

تأثیر میدان مغناطیسی بر جوانه‌زنی دان سیاه (*Guizotia abyssinica*) تحت تنش خشکیسمانه حسینی<sup>۱</sup>، محمد رفیعی‌الحسینی<sup>۲\*</sup>، پرتو روشندل<sup>۳</sup>

## چکیده مبسوط

مقدمه: دان سیاه با نام علمی *Guizotia abyssinica* (L.F) Cass متعلق به خانواده کاسنی (*Asteraceae*) می‌باشد. بذر دان سیاه دارای ۷۵-۵۰ درصد روغن است که از آن در درمان روماتیسم، سوختگی و جانشینی برای روغن زیتون و از کنجاله آن در تغلیف دام استفاده می‌شود. بحران‌های محیطی که به وسیله سیستم‌های زنده دریافت می‌شوند، تنش تلقی می‌گردند. تنش خشکی از جمله تنش‌های غیر زیستی می‌باشد که میزان کاهش عملکرد ناشی از آن، بیش از سایر تنش‌ها گزارش شده است. از آنجا که نمو گیاه از جوانه‌زنی شروع می‌شود و برای ادامه حیات، باید بذرها جوانه بزنند تا بتوانند خود را با شرایط محیطی سازگار نمایند و در خاک مستقر گردند، موفقیت گذراندن مرحله جوانه‌زنی نقش مهمی در مراحل دیگر استقرار در گیاه خواهد داشت. تحقیقات مختلف تأثیر مثبت میدان مغناطیسی بر افزایش صفات جوانه‌زنی را نشان داده است. در این راستا اعمال میدان مغناطیسی قبل از کاشت روشی امن و ارزان برای افزایش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه می‌باشد. از آنجاییکه پرایمینگ بذر برای پاسخگویی سریعتر و قویتر به تنش خشکی مفید بوده و در بین انواع پرایمینگ، پرایمینگ فیزیکی از نظر اکولوژیکی و عدم تأثیر منفی بر محیط زیست دارای اهمیت خاصی است.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی اثر پیش‌ تیمار فیزیکی بذر و تنش خشکی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر دان سیاه، آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در آزمایشگاه تحقیقاتی علوم و تکنولوژی بذر دانشگاه شهرکرد انجام شد. شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی در پنج سطح شامل (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌تسلا (در مدت زمان ۵ دقیقه)) بعنوان عامل اول و تنش خشکی در ۵ سطح (صفر، ۴-، ۵-، ۶- و ۷- بار توسط پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰) بعنوان عامل دوم در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تنش خشکی، شدت میدان مغناطیسی و برهم‌کنش آن‌ها بر تمامی صفات مورد بررسی معنی‌دار شد. بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی و کمترین T10 و T50 در شدت میدان ۵۰ میلی‌تسلا تحت شرایط بدون تنش مشاهده شد. کمترین شاخص جوانه‌زنی در شرایط بدون تنش و بیشترین طول و وزن خشک ساقه‌چه در شرایط بدون تیمار و بیشترین وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه در شدت میدان ۲۰۰ میلی‌تسلا تحت شرایط بدون تنش حاصل شد. بیشترین طول و وزن خشک ریشه‌چه به‌ترتیب در شدت میدان‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌تسلا در شرایط بدون تنش خشکی مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: بذرهایی که از یک میدان مغناطیسی عبور داده می‌شوند، دچار تورم شده و احتمالاً در نتیجه فعالیت هورمون اکسین در این بذرها افزایش می‌یابد. همچنین میزان تنفس در آنها افزایش یافته و دارای انرژی و فعالیت زیاده‌تری شده که نتیجه آن جوانه‌زنی سریع و یکنواخت‌تر و ایجاد گیاهان مقاوم به تنش‌ها است. در تحقیق حاضر اگرچه با افزایش شدت تنش خشکی تأثیرات منفی بر خصوصیات جوانه‌زنی مشاهده شد اما میدان مغناطیسی تحت این شرایط سبب بهبود برخی خصوصیات جوانه‌زنی گردید. بطور کلی برای بهبود جوانه‌زنی و تخفیف شرایط تنش خشکی برای پتانسیل‌های صفر، ۵- و ۷- بار شدت میدان ۵۰ میلی‌تسلا و برای پتانسیل‌های ۴- و ۶- بار تنش خشکی شدت میدان ۱۵۰ میلی‌تسلا پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تنش اسمزی، مغناطیس، درصد جوانه‌زنی، پرایمینگ فیزیکی

## جنبه‌های نوآوری:

- ۱- اثر میدان مغناطیسی بر جوانه‌زنی بذر چند منظوره گیاه دان سیاه.
- ۲- اثر تنش خشکی بر جوانه‌زنی بذر چند منظوره گیاه دان سیاه با توجه به موقعیت ایران در کمربند خشک.
- ۳- تأثیر مثبت میدان مغناطیسی بر جوانه‌زنی بذر دان سیاه برای بهبود اثرات منفی تنش خشکی.



## مقدمه

نیاز به تولیدات کشاورزی اکولوژیک، همراه با افزایش تقاضای مواد خام گیاهی برای تولید غذا، استفاده از برخی شاخه‌های صنعت در تحقیقات جدید و اتخاذ تصمیمات ایمن برای افزایش تولیدات کشاورزی را ضروری می‌سازد (آلاججیان<sup>۱</sup>، ۲۰۰۷). بحران‌های محیطی که به وسیله سامانه‌های زنده دریافت می‌شوند، تنش تلقی می‌گردند. تنش‌ها، باعث کاهش انجام عملکردهای فیزیولوژیکی طبیعی موجودات زنده می‌شوند (کافی<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۳). تنش‌های زیستی و غیرزیستی سالانه منجر به آفت شدید عملکرد محصولات کشاورزی در سراسر دنیا می‌گردند (حسین<sup>۳</sup>، ۲۰۰۶). تنش خشکی از جمله تنش‌های غیر زیستی می‌باشد که میزان کاهش عملکرد ناشی از آن، بیش از سایر تنش‌ها گزارش شده است (ساکسنا<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۵).

دان‌سیاه با نام انگلیسی Niger متعلق به خانواده کاسنی (Asteraceae) می‌باشد. جنس *Guizotia* بومی مناطق آفریقایی در حد فاصل عرض‌های جغرافیایی ۳ تا ۱۵ درجه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۴۸ و ۳۳ درجه شرقی است و بطور عمده در کشورهای اتیوپی و هند کشت می‌شود (گنت و شارما<sup>۵</sup>، ۱۹۹۶). دان‌سیاه یک گیاه دگرگرده افشان و خود ناسازگار، دولپه‌ای و یکساله است. گیاهچه آن به رنگ سبز کم‌رنگ و هیپوکوتیل آن مایل به قهوه‌ای است و تا ارتفاع ۲ متری رشد می‌کند (گنت و شارما، ۱۹۹۶). بذر دان‌سیاه دارای ۷۵-۵۰ درصد روغن است که از آن در درمان روماتیسم، سوختگی و جرب و جانشینی برای روغن زیتون و از کنجاله آن در تغلیف دام استفاده می‌شود (دوازده امامی و واثقی<sup>۶</sup>، ۲۰۱۰).

جوانه‌زنی بذر معمولاً بحرانی‌ترین مرحله تعیین‌کننده موفقیت یا شکست استقرار گیاه است. از آنجا که نمو گیاه از جوانه‌زنی شروع می‌شود و برای ادامه حیات باید بذرها جوانه بزنند تا بتوانند خود را با شرایط

محیطی سازگار نمایند و در خاک مستقر گردند، موفقیت گذراندن مرحله جوانه‌زنی نقش مهمی در مراحل دیگر استقرار در گیاه خواهد داشت (سعیدیان<sup>۷</sup>، ۱۹۹۶). در شرایط خشک که مقدار بارندگی محدود و نامنظم است دستیابی به پوشش گیاهی مناسب در اوایل فصل رشد از ویژگی‌های مناسب ارقام زراعی است (سعیدی<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۰۷). در چنین مناطقی توان خروج جوانه‌ها از عمق‌های بیشتر خاک، همراه با تحمل به خشکی در مرحله جوانه‌زنی از ویژگی‌های مهم مرتبط با استقرار گیاهچه است (سعیدی و همکاران، ۲۰۰۷). به دلیل غیریکنواختی محیط خاک و عدم امکان کنترل عوامل محیطی در مزرعه، تحقیقات آزمایشگاهی اهمیت ویژه‌ای برای ارزیابی تحمل گیاهان به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی دارد (گراوندی<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۱۰).

تغییرات ایجاد شده در طبیعت در اثر دخالت‌های انسان در خاک، آب و جو به دلیل استفاده از مواد شیمیایی مختلف برای افزایش بهره‌وری گیاهان منجر به جستجو جهت پیدا نمودن روش‌های جدید شده است (آلاججیان، ۲۰۰۷). بنابراین علوم کشاورزی به سمت عوامل تأثیرگذار اکولوژیک در تولیدات گیاهان از قبیل یونیزه‌نمودن، اشعه لیزر، اشعه ماوراء بنفش، میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی و نظایر آن سوق نموده است (فاکنابی<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۰۹). طی افزایش فعالیت‌های بیوشیمیایی آنزیم‌ها و پروتئین‌ها، افزایش جوانه‌زنی در گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum*) در پیش تیمار بذرها با میدان مغناطیسی و الکتریکی گزارش شده است (مون و چانگ<sup>۱۱</sup>، ۲۰۰۰). در مطالعه‌ای دیگر این افزایش ۲۸-۸ درصد گزارش شده است (میکیانگ<sup>۱۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۵). تحقیقات بر بذرهاى گیاه ذرت (*Zea mays*) نشان داد که طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه تحت میدان مغناطیسی ۵۰ میلی‌تسلا در سه زمان ۱۵، ۳۰ و ۶۰ دقیقه به ترتیب ۱۱/۳۲، ۴/۱۵ و ۳۱/۱۴ درصد افزایش یافت و تحت تیمار ۵۰ میلی‌تسلا

<sup>7</sup> Saedian<sup>8</sup> Saeidi<sup>9</sup> Geravandi<sup>10</sup> Faqenabi<sup>11</sup> Moon and Chung<sup>12</sup> Meiqiang<sup>1</sup> Aladjadjiyan<sup>2</sup> Kafi<sup>3</sup> Hussain<sup>4</sup> Saxena<sup>5</sup> Getinet<sup>6</sup> Davazdahemami and Vaseghi

شد. شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی جهت پیش‌تیمار بذر در مدت زمان دقیقه اعمال گردید. پس از اعمال پیش‌تیمار میدان مغناطیسی، بذرها با استفاده از الکال ۷۰ درصد به مدت ۱۰ ثانیه و محلول ۱۰ درصد هیپوکلریت سدیم به مدت ۵ دقیقه ضدعفونی و سپس سه بار با آب مقطر شستشو شد. بذرها به تعداد ۲۵ عدد در هر پتری ۸ سانتی‌متری به صورت یکنواخت و روی کاغذ صافی (واتمن) قرار داده شد.

