



دانشگاه گوارا، دانشکده کشاورزی، جاپگاه

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد بیست و پنجم، شماره چهارم، ۱۳۹۷

<http://jopp.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jopp.2018.14189.2272

تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی بر تغییرات هورمونی و جذب عناصر غذایی سورگوم تحت دوره‌های مختلف آبیاری

*امین عباسی^۱، زهرا صیادی‌آذر^۲، فریبرز شکاری^۳ و عبدالله جوانمرد^۴

استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، دانشجوی دکتری زراعت، گروه مهندسی تولید و

ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه،

دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۵/۲۴

چکیده

سابقه و هدف: علی‌رغم بارز بودن جایگاه گیاهان علوفه‌ای در تغلیف دام، در کشورمان توجه کم‌تری به این گروه از گیاهان در مقایسه با سایر محصولات زراعی شده است که این امر به کمبود پروتئین حیوانی توأم با کاستی در کیفیت آن‌ها منجر گردیده است. امروزه وقوع تنش خشکی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده تولید مواد غذایی در نظر گرفته می‌شود. افزایش جمعیت و کاهش تولید به‌واسطه بروز تنش خشکی باعث گردیده است که مطالعه در این زمینه همواره به‌عنوان یکی از موارد مهم در پژوهش‌ها لحاظ گردد. با توجه به مقاومت گیاه سورگوم به تنش خشکی، این گیاه می‌تواند به‌عنوان راهکاری اساسی به‌منظور حل مشکل کمبود علوفه مطرح باشد که علاوه بر تولید دانه، علوفه تر و خشک آن نیز بسیار مورد توجه است. هدف از این آزمایش بررسی تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی با دوره‌های مختلف آبیاری بر خصوصیات کیفی و کمی علوفه سورگوم بود.

مواد و روش‌ها: به‌منظور مطالعه کاربرد تلفیقی کودهای زیستی، شیمیایی با دوره‌های آبیاری مختلف بر خصوصیات کیفی علوفه سورگوم رقم اسپیدفید، آزمایشی به‌صورت اسپلینت پلات بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۵ تیمار در مزرعه‌ای واقع در شهرستان نقده انجام شد. عوامل مورد بررسی در این پژوهش شامل، تیمار اصلی آبیاری با سه دور آبیاری (آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A، آبیاری بعد از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A، آبیاری بعد از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس) و تیمارهای کودی شامل ۵ سطح کودی (کود زیستی، ۱۰۰ درصد کود شیمیایی، کود زیستی + ۷۵ درصد شیمیایی، کود زیستی + ۵۰ درصد شیمیایی، کود زیستی + ۲۵ درصد شیمیایی) بود.

یافته‌ها: نتایج پژوهش حاضر بیانگر این بود که بیش‌ترین عملکرد مربوط به تیمار تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارها بر میزان جذب عناصر غذایی پرمصرف، کم‌مصرف و هورمون‌ها در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد از تو باکتر و فسفات و بیوسوپر، بر میزان عناصر جذبی گیاه و هورمون‌های گیاه اثر مثبت داشته است. بیش‌ترین مقدار هورمون اسید ایندول استیک در تیمارهای آبیاری سطح نرمال برای تمامی سطوح کودی به غیر از تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی مشاهده گردید و پایین‌ترین مقادیر این هورمون در تیمارهای تنش شدید برای تمامی سطوح کودی ثبت گردید. در رابطه با هورمون جیبرلین برتری در تیمار تلفیقی کودی و آبیاری

* مسئول مکاتبه: a.abbasi25@yahoo.com

مشاهده گردید که در دور آبیاری اول، بیش‌ترین میزان هورمون جیبرلین مربوط به تیمار کود زیستی + ۲۵ درصد شیمیایی بود و کم‌ترین میزان مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی بود و تیمارهای کود زیستی و کود زیستی + ۷۵ درصد شیمیایی و کود زیستی + ۵۰ درصد شیمیایی در یک گروه و در رتبه بعدی قرار گرفتند. بیش‌ترین میزان هورمون اسید آبسزیک مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی بود و کم‌ترین میزان این هورمون مربوط به شرایط آبیاری نرمال در تمامی تیمارهای مورد مطالعه بوده است.

نتیجه‌گیری: به‌عنوان نتیجه نهایی می‌توان چنین بیان نمود که با توجه به اقلیم خشک ایران از یک سو و تأثیر مثبت باکتری‌های محرک رشد از سوی دیگر و اهمیت سورگوم از نظر تولید علوفه به‌عنوان گیاه مقاوم به خشکی، تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی می‌تواند به‌عنوان گامی مؤثر در راستای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و هزینه‌های تولید و رفع مشکلات آلودگی زیست‌محیطی ناشی از استفاده بی‌رویه کودهای شیمیایی و کاهش اثرات تخریب تنش خشکی در کشورمان مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: ازتوباکتر، اسید ایندول استیک، بیوسوپر، جیبرلین، فسفات، نیتروژن

مقدمه

افزایش روزافزون جمعیت جهانی و عدم توانایی مراتع در برآورد نیاز غذایی دام‌ها موجب گردیده که کمبود علوفه به یکی از مشکلات اصلی دامپروری در دنیا و کشورمان تبدیل گردد. کاربرد گیاهان خانواده غلات به‌عنوان علوفه می‌تواند یکی از راهکارهای مهم برای حل این مشکل باشد (۱ و ۲). سورگوم (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) به‌عنوان گیاه زراعی مقاوم به تنش خشکی شناخته شده است که به‌منظور تولید دانه، علوفه سبز، خشک، سیلویی و چرای مستقیم دام استفاده می‌شود. علی‌رغم بارز بودن جایگاه گیاهان علوفه‌ای در تعریف دام، در کشورمان توجه کم‌تری به این گروه از گیاهان در مقایسه با سایر محصولات زراعی شده است که این امر به کمبود پروتئین حیوانی توأم با کاستی در کیفیت آن‌ها منجر گردیده است. (۳) بنابراین برای حفظ تعادل بین تغذیه دام و تولید محصولات دامی لازم است تا اقدامات اساسی در جهت زراعت گیاهان علوفه‌ای با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی و جنبه‌های اقتصادی

صورت پذیرد (۴). عناصر کم‌مصرف با وجود نیاز اندک گیاهان به آن‌ها نقش اساسی در تغذیه، واکنش‌های آنزیمی، فرآیندهای سوخت‌وسازی و مقاومت گیاهان در برابر بیماری‌ها و شرایط نامساعد محیطی ایفا می‌کنند. این عناصر شرایط عمومی گیاه را بهبود بخشیده و به‌عنوان تسهیل‌گر واکنش‌های گیاهی عمل می‌کنند (۵). تنش عناصر غذایی زمانی رخ می‌دهد که مقادیر قابل‌جذب عناصر پائین‌تر از حد مورد نیاز برای رشد باشد. این حالت ممکن است ناشی از کمبود ذاتی یک عنصر در خاک، تحرک کم عناصر غذایی در خاک، یا شکل شیمیایی عنصر غذایی باشد.

تنش‌های محیطی از عوامل مهم کاهش محصولات کشاورزی در دنیا هستند. در این میان خشکی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان و تولید محصولات گیاهی در بیش‌تر زمین‌های کشاورزی دنیا شناخته می‌شود که اثرات نامطلوبی بر رشد گیاه و تولیدات زراعی می‌گذارد. پاسخ گیاهان به تنش خشکی در سطح سلولی و مولکولی، رشد و عملکرد آن‌ها را محدود می‌نماید (۶). استفاده از

و نمو و در نهایت عملکرد گیاهان زراعی می‌گردد (۱۰).

