

اثر برخی تعدیل کننده‌های تنش بر خصوصیات مورفولوژیک و صفات کمی و کیفی علوفه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd) در شرایط تنش کم آبی

سیده نسرين حسینی^۱، جلال جلیلیان^۲، اسماعیل قلی نژاد^{۳*}

تاریخ دریافت: ۹۹/۶/۵ تاریخ پذیرش: ۹۹/۹/۲۰

۱- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

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

۳- دانشیار گروه علمی علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

*مسئول مکاتبه: Email: e_gholinejad@pnu.ac.ir

چکیده

اهداف: کینوا با نام علمی (*Chenopodium quinoa* Willd.) یک گیاه دولپه‌ای، متعلق به خانواده Chenopodiaceae است. پروتئین، منیزیم، فیبر، پتاسیم، آهن، کلسیم، فسفر، ویتامین‌های گروه ب، ویتامین ای و آنتی اکسیدان‌ها از جمله موادی هستند که به وفور در دانه‌های این گیاه وجود دارند. کینوا یکی از معدود گیاهان خوراکی است که همه ۹ آمینو اسید ضروری بدن را دارد. کمبود آب یکی از عوامل محدود کننده تولید گیاهان زراعی در سراسر جهان است میزان کم نزولات آسمانی و پراکنش نامنظم آن سبب بروز تنش خشکی در طول دوره رشد گیاهان زراعی می‌شود. محافظ‌های گیاهی قادرند در کنار افزایش توان تحمل تنش‌ها، رشد و عملکرد گیاه را نیز بهبود دهند. بنابراین می‌توان اظهار داشت استفاده مناسب از این دسته مواد می‌تواند به عنوان یکی از راهکارهای مدیریتی بسیار مهم در افزایش توان تحمل تنش‌های گوناگون در گیاهان زراعی مطرح گردد. این تحقیق با هدف بررسی تأثیر تعدیل کننده‌های تنش بر خصوصیات مورفولوژیک و صفات کمی و کیفی علوفه کینوا در شرایط تنش کم آبی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: این آزمایش گلدانی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۱۶ تیمار و ۶ تکرار در سال زراعی ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه اجرا گردید. فاکتور اول شامل تنش کم آبی در چهار سطح: ۱- تنش در مرحله رشد رویشی (پس از استقرار گیاهی تا شروع گلدهی)، ۲- تنش در مرحله رشد زایشی (از ابتدای گلدهی تا انتهای گلدهی)، ۳- تنش در مرحله پرشدن دانه (از شروع پر شدن تا رسیدگی دانه)، ۴- بدون تنش (شاهد) بود. فاکتور دوم محلول‌پاشی در چهار سطح: ۱- محلول پاشی اسید آسکوربیک با غلظت (۲ میلی مولار)، ۲- اسید سالسیلیک با غلظت (۲ میلی مولار)، ۳- کود کلاته میکرو کامل نانو (۲ لیتر در هزار لیتر) و شاهد (آب پاشی) بودند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تنش کم آبی اثر معنی‌داری بر خصوصیات مورفولوژیک، صفات کمی و کیفی علوفه داشت. محلول‌پاشی باعث افزایش معنی‌دار پروتئین خام، ماده خشک قابل هضم، عملکرد علوفه تر، وزن خشک ساقه، برگ، گل و قطر ساقه گردید و باعث کاهش معنی‌دار دیواره سلولی بدون همی سلولز، دیواره سلولی نامحلول در شوینده خنثی و فیبر خام علوفه کینوا شد. اثر برهمکنش تنش کم آبی و محلول‌پاشی بر تمام صفات کیفی علوفه (به غیر خاکستر) در سطح یک

درصد معنی‌دار بود. بیشترین مقدار کربوهیدرات‌های محلول در آب (۲۳/۶۵ درصد) از تیمار تنش کم آبی در مرحله رشد رویشی و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک حاصل شد.

نتیجه‌گیری: انجام آبیاری در مراحل رشد زایشی کینوا (گلدهی و دوره پر شدن دانه) در مقایسه با دوره رشد رویشی اهمیت بیشتری دارد. همچنین جهت تعدیل اثرات تنش کم آبی، بهبود عملکرد کمی و کیفی علوفه کینوا، محلول‌پاشی با تعدیل‌کننده‌های تنش خشکی پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: الیاف نامحلول در شوینده خنثی، پروتئین خام، تنش کم آبی، کینوا، کیفیت علوفه، محلول‌پاشی

Impact of Some Stress Modulators on Morphological Characteristics, Quantitative and Qualitative Traits of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Forage under Water-Deficit Stress

Seyedeh Nasrin Hosseini¹, Jalal Jalilian², Esmail Gholinezhad^{3*}

Received: August 26, 2020 Accepted: December 10, 2020

1-Dept. of Plant Production and Genetic Engineering, Urmia University, Urmia, Iran.

2-Assoc. Prof., Dept. of Plant Production and Genetic Engineering, Urmia University, Urmia, Iran.

3-Assoc. Prof., Dept. of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran.

*Corresponding Author Email: e_gholinejad@pnu.ac.ir

Abstract

Objectives: Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) is a dicotyledonous plant belonging to the family Chenopodiaceae. Protein, magnesium, fiber, potassium, iron, calcium, phosphorus, B vitamins, vitamin E and antioxidants are among the substances that are abundant in the seeds of this plant. Quinoa is one of the few edible plants that has all 9 essential amino acids in the body. Water scarcity is one of the limiting factors for crop production worldwide. Low rainfall and irregular distribution cause drought stress during the growing season of crops. Plant protection can not only increase stress tolerance, but also improve plant growth and yield. Therefore, it can be said that the proper use of this material can be considered as one of the most important management strategies in increasing the tolerance of various stresses in crops. The aim of this study was to investigate the effect of stress modulators on morphological characteristics and quantitative and qualitative traits of quinoa forage under water stress conditions.

Materials and Methods: This experiment was conducted as a pots factorial experiment based on a completely randomized design with 16 treatments and 6 replicates during 2019 at Urmia University. The first factor includes water deficit stress at four levels: 1. stress at vegetative growth stage (after plant establishment to flowering), 2. stress at vegetative growth stage (from flowering to flowering end), 3. stress at seed filling stage (From the beginning of filling to maturity), 4. no stress (control). The second factor is foliar spraying at four levels: 1. ascorbic acid (2 mM), 2. salicylic acid (2 mM), 3. nano-micronutrient chelate fertilizer (2 liters/1000 L water) and 4. Control (water spray).

Results: The results showed that water deficit stress had a significant effect on morphological characteristics, quantitative and qualitative traits of quinoa forage. Foliar application significantly increased crude protein (CP), dry matter digestibility (DMD), fresh forage yield, stem diameter, dry weight of shoot, leaf, and flower and significantly decreased acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF) and crude fiber (CF) in quinoa forage. Interaction of drought stress and foliar application on all forage quality traits (except ash) was significant at 1% level. The highest amount of water-soluble carbohydrates (WSC) (23.65 percent) was obtained from water-deficit stress treatment at the stage of vegetative growth and foliar application with salicylic acid.

Conclusion: Irrigation is more important in the reproductive growth stages of quinoa (flowering and seed filling period) compared to the vegetative growth period. Also, to moderate the effects of water-deficit stress, improve the quantitative and qualitative yield of quinoa forage, foliar spraying with drought stress modulators is recommended.

Keywords: Crude Protein, Foliar Application, Forage Quality, Neutral Detergent Fiber, Quinoa, Water-Deficit Stress

مقدمه

کینوا با نام علمی (*Chenopodium quinoa* Willd.) یک گیاه دولپه‌ای، متعلق به خانواده *Chenopodiaceae*، است. گیاهی یکساله با ساقه مستقیم و برگ‌های پهن متناوب و رنگ‌های متنوع گل آذین، برگ و بذر است که این تنوع در رنگ، ناشی از حضور بتاسیانین است. این گیاه بومی منطقه آند، بولیوی، شیلی و پرو است و بیش از ۵۰۰۰ سال قدمت دارد (فائو ۲۰۱۱). میزان عملکرد مزارع تولید تجاری باتوجه به رقم و شرایط کشت بین ۶۰۰۰-۱۱۲۰ کیلوگرم در هکتار است. گیاه کینوا به صورت عمودی رشد کرده و ارتفاع آن بین ۰/۴ تا ۳ متر است، که رشد آن تابع نوع و ژنوتیپ گیاه کینوا، حاصلخیزی خاک و شرایط زیست محیطی است و رنگ آن از سفید، صورتی تا قرمز تیره، زرد، ارغوانی و سیاه تغییر می‌کند (طاووسی و علوی فاضل ۲۰۱۳).