به منظور تهیه پتانسیل‌های مورد نظر تنش خشکی، مقادیر پلی اتیلن گلایکول (PEG<sub>6000</sub>) از رابطه میشل و کافمن<sup>۵</sup> (۱۹۷۳) محاسبه شد.

$$\Psi_s = -C(1.18 \times 10^{-2}) - C^2(1.18 \times 10^{-4}) + CT(2.67 \times 10^{-4}) + C^2T(8.39 \times 10^{-7})$$

$\Psi_s$  = پتانسیل اسمزی (bar)،  $C$  = غلظت محلول پلی اتیلن گلایکول ( $g.l^{-1}$ )،  $T$  = دما ( $^{\circ}C$ )

جهت اعمال سطوح مختلف تنش خشکی به هر تیمار ۷ میلی‌لیتر محلول با پتانسیل‌های مذکور اضافه شد. ظروف در شرایط نوری کنترل شده ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی (دوازده امای و واثقی، ۲۰۱۰) در دمای  $25 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد و به مدت ۷ روز در دستگاه ژرمیناتور قرار گرفتند (قانع<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۲). شمارش جوانه‌زنی به صورت روزانه به مدت ۷ روز انجام گرفت و بعد از ۷ روز گیاهچه‌ها از هر ظرف آزمایشگاهی خارج و پارامترهای زیر اندازه‌گیری و مورد بررسی قرار گرفت.

رابطه ۲: درصد جوانه‌زنی (ایکک<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۲)  
 $100 \times (\text{جوانه‌زده بذرها} / \text{تعداد کل تعداد}) =$

درصد جوانه‌زنی

رابطه ۳: سرعت جوانه‌زنی (کالسه و آبی<sup>۸</sup>، ۲۰۱۲)

$$GR = \sum N_i / T_i$$

$GR$  = سرعت جوانه‌زنی بر حسب تعداد بذر در روز

شمارش،  $N_i$  = تعداد بذر جوانه‌زده در هر روز،  $T_i$  =

شمارش روز پس از شروع آزمایش

طول ریشه‌چه در مدت زمان‌های ۲/۵، ۵/۵ و ۱ ساعت به ترتیب ۱۹/۳۷، ۳۱/۱۴ و ۳۰/۱ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد (عبدل<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۲). تیمار بذر بذر با میدان مغناطیسی منجر به رشد سریع، بیوسنتز پروتئین‌ها و توسعه ریشه می‌شود (فیرک و امبارکار<sup>۲</sup>، ۱۹۹۸). از آنجایی که تیمارهای شیمیایی یک نگرانی برای محیط زیست محسوب می‌شوند، تیمارهای فیزیکی قبل از کاشت امن‌تر به نظر می‌رسد (جمیل<sup>۳</sup> و همکاران، همکاران، ۲۰۱۲). در این راستا اعمال میدان مغناطیسی قبل از کاشت روشی امن و ارزان برای افزایش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه می‌باشد (پولدنسی<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۴). از آنجا که پرایمینگ بذر برای پاسخگویی سریع‌تر و قوی‌تر به تنش خشکی مفید بوده و در بین انواع پرایمینگ، پرایمینگ فیزیکی از نظر اکولوژیکی و عدم تأثیر منفی بر محیط زیست دارای اهمیت خاصی است و از طرف دیگر، تاکنون تأثیر میدان مغناطیسی در بهبود تنش خشکی بر بذر دان سیاه مطالعه نشده، لذا نتایج این آزمایش می‌تواند ارزشمند باشد. بدین منظور پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر میدان مغناطیسی جهت تخفیف شرایط تنش خشکی بر جوانه‌زنی بذر دان سیاه طراحی و اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر پیش‌تیمار فیزیکی بذر و تنش خشکی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر دان سیاه، آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در آزمایشگاه تحقیقاتی علوم و تکنولوژی بذر دانشگاه شهرکرد انجام شد. شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی شامل (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌تسلا) بعنوان عامل اول و تنش خشکی در ۵ سطح (صفر، ۴-، ۵-، ۶-، ۷- بار) بعنوان عامل دوم در نظر گرفته شد. ابتدا بذرها درون ظرف‌های لاکه مکعبی به ابعاد ۵/۵×۲×۲ سانتی‌متر در دستگاه مولد میدان مغناطیسی (سیم پیچ هلمهولتز، مدل

<sup>۵</sup> Michel and Kaufmann

<sup>۶</sup> Ghane

<sup>۷</sup> Ikic

<sup>۸</sup> Kalsa and Abebie

<sup>۱</sup> Abdul

<sup>۲</sup> Phirke and Umbarkar

<sup>۳</sup> Jamil

<sup>۴</sup> Podleony

رابطه ۴: شاخص جوانه‌زنی (اسکات<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۸۴)

$$(\sum Ti Ni) / S$$

Ti: زمان شمارش (روز) پس از کاشت، Ni: تعداد

بذرهای جوانه‌زده در هر شمارش (روز)، S: کل

بذرهای کشت شده

رابطه ۵: شاخص‌های T<sub>50</sub> و T<sub>10</sub> توسط برنامه

GERMINATOR محاسبه شد (جوسن<sup>۲</sup> و همکاران،

۲۰۱۰)

T<sub>10</sub> = مدت زمان تا رسیدن به ۱۰٪ حداکثر جوانه‌زنی،

T<sub>50</sub> = مدت زمان تا رسیدن به ۵۰٪ حداکثر جوانه‌زنی

(جوسن و همکاران، ۲۰۱۰)

$$Tx = ti + [(N/2 - ni)(tj - ti) / (nj - ni)]$$

N = تعداد نهایی بذرهای جوانه‌زده، nj and ni =

تعداد تجمعی بذرهای جوانه‌زده در زمان ni و nj زمانی

که nj < N/2 < ni

جهت اندازه‌گیری طول ریشه‌چه و ساقه‌چه،

گیاهچه‌ها از محل طوقه جدا گردید و با استفاده از

خط‌کش میلیمتری طول هر قسمت اندازه‌گیری شد.

جهت اندازه‌گیری وزن، هر یک از قسمت‌های مختلف

جداگانه با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین

شد. بعد از اندازه‌گیری وزن‌تر، اندام‌های مذکور به مدت

۴۸ ساعت و در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد در دستگاه

آون قرار داده و پس از خشک شدن توزین گردید.

تجزیه آماری داده‌ها و همبستگی صفات با نرم‌افزار

SAS<sub>9.0</sub>، مقایسه میانگین‌ها به روش برش‌دهی (Slice)

با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد و رسم

نمودارها نیز با استفاده از برنامه Excel<sub>2013</sub> انجام شد.

## نتایج و بحث

### درصد جوانه‌زنی

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس درصد

جوانه‌زنی تحت تأثیر سطوح مختلف شدت میدان

مغناطیسی، تنش خشکی و برهم‌کنش شدت میدان

مغناطیسی در تنش خشکی قرار گرفت (جدول ۱). برای

شرایط بدون تنش خشکی، شدت میدان ۵۰ (افزایش

(+۷/۱٪) و صفر میلی‌تسلا به ترتیب بیشترین و

کمترین درصد جوانه‌زنی را داشتند. برای پتانسیل ۴-

بار، اعمال میدان مغناطیسی (بجز شدت ۱۰۰

میلی‌تسلا)، درصد جوانه‌زنی را بطور معنی داری افزایش

داد. در پتانسیل ۵- بار بیشترین درصد جوانه‌زنی در

شدت میدان‌های ۵۰ (+۷/۵٪) و ۱۰۰ (+۴/۵٪)

میلی‌تسلا و کمترین میزان آن در شدت میدان (کاهش

(-۶٪) میلی‌تسلا حاصل شد. برای پتانسیل ۶- بار

بیشترین درصد جوانه‌زنی در شدت میدان ۱۵۰

(+۴/۶٪) میلی‌تسلا و کمترین میزان آن در شدت

میدان‌های صفر و ۲۰۰ میلی‌تسلا و برای پتانسیل ۷- بار

بیشترین درصد جوانه‌زنی در شدت میدان‌های ۵۰ و

۱۵۰ میلی‌تسلا (به‌ترتیب ۳۷/۹٪ و ۴۴/۸٪) و کمترین

میزان آن در شدت میدان ۲۰۰ میلی‌تسلا (-۲۴/۱٪)

مشاهده شد (شکل ۱).

بطور کلی، با افزایش سطح تنش خشکی درصد

جوانه‌زنی کاهش یافت. اعمال میدان مغناطیسی در

شرایط تنش خشکی درصد جوانه‌زنی را بهبود بخشیده

است، اما درصد تأثیر افزایشی برای هر شدت میدان

نسبت به عدم اعمال میدان مغناطیسی در هر سطح

تنش خشکی متفاوت بوده است. محمدی می‌لاسی<sup>۳</sup>

(۲۰۱۰) با بررسی تأثیر میدان مغناطیسی در شرایط

تنش خشکی بر گیاه زوفا بیان کرد که با اعمال شدت

میدان ۴۵ میلی‌تسلا درصد جوانه‌زنی از ۷۰ درصد به

۸۰ درصد افزایش یافت. هیدراسیون و تورم دانه با

کشش جانبی غشاءهای سلولی همراه است و این ممکن

است عمده‌تاً تعاملات الکتروستاتیک پروتئین‌های

محیطی با گروه‌های قطبی لیپیدهای غشاء را تغییر و

سهولت جدا شدن آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهد.

