی که بذرها از گل‌های مختلف تحت شرایط محیطی مختلف یا در موقعیت‌های مختلف روی گیاه مادر تولید می‌شوند، منطقی است که پاسخ‌های جوانه‌زنی متفاوتی را انتظار داشته باشیم. کاربرد ریزمغذی‌ها در تولید کینوا به عنوان راهکاری برای افزایش عملکرد و سایر نیازهای گیاهی، به طور فزاینده‌ای مورد توجه تولیدکنندگان و کشاورزان قرار گرفته است. علی‌رغم بسیاری از مطالعات انجام شده بر روی جذب مواد مغذی در طول دوره گلدهی، بسیاری از جنبه‌های محلول‌پاشی برگی بر عملکرد گیاهچه هنوز بررسی نشده است. این مطالعه به منظور بررسی محلول‌پاشی، زمان محلول‌پاشی و تنش کم‌آبی در طول رشد و گلدهی بر روی جوانه‌زنی، استقرار و رشد اولیه گیاهچه کینوا انجام شده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش مزرعه‌ای، محلول‌پاشی و تیمارها: این مطالعه در شهرستان ارومیه (شاهیندژ) در سال ۱۳۹۷ انجام شد. در این مطالعه، آهن و روی به ترتیب از منابع، آهن (FeSO4.7H2O) به میزان ٤ گرم در لیتر و روی (ZnSO4.7H2O) به میزان ۳ گرم در لیتر تامین شد. از نانوفرم‌های آهن ((FeO) و روی ((FeO) نیز به میزان یک گرم در لیتر استفاده شد. تیمارهای تغذیه‌ای شامل ۷ سطح محلول پاشی (شاهد، آهن، روی، آهن + روی، نانو آهن، نانو روی، نانو آهن + نانو روی) در ۲ زمان (۵۰ و ۱۰۰ درصدگلدهی) و ۲ سطح تنش، شاهد (آبیاری زمان پتانسیل رطوبت خاک در زمان ظرفیت زراعی (FC) (۰/۰±۰۳/۰٤۵) بار) و تنش کم‌آبی (آبیاری هنگام تنش شدید شامل پتانسیل رطوبت خاک به میزان (۹/۰٤۵±۰-) بار) انجام شد که جهت تعیین درصد رطوبت وزنی خاک مزرعه در شرایط ظرفیت زراعی از دستگاه صفحه فشاری تحت مکش ۳/۰ اتمسفر استفاده گردید. ریزمغذی‌ها روی گیاهان موجود در همه کرت‌ها توسط سمپاش دستی تا زمان رواناب اسپری شدند. توئین ۲۰ (۰/۰۱٪، V/V) به‌عنوان سورفکتانت برای بهبود جذب برگی به همه محلول‌های اسپری اضافه شد. برای ارزیابی خصوصیات جوانه‌زنی، بذرهای سالم و بدون ناخالصی برداشت شده از گیاه مادر در کیسه‌های کاغذی در تاریکی در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (Hajihashemi et al., 2013).

آزمایش جوانه‌زنی بذور: آزمایش جوانه‌زنی بذر در سال ۱۳۹۷ در آزمایشگاه علوم و فناوری بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد تهران به صورت طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. در این آزمایش بذور تیمار شده حاصل از مزرعه ابتدا با اتانول ۷۰٪ برای یک دقیقه و محلول هیپوکلریت سدیم ۱۰٪ برای ۳ دقیقه ضدعفونی و سپس ۳ بار با آب مقطر استریل شست و شو داده شدند (Hajihashemi et al., 2013). تمام پتری دیش‌ها و لوازم شیشه‌ای مورد استفاده و همچنین پنس‌ها با الکل ضدعفونی و در دستگاه اتوکلاو جهت استریل شدن قرار گرفتند. پس از اعمال فوق، تعداد ۱۰۰ عدد بذر درون هر پتر دیش قرار داده شد. به‌منظور انجام آزمون جوانه‌زنی استاندارد، درون هر پتری دیش بذرها روی کاغذ صافی واتمن قرار داده شد و به اتاقک کشت با دمای ۱± ۲۳ درجه سانتی‌گراد و طول دوره ۱٦ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی منتقل شدند. رطوبت مورد نیاز برای فرآیند جوانه‌زنی از طریق اضافه نمودن ۷ میلی‌لیتر آب مقطر به هر پتری‌دیش فراهم شد (Tavili et al., 2013). پس از آن، به‌صورت روزانه بذرهای جوانه‌زده

که طول ریشـــه‌چه آن‌ها بیشـــتر از ۲ میلی‌متر بود، شـــمارش گردیدند. تعداد بذری که در هر پتر دیش جوانه زدند، یادداشـــت و بعد از پایان دوره آزمایش (روز چهاردهم)، اندازه‌گیری صـفات آزمایش شـامل درصـد و سـرعت جوانه‌زنی، شـاخص طولی و وزنی گیاهچه بر اساس روابط ارائه شده در جدول ۱ محاسبه شد (ISTA, 2010). شمارش روزانه بذرهای جوانه‌زده از روز دوم به صـورت روزانه در سـاعتی معین انجام گرفـت. به هنگام شـــمارش، بذوری جوانه زده تلقی می‌شـدند که طول ریشـه‌چه آن‌ها ۲ میلی‌متر یا بیشتر بود. طول گیاهچه‌ها با اســتفاده از خط‌کش مدرج بر حسـب سانتی‌متر و وزن تر گیاهچه‌ها بوسیله ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ گرم، بر حسـب گرم تعیین شد، سپس برای اندازه‌گیری وزن خشـک گیاهچه، پس از خشک کردن گیاهچه‌ها به‌مدت ٢٤ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در درون آون، از ترازوی دقیق استفاده شد. پس از دو هفته رشد، نهال‌ها از هر تکرار جمع‌آوری و بلافاصله در نیتروژن مایع منجمد شد و برای برخی از مطـالعات فیزیولوژیکی در فریزر در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

جدول ۱: روابط محاسباتی صفات مورد مطالعه در آزمایش بذر

درصد جوانه‌زنی	GP (Germination Percentage) = (N×100) / M	(Liopa-Tsakalidi et al., 2012)
سرعت جوانه‌زنی	GS (Speed of Germination)=ΣNi / Ti	(Mangure, 1962)
متوسط زمان جوانه‌زنی	MTG (Mean Time of Germination)= Σ (Ni) / ΣN	(Matthews and Khajeh-Hosseini, 2007)
یکنواختی جوانه‌زنی	GU (Germination Uniformity) = D90- D10	(Soltani et al., 2001)
شاخص طولی گیاهچه	طول گیاهچه× قابلیت جوانه زنی= شاخص طولی گیاهچه	(Abdul-Baki and Anderson. 1973)
شاخص وزنی گیاهچه	وزن گیاهچه× قابلیت جوانه زنی= شاخص وزنی گیاهچه	(Abdul-Baki and Anderson. 1973)

N=مجموع کل بذرهای جوانه زده در پایان آزمایش، M = کل بذرهای کاشته شده،T = طول کل دوره جوانهزنی،ti = تعداد روزهای پس از جوانه‌زنی،n = تعداد بذرهای جوانه زده در ti ، PIs وPIc = به ترتیب شاخص سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش و شاهد،

*ni= تعداد بذر در اوج جوانهزنی،*N = تعداد روزی که جوانهزنی از ۰۱ تا ۶۱ درصد رسید

محتوی کلروفیـل و کـارتنوییـد: اندازه‌گیری غلظت کلروفیل و کارتنوئید به روش (Arnon, 1967) انجام شد. در این روش ۰/۱ گرم ماده‌ی‌تر گیاهچه در هاون چینی با استفاده از نیتروژن مایع خرد کرده و سپس در شـرایط تاریکی ۱۰ میلی لیتر اسـتون ۸۰ درصد به آن اضافه کردیم و در دستگاه سانتریفیوژ به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمـای ٤ درجه ســـانتی‌گراد با ٦۰۰۰ دور در دقیقه قرار دادیم. بخش فوقـانی عصـــاره را به لوله آزمایش جـدیـد ریختـه و بـا فویـل پوشـــاندیم. ســـپس در اسپکتروفتومتر در طول موج ٦٦٣ نانومتر ، ٦٤٥ نانومتر و ٤٧۰ نـانومتر بـه ترتیب جهت اندازه گیری کلروقیل a، b و کارتنوئیدها قرائت انجام شد.

