نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۴ شماره ۳ / پاییز ۱۴۰۳/ صفحات ۳۴۹-۳۲۷

Impact of Foliar Spraying Zinc, Salicylic Acid and the use of Amino Acids on the Growth and Establishment of Milk Thistle (*Silybum marianum*) Seeds under Varied irrigation Conditions

Shiva Afsharnia[1], Mahdi Ghiyasi[2*], Esmail Rezaei-Chiyaneh[2], Amir Rahimi[2]

Received: 27 February 2024 Accepted: 13 June 2024
1-PhD. Student, Agrotechnology (Crop Ecology), Dep. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
2-Assoc. Prof., of Agriculture, (Seed Science and Technology) Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
*Corresponding Author Email: m.ghiasi@urmia.ac.ir

Abstract

Objective: This study aimed to investigate the impact of foliar application of various compounds on the growth and seed yield of Milk Thistle (*Silybum marianum*) across different irrigation conditions.

Materials and Methods: The study comprised two parts, field and laboratory, conducted during the agricultural year of 2017-2018. The field research was conducted at a research farm in Naqdeh City, West Azarbaijan province. At the same time, the laboratory work was completed at the agricultural laboratory of the Faculty of Agriculture, Urmia University. The field experiment was executed in a split-plot design using a completely randomized block design with three replications. The primary factor of interest was irrigation, with three treatment levels: full irrigation, pre-flowering supplemental irrigation, and no irrigation, implemented in the main plots. The secondary factor under investigation involved foliar treatments with four levels: salicylic acid (1 mM), zinc (1 part per thousand per hectare), amino acid (2 parts per thousand per hectare), and a control (sprayed with water).

Results: In general, the results from the field section indicated that full irrigation had a significant impact on key traits: plant height (158 cm), number of mature capitula (9.06), and total number of capitula (12.55). Likewise, the highest index for supplemental irrigation (20.92) was observed. Full irrigation and foliar application of salicylic acid also resulted in the highest relative leaf water content (82.32). Conversely, drought stress led to an increase in the number of stomata. Salicylic acid foliar spraying achieved the highest weight of a thousand grains (26.34 g).
The results from the laboratory germination section demonstrated that the treatment without irrigation, acting as the control, yielded the highest structural indices for plant length (7.2335) and root length (24.16). The longest stem length (75.7 cm) was observed in the amino acid foliar spray treatment. Furthermore, the treatment without irrigation and foliar zinc spraying resulted in the highest levels of catalase (18.56) and superoxide dismutase (20.06) enzymes.

Conclusion: The results showed that foliar application, irrigation, and their interactions increased the studied traits compared to the control.

Keywords: Additional Watering, Desiccated Plants, Essential Amino Acids, Salicin Derivative, Seeds, *Silybum marianum*, Zinc Mineral

DOI: 10.22034/saps.2024.60197.3166

ارزیابی تاثیر محلول‌پاشی روی ، سالیسیلیک اسید و کاربرد اسیدآمینه برعملکرد و بنیه بذر ماریتیغال در رژیم‌های مختلف آبیاری

شیوا افشارنیا[۱]، مهدی قیاسی[۲*]، اسماعیل رضایی چیانه[۲]، امیر رحیمی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۳/۲۴

۱- دانشجوی دکتری آگروتکنولوژی (اکولوژی گیاهان زراعی)، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲-دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

مسول مکاتبه: Email: m.ghiasi@urmia.ac.ir

چکیده

اهداف: پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر محلول‌پاشی ترکیبات مختلف بر عملکرد و بنیه بذر ماریتیغال در رژیم‌های مختلف آبیاری اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: آزمایش در دو بخش مزرعه‌ای و آزمایشگاهی در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه‌ایی تحقیقاتی واقع در استان آذربایجان غربی شهرستان نقده و آزمایشگاه تحقیقاتی در آزمایشگاه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه انجام گرفت. آزمایش مزرعه‌ای به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با سه تکرار انجام گرفت. عامل اول مورد مطالعه آبیاری با سه سطح (آبیاری کامل یا آبیاری پس از ۵۰ درصد تخلیه رطوبت از ظرفیت زراعی خاک، آبیاری تکمیلی قبل از گلدهی و بدون آبیاری) بود که در کرت‌های اصلی اعمال شدند. عامل دوم مورد مطالعه تیمارهای محلول‌پاشی با چهار سطح (سالیسیلیک اسید(۱ میلی مولار)، روی(۱ دو در هزار)، اسید آمینه(۲ در هزار بر حسب هکتار) و شاهد(محلول‌پاشی با آب)) لحاظ شدند.

یافته‌ها: به طور کلی، نتایج به‌دست آمده از بخش مزرعه‌ای نشان داد که آبیاری کامل بیشترین تأثیر را در صفات؛ ارتفاع بوته (۱۵۸سانتی‌متر)، تعداد کاپیتول رسیده (۹/۰۶) و تعداد کل کاپیتول (۱۲/۵۵) داشت، همچنین بیشترین شاخص برداشت از آبیاری تکمیلی(۲۰/۹۲) به‌دست آمد، بیشترین مقدار محتوای نسبی آب برگ (۸۲/۳۲) نیز از آبیاری کامل و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید به‌دست آمد، از طرفی تنش خشکی سبب افزایش تعداد روزنه گردید، و بیشترین مقدار وزن هزار دانه(۲۶/۳۴گرم)، ازمحلول‌پاشی سالیسیلیک اسید حاصل شد. نتایج بخش آزمایشگاه جوانه‌زنی در بذرهای تولیدی نشان داد که بیشترین شاخص بنیه طولی گیاهچه و طول ریشه‌چه به ترتیب ۲۳۳۵/۷، ۱۶/۲۴ از تیمار بدون آبیاری شاهد به‌دست آمد. بیشترین طول ساقه‌چه(۷/۷۵) از تیمار محلول‌پاشی اسیدآمینه و همچنین در تیمار بدون آبیاری و محلول‌پاشی روی، بیشترین آنزیم کاتالاز(۱۸/۵۶)، سوپر اکسید دیسموتاز(۲۰/۰۶) حاصل شد.

نتیجه گیری: نتایج نشان داد که محلول‌پاشی و آبیاری و اثرات متقابل این عوامل افزایش صفات مورد مطالعه نسبت به شاهد را در پی داشت.

واژه‌های کلیدی: آبیاری تکمیلی، اسید آمینه، بذر، خشکی، ، روی، سالیسیلیک اسید، ماریتیغال

مقدمه

ماریتیغال گیاهی دارویی با نام علمی (*Silybum marianum* (L.) Gaertn) از خانواده کاسنی Asteraceae است که با نام انگلیسی Milk thistle fruit و خار مریم شناخته می‌شود (رادی و همکاران ۲۰۱۸). بسته به نوع اکوتیپ و یا شرایط آب و هوایی یک گیاه یکساله و دو ساله می‌باشد. این گیاه در در کشورهای اروپایی و آسیایی رشد می‌کند. در ایران این گیاه در استان‌های شمال‌غربی، جنوب پراکندگی دارد(آرامپاتزیس وهمکاران ۲۰۱۹). ماریتیغال دارای ترکیبات بیوشیمیایی ضروری از جمله مخلوط‌های ایزومری فلاونولینگان‌ها که شامل تاکسوفیلین، سیلی‌کریستین، سیلی‌دیانین، سیسیلین و ایزوسیلین و غیره است که مجموعاً به عنوان سیلی-مارین شناخته می‌شوند؛ عصاره بذر این گیاه دارای ۱ تا ۴ درصد سیلی‌مارین است. بیش از ۲۰۰۰ سال است که از دانه‌های این گیاه برای درمان هپاتیت، سیروز، زردی و محافظت کبد در برابر مسمومیت با مواد شیمیایی محیطی و سموم طبیعی از جمله گزش مار و حشرات، مسمومیت قارچی و الکل استفاده می‌شود (علی و همکاران ۲۰۱۹ دمارکو وهمکاران ۲۰۲۰). بر اساس مطالعات صورت گرفته از طریق مکانیسم‌هایی مثل تحریک پلی‌مراز، خنثی کردن تنش‌های اکسیداتیو و رادیکال‌های آزاد و بالا بردن گلوتاتیون سلولی منجر به ترمیم و محافظت از بافت کبد می‌گردد. علاوه بر این تحقیقات جدید نشان داده است که از ترکیبات عصاره این گیاه می‌توان در تولید داروهایی برای درمان بیماری چربی خون، اختلالات کلیوی، تنظیم کننده‌های سیستم ایمنی و غدد درون ریز استفاده کرد (فلاح حسینی و همکاران ۲۰۰۴).

محلول‌پاشی ریز مغذی‌ها یکی از کارآمدترین راه‌های تامین عناصر غذایی برای گیاهان است، که می تواند کمبودهای غذایی را به شیوه‌ای سریع اصلاح کند، محلول‌پاشی روی و منگنز در شرایط تنش خشکی به طور قابل توجهی باعث افزایش کیفیت عملکرد گلرنگ و بنیه بذرهای برداشت شده گردید و همچنین در کیفیت اسیدهای چرب و روغن موثر بود(قیاسی و همکاران ۲۰۲۳). تحویل عناصر غذایی با محلول‌پاشی معمولا شامل ۱) استفاده از یک محلول آبی درسطح گیاه به شکل قطرات، ۲) حفظ آنها درسطح برگ، ۳) جذب ماده غذایی درسلول‌های زنده گیاهی است، ۴) انتقال ماده مغذی به مناطقی که گیاه بتواند ازآن در فرآیندهای رشد خود استفاده کند. کارایی محلول‌پاشی تا حد زیادی به مکانیسم‌های جذب مولکول‌های محلول‌پاشی بستگی دارد زیرا آنها تحت تاثیر عوامل محیطی زیادی قرار دارند. این روش کودهی این امکان را فراهم می‌کند که در هر مرحله از رشد، تمام مواد مغذی لازم برای گیاهان فراهم شود یک راه عالی برای برای حمایت ازسیستم ریشه گیاهان در دوره‌های رشد شدید است(جانوسزکییویز وهمکاران ۲۰۲۳).

در این میان عنصر روی (Zn) به عنوان یکی از مهم‌ترین عناصر کم مصرف جایگاه ویژه‌ای در رشد گیاهان دارد. نقش این عنصر علاوه بر دفاع در برابر بیماری‌های گیاهی، در طول مرحله¬ی زایشی گیاه و پر شدن دانه ضروری است از (چوآدهاری و همکاران ۲۰۱۹). محققان متعددی نقش روی را در حمایت از تحمل خشکی گیاهان از طریق مکانیسم‌های مختلف گزارش کرده‌اند. روی با بهبود روابط آبی گیاه، ثبات غشای سلولی، تجمع اسمولیت‌ها، تنظیم روزنه‌ای و جذب آب تاثیرات تنش خشکی را کاهش می‌دهد. علاوه بر این سنتز مواد تنظیم کننده رشدی مثل اکسین‌ها، انواع جیبرلین و ملاتونین را در گیاهان و بذرهای در حال جوانه زنی افزایش می‌دهد. هم‌چنین وجود مقادیر کافی روی در گیاه فعالیت‌های آکواپورین‌ها و سیستم آنتی‌اکسیدانی را به طور قابل توجهی بهبود می‌بخشد. که به نوبه خود از قابلیت فتوسنتزی ناشی از کاهش قابل توجه تنش خشکی حمایت می‌کند (یومییرحسن و همکاران ۲۰۲۰).

اسیدهای آمینه (Aa) مولکول‌های آلی هستند که حاوی نیتروژن، کربن، هیدروژن و اکسیژن هستند، و یک زنجیره جانبی آلی در ساختار خود دارند، مشخصه‌ای که اسیدهای آمینه مختلف را متمایز می‌کند. اسیدهای آمینه اصلی سنتز شده توسط گیاهان گلوتامات، گلوتامین

و آسپارتات هستند، و ممکن است از این اسیدهای آمینه دیگر تشکیل شوند. گلوتامات اولین اسید آمینه است که در آن نیتروژن جذب شده توسط گیاهان ترکیب می‌شود و از آن، طیف وسیعی از اسیدهای آمینه را می‌توان از طریق فعالیت آمینوترانسفرازها به دست آورد. اسیدهای آمینه می‌توانند نقش‌های مختلفی در گیاهان ایفا کنند؛ مثلا به عنوان عوامل کاهش دهنده استرس، منبع نیتروژن و پیش سازه‌ی هورمون عمل کنند، در خاک آن‌ها به شکل‌های مختلف یافت می‌شوند اما، نیمه عمر آنها کوتاه است و جذب آن‌ها توسط گیاهان فقط به دلیل وجود انتقال دهنده‌ها در ریشه امکان پذیر است (تیزیرا و همکاران ۲۰۱۷)، همچنین از دیگر عملکردهای اسیدهای آمینه در گیاه مثل سنتز پروتئین، مقاومت در برابر استرس، اثر فتوسنتز، عمل بر روی روزنه، اثر کلاته کننده، فعال‌کننده‌های فیتوهورمون‌ها، گرده افشانی با تشکیل میوه و تعادل فلور خاک عمل می‌کند (هقاب وهمکاران ۲۰۲۰).