کشیدگی غشاء می‌تواند به میزان آب ورودی بستگی

داشته باشد و در مرحله بعد بوسیله فشار اسمزی درون

سلول تعیین شود. اگر دانه در یک محلول فعال اسمزی

متورم شود جریان آب به درون بذر محدود می‌شود. این

امر می‌تواند کاهش جوانه‌زنی مشاهده شده در این موارد

را شرح دهد. در این صورت بدون تردید رها شدن

پروتئین‌ها فرایند جوانه‌زنی را معین می‌کند. محرک‌های

<sup>۳</sup> Mohammadi Milasi

<sup>۱</sup> Scott

<sup>۲</sup> Joosen

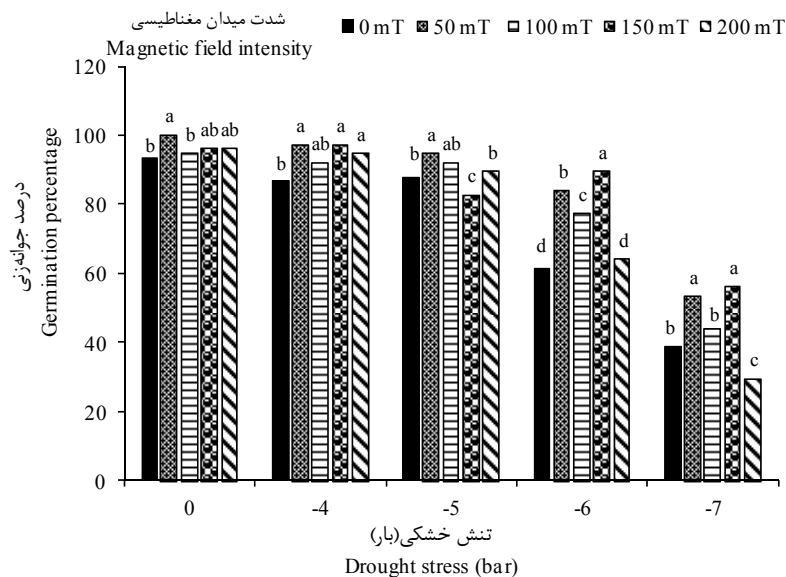
جدول ۱- تجزیه واریانس اثر شدت میدان مغناطیسی و تنش خشکی بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر دان‌سیاه

Table 1. Variance analysis of the effects of magnetic field (MF) and drought stress (DS) on germination characteristics of Niger seed

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات				
		درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	شاخص جوانه‌زنی Germination index	زمان رسیدن به ۱۰ درصد جوانه‌زنی T <sub>10</sub>	زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی T <sub>50</sub>
شدت میدان مغناطیسی (MF)	4	455.68**	15.82**	0.26**	108.93**	153.07**
تنش خشکی (DS)	4	6853.01**	898.33**	3.58**	5810.03**	7224.18**
MF×DS	16	122.35**	3.52**	0.14**	152.41**	69.83**
خطای آزمایش Error	50	10.88	0.16	0.02	0.92	7.93
ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)	-	4.1	4.5	7.6	2.7	6.3

\*: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

\*\*: non-significant difference, significant difference at the level of 5 and 1 percent probability, respectively.



شکل ۱- مقایسه میانگین برهم‌کنش سطوح مختلف شدت میدان مغناطیسی و تنش خشکی بر درصد جوانه‌زنی دان‌سیاه (در هر سطح تنش خشکی، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند)

Figure 1. Mean comparison of the interaction effects of different levels of magnetic field intensity and drought stress on germination percentage of Niger. (In each drought stress level, means with at least one common letter are not significantly different at 5% level, according to LSD Test).

شده توسط آکسنو<sup>۱</sup> و همکاران (۱۹۹۶) نشان داد که متابولیسم بذر در مواجهه با میدان مغناطیسی فعال و باعث تغییر در pH نزدیک به جوانه‌زنی می‌شود و

تولید شده بوسیله میدان مغناطیسی ممکن است این فرایند را پیشرفت دهد و به طرز محسوسی جوانه‌زنی را بهبود دهد (محمدی می‌لاسی، ۲۰۱۰). نتایج دریافت

<sup>1</sup> Aksenov

با شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی گزارش شده است (بتنگر و دب<sup>۴</sup>، ۱۹۹۷). این امر می‌تواند منجر به تسریع جوانه‌زنی بذرهای تیمار شده با میدان مغناطیسی تحت شرایط تنش خشکی گردد. از سوی دیگر با توجه به تأثیر میدان مغناطیسی در افزایش ROSها و نقش مؤثر این مولکول‌ها در جوانه‌زنی بذر با انتقال از یک مرحله خاموش جوانه‌زنی به حالت متابولیسم فعال، این پیش‌تیمار سبب افزایش سرعت جوانه‌زنی بذر در شرایط تنش خشکی می‌شود (گیدرول<sup>۵</sup> و همکاران، ۱۹۹۴). افزایش سرعت جوانه‌زنی در بذر خیار تحت پیش‌تیمار میدان مغناطیسی نیز گزارش شده است (یاو<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۰۵).

### شاخص جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، شاخص جوانه‌زنی تحت تأثیر سطوح مختلف شدت میدان مغناطیسی، تنش خشکی و برهم‌کنش آن‌ها قرار گرفت (جدول ۱). برای شرایط بدون تنش و پتانسیل ۵- بار اعمال (۱). میدان مغناطیسی تأثیر معنی‌داری بر شاخص جوانه‌زنی نداشت در حالی‌که برای پتانسیل‌های ۴- بار کمترین میزان شاخص جوانه‌زنی در شدت میدان ۵۰ میلی‌تسلا (۶/۸٪-) و بیشترین میزان آن در شدت ۱۰۰ میلی‌تسلا (۶٪+) حاصل شد. برای پتانسیل ۶- و ۷- بار تنش خشکی کمترین میزان شاخص جوانه‌زنی در شدت میدان‌های صفر و ۲۰۰ میلی‌تسلا و بیشترین میزان آن برای پتانسیل ۶- بار در شدت میدان ۱۵۰ میلی‌تسلا (۳۹/۵٪+) و برای پتانسیل ۷- بار در شدت میدان‌های ۵۰ و ۱۵۰ میلی‌تسلا (به ترتیب ۴۰/۹٪+ و ۴۴/۷٪+) مشاهده گردید (شکل ۳). برای شرایط بدون میدان با افزایش شدت تنش خشکی تا پتانسیل ۵- بار شاخص جوانه‌زنی روند افزایشی و پس از آن روند کاهشی را نشان داد. این در حالی است که بطور کلی با اعمال میدان مغناطیسی شاخص جوانه‌زنی تا پتانسیل ۶- بار روند افزایشی و بعد از آن روند کاهشی را نشان داد. تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز t ام پس از کاشت نسبت

آزادسازی پروتئین از بذر سریعتر صورت می‌گیرد. اثرات مشابه افزایش رشد در مراحل اولیه و جوانه‌زنی برای بذر ذرت و برنج تحت شدت‌های ۱۵۰ و ۲۵۰ میلی‌تسلا و بذر جو تحت تیمار میدان مغناطیسی مشاهده شده است (حوزینوا<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۴).

احتمال دیگر مبنی بر تأثیر میدان مغناطیسی بر سطح  $Ca^{2+}$  داخل سلول و جریان سایر یون‌ها در سراسر غشاء سلولی داده شده است (لیل<sup>۲</sup> و همکاران، ۱۹۹۱) که باعث تغییر در فشار اسمزی و تغییر در ظرفیت جذب آب توسط سلول‌های بافت گیاهی می‌شود (رینا و پاسکول<sup>۳</sup>، ۲۰۰۱).

### سرعت جوانه‌زنی

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس سرعت جوانه‌زنی تحت تأثیر شدت میدان مغناطیسی، تنش خشکی و برهم‌کنش آن‌ها قرار گرفت (جدول ۱). برای شرایط بدون تنش خشکی بیشترین سرعت جوانه‌زنی در شدت میدان‌های ۵۰ و ۲۰۰ میلی‌تسلا (به‌ترتیب ۱۱/۱٪+ و ۷/۸٪+) و برای پتانسیل ۴- بار در شدت میدان‌های ۵۰ و ۱۵۰ میلی‌تسلا (به‌ترتیب ۳۸/۶٪+ و ۳۶/۵٪+) و کمترین میزان آن برای پتانسیل‌های مذکور در شدت میدان‌های صفر و ۱۰۰ میلی‌تسلا حاصل شد. برای پتانسیل ۵-، ۶- و ۷- بار بیشترین سرعت جوانه‌زنی در شدت میدان‌های ۵۰ و ۱۵۰ میلی‌تسلا مشاهده شد در حالی‌که کمترین میزان آن برای پتانسیل ۵- بار در شدت میدان‌های صفر و ۱۵۰ میلی‌تسلا و برای پتانسیل‌های ۶- و ۷- بار شدت میدان‌های صفر و ۲۰۰ میلی‌تسلا مشاهده شد (شکل ۲).

سرعت جوانه‌زنی با افزایش شدت تنش خشکی کاهش چشمگیری را نشان داد. بطور کلی اعمال میدان مغناطیسی در شرایط تنش خشکی سرعت جوانه‌زنی را بهبود بخشید، اما درصد تأثیر افزایشی برای هر شدت میدان (نسبت به عدم اعمال میدان مغناطیسی) در هر سطح تنش خشکی متفاوت بود. تغییر در فعالیت آنزیم‌های آمیلاز و نیترات ردوکتاز در بذرهای تیمار شده

<sup>4</sup> Bhatnagar and Deb

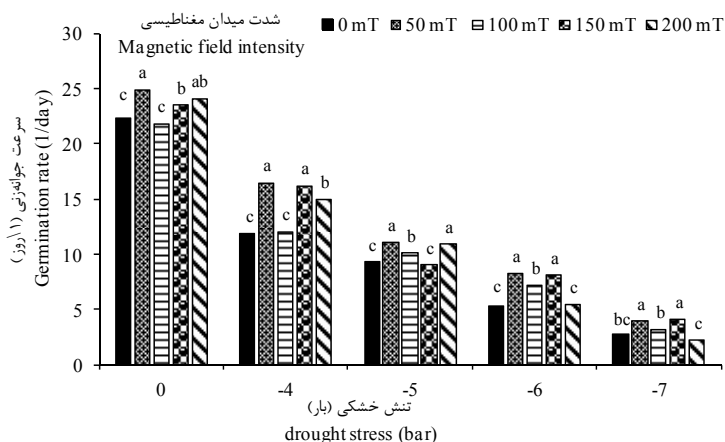
<sup>5</sup> Gidrol

<sup>6</sup> Yao

<sup>1</sup> Huseynova

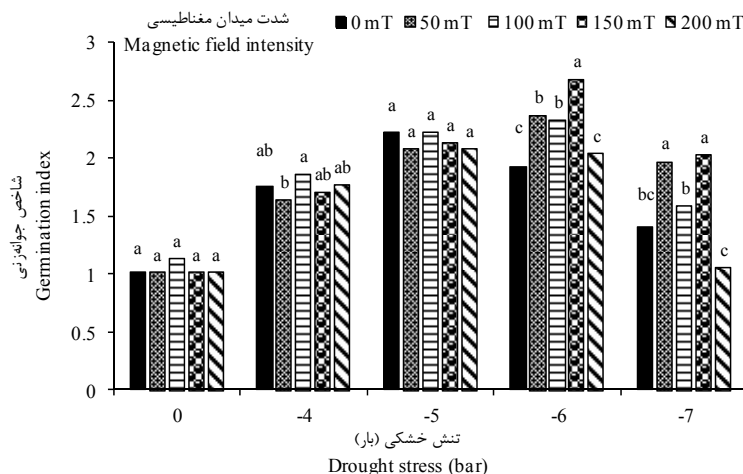
<sup>2</sup> Lyle

<sup>3</sup> Reina and Pascual



شکل ۲- مقایسه میانگین برهم‌کنش سطوح مختلف شدت میدان مغناطیسی و تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی دان‌سیاه (در هر سطح تنش خشکی، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند)

**Figure 2.** Mean comparison of the interaction effects of different levels of magnetic field intensity and drought stress on germination rate of Niger. (In each drought stress level, means with at least one common letter are not significantly different at 5% level, according to LSD Test).