Chlorophyll a (mg/ gr fresh weight) = [19. 3 (A_{663}) - 0. 86 (A_{645})] v/ 100w

Chlorophyll b (mg/ gr fresh weight) = [19. 3 (A_{645}) - 3. 6 (A_{663})] v/ 100w

Total chlorophyll (mg/ gr fresh weight) = [20. 8 (A_{645}) + 8. 02 (A_{663})] v/ 100w

Carotenoids = [(100 (A_{470}) – 3. 27 (mg chl a) – 104 (mg chl b)]/ 227

V: حجم عصاره شناور

A: جذب نور در طول موج‌های ٦٦٣، ٦٤٥ و ٤٧۰ نانومتر

W: وزن تر نمونه بر حسب گرم

تجزیه و تحلیل آماری

پس از بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها (Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilk test)، داده‌ها توسط نرم‌افزارSAS (نسخه ۹,٤) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین داده‌های با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

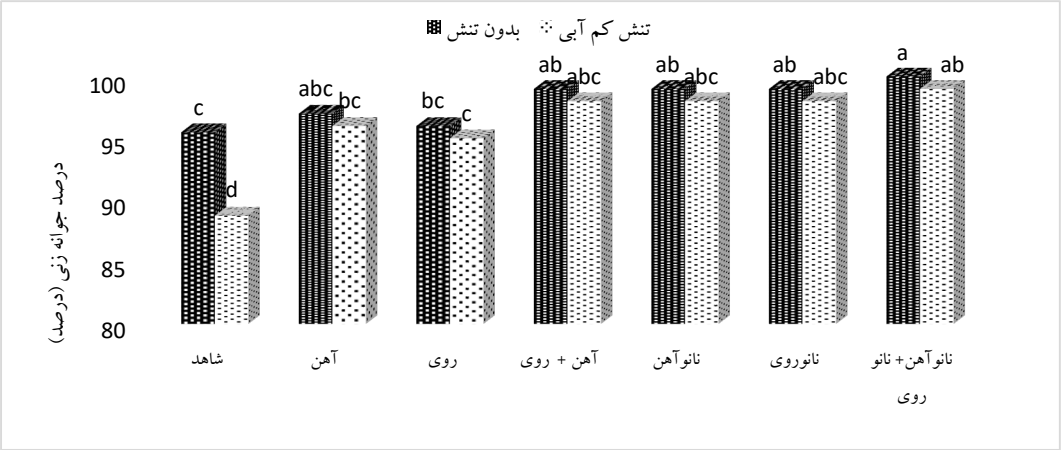
نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش کم‌آبی و محلول پاشی عناصرغذایی و زمان محلول‌پاشی بر درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین اثرات متقابل کم‌آبی × محلول‌پاشی عناصرغذایی (DN) و محلول‌پاشی عناصرغذایی × زمان محلول‌پاشی (TN) بر درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل DN نشان داد که بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمار تغذیه‌ای نانوآهن + نانوروی در شرایط بدون تنش کم‌آبی بود و دیگر تیمارهای تغذیه‌ای در شرایط تنش کم‌آبی کاهش معنی‌داری را داشتند (شکل ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل TN نشان داد که بالاترین درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمار تغذیه‌ای نانوآهن + نانوروی در مرحله ۵۰ درصد گلدهی بود (شکل ۲). افزایش میزان عناصر غذایی در دسترس گیاه مادری باعث تحریک رشد گیاه و افزایش فتوسنتز می‌شود که این امر بر افزایش وزن دانه‌ها تاثیرگذار است. بذرهایی با وزن هزار دانه بیشتر، از مواد ذخیره ای بیشتری برخوردار بوده؛ ایجاد گیاهچه‌هایی با طول بیشتر می‌کنند که بیانگر بنیه قوی‌تر بذرها و گیاهچه‌ها است و می‌تواند منجر به ظهور سریعتر گیاهچه‌های قوی‌تر در شرایط مزرعه گردد. تفاوت در وزن نهایی دانه به سرعت پر شدن دانه و طول دوره پر شدن دانه علاوه بر عوامل ژنتیکی به عوامل شرایط محیطی نیز وابسته است. با تامین کافی عناصرغذایی بذرهای با وزن بالاتر که برخوردار از ذخایر مواد غذایی بیشتری می‌باشند، تشکیل شده است (Mahlooji, 2021).

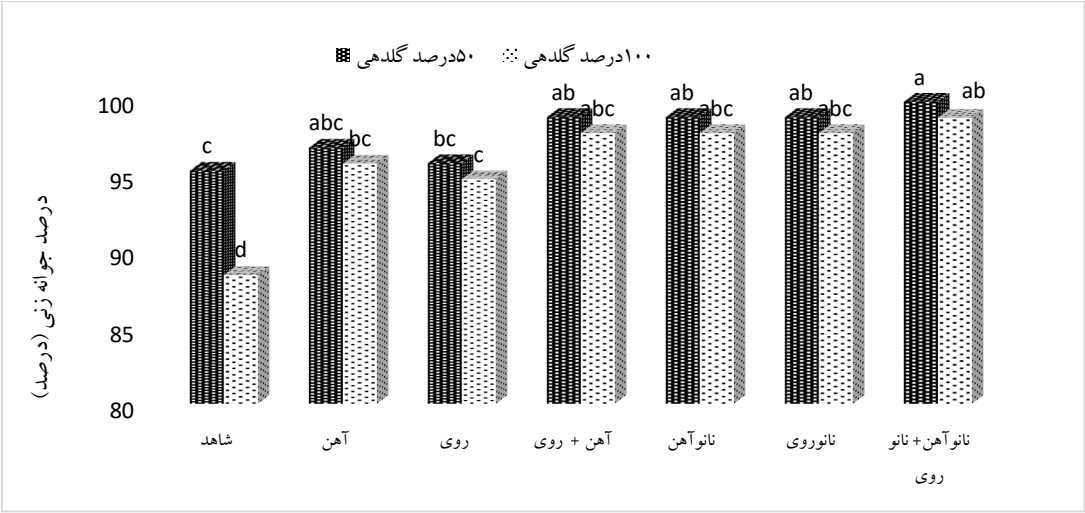
جدول ۲: تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی عناصرغذایی و زمان محلول پاشی در شرایط مختلف تنش کم‌آبی برخصوصیات جوانه‌زنی بذور مادری گیاه کینوا

منابع تغییرات S. O. V	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS) ارومیه						
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	میانگین زمان جوانه‌زنی	یکنواختی جوانه‌زنی	بنیه طولی گیاهچه	بنیه وزنی گیاهچه	کلروفیل کل	کارتنوید
تنش کم‌آبی(D)	۱	۹٤/۸۹**	۲/۰۲**	۰/۰۰٦۲**	۰/۰۰٤۰**	۱۲/۲٤**	٤۸۸۵/۷۲**	۲۳۹۵/۷۵**	۱۸۹۸۱۷۰/۲۰**
زمان محلول‌پاشی(T)	۱	۹٤/۸۹**	۳/۰۳**	۰/۰۰۹٤**	۰/۰۰۵۱**	۰/۹۱^{ns}	۱٦۲۰/٦۹**	۲۷۳/٦۹**	۷۸۳٤٤۵/۸٤**
عناصر غذایی(N)	٦	۱۰۸/۷۰**	۱/۰۱**	۰/۰۰۵۱**	۰/۰۰۱۷**	۸۹/۰۲**	۹۷۱۲/۲۱**	۱۷۱٦/۸٦**	۳۳۵۸۷۸۲/۳۵**
(T) ×(D)	۱	۱۳/۸۹^{ns}	۰/۰۰^{ns}	۰/۰۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۰۰^{ns}	۰/۲٤^{ns}	۳۷۵/۱۰**	۱۵/۸٦^{ns}	۳۳٤۹۸۰/٦۳**
(N) ×(D)	٦	۱۹/۸۹*	۱/۰۱**	۰/۰۰۰۷^{ns}	۰/۰۰۰۹**	۱/۵۸^{ns}	۱۷۷/۰۹**	۷۳/۵٤*	۱۲۵۸٤/۹۲^{ns}
(N) × (T)	٦	۱۹/۸۹*	۱/۰۱**	۰/۰۰۲۰**	۰/۰۰۱۵**	۳/٤۲**	۱۲/۵۷^{ns}	۱۲۲/۰۹**	۷۳۳۲۸/۷۲^{ns}
(N) × (T) ×(D)	٦	۱۳/۸۹^{ns}	۱/۰۱**	۰/۰۰۰٦^{ns}	۰/۰۰۰۹**	۲/۰۲*	٦/۸۳^{ns}	۸۹/۳۷**	۸۳۵۷۲/۸٦^{ns}
خطای آزمایشی	۸٤	۸/۰۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۷٤	٦/۰۸	۳۰/۹۹	۳۹۱٤٦/٤۵
ضریب تغییرات%	–	۳/۰٤	۹/۱۸	۷/٦۷	۹/۲۹	۸/٤۸	۵/۰۷	۹/۳۷	۷/۰۱

