مجله ترویجی سبزیجات گلخانه‌ای، جلد ششم، شماره ۱، تابستان ۱۴۰۲، صفحات: ۷-۱

بررسی تولید علوفه سورگوم در گلخانه

غلامحسن رنجبر[۱]، حدیث حاتمی[۲]، محمدجواد بابایی‌زارچ[۲]، فرهاد دهقانی[۲]، حسن فضائلی[۳]، رضا دلیری‌مقدم[۴]

۱- دانشیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

۲- استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

۳- استاد، موسسه تحقیقات علوم دامی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۳- کارشناس، مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان یزد، سازمان جهاد کشاورزی استان یزد

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: ranjbar71@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۲۳

چکیده

با توجه به کمبود علوفه در کشور و میزان واردات انواع نهاده‌های دامی مورد نیاز، استفاده از فضاهای خالی موجود مانند گلخانه‌ها به ویژه در فاصله بین دو کشت، به‌منظور تولید علوفه ممکن است بتواند به عنوان یک راهکار در نظر گرفته شود. علاوه بر این، به‌نظر می‌رسد در گلخانه‌هایی که به دلایل مختلف از جمله افزایش شوری آب آبیاری، مدیریت نامناسب تولید، شیوع آفات و بیماری‌ها و تجمع عناصر غذایی در اثر مدیریت غلط تغذیه‌ای، تولید محصولات رایج مانند خیار و گوجه‌فرنگی اقتصادی نیست، به‌توان کشت علوفه را در تناوب زراعی وارد نمود. یکی از گیاهان علوفه‌ای پربازده سورگوم می‌باشد. هدف از این مطالعه بررسی میزان عملکرد و ارزش غذایی سورگوم علوفه‌ای در شرایط گلخانه بود. آزمایش در گلخانه‌ای از نوع پوشش پلاستیکی، به مساحت ۱۵۰۰ مترمربع و ارتفاع چهار متر در منطقه فهرج استان یزد انجام شد. رقم سورگوم مورد استفاده اسپیدفید و تاریخ کاشت آن اردیبهشت ماه سال ۱۴۰۰ بود. نتایج نشان داد که با احتساب مجموع شش چین (خرداد ماه سال ۱۴۰۰ تا اردیبهشت ماه سال ۱۴۰۱) انجام شده در شرایط گلخانه، میزان علوفه تر و خشک به ترتیب برابر با ۶۵۰ و ۱۱۷ تن در هکتار بود. بطورکلی در شرایط گلخانه این گیاه قادر است در طول یکسال در حدود ۵ برابر بیشتر علوفه خشک در مقایسه با شرایط مزرعه تولید نماید. بررسی پارامترهای کیفیت علوفه سورگوم تولیدی در شرایط گلخانه نیز نشان داد که میزان نشاسته، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) به ترتیب ۱۳/۳۸، ۱۰/۷۱، ۳۰/۸۳ و ۵۶/۲۵ درصد و در حدود شرایط مزرعه بود. با توجه به نتایج این مطالعه در زمان‌هایی که گلخانه‌های تولیدی به هر دلیلی تحت کاشت گیاهان رایج نمی‌باشند، می‌توانند به کاشت سورگوم برای تولید علوفه با کیفیت به ویژه در شرایط نیاز فوری به علوفه اختصاص یابند.