در کشورمان با توجه به کمبود مراتع و فشار دام بر آن‌ها، بررسی و مطالعه کشت گیاهان علوفه‌ای مانند سورگوم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین با توجه به این اهمیت و توان تولیدی بالای سورگوم، آزمایشی با هدف بررسی اثر دوره‌های آبیاری و کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی بر میزان جذب عناصر غذایی و تغییرات فیتوهورمون‌های این گیاه اجرا گشت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار سال ۱۳۹۵ به صورت اسپلینت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۵ تیمار و سه تکرار در شهرستان نقده، انجام گرفت. تیمارهای پژوهشی شامل دور آبیاری در سه سطح (آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (I₁)، آبیاری بعد از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (I₂)، آبیاری بعد از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس (I₃) و مصرف کود در پنج سطح (۱۰۰ درصد کود شیمیایی بر اساس آزمون خاک (F₁)، کود زیستی (F₂)، کود زیستی + ۷۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده (F₃)، کود زیستی + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده (F₄)، کود زیستی + ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده (F₅)) بودند. قبل از اجرای آزمایش به منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک یک نمونه مرکب از مزرعه تهیه و مورد ارزیابی قرار گرفت. تغذیه کودی کشت در قالب کودهای اوره، سوپرفسفات‌تریپل و سولفات پتاسیم به مقادیر ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به خاک اضافه گردید. کود اوره در سه مرحله رشدی

روش‌های زراعی از جمله کاربرد زیستی و یا تقویت شرایط محیطی خاک ممکن است در کاهش اثرات تنش خشکی مؤثر باشد. از این رو اجرای برنامه‌های تحقیقاتی جهت برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح آبیاری در مزارع کشور به‌عنوان یکی از گزینه‌های به‌زراعی، امری لازم و ضروری است. کم‌آبی علاوه بر اثر منفی بر عملکرد، باعث بروز یا تشدید سایر تنش‌ها به‌ویژه تنش کمبود عناصر غذایی در گیاه و اختلال در روند جذب و تجمع عناصر غذایی می‌گردد که علاوه بر تلفات کود، کاهش عملکرد دانه و علوفه را به دنبال خواهد داشت (۷). در این راستا بهتر است کشت گیاهان متحمل به خشکی مانند سورگوم و امکان توسعه هرچه بیشتر در مناطق خشک و نیمه‌خشک مدنظر قرار گیرد. از طرفی نظام‌های کشاورزی با نهاده‌های کم در تلفیق با کودهای زیستی به دلیل حفاظت از منابع طبیعی، کاهش تخریب محیط‌زیست، حفظ توازن زیستی مطلوب نظام‌های کشاورزی و کمینه کردن استفاده از مواد و عملیاتی که این روابط را بر هم می‌زنند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۸). در سال‌های اخیر رویکرد به‌کارگیری باکتری‌های ریزوسفری همزیست گیاهان جهت تحریک و تسریع صفات رویشی گیاهان بیش از پیش آشکار گردیده است. برخی از این ریزوباکتری‌ها، گونه‌های جنس ازتوباکتر، سودوموناس می‌باشد که باعث افزایش تثبیت نیتروژن، محلول کردن فسفر خاک، بالا رفتن غلظت عناصر غذایی از جمله روی، گوگرد، آهن و مس می‌گردد. برآیند این تغییرات در گیاهان زراعی و خاک زراعی سبب افزایش تولید مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی (مانند اکسین، جیبرلین و سیتوکنین)، افزایش جمعیت سایر باکتری‌ها و قارچ‌های مفید، کمک به کنترل بیماری‌های قارچی و باکتریایی و آفات می‌گردد (۹) که این امر به نوبه خود باعث بهبود وضعیت رشد

آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌های مزرعه‌ای آشکار شد که کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی در شرایط تنش مورد بررسی قادر به بهبود شماری از صفات گیاهی می‌باشد. به گونه‌ای که با توجه به جدول ۱ برهم‌کنش مربوط به اعمال تنش خشکی و کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی بر محتوی آهن، روی، کلروفیل a، پرولین، ایندول استیک و جبرلین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و مقدار عنصر مس در سطح احتمال یک درصد برای عامل سطوح کودی معنی‌دار گشت. همچنین عنصر منگنز، کلروفیل b و اسید آسزیک در سطح احتمال یک درصد برای عامل سطح آبیاری معنی‌دار بوده است.

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهم‌کنش کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی به همراه سطوح آبیاری در مقادیر عنصر نیتروژن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد داشت (جدول ۱). با توجه به مقایسات میانگین صورت گرفته بالاترین میزان عنصر نیتروژن در سطح آبیاری نرمال تحت تأثیر تیمار کود زیستی + ۷۵ درصد شیمیایی با میزان ۱۹/۵۳ درصد و پایین‌ترین مقدار آن در تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و تنش شدید آبیاری با میزان ۹/۱۷ مشاهده گردید (شکل ۱).

و سوپرفسفات‌تریپل و سولفات پتاسیم قبل از کشت و در پاییز سال ۱۳۹۴ بر اساس نوع تیمار مصرف شدند. کود زیستی بیوسوپر محتوی ازتوباکتر، آزوسپیریلوم، سودوموناس و باسیلوس و کود فسفات محتوی سودوموناس و باسیلوس به صورت بذرمال مورد استفاده قرار گرفتند. بلافاصله بعد از برداشت اندازه‌گیری صفات کمی مانند ارتفاع ساقه، تعداد برگ، تعداد پنجه، قطر ساقه، ارتفاع خوشه، وزن تر کل و وزن خشک علوفه صورت گرفت. اندازه‌گیری غلظت دو هورمون اکسین و اسید آسزیک به وسیله روش کوچیما همراه با اصلاحاتی که توسط سیلویا و همکاران (۲۰۰۷) صورت گرفته بود، انجام شد (۱۱). مقدار اسید آسزیک با استفاده از تشخیص‌دهنده UV-VIS در شرایط ۲۵۴ نانومتر تعیین گردید. اندازه‌گیری غلظت هورمون جبرلین به وسیله روش بارندز و همکاران (۱۹۸۰) صورت گرفته است (۱۲). برای اندازه‌گیری غلظت عناصر موجود در علوفه از روش هضم نمونه‌های گیاهی با بهره‌گیری از روش Wet Ashing استفاده گردید (۱۳). همچنین اندازه‌گیری عناصر غذایی کم‌مصرف (روی، آهن، مس و منگنز) به روش جذب اتمی شعله‌ای به دست آمد. برای اندازه‌گیری کلروفیل و کاروتنوئید از دی‌متیل‌سولفوکسید (DMSO) استفاده گردید (۱۴). برای محاسبات آماری و مقایسه میانگین از نرم‌افزار MSTATC و برای رسم نمودارها نرم‌افزار Excel استفاده شد. در مرحله اول تجزیه واریانس ساده جهت صفات اندازه‌گیری شده انجام گرفت و پس از آن میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از

جدول ۱- جدول تجزیه واریانس اثر تنش کم آبی و تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی بر صفات مورد مطالعه.

Table 1. Analysis of variance of drought stress and biological and chemical fertilizers effect on studied traits.

میانگین مربعات Mean Square							درجه آزادی df	منابع تغییرات Sources of Variation
منگنز Manganese	آهن Iron	مس Copper	روی Zinc	پتاسیم Potassium	فسفر Phosphorus	نیتروژن Nitrogen		
0.744	0.036	0.1202	9.7207	9.386	0.909	3.7042	2	تکرار Replication
416.019**	3491.7**	3.9896 ^{ns}	257.89**	116.408**	1.2815**	74.810**	2	تنش Stress
3.0333	1.42	0.8346	1.9777	0.0146	0.127	0.2612	4	خطای اصلی Error a
4.252 ^{ns}	378.63*	5.623**	45.22**	30.108**	0.348**	38.123**	4	کود Fertilizer
1.643 ^{ns}	108.328**	0.174 ^{ns}	7.751**	2.793**	0.256**	1.4920**	8	تنش × کود Stress * Fertilizer
2.134	8.696	0.1301	0.867	0.637	0.080	0.4861	24	خطای فرعی Error B
3.5	5.1	5.6	7.8	5.8	14.8	5.0		ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

** معنی دار در سطح ۱ درصد، * معنی دار در سطح ۵ درصد و ^{ns} عدم تفاوت معنی دار.

** Significant at 1%, * Significant at 5%, ^{ns} Not-Significant.

ادامه جدول ۱-

Continue Table 1.