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



شکل ۱: اثر متقابل عناصر غذایی و تنش کم‌آبی روی گیاه مادری بر درصد جوانه‌زنی بذور حاصل



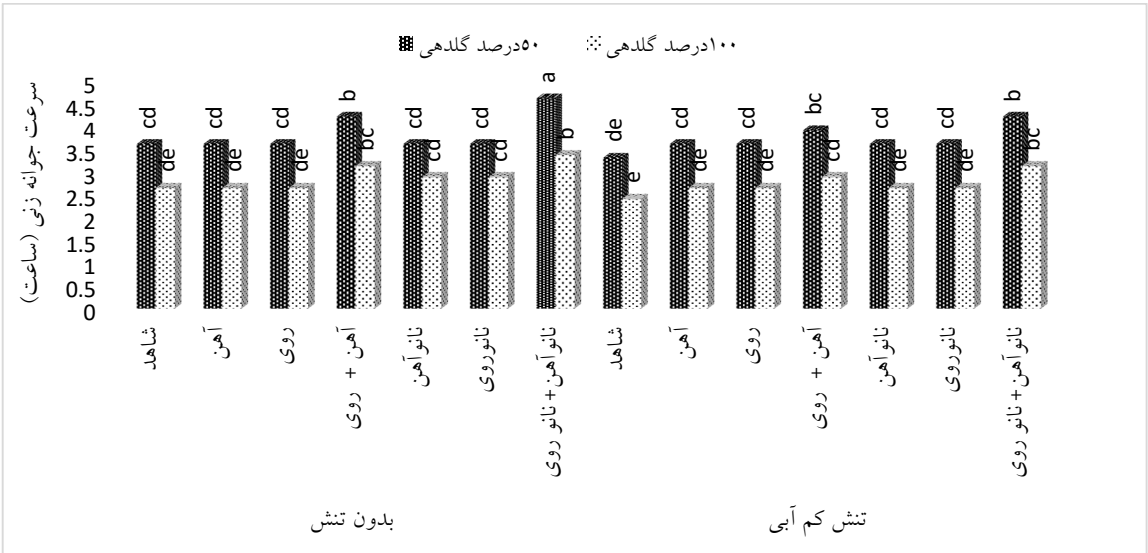
شکل ۲: اثر متقابل عناصر غذایی و زمان محلول پاشی روی گیاه مادری بر درصد جوانه‌زنی بذور حاصل

سرعت جوانه‌زنی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش کم‌آبی و محلول پاشی عناصرغذایی و زمان محلول‌پاشی و همچنین اثرات متقابل کم‌آبی× محلول‌پاشی عناصرغذایی (DN)، محلول‌پاشی عناصرغذایی × زمان محلول‌پاشی (TN) و کم‌آبی× زمان محلول‌پاشی × محلول پاشی عناصر غذایی (DTN) بر سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل DTN نشان داد که بیشترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به تیمار تغذیه‌ای نانوآهن + نانوروی در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و در شرایط بدون تنش کم‌آبی بود و دیگر تیمارهای تغذیه‌ای در شرایط تنش کم‌آبی و زمان ۱۰۰ درصد گلدهی کاهش معنی‌داری در سرعت جوانه‌زنی را نشان دادند (شکل ۳).

سرعت جوانه‌زنی صفت بسیار مهمی جهت تشخیص کیفیت بذر محسوب می‌شود. کوتاه‌تر بودن دوره جوانه‌زنی، بیانگر بالا بودن کیفیت بذر و سریع‌تر جوانه‌زدن است، ولی بایستی به برهمکنش صفات نیز توجه شود. تنش بر میزان عناصر غذایی، هورمون‌های محور جنینی و فتوسنتز گیاه مادری مؤثر بوده و باعث

کاهش اندازه بذر و سرعت جوانه زنی بذر ارقام مختلف می‌شود. علت تفاوت در فرایندهای جوانه‌زنی ارقام می‌تواند ناشی از استحکام دیواره سلولی در این ارقام باشد که مانع از نشت الکترولیت‌ها به خارج از بذر در طی فرایندهای جوانه‌زنی می‌گردد و در نتیجه نشت متابولیت‌ها از بذرها کاهش یافته و جوانه‌زنی و بنیه بذرها بهبود می‌یابد. این نتایج با یافته‌های آزادبخت و همکاران (Azadbakht et al., 2017) مطابقت دارد.

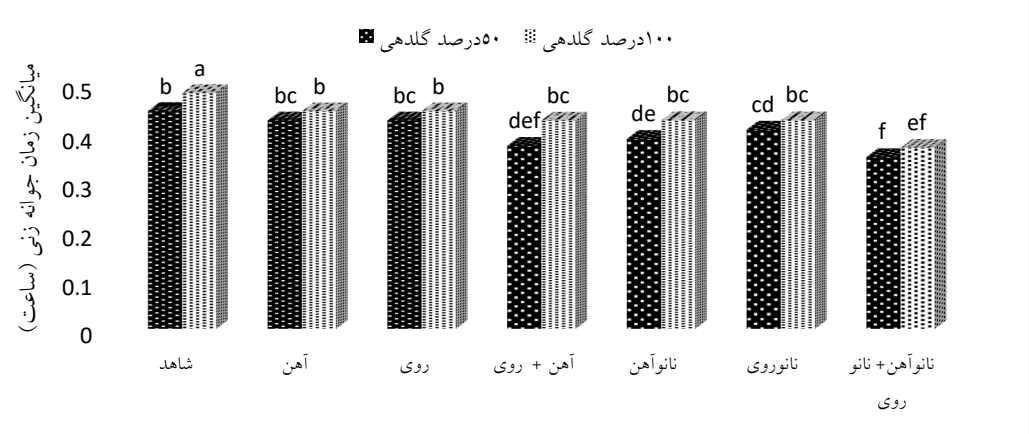
سرعت جوانه‌زنی معیار مستقیمی از قدرت بذر بوده و افزایش آن به معنی افزایش بذور جوانه‌زده در هر روز در مقایسه با شاهد است. آهن و روی از عوامل کلیدی در دستیابی به عملکرد مطلوب دانه است و از آنجایی که به‌عنوان کوفاکتور در اکثر آنزیم‌های جوانه‌زنی حضور دارد، لذا با فراهمی این عنصر به میزان کافی برای گیاه، درصد و سرعت جوانه زنی تسریع می‌شود. سرعت جوانه‌زنی یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی تحمل به تنش در مرحله جوانه‌زنی است، زیرا هر چه سرعت جوانه‌زنی بیشتر باشد، شانس سبز شدن تحت شرایط تنش بیشتر خواهد بود (Kafi et al., 2005). گزارش کردند که تنش خشکی شاخص‌های جوانه‌زنی را به شدت تحت تأثیر قرار داد و موجب کاهش درصد و سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و همچنین کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در توده‌های مختلف گیاه بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) شد (Jahanbakhish et al., 2019). سالار و همکاران (Salar et al., 2013) اظهار داشتند که افزایش سرعت جوانه‌زنی بذر و درصد جوانه‌زنی بذر با دسترس بودن مواد مغذی بالا به دلیل فعالیت متابولیک دانه‌های مرتبط آن‌ها با تشکیل بافت‌های جدید و فعالیت آنزیم‌ها است



شکل۳: اثر متقابل عناصر غذایی و زمان محلول پاشی و شرایط مختلف تنش کم‌آبی روی گیاه مادری بر درصد جوانه‌زنی بذور حاصل

میانگین زمان جوانه‌زنی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی عناصرغذایی و زمان محلول‌پاشی و همچنین اثر متقابل محلول‌پاشی عناصرغذایی × زمان محلول‌پاشی (TN) بر میانگین زمان جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). همچنین محلول‌پاشی با عناصر غذایی بر گیاه کینوا موجب کاهش معنی‌دار میانگین زمان جوانه‌زنی بذور حاصل شد به طوری که کمترین میانگین زمان جوانه‌زنی در تیمار عناصر غذایی مربوط به تیمار ترکیب نانوآهن + نانوروی بود و بیشترین میانگین زمان جوانه‌زنی در تیمار شاهد مشاهده گردید (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل TN نشان داد که کمترین میانگین زمان جوانه‌زنی مربوط به تیمار تغذیه‌ای نانوآهن + نانوروی در مرحله ۵۰ درصد گلدهی بود (شکل ٤).