عبدال آل (۲۰۱۸) درتحقیقات خود گزارش داده‌اند که محلول‌پاشی اسید آمینه بر روی صفات رویشی ریحان (ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه‌ها، تعداد برگ و وزن تر و خشک کل گیاه)، اجزای عملکرد بذر (تعداد گل آذین و دانه در بوته، تعداد میوه در گل آذین و دانه) و اجزای عملکرد بیوشیمیایی (قندهای محلول کل، پروتئین، اسیدهای آمینه محلول، فعالیت آنتی‌اکسیدانت‌ها، و نیز ترکیب شیمیایی اسانس) را افزایش داد. از طرفی کاربرد ترکیبات حاوی اسیدهای آمینه در شرایط تنش می‌تواند نقش مؤثری در افزایش تحمل گیاهان به شرایط نامساعد و افزایش عملکرد گیاهان عمل نموده و با کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی گامی در جهت نیل به اهداف کشاورزی ارگانیک باشد (کاظم‌پورو همکاران ۲۰۲۳).

اسید سالیسیلیک (Sa) یک فیتوهورمون محسوب می‌گردد که نقش مهمی در سیگنال‌دهی برای دفاع در برابر تاثیرات منفی عوامل بیماری‌زا، انگلی و آسیب‌زای مکانیکی داشته و از دیرباز برای تنظیم دفاع گیاهی در برابر عوامل مذکور، با استفاده از مکانیسم‌های محرک دفاعی شناخته شده و به عنوان مقاومت اکتسابی سیستمیک معروف گردیده است (الازم وهمکاران ۲۰۱۹ مارکوس وهمکاران ۲۰۲۰). این هورمون ماده‌ی حل شونده اصلی، درگیر در جذب آب اسمزی سلول است و در حفظ فشار سلول و تنظیم سلول‌های محافظ روزنه نقش دارد. تأثیر اصلی اسید سالیسیلیک، افزایش تبادل CO_2 داخلی در طول فتوسنتز نیز است، همچنین ثابت شده که اسید سالیسیلیک حساسیت گیاه را به کمبود آب کاهش داده و نقش کلیدی در برابر تنش‌های غیرزنده ایفا می‌کند؛ گیاهانی که به لحاظ ژنتیکی غلظت کافی اسید سالیسیلیک را در درون خود تولید می‌کنند دارای سیستم آب‌رسانی بهتری نسبت به گیاهانی که با کمبود اسید سالیسیلیک مواجه هستند، دارند (حافظ وهمکاران ۲۰۱۹ سونگ و همکاران ۲۰۲۰). انتقال یون‌ها و طول برگ‌های سبز را با کاهش تجمع اسید آبسیزیک، کاهش تعرق و کاهش تنفس در برگ‌ها را فعال می‌کند، تاثیر بالای این فیتوهورمون در بهبود فرآیند بخیه و به حداقل آسیب رساندن به غشاها و اسیدهای نوکلئیک، اثر بخشی بالای را جوانه‌زنی و رشد گیاه دارد همچنین تحریک جوانه‌زنی، تشکیل ریشه، تنفس سلولی و کارایی آنزیم را تحریک می‌کند (درظفر و همکاران ۲۰۲۳). اهمیت سالیسیلیک اسید در دفاع گیاه در برابر محرک‌های زنده و غیر زنده به خوبی مشخص شده است (لفوره و همکاران ۲۰۲۰)، لذا هدف از اجرای پژوهش حاضر، ارزیابی اثرمحلول-پاشی سولفات روی، فیتوهورمون اسید سالیسیلیک و اسید آمینه روی گیاه مادری ماریتیغال رشد کرده بر صفات مورفولوژیکی و عملکردی(ارتفاع بوته، تعداد کل کاپیتول، تعداد کاپیتول رسیده در بوته، وزن هزاردانه و شاخص برداشت)، صفات بیوشیمیایی (محتوای نسبی آب برگ و تعداد روزنه) و شاخص‌های جوانه‌زنی بذر(شاخص بنیه طولی گیاه‌چه، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، آنزیم کاتالاز و آنزیم سوپراکسید دیسموتاز) در شرایط رژیم‌های مختلف آبی انجام گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی جوانه‌زنی و رشد گیاهچه و آنزیم‌های آنتی‌اکسدانت بذر ماریتیغال بذور توده‌های بومی شرق اروپا مورد استفاده در داروسازی در کشور آلمان و برخی صفات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی تحت

رژیم‌های مختلف آبیاری و محلول‌پاشی، آزمایشی در دو بخش مزرعه‌ای و آزمایشگاهی در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه‌ایی تحقیقاتی واقع در استان آذربایجان غربی شهرستان نقده و آزمایشگاه تحقیقاتی در آزمایشگاه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه انجام گرفت. آزمایش مزرعه‌ای به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با سه تکرار انجام گرفت. عامل اول مورد مطالعه تیمارهای آبیاری در سه سطح (بدون آبیاری، آبیاری تکمیلی(قبل از گلدهی) و آبیاری کامل(برحسب شرایط اقلیمی منطقه)) به عنوان کرت اصلی و عامل دوم مورد مطالعه تیمارهای محلول‌پاشی در چهار سطح (سالیسیلیک اسید (۱ میلی مولار)، روی (۱ دو در هزار برحسب هکتار)، اسید آمینه (۲ در هزار بر حسب هکتار) و شاهد(محلول‌پاشی با آب)) در نظر گرفته شدند. مشخصات خاک محل آزمایش در جدول (۱) و میانگین شرایط آب و هوایی دوره رشد در جدول (۲) نشان داده شده است.

برای انجام آزمایش، پس از انتخاب زمین مناسب جهت مبارزه با علف‌های هرز و آماده کردن زمین، همچنین کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک کود سوپر فسفات تریپل (تماماً قبل از کاشت ۱۰۰ کیلو گرم سولفات پتاسیم در یک هکتار) به خاک اضافه و توسط رتیواتور با خاک مخلوط و شخم در پاییز انجام گرفت. عملیات کاشت، در تاریخ ۲۰ اسفند ۱۳۹۷، به صورت جوی و پشته هر واحد آزمایشی به ابعاد ۲ متر عرض در ۳ متر طول در آن ۵ ردیف و فاصله بین ردیف‌ها ۶۰ سانتیمتر و فاصله روی ردیف‌ها ۳۰ سانتی‌متر تهیه و در مجموع ۳۶ کرت جهت کشت آماده شد. در اجرای طرح فاصله بین تیمارهای اصلی ۴ متر و فاصله بین تیمارهای فرعی ۲ متر جهت جلوگیری از نفوذ آب بین سطوح مختلف آبیاری در نظر گرفته شد بذور در عمق ۲-۱ سانتی‌متر خاک قرارگرفت برای اطمینان از حصول تراکم مورد نظر، در موقع کاشت در هر کپه ۳ عدد بذر قرار گرفت که در مرحله ۷ تا ۱ برگی تنک شدند. کلیه مراقبت‌های زراعی در مورد تمامی تیمارها به صورت یکنواخت انجام گردید. مهمترین عملیات داشت شامل کنترل با علف‌های هرز بود، که بصورت وجین دستی انجام گرفت. آبیاری مطابق با سطوح تیمار معرفی شده انجام گرفت؛ به طوری‌که برای هر کرت با نصب کنتور حجمی آبیاری انجام گرفت. در انجام آبیاری هیچ گونه آبی از کرت‌ها خارج نشد و همه‌ی آب به کار رفته در همان کرت مورد استفاده قرار گرفت. برای محلول‌پاشی، ابتدا صبح روز محلول‌پاشی، مزرعه آبیاری گردید و سپس در عصر و تقریبا غروب آفتاب محلول‌پاشی انجام شد، با این کار رطوبت نسبی هوا افزایش یافته و محلول روی پیکر رویشی فرصت کافی برای جذب شدن داشت. در تیمار شاهد محلول‌پاشی با آب مقطر صورت گرفت. اعمال تیمارهای محلول‌پاشی در مراحل فنولوژیکی بعد از مرحله رزت (۶ تا ۸ برگی) گیاه و قبل از گلدهی با استفاده از سمپاش پشتی انجام گرفت. در پایان فصل رشد، تعداد ۱۰ بوته از بخش میانی هر کرت انتخاب و متغیرهای ارتفاع بوته، تعداد کاپیتول در بوته، تعداد دانه در کاپیتول و وزن هزار دانه اندازه‌گیری گردید. زمان انجام برای اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی از نمونه‌های برگی که ۲۲روز پس از قطع آبیاری از زمان ساقه‌روی جدا شده بودند استفاده گردید.

عملیات آزمایشگاهی: برای ارزیابی جهت انجام آزمایش ابتدا پتری دیش‌ها تمیز شده و به مدت دو ساعت در دمای۱۱۰درجه سانتیگراد در دستگاه آون استریل شدند. پس ازشروع آزمایش، بذرها در محلول هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد به مدت ۳۰ ثانیه خیسانیده و سپس با آب مقطر شستشو شدند، کف هر پتری به تعداد دو لایه کاغذ صافی واتمن شماره یک قرار داده شد در هر پتری ۲۵ بذر قرار گرفت. و برای جوانه‌زنی به ژرمیناتور با دمای ۲±۲۵درجه سلسیوس (رطوبت نسبی ۴۲ درصد و تاریک) منتقل شدند. شمارش بذرهای جوانه‌زده هر روز پس از شروع آزمایش انجام شد. در روز دهم بعد از انجام آزمایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه اندازه‌گیری و ثبت شدند. همچنین برای اندازه گیری وزن خشک ریشه-چه و ساقه‌چه ، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سلسیوس در آون قرار گرفت و توزین شدند در این آزمایش مبنای شمارش بذور جوانه‌زده خروج زایدهای به طول تقریبی۲میلیمتر از آنها بود (ماگور ۱۹۶۲).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق Sampling depth	Ec dS/m	PH	O.C (%)	O.M (%)	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	بافت خاک Soil texture	فسفر P Mg/kg	پتاسیمK Mg/kg	CACO3 (%)
۳۰-۰	۲/۲۵	۸/۰۲	۱/۶۲	۲/۷۹	۳۶	۴۰	۲۴	لومی-رسی	۱۸	۹۸/۳۳	۸/۰

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی مربوط به ماه‌های انجام آزمایش در سال زراعی۱۳۹۷-۹۸

ماه میلادی	ماه شمسی	تعداد روز	درجه‌حرارت حداقل (سانتی‌گراد)	درجه‌حرارت حداکثر (سانتی‌گراد)	مجموع بارش ماهانه(mm)	رطوبت نسبی
March	اسفند	۳۰	-۷/۲	۱۸	۶۷/۵	۶۴
April	فروردین	۳۱	-۱/۶	۲۲/۸	۱۶۶/۷	۶۶
May	اردیبهشت	۳۱	-۰/۵	۲۹/۸	۳۰/۲	۵۹
June	خرداد	۳۱	۸/۵	۳۴/۲	۲/۷	۴۹
July	تیر	۳۱	۱۰/۳	۳۸/۷	۰/۱	۴۵
August	مرداد	۳۱	۱۱/۲	۳۹/۴	۰/۲	۴۶

در این تحقیق جهت بررسی تأثیر تیمارهای آبی و محلول‌پاشی ذکر شده بر رشد و نمو گیاه ماریتیغال متغیرهایی نظیر ارتفاع بوته، تعداد کاپیتول کل و کاپیتول رسیده در هر بوته، وزن هزاردانه بر روی پنج بوته که بطور تصادفی انتخاب شدند، مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. همچنین شاخص برداشت در مساحتی معادل شش متر مربع تعیین گردید.