میانگین مربعات Mean Square							درجه آزادی df	منابع تغییرات Sources of Variation
اسید آبسیزیک Abscisic acid	اسید جیبرلیک Gibberellic acid	ایندول استیک اسید Indole-acetic acid	پرولین Proline	کاروتنوئید Carotenoid	کلروفیل B Chlorophyll b	کلروفیل a Chlorophyll a		
61.4	248.42	297.27	13.3	36.87	1993.4	349.96	2	تکرار Replication
17389.6**	9352.9**	56060.07**	2303.6**	99.47 ^{ns}	23814.7**	6.3136**	2	تنش Stress
284	42.22	27.83	11.13	83.63	380.9	200.89	4	خطای اصلی Error a
5534.6**	621.03**	1892.14**	641.6**	237.31 ^{ns}	2352.3**	41.1886**	4	کود Fertilizer
1502.3 ^{ns}	267.57**	708.18**	143.8**	317.33 ^{ns}	729.6*	559.51**	8	تنش × کود Stress * Fertilizer
632.4	42.61	45.95	10.51	77.07	331	74.24	24	خطای فرعی Error B
6.8	4.3	3.3	4.4	5.9	11	2.7		ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

** معنی دار در سطح ۱ درصد، * معنی دار در سطح ۵ درصد و ^{ns} عدم تفاوت معنی دار.

** Significant at 1%, * Significant at 5%, ^{ns} Not-Significant.

از منابع کودی حاصل شد که به احتمال زیاد علت این امر برتری جذب فسفر در تیمارهای تلفیقی کودی به دلیل بهبود شرایط فتوسنتزی می‌باشد (۱۸ و ۱۹). در شرایط تنش خشکی، کاهش سرعت انتشار فسفر از خاک به سطح ریشه نسبت به سایر عناصر غذایی بیش‌تر است، چرا که یون فسفات به ذرات رس چسبیده و کم‌تر در دسترس ریشه گیاه قرار می‌گیرد قابلیت تحرک فسفر در خاک‌های با محتوای آب پائین کم‌تر می‌باشد چرا که محتوای آب خاک بر واکنش‌های تجزیه‌ای و فعالیت‌های زیستی آن تأثیرگذار است (۲۰).

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهم‌کنش کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی به همراه سطوح آبیاری در مقدار عنصر پتاسیم دارای تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بود (جدول ۱). پتاسیم عنصری ضروری و پرمصرف برای همه موجودات زنده می‌باشد که در فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاهان شرکت دارد. این عنصر به دلیل غلظت زیاد آن در سیتوسل و کلروپلاست برای اکثر واکنش‌های آنزیمی الزامی می‌باشد. کاهش جذب پتاسیم در شرایط تنش خشکی باعث کاهش میزان حلالیت پتاسیم و به دنبال آن کاهش جذب آن توسط ریشه‌های گیاه می‌گردد، از طرفی کلونیدهای خاک با قدرت بیش‌تری پتاسیم را جذب می‌کنند و مانع جذب آن توسط ریشه می‌شوند (۲۱).

در رابطه با عنصر روی تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهم‌کنش کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی به همراه سطوح آبیاری در مقدار عنصر روی گیاهان تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۱). با توجه به مقایسات

نیترژن عنصر اصلی تشکیل‌دهنده پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه در گیاهان می‌باشد. مواد آلی خاک به‌ویژه ترکیبات اسید هیومیک عمده‌ترین ذخایر نیترژنی خاک برای گیاهان و ریز جانداران به‌شمار می‌روند. ۹۵ درصد از کل نیترژن در خاک به شکل ترکیبات آلی می‌باشند و مقدار کمی از این عنصر به شکل معدنی در خاک یافت می‌شود (۱۵). نیترژن به‌علت حضور در ساختمان کلروفیل سبب افزایش رشد سبزینه‌ای و بافت‌های فتوسنتزکننده گیاه مانند برگ‌ها و افزایش شاخص سطح برگ می‌گردد (۱۶). افزایش فتوسنتز و تولید آسمیلات‌ها سبب افزایش عملکرد گیاه می‌گردد. از دلایل افزایش عملکرد به موازات مصرف نیترژن افزایش میزان کلروفیل در برگ گیاهان می‌باشد (۱۷). همچنین به‌علت نقش نیترژن در ساختار اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها و نقش حیاتی در گیاه زیاد بودن نیترژن سبب افزایش وزن خشک ساقه سورگوم گردید.

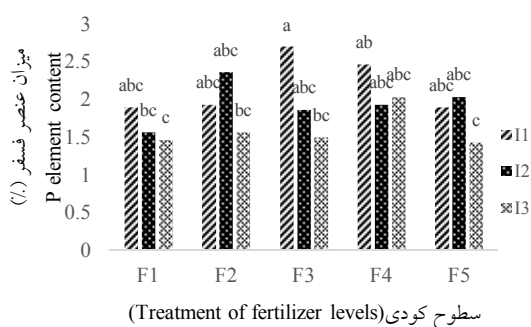
تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهم‌کنش کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی به همراه سطوح آبیاری در مقادیر عنصر فسفر دارای تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بود (جدول ۱). در این پژوهش عنصر فسفر تحت‌تأثیر دوره‌های متفاوت آبیاری و سطوح کودی قرار گرفت، با توجه به مقایسات میانگین صورت گرفته بالاترین میزان عنصر فسفر در سطح آبیاری نرمال تحت‌تأثیر تیمار کود زیستی + ۷۵ درصد شیمیایی با میزان ۲/۷ و پایین‌ترین مقدار این عنصر به‌صورت مشترک در تیمارهای ۱۰۰ درصد کود شیمیایی در شرایط تنش شدید با میزان ۱/۴۶ و تیمار کود زیستی + ۲۵ درصد کود شیمیایی با میزان ۱/۴۳ مشاهده گردید (شکل ۲). بیش‌ترین جذب فسفر گیاه سورگوم در استفاده تلفیقی

با نتیجه آزمایش خسروجردی و همکاران (۲۰۱۳) بود. بنا به گزارش آن‌ها کاربرد باکتری ریزوبیوم در کشت نخود توانست غلظت عنصر روی را از ۴۲/۵۴ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار شاهد به ۵/۳۱ میلی‌گرم در کیلوگرم در بهبود دهد (۲۴). همچنین یزدانی و پیردشتی (۲۰۱۱) با کاربرد باکتری‌های محرک رشد و حل‌کننده فسفات در کشت ذرت سینگل کراس ۶۰۴ افزایش غلظت و جذب روی را در اندام هوایی گیاه گزارش نمودند (۲۵).