تنش خشکی می‌تواند عملکرد مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد. تحت تنش خشکی جذب مواد غذایی از طریق ریشه، به دلیل کاهش حجم آب خاک و همچنین کاهش توزیع مواد غذایی در بافت خاک کاهش می‌یابد. علاوه بر این انتقال مواد غذایی از ریشه‌ها به بخش هوایی نیز کم می‌شود، بنابراین کمبود مواد غذایی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد تحت تنش خشکی است (حاجی بلند و امیرآزاد ۲۰۱۰). نتایج برخی بررسی‌ها نشان داده است که تنش ناشی از کمبود آب سبب کاهش رشد قسمت‌های مختلف گیاه اعم از کاهش سطح برگ، ارتفاع، وزن خشک، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز، تجمع اسیدهای آمینه و کاهش سبزینه (کلروفیل) خواهد شد (حسینی و امیدبیگی ۲۰۰۲). امروزه کاربرد مواد تنظیم کننده رشد گیاهان به منظور کاهش اثرات منفی ناشی از

تنش‌های مختلف مطرح شده است. محافظ‌های گیاهی^۱ قادرند در کنار افزایش توان تحمل تنش‌ها، رشد و عملکرد گیاه را نیز بهبود دهند. بنابراین می‌توان اظهار داشت استفاده مناسب از این دسته مواد می‌تواند به عنوان یکی از راهکارهای مدیریتی بسیار مهم در افزایش توان تحمل تنش‌های گوناگون در گیاهان زراعی مطرح گردد (ازوز و احمد ۲۰۱۵). بررسی‌ها نشان داده آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی از جمله آسکوربیک اسید اولین خط دفاع در برابر رادیکال‌های آزاد اکسیژن هستند (امجد و همکاران ۲۰۱۵). کاربرد اسید سالیسیک سبب افزایش تحمل گیاه نسبت به تنش خشکی شده و اثر کمبود آب را تعدیل می‌کند، همچنین برخی از پارامترهای رشدی را افزایش می‌دهد (یزدان پناه و همکاران ۲۰۱۱). استفاده از تکنولوژی نانو به عنوان یک راهکار مناسب جهت بهبود عملکرد گیاهان در سیستم‌های کشاورزی رایج توصیه شده است (لیو و لال ۲۰۱۵). دارا بودن ویژگی‌هایی همچون غلظت موثر، قابلیت حل پذیری مناسب، ثبات و تاثیرگذاری بالا و رها سازی تدریجی عناصر غذایی در طول دوره رشدی گیاه باعث افزایش کارایی کودهای نانو و جذب بهتر آنها توسط گیاهان شده است (سابرامانیان و تیران آوککاراسو ۲۰۱۷). به طوری که علاوه بر رها سازی مداوم عناصر غذایی، جذب و انتقال آنها از طریق برگ نیز به سهولت انجام می‌گیرد (لیو و همکاران ۲۰۰۶).

ارزش غذایی و کیفیت علوفه ملاکی مهم در تعیین میزان ارزش علوفه برای دام می‌باشد به طوری که عملکرد دام به مقدار زیادی به کیفیت علوفه در دسترس دام بستگی دارد. ارزش غذایی، تمامی خصوصیات غذایی یک علوفه را در رابطه با تامین نیازهای تغذیه‌ای دام در بر می‌گیرد. عوامل زیستی و فنی مانند گونه گیاهی و رقم، مرحله رشدی گیاه و میزان رسیدگی،

^۱ - Phytoprotectants

مواد و روش‌ها

این آزمایش بصورت گلدانی و در جهت بررسی اثر تعدیل‌کننده‌های تنش بر خصوصیات موفوفیزیولوژیکی گیاه کینوا، رقم *Titicaca* تحت تنش خشکی از تیر ماه تا اواسط مهرماه ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، واقع در ۱۱ کیلومتری شمال غرب ارومیه، با ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح دریا، با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۲ ثانیه، و طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵ ثانیه اجرا گردید. بر طبق گزارش‌های هواشناسی ارومیه دارای اقلیم معتدل سرد و مرطوب با زمستان‌های سرد و مرطوب و تابستان‌های گرم و خشک است. عوامل اقلیمی سال زراعی ۹۷ به صورت جدول زیر ارائه شده است (جدول ۱).

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک گلدان‌ها تا عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری در آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشگاه ارومیه مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۲).

برداشت و انبار کردن، باروری خاک و عوامل محیطی که بر کیفیت علوفه تأثیر می‌گذارند (راعی و همکاران ۲۰۱۴). کیفیت علوفه به مجموع مواد تشکیل دهنده گیاهی اطلاق می‌شود که استفاده دام از علوفه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کیفیت علوفه به عنوان تابعی از مصرف علوفه تحت تأثیر صفاتی از قبیل دیواره سلولی، دیواره سلولی بدون همی سلولز، کل ماده خشک قابل هضم قرار می‌گیرد (جهانزاد و همکاران ۲۰۱۳). درصد خاکستر علوفه در واقع بیانگر مقدار مواد معدنی موجود در بافت‌های گیاهی می‌باشد (هیل و همکاران ۲۰۰۹).

این تحقیق با هدف اثر تعدیل کننده‌های تنش بر خصوصیات مورفولوژیک و صفات کمی و کیفی علوفه کینوا در شرایط تنش کم آبی انجام گرفت.

جدول ۱- مقادیر متوسط ماهانه دما، بارش، تبخیر و رطوبت نسبی هوا در طی فصل رشد کلرنگ در منطقه مورد مطالعه

پارامترهای هواشناسی	ماه						
	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر
میانگین دما (°C)	۱۱/۶	۱۵/۷	۲۱/۸	۲۶/۷	۲۴/۴	۲۰	۱۳/۶
مجموع بارندگی (mm)	۱۰۷/۸	۴۴/۵	۱۶/۵	۰/۰	۰/۰	۲/۶	۱۲/۶
میانگین رطوبت نسبی (%)	۵۶	۵۲	۴۷/۳	۴۰/۷	۵۲/۴	۶۳	۶۹/۴

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک (cm)	بافت خاک	EC (dS.m ⁻¹)	pH	کلسیم (mg/kg)	آهن (٪)	مس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	کربن آلی (٪)	نیترژن (٪)	فسفر (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم (mg.kg ⁻¹)
۰-۳۰	رسی	۳/۳۵	۸/۰۴	۱۷۲۰۰	۲۲/۵	۴۳	۲۹	۲۸	۱/۲۰	۰/۲۱	۱۷/۸	۷۲۱

عملیات داشت شامل، آبیاری، تنک کردن و محلول پاشی در طول دوره رشد، به موقع انجام شد. محلول-پاشی تیمارها در مرحله ۱۰ برگی، همزمان با تنش خشکی آغاز شد که در ۶ مرحله و به فاصله ۱۰ روز بود. تا زمان استقرار کامل بوته‌ها آبیاری در حد مطلوب و بدون اعمال تنش صورت پذیرفت و پس از این مرحله تیمار تنش کم آبی اعمال شد. تشخیص زمان آبیاری با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج خاک (Soil moisture meter PMS-714, Made in Taiwan) ابتدا کالیبراسیون دستگاه با رطوبت در حد ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی خاک انجام شد و سپس بر اساس میزان رطوبت (%) در فاصله بین دو شرایط فوق، تیمارهای تنش کم آبی اعمال شدند. درصد حجمی رطوبت در ظرفیت زراعی ۲۵ درصد و در نقطه پژمردگی دائم نیز ۱۲ درصد بود. در پایان فصل رشد در ۱۴ مهرماه زمانی که بذرها به مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی رسیدند و بذرها به رنگ زرد در آمدند گیاه برداشت شد.

اندازه‌گیری صفات کمی و کیفی علوفه

اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک

ارتفاع و قطر ساقه: در این آزمایش همزمان با برداشت علوفه ارتفاع نهایی بوته از یقه تا انتهای گل توسط سانتی‌متر و قطر ساقه توسط کولیس، برای هر ۲ بوته اندازه‌گیری شد سپس میانگین آن‌ها ثبت گردید. تعداد برگ: تعداد برگ‌ها در ساقه دو بوته از هر گلدان شمارش شد و سپس میانگین آن‌ها به‌عنوان صفت مورد نظر ثبت شد.

تعداد شاخه‌های فرعی: پس از برداشت بوته‌ها از گلدان، تعداد شاخه‌های فرعی موجود بر روی هر ۲ بوته شمارش شد سپس میانگین آن‌ها به‌عنوان صفت مورد نظر ثبت گردید.

وزن تر برگ، ساقه و گل: بعد از انتقال نمونه‌های جمع-آوری شده به آزمایشگاه، بلافاصله بعد از جدا کردن کلیه

قبل از پیاده نمودن طرح در حین عملیات تهیه بستر کاشت با توجه به تجزیه آنالیز خاک کودهای پایه شامل: نیتروژن از منبع اوره به میزان ۱ گرم، فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل به میزان ۱ گرم تأمین شدند. در طی دوره داشت کینوا نیز یک نوبت کود نیتروژن سرک به میزان ۱ گرم در زمان ۱۰ برگی شدن گیاه در سطح گلدان‌ها پخش گردید.

آماده سازی گلدان‌ها در اردیبهشت ماه صورت گرفت. اندازه هر گلدان به ارتفاع و قطر ۲۵ سانتی‌متر و در مجموع ۹۶ گلدان جهت کشت آماده شد. بذور کینوا که از مرکز ملی تحقیقات شوری یزد تهیه شده به تعداد ۵ بذر در هر گلدان و در عمق ۲-۱ سانتی‌متر خاک کاشته شد و در شرایط باز محیطی قرار داده شدند. پس از سبز شدن، بوته‌ها تنک شدند و در نهایت درون هر گلدان دو بوته نگهداری شد. عملیات کاشت در تاریخ ۹ تیر و برداشت ۱۴ مهر انجام پذیرفت.