انـدازه‌گیـری محتـوای نسـبی آب بـرگ: برای محتوای آب نسبی برگ‌ها تعداد ۱۰ بوته از هر کرت جمع‌آوری و بلافاصله در کیسه پلاستیکی قرار گرفت و در داخل یخ قرار گرفته و به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس وزن تر برگ‌ها وزن شد و برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر در دمای ۴ سانتی گراد قرار گرفت و پس از وزن اشباع برگ‌ها به مدت ۴۸ ساعت درآونی با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده و دوباره وزن شدند (ریتچیه وهمکاران ۱۹۹۰).

$$RWC(\%) = (F_W - D_W)/(T_W - D_W) \times 100$$

F_W: *وزن تر برگ بلافاصله بعد از نمونه‌برداری*، D_W: *وزن خشک برگ بعد از قرار گرفتن در آون*، T_W: وزن اشباع برگ بعد از قرار گرفتن در آب مقطر

تراکم روزنه: برای اندازه‌گیری تراکم روزنه برگ از گیاه جدا شده و در محفظه حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل و با استفاده از برق ناخن یک لایه از اپیدرم رویی و یک لایه از اپیدرم زیرین جدا شده و روی لام ثابت شد سپس با میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۴۰۰ استفاده شد (وانگ و کلارک، ۱۹۹۳).

شاخص برداشت: با در دست داشتن عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی شاخص برداشت دانه از طریق فرمول زیر برحسب درصد محاسبه گردید:

$$\text{شاخص برداشت دانه}(\%) = \frac{\text{عملکرد دانه(گرم در متر مربع)}}{\text{عملکرد بیولوژیکی(گرم در متر مربع)}} \times 100$$

اندازه گیری از عصاره آنزیمی بذر: الف- ۰/۱ گرم نمونه بذری هر تیمار وزن شد و با ۱/۵ میلی‌لیتر بافر استخراج شامل فسفات پتاسیم ۲/۷۲ گرم با ۷/۸= pH، ۰/۰۲۹ گرم EDTA و پلی وینیل پیرولیدون ۵/۶۴ گرم که درون یک ارلن حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شدند بر روی یخ درون یک هاون چینی همگن گردید. سپس عصاره‌های حاصل از هر تیمار به درون میکروتیوپ‌های ۱/۵ میلی‌لیتری انتقال داده شدند و همگن‌های حاصل در ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانترفیوژ شدند. از فاز میانی برای سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز استفاده گردید. **ب**- تهیه مخلوط واکنش: مقدار ۳/۴ گرم KH_2PO_4 و همچنین ۴/۴۵ گرم $Na_2HPO_4.2H_2O$ به طور جداگونه در آب مقطر حل شده و حجم هر کدام به ۵۰۰ میلی لیتر رسانده شد. سپس مخلوطی از دو ترکیب فوق به نسبت ۱ به ۱/۵ تهیه گردید. **ج**- تهیه آب اکسیژنه ۳۰ میلی‌مولار: ۰/۳۴ میلی‌لیتر آب اکسیژنه ۳۰ درصد با بافر فسفات به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد.

آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز: جیانوپولیتیس و ریس (۱۹۷۷) اندازه‌گیری آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز، با استفاده از بافر استخراج فسفات ۵۰ میلی‌مولار با pH=۷/۸ و بافر پایه فسفات سدیم ۵۰ میلی‌مولار با pH=۶/۸ انجام گرفت. همچنین از محلول‌های زیر جهت اندازه‌گیری مقادیر آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در نمونه‌های بذری استفاده شد. نیتروبلوتترازولیوم[1] ۵۰ میکرومولار: برای تهیه این محلول ۴ میلی‌گرم نیتروبلوتترازولیوم در ۱۰۰ سی‌سی آب مقطر حل گردید. متونین[2] ۱۳ میلی‌مولار: برای تهیه این محلول ۱/۹۴ گرم متونین در ۱۰۰ سی سی آب مقطر حل گردید. ریبوفلاوین[3] ۱/۳ میکرومولار: برای تهیه این محلول ۰/۴۸ میلی‌گرم ریبوفلاوین در ۱۰۰ سی سی آب مقطر حل گردید. EDTA[4] ۷۵ میلی مولار: برای تهیه این محلول ۲/۷۹ گرم EDTA در ۱۰۰۰ سی سی آب مقطر حل گردید.

استخراج آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز:

برای استخراج آنزیم، پنج گرم گیاهچه با ۵ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH=۷/۸) در هاون چینی درون ظرف یخ کوبیده و هموژنیزه گردید. پس از آن محلول هموژن از دو لایه پارچه تنظیف عبور داده شد و عصاره حاصل پس از انتقال به میکروتیوب، به مدت ۲۰ دقیقه و با سرعت ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. پس از سانتریفیوژ، فاز بالایی شناور برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم استفاده شد. تعیین فعالیت آنزیم سوپراکسید دسموتاز به روش جیانوپلیتیس و ریز (۱۹۷۷) انجام گردید. اساس اندازه‌گیری این آنزیم مهار واکنش رادیکال سوپراکسید با نیتروبلوتترازولیوم و ممانعت از تشکیل سوپراکسید- نیتروبلوتترازولیوم توسط این آنزیم است.

استخراج و اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز: برای استخراج آنزیم از روش ابی (۱۹۸۴) استفاده شد. در این روش، به ۳ میلی‌لیتر مخلوط واکنش حاوی ۲/۸ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار با pH=۷، ۱۰۰میکرولیتر عصاره آنزیمی و ۱۰۰ میکرولیتر آب اکسیژنه ترکیب و برای اندازه‌گیری استفاده می‌شود. با اضافه کردن آب اکسیژنه به مخلوط واکنش فعالیت آنزیمی شروع شده و فعالیت آنزیم‌ها در طول موج ۲۴۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر و بر حسب میلی مول بر دقیقه بر گرم قرائت شد.

شاخص بنیه گیاهچه (SVI[5])

$$SVI = \frac{(RL + SL)}{N}$$

RL و SLبه ترتیب طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه و N تعداد کل بذر جوانه‌زده می باشد (فاضلی کاخکلی و همکاران ۲۰۱۵).

[1] Nitro blue tetrazolium
[2] Methionine
[3] Riboflavin
[4] Ethylenediaminetetraacetic acid
[5] Seedling Vigor Index

به منظور انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری از نرم افزارهای SAS 9.4 استفاده شد همچنین مقایسات میانگین نیز بر اساس روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با نرم افزار مذکور انجام و نمودارهای آن در برنامه Excel ترسیم خواهند شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه داده‌ها جدول (۳) نشان داد که آبیاری تاثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته دارد. با این حال داده‌های این تحقیق نشان داد که محلول‌پاشی و اثر متقابل آبیاری و محلول‌پاشی تاثیر معنی‌داری بر روی این صفت نداشتند. بر اساس نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین داده‌ها مشخص شد که تیمار آبیاری کامل با ارتفاع بوته ۱۵۸ سانتی‌متر بیشترین تاثیر مثبت بر این صفت داشت. درتیمارهای آبیاری تکمیلی و دیم مقدار بدست آمده از این صفت به ترتیب ۸۹ سانتی‌متر و ۸۱ سانتی‌متر بود که با یکدیگر ازنظر آماری اختلاف معنی-دار داشتند (شکل۱). تغییرات مورفولوژیکی گیاهان دارویی در مواجهه با تنش خشکی موضوع مطالعات متعدد محققان مختلف از سراسر جهان بوده است؛ طوری که در همه این یافته‌ها کاهش ارتفاع بوته در نتیجه تنش خشکی گزارش شده است. برخی محققان کاهش ارتفاع بوته در شرایط تنش کمبود رطوبت را به کاهش تورم نسبی و از دست دادن آب پروتوپالسم و در نهایت، کاهش تقسیم و توسعهٔ سلول نسبت دادند (بابایی وافکاری ۱۴۰۲). جمشیدی و همکاران(۲۰۲۰) در گیاه دارویی چیا و رجب نسب آقامحلی و کاراپتیان (۲۰۱۳) در ریحان و رضائی چیانه و همکاران(۲۰۱۸) در طی مطالعه‌ای که روی باقلا گزارش دادند که ارتفاع بوته تحت تنش خشکی تغییر می‌یابد.

تعداد کل کاپیتول، کاپیتول‌های رسیده در بوته

داده‌های این آزمایش نشان داد از میان عامل-های مورد بررسی تنها آبیاری بر تعداد کاپیتول رسیده و تعداد کل کاپیتول تاثیر معنی‌داری داشت. علاوه بر این اثر متقابل این دو عامل بر صفات مذکور معنی‌دار نبود (جدول۳). در میان سطوح آبیاری مورد مطالعه، آبیاری کامل منجر به افزایش معنی‌دار تعداد کل کاپیتول در بوته شد (شکل۲). با این حال تاثیر رژیم‌های آبیاری تکمیلی و زراعت دیم بر این صفت ازنظر آماری مشابه بود. تعداد کاپیتول کل در بوته در این تیمارها به ترتیب ۱۱/۲۹ و ۱۱/۳۳ بود (شکل۲)، نتایج تجزیه آماری داده‌ها حکایت از تاثیر معنی‌دار فاکتور آبیاری برتعداد کاپیتول در بوته داشت با این حال محلول‌پاشی و اثرات متقابل محلول-پاشی و آبیاری بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول۳). بیشترین تعداد کاپیتول رسیده مربوط به تیمار آبیاری کامل ۹/۰۶ بود. تیمار بدون آبیاری نیز دارای کمترین تعداد کاپیتول رسیده ۶/۰۸ بود (شکل۳). پناهیان کیوی(۲۰۱۹) در گشنیز و سالارپورغربا و فرحبخش (۲۰۱۶) در رازیانه گزارش کردند که تنش خشکی موجب افت تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر، عملکرد بیولوژیکی و دانه گردید.

تعداد روزنه

نتایج تجزیه داده‌ها نشان داد که تاثیر آبیاری و محلول‌پاشی و اثر متقابل این فاکتورها بر تعداد روزنه روپوست بالا تاثیر معنی‌دار بود (جدول۳). بیشترین تعداد روزنه روپوست بالا مشاهده شده با مقدار۱۷۳/۱۱عدد در هر میلی‌متر مربع در تیمار بدون آبیاری و شاهد ثبت شد. همچنین کمترین تعداد مربوط به این صفت با مقدار ۸۹ روزنه عدد در هر میلی متر مربع از تیمار آبیاری کامل و محلول‌پاشی روی حاصل شد (شکل۶). بر اساس نتایج بدست آمده از این تحقیق آبیاری و محلول‌پاشی و اثر آنها بر تعداد روزنه پایین برگ ماریتیغال در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول۳). بیشترین تعداد روزنه روپوست پایین ۲۰۰/۳۳ عدد در میلی‌متر مربع از تیمار بدون آبیاری و شاهد به دست آمد. کمترین تعداد هم ۱۵۰عدد در یک میلی‌متر مربع از تیمار آبیاری کامل و محلوپاشی روی به دست آمد (شکل۷). تنش خشکی بر تراکم روزنه‌ها در هر دو سطح برگ‌ها تأثیر می‌گذارد به همین دلیل با افزایش تنش خشکی به علت کمبود آب، سلول‌ها رشد کمتری خواهند داشت و روزنه‌ها در کنار هم و در نزدیکی یکدیگر در

پنجره دید میکروسکوپ مشاهده می‌شوند، در صورتی که در تیمار آبیاری کامل به علت فراهم بودن آب کافی سلول‌ها به راحتی رشد کرده و اندازه آنها افزایش می‌یابد و باعث رانده شدن روزنه‌ها به اطراف می‌شود و تعداد روزنه‌های مشاهده شده در پنجره دید میکروسکوپ کاهش می‌یابد. البته در تعداد کل روزنه‌های سطح برگ تغییری بوجود نمی‌آید و این تغییرات تنها در واحد سطح مورد مطالعه تغییر می‌کند در واقع، عرض روزنه در دوره‌های مختلف تنش خشکی کاهش می‌یابد (قمری‌زارع و همکاران۲۰۰۵شکاری وهمکاران ۲۰۱۵).