شکل ۳- مقایسه میانگین برهم‌کنش سطوح مختلف شدت میدان مغناطیسی و تنش خشکی بر شاخص جوانه‌زنی دان‌سیاه (در هر سطح تنش خشکی، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند)

**Figure 3.** Mean comparison of the interaction effects of different levels of magnetic field intensity and drought stress on germination index of Niger. (In each drought stress level, means with at least one common letter are not significantly different at 5% level, according to LSD Test).

در روزهای پایانی بیشتر باشد بر میزان این شاخص افزوده می‌شود. ضرایب همبستگی رابطه عکس و معنی‌دار شاخص جوانه‌زنی با سرعت جوانه‌زنی ( $r = -0.56^{**}$ ) را نشان داد، بنابراین شاخص جوانه‌زنی تا حدودی می‌تواند بیانگر بالا و پایین بودن سرعت جوانه‌زنی باشد. می‌توان استنتاج کرد که پایین بودن شاخص جوانه‌زنی می‌تواند نشان از سرعت بالای

به کل بذرهای کشت شده، شاخص جوانه‌زنی را بیان می‌کند و سرعت جوانه‌زنی تعداد بذر جوانه‌زده در روز بر روز t ام پس از کاشت را نشان می‌دهد. پس هرچه تعداد بذر جوانه‌زده در روزهای اول آزمون جوانه‌زنی بیشتر باشد سرعت جوانه‌زنی در سطح بالاتری قرار می‌گیرد. از آنجایی که شاخص جوانه‌زنی با بذر جوانه‌زده و تعداد روز پس از کاشت رابطه مستقیمی دارد، هرچه بذر جوانه‌زده

جوانه‌زنی و سرعت بالای فزاینده‌های جوانه‌زنی باشد (جدول ۳).

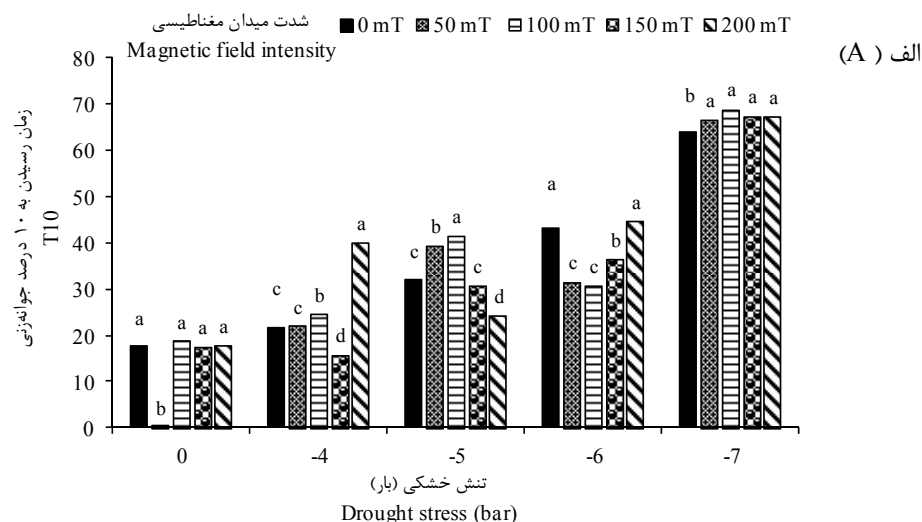
#### زمان رسیدن به ۱۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی ( $T_{10}$ و $T_{50}$ )

نتایج حاصل از تجزیه واریانس معنی‌داری مدت زمان رسیدن به ۱۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر سطوح مختلف شدت میدان مغناطیسی، تنش خشکی و برهم‌کنش آن‌ها را نشان داد (جدول ۱). برای شرایط بدون تنش خشکی کمترین مدت زمان رسیدن به ۱۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی در شدت میدان ۵۰ میلی‌تسلا ( $99/9\%$ ) حاصل شد. برای پتانسیل ۴- بار تنش خشکی بیشترین  $T_{10}$  در شدت میدان ۲۰۰ میلی‌تسلا ( $83\%$ ) و کمترین میزان آن در شدت میدان ۱۵۰ میلی‌تسلا ( $27/8\%$ ) حاصل شد در حالی‌که بیشترین میزان  $T_{50}$  در شدت میدان‌های صفر و ۲۰۰ میلی‌تسلا و کمترین میزان آن در شدت میدان ۵۰ میلی‌تسلا ( $18/2\%$ ) مشاهده شد. برای پتانسیل ۵- بار بیشترین میزان  $T_{10}$  در شدت میدان ۱۰۰ میلی‌تسلا ( $30/3\%$ ) و کمترین میزان آن در شدت میدان ۲۰۰ میلی‌تسلا ( $23/8\%$ )، بیشترین میزان  $T_{50}$  در شدت میدان‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌تسلا (به ترتیب  $13/0\%$  و  $6/5\%$ ) و

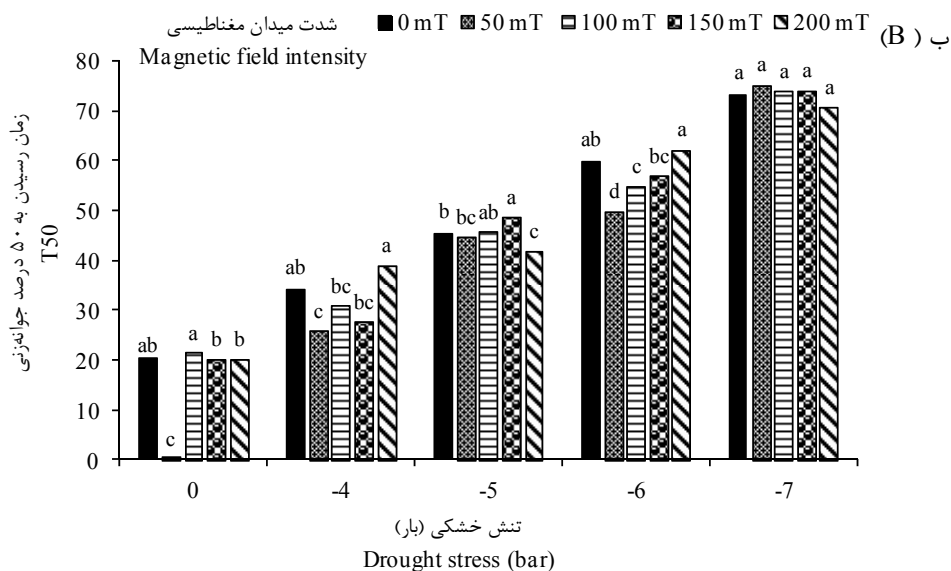
کمترین میزان آن در شدت میدان‌های ۵۰ و ۲۰۰ میلی‌تسلا (به ترتیب  $2/1\%$  و  $8/4\%$ ) مشاهده شد. برای پتانسیل ۶- بار بیشترین میزان  $T_{10}$  در شدت میدان‌های صفر و ۲۰۰ میلی‌تسلا و کمترین میزان آن در شدت میدان‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌تسلا (به ترتیب  $27/2\%$  و  $29/1\%$ )، بیشترین میزان  $T_{50}$  در شدت میدان‌های صفر و ۲۰۰ میلی‌تسلا و کمترین میزان آن در شدت میدان ۵۰ میلی‌تسلا ( $17/1\%$ ) حاصل شد.

برای پتانسیل ۷- بار تنش خشکی کمترین میزان  $T_{10}$  در شرایط بدون میدان مغناطیسی و بیشترین میزان آن در سایر شدت‌ها مشاهده شد در حالی‌که اعمال میدان مغناطیسی بر میزان  $T_{50}$  تفاوت معنی‌داری را ایجاد نکرد (شکل ۴ الف و ب).

با توجه به اینکه پایین‌تر بودن زمان تا رسیدن به ۱۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی حاکی از جوانه‌زنی سریع‌تر و یکنواخت‌تر بذر است هرچه درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر مورد آزمون بیشتر باشد از مدت زمان رسیدن به ۱۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی کاسته می‌شود.  $T_{10}$  و  $T_{50}$  با درصد و سرعت جوانه‌زنی رابطه عکس و معنی‌داری ( $P \leq 0/01$ ) داشت.  $T_{10}$  نسبت به  $T_{50}$  همبستگی بیشتری را با درصد جوانه‌زنی ( $r = -0/87^{**}$ ) نشان داد.







شکل ۴- مقایسه میانگین برهم‌کنش سطوح مختلف شدت میدان مغناطیسی و تنش خشکی بر  $T_{10}$  (الف) و  $T_{50}$  (ب) دان‌سیاه (در هر سطح تنش خشکی، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند).

**Figures 4.** Mean comparison of the interaction effects of different levels of magnetic field intensity and drought stress on  $T_{10}$  (A) and  $T_{50}$  (B) of Niger. (In each drought stress level, means with at least one common letter are not significantly different at 5% level, according to LSD Test).

(۵۰٪-) مشاهده شد. برای پتانسیل -۶ بار بیشترین وزن تر ریشه‌چه در شدت میدان‌های ۱۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌تسلا (به‌ترتیب ۱۱/۶٪، ۶/۹٪ و ۲۵/۵٪) و کمترین میزان آن در شدت میدان‌های صفر و ۵۰ میلی‌تسلا و برای پتانسیل -۷ بار بیشترین وزن تر ریشه‌چه در شدت میدان‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌تسلا و کمترین میزان آن در شدت میدان ۱۵۰ میلی‌تسلا بدست آمد. این در حالی‌است که برای شدت میدان‌های صفر و ۲۰۰ میلی‌تسلا وزن ریشه‌چه قابل اندازه‌گیری نبود (شکل ۵).

جاود<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۱) مشاهده کردند که با اعمال میدان مغناطیسی بالاترین وزن تر ریشه در تیمار شاهد و بعد از آن برای تیمار شدت میدان ۱۵۰ میلی‌تسلا در مدت زمان ۱۰ دقیقه برای دو رقم ذرت EV-۱۰۹۸ و Agaiti-۲۰۰۲ در حالت بدون تنش حاصل شد.

این در حالی است که  $T_{50}$  با سرعت جوانه‌زنی رابطه عکس ( $r = -0.94^{**}$ ) و با شاخص جوانه‌زنی رابطه مستقیم ( $r = 0.46^{**}$ ) و معنی‌دار ( $P \leq 0.01$ ) بیشتری را نسبت به  $T_{10}$  نشان داد (جدول ۳).

