نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 1035-1021

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1021-1035

مقدار تولید و ارزش غذایی علوفه سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) کشت شده با کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی در رژیم‌های مختلف آبیاری

زهرا صیادی آذر[1]، عبدالله جوانمرد[2*]، فریبرز شکاری[3]، امین عباسی[4] و مصطفی امانی ماچیانی[5]

تاریخ دریافت: 1396/11/25
تاریخ پذیرش: 1397/05/03

صیادی آذر، ز.، جوانمرد، ع.، شکاری، ف.، عباسی، ا.، و امانی ماچیانی، م. 1398. مقدار تولید و ارزش غذایی علوفه سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) کشت شده با کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی در رژیم‌های مختلف آبیاری. بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (3): 1035-1021.

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی بر خصوصیات کمّی و کیفی علوفه سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) رقم اسپیدفید، آزمایشی در سال زراعی 1395 به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 15 تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه اجرا شد. فاکتور اصلی شامل رژیم‌های مختلف آبیاری (آبیاری بعد از 60 ، 100 و 140 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) و فاکتور فرعی شامل (کود زیستی بیوسوپر و فسفات بارور 2، 100 درصد کود شیمیایی، کود زیستی+ 75 درصد شیمیایی، کود زیستی+ 50 درصد شیمیایی، کود زیستی+ 25 درصد شیمیایی) بودند. نتایج نشان داد بیش‌ترین میزان عملکرد علوفه خشک (26/8 تن در هکتار) با مصرف 100 درصد کود شیمیایی بدون اختلاف معنی‌دار با تیمار کود زیستی+ 75 درصد کود شیمیایی به‌دست آمد. هم‌چنین کم‌ترین میزان عملکرد علوفه خشک (20/6 تن در هکتار) نیز با کاربرد انفرادی کود زیستی حاصل شد. با افزایش دور آبیاری از میزان عملکرد علوفه خشک سورگوم کاسته شد. به‌طوری‌که میزان عملکرد علوفه خشک در دور آبیاری اول نسبت به دور آبیاری دوم و سوم به‌ترتیب 10/04 و 26/44 درصد افزایش یافت. بیش‌ترین میزان ماده خشک قابل هضم، کل ماده غذایی قابل هضم، ارزش نسبی تغذیه‌ای و انرژی ویژه شیردهی با کاربرد تلفیقی کود زیستی+ 25 درصد کود شیمیایی به‌دست آمد. هم‌چنین بیش‌ترین میزان شاخص‌های CP، WSC، DMI، DMD، TDN، RFV، NE_L و نسبت برگ به ساقه در دور آبیاری سوم (140 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) مشاهده شد. هم‌چنین نتایج نشان‌دهنده این است که با افزایش دور آبیاری میزان ADF و NDF کاهش یافت. به‌طوری‌که میزان ADF و NDF در دور سوم نسبت به دور اول آبیاری 10/29 و 5/95 درصد کاهش یافت. به‌طور کلی کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی منجر به افزایش عملکرد علوفه خشک و بهبود کیفیت آن در شرایط تنش خشکی گردید.

واژه‌های کلیدی: *ازتوباکتر*، انرژی ویژه شیردهی، بیوسوپر، دیواره سلولی، کود زیستی

مقدمه

تنش‌های محیطی از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد محصولات کشاورزی محسوب می‌شوند. در میان تنش‌های مختلف محیطی، خشکی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان شناخته می‌شود (Tas&Tas, 2007; Jaleel et al., 2008). از آن‌جایی که در کشور ما نزولات جوی کم و منابع آبی محدود می‌باشد، از این‌نظر استفاده بهینه از آب موجود کاملاً ضروری به نظر می‌رسد (Anabi Milani, 2003). از این‌رو، اجرای برنامه‌های تحقیقاتی جهت برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح آبیاری در مزارع کشور به‌عنوان یکی ازگزینه‌های به‌زراعی، امری لازم و ضروری است. کم‌آبی علاوه بر اثر منفی بر عملکرد گیاهان، باعث بروز یا تشدید

1 و 5- دانشجوی دکتری زراعت، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه
2 و 3 و 4- به‌ترتیب دانشیار، استاد و استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه
(*- نویسنده مسئول: Email: A.javanmard@maragheh.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v11i3.71013

سایر تنش‌ها به ویژه تنش کمبود عناصر غذایی و اختلال در روند جذب و ذخیره عناصر غذایی شده که علاوه بر مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، کاهش عملکرد دانه و علوفه را نیز به دنبال خواهد داشت. در این راستا کشت گیاهان متحمل به خشکی و امکان توسعه هر چه بیش‌تر این گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک مهم تلقی می‌گردد. از راهکارهای بهینه‌سازی مصرف آب، کم‌آبیاری است که طی آن به گیاه اجازه داده می‌شود مقداری تنش آبی را در طول فصل رشد تحمل نماید (Wang et al., 2001).

از طرفی در کشاورزی مرسوم به‌منظور افزایش تولید محصولات کشاورزی در واحد سطح، تولیدکنندگان به استفاده کودهای شیمیایی روی آورده‌اند. مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، سموم و آفت‌کش‌ها مشکلاتی از قبیل کاهش کیفیت ماده آلی خاک، افزایش هزینه‌های تولید، آلودگی منابع طبیعی، آب‌های سطحی و زیرزمینی، افزایش آفات و بیماری‌ها، فرسایش شدید خاک و در نهایت تخریب منابع طبیعی را ایجاد می‌نماید (Wu et al., 2005). امروزه با گذشت سال‌ها از وقوع انقلاب سبز و کاهش مجدد نسبت رشد عملکرد، استفاده از سیستم‌های زراعی کم‌نهاده و ابداع شیوه‌های نوین مدیریت بهره‌برداری از منابع به‌منظور دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این بین، استفاده از کودهای زیستی به‌منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش عملکرد گیاهان زراعی راهبرد مهمی در جهت حرکت به سمت کشاورزی پایدار است (Vessy, 2003). کودهای زیستی شامل مواد نگهدارنده و جمعیت متراکمی از یک یا چند نوع ارگانیسم مفید خاکزی و یا فرآورده متابولیکی آن‌ها است که صرفاً به‌منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک اکوسیستم زراعی به‌کار می‌روند (Gray & Smith, 2005). تأمین عناصر غذایی به‌صورتی کاملاً متناسب با تغذیه طبیعی گیاهان، کمک به تنوع زیستی، تشدید فعالیت‌های حیاتی، بهبود کیفیت و حفظ بهداشت محیط زیست و در مجموع حفظ و حمایت از سرمایه‌های ملی (خاک، آب، منابع انرژی غیرقابل تجدید) از مهم‌ترین مزایای کودهای زیستی محسوب می‌شوند (Van Loon, 2007).

کودهای زیستی حاوی قارچ‌ها و باکتری‌های مفید حل‌کننده عناصر غذائی هستند که معمولاً با اسیدی کردن خاک و یا ترشح آنزیم‌ها باعث آزادسازی این عناصر از ترکیبات پیچیده معدنی و آلی شده و در دسترس گیاه قرار می‌گیرند (Bishnoi, 2015). کودهای زیستی فسفاته حاوی دو نوع باکتری حل‌کننده فسفات از گونه‌های *باسیلوس لنتوس*[1] و *سودوموناس پوتیدا*[2] می‌باشد که با ترشح اسیدهای آلی و اسید فسفاتاز قادرند فسفر نامحلول خاک (به‌ویژه در مناطقی که کلسیم خاک بالا باشد) را به‌فرم محلول قابل جذب گیاه تبدیل کند و به‌دلیل توسعه‌ی سیستم ریشه‌ای و بهبود جذب آب در مقابله با شرایط تنش کم‌آبی نیز نقش مؤثرتری دارد (Bishnoi, 2015). در بین باکتری‌های حل‌کننده فسفات، باکتری‌های جنس سودوموناس به‌دلیل گستردگی و پراکنش در خاک‌ها، توانایی تولید متابولیت‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. از مهم‌ترین مزایای تلقیح بذر با این باکتری‌ها می‌توان به افزایش سرعت جوانه‌زنی، افزایش رشد ریشه، افزایش سطح برگ، افزایش مقاومت به خشکی، افزایش فعالیت میکروبی و فراهمی عناصر غذایی اشاره نمود (Vessey, 2003). کادر و همکاران (Kader et al., 2002) نتیجه گرفتند کاربرد کودهای زیستی علاوه بر کاهش میزان استفاده از کودهای شیمیایی موجب افزایش رشد ریشه، افزایش جذب نیتروژن، روی و پروتئین دانه و افزایش 18 درصدی عملکرد دانه گندم (*Triticum aestivum* L.) شد. بیلال و همکاران (Bilal et al., 2017) گزارش کردند که با تلقیح بذور یولاف (*Avena sativa* L.) با کودهای زیستی *آزوسپیریلیوم* و *ازتوباکتر* تعداد پنجه، ارتفاع بوته، نسبت برگ به ساقه، عملکرد ماده خشک، عناصر معدنی، فیبر خام، پروتئین خام، عملکرد پروتئین خام و عملکرد پروتئین خام قابل هضم علوفه آن به‌ترتیب 6/58، 9/58، 2/51، 16/94، 10/26، 17/59، 14/02، 33/81 و 66/18 درصد نسبت به عدم تلقیح افزایش یافت. راعی و همکاران (Raei et al., 2013) نتیجه گرفتند کاربرد تلفیقی کودهای زیستی با شیمیایی باعث افزایش خصوصیات رشدی و عملکرد علوفه‌ای سورگوم نسبت به کاربرد جداگانه هر یک از کودها شد. یزدانی و همکاران (Yazdani et al., 2009) نیز در بررسی‌های خود اظهار داشتند که کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات و ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه توأم با مقادیر مناسبی کود شیمیایی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد کمّی و کیفی ذرت (*Zea mays* L.) داشت. یانگ و همکاران (Yang et al., 2005) گزارش کردند که با مصرف کودهای شیمیایی و کود زیستی به‌صورت تلفیقی شرایط مناسب و مطلوب برای رشد گیاه فراهم می‌شود، به‌طوری‌که مصرف کودهای زیستی فسفره به‌صورت تلفیقی سبب بهبود قابلیت دسترسی فسفر خاک

