

DOI: 10.22034/AS.2021.13882

ارزیابی عملکرد و کیفیت علوفه در ارقام، لاین‌ها و هیبریدهای داخلی و خارجی سورگوم علوفه‌ای [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]

حسین غلامی^{۱*}، عزیز خزائی^۲، فرید گل‌زردی^۲ و مهدی امیرصادقی^۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۸/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۳

^۱ استادیار، مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

^۲ استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

*مسئول مکاتبه: Email: Ho.Gholami@areeo.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: سورگوم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان علوفه‌ای در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک شناخته می‌شود و عملکرد و کیفیت علوفه آن تحت تأثیر ژنوتیپ قرار می‌گیرد. هدف: این آزمایش به منظور بررسی عملکرد علوفه، میزان انرژی، ترکیبات شیمیایی و شاخص‌های ارزش نسبی و کیفیت نسبی علوفه در ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای انجام شد. روش کار: این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و مؤسسه تحقیقات علوم دامی اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل هجده رقم، لاین و هیبرید سورگوم علوفه‌ای بود. صفات کیفی علوفه شامل محتوی پروتئین، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) و لیگنین با روش تجزیه شیمیایی و قابلیت هضم نمونه‌ها نیز با روش آزمون گاز تعیین شد. مقایسه میانگین‌ها با روش LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید. **نتایج:** بیشترین و کمترین عملکرد ماده خشک (۲۰/۶۱ و ۸/۸۳ تن در هکتار) به‌ترتیب توسط رقم سیلوکینگ و جویسی سویت حاصل شد. میانگین محتوی پروتئین خام در کل ژنوتیپ‌های موردبررسی ۶/۳۵۷، ژنوتیپ‌های داخلی ۶/۳۶۳ و ژنوتیپ‌های خارجی ۶/۳۵۴ درصد بود. میانگین NDF در کل ژنوتیپ‌های موردبررسی ۶۰/۳۶، ژنوتیپ‌های داخلی ۶۲/۰۶ و ژنوتیپ‌های خارجی ۵۹/۵۱ درصد بود. میانگین انرژی قابل‌متابولیسم در کل ژنوتیپ‌های موردبررسی ۲/۴۱، ژنوتیپ‌های داخلی ۲/۳۳ و ژنوتیپ‌های خارجی ۲/۴۴ مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک بود. حداکثر ارزش نسبی علوفه (RFV) در بین ژنوتیپ‌های خارجی توسط رقم پی‌اچ‌اف‌اس ۲۷ (۱۱۵/۷۵ درصد) و در بین ژنوتیپ‌های داخلی توسط رقم پگاه (۱۱۱/۳۸ درصد) حاصل شد. نتیجه‌گیری نهایی: رقم سیلوکینگ که ضمن تولید بیشترین ماده خشک در واحد سطح دارای میزان بالای شاخص کیفیت نسبی علوفه بود، به‌عنوان مناسب‌ترین رقم از نظر کمیت و کیفیت علوفه معرفی می‌شود. رقم پگاه نیز که ضمن داشتن عملکرد ماده خشک مناسب، از کیفیت علوفه مطلوبی نیز برخوردار بود، به‌عنوان بهترین ژنوتیپ داخلی برای تولید علوفه معرفی می‌شود.

واژگان کلیدی: انرژی قابل‌متابولیسم، عملکرد ماده خشک، کیفیت نسبی علوفه، کل مواد مغذی قابل‌هضم

مقدمه

در سال‌های اخیر گسترش تنش‌های محیطی و افزایش وقوع حوادث غیرمترقبه باعث تهدید امنیت غذایی کشور شده است؛ بنابراین شناسایی راهکارهای مناسب برای مقابله با چنین شرایطی ضروری به نظر می‌رسد (بغدادی و همکاران ۲۰۲۱). یکی از راهکارهای مؤثر برای ارتقای امنیت غذایی و کاهش ریسک تولید، کاشت ارقام سازگار و پر محصول با خصوصیات کیفی مناسب می‌باشد (بغدادی و همکاران ۲۰۱۷). سورگوم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک شناخته می‌شود و به لحاظ اهمیت در بین غلات بعد از گندم، برنج، ذرت و جو در مقام پنجم قرار دارد (گل‌زردی و همکاران ۲۰۱۹ و عاشوری و همکاران ۲۰۲۱). سورگوم علوفه‌ای، گیاهی باارزش و متحمل به تنش‌های محیطی از جمله خشکی و گرما است که امکان مصرف به صورت چرای مستقیم، علوفه سبز، علوفه خشک و سیلاژ را دارد (خزائی و همکاران ۲۰۱۹). یکی از مهم‌ترین مزیت‌های سورگوم، داشتن ژنوتیپ‌های متنوع است که بر اساس نوع مصرف در زمان موردنیاز دامدار، امکان استفاده از ارقام مناسب را فراهم می‌سازند (خلیلیان و همکاران ۲۰۲۲). این گیاه با توجه به سیستم فتوسنتزی، نحوه فعالیت روزنه‌ای و سیستم ریشه‌ای خاصی که دارد قادر است آب را بهتر جذب کند و تلفات آب به اتمسفر را کاهش دهد. حتی بعد از یک دوره خشکی طولانی روزنه‌های سورگوم قادرند فعالیت دوباره خود را بدون آسیب شروع کنند (خزائی و همکاران ۲۰۱۹).

علوفه در درجه اول برای تأمین انرژی مورد نیاز دام‌ها در جیره مصرف می‌شود و تأمین مواد مغذی دیگر همچون پروتئین، در اولویت بعدی قرار دارد (غلامی ۲۰۱۴). قسمت اعظم انرژی در بخش کربوهیدرات علوفه وجود دارد و نقش اجزای تشکیل‌دهنده کربوهیدرات‌ها به خصوص فیبر در تأمین انرژی قابل‌دسترس برای تولیدات دامی مهم است. همچنین کیفیت علوفه همبستگی

بالایی با اجزای تشکیل‌دهنده‌ی ییاف مانند NDF (الیاف نامحلول در شوینده خنثی)، ADF (الیاف نامحلول در شوینده اسیدی) و لیگنین دارد (غلامی ۲۰۱۴ و فرهادی و همکاران ۲۰۲۲). متخصصین زراعت و تغذیه دام برای مقایسه کیفیت علوفه از واحدهای سنجش میان‌بر مشترکی مانند RFV (ارزش نسبی علوفه) و RFQ (کیفیت نسبی علوفه) استفاده می‌کنند که با میزان شیر و گوشت تولیدی دام‌ها همبستگی بالایی دارند. ارزش نسبی علوفه (RFV)، یک شاخص مقایسه کیفیت بر اساس محتوی ماده خشک قابل‌هضم (DDM) و میزان علوفه مصرفی توسط دام (DMI) است که به‌طور غیر مستقیم از میزان NDF و ADF به دست می‌آید. کیفیت نسبی علوفه (RFQ) نیز یک شاخص مقایسه کیفیت بر اساس کل مواد مغذی قابل‌هضم (TDN) و ماده خشک خورده شده (DMI) است که به علت لحاظ نمودن قابلیت هضم NDF در مقایسه با شاخص RFV، دقت بالاتری دارد (مور و آندرسندر ۲۰۰۲).