متوسط زمان جوانه‌زنی معیاری از سرعت جوانه‌زنی و بنیه بذر محسوب می‌گردد، به طوری‌که در بسیاری از گونه‌های مقاوم همبستگی بین طول گیاهجه و بنیه آن مشخص شده و بنابراین معیاری برای ارزیابی رشد گیاهچه و بنیه آن است (ISTA, 2013). این صفت بر حسب روز ولی در ارقام دارای جوانه‌زنی سریع بر حسب ساعت بیان می‌شود و پایین بودن آن بیانگر افزایش کیفیت و قدرت بذر است (Warraich et al., 2002). اختلال یا کندی در جذب آب توسط بذر، منجر به کاهش سرعت انجام فرایندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی در داخل بذر شده و در نتیجه مدت زمان لازم برای خروج ریشه‌چه از بذر افزایش و سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد و در نتیجه میانگین مدت‌جوانه زنی افزیش می‌یابد (Zamani and Amiri, 2018). Allahdadi (2020) گزارش نمود که با تغذیه گیاه مادری متوسط زمان جوانه‌زنی گیاه آرتیشو کاهش یافت.

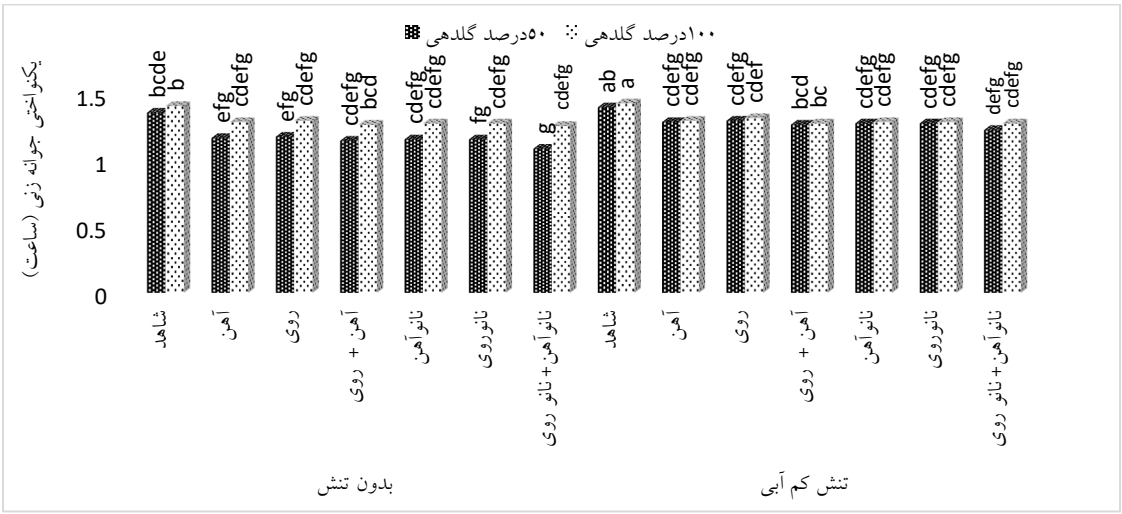


شکل ٤: اثر متقابل عناصر غذایی و زمان محلول پاشی روی گیاه مادری بر میانگین زمان جوانه‌زنی بذور حاصل

یکنواختی جوانه‌زنی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش کم‌آبی و محلول پاشی عناصرغذایی و زمان محلول‌پاشی و همچنین اثرات متقابل کم‌آبی× محلول‌پاشی عناصرغذایی (DN)، محلول‌پاشی عناصرغذایی × زمان محلول‌پاشی (TN) و کم‌آبی × زمان محلول‌پاشی × محلول پاشی عناصر غذایی (DTN)، بر یکنواختی جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر

متقابل DTN نشـــان داد که کمترین مقدار یکنواختی جوانه‌زنی مربوط به تیمار تغذیه‌ای نانوآهن + نانوروی در زمان ۵۰ درصـــد گلدهی و در شـــرایط بدون تنش کم‌آبی بود و دیگر تیمارهای تغذیه‌ای در شرایط تنش کم‌آبی و زمان ۱۰۰ درصـد گلدهی افزایش معنی‌داری در مقدار یکنواختی جوانه‌زنی را نشان دادند (شکل ۵).

صفت همگنی جوانه‌زنی، نشان دهنده‌ی جوانه‌زنی در دامنـه زمـانی محدودتر اســـت و هرچه میزان این صفت بیشتر باشد بذور دارای یکنواختی در جوانه‌زنی هســتند. تنش خشـکی شـاخص‌های جوانه‌زنی را به شـدت تحت تأثیر قرار داد و موجب کاهش درصد و ســـرعت و یکنواختی جوانه‌زنی در توده‌های مختلف گیـاه بـابونـه (*Matricaria chamomilla* L.) شـــد (Omidi *et al*., 2015).



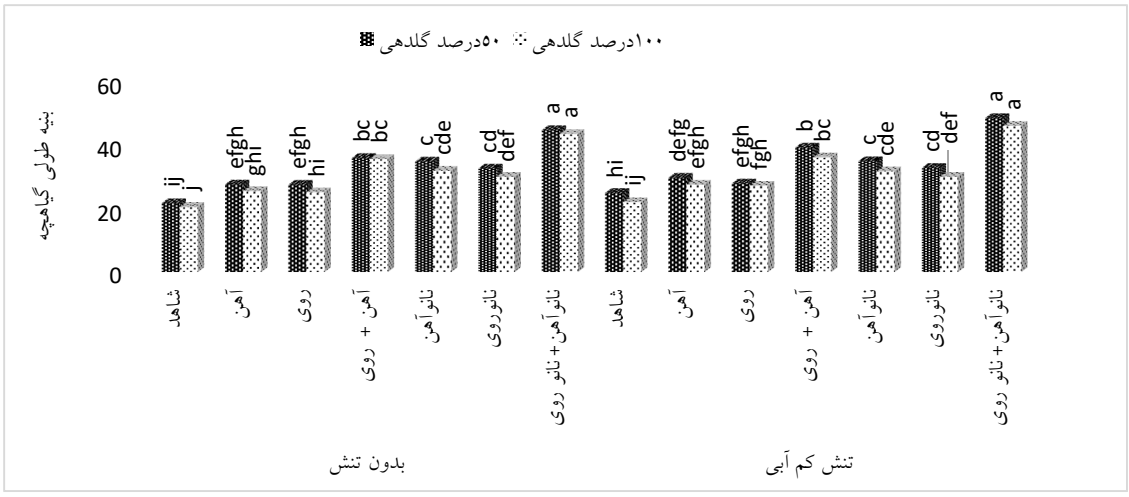
شکل۵: اثر متقابل عناصر غذایی و زمان محلول پاشی و شرایط مختلف تنش کم‌آبی روی گیاه مادری بر یکنواختی جوانه‌زنی بذور حاصل

شاخص بنیه طولی و بنیه وزنی گیاهچه: نتایج تجزیه واریانس نشـــان داد که تنش کم‌آبی و محلول پاشـــی عناصـــرغذایی و زمان محلول‌پاشـــی بر بنیه وزنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و همچنین تنش کم‌آبی و محلول پاشـی عناصرغذایی بر بنیه طولی در ســـطح احتمال یک درصـــد معنی‌دار بود (جدول ۲). همچنین اثرات متقـابل کم‌آبی × زمان محلول‌پاشـــی (DT) و کم‌آبی × محلول‌پاشی عناصرغذایی (DN) بر بنیـه وزنی گیـاهچه در ســـطح احتمال یک درصـــد معنی‌دار بود و اثرات متقابل محلول‌پاشی عناصرغذایی × زمـان مـحلول‌پـاشـــی (TN) و کم‌آبی × زمـان محلول‌پاشی × محلول پاشی عناصرغذایی (DTN) بر بنیه طولی گیاهچه اثر معنی‌داری داشت (جدول ۲).