1- *Bacillus lentus*
2- *Pseudomonas*

می‌شود و تأثیر کودهای شیمیایی را در تولیدات کشاورزی افزایش می‌دهد.

علی‌رغم بارز بودن جایگاه گیاهان علوفه‌ای در تعلیف دام، در ایران نسبت به تولید و مدیریت این گیاهان در مقایسه با دیگر محصولات زراعی کم‌تر توجه شده و این امر به کمبود پروتئین حیوانی توأم و کاهش کیفیت علوفه تولید شده منجر شده است (Nabati Nasaz et al., 2016). کیفیت علوفه، به مجموع مواد تشکیل‌دهنده گیاهی اطلاق می‌شود که استفاده دام از علوفه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کیفیت علوفه به‌عنوان تابعی از مصرف علوفه تحت تأثیر صفاتی از قبیل درصد پروتئین خام[1]، کربوهیدات‌های محلول در آب[2]، خاکستر علوفه[3]، ارزش نسبی تغذیه‌ای[4]، انرژی ویژه شیردهی[5]، کل ماده مغذی قابل هضم[6]، ماده خشک مصرفی[7]، ماده خشک قابل هضم[8]، دیواره سلولی بدون همی‌سلولز[9] و دیواره سلولی[10] قرار می‌گیرد (Jahanzad et al., 2013; Nakhzari Moghaddam, 2016).

سورگوم با نام علمی *Sorghum bicolor* (L.) Moench به‌عنوان یک گیاه زراعی دومنظوره (دانه‌ای و علوفه‌ای) پس از گندم، جو، برنج و ذرت پنجمین غله مهم جهان شناخته شده که نقش مهمی را در تغذیه انسان و دام ایفا می‌نماید (Jahanzad et al., 2013). از سورگوم می‌توان به‌صورت علوفه سبز، خشک و سیلو شده و یا به‌عنوان چرای مستقیم دام‌ها استفاده نمود. با توجه به اینکه ذرت به‌عنوان یک گیاه علوفه‌ای مهم برای تولید عملکرد علوفه بالا در هر سال به 770 میلی‌متر آب نیاز دارد، لذا از سورگوم در مناطق خشک و نیمه خشک می‌توان به‌عنوان یک جایگزین مناسب به‌دلیل داشتن نسبت تعرق پایین تر و مصرف 25 درصد آب کم تر نسبت به ذرت، استفاده نمود (Marsalis et al., 2010). لذا با توجه به توان تولیدی بالای سورگوم در مناطق خشک و نیمه‌خشک، آزمایشی با هدف بررسی اثر دوره‌های مختلف آبیاری و کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی برکمیت و کیفیت علوفه سورگوم اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی 1395 به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 15 تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه با ارتفاع از سطح دریای آزاد 1477 متر و مختصات جغرافیایی آن به‌ترتیب طول شرقی 46 درجه و 16 دقیقه و عرض شمالی 37 درجه، 24 دقیقه اجرا شد. قبل از اجرای آزمایش سه نمونه خاک از مزرعه جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک انتخاب و مورد تجزیه قرار گرفت (جدول 1).

تیمارها شامل رژیم‌های مختلف رطوبتی به‌عنوان فاکتور اصلی در سه سطح (آبیاری بعد از 60 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A، آبیاری بعد از 100 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و آبیاری بعد از 140 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) و مصرف کود به‌عنوان فاکتور فرعی در پنج سطح (کود زیستی، 100 درصد کود شیمیایی، کود زیستی+ 75 درصد کود شیمیایی، کود زیستی+ 50 درصد کود شیمیایی و کود زیستی+ 25 درصد کود شیمیایی) بودند. بر اساس آزمون خاک، در تیمار 100 درصد کود شیمیایی، کود اوره به میزان 200 کیلوگرم در هکتار در سه مرحله رشدی و سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم به‌ترتیب به میزان‌های 100 و 50 کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت مصرف گردید. کود زیستی بیوسوپر محتوی *ازتوباکتر*، *آزوسپیریلوم*، *سودوموناس* و *باسیلوس* و فسفات بارور2 محتوی *سودوموناس* و *باسیلوس* به صورت بذرمال مورد استفاده قرار گرفتند. محتوی کود زیستی با نسبت معینی آب طبق دستورالعمل به‌طور یکنواخت با بذور آغشته شده و سپس بذور در سایه خشک و کشت بلافاصله در اواسط اردیبهشت‌ماه انجام شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک عمود بر هم، ایجاد جوی و پشته و کرت‌بندی بود. در هر کرت پنج خط کشت به طول چهار متر و با فواصل ردیفی 50 سانتی‌متر قرار داشت. بعد از حذف حاشیه‌ها، برداشت از خطوط وسط با مساحت دو متر مربع در تاریخ 10 شهریور صورت گرفت. بلافاصله نمونه‌های برداشت شده را در محیط سایه تا ثابت شدن وزن نگهداری و بعد از آن وزن خشک علوفه یادداشت گردید.

1- Crude protein (CP)
2- Water soluble carbohydrate (WSC)
3- Ash forage
4- Relative feed value (RFV)
5- Net energy of lactation (NEL)
6- Total digestible nutrients (TDN)
7- Dry matter intake (DMI)
8- Digestible dry matter (DDM)
9- Acid detergent fiber (ADF)
10- Neutral detergent fiber (NDF)

جدول 1- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Some physical and chemical properties of the soil of experimental place

سیلت Silt	شن Sand	رس Clay	اسیدیته pH	نیتروژن Nitrogen	کربن آلی Organic matter	فسفر قابل جذب Available Phosphurus	پتاسیم قابل جذب Absorbable Potassium	منگنز Mg	آهن Fe	روی Zn
(%)				(%)		(mg.kg^{-1})				
16	53	31	7.54	0.08	0.52	8.56	342	7.76	7.46	1.20

سپس از هر کرت، 100 گرم علوفه پودر شده انتخاب و جهت اندازه‌گیری صفات کیفی به آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور در کرج انتقال داده شدند. صفات کیفی پروتئین خام (CP)، فیبر خام (CF)، خاکستر علوفه (ASH)، دیواره سلولی (NDF)، دیواره سلولی بدون همی‌سلولز (ADF) و کربوهیدرات محلول در آب (WSC) با استفاده از فناوری طیف سنجی مادون قرمز نزدیک (NIRS) انجام شد. سیستم NIRS مورد استفاده سری اینفراماتیک 860 شرکت پرتن با 20 طول موج در دامنه 2400-500 نانومتر بود (Jafari et al., 2003). سایر صفات کیفی از قبیل ارزش نسبی تغذیه‌ای[1] (RFV)، انرژی ویژه شیردهی[2] (NE_L)، کل ماده مغذی قابل هضم[3] (TDN)، ماده خشک مصرفی[4] (DMI)، ماده خشک قابل هضم[5] (DDM) با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند (Lithourgidis et al., 2006). هم‌چنین عملکرد پروتئین خام از حاصل‌ضرب عملکرد علوفه خشک در درصد پروتئین خام محاسبه شد.