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهم‌کنش کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی به همراه سطوح آبیاری در مقادیر عنصر مس تفاوت معنی‌داری حاصل نشد (جدول ۱) در رابطه با اثرات ساده مورد مطالعه عامل سطوح کودی مورد استفاده روی جذب عنصر مس تأثیر گذاشت که با توجه به مقایسات میانگین صورت گرفته بالاترین میزان عنصر مس در تیمار کود زیستی با میزان ۰/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و تیمار کودی ۱۰۰ درصد کود شیمیایی با میزان ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم در رتبه پایین‌تر قرار گرفت و سایر سطوح کودی تلفیق کودهای زیستی با شیمیایی هر ۴ سطح در یک گروه قرار داشته و از نظر آماری با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۵). در شرایط تنش خشکی، تر و خشک شدن متوالی و طولانی در خاک باعث آزادسازی پتاسیم می‌گردد این روند برای عنصر مس نیز گزارش شده است (۲۶). در پژوهش‌های چن و همکاران (۲۰۱۵) و هاوا و همکاران (۲۰۰۷) در مورد گندم و برنج کاهش میزان عنصر مس در اثر افزایش کاربرد نیتروژن گزارش شده است که در راستای نتایج این پژوهش می‌باشد (۲۸) و (۲۷). مس عنصر ضروری در گیاهان می‌باشد و در تسریع واکنش‌های ردوکس درون میتوکندری و کلروپلاست شرکت می‌کند. با افزایش عنصر مس

میانگین صورت گرفته میزان عنصر روی در تیمار کاربرد تلفیقی کود زیستی + ۷۵ درصد شیمیایی در شرایط بدون تنش با مقدار ۱۹/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم در بیش‌ترین مقدار خود بود که با تیمارهای ۱۰۰ درصد کود زیستی، کاربرد تلفیقی کود زیستی + ۲۵ درصد شیمیایی و کاربرد تلفیقی کود زیستی + ۵۰ درصد شیمیایی تفاوت معنی‌داری نشان نداد. کم‌ترین میزان متعلق به تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی با میزان ۵/۷ گرم در کیلوگرم ماده خشک بود. کاربرد تلفیقی کود زیستی به همراه ۷۵ درصد کود شیمیایی توانست میزان عنصر روی را در برگ‌های گیاهان ۷۰/۶۱ درصد بهبود بخشد. بر اساس مقایسات میانگین صورت گرفته، با افزایش دور آبیاری میزان جذب عنصر روی کاهش یافت (شکل ۴) به‌گونه‌ای که در دور دوم آبیاری میزان عنصر روی در تیمار کاربرد تلفیقی کود زیستی + ۷۵ درصد شیمیایی با مقدار ۱۱/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم و در دور سوم آبیاری میزان این عنصر به ۹/۶۷ کاهش یافت. همانند دور آبیاری اول در دور آبیاری سوم نیز کاربرد کود زیستی به همراه ۷۵ درصد شیمیایی توانست مقدار جذب عنصر روی را ۴۱/۰۵ درصد افزایش دهد. عنصر روی یکی از عناصر مهم و ضروری در فرآیند رشد و نمو در گیاهان و جانوران می‌باشد. این عنصر در بسیاری از واکنش‌های آنزیمی، فرایندهای سوخت‌وسازی و واکنش‌های اکسایشی-کاهشی نقش اساسی ایفا می‌کند. کمبود روی در خاک‌ها به‌عنوان اختلال تغذیه‌ای گسترده به‌ویژه در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک شناسایی شده است (۲۲). کمبود روی از شایع‌ترین کمبودها در عناصر کم‌مصرف در غلات می‌باشد و به‌طور معنی‌داری تولید ماده خشک گیاه را کاهش می‌دهد (۲۳). در استفاده تلفیقی از کودهای زیستی به همراه کودهای شیمیایی جذب عنصر روی افزایش یافت که نتیجه این آزمایش همسو

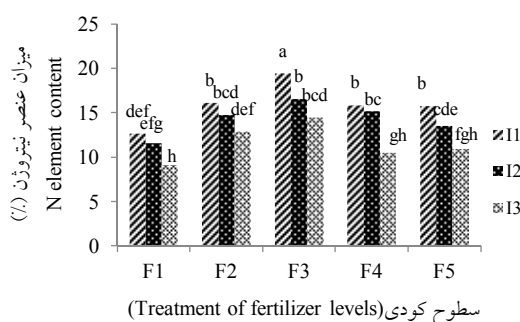
کاهش یافت (شکل ۶) به‌گونه‌ای که در سطح دوم آبیاری میزان عنصر آهن در تیمار کاربرد تلفیقی کود زیستی + ۵۰ درصد شیمیایی با مقدار ۶۵/۵۷ میلی‌گرم در کیلوگرم کاهش یافت (۳۰). آهن به‌عنوان مهم‌ترین عنصر کم‌مصرف برای گیاهان و دام‌ها بخش مهمی از گروه کاتالیزوری بسیاری از آنزیم‌های اکسیداسیون و احیاء را انجام می‌دهند و برای ساخت کلروفیل مورد نیاز است (۳۰) جذب عناصر غذایی توسط گیاه نه تنها به فراهمی عناصر غذایی در محلول خاک بلکه به کارایی ریشه برای جذب این عناصر نیز بستگی دارد. لیو و همکاران (۲۰۰۰) بیان داشتند در شرایط آبیاری مطلوب عناصر غذایی فلزی بیشتری را از طریق هیف‌های خارجی خود جذب می‌کنند که این امر به‌علت افزایش سطح تماس بیشتر نسبت به ریشه‌های گیاه و کاهش فاصله انتشار یون‌های فلزی مانند آهن و منگنز تا محل جذب است عوامل آب و هوایی از جمله دما و رطوبت خاک به‌شدت بر سوخت‌وساز گیاهی و در نتیجه بر وقوع کمبود آهن در گیاهان در شرایط مزرعه اثر می‌گذارد (۳۱).



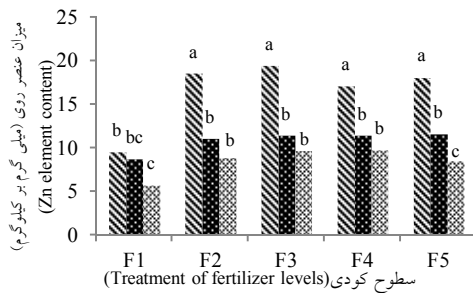
شکل ۲- اثر تیمارهای مختلف کودی و سطوح آبیاری بر محتوی عنصر فسفر. Figure 2. Effect of different fertilizer treatments and irrigation levels on P element content.

فعالیت‌های فتوسنتزی افزایش یافته که با افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی میزان تولید پیش‌ماده‌های مناسب جهت بیوسنتز کلروفیل در کلروپلاست نیز افزایش می‌یابد و در نهایت منجر به افزایش شاخص کلروفیل در برگ‌ها می‌گردد (۲۹).

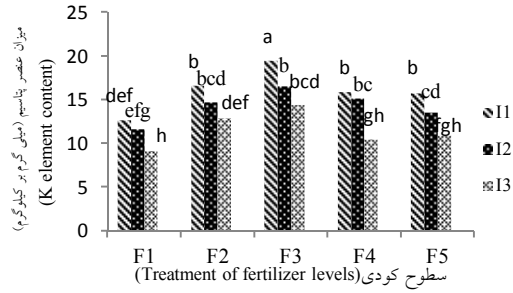
کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی به همراه سطوح آبیاری در مقادیر عنصر آهن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۱). با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها میزان عنصر آهن در تیمار کاربرد تلفیقی کود زیستی + ۵۰ درصد شیمیایی در شرایط بدون تنش با مقدار ۸۲/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم در بیش‌ترین مقدار خود بود که با تیمارهای کود زیستی، کاربرد تلفیقی کود زیستی + ۷۵ درصد شیمیایی و کاربرد تلفیقی کود زیستی + ۲۵ درصد شیمیایی تفاوت معنی‌داری نشان نداد. کم‌ترین میزان این عنصر متعلق به تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی با میزان ۵۲/۹۷ بود. کاربرد تلفیقی ۱۰۰ درصد کود زیستی به‌همراه ۵۰ درصد کود شیمیایی توانست میزان عنصر آهن را در برگ‌های گیاهان ۳۵/۶۳ درصد بهبود بخشد. با افزایش دور آبیاری میزان جذب عنصر آهن



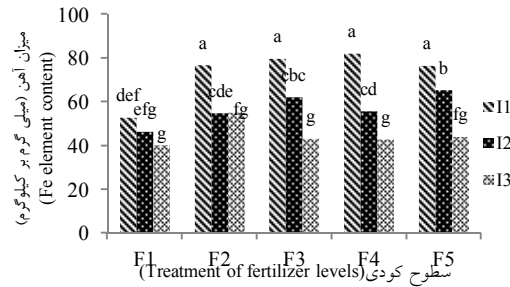
شکل ۱- اثر تیمارهای مختلف کودی و سطوح آبیاری بر محتوی عنصر نیتروژن. Figure 1. Effect of different fertilizer treatments and irrigation levels on N element content.