واژگان کلیدی: امنیت غذایی، ارزش غذایی، گلخانه، نهاده

متن مقاله

بیان مساله

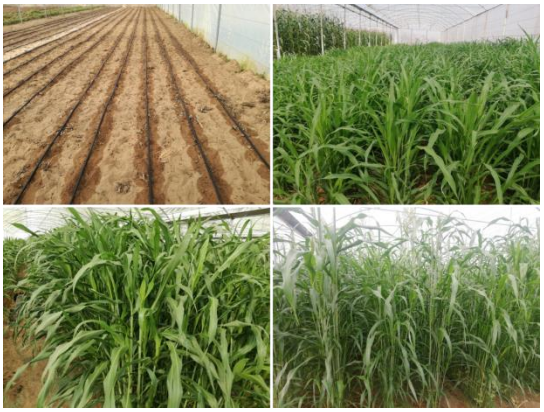
امروزه چالش اصلی صنعت دامپروری کشور محدودیت منابع علوفه ای است. بنابراین استفاده بهینه از منابع و فضاهای خالی جهت تولید علوفه امری ضروری است. در این راستا استفاده از فضاهای خالی، مانند گلخانه‌ها و اراضی حاشیه‌ای با استفاده از منابع آب و خاک شور، ممکن است به‌تواند گامی هر چند کوچک اما موثر در تأمین علوفه کشور باشد. عدم رعایت تناوب زراعی و کشت مداوم محصولات سبزی و صیفی، افزایش شوری آب، شیوع آفات و بیماری‌ها، تجمع عناصر اضافی در بستر کشت گلخانه‌ها، تداوم تولید محصولات سبزی و صیفی را با چالش مواجه ساخته است. بنابراین توجه به رویکردهای جدید از جمله تولید علوفه در سازه موجود گلخانه ممکن است راهکار مناسبی باشد (بشری و همکاران، ۱۴۰۱). در این میان، کاشت گیاهان علوفه‌ای با ظرفیت تولید بالا و کیفیت مناسب حائز اهمیت است. در این خصوص سورگوم (*Sorghum bicolor*) به عنوان یکی از گیاهان علوفه‌ای خانواده غلات از جمله گیاهان علوفه‌ای مناسب برای این هدف می‌باشد. این گیاه، به دلیل داشتن ویژگی‌هایی نظیر تنوع ژنتیکی زیاد، برخورداری از ارقام پرمحصول، سازگاری به شرایط تنش، کارایی نسبی بالا در مصرف آب، استعداد بالای تولید علوفه، امکان برداشت چندین چین در یک دوره زراعی و ارزش غذایی قابل توجه، به‌عنوان یک گیاه علوفه‌ای با ارزش محسوب می شود (مشاور و همکاران، ۱۳۹۵ ؛ غلامی و امیرصادقی، ۱۳۹۷). هدف از این مطالعه، بررسی کشت سورگوم (رقم اسپیدفید) در شرایط گلخانه و تعیین میزان عملکرد و کیفیت علوفه تولیدی بود.

معرفی دستاورد:

این مطالعه در یک گلخانه تازه تاسیس از نوع پوشش پلاستیکی با مساحت ۱۵۰۰ مترمربع و ارتفاع چهار متر در منطقه فهرج استان یزد انجام شد. رقم سورگوم مورد استفاده در این پژوهش اسپیدفید و تاریخ کاشت آن ۱۴۰۰/۰۲/۰۷ بود. قبل از کاشت مقدار ۵ تن کود دامی در هر ۱۰۰۰ متر مربع گلخانه استفاده و با خاک گلخانه مخلوط گردید. کاشت به صورت ردیفی و با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر انجام شد. میزان بذر مصرفی بر اساس ۲۰ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. آبیاری به صورت نوار تیپ انجام و حجم آب مصرفی با استفاده از کنتور حجمی اندازه‌گیری شد. حجم آب مصرف شده در طول یک سال رشد گیاه در گلخانه ۱۳۱۸/۴ مترمکعب برای ۱۰۰۰ متر مربع بود. شکل ۱ تصاویری از روش کاشت و رشد گیاه سورگوم در گلخانه را نشان می‌دهد. جهت تأمین عناصر غذایی مورد نیاز در طول فصل رشد کودهای دی‌آمونیوم فسفات و سولفات آمونیوم هر کدام به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هر ۱۰۰۰ متر مربع در ابتدای دوره رشد و مقدار ۶۰ کیلوگرم در هر ۱۰۰۰ متر مربع کود اوره در طول فصل رشد استفاده شد. این گیاه در مجموع دارای ۶ چین در شرایط گلخانه و در طول یک سال بود. اولین چین ۴۴ روز پس از کاشت و در تاریخ ۱۴۰۰/۰۳/۲۰ انجام گرفت. تاریخ سایر چین‌ها ۱۴۰۰/۰۵/۱۸، ۱۴۰۰/۰۶/۲۱، ۱۴۰۰/۰۹/۲۱، ۱۴۰۰/۱۲/۰۵ و ۱۴۰۱/۰۲/۱۱ بود. لازم به ذکر است رشد رویشی در گیاه پس از سال اول نیز همچنان ادامه داشت. برداشت به صورت دستی و در زمان ظهور گل‌آذین انجام و برای هر برداشت پارامترهایی مانند ارتفاع، وزن تر و وزن خشک اندازه‌گیری شد. همچنین به منظور اطلاع از کیفیت علوفه، در چین سوم شاخص‌های کیفی شامل