برنامه‌های اصلاح نباتات در سورگوم منجر به تولید ژنوتیپ‌های جدید با عملکرد و کیفیت علوفه مطلوب شده است. از جمله این ژنوتیپ‌ها، سورگوم‌های رگبرگ قهوه‌ای (BMR) هستند که از کیفیت علوفه بالایی برخوردارند (مارسالیس و همکاران ۲۰۱۰). در این ارقام مقدار لیگنین کمتر و نسبت برگ به ساقه، سرعت رشد، شاخص سطح برگ و قابلیت هضم فیبر بیشتر است که این خصوصیات بهبود عملکرد دام را به دنبال دارد (کنتراس گوا و همکاران ۲۰۱۰). گزارش شده است که مقدار لیگنین در واریته‌های سورگوم رگبرگ قهوه‌ای، به میزان ۲۳ درصد کمتر از سورگوم معمولی است ولی قابلیت هضم ماده خشک در این ارقام فقط اندکی بیشتر از واریته‌های سورگوم معمولی می‌باشد (غلامی و همکاران ۲۰۱۹).

با توجه به پتانسیل تولید و سرعت‌بالای رشد در ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای و همچنین مقاومت بالای این گیاه به تنش‌های محیطی به نظر می‌رسد این گیاه

اف جی سی اس آی ۱۰، اف جی سی اس آی ۱۲، پی اچ اف اس ۲۷، پی اف اس ۱۲۱، اف اچ اس ۲۱، جویسی سویت ۲۲، تیتان و سیلوکینگ بودند. مشخصات و منشأ ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در جدول ۳ ارائه شده است. پیش از کاشت، عملیات آماده‌سازی زمین انجام شد و بر اساس نتایج آزمون خاک و نیاز غذایی سورگوم، کود فسفات آمونیوم به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار و کود اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به صورت پیش‌کاشت به زمین اضافه شد. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط کاشت به طول پنج‌متر با فواصل بین ردیف ۶۰ سانتی‌متر بود و فواصل بین بوته‌ها روی خطوط کاشت هشت سانتی‌متر در نظر گرفته شد تا تراکم کاشت ۲۰۸ هزار بوته در هکتار حاصل گردد. در مرحله ۴-۲ برگی سورگوم نیز ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار مصرف شد.

عملیات برداشت علوفه دو ماه پس از کاشت و در انتهای مرحله رشد رویشی سورگوم انجام گردید. جهت برآورد عملکرد علوفه، دو خط وسط هر کرت پس از حذف اثرات حاشیه‌ای (نیم متر از ابتدا و انتهای هر خط) برداشت شدند. جهت تعیین عملکرد ماده خشک و همچنین ارزیابی صفات کیفی، از هر کرت پنج بوته به طور تصادفی انتخاب و در آون با دمای ۶۰ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت خشک و در نهایت توزین شدند. در نهایت بر اساس درصد ماده خشک در نمونه‌ها، عملکرد ماده خشک محاسبه گردید. جهت تعیین صفات کیفی، نمونه‌های خشک‌شده آسیاب شد و سپس با استفاده از الک یک میلی‌متری غربال گردید. صفات کیفی علوفه شامل محتوی پروتئین خام، ADF،

توانایی مناسبی برای تولید علوفه در مناطق نیمه‌خشک داشته باشد. با این حال اطلاعات اندکی درباره کیفیت علوفه در ارقام و هیبریدهای داخلی و خارجی سورگوم علوفه‌ای در کشور وجود دارد و بیشتر اطلاعات موجود بر عملکرد کمی ارقام سورگوم تأکید دارند؛ بنابراین مطالعه حاضر با هدف بررسی پتانسیل تولید علوفه در ژنوتیپ‌های داخلی و خارجی سورگوم علوفه‌ای و با در نظر گرفتن هر دو شاخص کمیت و کیفیت علوفه انجام شد تا مناسب‌ترین ارقام داخلی و خارجی سورگوم علوفه‌ای برای تولید علوفه با عملکرد بالا و ارزش غذایی مناسب شناسایی شوند.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج (۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه و ۴۱ ثانیه شمالی، ۵۰ درجه و ۵۴ دقیقه و ۴۶ ثانیه شرقی، ارتفاع ۱۲۴۹ متر از سطح دریا) اجرا شد. محل اجرای آزمایش از نظر اقلیمی دارای آب‌وهوای نیمه‌خشک با تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های سرد و نیمه‌خشک بود. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ و آماره‌های هواشناسی طی دوره اجرای پژوهش در جدول ۲ ارائه شده است. این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد و در آن هجده رقم، لاین و هیبرید سورگوم علوفه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. ژنوتیپ‌های مورد بررسی شامل رقم پگاه، لاین کا اف اس ۲، لاین کا اف اس ۱۸، هیبریدهای اسپیدفید، سی اس اچ ۱، اف اس وان بی ام آر، جویسی سویت بی ام آر اس اس اچ ۱، جویسی سویت بی ام آر اس اس اچ ۲، اف جی سی اس آی ۷۰۹،

7- FGCSI09

8- FGCSI10

9- FGCSI12

10- PHFS27

11- PFS21

12- HFS1

13- Juicy Sweet2

1- KFS2

2- KFS18

3- CSSH.1

4- FS one BMR

5- Juicy Sweet BMR SSH.1

6- Juicy Sweet BMR SSH.2

$$RFQ = (DMI \times TDN) / 1.23$$

[۵]

در این معادله RFQ کیفیت نسبی علوفه (درصد)، TDN کل مواد مغذی قابل‌هضم که از معادلات ۶ و ۱۰ (درصد از ماده خشک) و DMI میزان ماده خشک مصرفی از معادله ۴ (برحسب درصد وزن بدن دام) محاسبه شده‌اند. در صورتی که میزان RFQ محاسبه شده کمتر از ۹۰ درصد باشد، علوفه دارای فیبر زیاد و جزو مواد خشبی (مانند کاه) طبقه‌بندی می‌شود. اگر میزان این شاخص بین ۹۰ تا ۱۱۰ باشد کیفیت علوفه قابل‌قبول، بین ۱۱۰ تا ۱۴۰ کیفیت متوسط، ۱۴۰ تا ۱۶۰ کیفیت خوب، ۱۶۰ تا ۱۸۵ کیفیت خیلی خوب و بیشتر از ۱۸۵ کیفیت عالی است (مور و آندرسندر ۲۰۰۲).