در نهایت، پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد علوفه خشک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد عملکرد علوفه خشک تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و الگوهای مختلف کودی قرار گرفت (جدول2). بیش‌ترین عملکرد علوفه خشک (26/8 تن در هکتار) با مصرف 100 درصد کود شیمیایی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار کود زیستی+ 75 درصد کود شیمیایی نداشت. هم‌چنین کم‌ترین عملکرد علوفه خشک سورگوم نیز به‌ترتیب در تیمارهای کاربرد انفرادی کود زیستی و کود زیستی+ 25 درصد کود شیمیایی مشاهده شد (جدول 5). بهبود عملکرد علوفه خشک در تیمار کود زیستی+ 75 درصد کود شیمیایی به افزایش کارایی تنظیم‌کنندگی مناسب رشد، فعالیت فیزیولوژیکی و متابولیسمی گیاه در نتیجه استفاده از کودهای زیستی نسبت داده می‌شود. علاوه‌براین، بهبود عملکرد گیاه بر اثر تلقیح با باکتری‌های محرک رشد احتمالاً به افزایش میزان کلروفیل کل، فعالیت بیش‌تر آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، ترشح سیدروفورها و اسیدهای آلی، تولید هورمون‌های اکسین، جیبرلین، سیتوکنین و تنظیم سطح اتیلن نسبت داده می‌شود (Bilal et al., 2017; Bishnoi, 2015). استفان و همکاران (Stefan et al., 2013) نتیجه گرفتند کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی در گیاه لوبیای رونده (*Phaseolus coccineus* L.) منجر به افزایش فتوسنتز، کارآیی مصرف آب و تعرق گردید، که در نهایت منجر به افزایش 27/58 درصدی عملکرد دانه نسبت به عدم تلقیح گردید.

با افزایش دور آبیاری از میزان عملکرد علوفه خشک سورگوم کاسته شد. به‌طوری‌که میزان عملکرد علوفه تولید شده در دور آبیاری اول نسبت به دور آبیاری دوم و سوم 10/04 و 26/44 درصد افزایش نشان داد. هم‌چنین بیش‌ترین (26/3 تن در هکتار) و کم‌ترین (20/8 تن در هکتار) میزان عملکرد علوفه خشک به‌ترتیب در دورهای آبیاری اول (I_{60}) و سوم (I_{140}) مشاهده شد (جدول 4). کاهش میزان عملکرد با افزایش دور آبیاری به کاهش جذب عناصر عذایی، کاهش رشد و سطح برگ گیاه، کاهش فتوسنتز، افزایش خسارت‌های ناشی از تنش خشکی و افزایش میزان رادیکال‌های فعال اکسیژن نسبت داده می‌شود (Marsalis et al., 2010).

1- Relative feed value
2- Net energy of lactation
3- Total digestible nutrients
4- Dry matter intake
5- Digestible dry matter

جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی و کیفی (پروتئین خام، عملکرد پروتئین خام، فیبر خام، خاکستر، الیاف حاصل از شوینده اسیدی و الیاف حاصل از شوینده خنثی) علوفه سورگوم تحت تأثیر دورهای مختلف آبیاری و الگوهای مختلف کودی

Table 2- Analysis of variance (Mean squaers) for quantitative and qualitative (CP, CPY, CF, ash, ADF and NDF) of sorghum forage under different irrigation intervals and fertilizer patterns

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد ماده خشک Dry matter yield	نسبت برگ به ساقه Leaf/stem ratio	پروتئین خام Crude protein	عملکرد پروتئین خام Crude protein yield	فیبر خام Crude fiber	خاکستر Ash	الیاف حاصل از شوینده اسیدی Acid detergent fiber	الیاف حاصل از شوینده خنثی Neutral detergent fiber
تکرار Replication	2	39.47^{ns}	0.002^{ns}	242.04^{**}	0.588^{*}	2.189^{ns}	200.04^{ns}	200.51^{ns}	1549.11^{ns}
آبیاری Irrigation	2	114.82^{*}	0.015^{*}	560.83^{**}	0.046^{ns}	10.96^{*}	754.98^{ns}	3158.98^{**}	3078.83^{*}
اشتباه آزمایشی Error	4	13.240	0.001	9.752	0.040	1.185	223.49	94.18	322.17
کود Fertilizer	4	59.172^{**}	0.012^{**}	374.45^{**}	0.687^{**}	1.926^{ns}	241.03^{**}	2045.21^{*}	3519.74^{*}
آبیاری× کود Irrigation×Fertilizer	8	2.079^{ns}	0.002^{ns}	14.23^{ns}	0.021^{ns}	0.421^{ns}	11.46^{ns}	278.08^{ns}	205.25^{ns}
اشتباه آزمایشی Error	24	2.954	0.003	86.97	0.077	1.359	22.26	519.40	1247.71
ضریب تغییرات CV (%)		7.27	15.73	13.91	17.53	2.75	5.56	8.52	7.54

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم معنی‌داری.

**, * and ns are significant at the 1% and 5% probability level and non-significant, respectively.

جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) سایر صفات کیفی (قابلیت هضم ماده خشک، کربوهیدرات محلول در آب، کل ماده مغذی قابل هضم، ماده خشک مصرفی، ارزش نسبی تغذیه‌ای و انرژی ویژه شیردهی) علوفه سورگوم تحت تأثیر دورهای مختلف آبیاری و الگوهای مختلف کودی

Table 3- Analysis of variance (Mean squaers) for quantitative and qualitative traits (DMD, WSC, TDN, DMI, RFV and NE_L) of sorghum forage under different irrigation intervals and fertilizer patterns

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	قابلیت هضم ماده خشک Dry matter digestibility	کربوهیدرات محلول در آب Water soluble carbohydrate	کل ماده غذایی قابل هضم Total digestibly nutrient	ماده خشک مصرفی Dry matter intake	ارزش نسبی تغذیه‌ای Relative feed value	انرژی ویژه شیردهی Net energy for Lactation
تکرار Replication	2	121.65^{ns}	77.951^{ns}	334.23^{ns}	4.579^{ns}	83.41^{ns}	0.001^{ns}
آبیاری Irrigation	2	1917.02^{**}	5557.98^{*}	5264.70^{**}	9.329^{*}	626.42^{**}	0.022^{**}
اشتباه آزمایشی Error	4	57.176	573.71	157.02	1.054	18.129	0.001
کود Fertilizer	4	1241.17^{*}	407.31^{ns}	3408.61^{*}	11.573^{ns}	631.53^{**}	0.014^{*}
آبیاری× کود Irrigation×Fertilizer	8	168.79^{ns}	556.01^{ns}	463.46^{ns}	0.998^{ns}	34.835^{ns}	0.002
اشتباه آزمایشی Error	24	315.179	319.12	865.64	4.358	134.89	0.004
ضریب تغییرات CV (%)		2.61	11.09	4.40	8.10	8.53	3.75

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم معنی‌داری.

**, * and ns are significant at the 1% and 5% probability level and non-significant, respectively.

جدول 4- مقایسه میانگین صفات کیفی علوفه سورگوم تحت تأثیر دورهای مختلف آبیاری

Table 4- Mean of the qualitative traits of sorghum forage under different irrigation intervals

	عملکرد ماده خشک DMY ($t.ha^{-1}$)	پروتئین خام CP ($g.kg^{-1}$ DM)	فیبرخام CF ($g.kg^{-1}$ DM)	کربوهیدرات محلول در آب WSC ($g.kg^{-1}$ DM)	الیاف حاصل از شوینده اسیدی ADF ($g.kg^{-1}$ DM)	الیاف حاصل از شوینده خنثی NDF ($g.kg^{-1}$ DM)	ماده خشک مصرفی DMI ($g.kg^{-1}$ of body weight)	قابلیت هضم ماده خشک DMD ($g.kg^{-1}$ DM)	کل ماده غذایی قابل هضم TDN ($g.kg^{-1}$ DM)	ارزش نسبی تغذیه‌ای RFV (%)	انرژی ویژه شیردهی NE_L (Mcal Kg^{-1})	نسبت برگ به ساقه L/F
I_{60}	26.3 a*	60.6 c	43.3 a	139.7 b	281.7 a	482.5 a	25 b	669.5 c	649.8 c	129.6 c	1.56 c	0.28 c
I_{100}	23.9 ab	67.7 b	41.9 b	166.8 a	268.4 b	468.3 ab	25.9 ab	679.9 b	667 b	136.3 b	1.60 b	0.33 b
I_{140}	20.8 b	72.8 a	41.8 b	176.9 a	252.7 c	453.8 b	26.5 a	692.1 a	687.2 a	142.5 a	1.64 a	0.38 a

*حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد براساس آزمون دانکن است.

*Dissimilar letters indicate significant differences at the 5% probability level according to Duncan's test.