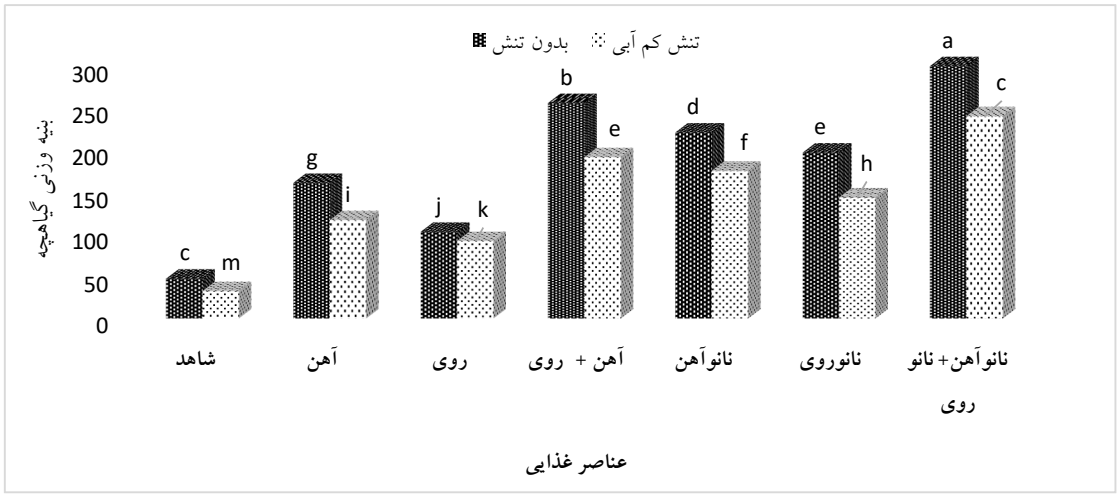
مقایســـه میانگین اثر متقابل DTN نشـــان داد که بیشترین بنیه طولی مربوط به تیمار تغذیه‌ای نانوآهن + نانوروی در زمان ۵۰ درصد گلدهی و در شرایط بدون تنش کم‌آبی بود و دیگر تیمارهای تغذیه‌ای در شرایط تنش کم‌آبی و زمـان ۱۰۰ درصـــد گلـدهی کـاهش معنی‌داری در بنیه طولی را نشـــان دادند (شـــکل ٦). مقایسـه میانگین اثر متقابل DN نشـان داد که بیشترین بنیه وزنی گیاهچه مربوط به تیمار تغذیه‌ای نانوآهن + نانوروی در شرایط بدون تنش کم‌آبی بود و دیگر

تیمارهای تغذیه‌ای در شـرایط تنش کاهش معنی‌داری در بنیه وزنی گیاهچه را نشان دادند (شکل ۷). مقایسه میانگین اثر متقابل TN نشان داد که بیشترین بنیه وزنی گیـاهچه مربوط به تیمار تغذیه‌ای نانوآهن + نانوروی در زمـان ۵۰ درصـد گلـدهی بود و دیگر تیمارهای تغـذیـه‌ای در زمـان ۱۰۰ درصـد گلـدهی کـاهش معنی‌داری در بنیه وزنی گیاهچه را نشـان دادند (شکل ۸). بررسـی خصـوصـیات جوانه‌زنی بذر گل گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum* Fisch & Mey) حاصل از پایه‌های مادری تیمار شـده با عناصـر مغذی نشان داد که دارای بنیه بذری بالا و در نتیجه گیاهچه قوی‌تر را تشکیل دادند (Allahdadi, 2020). بیکیان و همکاران (Bikian et al., 2008) گزارش کردند که وزن گیاهچه-های حاصـله از پایه مادری ماریتیغال تحت تاثیر وزن دانـه قرار گرفـت و بذرهای سـنگین‌تر، گیاهچه‌های قوی‌تری تولیـد کردنـد. طول گیـاهچـه از مهم‌ترین شـاخص‌های رشـد و نمو و بنیه گیاهچه محسـوب می‌شـود و تغییرات آن به عنوان شـاخصـی از بنیه گیـاهچـه مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد (ISTA, 2013). در نتـایج یک پژوهش نشـان داد تغذیه گیاه مادری لوبیا قرمز در مزرعه سـبب افزایش طول ریشه چه، طول سـاقه چه و شـاخص طولی بنیه گیاهچه می‌شـود (Mohammadzadeh et al., 2015). در این مطالعه نیز شـاخص وزنی گیاهچه با افزایش سـطح تنش خشـکی کاهش یافت که با نتایج سایر مطالعات تطابق داشت (Paravar et al., Badeleh et al., 2015; 2021). پژوهش‌های انجام شده بر گیاه شنبلیله بیانگر این واقعیت اسـت که با کاهش پتانسیل آب، درصد و سـرعت جوانه زنی، طول ریشـه‌چه و سـاقه‌چه و همچنین وزن خشک گیاهچه به طور معنی‌داری کاهش یافته است (Zaheer and Ajmal, 2010).

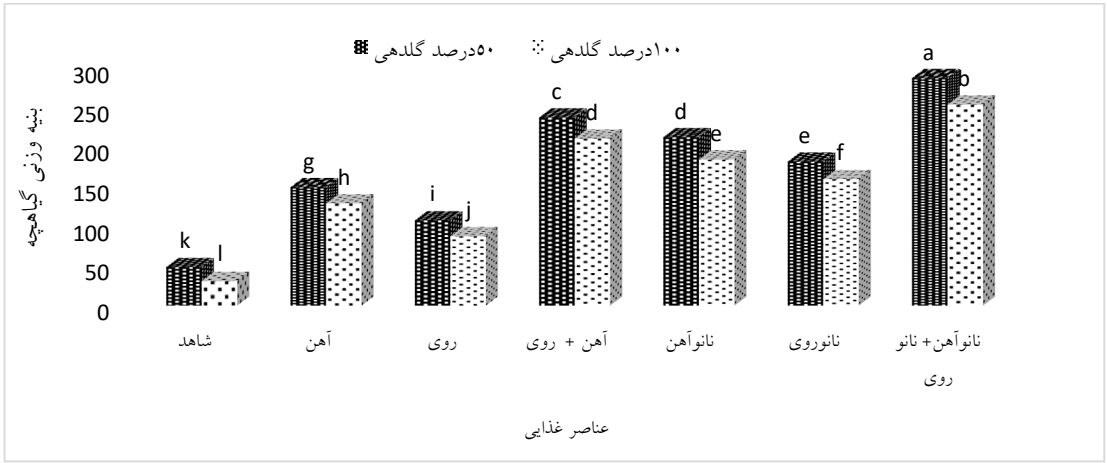
نتایج این تحقیق نشـان داد که در شـرایط تنش و محلول‌پاشـی‌های مختلف بر گیاه مادری، شـاخص طولی بنیـه گیـاهچـه بیشـتری را تولید نمود. به نظر می‌رسـد این صـفات در انتخاب ارقام متحمل به تنش کارایی خوبی دارند. همچنین محلول‌پاشی گیاه مادری در شـرایط تنش، می‌توانند تقسـیم سـلولی در مریستم انتهایی ریشه‌چه و ساقه‌چه را تحریک و افزایش طول را سـبـب گردنـد و شـاخص طولی بنیه گیاهچه و عملکرد را ارتقـا دهـد (Mahdavian, 2018). به نظر می‌رسـد در شـرایط تنش، هورمون‌های اکسـین و سـیتوکنین که سـبب رشـد می‌شوند کاهش می‌یابد و محلول پاشی با اثر بر این دو هورمون می‌تواند موجب بهبود شـرایط رشـد شـود. سـایر محققین نیز افزایش تقسیم سلولی در مریستم انتهائی جو و افزایش قابلیت گسـترش دیواره سـلولی جنین را علت افزایش طول گزارش نمودند (Mahdavian, 2018; Sharafizadeh, 2018). تأثیر محلول‌پاشی بر بنیه بذر و گیاهچه توسط غلامی و همکاران (Gholami et al., 2018) گزارش شـده که مطابقت با نتایج این پژوهش دارد. همحسـن نصـب و همکاران (Mohsen- Nasab et al., 2010) تفاوت در شاخص بنیه ارقام گندم و تفاوت ارقام گندم از نظر رشـد ساقه‌چه توسط عبدالرحمانی و همکاران (Abdolrahmani et al., 2013) نیز گزارش شده است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.