برای محاسبه میزان انرژی قابل‌هضم، انرژی خالص شیردهی، انرژی خالص نگهداری و انرژی خالص افزایش وزن به ترتیب از معادله‌های ۶، ۷، ۸ و ۹ استفاده شد (ان.آر.سی ۲۰۰۷):

$$DE = TDN \times 0.04409 \quad [۶]$$

$$NE_L = (0.886 - (0.0077 \times ADF)) \times 2.2 \quad [۷]$$

$$NE_m = 1.37ME - 0.138ME^2 + 0.0105ME^3 - 1.12 \quad [۸]$$

$$NE_g = 1.42ME - 0.174ME^2 + 0.0122ME^3 - 1.65 \quad [۹]$$

$$DE = ME \times 0.82 \quad [۱۰]$$

$$DP = (CP \times 0.9) - 3 \quad [۱۱]$$

$$MP = (DP \times 0.7) \quad [۱۲]$$

برای تخمین میزان پروتئین قابل‌هضم (DP) و پروتئین قابل‌متابولیسم (MP) از معادلات ۱۱ و ۱۲ استفاده شد (جاریگی ۱۹۸۹). در این معادله‌ها DE انرژی قابل‌هضم (مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک)، TDN کل مواد مغذی قابل‌هضم (درصد از ماده خشک)، NE_L انرژی خالص شیردهی (مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک)، ADF محتوی الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد از ماده خشک)، NE_m انرژی خالص نگهداری (مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک)، ME انرژی قابل‌متابولیسم

NDF و لیگنین توسط مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور با روش تجزیه شیمیایی ای.او.ای.سی (۲۰۰۲) تعیین شدند.

قابلیت هضم نمونه‌ها نیز با روش آزمون گاز تعیین و با استفاده از مقدار گاز تولیدی در ساعت بیست و چهارم و مقدار پروتئین خام، میزان انرژی قابل‌متابولیسم در علوفه برآورد شد (منک و استینگاس ۱۹۸۸). مقدار انرژی قابل‌متابولیسم (ME) با استفاده از حجم گاز حاصل از تخمیر ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک در طول ۲۴ ساعت و با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد (منک و استینگاس ۱۹۸۸):

$$ME = 2.2 + (0.1357 \times GP) + (0.0057 \times CP) + (0.0002859 \times CP^2) \quad [۱]$$

در این معادله ME انرژی قابل‌متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک)، GP حجم گاز تولیدی (میلی‌لیتر در ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک در ۲۴ ساعت انکوباسیون) و CP محتوی پروتئین خام (گرم در کیلوگرم ماده خشک) است.

برای محاسبه شاخص ارزش نسبی علوفه (RFV) از معادله‌های ۲، ۳ و ۴ استفاده شد (جهانزاد و همکاران ۲۰۱۳):

$$RFV = DDM \times DMI \times 0.775 \quad [۲]$$

$$DMD = 88.9 - (0.779 \times ADF) \quad [۳]$$

$$DMI = 120 / NDF \quad [۴]$$

در این معادله‌ها RFV ارزش نسبی علوفه (درصد)، DDM محتوی ماده خشک قابل‌هضم (درصد از ماده خشک)، DMI میزان ماده خشک مصرفی (معادله ۴، برحسب درصد وزن بدن دام)، ADF محتوی الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد از ماده خشک) و NDF محتوی الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد از ماده خشک) می‌باشد. کیفیت نسبی علوفه (RFQ) نیز با استفاده از معادله ۵ محاسبه شد (مور و آندرسندر ۲۰۰۲):

از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با روش LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

(مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک) و NE_g انرژی خالص افزایش وزن (مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک) می‌باشد. در نهایت محاسبات آماری با استفاده

Table 1- Physical and chemical properties of the soil at the experimental site

Texture	Total nitrogen (%)	Available phosphorus (mg/kg)	Available potassium (mg/kg)	Organic matter (%)	pH	EC (dS.m ⁻¹)
Clay-loam	0.07	12.5	259	0.59	7.23	2.24

Table 2- Monthly average of air temperature and relative humidity, and cumulative rainfall and evaporation during the growing season at the experimental site

Month	Mean temp. (°C)	Minimum temp. (°C)	Maximum temp. (°C)	Rainfall (mm)	Evaporation (mm)	Relative humidity (%)
June	26.1	15.9	34.8	0	338.6	32.3
July	28.7	19.2	37.0	0.4	367.8	29.5
August	27.3	18.3	35.7	0	355.5	32.6

Table 3- Names and origin of forage sorghum genotypes

Genotype code	Genotype name	Origin	Name of company
G ₁	Speedfeed	Iran	SPII
G ₂	Pegah	Iran	SPII
G ₃	KFS18	Iran	SPII
G ₄	KFS2	Iran	SPII
G ₅	HFS1	Iran	SPCRI
G ₆	Juicy Sweet2	Iran	SPCRI
G ₇	CSSH.1	USA	Navajoseeds
G ₈	FS one BMR	USA	Navajoseeds
G ₉	Juicy Sweet BMR SSH.1	USA	Navajoseeds
G ₁₀	Juicy Sweet BMR SSH.2	USA	Navajoseeds
G ₁₁	Sucrose-Photo-BMR	USA	Navajoseeds
G ₁₂	FGCSI09	France	Euralis (ES)
G ₁₃	FGCSII0	France	Euralis (ES)
G ₁₄	FGCSII2	France	Euralis (ES)
G ₁₅	Titan	Serbia	Neginsabz Borna
G ₁₆	Siloking	Serbia	Neginsabz Borna
G ₁₇	PHFS-27	ICRISAT (India)	Pajpal
G ₁₈	PFS-21	ICRISAT (India)	Pajpal

SPII: Seed and Plant Improvement Institute; SPCRI: Seed and Plant Certification and Registration Institute.