#### وزن تر ریشه‌چه

نتایج نشان داد که اختلافات وزن تر ریشه‌چه تحت تأثیر سطوح مختلف شدت میدان مغناطیسی، تنش خشکی و برهم‌کنش آن‌ها معنی‌دار بود (جدول ۲). وزن تر ریشه‌چه با افزایش شدت تنش به طور قابل توجهی کاهش نشان داد. برای شرایط بدون تنش خشکی شدت میدان ۵۰ و ۲۰۰ میلی‌تسلا (به‌ترتیب ۲۵/۹٪ و ۲۷٪) بیشترین و شدت میدان صفر کمترین وزن تر ریشه‌چه را نشان دادند. برای پتانسیل -۴ و -۵ بار تنش خشکی بیشترین میزان وزن تر ریشه‌چه در شرایط بدون میدان مغناطیسی حاصل شد در حالی‌که کمترین میزان آن برای پتانسیل -۴ بار در شدت میدان ۱۰۰ میلی‌تسلا (۴۹٪-) و برای پتانسیل -۵ بار در شدت میدان‌های ۵۰ و ۱۵۰ میلی‌تسلا (به‌ترتیب ۴۴٪- و

<sup>1</sup> Javed

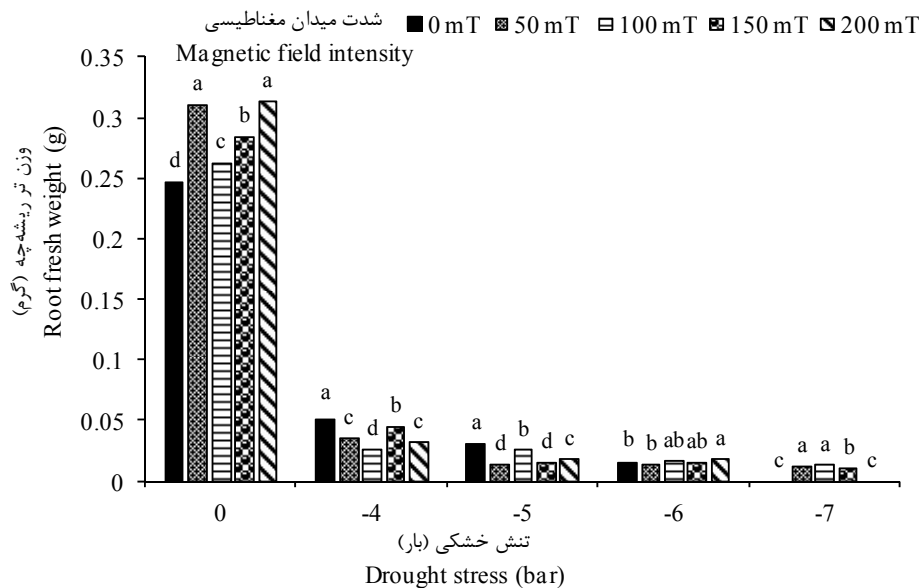
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر شدت میدان مغناطیسی و تنش خشکی بر پارامترهای رشد بذر دان سیاه

**Table 2.** Variance Analysis of the effects of magnetic field (MF) and drought stress (DS) on growth parameters of Niger seed

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f.	میانگین مربعات					
		وزن تر ریشه‌چه	وزن تر ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه
		Root fresh weight	Shoot fresh weight	Root dry weight	Shoot dry weight	Root length	Shoot length
شدت میدان مغناطیسی (MF)	4	0.0002**	0.002**	0.000002**	0.000016**	0.21**	0.24**
تنش خشکی (DS)	4	0.21**	1.15**	0.0004**	0.005**	100.31**	38.66**
MF×DS	16	0.0007**	0.002**	0.000003**	0.00002**	1.05**	1.85**
خطای آزمایش	50	0.00001	0.00001	0.0000001	0.000002	0.007	0.0004
Error							
ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)	-	4.6	2.7	8.6	11.9	4.7	2.1

\*: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

\*\*: non-significant difference, significant difference at the level of 5 and 1 percent probability, respectively

**شکل ۵-** مقایسه میانگین برهم‌کنش سطوح مختلف شدت میدان مغناطیسی و تنش خشکی بر وزن تر ریشه‌چه دان‌سیاه (در هر سطح تنش خشکی، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند).**Figure 5.** Mean comparison of the interaction effects of different levels of magnetic field intensity and drought stress on root fresh weight of Niger. (In each drought stress level, means with at least one common letter are not significantly different at 5% level, according to LSD Test).

جدول ۳- ضرایب همبستگی خصوصیات جوانه‌زنی بذر گیاه دان‌سیاه

	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	شاخص جوانه‌زنی Germination index	زمان رسیدن به ۱۰ درصد جوانه‌زنی T <sub>10</sub>	زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی T <sub>50</sub>	وزن تر ریشه‌چه Root fresh weight	وزن تر ساقچه Shoot fresh weight	وزن خشک ریشه‌چه Root dry weight	وزن خشک ساقچه Shoot dry weight	طول ریشه‌چه Root length	طول ساقچه Shoot length
درصد جوانه‌زنی Germination percentage	1										
سرعت جوانه‌زنی Germination rate	0.78**	1									
شاخص جوانه‌زنی Germination index	0.04 <sup>ns</sup>	-0.56**	1								
زمان رسیدن به ۱۰ درصد جوانه‌زنی T <sub>10</sub>	-0.87**	-0.84**	0.22 <sup>ns</sup>	1							
زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی T <sub>50</sub>	-0.83**	-0.94**	0.46**	0.93**	1						
وزن تر ریشه‌چه Root fresh weight	0.46**	0.87**	-0.71**	-0.62**	-0.75**	1					
وزن تر ساقچه Shoot fresh weight	0.47**	0.89**	-0.74**	-0.62**	-0.75**	0.98**	1				
وزن خشک ریشه‌چه Root dry weight	0.49**	0.86**	-0.64**	0.63**	-0.73**	0.97**	0.96**	1			
وزن خشک ساقچه Shoot dry weight	0.54**	0.92**	-0.72**	-0.67**	-0.81**	0.95**	0.98**	0.94**	1		
طول ریشه‌چه Root length	0.53**	0.91**	-0.70**	-0.63**	-0.82**	0.97**	0.96**	0.95**	0.95**	1	
طول ساقچه Shoot length	0.52**	0.92**	-0.73**	-0.67**	-0.80**	0.97**	0.99**	0.94**	0.98**	0.96**	1

<sup>ns</sup> and \*\*: non-significant difference, significant difference at the level of 5 and 1 percent probability, respectively  
و \*\*: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

در شرایط اعمال تنش خشکی برای رقم ۲۰۰۲- Agaiti تمام تیمارهای ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌تسلا در مدت زمان‌های ۵ و ۱۰ دقیقه سبب افزایش وزن تر ریشه شدند که بالاترین درصد افزایش را تیمار ۱۰۰ میلی‌تسلا در مدت زمان ۵ دقیقه داشت. در رقم EV-۱۰۹۸ شدت میدان ۱۵۰ میلی‌تسلا در مدت زمان ۵ دقیقه بیشترین تأثیرگذاری را جهت افزایش وزن تر ریشه داشت. با خروج سریعتر ریشه‌چه بذر تحت پیش‌تیمار میدان مغناطیسی گیاهچه این فرصت را بدست می‌آورد که زودتر از سایر بذرها به منابع آبی اطراف ریشه‌چه دست پیدا کند. ضرایب همبستگی نیز نشان داد که سرعت جوانه‌زنی با وزن تر ریشه‌چه رابطه مستقیم ( $r=0.87^{**}$ ) و معنی‌داری داشت (جدول ۳).

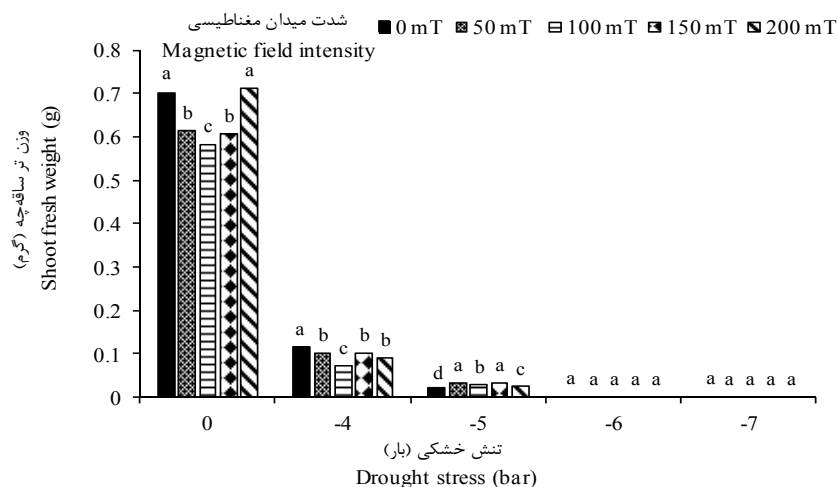
### وزن تر ساقه‌چه

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس وزن تر ساقه‌چه تحت تأثیر سطوح مختلف شدت میدان مغناطیسی، تنش خشکی و برهم‌کنش آن‌ها معنی‌دار بود (جدول ۲). وزن تر ساقه‌چه با افزایش شدت تنش خشکی به طور قابل توجهی کاهش نشان داد. برای شرایط بدون تنش بیشترین وزن تر ساقه‌چه در شدت میدان‌های صفر و ۲۰۰ میلی‌تسلا و کمترین میزان آن در شدت میدان ۱۰۰ میلی‌تسلا ( $-17\%$ )، برای پتانسیل ۴- بار بیشترین میزان وزن تر ساقه‌چه در شرایط بدون میدان و کمترین میزان آن در شدت میدان ۱۰۰ میلی‌تسلا ( $-38/8\%$ ) و برای پتانسیل ۵- بار بیشترین میزان وزن تر ساقه‌چه در شدت میدان‌های ۵۰ و ۱۵۰ میلی‌تسلا ( $+65/5\%$ ) و کمترین میزان آن در شرایط بدون میدان حاصل شد این در حالی است که برای پتانسیل‌های ۶- و ۷- بار وزن قابل اندازه‌گیری برای

ساقه‌چه مشاهده نشد (شکل ۶). بر اساس یافته‌های جاود و همکاران (۲۰۱۱) شدت میدان ۱۰۰ میلی‌تسلا در مدت زمان ۵ دقیقه و ۱۵۰ میلی‌تسلا در مدت زمان ۵ و ۱۰ دقیقه تأثیر معنی‌داری بر افزایش وزن تر ساقه در حالت بدون تنش داشت و در شرایط اعمال تنش خشکی برای ذرت رقم EV-۱۰۹۸، شدت میدان ۱۵۰ میلی‌تسلا در مدت زمان ۱۰ دقیقه سبب افزایش وزن تر ساقه نسبت به حالت بدون میدان تحت تنش خشکی شد. ضرایب همبستگی نیز نشان داد که وزن تر ساقه‌چه در عین همبستگی مثبت ( $r=0.89^{**}$ ) و معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) که با سرعت جوانه‌زنی داشت با وزن تر ریشه‌چه نیز رابطه مستقیمی ( $r=0.98^{**}$ ) را نشان داد (جدول ۳). خروج سریعتر ریشه‌چه در شرایطی مانند تنش که گیاهان جهت استقرار با هم رقابت می‌کنند ضروری به نظر می‌رسد. میدان مغناطیسی با تأثیر مثبت بر فرایندهای جوانه‌زنی استقرار سریعتر گیاهچه را در شرایط تنش خشکی موجب می‌شود.