I_{60}: آبیاری بعد از 60 میلی‌متر تبخیر، I_{100}: آبیاری بعد از 100 میلی‌متر تبخیر، I_{140}: آبیاری بعد از 140 میلی‌متر تبخیر

I_{60}: Irrigation after 60 mm evaporation from class A evaporation pan, I_{100}: Irrigation after 100 mm evaporation from class A evaporation pan, I_{140}: Irrigation after 140 mm evaporation from class A evaporation pan

جدول 5- مقایسه میانگین صفات کیفی علوفه سورگوم تحت تأثیر الگوهای مختلف کودی

Table 5- Mean of the qualitative traits of sorghum forage under fertilizer patterns

	عملکرد ماده خشک DMY ($t.ha^{-1}$)	پروتئین خام CP ($g.kg^{-1}$ DM)	عملکرد پروتئین خام YCP ($t.ha^{-1}$)	الیاف حاصل از شوینده اسید ADF ($g.kg^{-1}$ DM)	الیاف حاصل از شوینده خنثی NDF ($g.kg^{-1}$ DM)	قابلیت هضم ماده خشک DMD ($g.kg^{-1}$ DM)	کل ماده غذایی قابل هضم TDN ($g.kg^{-1}$ DM)	ارزش نسبی تغذیه‌ای RFV (%)	انرژی ویژه شیردهی NE_L (Mcal. Kg^{-1})	خاکستر Ash ($g\ kg^{-1}$ DM)	نسبت برگ به ساقه L/F
F_1	26.8 a*	64.1 bc	1.69 ab	283.7 a	491.8 a	668 b	647. 2 b	126.7 c	1.56 b	84 b	0.33 ab
F_2	20.6 c	59.3 c	1.21 c	264.2 ab	461.3 ab	683.2 ab	672.4 ab	139.3 ab	1.61 ab	77.9 c	0.28 b
F_3	25.6 a	76.2 a	1.94 a	274.7 a	478.1 a	675 b	658.9 b	131.7 bc	1.58 b	90 a	0.38 a
F_4	23.5 b	70.3 ab	1.65 b	271.8 a	470.9 ab	677.3 b	662.7 b	134.2 bc	1.59 b	89.9 a	0.34 ab
F_5	21.9 bc	65.4 bc	1.44 bc	243.7 b	438.9 b	699.1 a	698.9 a	148.7 a	1.66 a	82.4 bc	0.30 b

F_1: کود زیستی، F_2: 100 درصد کود شیمیایی، F_3: کود زیستی+ 75 درصد کود شیمیایی، F_4: کود زیستی+ 50 درصد کود شیمیایی و F_5: کود زیستی+ 25 درصد کود شیمیایی

F_1: biofertlizer, F_2: 100% chemical fertilizer, F_3: biofertilizer+ 75% chemical fertilizer, F_4: biofertilizer+ 50% chemical fertilizer and F_5: biofertilizer+ 25% chemical fertilizer

*حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد براساس آزمون دانکن است.

* Dissimilar letters indicate significant differences at the 5% level according to Duncan's test.

در تطابق با نتایج آزمایش حاضر، جهانزاد و همکاران (Jahanzad et al., 2013) مشاهده کردند که دور آبیاری نرمال باعث افزایش عملکرد 25 و 34 درصدی عملکرد علوفه سورگوم نسبت به تنش های ملایم و شدید گردید. کاهش عملکرد ماده خشک با افزایش دور آبیاری در آزمایشات واسیلاک اوغلو و همکاران (Vasilakoglou et al., 2011)، رستم‌زا و همکاران (Rostamza et al., 2011) گزارش شده است.

نسبت برگ به ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد نسبت برگ به ساقه تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و الگوهای مختلف کودی قرار گرفت (جدول 2). بیش‌ترین نسبت برگ به ساقه (0/38) با کاربرد کود زیستی+ 75 درصد کود شیمیایی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای کود زیستی+ 50 درصد کود شیمیایی و 100 درصد کود شیمیایی نداشت. هم‌چنین کم‌ترین میزان شاخص ذکر شده با کاربرد 100 درصد کود زیستی حاصل شد (جدول 5). دلیل افزایش نسبت برگ به ساقه با کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی به افزایش جذب عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و رشد بهتر گیاه نسبت داده می‌شود (Bilal et al., 2017). کاربرد باکتری‌های محرک رشد می‌تواند با توسعه رشد رویشی، گسترش و دوام سطح برگ سبب افزایش نسبت برگ به ساقه و در نتیجه افزایش بیوماس گردد (Stefan et al., 2013). بیلال و همکاران (Bilal et al., 2017) نتیجه گرفتند که

استفاده از کودهای زیستی منجر به افـزایش 2/51 درصـدی نسـبت برگ به ساقه در گیاه یولاف (*Avena sativa* L.) گردید. علاوه‌براین، با افزایش دور آبیاری بر میزان این نسبت افزوده شـد. بـه‌طـوری‌کـه بیش‌ترین (0/38) و کم‌ترین (0/33) نسبت برگ به ساقه به‌ترتیب در دور آبیاری سوم و اول مشاهده شد (جدول 4). این بدین معنی اسـت که تحت شرایط تنش رشد ساقه نسبت به برگ تأثیرپذیری بیش‌تری داشته و باعث افزایش نسبت برگ به ساقه با افزایش دور آبیاری شده اسـت. در تطـابق بـا نتـایج آزمـایش حاضـر، رسـتمزا و همکـاران (Rostamza et al., 2011) گزارش کردند که با افزایش دور آبیـاری نسـبت بـرگ بـه سـاقه در گیـاه ارزن مرواریـدی (*Pennisetum americanum* L.) افزایش یافت.

پروتئین خام (CP)

یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها جهت ارزیابی کیفـی علوفـه، میـزان پروتئین خام ذخیره شده در بافت‌هـای گیاهـان علوفـه‌ای مـی‌باشـد (Assefa & Ledin, 2001). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشـان داد که میزان پروتئین خام تحت تـأثیر معنـی‌دار دورهـای آبیـاری و الگوهای مختلف کودی واقع شد (جدول 2). بیش‌ترین میزان پروتئین خام (76/2 گرم بر کیلوگرم مـاده خشـک) بـا کـاربرد تلفیقـی کـود زیستی+ 75 درصد کود شیمیایی حاصل شد که تفاوت معنی‌داری بـا کود زیستی+ 50 درصد کود شیمیایی نداشت. کم‌ترین میزان پروتئین خام نیز با کاربرد جداگانه کود زیسـتی بـه‌دسـت آمـد (جـدول 5). از آن‌جایی که میزان پروتئین موجود در علوفه با محتوای نیتروژن موجود در بافت‌های گیاه همبستگی مثبت دارد، میزان پروتئین خـام علوفـه به‌دلیل افزایش میزان نیتروژن حاصل از تثبیت بیولوژیکی در نتیجـه کـاربرد تلفیقـی کودهـای زیسـتی و شـیمیایی بهبـود یافتـه اسـت (Rostamza et al., 2011). در تطابق با نتایج این آزمایش، بالدانی و همکاران (Baldani et al., 2000) و دس سانتوس و همکاران (Dos Santos et al., 2017) گزارش کردند بـا کـاربرد کودهـای زیسـتی میزان تثبیت نیتروژن درگیاهان برنج و سورگوم به‌ترتیب 30 و 21/4 درصد افزایش یافت.

هم‌چنین با افزایش دور آبیاری میزان پروتیئن خام افزایش یافت. به‌طوری‌که میزان CP در دور آبیاری سوم نسبت به دور آبیاری اول و دوم به‌ترتیب 20/13 و 7/53 درصد افزایش یافت (جدول 4). افزایش میزان پروتئین خام در دور سوم آبیاری به افزایش نسبت برگ به ساقه و افزایش جذب عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن با کاربرد کودهای زیسـتی نسـبت داده مـی‌شـود (Carmi et al., 2006). جهـان‌زاد و همکاران (Jahanzad et al., 2013) مشاهده کردند که بـا افـزایش دور آبیاری میزان پروتئین خام در سورگوم افـزایش یافـت. هـابرل و همکاران (Haberle et al., 2008) نتایج مشابهی مبنی بـر افـزایش پروتئین خام با افزایش دور آبیاری گزارش کردند.

عملکرد پروتئین خام (CPY)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد عملکرد پروتئین خام فقط تحـت تأثیر الگوهای مختلف کودی قرار گرفت (جدول 2). بیش‌ترین میزان پروتئین خام به‌ترتیب در تیمارهـای کـود زیسـتی+ 75 درصـد کـود شیمیایی و کاربرد انفرادی کود شیمیایی به‌دست آمد. کم‌ترین میـزان عملکرد پروتئین خام نیز به تیمار کود زیستی مربوط بود (جدول 5). از آن‌جایی که عملکرد پروتئین خام تحت تأثیر عملکرد خشک علوفه و میزان پروتئین قرار دارد، هر عاملی که منجر به افـزایش دو شـاخص ذکر شـده گـردد باعـث بهبـود عملکـرد پـروتئین خـام خواهـد شـد (Contreras-Govea et al., 2009). لـذا دلیـل افـزایش عملکـرد پروتئین خام در تیمارهای کود زیستی+ 75 درصـد کـود شـیمیایی و 100 درصد کود شیمیایی به بیش‌تر بودن عملکـرد علوفـه خشـک و میزان پروتئین خام این تیمارها نسبت داده می‌شود. در تطابق با نتایج حاضر، ناصری و همکاران (Naseri et al., 2013) نتیجه گرفتند که کاربرد کودهای زیستی *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم* در ذرت و جو منجـر به افزایش نسبت برگ به ساقه و در نهایت، افزایش پـروتئین خـام و عملکرد کل پروتئین خام شد.