نتایج و بحث

خصوصیات مرفولوژیکی:

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ژنوتیپ‌های موردبررسی از نظر صفات ارتفاع بوته، تعداد پنجه و تعداد برگ در بوته تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند در حالی که اثر ژنوتیپ بر قطر ساقه معنی‌دار نبود (جدول ۴). میانگین ارتفاع بوته در ژنوتیپ‌های موردبررسی ۲۲۵، ژنوتیپ‌های داخلی ۲۳۰ و ژنوتیپ‌های خارجی ۲۲۲ سانتی‌متر بود. بیشترین ارتفاع بوته (۲۹۷ سانتی‌متر) در رقم تیتان و کمترین میزان آن (۱۴۵ سانتی‌متر) در رقم اف اس وان بی ام آر مشاهده شد (جدول ۴). در بین ژنوتیپ‌های داخلی نیز بیشترین ارتفاع بوته توسط ارقام اسپیدفید و جویسی سویت ۲ (به ترتیب ۲۵۷ و ۲۴۸ سانتی‌متر) و کمترین ارتفاع بوته توسط لاین‌های کا اف اس ۲ و کا اف اس ۱۸ (به ترتیب ۲۰۳ و ۲۱۷ سانتی‌متر) حاصل شد (جدول ۴). با توجه به وراثت‌پذیری بالای ارتفاع بوته در گیاه سورگوم، این صفت می‌تواند تابعی از ارتفاع بوته در والدین پدری خود باشد (گل‌زردی و همکاران ۲۰۱۹). تفاوت معنی‌دار ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای از نظر ارتفاع بوته، نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی آن‌ها می‌باشد (زمیر و همکاران ۲۰۱۶) که با توجه به منشأ متنوع این ارقام (داخلی و خارجی) منطقی به نظر می‌رسد (خزائی و همکاران ۲۰۲۰). تفاوت در ارتفاع بوته در ارقام مختلف سورگوم علوفه‌ای توسط محققین دیگری نیز گزارش شده است (یوسف و همکاران ۲۰۰۹ و خلیلیان و همکاران ۲۰۲۲).

در تمام ژنوتیپ‌های موردبررسی پتانسیل پنجه‌زنی وجود داشت به طوری که میانگین پنجه‌زنی در کل ژنوتیپ‌ها ۱/۸۳، ژنوتیپ‌های داخلی ۱/۷۶ و ژنوتیپ‌های خارجی ۱/۸۷ پنجه در بوته بود. در بین ژنوتیپ‌های موردبررسی بیشترین تعداد پنجه (۲/۶۷ در بوته) در رقم اسپیدفید و کمترین تعداد (۱/۱ پنجه در بوته) در ارقام پی اف اس ۲۱ و اف جی سی اس آی ۱۲ مشاهده

شد (جدول ۴). در بین ژنوتیپ‌های داخلی رقم جویسی سویت ۲ با تولید ۱/۴۳ پنجه در بوته، کمترین تولید پنجه را نشان داد در حالی که بیشترین تعداد پنجه در بین ژنوتیپ‌های خارجی (۲/۵۷ پنجه در بوته) توسط رقم جویسی سویت بی ام آر اس اس ۱۰ حاصل شد (جدول ۴). پنجه‌زنی در سورگوم به طور عمده‌ای تحت تأثیر خصوصیات ژنتیکی گیاه قرار می‌گیرد و در هر ژنوتیپ بسته به خصوصیات والدین متفاوت است (خزائی و همکاران ۲۰۱۹). تفاوت در تعداد پنجه در ژنوتیپ‌های مختلف سورگوم علوفه‌ای توسط محققین دیگری نیز گزارش شده است (آتیس و همکاران ۲۰۱۲ و فومن و خزائی ۲۰۱۴). میانگین تعداد برگ در بوته در کل ژنوتیپ‌های موردبررسی ۱۱/۶، ژنوتیپ‌های داخلی ۱۱/۹ و ژنوتیپ‌های خارجی ۱۱/۴ عدد بود. ارقام پی اف اس ۲۱ و سیلوکینگ با تولید به ترتیب ۱۳/۳ و ۱۳/۱ برگ در بوته، بیشترین تعداد برگ را داشتند و کمترین تعداد برگ (۹/۳ عدد در بوته) مربوط به رقم تیتان بود (جدول ۴). در بین ژنوتیپ‌های داخلی بیشترین تعداد برگ (۱۳ عدد در بوته) توسط رقم پگاه و کمترین تعداد (۱۰ برگ در بوته) توسط رقم جویسی سویت ۲ حاصل شد (جدول ۴). تنوع زیاد در تعداد برگ ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی بالای آن‌هاست و از آنجا که در این مطالعه ارقام داخلی و خارجی سورگوم مورد مقایسه قرار گرفته‌اند، این تفاوت زیاد منطقی می‌باشد (خزائی و همکاران ۲۰۲۰). زمیر و همکاران (۲۰۱۶) نیز در بررسی ارقام مختلف سورگوم علوفه‌ای گزارش کردند که بیشترین تعداد برگ در بوته (۱۴ / ۰۹ عدد) در رقم JS-2002 و حداقل آن (۸/۲۵ برگ در بوته) در رقم JS-263 مشاهده شد. تفاوت معنی‌دار در تعداد برگ در بوته در بین ارقام مختلف سورگوم علوفه‌ای توسط چوهان و همکاران (۲۰۰۳) نیز گزارش شده است. میانگین قطر ساقه در کل ژنوتیپ‌های موردبررسی ۱/۹۲، ژنوتیپ‌های داخلی ۱/۹۷ و ژنوتیپ‌های خارجی ۱/۹۰ سانتی‌متر بود ولی تفاوت

بیشترین عملکرد علوفه تر توسط رقم پگاه حاصل شد. رفیعی (۲۰۱۸) نیز گزارش کرد که رقم پگاه سرعت رشد بیشتر و عملکرد بالاتری نسبت به رقم اسپیدفید داشت. محققین دیگری نیز اختلاف معنی‌دار بین ارقام سورگوم از نظر عملکرد علوفه تر را گزارش کرده‌اند (نبی و همکاران ۲۰۰۶ و امان‌الله و همکاران ۲۰۰۷ و ایوب و همکاران ۲۰۱۰).