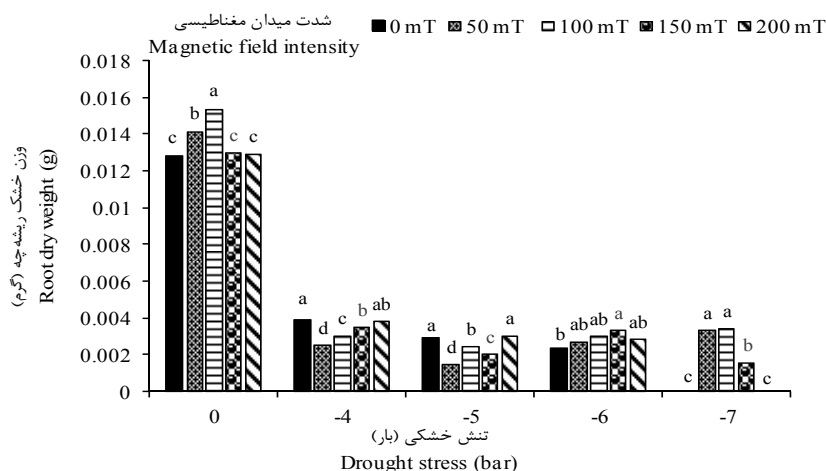
### وزن خشک ریشه‌چه

با توجه به جدول تجزیه واریانس وزن خشک ریشه‌چه تحت تأثیر سطوح مختلف شدت میدان مغناطیسی، تنش خشکی و برهم‌کنش آن‌ها قرار گرفت (جدول ۲). برای شرایط بدون تنش خشکی بیشترین وزن خشک ریشه‌چه در شدت میدان ۱۰۰ میلی‌تسلا ( $+3/20\%$ ) و کمترین میزان آن در شدت میدان‌های صفر، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌تسلا، برای پتانسیل‌های ۴- و ۵- بار بیشترین وزن خشک ریشه‌چه در شدت میدان‌های صفر و ۲۰۰ میلی‌تسلا و کمترین میزان آن در شدت میدان ۵۰ میلی‌تسلا به‌ترتیب  $-5/8\%$  و  $-4/49\%$  حاصل شد.



شکل ۶- مقایسه میانگین برهم‌کنش سطوح مختلف شدت میدان مغناطیسی و تنش خشکی بر وزن تر ساقچه دان‌سیاه (در هر سطح تنش خشکی، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند).

**Figure 6.** Mean comparison of the interaction effects of different levels of magnetic field intensity and drought stress on shoot fresh weight of Niger. (In each drought stress level, means with at least one common letter are not significantly different at 5% level, according to LSD Test).



شکل ۷- مقایسه میانگین برهم‌کنش سطوح مختلف شدت میدان مغناطیسی و تنش خشکی بر وزن خشک ریشه‌چه دان‌سیاه (در هر سطح تنش خشکی، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند).

**Figure 7.** Mean comparison of the interaction effects of different levels of magnetic field intensity and drought stress on root dry weight of Niger. (In each drought stress level, means with at least one common letter are not significantly different at 5% level, according to LSD Test).

در شدت میدان‌های صفر و ۲۰۰ میلی‌تسلا وزن خشک ریشه‌چه قابل اندازه‌گیری نبود (شکل ۷). همسو با تأثیر منفی برخی از شدت‌های میدان مغناطیسی در برخی از پتانسیل‌های تنش خشکی، بررسی تأثیر میدان مغناطیسی ۸۸ میکروتسلا در مدت زمان‌های صفر، ۱۰ و ۳۰ دقیقه نشان داد که وزن

برای پتانسیل ۶- بار بیشترین و کمترین وزن خشک ریشه‌چه به ترتیب در شرایط ۱۵۰ میلی‌تسلا (+۴/۴٪) و بدون میدان مشاهده شد. برای پتانسیل -۷ بار تنش خشکی بیشترین وزن خشک ریشه‌چه در شدت میدان های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌تسلا و کمترین میزان آن در شدت میدان ۱۵۰ میلی‌تسلا بدست آمد. این در حالی است که

نشان داد که وزن خشک ساقه‌چه زیره سبز کاهش یافت به‌گونه‌ای که با افزایش مدت زمان از صفر به ۳۰ دقیقه روند کاهشی را در پی داشت (ملکی فراهانی و همکاران، ۲۰۱۵).

از سوی دیگر همسو با افزایش وزن خشک ساقه‌چه در شدت میدان ۲۰۰ میلی‌تسلا تحت پتانسیل ۵- بار تنش خشکی، آناند و همکاران (۲۰۱۲) اظهار داشتند که شدت میدان ۲۰۰ میلی‌تسلا تحت تنش خشکی ۰/۲- مگاپاسکال وزن خشک ساقه را ۶۳/۵۳ درصد نسبت به تیمار بدون میدان تحت تنش ۰/۲- مگاپاسکال افزایش داد. همبستگی بین صفات نشان داد که وزن خشک ساقه‌چه با وزن خشک ریشه‌چه در شرایط تنش خشکی رابطه مستقیم ( $r=0.94^{**}$ ) و معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) داشت. همچنین وزن خشک ساقه‌چه بصورت معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) با سرعت جوانه‌زنی بذر ارتباط نزدیکی نشان داد ( $r=0.92^{**}$ ) (جدول ۳).

#### طول ریشه‌چه

با توجه به جدول تجزیه واریانس طول ریشه‌چه تحت تأثیر سطوح مختلف شدت میدان مغناطیسی، تنش خشکی و برهم‌کنش آن‌ها قرار گرفت (جدول ۲). برای شرایط بدون تنش بیشترین طول ریشه‌چه در شدت میدان‌های ۵۰ و ۲۰۰ میلی‌تسلا (به‌ترتیب ۵۸/۲٪ و ۵۳٪) و کمترین میزان آن در شرایط بدون میدان مغناطیسی حاصل شد. برای پتانسیل‌های ۴-، ۵- و ۶- بار تنش خشکی بیشترین طول ریشه‌چه در شرایط بدون میدان مشاهده شد در حالی که کمترین میزان آن برای پتانسیل ۴- بار در تمامی شدت‌های میدان مغناطیسی، برای پتانسیل ۵- بار در شدت میدان ۱۵۰ میلی‌تسلا (۷۱/۴٪) و برای ۶- بار در شدت میدان‌های ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌تسلا (۲۳٪) حاصل شد. برای پتانسیل ۷- بار تنش خشکی اعمال شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی تأثیر معنی‌داری را بر طول ریشه‌چه نداشتند (شکل ۹). همسو با کاهش طول ریشه‌چه در شرایط تنش خشکی، بررسی تأثیر میدان مغناطیسی ۸۸ میکروتسلا در مدت زمان‌های صفر، ۱۰ و ۳۰ دقیقه بر زیره سبز نشان داد که با افزایش مدت زمان از صفر به

خشک ریشه‌چه زیره سبز با افزایش مدت زمان از صفر به ۳۰ دقیقه روند کاهشی را در پی داشت (ملکی فراهانی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۵). در تحقیق دیگر آناند<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۲) اظهار داشتند که شدت میدان ۲۰۰ میلی‌تسلا تحت تنش خشکی ۰/۲- مگاپاسکال وزن خشک ریشه را به میزان ۶/۸۸ برابر تیمار بدون میدان تحت تنش ۰/۲- مگاپاسکال، افزایش داد. ضرایب همبستگی نشان داد که وزن‌تر ریشه‌چه و ساقه‌چه با وزن خشک ریشه‌چه رابطه مثبتی دارد (جدول ۳).

#### وزن خشک ساقه‌چه

نتایج تجزیه واریانس معنی‌داری وزن خشک ساقه‌چه تحت تأثیر سطوح مختلف شدت میدان مغناطیسی، تنش خشکی و برهم‌کنش آن‌ها را نشان داد (جدول ۲). برای شرایط بدون تنش خشکی بیشترین وزن خشک ساقه‌چه در شرایط بدون میدان و کمترین میزان آن در شدت میدان ۱۵۰ میلی‌تسلا (۲/۲۸٪)، برای پتانسیل ۴- بار بیشترین میزان وزن خشک ساقه‌چه در شدت میدان‌های صفر، ۵۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌تسلا و کمترین میزان آن در شدت میدان ۱۰۰ میلی‌تسلا (۱/۲۷٪) حاصل شد. برای پتانسیل ۵- بار بیشترین وزن خشک ساقه‌چه در شدت میدان‌های ۵۰ و ۲۰۰ میلی‌تسلا (به‌ترتیب ۹/۷٪ و ۲/۱۷٪) و کمترین میزان آن در شدت میدان‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌تسلا (به‌ترتیب ۵/۱۶٪ و ۹/۵٪) مشاهده شد. این درحالی است که در پتانسیل‌های ۶- و ۷- بار وزن خشک ساقه‌چه قابل اندازه‌گیری نبود (شکل ۸).

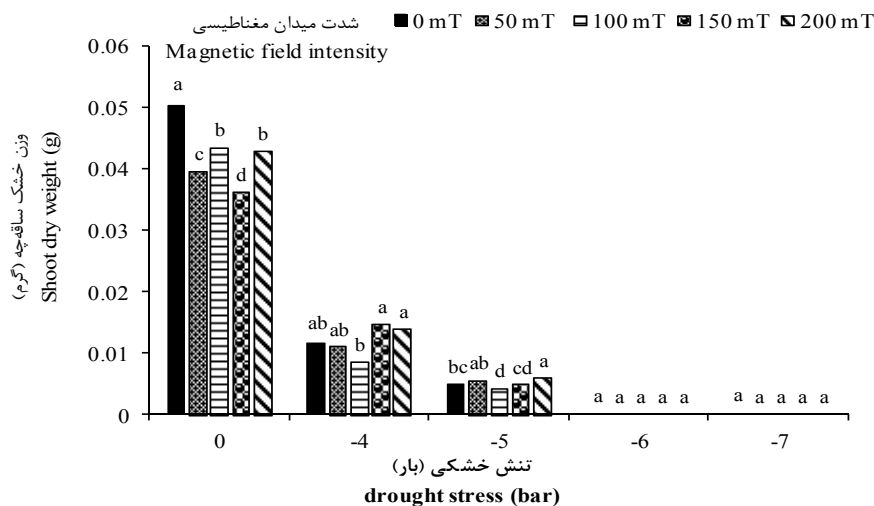
اگرچه بیشتر تیمارهای میدان مغناطیسی از لحاظ آماری تأثیر افزایشی معنی‌داری بر وزن خشک ساقه‌چه نداشتند اما به لحاظ عددی برخی از شدت‌های میدان مغناطیسی سبب افزایش وزن خشک ساقه‌چه شدند.