وزن هزاردانه

نتایج تغییرات وزن هزار دانه تحت تاثیر تیمارهای اعمال شده در جدول ۳ نمایش داده شده است. وزن هزار دانه از نظر آماری تحت تاثیر تیمار محلول-پاشی درسطح احتمال پنج درصد قرار گرفت. با این حال تیمارهای آبیاری و اثر متقابل آبیاری و محلول‌پاشی در این صفت معنی‌دار نبود. بیشترین وزن هزاردانه ۲۶/۳۴ گرم ازمحلول‌پاشی سالیسیلیک اسید مشاهده گردید. همچنین بین محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و روی مورد استفاده در این پژوهش اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۶). دلیل کاهش وزن هزار دانه با افزایش شدت تنش کم‌آبی این است که با کاهش میزان آبیاری، پیری زود رس برگ‌ها رخ داده، تولید مواد فتوسنتزی کاهش یافته و در نتیجه مقدار موادپرورده که در اختیار هریک از دانه‌ها قرار می‌گیرد کمتر شده و به‌دنبال آن دانه‌های تشکیل شده کوچک‌تر و لاغرتر می‌گردند؛ همچنین کاهش آب آبیاری می‌تواند از طریق کاهش طول دوره پر شدن دانه موجب کاهش وزن هزار دانه شود (پشنگ و همکاران۲۰۲۳). محلول‌پاشی روی، بر، آهن در سیاهدانه (شعبان‌زاده و گلوی۲۰۱۱) و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در رازیانه (محتشمی و همکاران۲۰۱۵) باعث افزایش وزن هزاردانه شد.

شاخص برداشت

داده‌های جدول شماره ۳ حاکی از تاثیر معنی‌دار رژیم‌های مختلف آبیاری در سطح احتمال یک درصد بر شاخص برداشت ماریتیغال بود؛ بر خلاف این اثر محلول‌پاشی و اثر متقابل آبیاری و محلول‌پاشی در رابطه با این صفت غیرمعنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین برای اثر رژیم‌های مختلف آبیاری در شکل (۷) ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌گردد بیشترین شاخص برداشت در تیمار آبیاری تکمیلی ۲۰/۹۲ مشاهده شد. با این حال تیمار آبیاری تکمیلی با تیمار بدون آبیاری در این صفت از نظر آماری مشابه بود. کمترین شاخص برداشت نیز از تیمار آبیاری کامل ۱۰/۰۷ بدست آمد. شاخص برداشت تحت تأثیر دو عامل عملکرد بیولوژیک و دانه است (لاله وهمکاران۲۰۱۷) معماری و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کرده‌اند که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه و بیولوژیک و به دنبال آن باعث کاهش شاخص برداشت در باقلا گردید.

محتوای نسبی آب برگ

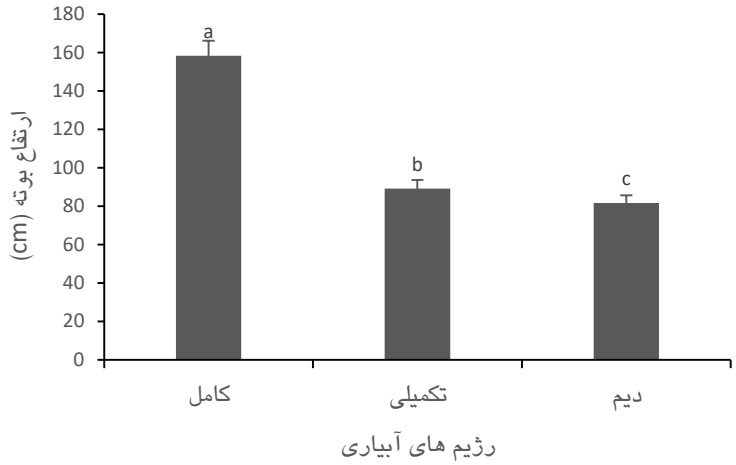
محتوای نسبی آب تحت تاثیر تیمارهای مختلف آبیاری و محلول‌پاشی به ترتیب در سطح پنج و یک درصد قرار گرفت با این حال این صفت تحت اثرات متقابل محلول‌پاشی و آبیاری قرار نگرفت (جدول ۳). بر اساس نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین داده‌ها مشخص شد که در میان سطوح آبیاری مورد مطالعه، آبیاری کامل منجر به افزایش معنی‌دار محتوای نسبی آب برگ در ماریتیغال و دارای بیشترین مقدار محتوای نسبی آب برگ ۸۲/۳۲ گردید. و کمترین محتوای نسبی آب برگ ۶۷/۳۷ ازتیمار بدون آبیاری حاصل شد. با بررسی مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی در این صفت مشخص گردید که با محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید محتوای نسبی آب برگ ماریتیغال افزایش یافت. با این حال تاثیر تیمار محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید با محلول‌پاشی اسید آمینه مشابه بود و اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل۸). در تحقیقی که روی گیاه چای ترش(میرشکاری و همکاران۲۰۱۷) انجام گردید، نتایج نشان داد که محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید، موجب افزایش محتوای

رطوبت نسبی برگ، در شرایط تنش خشکی گردید. در پژوهشی که روی ماریتیغال انجام گرفت، محتوای نسبی آب برگ با افزایش تنش خشکی به شدت تحت تأثیر قرار گرفت به طوری که تنش خشکی باعث کاهش ۲۶/۲۴ درصدی در مقایسه با شاهد شد. از طرفی تلقیح با سه گونه قارچ مایکوریزا باعث افزایش محتوی نسبی آب در این گیاه نسبت به تیمار بدون قارچ گردید (مزارعی و همکاران۲۰۱۷).

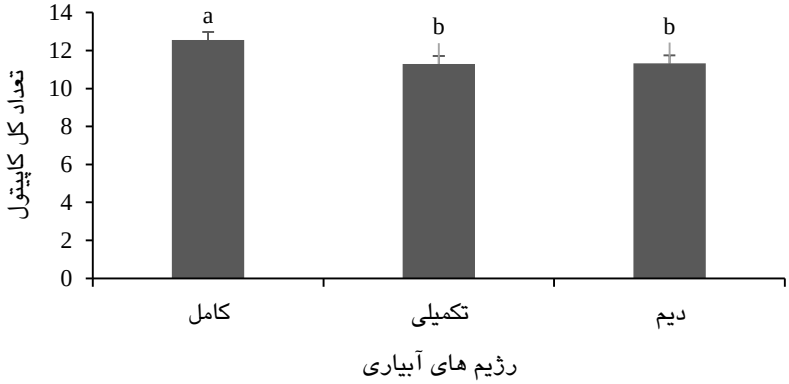
جدول ۳- جدول تجزیه واریانس برخی صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکردی مارتیغال

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		ارتفاع بوته	تعداد کاپیتول رسیده	تعدادروزنه‌بالا	تعدادروزنه پایین	تعداد کل کاپیتول	وزن هزار دانه	شاخص برداشت	محتوای‌آب نسبی
بلوک	۲	۳۵/۲۸^{ns}	۱/۰۷۹**	۴۰۶/۶^{ns}	۵۴۸/۶^{ns}	۰/۸۰۱^{ns}	۰/۱۶۹^{ns}	۳/۰۵^{ns}	۱۳/۰۳^{ns}
آبیاری	۲	۲۱۴/۱**	۳۰/۸۷**	۸۵۴۴/۷**	۱۰۶۰۹/۶**	۶/۲۱**	۲/۵۷۴^{ns}	۴۴۹/۹**	۶۷۴/۰۵**
خطای a	۴	۳۷/۴۱	۰/۰۴۶	۲۰۰/۵	۱۱۲/۲	۰/۳۳۹	۱/۶۷۸	۳/۸۱	۱۱/۵۶
محلول‌پاشی	۳	۴۷/۷۲^{ns}	۰/۲۹۹^{ns}	۷۷۲/۱**	۱۲۳۸/۲**	۰/۵۲۵^{ns}	۳/۳۷۷**	۲/۹۶^{ns}	۳۹/۷*
آبیاری × محلولپاشی	۶	۲۲/۳۸^{ns}	۰/۰۷۹^{ns}	۳۶۱/۵*	۴۴۲/۱**	۰/۰۶۷^{ns}	۰/۲۳۸^{ns}	۱/۱۹۶^{ns}	۳/۷۸^{ns}
خطای b	۱۸	۴۸/۰۲	۰/۶۴	۱۲۱/۲	۸۹/۱۳	۰/۸۴۶	۰/۵۹۸	۴/۷۹	۱۲/۳۶
ضریب تغییرات (٪)		۶/۳۲	۱۱/۰۶	۹/۲۳	۵/۹۳	۷/۸۴	۳/۰۲	۱۲/۷۶	۴/۷۲

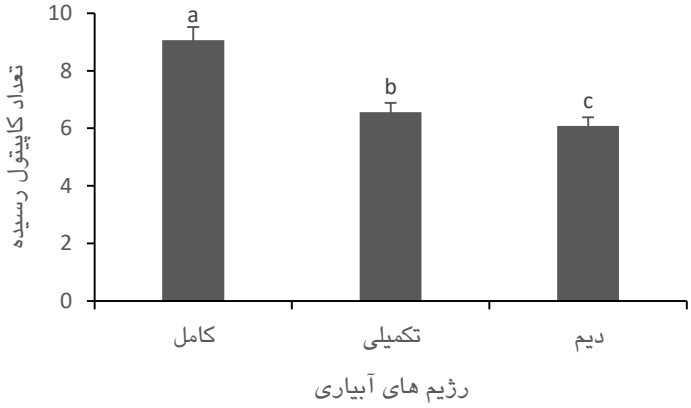
ns, * و** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار ومعنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱درصد می‌باشد.



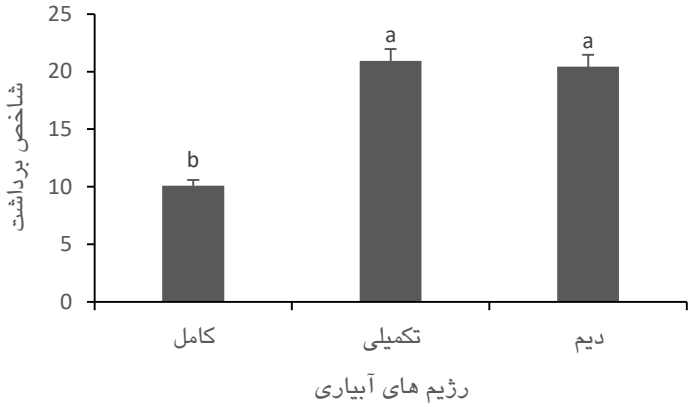
شکل۱- مقایسه میانگین‌های ارتفاع بوته ماریتیغال تحت تأثیر آبیاری



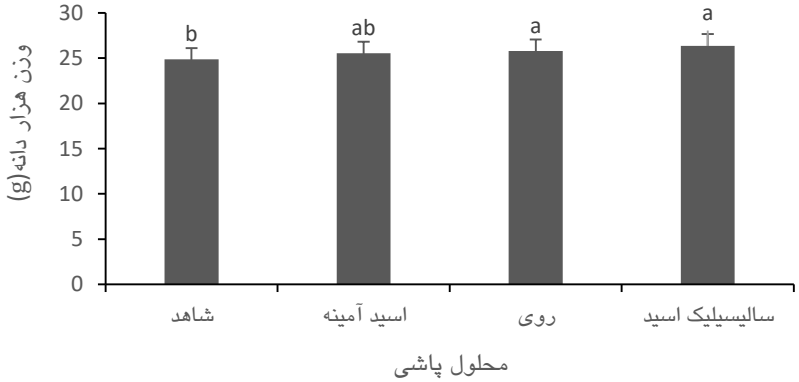
شکل۲-مقایسه میانگین‌های تعداد کل کاپیتول در بوته ماریتیغال تحت تأثیر آبیاری



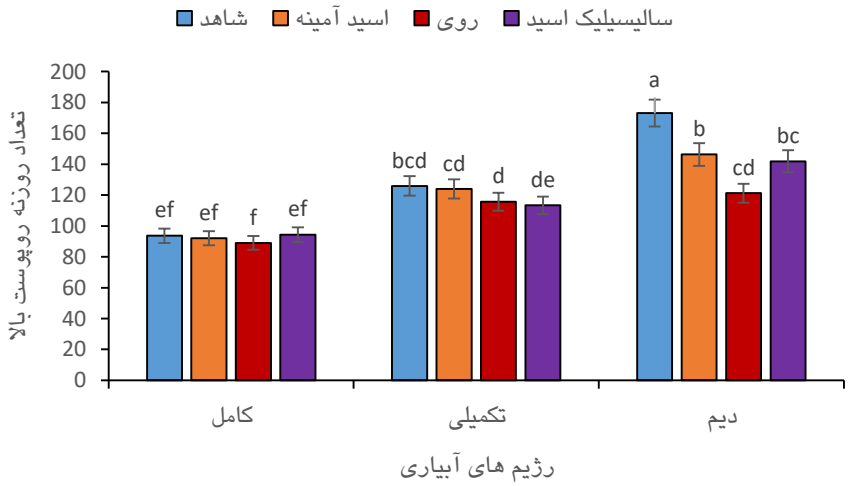
شکل۳-مقایسه میانگین‌های تعداد کاپیتول رسیده در بوته ماریتیغال تحت تأثیر آبیاری