فیبر خام (CF)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان فیبر خـام فقـط تحـت تأثیر دورهای مختلف آبیاری قرار گرفت (جدول 2). بیش‌ترین (43/3 گرم بر کیلوگرم ماده خشک) و کم‌ترین میزان فیبر خام (41/8 گرم بر کیلوگرم ماده خشک) به‌ترتیب در دورهای اول و سوم آبیاری حاصل شد. بـا افـزایش دورهـای آبیـاری از میـزان فیبـر خـام کاسـته شـد. به‌طوری‌که میزان فیبر خام در دور آبیاری اول نسبت به دور آبیـاری سوم 3/59 درصد افزایش معنی‌داری یافت (جدول 4). علـت کـاهش فیبر خام با افزایش دور آبیاری احتمالاً به کاهش ساخت اجزای دیواره سلولی تحت شرایط تـنش نسـبت داده مـی‌شـود (Rahbari et al.,

2015). رستم‌زا و همکاران (Rostamza et al., 2011) نتیجه گرفتند افزایش دورهای آبیاری منجر به کاهش معنی‌دار میزان فیبر خام در گیاه ارزن مرواریدی گردید. هم‌چنین کارمی و همکاران (Carmi et al., 2006) گزارش کردند بین افزایش دور آبیاری و میزان فیبر خام همبستگی منفی وجود داشت و با کاهش دور آبیاری میزان فیبرخام در سورگوم افزایش یافت.

خاکستر علوفه (Ash)

خاکستر علوفه بیانگر مقدار مواد معدنی موجود در بافت‌های گیاهی بوده که در دسترس بودن این عناصر باعث بهبود فرآیندهای تولید ویتامین‌ها، هورمون‌ها، آنزیم‌ها و غیره می‌گردد. هر چه میزان خاکستر علوفه بیش‌تر باشد گیاه مواد معدنی بیش‌تری در اختیار دام قرار داده و به تبع آن کیفیت علوفه افزایش می یابد (Hail et al., 2009). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که میزان خاکستر علوفه فقط تحت تأثیر الگوهای مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول 2). بیش‌ترین میزان خاکستر علوفه به‌ترتیب در تیمارهای کود زیستی+ 75 درصد کود شیمیایی و کود زیستی+ 50 درصد کود شیمیایی حاصل شد. هم‌چنین کم‌ترین میزان شاخص ذکر شده به تیمار کود زیستی مربوط بود (جدول 5). افزایش میزان خاکستر علوفه با کاربرد کودهای زیستی به جذب بیش‌تر عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی و ...)، حلالیت فسفر، توسعه ریشه و افزایش تولید سیدروفورها نسبت داده می‌شود (Ahemad & Kibret, 2014). کوبلنز و همکاران (Coblentz et al., 2017) نتیجه گرفتند با در دسترس بودن عناصر غذایی (به‌ویژه نیتروژن)، میزان خاکستر و پروتئین خام علوفه یولاف به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد.

الیاف حاصل از شوینده اسیدی (ADF) و شوینده‌های خنثی (NDF)

الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی (NDF) و اسیدی (ADF) به‌عنوان شاخصی برای بیان میزان دیواره سلولی گیاه شناخته شده و عاملی تأثیرگذار بر کیفیت و خوش‌خوراکی علوفه می‌باشد. افزایش میزان شاخص‌های ذکر شده موجب کاهش قابلیت هضم علوفه می‌شود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد الیاف حاصل از شوینده اسیدی و خنثی تحت تأثیر معنی‌دار دورهای آبیاری و کاربرد الگوهای مختلف کودی قرار گرفت (جدول 2). به‌طور کلی، با افزایش دور آبیاری، میزان ADF و NDF کاهش یافت. به‌طوری‌که میزانADF و NDF در دور آبیاری سوم نسبت به دور آبیاری اول به‌ترتیب 10/29 و 5/95 درصد کاهش یافت (جدول 4). جهان‌زاد و همکاران (Jahanzad et al., 2013) مشاهده کردند که با افزایش دور آبیاری در گیاه سورگوم میزان ADF و NDF کاهش معنی‌داری پیدا کرد. علاوه‌براین کارمی و همکاران (Carmi et al., 2006) نتیجه گرفتند که بین افزایش دور آبیاری و افزایش محتوای لیگنین، ADF و NDF همبستگی منفی وجود دارد. در مقایسه بین الگوهای مختلف کودی نیز، بیش‌ترین میزان شاخص‌های ذکر شده با کاربرد 100 درصد کود شیمیایی حاصل شد که اختلاف آن فقط با تیمار کود زیستی+ 25 درصد کود شیمیایی معنی‌دار بود. به نظر می‌رسد با کاربرد کودهای زیستی و افزایش جذب عناصر غذایی و به تبع آن بهبود رشد رویشی گیاه (افزایش نسبت برگ به ساقه)، میزان NDF و ADF با کاهش میزان مواد لیگنوسلولوزیکی کاهش یافت. مهرورز و چایچی (Mehrvarz & Chaichi, 2008) با بررسی اثر میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات و کود شیمیایی فسفات بر کیفیت علوفه جو (*Hordeum vulgare* L.) نتیجه گرفتند کودهای زیستی فسفر باعث کاهش میزان NDF و ADF شدند.

ماده خشک قابل هضم (DMD)

ماده خشک قابل هضم کارایی تبدیل عناصر مغذی را به‌وسیله دام بهبود بخشیده و مهم‌ترین شاخص برای افزایش وزن دام و تولید شیر محسوب می‌شود (Yilmaz et al., 2014). بهبود قابلیت هضم از مهم‌ترین برنامه‌های اصلاحی گیاهان علوفه‌ای می‌باشد، زیرا قابلیت هضم بالا کارایی تبدیل عناصر غذایی را توسط دام بهبود می‌بخشد (Coleman & Moore, 2003). نتایج تجزیه واریانس نشان داد قابلیت هضم ماده‌ی خشک تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و الگوهای مختلف کودی قرار گرفت (جدول 2). با افزایش دور آبیاری بر میزان DMD افزوده شد. به‌طوری‌که میزان این شاخص در سطح سوم آبیاری نسبت به سطح اول و دوم به‌ترتیب 3/38 و 1/79 درصد افزایش یافت (جدول 4). با توجه به افزایش میزان ADF و NDF با کاهش دور آبیاری و همبستگی منفی آن با DMD (جدول 6)، کاهش قابلیت هضم ماده خشک قابل انتظار است (Francisco et al., 2009). جهان‌زاد و همکاران (Jahanzad et al., 2013)

گزارش کردند که قابلیت هضم ماده خشک سورگوم در شرایط آبیاری بعد از 70 میلی‌متر تبخیر کاهش یافت که دلیل آن را همبستگی منفی با NDF و ADF ذکر کردند. لایتورگایدیس و همکاران (Lithourgidis et al., 2006) پایین بودن قابلیت هضم علوفه را به بالا بودن دیواره سلولی عاری از همی‌سلولز (ADF) آن نسبت دادند.

نتایج مقایسه میانگین بین الگوهای مختلف کودی نشان داد بیش‌ترین میزان DMD (699/1 گرم بر کیلوگرم ماده خشک) با کاربرد تلفیقی کود زیستی+ 25 درصد کود شیمیایی به‌دست آمد. کم‌ترین میزان DMD نیز با کاربرد جداگانه کود شیمیایی به‌دست آمد. میزان DMD در الگوهای کودی F_2 (100 درصد کود شیمیایی)، F_3 (کود زیستی + 75 درصد کود شیمیایی)، F_4 (کود زیستی + 50 درصد کود شیمیایی) و F_5 (کود زیستی + 25 درصد کود شیمیایی) نسبت به کاربرد جداگانه کود شیمیایی به‌ترتیب 2/28، 1/05، 1/39 و 4/66 درصد افزایش یافت (جدول 5). دلیل افزایش DMD را می‌توان به کاهش میزان ADF و NDF با کاربرد کودهای زیستی نسبت داد (Naghizadeh & Galavi, 2012). در تطابق با نتایج این پژوهش، یزدانی و همکاران (Yazdani et al., 2009) نتیجه گرفتند که کاربرد میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات و ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه به‌همراه مقادیر مناسب کود شیمیایی، کیفیت علوفه ذرت را از طریق افزایش میزان قابلیت هضم ماده خشک بهبود بخشید.