میانگین عملکرد ماده خشک در کل ژنوتیپ‌های موردبررسی ۱۳/۹۹، ژنوتیپ‌های داخلی ۱۴/۵۹ و ژنوتیپ‌های خارجی ۱۳/۷۰ تن در هکتار بود. بیشترین عملکرد ماده خشک (۲۰/۶۱ تن در هکتار) توسط رقم سیلوکینگ و کمترین میزان آن (۸/۸۳ تن در هکتار) توسط رقم جویسی سویت بی ام آر اس اس ۲.۰۳ حاصل شد (جدول ۴). در بین ژنوتیپ‌های داخلی بیشترین عملکرد ماده خشک (۱۶/۰۷ تن در هکتار) در رقم اسپیدفید و کمترین عملکرد (۱۱/۶۶ تن ماده خشک در هکتار) در لاین کا اف اس ۲ مشاهده شد (جدول ۴). ساختار ژنتیکی گیاه و شرایط محیطی بر عملکرد ماده خشک سورگوم مؤثرند (خزائی و همکاران ۲۰۲۰). تنوع زیاد عملکرد ماده خشک در بین ارقام موردبررسی علاوه بر این که نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی بالا در بین ژنوتیپ‌هاست، سازگاری متفاوت آن‌ها به شرایط آب و هوایی کرج را نیز نشان می‌دهد. بنابراین عملکرد پایین برخی ژنوتیپ‌ها ممکن است به دلیل سازگاری آن‌ها با شرایط اقلیمی متفاوت با کرج باشد (گل‌زردی و همکاران ۲۰۱۹). جهانزاد و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش کردند که عملکرد ماده خشک در هیبرید اسپیدفید به‌طور معنی‌داری بیشتر از رقم پگاه بود. تفاوت در عملکرد ماده خشک در بین ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای توسط محققین دیگری نیز گزارش شده است (محمود و همکاران ۲۰۰۳ و امان‌الله و همکاران ۲۰۰۷ و زمیر و همکاران ۲۰۱۶). هرچند رقم اف جی سی اس آی ۱۲

معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها وجود نداشت (جدول ۴). ثابت شده است که بین قطر ساقه سورگوم و پدیده ورس (خوابیدگی بوته) ارتباط معکوسی وجود دارد به طوری که با افزایش قطر ساقه، میزان ورس کاهش می‌یابد (فومن و خزائی ۲۰۱۴). نبی و همکاران (۲۰۰۶) نیز با بررسی قطر ساقه در ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای، نتایج مشابهی را گزارش کردند.

عملکرد علوفه

ژنوتیپ‌های موردبررسی از نظر عملکرد علوفه تر و عملکرد ماده خشک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۴). میانگین عملکرد علوفه تر در کل ژنوتیپ‌های موردبررسی ۷۶/۹۳، ژنوتیپ‌های داخلی ۸۱/۶۵ و ژنوتیپ‌های خارجی ۷۴/۵۸ تن در هکتار بود. بیشترین عملکرد علوفه تر (۱۱۵/۲۷ تن در هکتار) در رقم اف جی سی اس آی ۱۲ و کمترین میزان آن (۵۳/۸۷ تن در هکتار) در رقم اف اس وان بی ام آر مشاهده شد. در بین ژنوتیپ‌های داخلی حداکثر عملکرد علوفه تر (۱۰۳/۸۴ تن در هکتار) توسط حداقل عملکرد (۶۳/۱۶ تن علوفه تر در هکتار) توسط لاین کا اف اس ۲ حاصل شد (جدول ۴). ثابت شده است که عملکرد علوفه سورگوم تحت تأثیر ژنوتیپ (ساختار ژنتیکی) و همچنین شرایط محیطی قرار می‌گیرد (خزائی و همکاران ۲۰۲۰). بنابراین عملکرد پایین برخی از هیبریدهای خارجی را می‌توان با شرایط آب و هوایی کرج مرتبط دانست و این احتمال وجود دارد که این ژنوتیپ‌ها فقط با اقلیم گرم و مرطوب سازگار باشند (گل‌زردی و همکاران ۲۰۱۹). در نقطه مقابل عملکرد بالای ارقام اف جی سی اس آی ۱۲ و سیلوکینگ نشان‌دهنده سازگاری بالای این ژنوتیپ‌ها با شرایط آب و هوایی کرج می‌باشد (خزائی و همکاران ۲۰۲۰). فومن و خزائی (۲۰۱۴) نیز با مقایسه عملکرد علوفه ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای گزارش کردند که

ژنوتیپ‌های داخلی از نظر محتوی پروتئین خام، پروتئین قابل‌هضم و پروتئین قابل‌متابولیسم تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، درحالی‌که در بین ژنوتیپ‌های خارجی تنها ارقام سی اس اس اچ ۱ و جویسی سویت بی ام آر اس اس اچ ۲ به‌طور معنی‌داری محتوی پروتئین کمتری نسبت به سایر ارقام داشتند (جدول ۵). بیشترین درصد پروتئین خام (۶/۷۶ درصد) در لاین کا اف اس ۲ و کمترین محتوی پروتئین خام (۵/۶۵ درصد) در رقم جویسی سویت بی ام آر اس اس اچ ۲ مشاهده شد (جدول ۵). کمترین محتوی پروتئین قابل‌هضم در بین ژنوتیپ‌های داخلی (۲/۵۱ درصد) توسط لاین کا اف اس ۱۸ و بیشترین محتوی پروتئین قابل‌متابولیسم در بین ژنوتیپ‌های خارجی (۲/۱۲ درصد) توسط ارقام جویسی سویت بی ام آر اس اس اچ ۲ و اف جی سی اس آی ۰۹ حاصل شد.