این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۱۶ تیمار و ۶ تکرار (۳ تکرار برای علوفه و ۳ تکرار برای سایر خصوصیات فیزیوشیمیایی) به صورت گلدانی اجرا گردید. که فاکتور اول تنش کم آبی در چهار سطح: ۱- تنش در مرحله رشد رویشی (پس از استقرار گیاهی تا شروع گلدهی)، ۲- تنش در مرحله رشد زایشی (از ابتدای گلدهی تا انتهای گلدهی)، ۳- تنش در مرحله پرشدن دانه (از شروع پر شدن تا رسیدگی دانه)، ۴- بدون تنش (شاهد) در نظر گرفته شد. فاکتور دوم محلول‌پاشی در چهار سطح: ۱- محلول پاشی اسید آسکوربیک با غلظت (۲ میلی مولار)، ۲- اسید سالیسیلیک با غلظت (۲ میلی مولار)، ۳- کود کلاته میکرو کامل نانو (۲ لیتر در هزار لیتر) و شاهد (آب پاشی) بودند. کود میکرو نانو (تهیه شده از شرکت خضرا) مجموعه‌ای از ۶ نوع عنصرریز مغذی مورد نیاز برای گیاه می‌باشد که شامل (آهن، روی، مس، منگنز، بر، مولیبدن) است.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس برای صفات مورد مطالعه در این تحقیق در جدول ۳ ارائه شد (جدول ۳). بر این اساس، اثرات ساده تنش کم آبی و محلول‌پاشی، بر صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، قطر ساقه، تعداد برگ، وزن تر برگ، وزن تر ساقه، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و خاکستر کل علوفه و اثرات برهمکنش تنش کم آبی و محلول‌پاشی، بر صفات وزن تر گل آذین، وزن خشک گل، CP, DMD, WSC, ADF, CF و NDF معنی‌دار شد.

صفات مورفولوژیک

ارتفاع بوته

مقایسه میانگین نشان داد، بیشترین ارتفاع بوته (۳۹/۱۲ سانتی‌متر) از تیمار بدون تنش بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار تنش در مرحله دانه‌بندی (۳۸/۸۵ سانتی‌متر) نداشت. کم‌ترین ارتفاع بوته (۳۵/۵۶ سانتی‌متر) از تیمار تنش در مرحله رویشی بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار تنش در مرحله گلدهی (۳۵/۸۶ سانتی‌متر) نداشت (جدول ۴). تنش خشکی باعث کاهش جذب عناصر ضروری و تجمع گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود، در نتیجه باعث تخریب اکسیداتیو DNA، پروتئین و لیپیدها شده و منجر به کاهش رشد می‌شود (یزدان پناه و همکاران ۲۰۱۱). رضاپور و همکاران (۲۰۱۱)، طی آزمایشی روی گیاه دارویی سیاه-دانه گزارش کردند که تنش خشکی موجب کاهش بیوماس گیاهی، ارتفاع بوته و عملکرد دانه گردید.

مقایسه میانگین تیمارهای مختلف محلول‌پاشی نیز نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۳۹/۲۶ سانتی‌متر) از تیمار سالسیلیک اسید بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار کود نانو نداشت و باعث افزایش ۸/۹۹ درصدی نسبت به تیمار آب‌پاشی داشت. کم‌ترین ارتفاع بوته با میانگین ۳۶/۰۲ سانتی‌متر مربوط به تیمار آب‌پاشی بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار آسکوربیک اسید و کود نانو نداشت (جدول ۴). دلیل افزایش ارتفاع را می‌توان چنین بیان کرد که در تیمار محلول‌پاشی با سالسیلیک

اجزای گیاهی اعم از برگ، ساقه و گل وزن تر آنها به وسیله ترازویی با دقت یک هزارم بر حسب گرم توزین گردید.

وزن خشک برگ، ساقه و گل: برای تعیین وزن خشک علوفه کلیه اجزای گیاهی اعم از برگ، ساقه و گل هر کدام به طور مجزا داخل پاکت به آون تهویه‌دار در دمای 75 درجه سانتی‌گراد به مدت 72 ساعت منتقل گردیدند تا وزن آنها ثابت و کاملاً خشک شوند سپس به وسیله ترازوی دیجیتالی توزین گردید.

اندازه‌گیری صفات کیفی علوفه

نمونه‌های علوفه در مرحله خمیری دانه برداشت شدند. نمونه‌های برداشت شده پس از توزین بمدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. نمونه‌های خشک شده توزین و سپس آسیاب گردیدند و برای اندازه‌گیری صفات مربوط به کیفیت علوفه (NDF, CP, DMD, WSC, ADF, CF و خاکستر علوفه) با دستگاه NIR اسکن گردیدند. NIR روشی ارزان، سریع و دقیق برای ارزیابی صفات مربوط به کیفیت علوفه در مواد اصلاحی است. اگرچه، این روش نیاز به معادلات کالیبراسیون دارد، ولی بطور معمول برای ارزیابی کیفیت علوفه بسیاری از گونه‌های گیاهی مورد استفاده قرار گرفته است و به‌طور همزمان صفات متفاوت مربوط به کیفیت علوفه قابل اندازه‌گیری است (روبرتس و همکاران ۲۰۰۴).

پس از جمع‌آوری و برداشت داده‌ها، تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده برای هر آزمایش به طور جداگانه انجام شد. سپس مقایسه میانگین‌ها برای هر صفت و بر اساس روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال ۵ درصد و ضرایب همبستگی میان صفات با نرم‌افزار SAS.Ver. 9.0 انجام گرفت.

نسبت به گیاهان تیمار نشده دارد که افزایش سطح برگ در این گیاهان می‌تواند افزایش فتوسنتز و در نهایت افزایش ارتفاع را بدنبال داشته باشد.

اسید، گیاه در مقابل تنش خشکی مقاوم گردیده و اسید سالسیلیک باعث کاهش اثرات مخرب ناشی از تنش خشکی شده؛ چنین گیاهی دارای سطح برگ بزرگتری

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس برهمکنش تنش کم آبی و محلول‌پاشی بر صفات مورد مطالعه کینوا

میانگین مربعات							تعداد برگ	قطر ساقه	تعداد شاخه فرعی	ارتفاع بوته	درجه آزادی	منابع تغییر
وزن خشک گل	وزن خشک ساقه	وزن برگ	وزن تر گل	وزن تر ساقه	وزن تر برگ							
۱۷/۱۷**	۰/۰۷ ^{ns}	۲/۰۲**	۱۰۹/۱۳**	۰/۳۵ ^{ns}	۲۶/۳۶*	۴۰۲۰/۶۳**	۰/۰۰۳**	۷/۴۰*	۴۳/۲۶**	۳	تنش کم آبی	
۰/۶۱*	۰/۰۸*	۰/۸۹*	۱۶/۴۳**	۱/۱۷*	۳۷/۱۴**	۹۰۳/۵۲*	۰/۰۰۹**	۶/۷۴*	۲۳/۴۴ ^{ns}	۳	محلول‌پاشی	
۰/۴۶*	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۴/۵۱*	۰/۰۱ ^{ns}	۳/۴۸ ^{ns}	۱۶۵/۴۲ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۱/۳۵ ^{ns}	۵/۲۴ ^{ns}	۹	تنش کم آبی × محلول‌پاشی	
۰/۱۹	۰/۰۲	۰/۲۴	۱/۵۴	۰/۳۵	۷/۷۳	۲۱۴/۲۷	۰/۰۰۱	۲/۱۶	۸/۲۴	۳۲	خطای آزمایش	
۱۰/۸۹	۱۲/۸۱	۱۰/۴۷	۹/۶۰	۱۲/۷۶	۱۲/۵۶	۱۴/۰۰۴	۱۵/۲۳	۷/۵۵	۷/۶۸	-	ضریب تغییرات (%)	

**، * و ns به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار می باشد.

ادامه جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس برهمکنش تنش کم آبی و محلول‌پاشی بر صفات مورد مطالعه کینوا

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییر
NDF	CF	ASH	ADF	WSC	DMD	CP		
۶۶/۶۶**	۱۲/۸۴**	۱/۵۵*	۶۴/۰۲**	۸/۱۴**	۴۹/۰۲**	۴۶/۴۱**	۳	تنش کم آبی
۳۲/۱۲**	۱/۳۴*	۱/۳۴*	۳۰/۸۲**	۳/۶۸**	۴۶/۷۷**	۱/۴۰*	۳	محلول‌پاشی
۵/۳۳**	۳/۹۵**	۰/۳۳ ^{ns}	۵/۱۱**	۳/۲۳**	۱۳/۵۴**	۱۳/۱۵**	۹	تنش کم آبی × محلول‌پاشی
۰/۸۹	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۸۵	۰/۳۸	۰/۶۶	۰/۴۷	۳۲	خطای آزمایش
۱/۹۷	۲/۵۳	۶/۶۰	۲/۲۱	۲/۹۹	۱/۵۴	۲/۲۸	-	ضریب تغییرات (%)