شکل ٦: اثر متقابل عناصرغذایی و زمان محلول پاشی و شرایط مختلف تنش کم‌آبی روی گیاه مادری بر بنیه طولی گیاهچه بذور حاصل



شکل ۷: اثر متقابل عناصرغذایی در شرایط مختلف تنش کم‌آبی روی گیاه مادری بر بنیه وزنی گیاهچه بذور حاصل



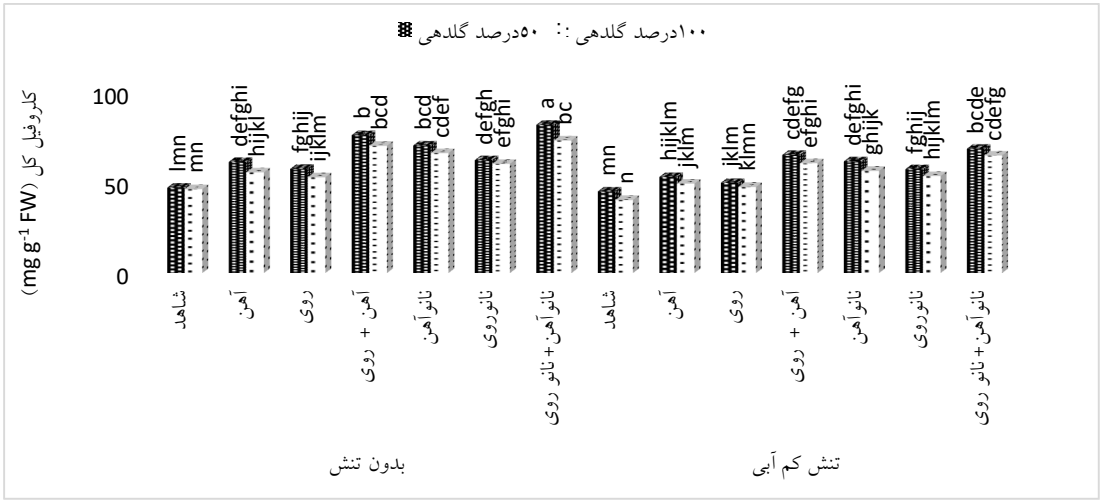
شکل۸: اثر متقابل عناصرغذایی و زمان محلول‌پاشی روی گیاه مادری بر بنیه وزنی گیاهچه بذور حاصل

محتوی کلروفیل کل و کارتنویید: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش کم‌آبی، محلول پاشی عناصرغذایی و زمان محلول‌پاشی بر کلروفیل کل و کارتنویید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). همچنین اثرات متقابل، کم‌آبی× محلول‌پاشی عناصرغذایی (DN)، محلول‌پاشی عناصرغذایی× زمان محلول‌پاشی (TN)، کم‌آبی× زمان محلول‌پاشی× محلول پاشی عناصرغذایی (DTN) بر کلروفیل کل و اثر متقابل کم‌آبی × زمان محلول‌پاشی (DT) بر کارتنویید معنی‌دار شد (جدول ۲).

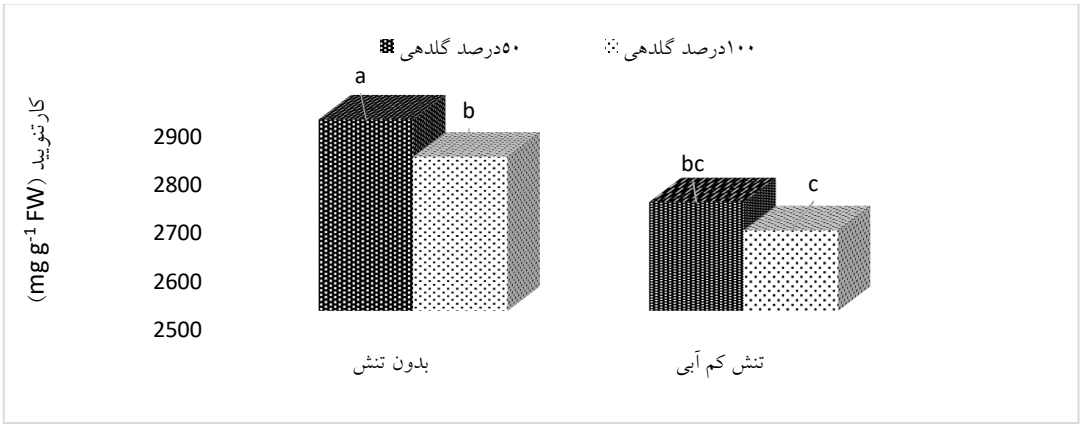
مقایسه میانگین اثر متقابل DTN نشان داد که بیشترین کلروفیل کل مربوط به تیمار تغذیه‌ای نانوآهن + نانوروی در زمان ۵۰ درصد گلدهی و در شرایط بدون تنش کم‌آبی بود و دیگر تیمارهای تغذیه‌ای در شرایط تنش کم‌آبی و زمان ۱۰۰ درصد گلدهی کاهش معنی‌داری در کلروفیل کل را نشان دادند (شکل ۹). مقایسه میانگین اثر متقابل DT نشان داد که بیشترین کارتنویید مربوط به تیمار عدم تنش کم‌آبی در زمان ۵۰ درصد گلدهی بود (شکل ۱۰). در تنش خشکی احتمال تولید رادیکال‌های آزاد و ایجاد تنش اکسیداتیو در بافت‌های فتوسنتزی به علت دسترسی بیش‌تر به اکسیژن نسبت به بافت‌های غیرفتوسنتزی افزایش می‌یابد (Jiang and Zhang, 2002). کلروپلاست اولین رنگدانه جذب کننده نور در برگ، نقش اساسی در اعمال بیوشیمیایی و فیزیولوژیک گیاه چون سنتز آمینواسیدها، اسیدهای چرب، نشاسته و بسیاری از ترکیبات متابولیکی ثانویه علاوه بر فتوسنتز و همچنین نقش اساسی در پاسخ به تنش ایفا می‌کند (Jiang and Zhang, 2002). تغییر در محتوی کلروفیل برگ به عنوان یک واکنش کوتاه مدت به تنش و یکی از عوامل مهم در حفظ ظرفیت فتوسنتزی و تولید ماده خشک در شرایط خشکی مطرح می‌باشد (Ahmadi and Ceiocemardeh, 2004). در این بررسی در اثر تنش خشکی بر گیاه مادری، میزان کلروفیل کل و کارتنویید کاهش یافت. کاهش میزان کلروفیل می‌تواند به واسطه کاهش سنتز کلروفیل و همچنین ناشی از تخریب آن باشد. تخریب مولکولی کلروفیل به علت جدا شدن زنجیره فیتولی از حلقه پورفیرین در اثر رادیکال‌های آزاد اکسیژن و یا آنزیم کلروفیلاز صورت می‌گیرد (Parvaiz and Satyawati, 2008). کاروتنوئیدها به عنوان آنتی‌اکسیدان و یک سیستم محافظ در برابر تنش اکسیداتیو، خود قربانی تنش اکسیداتیو القا شده می‌شوند (Dicango *et al*., 1999).