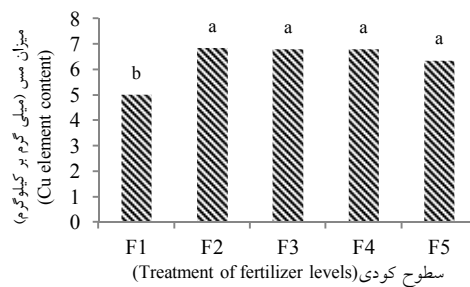
شکل ۴- اثر تیمارهای مختلف کودی و سطوح آبیاری بر محتوی عنصر روی.
Figure 4. Effect of different fertilizer treatments and irrigation levels on Zn element content.



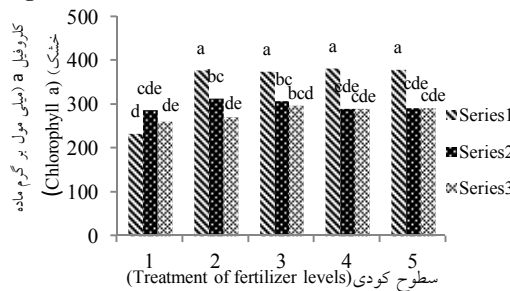
شکل ۳- اثر تیمارهای مختلف کودی و سطوح آبیاری بر محتوی عنصر پتاسیم.
Figure 3. Effect of different fertilizer treatments and irrigation levels on K element content.



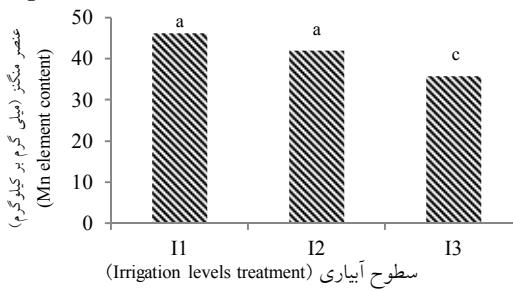
شکل ۶- اثر تیمارهای مختلف کودی و سطوح آبیاری بر محتوی عنصر آهن.
Figure 6. Effect of different fertilizer treatments and irrigation levels on Fe element content.



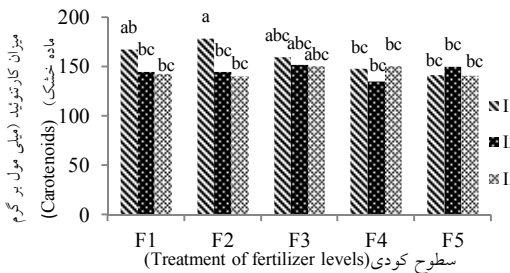
شکل ۵- اثر تیمارهای مختلف کودی و سطوح آبیاری بر محتوی عنصر مس.
Figure 5. Effect of different fertilizer treatments and irrigation levels on Cu element content.



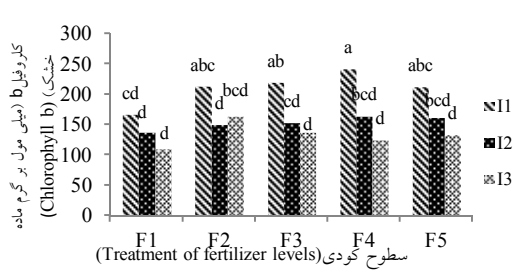
شکل ۸- اثر تیمارهای مختلف کودی و سطوح آبیاری بر محتوی کلروفیل a.
Figure 8. Effect of different fertilizer treatments and irrigation levels on Chlorophyll a content.



شکل ۷- اثر تیمارهای مختلف کودی و سطوح آبیاری بر محتوی عنصر منگنز.
Figure 7. Effect of different fertilizer treatments and irrigation levels on Mn element content.



شکل ۱۰- تیمارهای مختلف کودی و سطوح آبیاری بر محتوی کاروتنوئید.
Figure 10. Effect of different fertilizer treatments and irrigation levels on Carotenoids content.



شکل ۹- تیمارهای مختلف کودی و سطوح آبیاری بر محتوی کلروفیل b.
Figure 9. Effect of different fertilizer treatments and irrigation levels on Chlorophyll b content.

F1: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی، F2: کود زیستی، F3: کود زیستی + ۷۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده، F4: کود زیستی + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده، F5: کود زیستی + ۲۵ درصد کود و I1: سطح نرمال آبیاری، I2: تنش متوسط آبیاری و I3: تنش شدید آبیاری.

F1: 100% chemical fertilizer, F2: bio-fertilizer, F3: bio-fertilizer + 75% recommended chemical fertilizer, F4: bio-fertilizer + 50% recommended fertilizer, F5: bio-fertilizer + 25% fertilizer and I1: normal irrigation level, I2: Irrigation medium stress and I3: severe irrigation stress.

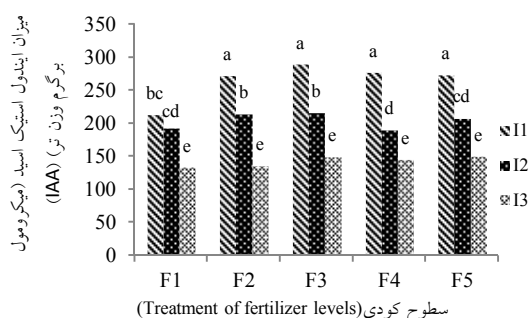
و دام‌ها بوده و اگر میزان منگنز به کم‌تر از ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم برسد، نارسایی‌های رشد و تولیدمثل به واسطه بالا بودن کلسیم و فسفر خاک و علوفه بروز خواهند کرد (۳۴).

کلروفیل a تحت‌تأثیر تلفیقی تیمارهای کودی با دوره‌های آبیاری متفاوت قرار گرفت (جدول ۱) نتایج جدول نشان داد که با افزایش دور آبیاری از میزان کلروفیل کاسته شد. در همین زمینه بیش‌ترین مقادیر کلروفیل در سطح آبیاری اولیه برای تیمارهای کود زیستی، کود زیستی + ۷۵ درصد کود شیمیایی و کود زیستی + ۵۰ درصد کود شیمیایی مشاهده گردید (شکل ۸). کمبود آب باعث تجزیه کلروفیل می‌گردد (۳۵) و گلوتامات که پیش‌ماده کلروفیل و پرولین است در اثر تنش به پرولین تبدیل شده و در نتیجه از محتوی کلروفیل کاسته می‌شود، بر همین اساس پژوهشگران بسیاری اثر منفی و کاهش تنش خشکی را بر عملکرد و اجزای عملکرد، کلروفیل a و b، پروتئین و پرولین به اثبات رسانده‌اند (۳۶). اکسیانو و همکاران (۲۰۰۸) بیان نمودند کاهش میزان کلروفیل در اثر تنش خشکی به علت افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن در سلول می‌باشد که این رادیکال‌های آزاد باعث تجزیه کاروتنوئیدها شده و در تنش‌های شدید بر میزان کاروتنوئیدها افزوده می‌شود تا مانع تخریب کلروفیل گردد (۳۷). دانا و همکاران (۲۰۰۴) افزایش ۴ واحدی شاخص محتوای کلروفیل را با کاهش محتوای آب نسبی از ۹۴ درصد به ۸۷ درصد را گزارش کردند. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت مصرف کودهای شیمیایی و زیستی با افزایش میزان نیتروژن در گیاه باعث افزایش میزان کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها شده که به دنبال آن سبزی‌نگی، توانایی جذب نور خورشید، تولید مواد فتوسنتزی و در نهایت رشد و عملکرد گیاه افزایش می‌یابد (۳۸).