**، * و ns به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار، پروتئین خام (CP)، ماده خشک قابل هضم (DMD)، کربوهیدرات‌های محلول در آب (WSC)، دیواره سلولی بدون همی سلولوز (ADF)، خاکستر علوفه (ASH)، فیبر خام (CF)، دیواره سلولی نا محلول در شوینده خنثی (NDF)

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات ساده صفات مورفولوژیک علوفه کینوا

تیمار	ارتفاع بوته (cm)	تعداد شاخه فرعی	قطر ساقه (mm)	تعداد برگ	وزن تر برگ	وزن تر ساقه	وزن خشک برگ (g.plant ⁻¹)	وزن خشک کل ساقه (%)	خاکستر
تنش کم آبی									
بدون تنش	۳۹/۱۲ a	۲۰/۴۱ a	-	۱۲۴/۹۱ a	۲۳/۳۹ a	-	۵/۱۳ a	-	۹/۳۰ b
تنش در مرحله رویشی	۳۵/۵۶ b	۱۹/۱۶ ab	-	۱۱۴/۹۱ a	۲۲/۱۴ ab	-	۴/۹۳ a	-	۱۰/۰۱ a
تنش در مرحله گلدهی	۳۵/۸۶ b	۱۸/۵۸ b	-	۹۱/۰۰ b	۲۲/۹۱	-	۴/۸۱ a	-	۱۰/۰۱ a
تنش در مرحله دانه- بندی	۳۸/۸۵ a	۱۹/۷۵ ab	-	۸۷/۲۵ b	۲۰/۰۳ b	-	۴/۱۸ b	-	۹/۷۹ ab
LSD 0.05	۲/۳۹	۱/۲۲	-	۱۲/۲۰	۲/۳۱	-	۰/۴۰	-	۰/۵۴
محلول پاشی									
آسکوربیک اسید	-	۱۹/۹۱ a	۲۷ c	۱۱۰/۲۵ a	۲۴/۰۵ a	۴/۶۳	۵/۰۴ a	۱/۳۱ ab	۹/۹۶ a
سالیسیلیک اسید	-	۲۰/۰۸ a	۳۰ a	۱۰۲/۷۵	۲۱/۵۱ bc	۴/۹۵ a	۴/۷۲ ab	۱/۳۲ ab	۱۰/۰۵ a
کود نانو	-	۱۹/۵ ab	۲۹ b	۱۱۲/۰۸ a	۲۲/۹۳ ab	۴/۸۶ a	۴/۸۹ a	۱/۴۰ a	۹/۸۸ a
آب پاشی	-	۱۸/۴۱ b	۲۴ d	۹۳/۰۰ b	۱۹/۹۹ c	۴/۲۵ b	۴/۴۱ b	۱/۲۰ b	۹/۳۱ b
LSD 0.05	-	۱/۲۲	۰/۰۲۶	۱۲/۲۰	۲/۳۱	۰/۴۹	۰/۴۰	۰/۱۱۷	۰/۵۴

حرف مشترک به معنی عدم وجود اختلاف معنی دار بین میانگین‌ها می‌باشد.

با میانگین ۱۸/۵۸ بدست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد کاهش ۸/۹۶ درصدی داشت (جدول ۴). رطوبت مناسب سبب افزایش ارتفاع بوته و شاخه و برگ بیشتر و در نتیجه تعداد کپسول بیش‌تر در بوته سیاه‌دانه شد که به افزایش عملکرد دانه منجر می‌شود (جامی و همکاران ۲۰۱۵). مقایسه میانگین تیمارهای محلول‌پاشی نشان داد که بیش‌ترین تعداد شاخه فرعی از تیمار سالیسیلیک اسید با میانگین ۲۰/۰۸ بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار آسکوربیک اسید و کود نانو نداشت و در مقایسه با تیمار آب‌پاشی افزایش ۹/۰۷ درصدی داشت. کم‌ترین تعداد شاخه فرعی در تیمار آب‌پاشی با میانگین ۱۸/۴۱ مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری با تیمار کود نانو نداشت (جدول ۴). سالیسیلات اثرات کلیدی در گیاهان متأثر از تنش از جمله اثر بر جذب عناصر معدنی، پایداری غشاء و روابط آبی، عملکرد روزنه‌ها و

محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک احتمالاً از طریق بهبود تثبیت کربن، سنتز متابولیت‌ها و حفظ وضعیت آب بافت‌های گیاهی باعث افزایش رشد می‌شود (فاروک و همکاران ۲۰۱۰). در تحقیقی گزارش شد در شرایط ۵۰ میلیمتر نسبت به ۱۱۰ میلیمتر تبخیر در تیمار محلول-پاشی سولفات روی، ۲۵ درصد کاهش ارتفاع گیاه کینوا مشاهده شد، در حالی که در تیمار عدم محلول‌پاشی کاهش ارتفاع در شرایط تبخیر شدید نسبت به شاهد ۳۷ درصد بود (ضیائی و همکاران ۲۰۲۰).

تعداد شاخه فرعی

در تیمار بدون تنش با میانگین ۲۰/۴۱ بیش‌ترین تعداد شاخه فرعی مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری با تیمار تنش در مرحله دانه‌بندی و رویشی نداشت. کم-ترین تعداد شاخه فرعی از تیمار تنش در مرحله گلدهی

حساسیت رشد سلول به کمبود رطوبت، کاهش قابل توجه در رشد برگ و در نتیجه مساحت برگ است، با کاهش سطح برگ و کاهش فتوسنتز، عملکرد بیولوژیکی گیاه کاهش می‌یابد (فتحی و تاری ۲۰۱۶).

در تیمارهای محلول‌پاشی، بیشترین تعداد برگ از تیمار کود نانو با میانگین ۱۱۲/۰۸ برگ بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار آسکوربیک اسید و سالیسیک اسید نداشت و در مقایسه با تیمار آب‌پاشی افزایش ۲۰/۵۱ درصدی داشت. کم‌ترین تعداد برگ در تیمار آب-پاشی با میانگین ۹۳ برگ مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری با تیمار سالیسیک اسید نداشت (جدول ۴). مطابق با نتایج ما در این تحقیق، عبدالله و همکاران (۲۰۱۵) اعلام کردند محلول‌پاشی با تیمار سالیسیک اسید سبب افزایش تعداد برگ کینوا شد که دلیل آن را اثر تحریک‌کنندگی سالیسیک اسید بر بافت فتوسنتز کننده دانستند.

وزن تر برگ

بیشترین وزن تر برگ در تیمار بدون تنش با میانگین ۲۳/۳۹ گرم در بوته مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری با تیمار تنش در مرحله رویشی و گلدهی نداشت. کم‌ترین وزن تر برگ از تیمار تنش در مرحله دانه‌بندی با میانگین ۲۰/۰۳ گرم در بوته بدست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد کاهش ۱۴/۳۶ درصدی داشت (جدول ۴). هونگ بو شائو و همکاران (۲۰۰۹) گزارش دادند که کاهش آب منجر به کاهش جذب عناصر می‌شود و از این طریق نیز رشد برگ‌ها نیز کاهش می‌یابد. بنابراین با کاهش سطح برگ، سطح تعرق گیاه کاهش می‌یابد و این اولین مکانیسم گیاه برای مقابله با خشکی به حساب می‌آید. کاهش سطح برگ، سطح جذب نور خورشید و به دنبال آن سطح فتوسنتزی گیاه کاهش و نهایتاً منجر به کاهش تولید ماده خشک و عملکرد گیاه می‌گردد. مقایسه میانگین تیمارهای محلول‌پاشی نیز نشان داد که بیش‌ترین وزن تر برگ از تیمار آسکوربیک اسید با میانگین ۲۴/۰۵ گرم در بوته بدست آمد که اختلاف

بازدارندگی سنتز اتیلن و بهبود رشد دارد (رهبریان و صالحی ۲۰۱۴). همسو با یافته‌های ما در این تحقیق، ضیائی و همکاران (۲۰۲۰) در تحقیقی روی گیاه کینوا اظهار داشتند بیشترین تعداد شاخه در بوته در تیمار ۵۰ میلی‌متر تبخیر و کمترین در تیمار ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به‌دست آمد. در تیمار ۵۰ میلی‌متر تعداد شاخه ۲۱ درصد نسبت به تیمار ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر بیشتر بود. بیشترین تعداد شاخه به ترتیب در تیمارهای سولفات روی، سولفات منگنز و عدم محلول‌پاشی مشاهده گردید.

قطر ساقه

مقایسه میانگین تیمارهای مختلف محلول‌پاشی نشان داد که بیش‌ترین قطر ساقه با میانگین ۳۰ میلی‌متر از تیمار سالیسیک اسید بدست آمد و باعث افزایش ۲۵ درصدی نسبت به تیمار آب‌پاشی داشت. کم‌ترین قطر ساقه با میانگین ۲۴ میلی‌متر مربوط به تیمار آب‌پاشی بود (جدول ۴). آذرپور و همکاران (۲۰۱۴) ارزیابی سطوح مختلف آسکوربیک اسید در گیاه کینوا دریافتند که آسکوربیک اسید اثر معنی‌داری بر صفات مورفولوژیکی و زراعی این گیاه داشته و بیش‌ترین و کم‌ترین قطر ساقه به ترتیب از تیمار ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی) بدست آمد. همچنین کاربرد اسید سالیسیک بعد از پرولین موجب بهبود صفاتی از قبیل طول برگ، ارتفاع، قطر ساقه و تعداد برگ در گیاه سورگوم شد (ریاحی و همکاران ۲۰۱۱).