تفاوت در محتوی پروتئین علوفه در ژنوتیپ‌های مختلف سورگوم علوفه‌ای توسط محققین دیگری نیز گزارش شده است (یوسف و همکاران ۲۰۰۹ و ایوب و همکاران ۲۰۱۰ و ایوب و همکاران ۲۰۱۲ و غلامی و همکاران ۲۰۱۸). در مطالعه میرون و همکاران (۲۰۰۵) حداقل حداکثر محتوی پروتئین خام علوفه در ژنوتیپ‌های سورگوم به ترتیب ۵/۰۷ و ۵/۸۳ درصد گزارش شد که با نتایج مطالعه حاضر مشابهت دارد. جهانزاد و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند باوجود آنکه علوفه رقم پگاه محتوی پروتئین بالاتری نسبت به رقم اسپیدفید داشت، ولی این تفاوت معنی‌دار نبود. مقدار پروتئین خام، پروتئین قابل‌هضم و پروتئین قابل‌متابولیسم برای سورگوم علوفه‌ای در منابع علمی به ترتیب برابر ۶/۹۰، ۳/۶۰ و ۱/۶۰ درصد در ماده خشک گزارش شده است (جاریگی ۱۹۸۹)، درحالی‌که در پژوهش حاضر میانگین این صفات به ترتیب برابر ۶/۳۶، ۲/۷۲ و ۱/۹۰ درصد در ماده خشک بود. کمبود نسبی محتوی پروتئین خام در ژنوتیپ‌های سورگوم از نظر مواد مغذی، ممکن است به‌عنوان یک عامل منفی محسوب شود ولی باید توجه

توانست بیشترین عملکرد علوفه تر را تولید کند ولی به علت درصد ماده خشک پایین علوفه (۱۶/۱۵ درصد)، دومین رتبه در تولید ماده خشک را به خود اختصاص داد. در نقطه مقابل رقم سیلوکینگ با وجود اینکه در تولید علوفه تر رتبه دوم را داشت ولی به علت داشتن درصد ماده خشک بالاتر (۱۸/۱۴ درصد) توانست بیشترین عملکرد ماده خشک را تولید نماید (جدول ۵). بیشترین و کمترین درصد ماده خشک علوفه (۳۰/۰۰ و ۱۳/۹۲ درصد) به ترتیب در ارقام تیتان و جویسی سویت بی ام آر اس اس اچ ۲ مشاهده شد و در بین ژنوتیپ‌های داخلی نیز حداکثر و حداقل درصد ماده خشک (۲۰/۰۰ و ۱۴/۱۹ درصد) به ترتیب در ارقام اسپیدفید و پگاه حاصل شد (جدول ۵). درصد ماده خشک در زمان برداشت علوفه تأثیر مهمی بر کیفیت سیلاژ تولیدی خواهد داشت و کم بودن آن موجب ایجاد روان‌آب در کف سیلو و هدرروی مواد مغذی می‌شود (گل‌زردی و همکاران ۲۰۱۹). نتایج مشابهی توسط سایر محققین گزارش شده است (گلامولکیجا و همکاران ۲۰۱۱ و زمیر و همکاران ۲۰۱۶).

محتوی پروتئین و مواد مغذی قابل‌هضم:

میزان پروتئین خام ذخیره‌شده در بافت‌های گیاهی یک شاخص مهم برای مقایسه کیفیت علوفه است (بختیاری و همکاران ۲۰۲۰ و جان‌محمدی و همکاران ۲۰۲۲). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ژنوتیپ‌های موردبررسی از نظر محتوی پروتئین خام، پروتئین قابل‌هضم و پروتئین قابل‌متابولیسم تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد نداشتند درحالی‌که اثر ژنوتیپ بر کل مواد مغذی قابل‌هضم (TDN) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. به‌طورکلی ژنوتیپ‌های موردبررسی از نظر محتوی پروتئین علوفه تفاوت معنی‌داری نداشتند به طوری که میانگین پروتئین خام در کل ژنوتیپ‌های مورد بررسی ۶/۳۵۷، ژنوتیپ‌های داخلی ۶/۳۶۳ و ژنوتیپ‌های خارجی ۶/۳۵۴ درصد بود.

بیشترین محتوی TDN را داشتند که دلیل مهم آن شاید به علت میزان کمتر لیگنین و NDF کمتر باشد و میزان قابلیت هضم NDF هم می‌تواند موثر باشد که در این تحقیق اندازه‌گیری نشد. به‌غیر از رقم تیتان، سایر ژنوتیپ‌های خارجی تفاوت معنی‌داری از نظر کل مواد مغذی قابل‌هضم با یکدیگر نداشتند (جدول ۵). ارزش غذایی علوفه، مفهومی کلی است که تمامی ویژگی‌های کمی و کیفی آن را در راستای تأمین نیازهای تغذیه‌ای دام بیان می‌نماید و از جمله عوامل تأثیرگذار بر کیفیت علوفه می‌توان به گونه گیاهی و رقم اشاره کرد (بوکستون و همکاران ۱۹۹۶). کاسلر (۲۰۰۰) نیز گزارش کرد که محتوی بالای مواد مغذی قابل‌هضم از مهم‌ترین معیارها در مقایسه ارزش غذایی علوفه محسوب می‌شود.

داشت که گیاه سورگوم علوفه‌ای در وهله اول برای تأمین انرژی موردنیاز دام‌ها کشت می‌شود و از طرف دیگر کاهش ظرفیت بافوری در سورگوم سیلوشده (به علت محتوی پروتئین کمتر) به‌عنوان یک مزیت برای این گیاه محسوب می‌شود (مکدونالد و همکاران ۲۰۰۲). میانگین کل مواد مغذی قابل‌هضم (TDN) در کل ژنوتیپ‌های موردبررسی ۶۴/۲۸، ژنوتیپ‌های داخلی ۶۴/۱۱ و ژنوتیپ‌های خارجی ۶۴/۳۷ درصد بود. در بین کل ژنوتیپ‌های موردبررسی حداکثر میزان مواد مغذی قابل‌هضم علوفه (۷۱/۷۱ درصد) توسط رقم پگاه و حداقل آن توسط ارقام تیتان و اسپیدفید (به ترتیب ۵۶/۷۵ و ۵۶/۸۱ درصد مواد مغذی قابل‌هضم در ماده خشک) به دست آمد. در بین ژنوتیپ‌های خارجی ارقام پی اف اس ۲۱ و پی اف اس ۲۷ با میزان کل مواد مغذی قابل‌هضم به ترتیب ۶۷/۳۶ و ۶۷/۱۸ درصد،

Table 4- Forage yield and morphological characteristics of the forage sorghum genotypes