نتایج تجزیه واریانس جدول ۱ نشان داد که میزان محتوی عنصر منگنز تحت‌تأثیر تیمارهای تلفیقی کودی و سطوح آبیاری قرار نگرفت. اما سطوح آبیاری توانست محتوی عنصر منگنز را تحت‌تأثیر قرار دهد و با افزایش دور آبیاری میزان منگنز کاهش یافت، به‌طوری‌که دور آبیاری نرمال بیش‌ترین میزان منگنز در حدود ۴۶/۲۵ گرم در کیلوگرم ماده خشک را شامل شد و در دور آبیاری سوم کم‌ترین میزان عنصر منگنز در حدود ۳۵/۷۸ گرم در کیلوگرم ماده خشک بود (شکل ۷). منگنز به‌عنوان پنجمین فلز فراوان در زمین ترکیبی از کانی‌های سولفید، اکسید، کربنات و سیلیکات یافت می‌باشد، حلالیت ترکیبات معدنی فوق تا حد زیادی بستگی به pH دارد. یکی از عوامل کاهش جذب عنصر منگنز وقوع تنش خشکی و تغییر pH خاک می‌باشد و دلیل دیگر رابطه جذب این عنصر با عنصر آهن به‌صورت معکوس می‌باشد (۳۲). پژوهشگران بیان نمودند که تنش آب فعالیت ریشه‌های مسن را متوقف نموده و صرفاً نوک ریشه‌ها عمل جذب عناصر غذایی را انجام می‌دهند در چنین شرایطی میزان جذب کاتیون‌های دوظرفیتی نسبت به کاتیون‌های تک‌ظرفیتی بیش‌تر می‌باشد و جذب آنیون‌ها نیز به‌صورت محدود صورت می‌گیرد. کاهش رشد، زردی برگ‌ها، کاهش ارتفاع گیاه، کاهش تعداد پنجه، کاهش جذب فسفر و کلسیم، تخریب کلروفیل، از عوارض کمبود منگنز می‌باشد (۳۳). این عنصر شدیداً تحت‌تأثیر واکنش‌های مواد آلی با خاک قرار دارد. قابلیت دسترسی پایین منگنز در خاک‌هایی با مواد آلی بالا به تشکیل کلات‌های غیرقابل‌دسترس نسبت داده می‌شود. علوفه‌هایی با بیش از ۸۰ میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم امکان روند عادی تولیدمثل در احشام را مهیا می‌سازد. زمین‌های قلیایی آهکی و شنی بستری مناسب برای کمبود اولیه منگنز در خاک، علوفه

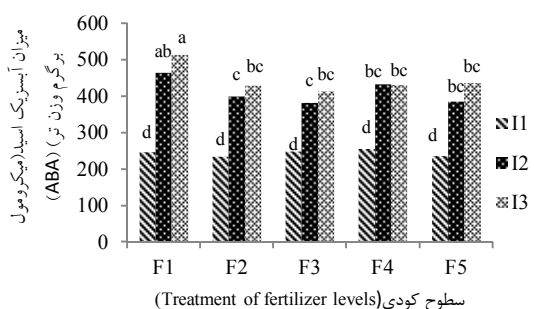
اسید ایندول استیک یک هورمون کلیدی در اغلب گیاهان و مورد نیاز برای رشد گیاهان است و به مقدار زیاد در بافت‌های جوان و راس ساقه‌ها، جوانه‌ها و میوه‌های جوان یافت می‌شود این هورمون جزء مهم‌ترین و فراوان‌ترین هورمون‌های اکسینی می‌باشد که توسط طیف وسیعی از باکتری‌های ریزوسفری از جمله باکتری‌های ریزوبیومی و سودوموناس فلورسنت تولید می‌شود، استفاده از تلقیح این باکتری‌ها می‌تواند در جهت افزایش تولیدات کشاورزی مفید واقع شود (۴۲). بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) اسید ایندول استیک تحت‌تأثیر تلقیح تیمارهای دور آبیاری و کودی قرار گرفت. بیش‌ترین مقدار این هورمون در تیمارهای آبیاری سطح نرمال برای تمامی سطوح کودی به غیر از تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی مشاهده گردید و پایین‌ترین مقادیر این هورمون در تیمارهای تنش شدید برای تمامی سطوح کودی ثبت گردید (شکل ۱۲). گیاهان در مواجهه با تنش خشکی، راهبردهای مختلف مولکولی، سلولی و ریخت‌شناسی را به‌کار می‌گیرند (۴۳). در این میان تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی چه به واسطه القا داخلی و چه به واسطه القا محیطی، نقش مهمی در بهبود وضعیت گیاه تحت شرایط تنش دارند (۴۴). هورمون اکسین در تنظیم تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌های آندوسپرم برگی و بذری نقش به‌سزایی دارد که در شرایط کمبود مواد غذایی و وجود تنش‌های محیطی مقدار این هورمون به‌شدت تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد که به‌واسطه نقش‌های مهم آن ارتفاع بوته، سطح برگ، اندازه دانه، وزن دانه، ضخامت برگ به‌شدت کاهش می‌یابد.

در این پژوهش پرولین تحت‌تأثیر تلقیح تیمار کودی و دورهای آبیاری قرار گرفت با افزایش دور آبیاری بر میزان پرولین افزوده گردید (جدول ۱) به‌طوری‌که در دور آبیاری دوم و سوم نتایج مشابه حاصل شد که هم در دور دوم و هم سوم آبیاری تأثیر کودهای زیستی و اثر تلقیحی کودهای زیستی و شیمیایی در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی به‌صورت جداگانه همگی در یک گروه قرار داشتند و تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی در رتبه پایین‌تر قرار داشت و دور اول آبیاری نسبت به دور دوم و سوم دارای میزان پرولین کم‌تری در تمامی تیمارها بود (شکل ۱۱). در طی بروز تنش خشکی بر میزان تجمع ترکیبات آلی همانند پرولین در تمام اندام‌های گیاهان افزوده می‌شود. گزارش‌های متعددی از تجمع پرولین در برگ گیاهان در شرایط تنش وجود دارد (۳۹). پرولین به‌وسیله عمل متقابل بین فسفولیپیدها موجب پایداری غشاء سلول‌ها می‌گردد. افزون بر این، به‌عنوان حذف‌کننده رادیکال‌های هیدروکسیل و یا به‌عنوان منبع نیتروژن و ذخیره انرژی استفاده می‌شود (۴۰). پرولین به‌عنوان نقش کلیدی در تنظیم اسمزی در شرایط تنش خشکی موجب افزایش مقاومت به خشکی شده و اثرات تخریبی تنش اسمزی ناشی از خشکی را تا حدودی کاهش می‌دهد. شرایط تنش کم‌آبی، غلظت پروتئین‌های محلول در آب (مانند پرولین‌ها)، در سلول افزایش یافته، در نتیجه پتانسیل اسمزی منفی‌تر شده و در نهایت جذب آب افزایش می‌یابد (۴۱).



شکل ۱۲- تیمارهای مختلف کودی و سطوح آبیاری بر میزان IAA.

Figure 12. Effect of different fertilizer treatments and irrigation levels on IAA values.

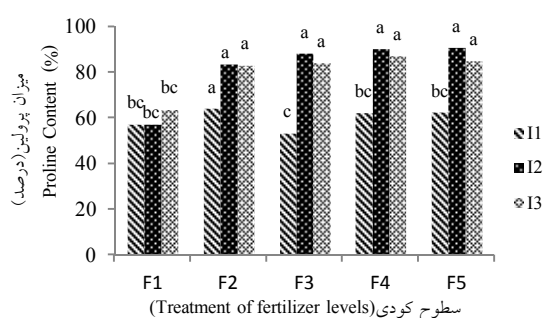


شکل ۱۴- اثر تیمارهای مختلف کودی و سطوح آبیاری بر ABA.