نشاسته، پروتئین خام (CP[1]) بر اساس روش‌های استاندارد (آ.ا.آ.سی، ۱۹۹۰)، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF[2]) شامل سلولز و لیگنین و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF[3]) شامل سلولز، همی سلولز و لیگنین مطابق با روش *ون‌سوئست و همکاران*[4] (۱۹۹۱) با تهیه نمونه و ارسال به موسسه تحقیقات علوم دامی اندازه‌گیری شد. همچنین، آزمایش تولید گاز در زمان‌های مختلف برای نمونه ارسالی انجام و با تولید گاز علوفه یونجه مقایسه گردید (منک و استینگاس[5]، ۱۹۸۸؛ تئودورو[6] و همکاران، ۱۹۹۴). در طول فصل رشد هیچ‌گونه انرژی سرمایشی در ماه‌های گرم سال مصرف نگردید، اگرچه در طول ماه‌های سرد سال و از ابتدای آذرماه تا اوایل اسفندماه، دمای محیط گلخانه در محدوده ۲۵ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که به دلیل شرایط خاص موجود در گلخانه، گیاهان ارتفاع قابل توجهی داشتند. به جز در چین پنجم که با توجه به فصل رشد (زمستان) متوسط ارتفاع بوته گیاه ۱۶۴/۲۳ سانتی‌متر بود، در سایر چین‌ها ارتفاع بوته بین ۲۰۰/۰۰ تا ۲۴۲/۲۰ سانتی‌متر متفاوت بود (شکل ۲-الف). بطورکلی تأثیرپذیری برخی صفات در سورگوم به شرایط مختلف آب و هوایی و ژنتیکی مانند رقم در آزمایشات دیگر نیز گزارش شده است (غلامی و امیرصادقی، ۱۳۹۷؛ فومن و همکاران، ۱۳۸۵). در دو مطالعه مختلف *فومن (۱۳۸۹)* و *فومن و همکاران (۱۳۸۵)* میانگین ارتفاع رقم اسپیدفید سورگوم را به ترتیب ۲۲۴/۲ و ۲۱۴/۴ سانتی‌متر گزارش نموده است. این درحالی‌است که در آزمایش اشراقی‌نژاد و همکاران (۱۴۰۰) متوسط ارتفاع رقم اسپیدفید ۱۷۷/۳ سانتی‌متر گزارش شده است. لازم به ذکر است ارتفاع ارقام اولیه و وحشی سورگوم در حدود ۴ متر نیز گزارش شده است، اگرچه در سال‌های اخیر به دلیل سهولت در برداشت و خوابیدگی کم‌تر بوته‌ها، ارتفاع ارقام سورگوم با انجام برنامه‌های اصلاحی کاهش یافته است (غلامی و امیرصادقی، ۱۳۹۷).



شکل ۱. روش کاشت و رشد گیاه سورگوم در گلخانه

با توجه به شرایط گلخانه و برخلاف شرایط مزرعه، گیاه در طول سال رشد رویشی داشت، به‌طوری‌که در طول یک سال تعداد شش چین علوفه برداشت گردید (سورگوم در شرایط مزرعه‌ای به طور معمول دو چین برداشت دارد). بیشترین و کمترین وزن علوفه تر به ترتیب به مقدار ۱۳۱/۱ و ۶۳/۷ تن بر هکتار در چین سوم و پنجم مشاهده شد (شکل ۲-ب). به طور مشابه بیشترین و کمترین وزن علوفه خشک نیز مربوط به همین چین‌ها و به میزان ۲۳/۹ و ۱۱/۵ تن بر هکتار بود (شکل ۲-ج). با احتساب مجموع چین‌ها میزان علوفه تر و خشک به دست آمده در این پژوهش در یک سال به ترتیب برابر با ۶۵۰ و ۱۱۷ تن