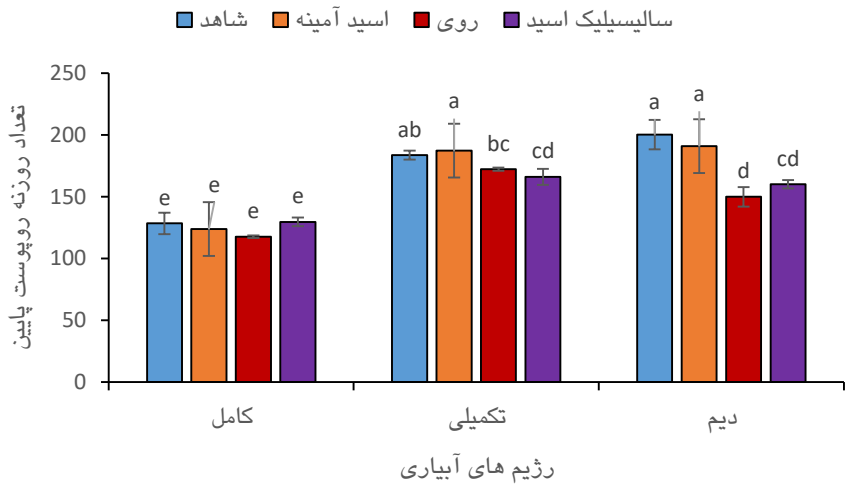
شکل۴-مقایسه میانگین‌های شاخص برداشت دانه ماریتیغال تحت تأثیر آبیاری



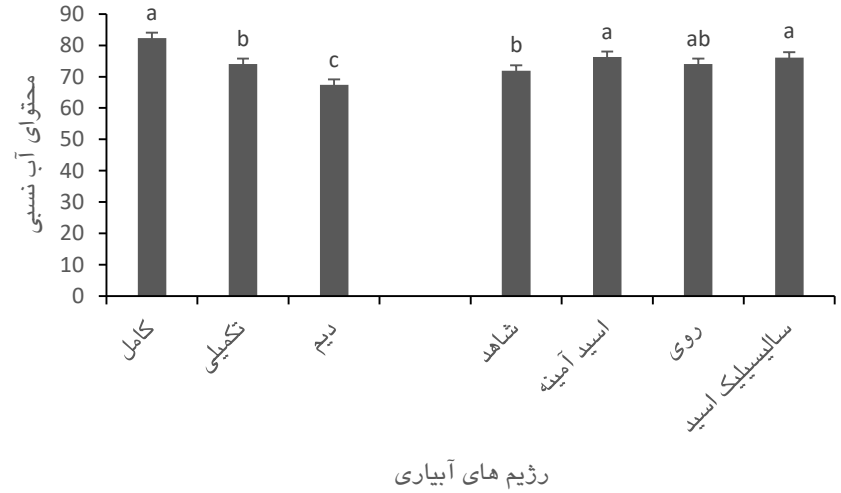
شکل۵-مقایسه میانگین‌های وزن هزار دانه ماریتیغال تحت تأثیر محلول‌پاشی



شکل۶- مقایسه میانگین‌های تعداد روزنه روپوست بالای ماریتیغال تحت تأثیر آبیاری و محلول‌پاشی



شکل۷- مقایسه میانگین‌های تعداد روزنه روپوست پایین ماریتیغال تحت تأثیر آبیاری و محلول‌پاشی



شکل۸-مقایسه میانگین‌های محتوای نسبی آب برگ ماریتیغال تحت تأثیر آبیاری و محلول‌پاشی

شاخص بنیه طولی گیاهچه SVI

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر متقابل فاکتور آبیاری و محلول‌پاشی بر شاخص بنیه طولی گیاهچه بذر گیاه ماریتیغال در جدول شماره ۴ ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، تغییرات بنیه طولی گیاهچه تحت اثر متقابل محلول‌پاشی و رژیم‌های مختلف آبیاری در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است. با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها بیشترین طول بنیه ۲۳۳۵/۷ مربوط به تیمار بدون آبیاری شاهد و کمترین ۵۸۱۸/۲ مربوط به تیمار آبیاری تکمیلی و شاهد بدست آمد (شکل۹). با افزایش شدت تنش خشکی و تنش شوری در تاج خروس شاخص بنیه گیاهچه کاسته شد (احمدوند و همکاران۲۰۱۸). احمدوند و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که در شرایط تنش کم‌آبی، میزان انتقال مواد فتوسنتزی به بذر کاهش می‌یابد، در نتیجه از بنیه بذر درکاسته می‌شود. تنش خشکی در گیاه ازمک و قدومه، باعث کاهش شاخص بنیه گیاهچه گردید.

طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه(Root &Shoot length)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری و محلول‌پاشی روی طول ریشه‌چه معنی‌دار بود $P\leq 0.01$ (جدول۴). بررسی مقایسه میانگین اثرات متقابل فاکتور آبیاری و محلول‌پاشی نشان داد که بیشترین طول ریشه‌چه ۱۶/۲۴سانتی‌متر متعلق به

تیمار شاهد بدون آبیاری بود، همچنین کمترین طول ریشه‌چه ۱۲/۷سانتی‌متر از تیمار شاهد آبیاری تکمیلی بدست آمد (شکل۱۰).

داده‌های این آزمایش نشان داد که اثرات متقابل تیمارهای مختلف آبیاری و محلول‌پاشی بر روی طول ساقه‌چه معنی‌دار بود $P\leq0.01$ (جدول۴). مقایسه میانگین اثرات متقابل داده‌ها نشان داد که بیشترین طول ساقه‌چه مربوط به تیمار آبیاری تکمیلی با محلول‌پاشی اسیدآمینه به معادل ۷/۷۵ سانتی‌متر مشاهده شد. همچنین تیمار آبیاری تکمیلی و محلول‌پاشی اسیدآمینه با تیمار آبیاری کامل شاهد ۷/۶۷ سانتی‌متر اختلاف آماری معنی‌داری نداشت. کمترین طول ساقه‌چه به تیمار آبیاری کامل روی برابر با ۵/۸۳ سانتی‌متر تعلق داشت. با توجه به نتایج، تنش خشکی تاثیری بر طول ساقه‌چه نداشته بود (شکل۱۱). نتایج تحقیق روی ماریتیغال، نشان داد که با افزایش تنش خشکی طول ریشه‌چه و ساقه‌چه بذور جوانه‌زده کاهش یافته زیرا در تنش خشکی کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از بافت‌های ذخیره‌ای بذر به جنین همراه می‌باشد (یزدانی بیوکی و همکاران۲۰۱۰). در مطالعه روی مرزه مشاهده شد که با افزایش تنش، طول ریشه‌چه و در کل طول گیاهچه کاهش یافت (شمسایی و همکاران۲۰۱۷). تحقیقات فرحدوست و جعفری(۲۰۲۰)، نشان می‌دهد که در بذور ۴ گونه اسپرس بومی ایران، طول ریشه‌چه و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه، نسبت به طول ساقه‌چه و دیگر صفات مورد مطالعه از حساسیت کمتری نسبت به تنش کم‌آبی برخوردار بود دلیل این امر احتمالا به دلیل اختصاص بیشتر اندوخته بذر به ریشه‌چه باشد. تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار صفات مورد مطالعه در بذور گردید. شرفی زاده (۲۰۱۷) گزارش کرد که با افزایش تنش خشکی اثر منفی بر شاخص‌های جوانه زنی بذرهای جو داشته است.

آنزیم کاتالاز (CAT[1])

نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که آنزیم کاتالاز تحت تاثیر تیمارهای مختلف آبیاری، محلول‌پاشی و اثر متقابل این عوامل قرار گرفت و در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول۴). بر اساس نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین آنزیم کاتالاز ۱۸/۵۶ میلی‌گرم بر پروتئین مربوط به تیمار بدون آبیاری و محلول‌پاشی روی بود. با این حال بین تیمارهای بدون آبیاری و محلول‌پاشی روی با تیمار بدون آبیاری و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید اختلاف آماری وجود نداشت، کمترین مقدار آنزیم ۱۱/۲۳ میلی‌گرم بر پروتئین نیز از تیمار آبیاری کامل شاهد حاصل شد (شکل۱۲). آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت نقش مهمی در کنترل پراکسیداسیون هیدروژن دارند. آنزیم کاتالاز با حذف بخش عمده‌ای از H_2O_2 سلول تغییراتی را در سطح غلظت پراکسید هیدروژن ایجاد می‌کند. موفقیت در جوانه‌زنی به مکانیسم آنتی‌اکسیدانت گیاهی که به هنگام جوانه‌زنی در گیاه فعال است بستگی زیادی دارد. (رشیدی و همکاران۲۰۱۹). حیدری و همکاران (۲۰۱۸) در نتایج بررسی خود روی لوبیا بیان کرده، فعالیت آنزیم کاتالاز تحت تأثیر تنش خشکی نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در مطالعه‌ای که روی بذر جو انجام گرفت، مشاهده شد که تحت شرایط تنش خشکی فعالیت آنزیم کاتالاز افزایش یافت (طباطبایی۲۰۱۴).

آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD[2])

با توجه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها، آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز تحت تاثیر تیمارهای مختلف آبیاری و محلول پاشی و اثر متقابل این فاکتورها قرار گرفت (جدول۴). بر اساس نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین داده‌ها مشخص شد که تیمار بدون آبیاری با محلول‌پاشی روی بیشترین ۲۰/۰۶ میلی‌گرم بر پروتئین مقدار آنزیم نسبت به تیمارهای دیگررا داشت. همچنین از تیمار آبیاری کامل شاهد کمترین ۱۱/۹۳ میلی‌گرم بر پروتئین آنزیم مشاهده شد (شکل۱۳). این آنزیم به طور بالقوه پتانسیلی دارد که با بسیاری از ترکیبات ROS(گونه‌های فعال اکسیژن) سلولی واکنش داده و سبب

[1] Catalase

[2] Superoxide dismutase

خسارت به غشاء و سایر ماکرو ملوکول‌های ضروری از قبیل رنگدان‌های فتوسنتزی، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و لیپیدها می‌شود بنابرین میزان آن باید در سلول کنترل شود. گیاهان با دارا بودن سیستم ضد اکسنده که شامل ترکیبات آنزیمی (سوپراکسید دیسموتاز،کاتالاز، پراکسیداز،گلوتاتیون پراکسیداز، اسکوربیت پراکسیدازو گلوتاتیون ردوکتاز) و غیر آنزیمی (اسید آسکوربیک، گلوتاتیون، کارتنوئیدها وتوکوفرول) است معمولاً سطوح ROS را در سلول در حد متعادل نگه می‌دارد (ساعدموچشی و همکاران ۱۴۰۲). افکاری (۲۰۲۰) با مطالعه بر روی بذر آفتابگردان بیان کرد که با افزایش تنش خشکی درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش و میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت افزایش یافت. در مطالعه دیگری که روی لوبیا انجام گرفت مشخص شد که فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز تحت شرایط خشکی به طور معنی‌داری در مقایسه با شرایط آبیاری مطلوب افزایش پیدا کرد (محمدی و همکاران ۲۰۲۰).

نتایج بخش جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش دررابطه با جوانه‌زنی و رشد گیاهچه محصول برداشت شده در جدول شماره ۴ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج تاثیر عامل آبیاری بر میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتازدرسطح احتمال ۰/۰۱ درصد معنی‌داربود، همچنین عامل محلول‌پاشی بر فعالیت آنزیم-های مذکور و طول ساقه‌چه تاثیری معنی‌دار داشت (جدول۴) علاوه بر این اثر متقابل این عامل برفعالیت آنزیم‌های کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه و شاخص بنیه گیاهچه معنی‌دار بود (جدول۴).