Figure 14. Effect of different fertilizer treatments and irrigation levels on ABA values.

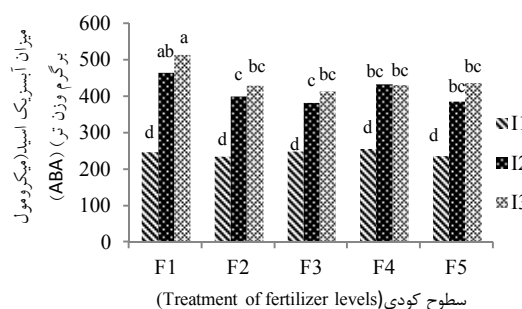
تنش خشکی سبب کاهش میزان جبرلین در گیاه دارویی بومادران شده که باکتری‌های محرک رشد بر روی جبرلین مؤثر بوده و باعث افزایش جبرلین شد (۴۵).

نتایج تجزیه واریانس جدول ۱ نشان داد که تأثیر تلفیقی تیمار دوره‌های آبیاری و تیمارهای کودی بر روی میزان اسید آبسزیک در گیاه سورگوم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. نمودار مقایسات میانگین (شکل ۱۳) نشان داد که در شرایط تنش شدید بیش‌ترین میزان هورمون اسید آبسزیک مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی بود و کم‌ترین میزان این هورمون مربوط به شرایط آبیاری نرمال در تمامی تیمارهای مورد مطالعه بوده است. عوامل محیطی مانند کمبود مواد معدنی و تنش خشکی که به‌عنوان مانعی برای رشد شناخته می‌شوند باعث افزایش اسید آبسزیک و کم شدن جبرلین‌ها می‌شوند. وقتی



شکل ۱۱- تیمارهای مختلف کودی و سطوح آبیاری بر میزان پرولین.

Figure 11. Effect of different fertilizer treatments and irrigation levels on Proline values.



شکل ۱۳- اثر تیمارهای مختلف کودی و سطوح آبیاری بر جبرلین.

Figure 13. Effect of different fertilizer treatments and irrigation levels on GA values.

نتایج تجزیه واریانس جدول ۱ نشان داد که تأثیر تلفیقی تیمار دوره‌های آبیاری و تیمارهای کودی بر روی میزان جبرلین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. نمودار مقایسات میانگین (شکل ۱۳) نشانگر برتری تیمار تلفیقی کودی و آبیاری بر روی هورمون جبرلین می‌باشد که در دور آبیاری اول بیش‌ترین میزان هورمون جبرلین مربوط به تیمار کود زیستی + ۲۵ درصد شیمیایی بود و کم‌ترین میزان مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی بود و تیمارهای کود زیستی و کود زیستی + ۷۵ درصد شیمیایی و کود زیستی + ۵۰ درصد شیمیایی در یک گروه و در رتبه بعدی قرار گرفت. جبرلین‌ها ترکیبات ترپنوئیدی هستند از واحدهای ایزوپرن ساخته شده‌اند که رشد طولی و تقسیم سلولی را افزایش می‌دهند و نیز توسعه‌پذیری سلول‌های گیاهی را افزایش می‌دهند.

نیز تحت تأثیر برهمکنش سطوح آبیاری و کودی قرار گرفتند. با کاربرد کودهای زیستی ضمن کاهش قابل توجهی در مصرف کودهای شیمیایی و به تبع آن اثرات سوء زیست محیطی آنها در راستای تحقق اهداف کشاورزی پایدار می توان به عملکرد مطلوبی نیز در گیاه سورگوم دست یافت کاربرد کودهای شیمیایی، عملکرد گیاهان زراعی را در درازمدت کاهش داده که این کاهش به دلیل اسیدی شدن خاک، کاهش فعالیت های زیستی خاک و عدم وجود ریزمغذی ها در کودهای NPK می باشد. کاربرد کودهای زیستی و مدیریت تغذیه ای از جمله روش های مؤثر برای بهبود تولیدات کمی و کیفی گیاهان زراعی بوده که باعث کاهش آلودگی منابع آب و خاک شده و هم شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک را بهبود بخشیده و نیز باعث کاهش خطرات زیست محیطی ناشی از مصرف ناصحیح کودهای شیمیایی است. کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی یک مدیریت راهبردی در راستای پایداری بوم نظام های زراعی و حفظ توازن زیستی خاک برای به حداکثر رساندن روابط زیستی مطلوب نظام های کشاورزی و افزایش تولید در نظام های کشاورزی پایدار با نهاده کافی می باشد.

گیاه تحت تأثیر کمبودهای آب، اکسیژن و مواد غذایی قرار گیرد، میزان اسید آبسزیک به سرعت بالا می رود و پس از برطرف شدن تنش، طی دو روز به حالت عادی بر می گردد. لازم به ذکر است که از این هورمون به نام هورمون تنش یاد شده است چرا که از شدت صدمات وارده از بروز تنش خشکی جلوگیری می کند، بدین صورت که باعث بسته شدن روزنه های گیاه می شود و در هنگام کم آبی مانع از دست رفتن آب گیاه می شود. تجمع اسید آبسزیک در فعالیت روزنه ها تحت شرایط تنش خشکی دخالت دارد اما از آنجا که این اسید در دیگر بافت های گیاه نیز تولید می شود. بنابراین تجمع پرولین، نیترات و یون آمونیوم ممکن است در تنظیمات اسمزی دخالت داشته باشد و از تجزیه پروتئین جلوگیری به عمل آورند (۶۶).

نتیجه گیری

اعمال تنش خشکی و کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی بر روی جذب آهن، روی، کلروفیل a، پرولین، ایندول استیک و جبرلین تأثیر گذاشت و مقدار عنصر مس فقط تحت تأثیر عامل سطوح کودی قرار گرفت. همچنین عنصر روی، کلروفیل a و اسید آبسزیک، جبرلین، پرولین و اسید ایندول استیک

منابع

1. FAO. 2009. Food and agriculture organization of the United Nations. Quarterly bulletin of statistics. Rome, Italy.
2. Kardage, Y. 2004. Forage yields, seed yields and botanical compositions of some legume-barley mixtures under rain fed condition in semi-arid regions of Turkey. Asian J. Plant Sci. 3: 295-299.
3. Rathore, P.S. 2002. Techniques and management of field crop production. Updesh Purohit for Agrobios (India), Jodhpur. Pp: 524-525.
4. Rastegar, M.A. 2005. Forage crops production. Berahmand Press. Pp: 448-449.
5. Patil, B.C., Hosamani, R.M., Ajjappalavara, P.S., Naik, B.H., Smitha, R.P. and Ukkund, K.C. 2008. Effect offoliar application of micronutrients on growth and yield components of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Karnataka J. Agric. Sci. 21: 428-430.
6. Grover, M., Ali, S.K., Sandhya, Z., Abdul Rasul, V. and Venkateswarlu, B. 2010. Role of microorganisms in adaption of agriculture crops to abiotic stresses. World J. Microbiol. Biotech. 27: 5. 1231-1240.