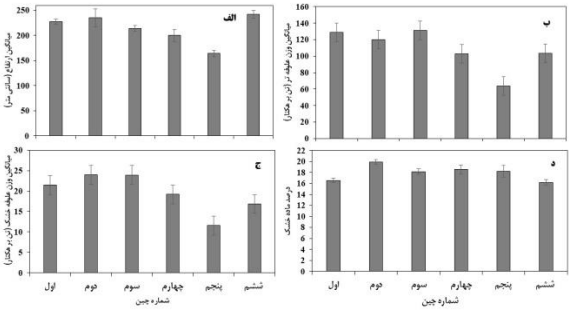
[1] Crud Protein (CP)
[2] Acid Detergent Fiber (ADF)
[3] Natural Detergent Fiber (NDF)
[4] Van Soest
[5] Menke and Steingass
[6] Theodorou

بر هکتار بود (شکل ۲-ب و ج). با توجه به میزان آب مصرفی اندازه گیری شده در طول سال می‌توان گفت با مصرف هر متر مکعب آب در گلخانه می‌توان به ترتیب ۴۹۳/۰ و ۸۸/۷ کیلوگرم علوفه تر و خشک در تولید نمود. لازم به ذکر است درصد ماده خشک علوفه بین ۱۶ تا ۲۰ درصد به ترتیب برای چین‌های ششم و دوم و به طور متوسط ۱۸ درصد بود (شکل ۲-د).

بررسی منابع نشان می‌دهد که میزان عملکرد علوفه سورگوم در شرایط مزرعه بسیار کمتر از شرایط گلخانه‌ی این آزمایش می‌باشد. در آزمایش *اشراقی و همکاران (۱۴۰۰)* میزان علوفه تر و خشک تولیدی رقم اسپیدفید سورگوم در جنوب کرمان به ترتیب ۲۹۸/۴۲ و ۴۱/۶۹ تن در هکتار گزارش شده است. خزایی و همکاران (۱۳۹۸) مقدار عملکرد را به ترتیب ۱۰۵/۶ و ۲۳/۴ تن در هکتار و فومن و همکاران (۱۳۸۵) به ترتیب ۱۴۷/۰ و ۳۴/۱ تن در هکتار برای دو چین در یک سال برای این رقم گزارش نموده‌اند. بر اساس آمارنامه کشاورزی استان یزد (بی‌نام، ۱۳۹۸)، میزان علوفه تر گیاه سورگوم در طول فصل زراعی تحت شرایط مزرعه بطور متوسط ۱۳۷/۸ تن در هکتار تحت شرایط استان می‌باشد. به طورکلی آمارها نشان می‌دهد که میزان علوفه خشک تولید شده از ارقام پگاه و اسپیدفید در داخل کشور حدود ۲۲ تا ۲۳ تن در هکتار و در ارقام خارجی تا ۱۷ تن در هکتار است (غلامی و امیرصادقی، ۱۳۹۷). بنابراین با مقایسه اعداد به دست آمده در این مطالعه با آمار موجود این نکته مشخص می‌شود که کاشت رقم اسپیدفید سورگوم علوفه‌ای به مدت یک سال زراعی در گلخانه می‌توان در حدود پنج برابر علوفه خشک بیشتری در مقایسه با شرایط مزرعه تولید نمود.

در جدول ۱ ارزش غذایی سورگوم تولید شده در شرایط گلخانه آورده شده است. با توجه به این جدول میزان نشاسته، درصد پروتئین خام و مقادیر الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) به ترتیب ۱۳/۳۸، ۱۰/۷۱، ۳۰/۸۳ و ۵۶/۲۵ درصد ماده خشک می‌باشد. بررسی منابع مختلف نشان می‌دهد که مقایسه عددی این شاخص‌ها با اعداد گزارش شده برای سورگوم در شرایط مزرعه تفاوت فاحشی ندارد. به عنوان مثال صیادی آذر و همکاران (۱۳۹۸) مقادیر ۶/۱، ۲۸/۲ و ۴۸/۲ درصد را به ترتیب برای شاخص‌های پروتئین خام، ADF و NDF گزارش کردند. این مقادیر در آزمایش غلامی و امیرصادقی (۱۴۰۱) به ترتیب ۸/۲، ۲۵/۳۳ و ۵۳/۱۳ درصد ماده خشک گزارش شده است. در مطالعه‌ای دیگر غلامی و بابایی (۱۳۹۹) مقادیر ADF و NDF را برای سورگوم تحت شرایط مزرعه به ترتیب ۳۱/۲ و ۶۰/۳ درصد ماده خشک گزارش نمود. به‌طورکلی برای علوفه خشک سورگوم در کشور، مقادیر متوسط پروتئین خام، ADF و NDF به ترتیب ۷/۲۷، ۳۷/۷۸ و ۶۴/۴۹ درصد ماده خشک (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴) و متوسط میزان عددی برای نشاسته بین ۱۰/۹ تا ۱۶/۸ درصد ماده خشک به ترتیب برای سورگوم‌های معمولی و براون میدریب (غلامی و امیرصادقی، ۱۳۹۷) گزارش شده است.