نتایج نشان داد که تنش کم‌آبی بر روی گیاه مادری باعث تخریب کلروپلاست، تغییر در تعداد و اندازه کلروپلاست و کاهش محتوای کلروفیل می‌شود. پاریدا و داس (Parida and Das, 2005) گزارش کردند که محتوای کلروفیل گیاهان تحت تنش کاهش می‌یابد. نتیجه تحقیق عقیقی شاهوردی و همکاران (Aghighi Shahverdi et al., 2017) روی استویا Bertoni rebaudiana Stevia نشان داد که کلروفیل a،b تحت شرایط تنش کاهش یافتند گزارش شده است که با وجود آهن در دسترس که می‌تواند برای گیاهان در حفاظت از محتوای کلروفیل مؤثر باشد، افزایش می‌یابد (Cao *et al*, 2011). کاروتنوئید رنگیزه مهم و کلیدی سیستم آنتی‌اکسیدانی در گیاهان بوده که به تنش‌های اکسیداتیو ایجاد شده خیلی حساس هستند (Shetewi, 2007). آهن جزء متابولیک آنزیم کاپروپورفینوژن اکسیداز است (Chereskim and Castelfrance, 1982). این آنزیم در بیوسنتز آلفا-

آمینو لیوولینیک (ALA) که پیش ساز کلروفیل است، دخیل می‌باشد (Marchner, 1986). بنابراین کاهش ذخیره کلروفیل در برگ‌ها به علت مهار مراحل مختلف بیوسنتز کلروفیل است (Vassilev and Yordanov, 1997). همچنین آهن نقش مهمی در تنظیم سنتز کلروفیل دارد (Noort and Wallace, 1996). بنابراین آهن به میزان زیادی در کلروپلاست و میتوکندری سلول‌های گیاهی مورد نیاز است (Zuchi et al., 2009; Astolfi et al., 2010, 2012). عنصر روی می تواند با ایجاد تغییرات رشدی (Wissuwa et al., 2006)، تاثیر در سنتز پیش‌ماده کلروفیل (Said- Al Ahl and Mahmoud, 2010)، افزایش متابولیسم پروتئین‌ها (Rion and Alloway, 2004) در تحمل به تنش خشکی دخالت داشته باشد (Ahmed et al., 2009).



شکل ۹: اثر متقابل محلول‌پاشی عناصرغذایی و زمان محلول‌پاشی در شرایط مختلف تنش کم‌آبی روی گیاه مادری بر کلروفیل کل



شکل۱۰: اثر متقابل تنش کم‌آبی و زمان محلول‌پاشی روی گیاه مادری بر کارتنویید

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که گیاه کینوا تاب‌آوری بالایی به شرایط تنش‌های شدید محیطی دارد. به‌نحوی که توانست در شرایط تنش کم‌آبی شدید نیز دوره رشد خود را کامل کرده و تولید بذر کند. براساس یافته‌های پژوهش، تنش کم‌آبی منجر به افت پارامترهای جوانه‌زنی اعم از درصد، سرعت و شاخص وزنی و طولی بنیه گیاهچه و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی گردید نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بذور پایه مادری بدست آمده تحت شرایط کاربرد محلول پاشی با عناصر غذایی به فرم نانو در زمان ۵۰ درصد گلدهی دارای پارامترهای جوانه‌زنی مطلوبی بوده و نشان از مقاومت مطلوب این گیاه تحت شرایط تنش کم‌آبی داشت. به‌طورکلی نتایج این تحقیق نشان داد که تغذیه گیاه مادری با نانو کودهای آهن و روی با ذخیره سازی و جذب برخی عناصر غذایی می‌تواند نقش موثری در بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه کینوا داشته باشد. بنابراین، با توجه به نتایج این پژوهش، کشت کینوا به‌عنوان گیاهی امیدبخش که تحمل بالایی به تنش‌های محیطی دارد و محصول تولیدی نیز از کیفیت بالایی برخوردار است، به‌همراه کاربرد محلول‌پاشی نانوکودهای آهن و روی، در اراضی با حاصلخیزی کم و دارای محدودیت، قابل توصیه است.

References

Abdolrahmani, B., Esfahani, M. and Sadegzadeh, B. 2013. Evaluation of relationship between seed vigor and grain yield in rainfed wheat genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences. 14(4): 308-319.

Abdul-Baki, A.A., and Anderson. J.D. 1973. 'Vigor determination in soybean by multiple criteria'. Crop Science. 13: 630-633.

Adolf, V.I., Jacobsen, S.E. and Shabala, S. 2012. Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Environmental and Experimental Botany, 92:43–54.

Aghighi Shahverdi, M., Omidi, H., Tabatabaei, S.J. 2017. Effect of nutri-priming on germination indices and physiological characteristics of stevia seedling under salinity stress. Journal of Seed Science 37(4):1-10.

Ahmadi, A. and Ceiocemardeh. A. 2004. Effect of drought stress on soluble carbohydrates, chlorophyll and proline in four adopted wheat cultivars with various climate of Iran. J. Agric.Sci. 35: 753-763.

Ahmed, N., Fiaz, A., Abidand, M. and Amanullah, M. 2009. Impact of zinc fertilization on gas exchange characteristics and water use efficiency of cotton crop under arid environment. Pakistan Journal of Botany, 41(5): 2189-2197.

Allahdadi, M. 2020. Effects of maternal plant nutrition on some seed germination characteristics and seedling growth of artichoke (*Cynara scolymus* L.). 16 (8):59-72.

Anjum, A., Xie, X., Wang, L., Farrukh Saleem, M. and Man, Ch. 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. African Journal of Agricultural Research, 6 (9): 2026- 2032.

Arnon, A. 1967. 'Method of extraction of chlorophyll in the plants'. Agronomy Journal, 23: 112-121.

Astolfi, S., Zuchi, S., Hubberten, H.M., Pinton, R. and Hoefgen, R. 2010. Supply of sulphur to S-deficient young barley seedlings restores their capability to cope with iron shortage. Journal of Experimental Botany, 61: 799–806. 10.1093/jxb/erp346.

Astolfi, S., Zuchi, S., Neumann, G., Cesco, S., Di Toppi, L.S. and Pinton, R. 2012. Response of barley plants to Fe deficiency and Cd contamination as affected by S starvation. Journal of Experimental Botany, 63: 1241–1250. 10.1093/jxb/err344.

Azadbakht, F., Ahmadi, Kh. and Omidi, H. 2017. Effect of terminal drought tension on seed germination indices and photosynthetic pigments of maternal genotypes safflower (*Carthamus tinctrorius* L.). Crop Physiology Journal, 8(32): 75-90.

Badeleh, K., Aghighi Shahverdi, M. and Omidi. H. 2015. Effect of Seed Priming on Cucurbita pepo Germination under Drought Stress. Iranian J. Seed Res. 1 (2): 125-135.

Bikian, M., Haj Seyyed Hadi, M.R. and Delkhosh. B. 2008. Effect of different levels of plant density and nitrogen fertilizer on some of morphological characteristics of seeds resulting from Silybum marianum. J. Plants & Ecosystems. 16: 46-60.

Cao, X.-Y., Li, C.-G., Miao, Q., Zheng, Z.-J., and Jiang, J.H. 2011. Molecular cloning and expression analysis of a leaf-specific expressing 3-hydroxy-3methylglutaryl-CoA (HMG-CoA) reductase gene from Michelia chapensis Dandy. Journal of Medicinal Plants Research, 5(16), 3868-3875.

Chereskin, B.M. and Castelfrance, P.A. 1982. Effects of iron and oxygen on chlorophyll biosynthesis II. Observation on the biosynthetic pathway in isolated etio-chloroplasts. Plant Physiology. 68: 112–116.

Dicagno R., Guidi, L., Stefani, A. and Soldatini. G.F. 1999. Effects of cadmium on growth of Helianthus annuusseedlings: physiological aspects. New Phytol., 144, 65-71.

Ferreira, D.S., Pallone, J.A.L. and Poppi, R.J. 2015. Direct analysis of the main chemical constituents in Chenopodium quinoa grain using Fourier transform near-infrared spectroscopy. Food Control, 48: 91-95.