کربوهیدرات محلول در آب (WSC)

کربوهیدرات‌های محلول در آب نه تنها نقش مهمی در افزایش کیفیت علوفه دارند بلکه تأثیر بسزایی در مقاومت به سرما و مقاومت به چرای دام دارند. از این رو از کربوهیدرات های محلول در آب به‌عنوان مهم‌ترین صفت کیفی بعد از قابلیت هضم نام برده می‌شود (Nakhzari Moghaddam, 2016). کربوهیدرات‌های محلول بخش عمده‌ای از کربوهیدرات‌های غیرساختمانی را تشکیل داده، که یکی از مهم‌ترین اجزاء تعیین کننده کیفییت علوفه می‌باشد که وظیفه آن تأمین انرژی برای میکروارگانیسم‌های شکمبه و حفظ سلامت گوارشی دام می‌باشد (Lithorurgidis et al., 2006). قندهای محلول به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های اسمزی، ثبات‌دهنده‌های غشاهای سلولی و حفظ‌کننده تورژسانس سلول‌ها، عمل می‌کند. هم‌چنین قندهای محلول علاوه بر تنظیم اسمزی و کاهش پتانسیل آب، از سلول در برابر آسیب‌های اکسیداتیو محافظت می‌کنند (Hoekstra & Buitink, 2001). نتایج تجزیه واریانس نشان داد میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب فقط تحت تأثیر دورهای مختلف آبیاری قرار گرفت (جدول 2). میزان کربوهیدرات‌های محلول با افزایش دور آبیاری افزایش یافت. به‌طوری‌که بیش‌ترین (176/9 گرم بر کیلوگرم ماده خشک) میزان کربوهیدرات محلول به دور آبیاری سوم تعلق داشت که اختلاف معنی‌داری با دور آبیاری دوم نداشت. هم‌چنین کم‌ترین میزان شاخص ذکر شده (139/7 گرم بر کیلوگرم ماده خشک) در دور آبیاری اول مشاهده شد که نسبت به دور آبیاری دوم و سوم به‌ترتیب 16/25 و 21/03 درصد کاهش نشان داد (جدول 4). افزایش میزان کربوهیدرات های محلول در آب با افزایش دور آبیاری را می‌توان به توقف رشد یا سنتز این ترکیبات از مسیرهای غیر فتوسنتزی و هم‌چنین تخریب قندهای نامحلول که باعث افزایش قندهای محلول نیز می‌شود، نسبت داد (Rahbari et al., 2015). جهان‌زاد و همکاران (Jahanzad et al., 2013) و رای و همکاران (Rai et al., 2006) در گیاه سورگوم علوفه‌ای و رهبری و همکاران (Rahbari et al., 2015) در گیاه ارزن علوفه‌ای (*Pennisetum glaucum*) نتایج مشابهی مبنی بر افزایش کربوهیدرات محلول در آب با افزایش دور آبیاری را گزارش کردند.

اگرچه میزان کربوهیدرات‌های محلول تحت تأثیر کاربرد الگوهای مختلف کودی قرار نگرفت ولی بیش‌ترین (170/57 گرم بر کیلوگرم ماده خشک) و کم‌ترین (153/16 گرم بر کیلوگرم ماده خشک) میزان این شاخص به‌ترتیب با کاربرد کود زیستی+ 25 درصد کود شیمیایی و 100 درصد کود شیمیایی حاصل شد (داده‌ها گزارش نشده است). مهروز و چایچی (Mehrvarz & Chaichi, 2008) با بررسی اثر میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات و کود شیمیایی بر روی کیفیت دانه و علوفه جو، نتیجه گرفتند با کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی بر میزان کربوهیدرات‌های محلول افزوده شد. زیرا استفاده توأم از کودهای زیستی و شیمیایی سبب افزایش جذب فسفر و انتقال مواد فتوسنتزی و درنتیجه افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب گردید.

کل ماده غذایی قابل هضم (TDN)

مجموع مواد مغذی قابل هضم اشاره به مواد قابل استفاده برای دام دارد که به میزان ADF و NDF علوفه بستگی دارد. به‌طوری‌که وقتی میزان ADF افزایش می‌یابد، میزان TDN و توانایی دام برای

استفاده از مواد مغذی موجود در علوفه کاهش می‌یابد (Lithourgids et al., 2006). نتایج تجزیه واریانس نشان داد میزان میزان کل ماده مغذی قابل هضم تحت تأثیر دورهای مختلف آبیاری و الگوهای کودی واقع شد (جدول 2). در بین تیمارهای کودی، بیش‌ترین میزان TDN (698/9 گرم بر کیلوگرم ماده خشک) در تیمار کود زیستی+ 25 درصد شیمیایی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد انفرادی کود زیستی نداشت. هم‌چنین کم‌ترین میزان شاخص ذکر شده (647/2 گرم بر کیلوگرم ماده خشک) با کاربرد 100 درصد کود شیمیایی بدون تفاوت معنی‌دار با تیمارهای کود زیستی + 75 درصد شیمیایی و کود زیستی + 50 درصد کود شیمیایی حاصل شد (جدول 5). کوبلز و همکاران (Coblentz et al., 2017) نتیجه گرفتند که با افزایش جذب عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و به دنبال آن بهبود میزان پروتئین خام، میزان TDN افزایش پیدا می‌کند. علاوه‌براین، با افزوده شدن دور آبیاری بر میزان TDN افزوده شد. به‌طوری‌که بیش‌ترین (687/2 گرم بر کیلوگرم ماده خشک) و کم‌ترین میزان TDN (649/8 گرم بر کیلوگرم ماده خشک) به‌ترتیب در دور آبیاری سوم و اول مشاهده شد (جدول 4). از آن‌جایی که میزان TDN همبستگی منفی با میزان ADF و NDF دارند (جدول 6)، چنین به نظر می‌رسد با کاهش میزان NDF و ADF در نتیجه کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی، میزان TDN افزایش یافته است (Lithourgids et al., 2006).

ماده خشک مصرفی (DMI)

میزان ماده خشک مصرفی تحت تأثیر دورهای مختلف آبیاری در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول 2). به‌طور کلی، با افزایش دور آبیاری بر میزان DMI افزوده شد. به‌طوری‌که بیش‌ترین (26/5 گرم بر کیلوگرم ماده خشک) و کم‌ترین میزان DMI (25 گرم بر کیلوگرم ماده خشک) به‌ترتیب در دورهای آبیاری سوم و اول مشاهده شد. هوروکس و والنتین (Horrocks & Vallentine, 1999) گزارش کردند که میزان DMI همبستگی منفی با میزان NDF دارد و با کاهش میزان دیواره سلولی (NDF) میزان DMI افزایش یافت (جدول 6). به عبارت دیگر، وقتی که میزان NDF علوفه افزایش می‌یابد کیفیت و میزان ماده خشک مصرفی کاهش پیدا می‌کند.

ارزش نسبی تغذیه‌ای (RFV)

ارزش نسبی تغذیه‌ای شاخصی برای رتبه‌بندی علوفه بر اساس تخمینی از قابلیت هضم و پتانسیل مصرف علوفه می‌باشد و بیانگر میزان انرژی و مصرف علوفه‌ای است که از DDM و DMI مشتق شده است (Lithiurgidis et al., 2006). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که ارزش نسبی تغذیه‌ای تحت تأثیر معنی‌دار رژیم های متفاوت آبیاری و الگوهای مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد واقع شد (جدول 2). بیش‌ترین میزان RFV (148/7 درصد) با کاربرد کود زیستی + 25 درصد شیمیایی حاصل شد که تفاوت معنی-داری با کاربرد انفرادی کود زیستی نداشت. هم‌چنین کم‌ترین میزان شاخص ذکر شده (126/7 درصد) با کاربرد 100 درصد کود شیمیایی بدون تفاوت معنی‌دار با تیمارهای کود زیستی + 75 درصد شیمیایی و کود زیستی+ 50 درصد شیمیایی حاصل شد. دلیل کاهش RFV در تیمار 100 درصد کود شیمیایی به افزایش NDF و ADF علوفه بر می‌گردد. هم‌چنین با افزایش دور آبیاری بر میزان ارزش نسبی تغذیه‌ای علوفه افزوده شد. به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان RFV (142/5 درصد) به دور آبیاری سوم و کم‌ترین میزان RFV (129/6 درصد) نیز به دور آبیاری اول تعلق داشت (جدول 4). با توجه به افزایش میزان DMI و DMD در دور آبیاری سوم افزایش RFV علوفه سورگوم در این تیمار قابل توجیه است. هوروکس و والنتین (Horrocks & Vallentine, 1999) گزارش کردند که علوفه‌هایی با میزان RFV مابین 151- 125 به‌عنوان علوفه عالی در نظر گرفته می‌شوند. با توجه به جدول استاندارد کیفی علوفه، دور آبیاری سوم منجر به تولید علوفه‌ای با درجه عالی (Premium) شد. جهان‌زاد و همکاران (Jahanzad et al., 2013) مشاهده کردند که میزان ارزش نسبی تغذیه‌ای با DMI و DMD همبستگی مثبتی داشته و با افزایش دور آبیاری به‌دلیل بالا رفتن شاخص‌های ذکر شده میزان RFV افزایش یافت (جدول 6). یلماز و همکاران (Yilmaz et al., 2014) دلیل افزایش ارزش نسبی تغذیه‌ای علوفه حاصل از کشت مخلوط مخلوط جو با ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia sativa* L.) و ماشک پانونیکا (*Vicia pannonic*a L.) را به افزایش ماده خشک قابل هضم (DDM) و ماده خشک مصرفی کل علوفه (DMI) نسبت دادند. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج صادق پور و همکاران (Sadeghpour et al., 2013) و لایتورگایدیس و همکاران (Lithiurgidis et al., 2006) مطابقت داشت.