شاخص بنیه طولی گیاهچه: یکی از شاخص-های تعیین کننده کیفیت بذر، شاخص بنیه طولی بذر می-باشد که با درصد جوانه‌زنی نهایی و طول گیاهچه روی کیفیت بذرتاثیر دارد. شاخص بنیه طولی گیاهچه در آبیاری کامل تحت اثرات متقابل محلول‌پاشی وآبیاری قرار گرفت و موجب افزایش معنی‌دار این صفت گردید. بیشترین شاخص بنیه طولی گیاهچه از محلول‌پاشی اسید آمینه با مقدار ۲۲۳۶/۲ بدست آمد و محلول‌پاشی روی نیزدارای کمترین شاخص بنیه طولی با مقدار ۲۲۶۷/۵ حاصل شد. در این تیمار مقدار شاخص بنیه طولی گیاهچه از شاهد و سالیسیلیک اسید به ترتیب ۲۱۴۵ و ۲۰۸۰/۲ بود. در آبیاری تکمیلی بیشترین و کمترین شاخص بنیه طولی گیاهچه به ترتیب از محلول‌پاشی اسیدآمینه و شاهد با مقادیر ۱/۲۳۱۷، ۲/۱۸۲۸ بدست آمد (شکل۹). در شرایط دیم نیز شاهد با مقدار ۲۳۳۵/۷ بیشترین تاثیر را نسبت به محلول‌پاشی‌های اسیدآمینه، سالیسیلیک اسید و روی به ترتیب ۲۰۴۲/۷، ۹۶۲۰/۵ و ۲۰۵۸/۸ بر شاخص بنیه طولی گیاهچه داشت (شکل۹).

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه: در شرایط آبیاری کامل اثرات محلول‌پاشی موجب افزایش معنی‌دار طول ریشه‌چه در بذور تولید گیاه ماریتیغال گردید. از نظر طول ریشه‌چه بیشترین میزان از محلول‌پاشی اسیدآمینه با مقدار ۱۵/۸۷ سانتی‌متر و کمترین از محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید با مقدار ۱۳/۳۵ سانتی‌متر تاثیر را در این صفت داشتند. تیمارهای شاهد و روی نیز به ترتیب ۱۴/۲ سانتی‌متر، ۱۴/۹سانتی‌متر طول ریشه‌چه مقداربود. در شرایط آبیاری تکمیلی شاهد کمترین ۱۲/۷سانتی‌متر طول ریشه‌چه را نسبت به محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها واختلاف آماری با یکدیگر داشتند. مقدار طول ریشه‌چه در تیمارهای محلول‌پاشی روی ۱۴/۳۵سانتی‌متر، سالیسیلیک اسید ۱۴/۷۳ سانتی‌متر بود. محلول‌پاشی اسیدآمینه نیز بیشترین ۱۵/۷۹سانتی‌متر تاثیر را در طول ریشه‌چه داشت (شکل۱۰). در شرایط دیمی تنش خشکی بیشترین تاثیر را بر این صف داشت و طول ریشه‌چه در تیمار شاهد دارای بیشترین ۱۶/۲۴ سانتی‌متر تاثیر بود، ومحلول‌پاشی اسیدآمینه دارای کمترین ۱۳/۲۵سانتی‌متر طول ریشه‌چه در این صفت بود ، طول ریشه‌چه در تیمارهای محلول‌پاشی روی و سالیسیلیک اسید نیز به ترتیب ۱۴/۱۷ سانتی‌متر و ۱۴/۳۶ سانتی‌متر مقدار بود (شکل۱۰). یکی از دلایل افزایش طول ریشه‌چه در شرایط تنش جذب بیشتر آب جهت جوانه‌زنی است که این امر خود باعث افزایش فعالیت‌های متابولیکی در داخل بذر جهت جوانه‌زنی می‌شود. از عوامل دیگر نوسانات طول

ریشه‌چه می‌توان به تفاوت در تجمع ماده خشک در بافت-های ذخیره‌ای ریشه‌چه ارقام مقاوم در شرایط تنش اشاره کرد. آزمایشات مختلف نشان دهنده افزایش طول ریشه‌چه در تنش‌های ملایم است و همچنین اولین تغییرات جهت مقابله با تنش خشکی افزایش رشد ریشه-چه به منظور جذب حداکثر رطوبت گزارش شده است (کافی وهمکاران ۲۰۰۵).

طول ساقه‌چه در شرایط آبیاری کامل در محلول-پاشی با عنصر ریز مغذی روی دارای کمترین ۵/۸۳ سانتی‌متر مقدار بود. بیشترین طول ساقه‌چه نیز از تیمار شاهد با مقدار ۷/۶۷ سانتی‌متر بود که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای محلول‌پاشی اسیدآمینه ۷/۱۳ سانتی‌متر و سالیسیلیک اسید ۷/۱۷سانتی‌متر نداشت. در شرایط آبیاری تکمیلی نیز محلول‌پاشی اسیدآمینه با مقدار ۷/۷۸ سانتی‌متر بیشترین طول ساقه‌چه را داشت. همچنین کمترین طول ساقه‌چه نیز از تیمار شاهد با مقدار ۶/۵۳ سانتی‌متر بدست آمد. طول ساقه‌چه در تیمارهای محلول‌پاشی روی و سالیسیلیک به ترتیب ۷/۰۵ سانتی-متر و ۷/۲۸ سانتی‌متر مقدار بود. در شرایط دیمی نیز تیمارهای مورد مطالعه با یکدیگر اختلاف آماری در این صفت نداشتند و طول ساقه‌چه در این تیمارها، شاهد، اسیدآمینه، روی و سالیسیلیک اسید به ترتیب ۷/۲۳ سانتی‌متر، ۷/۱۷ سانتی‌متر، ۶/۹۸ سانتی‌متر و ۷/۱۲ سانتی‌متر مقدار حاصل شد (شکل۱۱). کاهش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه در سطوح پایین تنش خشکی با کاهش انتقال مواد غذایی و در سطوح بالا با عدم انتقال مواد مورد نیاز برای رشد مرتبط است. علاوه بر آن کمبود آب قابل دسترس برای بذر موجب کاهش ترشح هورمون‌ها، فعالیت آنزیم‌ها و در نتیجه کاهش رشد طول ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌شود. تغییرات فشار آماس در سلول‌های ساقه‌چه و ریشه‌چه در توقف رشد طولی آنها نقش بسزایی دارد، به طوریکه با کمبود آب پیوندهای موجود در دیواره سلول‌های ساقه‌چه و ریشه‌چه سخت-تر شده و در نتیجه توسعه‌پذیری، رشد طولی و تجمع ماده خشک ریشه‌چه محدود می‌شود (احمدپور وهمکاران ۲۰۱۹). در یولاف وحشی مشاهده شد که کاهش بیشتر طول و وزن خشک ساقهچه نسبت به ریشهچه حاکی از حساسیت بیشتر آن به کاهش پتانسیل آب بود. گیاهچههای حاصل از بذوری که در پتانسیل آبی بیشتر جوانه زدند، وزن خشک کمتری داشتند. نتایج آزمایش نشان داد که وجود تنش خشکی در زمان تشکیل بذر سبب تغییر معنیدار جوانهزنی بذر در شرایط تنش خشکی میگردد (نظامی و همکاران ۲۰۱۷).

کاتالاز: در شرایط آبیاری کامل اعمال تیمارهای محلول‌پاشی منجر به افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم کاتالاز در بذر تولیدی ماریتیغال گردید. بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز با مقدار۱۴/۶ میلی‌گرم بر پروتئین در این شرایط از محلول‌پاشی با عنصر ریزمغذی روی بدست آمد. میزان فعالیت این آنزیم در تیمارهای محلول‌پاشی با اسیدآمینه و سالیسیلیک اسید به ترتیب ۱۳/۴۳ میلی‌گرم بر پروتئین و ۱۳/۵ میلی‌گرم بر پروتئین مقدار بود. در شرایط آبیاری تکمیلی نیز اعمال تیمارهای محلول‌پاشی منجر به افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم کاتالاز گردید. روند پاسخ به محلول‌پاشی در این سطح از آبیاری مشابه آبیاری کامل بود. بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز با مقدار ۱۵/۸۳ میلی‌گرم بر پروتئین از محلول‌پاشی روی حاصل شد (شکل۱۲). در شرایط دیم نیز محلول‌پاشی به طور معنی‌داری بر افزایش فعالیت آنزیم مذکور تاثیرداشت. در این شرایط فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمارهای شاهد، محلول‌پاشی با اسیدآمینه، روی و سالیسیلیک اسید به ترتیب ۱۱/۹۳ میلی‌گرم بر پروتئین، ۱۶/۰۳ میلی‌گرم بر پروتئین، ۱۸/۵۶ میلی‌گرم بر پروتئین و ۱۹/۳۳ میلی‌گرم بر پروتئین مقدار بود (شکل۱۲). در این سطح از تیمارهای آبیاری روی و سالیسیلیک بیشترین تاثیر معنی‌دار برفعالیت این آنزیم را داشتند و در عین حال اختلاف معنی‌دار آماری با یکدیگر نشان ندادند (شکل۱۲).

سوپراکسید دیسموتاز

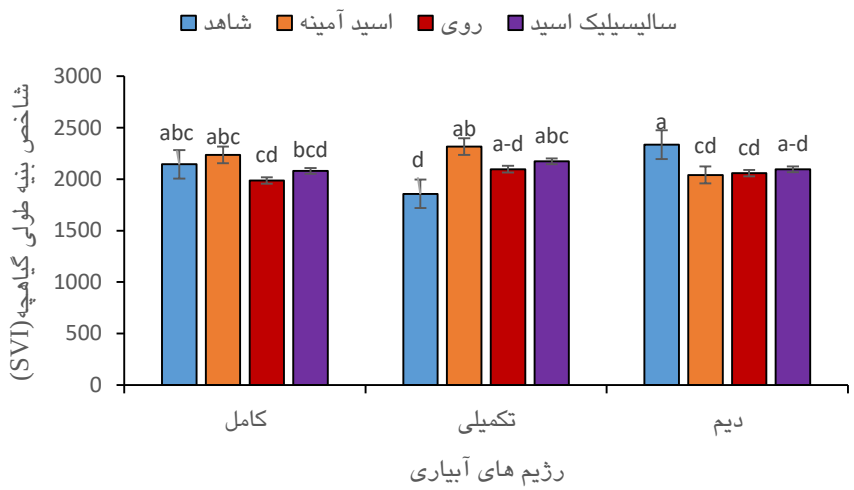
بر اساس یافته های حاصل از آزمایش، میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در آبیاری کامل با اعمال تیمار محلول‌پاشی سبب افزایش در بذور تولیدی گردید. محلول‌پاشی با عنصر روی دارای بیشترین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز با مقدار۱۴/۴۶ میلی-گرم بر پروتئین بود. فعالیت این آنزیم در تیماری‌های

محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و اسید آمینه به ترتیب ۱۳/۴۶ میلی‌گرم بر پروتئین، ۱۳/۳۴ میلی‌گرم بر پروتئین حاصل شد. در آبیاری تکمیلی نیز محلول‌پاشی عنصر روی بیشترین تاثیر را بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز به همراه داشت و به ترتیب ۱۵/۸۳ میلی‌گرم بر پروتئین مقدار بدست آمد. محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید ۱۴/۷۳ میلی‌گرم بر پروتئین و اسید آمینه ۱۴/۲۶ میلی‌گرم بر پروتئین روند پاسخ مشابهی مثل آبیاری کامل داشتند. در شرایط دیم نیز محلول‌پاشی به طور معنی‌داری بر افزایش این آنزیم تاثیرگذار بود. در این شرایط فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در تیمارهای سالیسیلیک اسید روی اسید آمینه و شاهد به ترتیب ۱۷/۱۳ میلی‌گرم بر پروتئین، ۲۰/۰۶ میلی‌گرم بر پروتئین، ۱۵/۴۰ میلی‌گرم بر پروتئین، ۱۲/۸۰ میلی‌گرم بر پروتئین مقدار بود (شکل۱۳). در این سطح از تیمارهای آبیاری بیشترین تاثیر بر فعالیت آنزیم مربوط به محلول‌پاشی روی و سالیسیلیک اسید بود واختلاف آماری با یکدیگر داشتند. این گونه به‌نظر می‌رسد که افزایش سطح فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در تیمار تنش آب و تحت تأثیر اسید سالیسیلیک به دلیل نقش دفاعی و حفاظتی این آنزیم در برابر اکسیدانت‌های سلولی باشد. به علاوه این افزایش سطح فعالیت مانع از پراکسید شدن چربی‌های غشا سلولی تحت شرایط خشکی میگردد. القای فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز به گیاهان توانایی چیره شدن به تنش‌های اکسیداتیو را می‌دهد و سایر آنزیم‌های آنتی اکسیدانت به طور ثانوی در فرودست این آنزیم فعال می‌شوند (افکاری ۲۰۲۰).