Gholami, H., Parsa, M., Khajeh-Hosseini, M. and Khazaie, H.R. 2018. Effect of urea and micro elements foliar application on chickpea seed germination, seedling emergence, and seedling vigor of (Cicer arietinum L.). Iranian Journal of Seed Science and Technology, 6(2): 57-66.

Green, J. M. and Beestman, G. B. 2007. Recently patented and commercialized formulation and adjuvant technology, Crop Protection, 26: 320–327.

Hajihashemi, S. and Ehsanpour. A.A. 2013. 'Influence of exogenously applied paclobutrazol on some physiological traits and growth of *Stevia rebaudiana* under in vitro drought stress'. Biologia, 68 (3): 414- 420.

ISTA, 2013. Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland.

ISTA. 2010. International rules for seed testing. International Seed Testing Association (ISTA), 543: 1-53.

Jacobsen, S. E., Liu, F. and Jensen, C.R. 2009. Does root-sourced ABA play a role for regulation of stomata under drought in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Scientia Horticulturae, 122(2): 281-287.

Jafarzadeh, L., Omidi, H. and Jafari, N. 2010. Effects of water stress on growth, essential oil content and proline content of marigold (*Calendula officinalis* L.). Sixteenth Conference and the Fourth International Conference of Biology Iran, pp: 1261-1262.

jahanbakhish S., Parmoon G., and Joudi Z. 2019. Effect drought and salt stress on germination, establishment and antiocidant enzyme activity different ecotypes chamomile (*Matricaria chamomilla* L). Plant Process and Function. 8 (30): 353-371.

Jiang, M. and Zhang, G. 2002. Water stress induced abscisic acid accumulation tiggers the increased generation of reactive oxygen species and up regulates the activities of antioxidant enzymes in maize leaves. Journal of experimental botany, 53: 2401-2410.

Kafi, F.M., Nezami, A., Hosseini, H., and Masoumi, A. 2005. Physiological effects of drought stress by polyethylene glycol on germination of lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes. Iranian Journal of Field Crops Research. 3 (1): 69-80.

Liopa-Tsakalidi, A., Kaspiris, G., Salahas, G. and Barouchas. P. 2012. Effect of salicylic acid (SA) and gibberellic acid (GA3) pre-soaking on seed germination of stevia (*Stevia rebaudiana*) under salt stress. Journal of Medicinal Plants Research, 6(3): 416- 423.

Maguire, J. D. 1962. Speed of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*. 2: 176-177.

Mahdavian, K. 2018. Effect of different concentrations of salicylic acid on salinity tolerance of barley seedling (*Hordeum vulgare* L.). Journal of Crop Physiology, 9(36): 121-136.

Mahlooji, M. 2021. Effect of saline water irrigation and foliar application of maternal plant on germination characteristics of three barley cultivars. Crop Science Research in Arid Regions. 2 (2): 179-188.

Malakuti, M.J. and Homaei, M. 2004. Fertility of soils in arid and semi-arid regions, problems and solutions. University of Tarbiat Modares press 518p.

Marschener H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, New York. 286.

Matthewsm. S., and Khajeh-Hosseini. M. 2007. Length of the lag period of germination and metabolic repair explain vigour differences in seed lots of maize (Zea mays) '. *Seed Science and Technology*. 35(1):200-212.

Mohammadzadeh, A., Majidi Dizaj, H., Ghaffari, M., Majnoun Hosseini, N., Madadizzadeh, M., Khoda Rezaei, E. and Sajjadian. M. 2015. Effects of drought stress and nitrogen fertilizer on seed vigor of red kidney bean (*Phaseolus calcaratus* L.). Iranian J. Seed Sci. Technol. 4(1): 1-13.

Mohsen-Nasab, F., Sharafizadeh, M. and Siadat, A. 2010. Study the effect of aging acceleration test on germination and seedling growth of wheat cultivars in controlled conditions (in vitro). Journal of Crop Physiology, 2: 59–71.

Noort, D. V. and Wallace, A. 1966. Role of iron in chlorophyll synthesis. In Current topics in plant nutrition, ed. A. Wallace, 27–28. Los Angeles: University of California.

Omidi, H., Naghdi Badi, H.A. and Jafarzadeh, L. 2015. Seeds of medicinal plants and crops. Shahed University Press, 454p.

Paravar A., Maleki Farahani, S., and Rezazadeh. A. 2021.The effect of mycorrhiza on catalase enzyme activity and growth and qualitative characteristics of Lady's mantle (Lallemantia royleana) under deficit irrigation. Plant Process and Function. 10 (45): 235-248.

Parida, A.K. and Das. A.B. 2005. Salt Tolerance and Salinity Effects on Plants: A Review. Ecotoxicology and Environmental Safety. 60: 324-349.

Parvaiz, A., and Satyawati, S. 2008. Salt stress and phyto-biochemical responses of plants – a review. Plant Soil Environ. 54: 89-99.

Rion, B. and Alloway, J. 2004. Fundamental aspects of zinc in soils and plants. International zinc association, 1-128.

Said-Al Ahl, H.A.H. and Mahmoud. A.A. 2010. Effect of zinc and / or iron foliar application on growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under salt stress. Ozean Journal of Applied Sciences. 3(1): 97- 111.

Salar, M., Mobasser, H.R. and Ghanbari-Malidarreh. A. 2013. Effects of nitrogen and potassium rates of mother plant on seed N and K content, germination and seedling growth of rice seeds. AEB. 7(1): 147-151.

Sedghaslami, M. and Ahmadi Bonakdar, M. 2010. Effect of plant density and planting on yield and yield components of fenugreek. Research of medicinal plants and aromatic plants of Iran, 26 (2): 265-274.

Shanker A.K., Maheswari M., Yadav S.K., Desai S., Bhanu D., Attal N. B. and Venkateswarlu B. 2014. Drought stress responses in crops. Functional and Integrative Genomics, 14(1): 11-22.

Sharafizadeh, M. 2018. Effect of Salicylic Acid and Drought Stress on Germination and Activity of Antioxidant Enzymes of Barely. Iranian Journal of Seed Science and Technology, 6(2): 161-169.

Sheteawi, S. A. 2007. Improving growth and yield of salt stressed soybean by exogenous application of jasmine acid and ascorbic. International Journal of Agriculture and Biology. 9: 473-478.

Soltani, A., Zeinali, E., Galeshi, S. and Latifi, N. 2001. Genetic variation for and interrelationships among seed vigor traits in wheat from the Caspian Sea coast of Iran. Seed Sci. Technol. 29: 653-662.

Soltani, A., Gholipoor, M., Zeinali, E. 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environmental and Experimental Botany, 55: 195-200.

Tavili, A., Safari, B. and Saberi, M. 2009. Investigation of compiration effective use of acid gibberelin and KNO3 on improve germination characteristics Salsola rigida, Rangeland J. 3(2): 272 - 280.

Vassilev, A. and Yordanov, I. 1997. Reductive analysis of factors limiting growth of cadmium treated plants –review. Plant physiology, 23:114-133.

Warraich, E. A., Basar, S.M.A., Ahmad, N., Ahmad, R.., and Aftab. M. 2002. Effect of nitrogen on grain quality and vigour in wheat (*Triticum aestivum* L.). International Journal of Agriculture and Biology. 4: 517-520.

Wissuwa, M., Abdelbagi, M.I. and Yanagihara, S. 2006. Effects of zinc deficiency on rice growth and genetic factors contributing to tolerance. Plant physiology, 142 (2): 731-741.

Wojtyla, L., Lechowska, K., Kubala, S. and Garnczarska, M. 2016. Molecular processes induced in primed seeds − increasing the potential to stabilize crop yields under drought conditions. Journal of Plant Physiology, 203:116-126.

Zaheer Ahmed, M. and Ajmal Khan, M. 2010. Tolerance and recovery responses of playa halophytes to light, salinity and temperature stresses during seed germination, *Flora Morph. Distribut. Func. Eco. Plants*, 205: 764-771.

Zamani, Z., Amiri, H. 2018. Ismaeili A. Effect of drought stress on germination characteristics of two populations of Fenugreek (*Trigonella foenum subsp. graceum* L.). 5(2):191-183

Zuchi, S., Cesco, S., Varanini, Z., Pinton, R. and Astolfi, S. 2009. Sulphur deprivation limits Fe-deficiency responses in tomato plants. Planta, 230: 85–94.