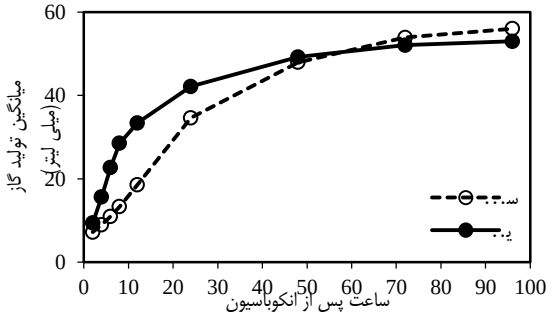
نتایج مربوط به تولید گاز نیز نشان داد که اگرچه در زمان‌های ابتدایی میزان گاز تولید شده در سورگوم علوفه‌ای کمتر از یونجه است اما در زمان‌های انتهایی روند افزایشی پیدا کرده و منحنی مربوط به سورگوم علوفه‌ای بالاتر از یونجه قرار گرفته است (شکل ۳). این نتیجه نشان می‌دهد که تولید علوفه سورگوم در گلخانه از این منظر نیز تفاوت چندانی با تولید علوفه در شرایط مزرعه و در مقایسه با گیاهان علوفه‌ای مانند یونجه ندارد.



شکل ۲. میانگین ارتفاع (الف)، وزن تر (ب)،وزن خشک (ج) و درصد ماده خشک (د) سورگوم کاشته شده در گلخانه در چین‌های مختلف

جدول ۱. درصد پارامترهای نشاسته، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در علوفه سورگوم (رقم اسپیدفید) تولید شده در شرایط گلخانه

نشاسته	پروتئین خام (CP)	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF)
۱۳/۳۸	۱۰/۷۱	۵۶/۲۵	۳۰/۸۳



شکل ۳- مقدار تولید گاز (میلی لیتر) در سورگوم علوفه‌ای و یونجه در ساعات مختلف

نامناسب، شیوع آفات و بیماری‌ها در گلخانه، تجمع عناصر اضافی و خستگی خاک، تولید محصولات رایج مانند خیار و گوجه‌فرنگی در زیرساخت موجود اقتصادی نمی‌باشد، می‌توان با کاشت سورگوم در این گلخانه‌ها و با تولید بخشی از علوفه مورد نیاز منطقه، ضمن افزایش بهره‌وری از فضاهای موجود، نقش قابل توجهی در درآمد بهره بردار ایفا نمود. روش تهیه زمین، میزان بذر مصرفی و تغذیه گیاه مشابه شرایط مزرعه می‌باشد. لازم به ذکر است در شرایط مشابه منطقه یزد، در طول فصل رشد به دلیل اینکه سورگوم یک گیاه تابستانه و چهارکربنه می‌باشد، نیاز به تامین انرژی سرمایشی نمی‌باشد، اگرچه در طول ماه‌های سرد سال ضرورت دارد دمای محیط گلخانه در محدوده ۲۵ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردد. در مجموع با تولید علوفه سورگوم در گلخانه به ویژه در مورد بهره‌بردارانی که همزمان دارای اسکلت گلخانه و پروش دام می‌باشند، می‌توان در طول سال بسته به مساحت کاشت و تعداد دام، بخش قابل توجهی از علوفه تازه مورد نیاز را تأمین نمود. بهترین روش مصرف سورگوم به صورت علوفه تازه و پس از چاپر کردن (با دستگاه‌های کوچک موجود در بازار) می‌باشد.

توصیه ترویجی:

در مناطق تحت کشت گیاهان گلخانه‌ای که به دلایل مختلف از جمله افزایش شوری آب، مدیریت

منابع مورد استفاده

اشراقی‌نژاد، م.، علوی سینی، س.م.، آئین، ا. و مشایخی اکبرآباد، ح. ۱۴۰۰. معرفی مناسبترین رقم سورگوم علوفه‌ای در منطقه جنوب کرمان. مجله ترویجی علوفه و خوراک دام، ۲(۲): ۱۰۵-۱۱۰.