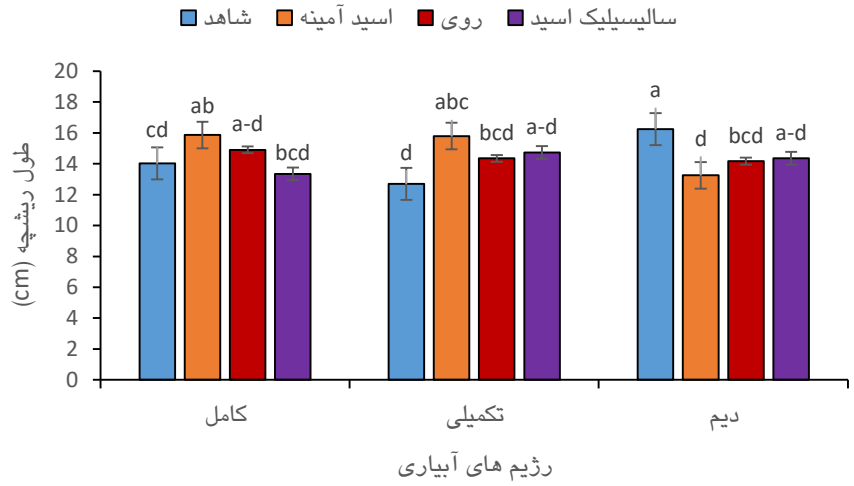
جدول ۴- جدول تجزیه واریانس صفات جوانه‌زنی، بنیه گیاهچه و فعالیت برخی از آنزیم‌های مارتیغال

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		CVG	FGP	MGT	SVI	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	کاتالاز	سوپر اکسید دیسموتاز
بلوک	۲	۰/۰۰۱ ^{ns}	۲/۵۴^{ns}	۰/۰۱۴^{ns}	۱۳۴۴۴/۷^{ns}	۰/۱۰۷^{ns}	۰/۱۰۳^{ns}	۰/۰۶۴^{ns}	۴/۵۶**
آبیاری	۲	۰/۰۰۲^{ns}	۴/۵۲^{ns}	۰/۱۳۳^{ns}	۱۵۱۷/۴^{ns}	۰/۲۱۹^{ns}	۰/۱۵۳^{ns}	۳۱/۲۴**	۲۲/۸۶**
محلول‌پاشی	۳	۰/۰۰۰۷^{ns}	۹/۴۹^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}	۳۴۰۵۲/۵^{ns}	۰/۴۷۲^{ns}	*۰/۹۰۹	۳۹/۱۵**	۳۰/۸۴**
آبیاری × محلولپاشی	۶	۰/۰۰۰۷^{ns}	۱۶/۰۷^{ns}	۰/۰۵۳^{ns}	۸۲۹۲۵/۱*	۴/۲۴۹*	۰/۸۸۱*	۳/۵۱۲**	۳/۵۶**
خطا	۲۱	۰/۰۰۰۷	۱۵/۳۸	۰/۰۴۲	۲۲۱۱۲/۱	۱/۱۵۹	۰/۲۳۹	۰/۲۷۳	۰/۱۴۶
ضریب تغییرات (٪)		۶/۷۲	۴/۰۳	۱۴/۴۴	۷/۰۱	۷/۳۵	۶/۹۱	۳/۵۹	۲/۶۱

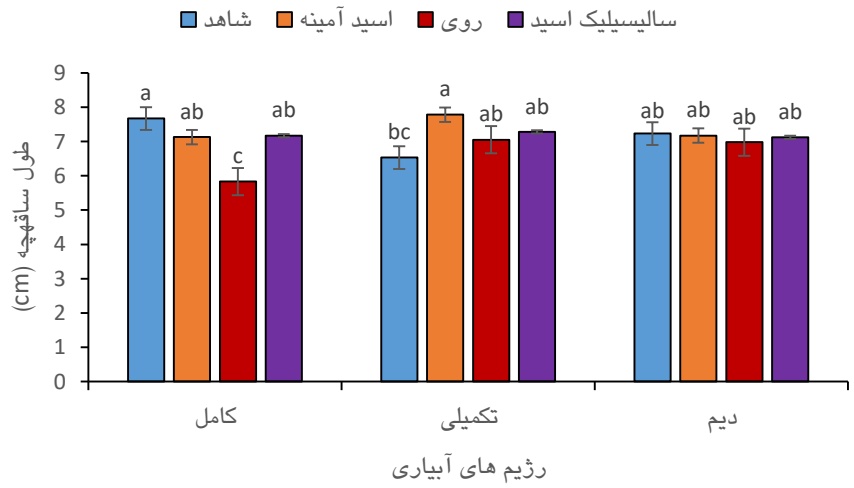
^{ns}، * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشند.



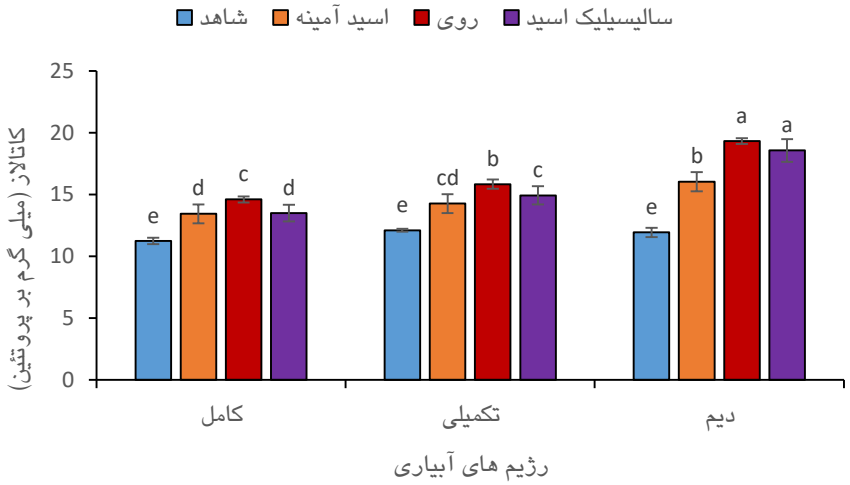
شکل۹-مقایسه میانگین‌های شاخص بنیه طولی گیاهچه (SVI) بذر ماریتیغال تحت تأثیر آبیاری و محلول‌پاشی



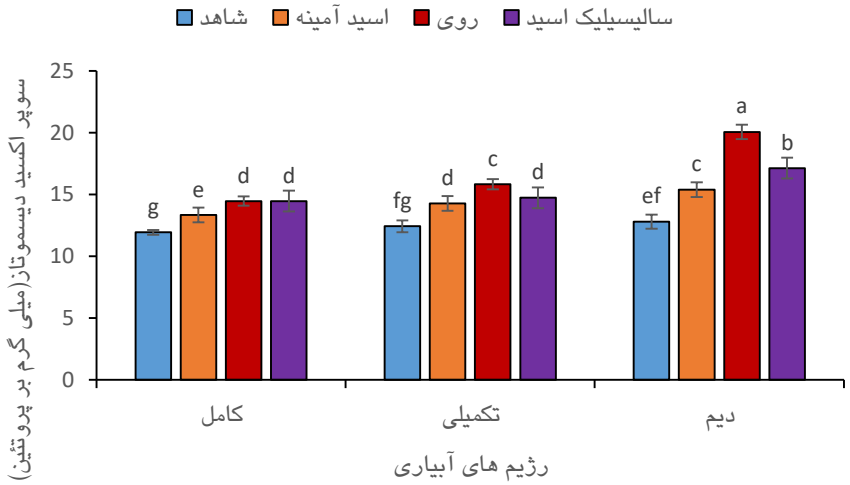
شکل۱۰-مقایسه میانگین‌های طول ریشه‌چه بذر ماریتیغال تحت تأثیر آبیاری و محلول‌پاشی



شکل۱۱- مقایسه میانگین‌های طول ساقه‌چه بذر ماریتیغال تحت تأثیر آبیاری و محلول‌پاشی



شکل۱۲-مقایسه میانگین‌های آنزیم کاتالاز بذر ماریتیغال تحت تأثیر آبیاری و محلول‌پاشی



شکل۱۳-مقایسه میانگین‌های آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز بذر ماریتیغال تحت تأثیر آبیاری و محلول‌پاشی

سپاسگزاری

بدین وسیله نگارندگان وظیفه خود می‌دانند مراتب سپاس و قدردانی خود را از مساعدت‌های صمیمانه و خالصانه یکایک همکاران ارجمند در اجرای این طرح در بخش‌های مختلف مزرعه‌ای و آزمایشگاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه اعلام دارند.

منابع مورد استفاده

Aebi H.1984. [13] Catalase in vitro. Methods in enzymology, 105, pp.121-126. DOI: 10.1016/S0076-6879(84)05016-3

Afkari A. 2020. Effect of acid salicylic on germination indices, kernel vigor and activity of some antioxidant enzymes of sunflower (*Helianthus annuus L.*) cultivar Armavireski under drought stress. Iranian journal of seed science and research, 7(1): 79-91. (In Persian). DOI: 10.22124/jms.2020.4342

Ahmadpour R, Rostami M and Hosseinzadeh S R. 2019. Influence of compost tea on seedling growth and germination indices of bean (*Phaseolus vulgaris L.*) in order to moderated negative effects caused by

drought stress. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 32(3): pp.511-523. (In Persian) DOR: 20.1001.1.23832592.1398.32.3.3.0

Ahmadvand G, Dehghan Banadaki M, Alimoradi J, Goudarzi S and Ardalani S. 2018. Reaction of Germination and Seedling Growth of Redroot Pigweed (*Amaranthus retroflexus*) to Salinity and Drought Stress. Iranian Journal of Seed Research, 4(2): 23-35. (In Persian). DOI: 10.29252/yujs.4.2.23

Ahmadvand G, Dehghan, M, Goudarzi S and Fallahi A. 2016. Germination and seedling growth of hory cress (*Cardaria draba* L.) and madwort (*Alyssum hirsutum* L.) weeds to salinity and drought stress. Seed Ecophysiology Journal, 1(2): pp.153-164. (In Persian). DOI: 10.22077/sej.2016.427

Alazem M, Kim K H and Lin N S. 2019. Effects of abscisic acid and salicylic acid on gene expression in the antiviral RNA silencing pathway in Arabidopsis. International Journal of Molecular Sciences, 20(10): 25-38. DOI: 10.3390/ijms20102538

Ali B S, ElSayed, A I Doheem M A, Eita A M A, and Omar A A. 2020. Effect of Milk Thistle (*Silybum marianum (L.*) Gaertn) Seed Extract on Bacterial Activities and Growth of Human Liver Cancer Cells. Journal of Biotechnology Research, 6(5): pp.27-33. DOI: 10.32861/jbr.65.27.33

Arampatzis D A, Karkanis A C, and Tsiropoulos N G. 2019. Silymarin content and antioxidant activity of seeds of wild Silybum marianum populations growing in Greece. Annals of Applied Biology, 174(1): 61-73 . DOI: 10.1111/aab.12470

Babaei S and Afkari A. 2023. Effect of superabsorbent polymer application on some agrophysiological traits and yield of chickpea (*Cicer arietinum L.*) plant under water deficit stress in horand region. Bi-Quarterly Journal of Plant Production, 13(1): pp 31-44. (In Persian). DOI: 10.2./jpps.2023.705324

Choudhary R C, Kumaraswamy R, Kumari S, Sharma S, Pal A, Raliya R, Biswas P, Saharan V and Saharan, V. 2019. Zinc encapsulated chitosan nanoparticle to promote maize crop yield. International Journal of Biological Macromolecules, 127: 126-135. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.12.274