همسو با تأثیر منفی برخی شدت‌های میدان مغناطیسی بر وزن خشک ساقه‌چه در سطوح مختلف تنش خشکی بررسی تأثیر میدان مغناطیسی ۸۸ میکروتسلا در مدت زمان‌های صفر، ۱۰ و ۳۰ دقیقه

<sup>1</sup> Maleki Farahani

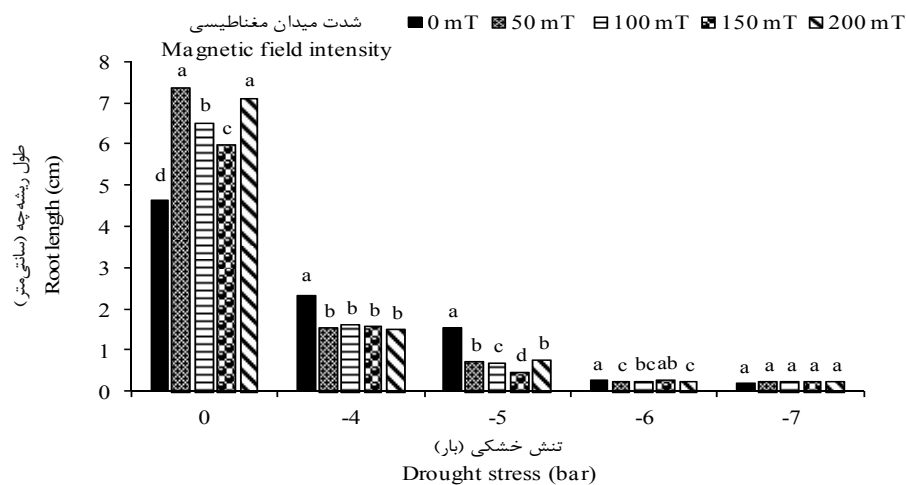
<sup>2</sup> Anand

۳۰ دقیقه این صفت روند کاهشی را در پی داشت  
(ملکی فراهانی و همکاران، ۲۰۱۵).



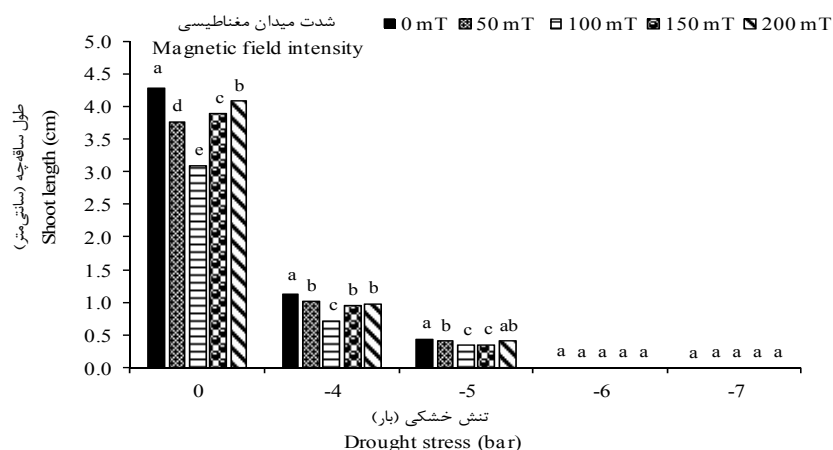
شکل ۸- مقایسه میانگین برهم‌کنش سطوح مختلف شدت میدان مغناطیسی و تنش خشکی بر وزن خشک ساقچه دان‌سیاه (در هر سطح تنش خشکی، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند).

**Figure 8.** Mean comparison of the interaction effects of different levels of magnetic field intensity and drought stress on shoot dry weight of Niger. (In each drought stress level, means with at least one common letter are not significantly different at 5% level, according to LSD Test).



شکل ۹- مقایسه میانگین برهم‌کنش سطوح مختلف شدت میدان مغناطیسی و تنش خشکی بر طول ریشه‌چه دان‌سیاه (در هر سطح تنش خشکی، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند).

**Figure 9.** Mean comparison of the interaction effects of different levels of magnetic field intensity and drought stress on root length of Niger. (In each drought stress level, means with at least one common letter are not significantly different at 5% level, according to LSD Test).



شکل ۱۰- مقایسه میانگین برهم‌کنش سطوح مختلف شدت میدان مغناطیسی و تنش خشکی بر طول ساقچه دان‌سیاه (در هر سطح تنش خشکی، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند).

**Figure 10.** Mean comparison of the interaction effects of different levels of magnetic field intensity and drought stress on shoot length of Niger. (In each drought stress level, means with at least one common letter are not significantly different at 5% level, according to LSD Test).

کاهش طول ساقچه شد و همسو با این نتایج، بررسی تأثیر میدان ۸۸ میکروتسلا در مدت زمان‌های صفر، ۱۰ و ۳۰ دقیقه نشان داد که طول ساقچه با اعمال میدان مغناطیسی و همچنین افزایش مدت زمان اعمال آن روند کاهشی را داشت (ملکی فراهانی و همکاران، ۲۰۱۵). این در حالی است که تحقیقات دیگر نتایجی خلاف نتایج پژوهش حاضر را نشان داده است، از جمله تحت شرایط خشکی اعمال میدان مغناطیسی با شدت میدان ۱۵۰ میلی‌تسلا به مدت ۵ دقیقه سبب افزایش معنی‌دار طول ساقه ذرت رقم Agaiti-۲۰۰۲ نسبت به حالت بدون میدان شد. همچنین شدت میدان ۱۰۰ میلی‌تسلا به مدت ۵ دقیقه سبب افزایش معنی‌دار طول ساقه رقم EV-۱۰۹۸ نسبت به تیمار تحت تنش بدون میدان شد (جاود و همکاران، ۲۰۱۱).

یکی از علل کاهش طول ساقچه در شرایط تنش خشکی، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از بافت‌های ذخیره‌ای بذر به جنین ذکر گردیده است. علاوه بر مطالب فوق‌الذکر می‌توان احتمال داد که کاهش جذب آب توسط بذر در شرایط تنش خشکی باعث کاهش ترشح هورمون‌ها و آنزیم‌ها و در نتیجه آن اختلال در رشد ریشه چه و ساقچه بوده است (اصغری<sup>۳</sup>، ۱۹۹۲).

از سوی دیگر همسو با افزایش طول ریشه‌چه در شرایط بدون تنش خشکی، بررسی شدت میدان ۱۸۰ میلی‌تسلا به مدت ۲۰ دقیقه افزایش طول ریشه‌چه عدس به میزان ۱/۴۶ برابر تیمار شاهد را نشان داد (شبرنگی و مجد<sup>۱</sup>، ۲۰۰۹) که این افزایش را می‌توان به افزایش سرعت تقسیم سلولی در مریستم رأسی ریشه‌چه نسبت داد (افضل<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۲).

### طول ساقچه

با توجه به جدول تجزیه واریانس طول ساقچه تحت تأثیر سطوح مختلف شدت میدان مغناطیسی، تنش خشکی و برهم‌کنش آن‌ها معنی‌دار بود (جدول ۲). در شرایط بدون تنش و پتانسیل ۴- و ۵- بار تنش خشکی بیشترین طول ساقچه در شرایط بدون میدان مغناطیسی و کمترین میزان آن در شدت میدان ۱۰۰ میلی‌تسلا (به ترتیب ۲۸/۲٪ و ۳۷٪-) برای پتانسیل صفر و ۴- بار و در شدت میدان ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌تسلا (به ترتیب ۲۱/۲٪ و ۱۸/۸٪-) برای پتانسیل ۵- بار حاصل شد. در حالی که در پتانسیل‌های ۶- و ۷- بار تنش خشکی طول ساقچه قابل اندازه‌گیری نبود (شکل ۱۲). نتایج نشان داد که اعمال میدان مغناطیسی سبب

<sup>3</sup> Asghari

<sup>1</sup> Shabrangi and Majd

<sup>2</sup> Afzal



هورمون اکسین در این بذرها افزایش می‌یابد. همچنین میزان تنفس در آنها افزایش یافته و دارای انرژی و فعالیت زیاده‌تری شده که نتیجه آن جوانه‌زنی سریع و یکنواخت‌تر و ایجاد گیاهان مقاوم به تنش‌ها است. در تحقیق حاضر اگرچه با افزایش شدت تنش خشکی تأثیرات منفی بر خصوصیات جوانه‌زنی مشاهده شد اما میدان مغناطیسی تحت این شرایط سبب بهبود برخی خصوصیات جوانه‌زنی گردید. بطور کلی برای برای بهبود جوانه‌زنی و تخفیف شرایط تنش خشکی برای پتانسیل‌های صفر، ۵- و ۷- بار، شدت میدان ۵۰ میلی‌تسلا و برای پتانسیل‌های ۴- و ۶- بار تنش خشکی شدت میدان ۱۵۰ میلی‌تسلا پیشنهاد می‌شود.

اگرچه میدان مغناطیسی بر جذب آب توسط بذر و افزایش فعالیت آنزیم‌ها و افزایش سایر خصوصیات گیاهیچه تأثیرگذار است ولی در خصوص رشد طولی ساقه‌چه بنظر می‌رسد نسبت به تیمار شاهد نه تنها بی‌تأثیر بوده است بلکه تأثیر منفی هم داشته است.

### نتیجه‌گیری

محققین مختلف بیان داشتند که اثرات مثبت تیمار مغناطیسی بذرها بر پارامترهای رشد تحت سطوح مختلف خشکی ممکن است ناشی از تأثیر میدان مغناطیسی بر جذب یون‌ها، جذب آب و فرآیندهای شیمیایی باشد. بذرهایی که از یک میدان مغناطیسی عبور داده می‌شوند، دچار تورم شده و در نتیجه فعالیت

### منابع

- Abdul, R., Reyad, C.A., Waleed, A. and Hussain, F. 2012. Effects of magnetic field on the growth development of Zea mays Seeds. *Journal of Natural Product and Plant Resource*, 2(3): 456-459.
- Afzal, I., Mukhtar, K., Qasim, M., Basra, S.M.A., Shahid, M. and Haq, Z. 2012. Magnetic stimulation of marigold seed. *International Agrophysics*, 26(4): 335-339. <https://doi.org/10.2478/v10247-012-0047-1>
- Aksenov, S.I., Bulychev, A.A., Grunina, T.Y. and Turovetskii, V.B. 1996. Mechanisms of the action of a low-frequency magnetic field on the initial stages of germination of Wheat seeds. *Biophysics*, 41(4): 931-937.
- Aladjadjiyan, A. 2007. The use of physical methods for plant growing stimulation in Bulgaria. *Journal of Central European Agriculture*, 8: 369-380.
- Anand, A., Nagarajan, S., Verma, A.P.S., Joshi, D.K., Pathak, P.C. and Bhardwaj, J. 2012. Pre-treatment of seeds with static magnetic field ameliorates soil water stress in seedlings of maize (*Zea mays* L.). *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics*, 49(1): 63-70.
- Asghari, M. 1992. The effect of ethylene in osmotic adjustment and growth in key tissues and cotilidonary Sunflower seeds under drought conditions. *Agricultural Sciences and Technology Journal*, 7: 137-145. [In Persian with English Summary].
- Bhatnagar, D. and Deb, A.R. 1977. Some effect of pre-germination exposure of wheat seeds to magnetic fields: effect on some physiological process. *Seed Research*, 5(2): 129-137.
- Davazdahemami, S. and Vaseghi, A. 2010. Investigate the capabilities of *Guizotia abyssinica* (L.F.) Cass oil plant in Isfahan region. First National Conference on Oilseed. Isfahan University of Technology, Iran. [In Persian].
- Faqenabi, F., Tajbakhsh, M., Bernooshi, I., Saber-Rezaii, M., Tahri, F., Parvizi, S., Izadkhah M., Hasanzadeh Gorttapeh, A. and Sedqi, H. 2009. The effect of magnetic field on growth development and yield of sunflower and its comparison with other treatments. *Research Journal of Biological Science*, 4: 174-178.
- Geravandi, M., Farshadfar, E. and Kahrizi D. 2010. Evaluation of drought tolerance in bread wheat