انرژی ویژه شیردهی (NE_L)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که انرژی ویژه شیردهی تحت تأثیر معنی‌دار رژیم‌های متفاوت آبیاری و الگوهای مختلف کودی واقع شد (جدول 2). بیش‌ترین میزان NE_L (1/66 مگاکالری بر کیلوگرم) با کاربرد کود زیستی + 25 درصد کود شیمیایی حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد انفرادی کود زیستی نداشت. هم‌چنین کم‌ترین میزان NE_L (1/56 مگاکالری بر کیلوگرم) با کاربرد 100 درصد کود شیمیایی بدون تفاوت معنی‌دار با تیمارهای کود زیستی + 75 درصد شیمیایی و کود زیستی + 50 درصد شیمیایی حاصل شد. هم‌چنین با افزایش دور آبیاری بر انرژی ویژه شیردهی علوفه افزوده شد. به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان NE_L (1/64 مگاکالری بر کیلوگرم) به دور آبیاری سوم و کم‌ترین میزان RFV (1/56 مگاکالری بر کیلوگرم) نیز به دور آبیاری اول مربوط بود (جدول 4). افزایش انرژی ویژه شیردهی به بهبود دسترسی بیش‌تر به عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و کاهش میزان ADF با کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی نسبت داده می‌شود (Tang et al., 2018). در تطابق با نتایج پژوهش حاضر، جهان‌زاد و همکاران (Jahanzad et al., 2013) گزارش کردند که میزان انرژی ویژه شیردهی با افزایش دور آبیاری به‌دلیل کاهش میزان دیواره سلولی بدون همی‌سلولز (ADF) افزایش پیدا کرد.

جدول 6- همبستگی بین صفات کمی و کیفی علوفه سورگوم

Table 6- Correlations between the quantity and quality of sorghum forage

	ماده خشک DM	پروتئین خام CP	عملکرد پروتئین خام YCP	کربوهیدرات محلول در آب WSC	الیاف حاصل از شوینده اسید ADF	الیاف حاصل از شوینده خنثی NDF	ماده خشک مصرفی DMI	قابلیت هضم ماده خشک DMD	کل ماده غذایی قابل هضم TDN	ارزش نسبی تغذیه‌ای RFV	انرژی ویژه شیردهی NE_L
DM	1										
CP	0.01^{ns}	1									
YCP	0.70^{**}	0.72^{**}	1								
WSC	0.31^{*}	-0.24^{ns}	0.08^{ns}	1							
ADF	0.53^{**}	-0.14^{ns}	0.24^{ns}	0.12^{ns}	1						
NDF	0.37^{*}	-0.13^{ns}	0.16^{ns}	-0.12^{ns}	0.39^{**}	1					
DMI	-0.35^{*}	0.10^{ns}	-0.17^{ns}	0.16^{ns}	-0.37^{*}	-0.99^{**}	1				
DMD	-0.53^{**}	0.14^{ns}	-0.24^{ns}	-0.12^{ns}	-1.00^{**}	-0.39^{**}	0.37^{*}	1			
TDN	-0.52^{**}	0.15^{ns}	-0.25^{ns}	-0.11^{ns}	-1.00^{**}	-0.39^{**}	0.33^{*}	1.00^{**}	1		
RFV	-0.46^{**}	0.13^{ns}	-0.21^{ns}	0.09^{ns}	-0.63^{**}	-0.95^{**}	0.95^{**}	0.63^{**}	0.63^{**}	1	
NEL	-0.53^{**}	0.15^{ns}	-0.24^{ns}	-0.12^{ns}	-0.99^{**}	-0.39^{**}	0.37^{*}	0.99^{**}	0.99^{**}	0.63^{**}	1

**، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم معنی‌داری.

**, * and ns: are significant at the 1% and 5% probability levels and non-significant, respectively.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که دوره‌های مختلف آبیاری و الگوهای مختلف کودی به‌صورت جداگانه تأثیرات معنی‌داری بر روی صفات کمّی و کیفی علوفه حاصل از سورگوم داشتند. با افزایش دور آبیاری شاخص‌هایی از قبیل عملکرد ماده خشک، فیبر خام، دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز کاهش یافت. درحالی‌که افزایش دور آبیاری منجر به افزایش نسبت برگ به ساقه، میزان پروتئین خام، کربوهیدرات‌های محلول در آب، کل ماده مغذی قابل هضم، ماده خشک مصرفی، ارزش نسبی تغذیه‌ای و انرژی ویژه شیردهی گردید. در مقایسه بین الگوهای مختلف کودی بیش‌ترین عملکرد علوفه خشک با کاربرد انفرادی کود

شیمیایی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد تلفیقی کود زیستی + 75 درصد کود شیمیایی نداشت. هم‌چنین کاربرد تلفیقی کود زیستی+ 25 درصد کود شیمیایی باعث افزایش معنی‌دار صفاتی از قبیل ماده خشک قابل هضم، کل ماده مغذی قابل هضم، انرژی ویژه شیردهی و ارزش نسبی تغذیه‌ای گردید. براساس نتایج این پژوهش می‌توان بیان کرد که کاربرد کودهای زیستی در شرایط تنش خشکی منجر به بهبود کمّی و کیفی علوفه سورگوم گردید.

منابع

Ahemad, M., and Kibret, M. 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. Journal of King Saud University Science 26(1): 1-20.

Anabi Milani, A. 2003. Effect of irrigation regimes on yield components and water use efficiency of wheat in saline soil. Soil and Water Science 16(1): 121-135. (In Persian with English Summary)

Assefa, G., and Ledin, I. 2001. Effect of variety, soil type and fertilizer on the establishment, growth, forage yield, quality and voluntary intake by cattle of oats and vetches cultivated in pure stands and mixtures. Animal Feed Science and Technology 92: 95–111.

Bilal, M., Ayub, M., Tariq, M., Tahir M., and Nadeem, M.A. 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.

Bishnoi, U. 2015. PGPR Interaction: An Ecofriendly Approach Promoting the Sustainable Agriculture System. Advances in Botanical Research 75: 81–113.

Carmi, A., Aharoni, Y., Edelstein, M., Umiel, N., Hagiladi, A., Yosef, E., Nikbachat, M., Zenou, A., and Miron, J. 2006. Effects of irrigation and plant density on yield, composition and in vitro digestibility of a new forage sorghum variety, Tal, at two maturity stages. Animal Feed Science and Technology 131: 120–132.

Coblentz, W.K., Akins M.S., Cavadini J.S., and Jokela, W.E. 2017. Net effects of nitrogen fertilization on the nutritive value and digestibility of oat forages. Journal of Dairy Science 100: 1739–1750.

Coleman, S.E., and Moore, J.E. 2003. Feed quality and animal performance. Field Crops Research 84: 17- 29.

Contreras-Govea, F.E., Muck, R.E., Armstrong, K.L., and Abrecht, K.A. 2009. Nutritive value of corn silage in mixture with climbing beans. Animal Feed Science and Technology 150: 1-8.

Francisco, E., Govea, C., Muck, E.R., Armstrong, L.K., and Albrecht, K. 2009. Fermentability of corn–lablab bean mixtures from different planting densities. Animal Feed Science and Technology 149: 298–306.

Gray, E.J., and Smith, D.L. 2005. Interacellular and extracellular PGPR: Commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. Soil Biology and Biochemistry Journal 37: 395-412.

Haberle, J., Svoboda, P., and Raimanova, I. 2008. The effect of post-anthesis water supply on grain nitrogen concentration and grain nitrogen yield of winter wheat. Plant, Soil and Environment 54: 304–312.

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 Animal Advance 8(7): 1337-1342.

Hoekstra, F.A., and Buitink, J. 2001. Mechanisms of plant dessiccation tolerance. Trends in Plant Science 8: 431-438.

Horrocks, R.D., and Vallentine, J.F. 1999. Harvested forage. Academic Press, London, UK.

Jahanzad, E., Jorat, M., Moghadam, H., Sadeghpour, A., Chaichi, M.R., 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.

Jaleel, C.A., Sankar, B., Murali, P.V., Gomathinayagam, M., Lakshmanan, G.M.A., and Panneerselvam, R. 2008. Water deficit stress effects on reactive oxygen metabolism in *Catharanthus roseus* L. impact on ajmalicine accumulation. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 62: 105-111.

Kader, M.A., Mian, M.H., and Hoque, M.S. 2002. Effects of *Azotobacter* inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Online Journal of Biological Sciences 2: 2 59-261.

Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dhima K.V., Dordas, C.A., and Yaikoulaki, M.D. 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. Field Crops Research 99: 106-113.

Marsalis, M.A., Angadi, S.V., and Contreras-Govea, F.E. 2010. Dry matter yield and nutritive value of corn, forage sorghum, and BMR forage sorghum at different plant populations and nitrogen rates. Field Crops Research 116: 52–

57.

Mehrvarz, S., and Chaichi, M.R. 2008. Effect of Phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus chemical fertilizer on forage and grain quality of barely (*Hordeum vulgare* L). American- Eurasian Journal Agricultural and Environmental Science 3: 855-860.