Dar Zafar M, Khan F A, Aziz M A, Malik M A, Masood A and Wani F R. 2023. Physiological modulation of plants by salicylic acid under drought stress-A review. SKUAST Journal of Research, 25(1): pp.1-12. DOI: 10.5958/2349-297X.2023.00001.6

De Marco A, Luongo G, Di Marino C, De Tommaso G, Di Fabio G and Zarrelli A. 2020. Silymarin from *Silybum marianum* by Naviglios extractor: a new and very efficient approach. Natural product research, pp.1-7. DOI: 10.1080/14786419.2019.1687474

Ebdal-Aal A. 2018. Effect of foliar spray with lithovit and amino acids on growth, bioconstituents, anatomical and yield features of soybean plant. Annals of Agricultural Science, Moshtohor, 56(4th ICBAA). pp.187-202.DOI: 10.21608/assjm.2018.65137

Fallah Huseini H, Hemati A and Alavian S. 2004. A review of herbal medicine: Silybum marianum. Journal of Medicinal Plants, 3 (11) :14-24. (In Persian). DOR: 20.1001.1.2717204.2004.3.11.2.2

Farahdost R and Jafari A A. 2020. Effect of Drought Stress on Seed Germination Characteristics in the Populations of Four Native Species of *Onobrychis sp*. In Iran. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 27(2): pp.309-318. (In Persian) DOI:10.22092/ijrfpbgr.2019.114792.1268

Fazeli Kazemi S F, Nezami A, Parsa M and Kafi A. 2015. Evaluation of components of germination and seedling growth of sesame ecotypes (*Sesamum indicum L.*) under salt stress conditions. Environmental stresses in crop sciences, 7(2):217-232. (In Persian). DOR: 10.22077/escs.2015.180

Ghamari Zare A, Ghasemzadeh Daghigh A and Jafari A. 2005. The Effect of irrigation on Quantitative and qualitative yield in ten genotypes of Festuca arundinacea in summer cut. Genetic research and improvement of pasture and forest plants of Iran, 12(4):345-363. (In Persian). DOI: 10.22092/ijrfpbgr.2005.115396

Ghiyasi M, Rezaee Danesh Y, Amirnia R, Najafi S, Mulet J M and Porcel R. 2023. Foliar Applications of ZnO and Its Nanoparticles Increase Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Growth and Yield under Water Stress. Agronomy, 13(1): p.192. DOI: 10.3390/agronomy13010192

Giannopolitis C N and Ries SK. 1977. Superoxide dismutases: I. Occurrence in higher plants. Plant pHysiology, 59(2): pp.309-314. DOI: 10.1104/pp.59.2.309

Hafez E, Omara A E D and Ahmed A. 2019. The Coupling Effects of Plant Growth Promoting Rhizobacteria and Salicylic Acid on Physiological Modifications, Yield Traits, and Productivity of Wheat under Water Deficient Conditions. Agronomy, 9(9): 524. DOI: 10.3390/agronomy9090524

Hegab R H, Fawy H A and Habib A A. 2020. Evaluates effect of amino acids, humic acid and antioxidants as foliar application on the biochemical content and productivity of wheat under North Sinai soils conditions. American Journal of Agriculture and Forestry, 8: pp.167-174. DOI: 10.11648/j.ajaf.20200804.19

Heidari M, Taleei A and Abbasi A. 2018. Study of the effects of drought stress on seed germination factors and activity of antioxidant enzymes in Bean genotypes (*Phaseolus vulgaris L.*). Sciences of agricultural plants of Iran, 49(1): 11-27. (In Persian). DOI: 10.22059/ijfcs.2017.209308.654148

Jamshidi A, Ahmadi A, Karimi M and Motesharezadeh B. 2020. Evaluation of some growth and physiological responses of Chia (*Salvia hispanica L.*) to various moisture regimes. Sciences of agricultural plants of Iran, 50(4): 99-110. (In Persian). DOI: 10.22059/ijfcs.2018.260605.654491

Januszkiewicz R, Kulczycki G and Samoraj M. 2023. Foliar Fertilization of Crop Plants in Polish Agriculture. Agriculture, 13(9): p.1715. DOI: 10.3390/agriculture13091715

Kafi M, Nezami A H M AD, Hoseyni 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): pp.69-80. (In Persian). DOI: 10.22067/gsc.v3i1.1293

Kazempour A, Sharghi Y, Modarres Sanavi S A M and Zahedi H. 2023. Effect of amino acid foliar application on morphophysiological characteristics and thyme essential oil under different irrigation regimes. Journal of Plant Process and Function, 12(53): pp.71-90. (In Persian). DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.5.3

Laleh S, Jami Al-Ahmadi M and Parsa S. 2017. Effect of Different Levels of Organic and Chemical Fertilizers on Yield, Harvest Index and Extract Percentage of Hemp (*Cannabis sativa L.*). Agricultural research in Iran, 15(4):823-837. (In Persian). DOI: 10.22067/gsc.v15i4.54427

Lefevere H, Bauters L and Gheysen G. 2020. Salicylic acid biosynthesis in plants. Frontiers in plant science, 11: p.338. DOI: 10.3389/fpls.2020.00338

Maguire, J.D., 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop science. No 2, pp: 176-177. DOI: 10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x

Marques T L, Moraes L M B and Rocha F R. 2020. Systematic evaluation of sample preparation for fractionation of phytohormone salicylic acid in fresh leaves. Talanta, 208, 120352. DOI: 10.1016/j.talanta.2019.120352

Mazaraei A, Sirousmehr A R and Babaei Z. 2017. Effect of mycorrhizal fungi on some morphological & physiological charactristics of Milk thistle (*Silybum marianum L.*) Gaertn under drought stress. ranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 33(4):620-635. (In Persian). DOI: 10.22092/ijmapr.2017.107860.1877

Memari M, Dadshi M, Sheikh F and Faghani E. 2020. Seed Yield Response of Faba Bean (Vicia faba L.) Genotypes to Drought Stress. Seed and plant journal, 36(2): pp 241-254. (In Persian). DOI: 10.22092/sppi.2020.123208

Mirshekari M, Einali A and Valizadeh J. 2017. Physiological and biochemical responses of Hibiscus sabdariffa to drought stress in the presence of salicylic acid. Iranian Journal of Plant Biology, 9(32):21-38. (In Persian). DOI: 10.22108/ijpb.2017.100883.1002

Mohammadi M, Pouryousef M, Tavakoli A and Mohseni Fard E. 2020. Study the effect of Epibrassinolide application on the activity of some antioxidant enzymes, nitrate reductase, and photosynthetic pigments of common bean under drought stress. Iranian Journal of Pulses Research, 11(2):76-94. (In Persian). DOI: 10.22067/ijpr.v11i2.76131

Mohtashami F, Pouryousef M, Andalibi B and Shekari F. 2015. Effects of seed priming and foliar application of salicylic acid on yield and essence of fennel (*Foeniculum vulgare Mill.*) under drought stress condition. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 31(5):841-852. (In Persian). DOI: 10.22092/ijmapr.2015.103620

Nezami A, Khazaie H R, Barjasteh A R and Zand E. 2017. Effect of drought stress and maternal growth conditions on germination and seedling growth of wild oat (*Avena ludoviciana*). Seed Science and Technology, 6(1). DOI: (In Persian). DOI: 10.22034/ijsst.2017.113942

Panahyan Kivi M. 2019. Effects of zinc sulfate foliar spray on yield, yield components and essential oil of coriander (*Coriandrum sativum L.*) under drought stress. Research of medicinal and aromatic plants of Iran, 35(2): 309-322. (In Persian). DOI: 10.22092/ijmapr.2019.122718.2362

Pashang D, Weisany W and Ghajar F G K. 2023. Effect of foliar application of auxin on morphophysiological and biochemical traits of safflower cultivars (spring and autumn) under drought stress. Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences,16(1): pp20-33. (In Persian). DOI: 10.22077/escs.2021.4271.2001

Rady M, Saker M and Matter M. 2018. In vitro culture, transformation and genetic fidelity of Milk Thistle. Journal of Genetic Engineering and Biotechnology, 16(2): 563-572 . DOI: 10.1016/j.jgeb.2018.02.007

Rajab Nasab Aghamahali M and Karaptian Zh. 2013. The effect of water stress in the flowering stage on plant height and seed protein (*Carthamus tinctorius L.*) different numbers of Gelrang. Plant environmental physiology, 8(31): 37-46. (In Persian). DOI: 10.22077/escs.2020.2526.1665

Rashidi S, Abbasdokht H, Gholami A and Afshari R T. 2019. Effect of hormone priming and deterioration of seed germination characteristics and antioxidant enzymes activity in corn cultivars seed (*Zea mays L.*). Iranian Journal of Seed Science and Research, 6(2). (In Persian). DOI: 10.22124/jms.2019.3602

Rezaei- chiyaneh E, Rahimi A, Sheykh F and Mohayeji M. 2018. Responses of some agronomical characteristics of faba bean (*Vicia Faba L.*) to biofertilizers under water deficit stress. Journal of crop production, 10(4):107-120. (In Persian). DOI: 10.22069/ejcp.2018.12238.1943

Ritchie S W, Nguyen H T and Holaday A S. 1990. Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop science, 30(1): pp.105-111.DOI:10.2135/cropsci1990.0011183X003000010025x

Saed-Moucheshi A and Safari H, 2023. Investigation of regulatory elements related to superoxide dismutase enzyme genes in wheat. Journal Cereal Biotechnology and Biochemistry, (1): pp 65-77. DOI: 10.22126/cbb.2023.8692.1034

Salarpour F and Farahbakhsh H. 2016. Effects of salicylic acid on some physiological traits, yield and yield components of fennel (*Foeniculum vulgare Mill L.*) under drought stress. Research of medicinal and aromatic plants of Iran, 32(2):216-230. (In Persian). DOI: 10.22092/ijmapr.2016.106557

Shabanzade Sh and Gholvi M. 2011. The effect of foliar application of micronutrient elements and irrigation frequency on agricultural characteristics and yield of black seed. Environmental stresses in crops sciences. 4(1):1-9. (In Persian). DOI: 10.22077/escs.2011.94

Shamsaie M, Sodaei zadeh H and Tajamolian M. 2017. Evaluation of the effects of drought stress of mother plants on some seed germination indices of Satureja hortensis. Desert management, 4(8):27-35. (In Persian). DOI: 10.22034/jdmal.2017.24659

Sharafizadeh M. 2017. 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): pp.161-169. (In Persian). DOI: 10.22034/ijsst.2018.116567

Shekari F, Soltaniband V, Javanmard A and Abbasi A. 2016. The impact of drought stress at different stages of development on water relations, stomatal density and quality changes of rapeseed (*Brassica napus L.*). Iran Agricultural Research, 34(2): pp.81-90. (In Persian). DOI: 10.22099/iar.2016.3452

Song X, Guo H, Liu Y, Wan F, Zhang J and Chang X. 2020. Effects of salicylic acid and sucrose on pigment content in Pistacia chinensis leaves. Scientia Horticulturae, 259, 108783. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.108783

Tabatabayi A. 2014. The effect of pretreatment of barley seeds with salicylic acid on seedling growth, proline content and antioxidant enzyme activity under drought stress conditions. Journal of Crops Improvement, 16(2):475-486. (In Persian). DOI: 10.22059/jci.2014.53056

Teixeira W F, Fagan E B, Soares L H, Umburanas R C, Reichardt K and Neto D D. 2017. Foliar and seed application of amino acids affects the antioxidant metabolism of the soybean crop. Frontiers in plant science, 8: p.327. DOI: 10.3389/fpls.2017.00327

Umair Hassan M, Aamer M, Umer Chattha M, Haiying T, Shahzad B, Barbanti L, Nawaz M, Rasheed A, Afzal A, Liu Y and Guoqin H. 2020. The critical role of zinc in plants facing the drought stress. Agriculture,10(9): pp.396. DOI: 10.3390/agriculture10090396

Wang H and Clarke J M. 1993. Genotypic, intraplant, and environmental variation in stomatal frequency and size in wheat. Canadian Journal of Plant Science, 73(3): pp.671-678. DOI: 10.4141/cjps93-08

Yazdani Biyoki R, Rezvani Moghadam P, Khazayi H R, Ghorbani R and Astarayi A R. 2010. The effects of salinity and drought stress on the germination characteristics of Maritigal seeds (*Silybum marianum L.*). Iranian journal of field crops research, 8(1):12-19. (In Persian). DOI: 10.22067/gsc.v8i1.7385