7. Wang, H., Zhang, L., Dawes, W.R. and Liu, C. 2001. Improving water use efficiency of irrigated crops in the North China Plain-measurements and modeling. *Agric. Water Manage.* 48: 151-167.
8. Boomsma, C.R. and Vyn, T.J. 2008. Maize drought tolerance: Potential improvements through arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Field Crops Res.* 108: 14-31.
9. Zahir, Z.A., Arshad, M. and Frankenberger, W.T. 2004. Plant growth promoting.
10. Saharan, B.S. and Nehra, V. 2011. Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review. *Life Sci. Med. Res. LSMR.* 21: 1-29.
11. Silva, M.A., Jifon, J.L., Silva, J.A.G. and Sharma, V. 2007. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. *Braz J. Plant Physiol.* 19: 193-201.
12. Barendse, G.W.M. and Werken, V.D. 1980. High-performance liquid chromatography of gibberellins. *J. Chromatogr.* 198: 449-455.
13. Jon, C. and Loon, V. 1980. Analytical Atomic Absorption Spectroscopy. Academic Press Inc. Chapter 5: Anal Organic Compounds. Pp: 158-220.
14. Niki, E. 2010. Assessment of antioxidant capacity in vitro and in vivo. *Free Radic Biol. Med.* 49: 4. 503-515.
15. Jalali, A.H. 2005. Problems and solutions to optimize nitrogen fixation in soybean. *Zeitun.* 162: 25-29. (In Persian)
16. Malakouti, M. and Nafisi, M. 1997. Use of fertilizer in irrigated and rainfed lands. Tarbiat Modares University Press. (In Persian)
17. Mansouri-Far, C., Modarres Sanavy, S.A.M. and Saberli, S.F. 2010. Maize yield response to deficit irrigation during low-sensitive growth stages and nitrogen rate under semi-arid climatic conditions. *Agric. Water Manage.* 97: 12-22. (In Persian)
18. Kumar, D. 2005. Breeding for drought resistance. In: Ashraf, M. and P.J.C. Harries (ed). *Abiotic stress tolerance in plant.* International Book Distributing Co. India. Pp: 145-175.
19. Tolanur, S.I. 2009. Effect of compost, vermicompost, farmyard manure, green manuring and nitrogen fertilizer on yield and uptake of major nutrients by rabisorghu in vertisol. *Agric. Sci.* 29: 60-62.
20. Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants.* Academic Press London. Pp: 549-561.
21. Kuchenbuch, R., Claasen, N. and Jungk, A. 1986. Potassium availability in relation to soil moisture, II calculations by means of a mathematical simulation model. *Plant Soil.* 95: 233-243.
22. Cakmak, I., Kalayci, M., Ekiz, H., Braun, H.J., Kilinc, Y. and Yilmaz, Y. 1999. Zinc deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in Turkey: A NATO-science for stability project. *Field Crops Res.* 60: 175-188.
23. Liu, J. and Zhu, J.K. 1998. A calcium sensor homolog required for plant salt tolerance. *Sci.* 280: 1943-1945.
24. Khosrojerdi, M., Shahsavani, Sh., Gholipor, M. and Asghari, H.R. 2013. Effect of rhizobium and mycorrhizal fungi inoculation on some nutrient uptake by chickpea at different levels of iron sulfate fertilizer. *EJCP.* 6: 2. 71-87. (In Persian)
25. Yazdani, M. and Pirdashti, H. 2011. Efficiency of Co-inoculation phosphate solubilizer microorganism (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on micronutrients uptake in corn (*Zea Mays* L.). *Int. Res. J. Appl. Basic Sci.* 2: 1. 28-34.
26. Martins, A.L.C., Batagha, O.C., Camargo, O.A. and Contarella, H. 2003. Corn yield and uptake of Cu, Fe, Mn and Zn from sewage sludge-amend soil with and without liming. *Revista-Basilica- Deciencia,* 27: 563-574.
27. Chen, J., Wang, Z., Zhang, H. and Yang, J. 2015. Grain quality changes and responses to nitrogen fertilizer of japonica rice cultivars released in the Yangtze River Basin from the 1950s to 2000s. *Crop J.* 3: 285-297.
28. Hao, H., Wei, Y., Yang, X., Feng, Y. and Wu, C. 2007. Effects of different nitrogen fertilizer levels on Fe, Mn, Cu

- and Zn concentrations in shoot and grain quality in rice (*Oryza sativa*). Rice Sci. 14: 4. 289-294.
29. Zare Dehabadi, S. and Asrar, Z. 2009. Study on the effects of zinc stress on induction of oxidative stress and concentration of mineral element in spearmint (*Mentha spicata* L.). Iran. J. Biol. 24: 4. 530-540. (In Persian)
 30. Pirzad, A.R., Tousi, P. and Darvishzadeh, R. 2013. Effect of Fe and Zn foliar application on plant characteristics and essential oil content of anise (*Pimpinella anisum* L.). Iran. J. Crop Sci. 15: 1. 12-23. (In Persian)
 31. Liu, A., Hamel, C., Hamilton, R.I., Ma, B.L. and Smith, D.L. 2000. Acquisition of Cu, Zn, Mn and Fe by mycorrhizal maize (*Zea mays* L.) grown in soil at different P and micronutrient levels. Mycorrhiza, 9: 331-336.
 32. Martins, A.L.C., Batagha, O.C., Camargo, O.A. and Contarella, H. 2003. Corn yield and uptake of Cu, Fe, Mn and Zn from sewage sludge-amend soil with and without liming. Revista-Basilica- Deciencia, 27: 563-574.
 33. Khold Barin, B. and Eslamzade, T. 2006. Mineral Nutrition of Coromophytes. (translation). Shiraz University Press. Pp: 495-496. (In Persian)
 34. Mohebbi-Fani, M., Nazifi, S., Ansari-Lari, M. and Namazi, F. 2010. Mixed mineral deficiencies in a dairy herd with subclinical production disorders. Comp Clin Pathol. 19: 37-41.
 35. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S.M.A. 2009. Plant drought stress effects. Mechanisms and management. Agron. Sust. Dev. 29: 185-212.
 36. Lawlor, D.W. and Cornic, G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant Cell Env. 25: 275-294.
 37. Mohammadkhani, N. and Heidari, R. 2007. Effects of water stress on respiration, photosynthetic pigments and water content in tow Maize cultivar. Pakistan J. Biol. Sci. 10: 22. 4022-4028.
 38. Abdalla, M.M. and El-Khoshiban, N.H. 2007. The influence of water stress on growth, relative water content, photosynthetic pigments, some metabolic and hormonal contents of two Triticum aestivum cultivars. J. Appl. Sci. Res. 3: 12. 2062-2074.
 39. Patger, M., Bragato, C. and Brix, H. 2005. Tolerance and physiological responses of phragmites australis to water deficit. Aquatic Bot. 81: 285-299.
 40. Vendruscolo, A.C.G., Schuster, I., Pileggi, M., Scapim, C.A., Molinari, H.B.C., Marur, C.J. and Vieira, L.G.C. 2007. Stress-induced synthesis of proline confers tolerance to water deficit in transgenic wheat. J. Plant Physiol. 164: 1367-1376.
 41. Emam, Y. and Niknejad, M. 2011. An Introduction to the Physiology of Crop Yield, Shiraz University Press, Shiraz. (In Persian)
 42. Alikhani, H., Sagfi Moradkhanloo, D. and Ebadi Nahari, A. 2011. Evaluation of the production of auxin indole acetic acid (IAA) by Rhizobium and Pseudomonas fluorescence bacteria. First National Congress of Science and Technology in Agriculture, Zanjan, Zanjan University.
 43. Witcombe, J.R., Hollington, P.A., Howarth, C.J., Reader, S. and Steele, K.A. 2008. Breeding for abiotic stresses for sustainable agriculture. Philos. Trans. R Soc. Lond B Biol. Sci. 363: 703-716.
 44. Roitsch, T. and Ehneb, R. 2000. Regulation of source-sink relations by cytokinins. Plant Growth Regul. 32: 359-367.
 45. Mir jalili, A. and Rashidi Asl, A. 2016. Effect of Drought Stress and Growth Stimulating Bacteria on the Levels of Gibberellin and Acidic Acid in Yarrow (*Achilla millefolium* L.) In Shahrery area. Second International Conference on Applied Engineering.
 46. Stewart, C.R. and Hanson, A.D. 1980. Proline accumulation as a metabolic response to water stress. P 173-189. In N.C. Turner and P.J. Kramer (eds.) Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress. John Wiley, New York.