تعداد برگ

بیش‌ترین تعداد برگ در تیمار بدون تنش با میانگین ۱۲۴/۹۱ مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری با تیمار تنش در مرحله رویشی (۱۱۴/۹۱) نداشت. کم‌ترین تعداد برگ از تیمار تنش در مرحله دانه‌بندی با میانگین ۸۷/۲۵ بدست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد کاهش ۳۰/۱۴ درصدی داشت (جدول ۴). در واقع مهم‌ترین نتیجه

مقایسه با تیمار شاهد کاهش ۱۸/۵۱ درصدی داشت (جدول ۴). پژوهش‌های موسوی و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که تنش شدید باعث کاهش ۶۲/۷ درصدی عملکرد ماده خشک کل نسبت به تیمار بدون تنش در گیاه برنج (*Oryza sativa*) شد. نتایج این پژوهش نیز نشان‌دهنده تاثیر نامطلوب تنش بر ماده خشک تولیدی بود. مقایسه میانگین تیمارهای محلول‌پاشی نشان داد که بیش‌ترین وزن خشک برگ از تیمار آسکوربیک اسید با میانگین ۵/۰۴ گرم در بوته بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار کود نانو و سالیسیلیک اسید نداشت و در مقایسه با تیمار آب‌پاشی افزایش ۱۴/۲۸ درصدی داشت. کم‌ترین وزن خشک برگ در تیمار آب‌پاشی با میانگین ۴/۴۱ گرم در بوته مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری با تیمار سالیسیلیک اسید نداشت (جدول ۴). محققان نشان دادند که تغذیه برگ با اسید آسکوربیک سبب می‌شود تا فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاهش یابند، به گونه‌ای که اسید آسکوربیک به‌کار رفته سبب می‌شود تا اکسیداسیون چربی غشای سلولی و نیز محتوای مالون دی‌آلدئید در برگ و ریشه کاهش یابد. آسکوربات در تنظیم تقسیم سلولی و فتوسنتز دخیل است. همچنین آسکوربات سلول‌های گیاهی را برای حفاظت در مقابل آسیب‌های اکسیداتیو، به یک سیستم جاروب کننده رادیکال‌های آزاد مجهز می‌کند (ال‌گاباس ۲۰۰۶). در نتایج قنبری‌تیلیمی و همکاران (۲۰۱۴) مشاهده شد که اثر محلول‌پاشی متانول و اسید آسکوربیک بر وزن خشک بوته، تعداد غلاف در متر مربع، وزن هزار دانه و عملکرد دانه سویا معنی‌دار بود.

وزن خشک ساقه

مقایسه میانگین تیمارهای مختلف محلول‌پاشی نشان داد که بیش‌ترین وزن خشک ساقه با میانگین ۱/۴۰ گرم در بوته از تیمار کود نانو بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار سالیسیلیک اسید و آسکوربیک اسید نداشت و باعث افزایش ۱۶/۶۶ درصدی نسبت به تیمار

معنی‌داری با تیمار کود نانو نداشت و در مقایسه با تیمار آب‌پاشی افزایش ۲۰/۳۱ درصدی داشت. کم‌ترین وزن تر برگ در تیمار آب‌پاشی با میانگین ۱۹/۹۹ گرم در بوته مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری با تیمار سالیسیلیک اسید نداشت و اختلاف معنی‌داری بین تیمار کود نانو و سالیسیلیک اسید مشاهده نشد (جدول ۴). اسید آسکوربیک از آنتی‌اکسیدان‌های بسیار قوی می‌باشد که با احیای رادیکال‌های آزاد موجب بازدارندگی آن‌ها می‌شود و نقش بسیار مهمی در مسیر آسکوربات-گلوتاتیون و حذف گونه‌های فعال اکسیژن در کلروپلاست و سیتوسل دارد (رحال و همکاران ۲۰۱۴).

وزن تر ساقه

مقایسه میانگین تیمارهای مختلف محلول‌پاشی نشان داد که بیش‌ترین وزن تر ساقه با میانگین ۴/۹۵ گرم در بوته از تیمار سالیسیلیک اسید بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار کود نانو و آسکوربیک اسید نداشت و باعث افزایش ۱۶/۴۷ درصدی نسبت به تیمار آب‌پاشی داشت. کم‌ترین وزن تر ساقه با میانگین ۴/۲۵ گرم در بوته مربوط به تیمار آب‌پاشی بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار آسکوربیک اسید نداشت. بهنام‌نیا و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که کمبود آب، باعث کاهش وزن تازه و خشک ساقه در گیاه *Lycopersicon esculentum* L. می‌گردد. نتایج مطالعات عبدالله و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک موجب افزایش وزن تر و خشک بخش هوایی کینوا گردید.

وزن خشک برگ

بیش‌ترین وزن خشک برگ در تیمار بدون تنش با میانگین ۵/۱۳ گرم در بوته مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری با تیمار تنش در مرحله رویشی و گلدهی نداشت. کم‌ترین وزن تر برگ از تیمار تنش در مرحله دانه‌بندی با میانگین ۴/۱۸ گرم در بوته بدست آمد که در

این عناصر سبب رشد بهتر ریشه و گسترش بیشتر آن در خاک می‌گردند که این امر سبب جذب بیشتر مواد معدنی می‌شود.

وزن تر گل آذین

مقایسه میانگین اثرات برهمکنش تنش کم آبی و محلول‌پاشی نشان داد بیش‌ترین وزن تر گل با میانگین ۱۷/۷۱ گرم در بوته مربوط به تیمار بدون تنش با محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بود. کم‌ترین وزن تر گل نیز با میانگین ۸/۴۴ گرم در بوته از تیمار تنش در مرحله گلدهی با آب‌پاشی بدست آمد (جدول ۵). تاثیر خشکی بر هریک از اجزای تشکیل دهنده گل می‌تواند منجر به تغییر در میزان تولید شود. خراسانی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۱) در سطوح مختلف خشکی را در گیاه نعنای بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش شدت خشکی، وزن تر، وزن خشک و سایر صفات رویشی گیاه، کاهش می‌یابد.

وزن خشک گل

مقایسه میانگین نشان داد بیش‌ترین وزن خشک گل با میانگین ۵/۷۶ گرم در بوته مربوط به تیمار بدون تنش با محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بود. کم‌ترین وزن خشک گل با میانگین ۲/۰۸ گرم در بوته نیز از تیمار تنش در مرحله گلدهی با محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار آب‌پاشی نداشت (جدول ۵). یکی از دلایل کاهش وزن خشک در شرایط تنش خشکی، کاهش سطح فتوسنتز کننده برگ متعاقب کاهش آماس سلولی می‌باشد. عبدالله و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که تیمار محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید باعث افزایش معنی‌دار عملکرد خشک گیاه کینوا نسبت به تیمار شاهد شد و افزایش وزن خشک گل را به افزایش تعداد برگ که منجر به بهبود فرآیند فتوسنتز می‌شود نسبت دادند.

آب‌پاشی داشت. کم‌ترین وزن خشک ساقه با میانگین ۱/۲۰ گرم در بوته مربوط به تیمار آب‌پاشی بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار آسکوربیک اسید و سالیسیلیک اسید نداشت (جدول ۴). بررسی‌ها نشان داده است که تیمار با سالیسیلیک اسید باعث افزایش مقدار لیگنین در ساختار دیواره سلولی می‌شود (وفابخش و همکاران ۲۰۰۸). که این خود نیز می‌تواند عاملی در افزایش وزن بیوماس گیاهان در معرض تنش خشکی باشد.

خاکستر علوفه (ASH)

بیش‌ترین خاکستر علوفه در تیمار تنش در مرحله رشد رویشی با میانگین ۱۰/۱۰ درصد مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری با تیمار تنش در مرحله گلدهی و دانه‌بندی نداشت. کم‌ترین خاکستر علوفه از تیمار بدون تنش با میانگین ۹/۳۰ درصد بدست آمد (جدول ۴). مقایسه میانگین تیمارهای محلول‌پاشی نیز نشان داد که بیش‌ترین خاکستر علوفه از تیمار سالیسیلیک اسید با میانگین ۱۰/۰۵ درصد بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار کود نانو و آسکوربیک اسید نداشت و در مقایسه با تیمار آب‌پاشی افزایش ۷/۹۴ درصدی داشت. به نظر می‌رسد محلول‌پاشی به طریق برگی باعث افزایش جذب عناصر غذایی می‌گردد و بنابراین افزایش خاکستر کل را به دنبال دارد. در مطالعه‌ای، تاثیر محلول‌پاشی بر محتوای خاکستر علوفه نشان داد که با افزایش جذب مواد معدنی (در اثر محلول‌پاشی روی و منگنز) توسط گیاه ارزن و تجمع این مواد در علوفه گیاه بر درصد خاکستر علوفه ارزن افزوده شد (پای‌گذار و همکاران ۲۰۰۹). افزایش غلظت اکثر عناصر غذایی سبب افزایش درصد خاکستر علوفه می‌شود که نماینده محتوای کل عناصر غذایی موجود در گیاه می‌باشد (اله دادی و همکاران ۲۰۲۰). باقری ده آبادی و همکاران (۲۰۱۷) افزایش خاکستر کل را به جذب بیشتر و بهتر عناصر غذایی به ویژه فسفر و نیتروژن، نسبت دادند و اظهار داشتند که