Naghizadeh, M., and Galavi, M. 2012. Evaluation of phosphorous biofertilizer and chemical phosphorous influence on fodder quality of corn (*Zea mays* L.) and grass pea (*Lathyrus sativa* L.) intercropping. Journal of Agroecology 4(1): 52-62. (In Persian with English Summary)

Nakhzari Moghaddam, A. 2016. Effect of nitrogen and different intercropping arrangements of barley (*Hordeum vulgare* L.) and pea (*Pisum sativum* L.) on forage yield and competitive indices. Journal of Agroecology 8(1): 47-58. (In Persian with English Summary)

Nabati Nasaz, M., Gholipouri, A., and Mostafavi Rad, M. 2016. Evaluation of forage yield and important agronomic indices of corn as affected by intercropping systems with peanut and nitrogen rates. Journal of Agroecology 8(1): 70-81. (In Persian with English Summary)

Naseri, R., Moghadam, A., Darabi, F., Hatami, A., and Tahmasebei, G.R. 2013. The Effect of deficit irrigation and *Azotobacter chroococcum* and *Azospirillum brasilense* on grain yield, yield components of maize (S.C. 704) as a second cropping in western Iran. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences 2 (10): 104–112.

Raei, Y., Ashaghi Sardrood, S.N., and Bagheri Pirouz, A. 2013. The effects of chemical and biological fertilizers application on forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) yields of different harvests. Journal of Agroecology 5(3): 231-242. (In Persian with English Summary)

Rahbari, A., Masood sinaki, J, and Zarei, M. 2015. Effects of Phosphate Fertilizer and Less Irrigation on Grain Yield of the Forage Millet. Journal of Agronomy Science 5(10): 27-38.

Rostamza, M., Chaichi, M.R., Jahansouz, M.R., and Alimadadi, A. 2011. Forage quality, water use and nitrogen utilization efficiencies of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.) grown under different soil moisture and nitrogen levels. Agricultural Water Management 98: 1607–1614.

Sadeghpour, A., Jahanzad, E., Esmaieli, A., Hosseini M.B., and Hashemi, M. 2013. Forage yield, quality and economic benefit of intercropped barley and annual medic in semi-arid conditions: Additive series. Field Crops Research 148: 43-48.

Tang, C.H., Yang, X., Chen, X., Ameen, A., and Xie, G. 2018. Sorghum biomass and quality and soil nitrogen balance response to nitrogen rate on semiarid marginal land. Field Crops Research 215: 12-22.

Tas, S., and Tas, B. 2007. Some physiological responses of drought stress in wheat genotypes tolerance of fine grain aromatic rice (*Oryza sativa* L.). Journal Agronomy and Crop Science 194: 325-333.

Van Loon, L.C. 2007. Plant response to plant growth promoting rhizobacteria. European Journal of Plant Pathology 119: 243-254.

Vasilakoglou, I., Dhima, K., Karagiannidis, N., and Gatsis, T. 2011. Sweet sorghum productivity for bio-fuels under increased soil salinity and reduced irrigation. Field Crops Research 120: 38–46.

Vessy, K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizars. Plant and Soil 255: 571-586.

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. Agriculture and Water Management 48: 151–167.

Wu, S.C., Caob, Z.H., Lib, Z.G., Cheunga, K.C., and Wong, M.H. 2005. Effects of biofertilizers containing N-fixer, P and K Solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma 125: 155-166.

Yang, Y.H., Jiang, P.A., Ai, E.K., and Zhou, Y.Q. 2005. Effects of planting *Medicago sativa* L. on soil fertility. Arid Land Geography 28: 248-251.

Yazdani, M., Bahmanyar, M.A., Pirdashti, H., and Esmaili, M.A. 2009. Effect of phosphate solubilization microorganisms (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). Proceedings of World Academy of Sciences, Engineering and Technology 3(1): 2070-3740.

Yilmaz, Ş., Özel, A., Atak, M., and Erayman, M. 2014. Effects of seeding rates on competition indices of barley and vetch intercropping systems in the eastern mediterranean. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 39: 135–143.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1021-1035

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 1035-1021

Amount of Production and Nutritional Value of Cultivated Forage Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) with Integrated Application of Bio and Chemical Fertilizers under Different Irrigation Regims

Z. Sayyadi Azar[1], A. Javanmard[2*], F. Shekari[3], A. Abbasi[4] and M. Amani Machiani[5]

Submitted: 14-02-2018
Accepted: 25-07-2018

Sayyadi Azar, Z., Javanmard, A., Shekari, F., Abbasi, A., and Amani Machiani, M. 2019. Amount of production and nutritional value of cultivated forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) with integrated application of bio and chemical fertilizers under different irrigation regims. Journal of Agroecology. 11(3): 1021-1035.

Introduction

Forage production has recently reduced in some arid and semi-arid countries due to intensive grazing and consecutive dryness. Increasing scarcity of water irrigation, particularly in arid and semi-arid climates where agricultural systems are dependent upon supplemental irrigation, is becoming the most important problem for producing forage.

The bio fertilizers can serve a potential tool for sustaining crop production without destruction of the soil and environment. Therefore, integrated application of bio fertilizer and chemical fertilizer seems to be a sustainable approach in agricultural systems. The plant growth promoting bacteria plays an important role in the crop growth and development through secretion of growth promoting metabolites and nutrient supply. These species increase nitrogen fixation and release plant growth promoting substances and hormones and improve nutrient and water uptake.

Sorghum is becoming an increasingly important forage crop in many arid and semi-arid regions of the world especially in Iran because of its advantages over corn in warm and dry climates. The objective of this study was to evaluate the effects of different fertilizer patterns and irrigation intervals on the quantity and quality of the sorghum forage.

Materials and Methods

The experiment was conducted as split plot design based on randomized complete block design (RCBD) with 15 treatments and three replications at the faculty of Agriculture, University of Maragheh during 2016. The treatments included three different irrigation regimes (irrigation after 60, 100 and 140 mm evaporation from class A evaporation pan) and five different fertilization patterns (100% chemical fertilizer, bio fertilizer, bio fertilizer+ 75% chemical fertilizer, bio fertilizer+ 50% chemical fertilizer and bio fertilizer+ 25% chemical fertilizer). In the current research, quantity and quality properties including neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), crude protein (CP), crude fiber (CF), dry matter digestibility (DMD), water soluble carbohydrate (WSC), Total digestibly nutrient (TDN), dry matter intake (DMI), Relative feed value (RFV), net energy for lactation (NE_L) and ash was calculated. Analysis of variance of the data and mean comparison were carried out by MSTATC statistical software based on Duncan's multiple range tests.

Results and Discussion

The results showed that the dry forage yield of sorghum was significantly affected by different irrigation and fertilization patterns. The highest forage yield (26.8 $t.ha^{-1}$) was achieved in 100% chemical fertilizer that was not significantly different with bio fertlizer+ 75% chemical fertilizer. Also, the lowest dry forage yield (20.6 $t.h^{-1}$) was observed in application of bio fertilizer. The reason for the increase of dry matter yield in integrated

1 and 5- Ph.D student of Agronomy, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran, respectively.
2, 3 and 4- Associate Professor, Professor and Assisstant Professor Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran, respectively.
(*-Corresponding Author Email: A.javanmard@maragheh.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v11i3.71013

application of chemical and bio fertilizers is attributed to improved nutrient uptake, increased photosynthesis, and more activity of catalase and peroxidase enzymes by plant growth promoting bacteria. In addition, with increasing irrigation interval, the biomass yield of forage sorghum was significantly reduced. Decreasing the biomass yield of sorghum by increasing irrigation intervals may be due to reducing the absorption of fermentation elements, decreasing growth and leaf area, decreasing photosynthesis, increasing the damage caused by drought stress, and increasing the amount of active oxygen radicals. The highest values of DMD, TDN, RFV and NE_L were achieved in bio fertilizer+ 25% chemical fertilizer. Also, the values of CP, WSC, DMI, DMD, TDN, RFV and NE_L increased by enhancing irrigation intervals. Increase of the mentioned indices is attributed to decreasing of neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) content under integrated application of chemical and bio fertilizers and increasing irrigation intervals. Results showed a positive and significant correlation between sorghum dry forage yield and crude protein yield, WSC, ADF and NDF. On the other hand, there was a negative and significant correlation between ADF and NDF with CP, DMI, DMD, TDN, RFV and NE_L.

Conclusion

Generally, the results of this experiment demonstrated that different irrigation regimes and different fertilizer patterns had a significant effect on the quantitative and qualitative traits of the sorghum forage. The values of dry forage yield, crude fiber, ADF and NDF decreased by increasing irrigation intervals, while the values of leaf to stem ratio, CF, WSC, DMI, DMD, TDN, RFV and NE_L increased in this irrigation round. In comparison between different fertilization patters, the highest forage yield was achieved in 100% chemical fertilizer that was no significantly different with bio fertilizer+ 75% chemical fertilizer. Also, the integrated application of bio fertlizer+ 25% chemical fertilizer significantly increased the content of DMI, DMD, TDN, RFV and NE_L. Based on the results of this study, it can be stated that the integrated application of bio fertilizers with chemical fertilizer in drought stress conditions resulted in quantitative and qualitative improvement of sorghum forage.

Keywords: Acid detergent fiber, Bio fertilizer, *Azotobacter*, Biosuper, Net energy for lactation