Genotype	Plant height (cm)	No. tiller per plant	No. leaves per plant	Stem diameter (cm)	Fresh forage yield (t ha ⁻¹)	Dry matter yield (t ha ⁻¹)
G ₁	257 ^b	2.67 ^a	11.2 ^f	1.67	80.34 ^{bc}	16.07 ^{bcd}
G ₂	222 ^{efg}	1.57 ^{c-f}	13.0 ^{ab}	2.17	103.84 ^a	14.74 ^{cde}
G ₃	217 ^{fgh}	1.67 ^{c-f}	12.0 ^e	2.10	78.90 ^{bcd}	14.69 ^{cde}
G ₄	203 ^h	1.7 ^{c-f}	12.5 ^{cd}	2.10	63.16 ^{de}	11.66 ^{ef}
G ₅	230 ^{def}	1.53 ^{c-f}	12.7 ^{bc}	1.97	80.74 ^b	14.75 ^{cde}
G ₆	248 ^{bc}	1.43 ^{def}	10.0 ^h	1.80	82.89 ^b	15.61 ^{bcd}
G ₇	208 ^{gh}	1.90 ^{b-e}	10.5 ^g	1.93	59.06 ^e	9.24 ^f
G ₈	145 ^j	2.13 ^{a-d}	10.1 ^h	2.30	53.87 ^e	9.21 ^f
G ₉	238 ^{cd}	2.57 ^{ab}	11.4 ^f	1.83	70.01 ^{b-e}	17.26 ^{bc}
G ₁₀	170 ⁱ	1.43 ^{def}	10.3 ^{gh}	1.93	63.43 ^{cde}	8.83 ^f
G ₁₁	232 ^{de}	2.10 ^{a-d}	12.2 ^{de}	1.93	76.85 ^{bcd}	14.48 ^{cde}
G ₁₂	168 ⁱ	1.20 ^{ef}	11.3 ^f	2.13	57.41 ^e	9.75 ^f
G ₁₃	243 ^{bcd}	1.63 ^{c-f}	12.0 ^e	1.80	85.99 ^b	14.77 ^{cd}
G ₁₄	253 ^b	1.10 ^f	12.0 ^e	2.03	115.27 ^a	18.62 ^{ab}
G ₁₅	297 ^a	2.53 ^{ab}	9.3 ⁱ	1.50	59.89 ^e	17.97 ^{ab}
G ₁₆	248 ^{bc}	2.53 ^{ab}	13.1 ^a	2.07	113.64 ^a	20.61 ^a
G ₁₇	247 ^{bc}	2.23 ^{abc}	11.1 ^f	1.67	81.48 ^b	13.86 ^{de}
G ₁₈	218 ^{efg}	1.10 ^f	13.3 ^a	1.70	58.01 ^e	9.74 ^f
L.S.	**	**	**	ns	**	**
S.E.M.	4.97	0.08	0.16	0.04	2.76	0.52

Means in the same column followed by letters differ significantly at $P \leq 0.05$.

L.S.: level of significance; ns and **: Non Significant and significant at 1% probability levels, respectively.

Table 5- Content of dry matter, protein, total digestible nutrients, fiber, and lignin in the forage sorghum genotypes

Genotype	DM (%)	CP (%)	DP (%)	MP (%)	TDN (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)
G ₁	20.00 ^c	6.23 ^{abc}	2.61 ^{abc}	1.82 ^{abc}	56.81 ^c	66.80 ^b	40.62 ^a	4.15 ^a
G ₂	14.17 ⁱ	6.36 ^{ab}	2.72 ^{ab}	1.91 ^{ab}	71.71 ^a	60.00 ^{de}	21.76 ^c	1.04 ^g
G ₃	18.66 ^{cd}	6.12 ^{abc}	2.51 ^{abc}	1.76 ^{abc}	64.21 ^b	62.00 ^c	31.25 ^b	1.47 ^{ef}
G ₄	18.50 ^{de}	6.76 ^a	3.09 ^a	2.16 ^a	65.67 ^b	59.53 ^{ef}	29.40 ^b	1.08 ^g
G ₅	18.25 ^{d-f}	6.22 ^{abc}	2.60 ^{abc}	1.82 ^{abc}	63.24 ^b	62.25 ^c	31.48 ^b	1.26 ^{fg}
G ₆	18.83 ^{cd}	6.49 ^{ab}	2.84 ^{ab}	1.99 ^{ab}	63.03 ^b	61.75 ^{cd}	32.75 ^b	1.23 ^{fg}
G ₇	15.66 ^h	5.91 ^{bc}	2.32 ^{bc}	1.62 ^c	64.02 ^b	57.60 ^g	31.50 ^b	2.60 ^b
G ₈	17.09 ^{e-h}	6.12 ^{abc}	2.51 ^{abc}	1.76 ^{bc}	64.61 ^b	60.25 ^{de}	30.75 ^b	2.00 ^{cd}
G ₉	24.66 ^b	6.70 ^a	3.03 ^a	2.12 ^a	62.63 ^b	59.75 ^{ef}	33.25 ^b	2.25 ^c
G ₁₀	13.92 ⁱ	5.65 ^c	2.08 ^c	1.46 ^c	64.80 ^b	60.25 ^{de}	30.50 ^b	1.25 ^{fg}
G ₁₁	18.84 ^{cd}	6.52 ^{ab}	2.87 ^{ab}	2.00 ^{ab}	63.82 ^b	60.03 ^{de}	31.75 ^b	1.26 ^{fg}
G ₁₂	17.00 ^{f-h}	6.69 ^a	3.03 ^a	2.12 ^a	65.60 ^b	58.23 ^{fg}	29.50 ^b	1.25 ^{fg}
G ₁₃	17.17 ^{e-g}	6.61 ^{ab}	2.95 ^{ab}	2.06 ^{ab}	65.60 ^b	60.25 ^{de}	29.50 ^b	1.24 ^{fg}
G ₁₄	16.17 ^{gh}	6.43 ^{ab}	2.79 ^{ab}	1.95 ^{ab}	64.28 ^b	60.00 ^{de}	31.17 ^b	1.75 ^{de}
G ₁₅	29.99 ^a	6.36 ^{ab}	2.72 ^{ab}	1.91 ^{ab}	56.75 ^c	69.75 ^a	40.70 ^a	4.00 ^a
G ₁₆	18.17 ^{d-f}	6.27 ^{abc}	2.64 ^{abc}	1.85 ^{bc}	65.79 ^b	57.00 ^g	29.25 ^b	1.75 ^{de}
G ₁₇	17.00 ^{f-h}	6.42 ^{ab}	2.78 ^{ab}	1.94 ^{ab}	67.18 ^{ab}	54.25 ^h	27.50 ^{bc}	1.50 ^{ef}
G ₁₈	16.91 ^{f-h}	6.57 ^{ab}	2.91 ^{ab}	2.04 ^{ab}	67.36 ^{ab}	56.76 ^g	27.26 ^{bc}	1.04 ^g
L.S.	**	*	*	*	**	**	**	**
S.E.M.	0.51	0.06	0.05	0.03	0.57	0.49	0.72	0.13

DM, dry matter content; CP, crude protein; DP, digestible protein; MP, metabolisable protein; TDN, total digestible nutrients; NDF, neutral detergent fiber; ADF, acid detergent fiber; ADL, acid detergent lignin.