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات برهمکنش تنش کم آبی و محلول‌پاشی بر صفات مورد مطالعه در کینوا

NDF (%)	CF (%)	ADF (%)	WSC (%)	DMD (%)	CP (%)	وزن خشک گل (g.plant ⁻¹)	وزن تر گل آذین (g.plant ⁻¹)	تیمار	
								محلول‌پاشی	تنش کم آبی
۴۷/۲۲ d-f	۲۴/۹۱ e-g	۴۱/۱۰ ef	۱۹/۵۸ ef	۵۱/۷۱ f-h	۲۵/۳۵ h	۴/۵۶ b-e	۱۴/۶۹ bcd	۱	
۴۶/۷۱ e-g	۲۵/۱۰ e-g	۴۰/۶۰ e-g	۱۹/۸۹ d-f	۵۲/۷۳ ef	۲۵/۷۵ h	۴/۹۹ a-d	۱۵/۳۶ bc	۲	× A
۴۱/۰۱ h	۲۳/۰۰ h	۳۵/۰۲ h	۲۰/۳۶ c-e	۵۹/۹۹ a	۲۸/۵۰ ef	۵/۷۶ a	۱۷/۷۱ a	۳	
۴۵/۴۷ g	۲۵/۸۰ c-f	۳۹/۳۹ g	۲۰/۰۹ c-f	۵۵/۱۶ c	۲۷/۱۷ g	۵/۳۱ ab	۱۶/۵۴ ab	۴	
۴۹/۴۹ c	۲۵/۳۵ d-g	۴۳/۰۳ c	۲۲/۰۴ b	۵۰/۷۸ h	۳۲/۲۸ ab	۴/۳۹ de	۱۳/۸۱ cde	۱	
۴۶/۲۶ fg	۲۴/۷۳ e-g	۴۰/۱۶ fg	۲۱/۰۴ b-d	۵۷/۶۱ b	۳۰/۲۴ c	۴/۴۷ c-e	۱۶/۹۵ ab	۲	× B
۴۵/۸۷ fg	۲۶/۵۱ a-d	۳۹/۷۸ fg	۲۳/۶۵ a	۵۴/۳۰ cd	۲۸/۹۵ de	۵/۲۵ a-c	۱۶/۲۷ ab	۳	
۴۷/۵۷ c-f	۲۴/۳۱ g	۴۱/۴۵ c-f	۲۰/۲۵ c-f	۵۳/۷۲ c-e	۳۰/۰۸ cd	۳/۹۱ e	۱۲/۲۶ ef	۴	
۴۹/۰۶ c	۲۶/۷۱ a-c	۴۲/۹۰ c	۲۱/۰۶ bc	۵۰/۵۳ h	۳۰/۰۳ cd	۲/۳۳ f	۸/۴۴ h	۱	× C
۴۸/۸۶ cd	۲۶/۴۱ b-d	۴۲/۷۱ cd	۱۹/۰۸ f	۵۲/۱۴ fg	۳۰/۲۶ c	۲/۵۵ f	۹/۸۰ gh	۲	
۴۸/۴۴ c-e	۲۷/۲۴ ab	۴۲/۳ c-e	۱۹/۰۸ f	۵۲/۶۷ ef	۲۹/۷۱ cd	۲/۰۸ f	۱۰/۶۸ fgh	۳	
۴۸/۲۷ c-e	۲۴/۵۹ fg	۴۲/۱۳ c-e	۲۰/۹۹ b-d	۵۳/۶۴ de	۳۳/۳۷ a	۲/۴۶ f	۹/۸۲ gh	۴	
۵۲/۶۵ a	۲۷/۷۱ a	۴۶/۴۲ a	۲۱/۲۳ bc	۴۸/۵۵ i	۲۷/۳۸ fg	۳/۸۰ e	۸/۸۲ h	۱	
۵۱/۸۸ ab	۲۷/۵۸ ab	۴۵/۶۷ ab	۱۹/۴۰ ef	۵۰/۲۴ h	۲۱/۶۰ b	۳/۹۳ e	۱۲/۶۲ def	۲	× D
۴۷/۲۷ d-f	۲۵/۸۵ c-e	۴۱/۱۵ d-f	۲۱/۱۵ bc	۵۳/۸۷ c-e	۲۷/۷۱ fg	۴/۱۸ de	۱۱/۴۱ fg	۳	
۵۰/۹۷ b	۲۶/۹۴ a-c	۴۴/۷۸ b	۲۱/۵۶ b	۴۸/۸۳ i	۲۵/۳۹ h	۴/۳۵ de	۱۱/۶۴ efg	۴	
۱/۵۷	۱/۰۸	۱/۵۳	۱/۰۲۷	۱/۳۵	۱/۱۴	۰/۷۲	۲/۰۶۹	LSD 0.05	

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشند. A- شاهد (بدون تنش کم آبی)، B- تنش در مرحله رشد رویشی، C- تنش در مرحله رشد زایشی و D- تنش در مرحله پرشدن دانه ۱- شاهد (آب‌پاشی)، ۲- کود کلاته میکرو کامل نانو، ۳- اسید سالیسیلیک و ۴- اسید آسکوربیک پروتئین خام (CP)، ماده خشک قابل هضم (DMD)، کربوهیدرات‌های محلول در آب (WSC)، دیواره سلولی بدون همی سلولز (ADF)، فیبر خام (CF)، دیواره سلولی نا محلول در شوینده خنثی (NDF)

صفات کیفی علوفه

پروتئین خام (CP^۱)

مقایسه میانگین نشان داد، بیش‌ترین پروتئین خام با میانگین ۳۳/۳۷ درصد مربوط به تیمار تنش در مرحله گلدی با محلول‌پاشی آسکوربیک اسید بوده است. کم-ترین پروتئین خام با میانگین ۲۵/۳۵٪ مربوط به تیمار بدون تنش با آب‌پاشی بود (جدول ۵). بالا بودن پروتئین

به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های کیفی گیاهان علوفه‌ای، فاکتور مؤثر در انتخاب علوفه برای تغذیه دام محسوب می‌شود (احتشامی و همکاران ۲۰۱۳). ویچنتال و همکاران (۲۰۰۴) نیز در آزمایشی بر روی ارقام علوفه-ای سورگوم و ارزن مرواریدی دریافتند که درصد پروتئین در ارزن مرواریدی تحت شرایط دیم نسبت به آبی افزایش یافت.

1 - Crude protein

ماده خشک قابل هضم (DMD^۱)

بیشترین ماده خشک قابل هضم با میانگین ۵۹/۹۹ درصد مربوط به تیمار بدون تنش با محلولپاشی سالسیلیک اسید بود. کمترین ماده خشک قابل هضم با میانگین ۴۸/۵۵ درصد مربوط به تیمار تنش در مرحله دانه‌بندی با آب‌پاشی بود (جدول ۵). محققان بیان می‌کنند که هر چه مقادیر ADF^۲ و NDF^۳ کمتر و هر چه مقادیر هضم پذیری و پروتئین خام بیشتر باشد، ارزش غذایی گیاهان بیشتر خواهد بود (ریچه و همکاران ۲۰۰۶). بیلال و همکاران (۲۰۱۷) پایین بودن ماده خشک قابل هضم علوفه را به بالا بودن دیواره سلولی عاری از همی سلولز (ADF) آن نسبت دادند. در تحقیقی کریمی و امیرنیا (۲۰۱۹) با اعمال محلولپاشی کودهای آلی و شیمیایی در هر سه مرحله (شش برگی، ساقه‌دهی و پیش از گلدهی سورگوم علوفه‌ای) نشان دادند که میزان فیبر خام، فیبر محلول در شوینده اسیدی و خنثی کاهش یافت و در مقابل قابلیت هضم علوفه افزایش نشان داد.

کربوهیدرات‌های محلول در آب (WSC^۴)

بیشترین کربوهیدرات‌های محلول در آب با میانگین ۲۲/۶۵ درصد مربوط به تیمار تنش در مرحله رویشی با محلولپاشی سالسیلیک اسید بوده است. کمترین کربوهیدرات محلول در آب با میانگین ۱۹/۰۸ درصد مربوط به تیمار تنش در مرحله گلدهی با محلولپاشی کود نانو بود (جدول ۵). پژوهشگران عنوان کرده اند کربوهیدرات‌های محلول که متشکل از برخی قندهای ساده محلول بوده، از قابلیت هضم بالایی برخوردار هستند و همبستگی مثبت و معناداری بین کربوهیدرات‌های محلول با ماده خشک قابل هضم وجود دارد که بر این اساس می‌توان کربوهیدرات‌های محلول را به متغیرهای معرف

افزایش کیفیت علوفه افزود (نخجوان و همکاران ۲۰۱۱). سایر پژوهشگران نشان دادند که اضافه کردن اسید سالسیلیک به محیط کشت باعث افزایش قندهای محلول در گوجه فرنگی شد (پور و همکاران ۲۰۱۰). مالکی خضولو و تاجبخش (۲۰۱۷)، در تحقیقی بیان کردند که محلولپاشی کودهای شیمیایی و آلی منجر به کاهش فیبر خام، فیبر محلول در شوینده اسیدی و خنثی شده در حالی که کربوهیدرات قابل حل در آب، پروتئین خام و قابلیت هضم علوفه را در گیاه *Amaranthus hypochondriacus* L. افزایش داد.