- advanced genotypes in field and laboratory conditions. Seed and Plant Improvement Journal, 26(2): 233-252. [In Persian with English Summary].
- Getinet, A. and Sharma, S.M. 1996. Niger [*Guizotia abyssinica* (L.F.)] Cass promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Institute of plant genetics and crop plant Research. Rome: Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, 58 p.
- Ghane, S.G., Lokhande, V.H. and Nikam, T.D. 2012. Differential growth, physiological and biochemical responses of Niger (*Guizotia abyssinica* Cass.) cultivars to water-deficit (drought) stress. Acta Physiologiae Plantarum, 34(1): 215-225. <https://doi.org/10.1007/s11738-011-0820-y>
- Gidrol, X., Lin, W.S., Dégousée, N., Yip, S.F. and Kush, A. 1994. Accumulation of reactive oxygen species and oxidation of Cytokinin in germinating soybean seeds. European Journal of Biochemistry, 224(1): 21-28. <https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1994.tb19990.x>
- Huseynova, I.M., Nasrullayeva, M.Y., Rustamova, S.M., Aliyeva, D.R. and Aliyev, J.A. 2014. Differential responses of antioxidative system to soil water shortage in Barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes. Advances in Biological Chemistry, 4(6): 351-359. <https://doi.org/10.4236/abc.2014.46040>
- Hussain, S.S. 2006. Molecular breeding for abiotic stress tolerance: drought perspective. Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences, 43: 189-210.
- Ikic, I., Maric evic, M., Tomasovic, S., Gunjaca, J., Atovic, Z.S. and Arcevic, H.S. 2012. The effect of germination temperature on seed dormancy in Croatian-grown winter wheats. Euphytica, 188(1): 25-34. <https://doi.org/10.1007/s10681-012-0735-8>
- Jamil, Y., Haq, Z., Iqbal, M., Perveen, T. and Amin, N. 2012. Enhancement in growth and yield of mushroom using magnetic field treatment. International Agrophysics, 26(4): 375-380. <https://doi.org/10.2478/v10247-012-0052-4>
- Javed, N., Ashraf, M., Akram, N.A. and Al-Qurainy, F. 2011. Alleviation of adverse effects of drought stress on growth and some potential physiological attributes in maize (*Zea mays* L.) by seed electromagnetic treatment. Photochemistry and Photobiology, 87(6): 1354-1362. <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2011.00990.x>
- Joosen, R.V., Kodde, J., Willems, L.A., Ligterink, W., Vanderplas, L.H. and Hilhorst, H.W. 2010. Germinator: A software package for high-throughput scoring and curve fitting of Arabidopsis seed germination. The Plant Journal, 62(1): 148-159. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2009.04116.x>
- Kafi, M., Borzoei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A. and Nabati, J. 2013. Physiology of Environmental Stresses in Plants. Jihad University of Mashhad Publication. 502 p. [In Persian].
- Kalsa, K.K. and Abebie, B. 2012. Influence of seed priming on seed germination and vigor traits of *Vicia villosa* ssp. *dasycarpa* (Ten.). African Journal of Agricultural Research, 7(21): 3202-3208.
- Lyle, D.B., Wang, X., Ayotte, R.D., Sheppard, A.R. and Adey, W.R. 1991. Calcium uptake by leukemic and normal lymphocytes exposed to low frequency magnetic fields. Bioelectromagnetics, 12(3): 145-156. <https://doi.org/10.1002/bem.2250120303>
- Maleki Farahani, S., Rezazadeh, A. and Aghighi Shahverdi, M. 2015. Effects of electromagnetic field and ultrasonic waves on seed germination of Cumin (*Cuminum cyminum*). Iranian Journal of Seed Research, 2(1): 109-118. [In Persian with English Summary].
- Meiqiang, Y., Mingting, H., Buzhou, M. and Tengcar, M. 2005. Stimulating effects of seed treatment by magnetized plasma on tomato growth and yield. Plasma Science and Technology,

- 7: 3143-3147. <https://doi.org/10.1088/1009-0630/7/6/017>
- Michel, B.E. and Kaufmann, M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol6000. Plant Physiology, 51(5): 914-916. <https://doi.org/10.1104/pp.51.5.914>
- Mohammadi Milasi, R. 2010. The effect of magnetic field on seed physiology, seedling growth, phenolic compounds and antioxidant capacity of *Hyssopus officinalis* medicinal plant under drought stress. M.Sc. Faculty of Basic Sciences, University of Shahrekord. Iran. [In Persian with English Summary].
- Moon, J.D. and Chung, H.S. 2000. Acceleration of germination of tomato seed by applying AC electric and magnetic fields. Journal of Electrostatics, 48(2): 108-114. [https://doi.org/10.1016/S0304-3886\(99\)00054-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3886(99)00054-6)
- Phirke, P.S., and Umbarkar, S.P. 1998. Influence of magnetic treatment of oilseed on yield and dry matter. Punjabrao Krishi Vidyapeeth Research Journal, 22(1): 130-132.
- Podleony, J., Pietruszewski, S. and Podleona, A. 2004. Efficiency of the magnetic treatment of broad bean seeds cultivated under experimental plot conditions. International Agrophysics, 18(1): 65-71.
- Reina, F.G. and Pascual, L.A. 2001. Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds. Part I: Theoretical considerations. Bioelectromagnetics, 22(8): 589-595. <https://doi.org/10.1002/bem.89>. <https://doi.org/10.1002/bem.88>
- Saedian, F. 1996. Evaluation of drought resistance and water use efficiency in grassland species. M.Sc. Faculty of Natural Resources, Tehran University, Iran. [In Persian with English Summary].
- Saeidi, M., Ahmadi, A., Postini, K., and Jahansooz, M. R. 2007. Evaluation of germination traits of different genotypes of wheat in osmotic stress situation and their correlations with speed of emergence and drought tolerance in Farm situation. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 11: 281-293. [In Persian with English Summary].
- Saxena, N.P., Singh, O., Sethi, S.C., Krishnamurthy, L., Singh, S.D. and Johansen, C. 2005. Genetic enhancement of drought tolerance in chickpea (short note). Available at web site <http://www.ICRISAT.org>.
- Scott, S.J., Jones, R.A. and Williams, W.A. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. Crop Science, 24: 1192-1199. <https://doi.org/10.2135/cropsci1984.0011183X002400060043x>
- Shabrangi, A. and Majd, A. 2009. Effect of magnetic fields on growth and antioxidant systems in agricultural plants. p: 1142-1147. Progress in Electromagnetics Research Symposium. March, 23-27. Beijing, China.
- Yao, Y., Li, Y., Yang, Y. and Li, C. 2005. Effect of seed pretreatment by magnetic field on the sensitivity of cucumber (*Cucumis sativus*) seedlings to ultraviolet-B radiation. Environmental and Experimental Botany, 54(3): 286-294. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2004.09.006>

## Effect of Magnetic Field on Seed Germination of *Guizotia abyssinica* under Drought Stress Conditions

Samaneh Hosseini<sup>1</sup>, Mohammad Rafieiolhossaini<sup>2, \*</sup>, Partoo Roshandel<sup>3</sup>

### Extended abstract

**Introduction:** Niger with the scientific name of *Guizotia abyssinica* (L.F.) Cass. belongs to the Asteraceae family. Niger seed contains 50-75 percentage of oil which is used in the treatment of rheumatism and burns, and as a substitute for olive oil. Its meal is also used for animal feeding. Environmental crises sustained by living systems are considered as stress. Drought stress is one of the non-biological stresses. Yield reduction due to this type of stress is reported to be higher than that related to other stresses. Since plant development starts from germination and for survival, the seeds should germinate to adapt themselves to the environmental conditions and establish themselves in the soil, the success of passing the germination stage will play an important role in other stages of plant establishment. Different studies have shown the positive effect of magnetic field on increasing germination characteristics. In this regard, applying a magnetic field before planting is a safe and inexpensive method for increasing germination and seedling growth. Seed priming is useful for a faster and more powerful response to drought stress and among different types of priming, physical priming is of particular importance for ecological reasons and for not having a negative impact on the environment.

**Materials and Methods:** In order to study the effect of seed physical pre-treatment and drought stress on seed germination characteristics of Niger, an experiment was conducted as factorial in a completely randomized design with three replications at the Research Laboratory of Seed Science and Technology at Shahrekord University. Different magnetic field intensities at five levels including (0, 50, 100, 150 and 200 mT (at 5 minutes period)) as the first factor and drought stress at five levels (0, -4, -5, -6 and -7 bar Polyethylene Glycol<sub>6000</sub>) as the second factor were considered.

**Results:** The results of variance analysis showed that the effect of drought stress, magnetic field intensity and their interaction were significant on all of the evaluated characteristics. The maximum germination percentage and rate and the minimum of  $T_{10}$  and  $T_{50}$  were observed in 50 mT field intensity under normal conditions. The minimum germination index under normal conditions and the maximum length and shoot dry weight under non-treatment conditions and the maximum root and shoot fresh weight in 200 mT field intensity under normal conditions were obtained. The maximum root length and dry weight were observed in 50 and 100 mT field intensity under normal conditions, respectively.

**Conclusions:** Seeds which cross through a magnetic field, become swollen and probably as a result, the activity of auxin hormone in these seeds increases. In addition, the respiration level also increases in them and they have higher levels of energy and activity, which results in faster and more uniform germination and the creation of stress-resistant plants. In this study, although by increasing drought stress intensity, negative effects were observed on germination characteristics, the magnetic field under these conditions improved some germination characteristics. In general, for the purpose of improving germination and alleviating drought stress conditions, for 0, -5 and -7 bar potentials, the field intensity of 50 mT and for -4 and -6 bar potentials, the field intensity of 150 mT are recommended.

**Keywords:** Germination percentage, Magnate, Osmotic stress, Physical priming

### Highlights:

- 1- The effect of magnetic field on germination of multipurpose seed of Niger plant.
- 2- The effect of drought stress on germination of multipurpose seed of Niger plant, given Iran's being located in dry belt.
- 3- The positive effect of magnetic field on germination of Niger seed to improve the negative effects of drought stress.

<sup>1</sup> M.Sc. Graduate of Seed Technology and Sciences, Faculty of Agriculture, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran.

<sup>2, 3</sup> Assistant Professor of Agronomy Department, Faculty of Agriculture, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran.