بشری، ن.، سلطانی، م.ک.، و رنجبر، غ.ح. ۱۴۰۱. ارزیابی کمی تولید علوفه ذرت در شرایط گلخانه. مجله ترویجی علوفه و خوراک دام، ۳(۱): ۳۹-۴۴.

بی نام. ۱۴۰۱. سند راهبردی استفاده از پتانسیل‌های موجود و بهبود بهره‌وری، در جهت خوداتکایی در تولید خوراک دام و طیور. موسسه تحقیقات علوم دامی کشور. ۱۶۶ص.

بی‌نام. ۱۳۹۸. آمارنامه کشاورزی استان یزد. سازمان جهاد کشاورزی استان یزد. معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی. ۲۸۲ص.

خزائی، ع.، ترابی، م.، مختارپور، ح. و بهشتی، ع. .۱۳۹۸. ارزیابی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای [Sorghum bicolor (L.) Moench] با استفاده از تجزیه AMMI . مجله علوم زراعی ایران، ۲۱(۳): ۲۲۵-۲۳۶.

صیادی آذر، ز.، جوانمرد، ع.، شکاری، ف.، عباسی، ا. و امانی ماچیانی، م. ۱۳۹۸. مقدار تولید و ارزش غذایی علوفه سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) کشت شده با کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی در رژیم‌های مختلف آبیاری. نشریه بوم شناسی کشاورزی. (۳)۱۱: ۱۰۳۵-۱۰۲۱.

عباسی، الف.، فضائلی، ح.، زاهدی‌فر، م.، میرهادی، س.ا.، گرامی، ع.، تیمورنژاد، ن. و علوی، س.م. (۱۳۹۴). جداول ترکیبات شیمیایی منابع خوراک دام و طیور ایران. مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

غلامی، ح. و امیرصادقی، م. ۱۳۹۷. ارزش غذایی سورگوم علوفه‌ای و استفاده از آن در تغذیه دام. نشر آموزش کشاورزی. ۶۰ص.

غلامی، ح. و امیرصادقی، م. ۱۴۰۱. ارزیابی ظاهری و مقایسه کیفیت علوفه تر و سیلاژ چهار رقم سورگوم علوفه‌ای داخلی با هیبریدهای خارجی در استان البرز. مجله ترویجی علوفه و خوراک دام، ۳(۱): ۵-۱۵.

غلامی، ح. و بابایی، م. ۱۳۹۹. معرفی مدل خطی تخمین انرژی قابل متابولیسم سورگوم علوفه‌ای با استفاده از اجزای الیاف. نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران. (۳)۱۲: ۲۷۶-۲۶۵.

فومن، ع. ۱۳۸۹. ارزیابی صفات مرفولوژیک و عملکرد کمی و کیفی ارقام مختلف سورگوم علوفه‌ای *Sorghum bicolor* (L.) Moench. مجله گیاهان زراعی ایران، (۴)۴۱: ۸۴۰-۸۳۳.

فومن، ع.، قنادها، م.ر.، حسین‌زاده، ع.ه.، و شکیب، ع.م. ۱۳۸۵. بررسی صفات کمی و کیفی ارقام جدید سورگوم علوفه‌ای در چین‌های مختلف. مجله نهال و بذر، ۲۲: ۲۱۵-۲۲۴.

مشاور، ا.، امام، ی.، مدنی، ح.، نورمحمدی، ق. و حیدری شریف آباد، ح. ۱۳۹۵. مقایسه عملکرد و برخی ویژگیهای کیفی علوفه ذرت، سورگوم و تاج خروس علوفه‌ای در تراکم و تاریخ کاشت‌های مختلف در استان فارس. نشریه علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، (۱)۳۷: ۱۲۰-۱۰۳.

AOAC. 1990. Official methods of analysis, 15th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.

Menke, K.H., and Steingass, H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. Animal Research and Development, 28: 7–55.

Theodorou, M.K., Williams, B.A., Dhanoa, M.S., McAllan, A.B. and France, J. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feedstuffs. Animal Feed Science and Technology, 48: 185–197.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B., and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74: 3583-3597.