دیواره سلولی بدون همی سلولز (ADF)

مقایسه میانگین نشان داد، بیشترین دیواره سلولی بدون همی سلولز با میانگین ۶۷/۴۲ درصد مربوط به تیمار تنش در مرحله دانه‌بندی با آب‌پاشی بود. کمترین دیواره سلولی بدون همی سلولز با میانگین ۳۵/۰۲ درصد مربوط به تیمار بدون تنش با محلولپاشی سالسیلیک اسید بود (جدول ۵). به طور کلی با توجه به اینکه علوفه دو بخش ساختمانی و دیواره سلولی (که از سلولز و همی سلولز و لیگنین تشکیل شده است) و محتوای سلولی را در برمی‌گیرد که از هیدرات‌های کربن با زنجیره ساختمانی کوتاه و از ترکیب پروتئین و اسیدهای آلی تشکیل شده است، کیفیت علوفه با لیگنینی شدن و افزایش دیواره سلولی بدون همی سلولز (ADF) کاهش می‌یابد (سلیمانی و همکاران ۲۰۱۰). همچنین با کاهش ADF شاخص ارزش غذایی نسبی افزایش می‌یابد و در نتیجه باعث بهبود کیفیت مواد غذایی می‌شود. کریمی و امیرنیا (۲۰۱۹) نشان دادند که، تمام تیمارهای محلولپاشی در همه سطوح کم‌آبی، به‌طور معنی‌داری، میزان دیواره سلولی عاری از همی سلولز پائین‌تری را در مقایسه با تیمار بدون محلولپاشی داشتند و کمترین میزان دیواره

³ - Neutral detergent fiber

⁴ - Water soluble carbohydrates

¹ - Dry matter digestibility

² - Acid detergent fiber

مقدار آنها کمتر باشد، خوشخوراکی علوفه افزایش یافته و لذا دام قادر است علوفه بیشتری مصرف کند (مگیاس و همکاران ۱۹۹۳). افزایش NDF و ADF را می‌توان به کمبود رطوبت در دسترس در شرایط دیم نسبت داد که موجب کاهش نسبت برگ به ساقه و لیگنینی شدن ساقه‌ها جهت حفظ ساختار فیزیولوژیک تحت شرایط کم آبی می‌شود (جوانمرد و همکاران ۲۰۱۹).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که تنش کم آبی در مراحل رشد زایشی (گلدهی و دوره پر شدن دانه) در مقایسه با دوره رشد رویشی اثرات منفی بیشتری داشت. محلول‌پاشی با تعدیل کننده‌های تنش خشکی اثرات مثبتی روی صفات مورفولوژیک (افزایش ارتفاع بوته، افزایش قطر ساقه، افزایش تعداد و وزن تر و خشک برگ، افزایش وزن تر و خشک ساقه) و خصوصیات کمی (افزایش وزن تر و خشک گل آذین) و کیفی (افزایش پروتئین خام، افزایش ماده خشک قابل هضم، افزایش کربوهیدرات‌های قابل حل در آب، افزایش خاکستر کل، کاهش CF، کاهش ADF و کاهش NDF) علوفه کینوا داشت. اما در شرایط تنش کم آبی در مرحله رشد زایشی به دلیل حساسیت این مرحله، محلول‌پاشی نیز نتوانست تاثیر مثبتی در جبران خسارت ناشی از تنش در این مرحله داشته باشد. بنابراین جهت تولید علوفه با کمیت و کیفیت بالا کینوا انجام آبیاری در مراحل رشد زایشی و محلول‌پاشی با تعدیل کننده‌های تنش مناسب به نظر می‌رسد. همچنین با توجه با نتایج این تحقیق مشخص شد با توجه به اینکه کینوا تا حدودی مقاوم به شرایط تنش کم آبی می‌باشد لذا به نظر می‌رسد تنش‌های کم آبی اعمال شده اثر کمی بر برخی خصوصیات کیفی علوفه داشته‌اند و بایستی در آزمایش‌های بعدی اثر تنش‌های کم آبی شدیدتر مورد سنجش قرار گیرد.

سلولی عاری از همی‌سلولز از محلول‌پاشی اسید سالسیلیک نیم میلی‌مولار در کم‌آبی شدید به دست آمد. همچنین سایر محققان نیز گزارش کردند که استفاده از کود شیمیایی فسفر تاثیر معنی‌داری بر کاهش لیاف نامحلول در شوینده اسیدی شلغم نداشت ولی کاربرد کود کامل زیستی و تلفیقی سبب کاهش لیاف نامحلول در شوینده اسیدی و افزایش کیفیت آن شدند، که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (کشاورز افشار و همکاران ۲۰۱۲).

فیبر خام (CF¹)

بیش‌ترین فیبر خام با میانگین ۲۷/۷۱ درصد از تیمار تنش در مرحله دانه‌بندی با آب‌پاشی بدست آمد. کم‌ترین فیبر خام با میانگین ۲۳ درصد نیز از تیمار بدون تنش با محلول‌پاشی سالسیلیک اسید حاصل شد (جدول ۵). به دنبال رشد گیاه میزان بافت‌های نگهدارنده و استحکامی مانند بافت اسکلرانسیم بیشتر می‌شود، این بافت‌ها نیز بیشتر از کربوهیدرات‌های ساختمانی (سلولز، همی‌سلولز و لیگنین) تشکیل شده‌اند بنابراین با کامل‌تر شدن دوره رشد گیاه و افزایش نسبت کربوهیدرات‌های ساختمانی، درصد فیبر گیاهان بیشتر می‌شود همچنین سرعت هضم فیبر در گیاهان بالغ کمتر است. در نتیجه میزان هضم فیبر در علوفه‌ای که بالغ‌تر می‌شود، با مقدار زیادی کاسته می‌شود. (باقری راد و همکاران ۲۰۰۷).

دیواره سلولی نامحلول در شوینده خنثی (NDF)

بیش‌ترین دیواره سلولی با میانگین ۵۲/۶۵ درصد از تیمار تنش در مرحله دانه‌بندی با آب‌پاشی حاصل شد. کم‌ترین دیواره سلولی با میانگین ۴۱/۰۱ درصد مربوط به تیمار بدون تنش با محلول‌پاشی سالسیلیک اسید بود (جدول ۵). فیبرهای نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی از صفات کیفی مهم علوفه می‌باشند، که هر چه

¹ - Crude fiber

سیاسگزاری

نانوکودهای مورد استفاده در این پژوهش صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

از زحمات معاونت محترم پژوهشی دانشگاه ارومیه و مسئول محترم آزمایشگاههای گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، تقدیر و تشکر می‌گردد. همچنین از مساعدت شرکت صدور احرار شرق در تامین

منابع مورد استفاده

- Abd Allah MMSH, El-Bassiouny HMS, Elewa TAE and El-Sebai TN. 2015. effect of salicylic acid and benzoic acid on growth, yield and some biochemical aspects of quinoa plant grown in sandy soil. *International Journal of ChemTech Research*, 8(12): 216-225.
- Allahdadi M, Raei Y, Bahreinejad B and Taghizadeh A. 2020. Role of nitrogen, phosphorus and bio-fertilizer in improving yield and quality indicators of artichoke fodder (*Cynara scolymus* L.). *Journal of Agricultural Sciences and Sustainable Production*, 30(2): 21-38.
- Amjad M, Akhtar SS, Yang A, Akhtar J and Jacobsen SE. 2015. Antioxidative response of quinoa exposed to iso-osmotic, ionic and non-ionic salt stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 201(6): 452-460.
- Azarpour E, Bozorg HR and Moraditochae M. 2014. Effects of ascorbic acid foliar spraying and nitrogen fertilizer management in spring cultivation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in north of iran. *Biological Forum – An International Journal*, 6(2): 254-260.
- Azooz, M.M., Ahmad, P. 2015. *Legumes under Environmental Stress: Yield, Improvement and Adaptations*. Published by John Wiley & Sons, Ltd.
- Bagheri Dehabadi M, Moghadam H, Chaichi M R and Zilouie N. 2017. The mycorrhiza and iron and zinc foliar application on quantitative and qualitative characteristics of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Crop Improvement (Journal of Agricultural Crops Production)*, 19(3): 799-815. (In Persian).
- Bagherirad E, Dianati Tilaki GA, Mesdaghi M and Khani M. 2007. An investigation on forage quality of three grasses (*Aeluropus lagopoides*, *Aeluropus littoralis*, *Puccinellia distans*) at saline and alkaline habitats of incheh-borun in golestan province. *Pajouhesh-Va-Sazandegi*, 20(3): 157-163.
- Behnamnia M, Kalantari Kh M and Rezanejad F. 2009. Exogenous application of brassinosteroid alleviates drought-induced oxidativestress in *Lycopersicon esculentum* L. *General and Applied Plant Physiology*, 35(1-2): 22-34.
- Bilal M, Ayub M, Tariq M, Tahir M and Nadeem MA. 2017. Dry matter yield and forage quality traits of oat (*Avena sativa* L.) under integrative use of microbial and synthetic source of nitrogen. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16: 236-241.
- Ehteshami SMR, Ebrahimi P and Zand B. 2013. Investigation of quantitative and qualitative characteristics of silage corn genotypes in varamin region. *Electronic Journal of Crop Production*, 5(4): 19-38.
- El-Gabas NMM. 2006. Physiological studies on the effect of ascorbic acid and micronutrients on sunflower plants grown under salinity stress. M.Sc., Thesis in Botany, Faculty Sciences, Al-Azhar University.
- Farooq M, Wahid A, Lee DJ, Cheema SA and Aziz T. 2010. Comparative time course action of the foliar applied glycinebetaine, salicylic acid, nitrous oxide, brassinosteroids and spermine in improving drought resistance of rice. *Journal of Agriculture Crop Science*, 196: 336-345.
- Fathi A and Tari DB. 2016. Effect of drought stress and its mechanism in plants. *International Journal of Life Sciences*, 10(1): 1-6.
- Food and Agriculture Organization. 2011. "An ancient crop to contribute to world food security". Regional Office for Latin America and the Caribbean. July. 2, 73-87.

- Ghanbari Tilami N, Abasspour H, Baradaran M and Firouz Aabady M. 2014. Effect of foliar application of ascorbic acid and methanol on dry matter accumulation and yield of soybean cultivars (DPX) under water deficit conditions. 6(17): 13-27.
- Hail Y, Daci M and Tan M. 2009. Evaluation of annual legumes and barley as sole crops and intercrop in spring frost conditions for animal feeding. Yield and quality. Journal of Animal Advance, 8(7): 1337-1342.
- Hajiboland R and Amirazad F. 2010. Growth, photosynthesis and antioxidant defense system in zn-deficient red cabbage plants. Plant Soil Environment, 5: 209-217.
- Hassani A and OmidBeighi R. 2002. Effects of water stress on some morphological, physiological and metabolic characteristics of basil (*Ocimum basilicum*). Agricultural Knowledge, 12(3): 47-59.
- Hong-Bo Shao L, Ye Chu C, Abdul Jaleel P, Manivannan R, Panneer Selvam M and Shao A. 2009. Understanding water deficit stress-induced changes in the basic metabolism of higher plants- biotechnologically and sustainably improving agriculture and the eco-environment in arid regions of the globe. Critical Reviews in Biotechnology, 29: 131-151.
- Jahanzad E, Jorat M, Moghadam H, Sadeghpour A, Chaichi MR and Dashtaki M. 2013. Response of a new and a commonly grown forage sorghum cultivar to limited irrigation and planting density. Agricultural Water Management, 117: 62-69.
- Jami N, Mousavi Nik SM and Naghizadeh M. 2015. The effect of drought stress and foliar application with salicylic acid on qualitative and quantitative yield of *Black cumin* under Kerman climatic conditions. Journal of Crops Improvement, 17(3): 827-840.
- Javanmard A, Nikdel H and Amani Machiani M. 2019. Evaluation of forage quantity and quality in domestic populations of hairy vetch (*Vicia villosa* L.), vetch (*Vicia sativa* L.) and caspian vetch (*Vicia hircanica*) under rainfed condition. Journal of Agricultural Sciences and Sustainable Production, 29(1): 15-31.
- Karimi R and Amirnia R. 2019. Effects of chemical and organic fertilizer on some qualitative and quantitative characteristics of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L. var. speed feed) in various phenological stages. Journal of Agricultural Sciences and Sustainable Production, 29(3): 27-38.
- Keshavarz afshar R, Chaichi MR, Moghadam H and Ehteshami SR. 2012. Irrigation, phosphorus fertilizer and phosphorus solubilizing microorganism effects on yield and forage quality of turnip (*Brassica rapa* L.) in an arid region of Iran. Agriculture Research, 1: 370-378. In Persian with English abstract).
- Khorasaninejad S, Mousavi A, Soltanloo H, Hemmati K and Khalighi A. 2011. The effect of salinity stress on growth parameters, essential oil yield and constituent of peppermint (*Mentha piperita* L.). World Applied Sciences Journal, 11(11): 1403-1407.
- Liu R and Lal R. 2015. Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. Science of The Total Environment, 514C: 131-139.
- Liu X, Feng Z, Zhang S, Zhang J, Xiao Q and Wang Y. 2006. Preparation and testing of cementing nano-sub nanocomposites of slower controlled release of fertilizers. Science Agriculture Sin, 39: 1598-1604.
- Maleki Khezerlu S, Tajbakhsh M, 2017. Study of morphological characteristics and forage quality of *Amaranthus hypochondriacus* L. under some Seed Priming. Field Crops Research, 15(1): 103-112. (In Persian).
- Megias M, Martinez A, Gallego JA and Oliver P. 1993. Fermentative and nutritive changes during artichoke (*Cynaras colymus* L.) by-product ensilage. Bioresource Technology, 43: 237-239.
- Mousavi M, Bahmanyar MA and Pirdashti H. 2012. The response of rice plant to perennial application of vermicompost alone and plus with different chemical fertilizers. Electronic Journal of Crop Production, 5(2): 19-35.

- Nakhjavan S, Bajolvand M, Jafari AA and Sepavand K (2011) Variation for yield and quality traits in populations of sainfoin (*Onobrychis sativa*) American-Eurasian. Agriculture and Environmental Sciences. 10(3): 380-386.
- Paygozar Y, Ghanbari A, Heydari M and Tavassoli A. 2009. Effect of foliar application of micronutrients on qualitative and quantitative characteristics of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) under drought stress. Journal of Crop Ecophysiology (Agriculture Science), 3(10): 67-79.
- Poor P, Gemes K, Horvath F, Szepesi Simon L and Tari I. 2010. Salicylic acid treatment via the rooting medium interference with stomata response, CO₂ fixation rate and carbohydrate metabolism in tomato, and decreases harmful effects of subsequent salt stress. Plant Biology, 13: 105-114.
- Raei Y, Jorat M, Moghaddam H, Chaichi MR and Weisany W. 2014. Effect of density on connotative and collective yield of forage sorghum under water limitation. Journal of Agricultural Sciences and Sustainable Production, 23(4-1): 51-65.
- Rahal A, Kumar A, Singh V, Yadav B, Tiwari R, Chakraborty S and Dhama K. 2014. Oxidative stress, prooxidants, and antioxidants: the interplay. BioMed Research International. 1-19.
- Rahbarian P and Salehi Sardoei A. 2014. Effects of drought stress and manure on herb yield and essential oil of dragonhead (*Dracocephalum moldavica*). 2th congress of Organic Agriculture, Ardabi, 212-217.
- Rezapor AR, Heidari M, Galavi M and Ramrodi M. 2011. Effect of water stress and different amounts of sulfur fertilizer on grain yield, grain yield components and osmotic adjustment in *Nigella sativa* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 27(3): 384-396.
- Riahi N, Farahbakhsh H and Pasandipour A. 2011. The effect of external use of proline, glycine betaine, salicylic acid and ascorbic acid on reducing the effects of drought stress on sorghum. 7th seminar on irrigation and evaporation reduction.
- Ritchie JC, Reeves JB, Krizek DT, Foy CD and Gitz DC. 2006. Fiber composition of eastern gamagrass forage grown on a degraded, acid soil. Field Crops Research, 97: 176-181.
- Roberts CA, Workman J and Reeves JB. 2004. Near-infrared Spectroscopy in agriculture. Madison, 212p.
- Solymani, AA, Kamkar B, Zinali E and Mokhtarpur H. 2010. Effects of planting date and harvesting time on the quality characteristics of pear millet forage (*Pennisetum glaucum*). Journal of Crop Production, 3(4): 143-160.
- Subramanian KS and Thirunavukkarasu M. 2017. Nano-fertilizers and Nutrient Transformations in Soil. In Nanoscience and Plant-Soil Systems, 48: 305-319.
- Tavousi M and Alavi Fazel M. 2013. Quinoa is a new product with high nutritional value. Agriculture and sustainable development, 55: 18-14.
- Vafabakhsh J, Nassiri Mahallati M and Koocheki A. 2008. Effects of drought stress on radiation use efficiency and yield of winter Canola (*Brassica napus* L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 6(1): 193-218.
- Weichenthal BA, Baltensperger DD and Voge KP, 2004. Feed values for annual forages in Western Nebraska. <http://digitalcommons.unl.edu/animalscinbcr/21>.
- Yazdanpanah S, Baghizadeh A and Abbassi F. 2011. The interaction between drought stress and salicylic and ascorbic acids on some biochemical characteristics of *Satureja hortensis*. African Journal of Agricultural Research, 6(4): 798-807.
- Ziaei SM, Salimi Kh and Amiri SR. 2020. Investigation of quinoa cultivation (*Chenopodium quinoa* Willd.) under different irrigation intervals and foliar application in saravan region. Scientific Journal of Crop Physiology, 12(5): 113-125. (In Persian).