Means in the same column followed by letters differ significantly at $P \leq 0.05$.

L.S.: level of significance; * and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

همکاران (۱۳۹۶) میزان ADF و انرژی قابل‌متابولیسم علوفه تازه سورگوم را به ترتیب برابر ۳۷/۴۰ و ۲/۱۳ گزارش کردند.

میانگین ADF در کل ژنوتیپ‌های موردبررسی ۳۱/۱۱، ژنوتیپ‌های داخلی ۳۱/۲۱ و ژنوتیپ‌های خارجی ۳۱/۰۵ درصد بود. در بین ژنوتیپ‌های موردبررسی ارقام تیتان و اسپیدفید با محتوی ADF به ترتیب ۴۰/۷۰ و ۴۰/۶۲ درصد، بالاترین میزان لیاف نامحلول در شوینده اسیدی را داشتند، درحالی‌که رقم پگاه با محتوی ADF معادل با ۲۱/۷۶ درصد، حداقل میزان لیاف نامحلول در شوینده اسیدی در علوفه را به خود اختصاص داد (جدول ۵). به‌غیراز رقم تیتان، سایر ژنوتیپ‌های خارجی تفاوت معنی‌داری از نظر محتوی ADF با یکدیگر نداشتند (جدول ۵). لیاف نامحلول در شوینده اسیدی و فیبر نامحلول در شوینده خنثی به‌عنوان دو ویژگی مهم کیفیت علوفه در نظر گرفته می‌شوند و ارقام علوفه‌ای باکیفیت علوفه بالا، محتوی NDF و ADF پائینی دارند (جهانزاد و همکاران ۲۰۱۳ و بختیاری و همکاران ۲۰۲۰). در مطالعه‌ای مشابه در کشور ترکیه، محتوی ADF ارقام هیبرید سورگوم علوفه‌ای بین ۳۹/۱ تا ۴۰/۹ درصد گزارش شده است (کاراداغ و اوزکورت ۲۰۱۴). میلنر و همکاران (۲۰۱۱) مقادیر پایین‌تری از محتوی ADF (بین ۳۲/۹ تا ۳۶/۳ درصد) را برای سورگوم علوفه‌ای تحت شرایط آب و هوایی نیوزلند گزارش کرده است. بااین‌حال، پیرس و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی ارقام هیبرید سورگوم-سودانگراس در کشور برزیل، مقادیر بالاتری از ADF (۵۶/۱ تا ۶۲/۴ درصد) را گزارش کرده‌اند. میانگین NDF در کل ژنوتیپ‌های موردبررسی ۶۰/۳۶، ژنوتیپ‌های داخلی ۶۲/۰۶ و ژنوتیپ‌های خارجی ۵۹/۵۱ درصد بود. در بین ژنوتیپ‌های موردبررسی بالاترین میزان لیاف نامحلول در شوینده خنثی (۶۹/۷۵ درصد) در رقم تیتان

افزایش جذب عناصر مغذی به‌ویژه نیتروژن باعث افزایش مواد مغذی قابل‌هضم در علوفه می‌شود و ژنوتیپ‌هایی که قدرت جذب عناصر غذایی بالاتری داشته باشند، محتوی TDN بالاتری دارند (کبلنتز و همکاران ۲۰۱۷). میزان TDN در آزمایش حاضر با نتایج نیومن و همکاران (۲۰۰۲) همخوانی داشت؛ ایشان بیان داشتند که حداقل و حداکثر محتوی مواد مغذی قابل‌هضم در ارقام سورگوم به ترتیب ۵۴/۴ و ۶۲/۲ درصد بود، که دلیل مهم آن شاید به علت میزان کمتر لیگنین و NDF کمتر باشد. درحالی‌که سین و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که دامنه تغییرات TDN در ارقام سورگوم بین ۴۹ تا ۵۹ درصد بود که نسبت به نتایج آزمایش حاضر مقادیر پایین‌تری می‌باشد.

محتوی لیاف و لیگنین:

ویز در مقاله "تخمین انرژی قابل دسترس مواد خوراکی" از اجزای تشکیل دهنده لیاف مواد خوراکی مانند ADF، NDF و لیگنین برای تخمین انرژی مواد خوراکی قابل دسترس دام‌ها مانند قابل‌متابولیسم، قابل‌هضم و خالص استفاده کرد. از این معادلات بر پایه ADF برای تخمین انرژی در آزمایشگاه‌های تغذیه استفاده می‌شوند (ویز ۱۹۹۳). اثر ژنوتیپ بر لیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF)، لیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) و لیگنین (ADL) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). متخصصین علم تغذیه دام از اجزای تشکیل‌دهنده لیاف مانند ADF، NDF و لیگنین برای تخمین انرژی مواد خوراکی استفاده زیادی کرده‌اند (مک دونالد و همکاران ۲۰۰۲ و منک و استینگاس ۱۹۸۸ و جاریگی ۱۹۸۹). چون مقدار ADF گیاهان با میزان انرژی قابل‌متابولیسم رابطه مثبت و مستقیمی دارد، در اکثر منابع معتبر از ADF به عنوان یک متغیر مستقل برای تخمین انرژی قابل‌متابولیسم استفاده می‌شود (خلیلیان و همکاران ۲۰۲۲). غلامی و

و کمترین محتوی NDF (۵۴/۲۵ درصد) در رقم پی اچ اف اس ۲۷ حاصل شد (جدول ۵). در بین ژنوتیپ‌های داخلی حداکثر میزان NDF (۶۶/۸۰ درصد) توسط رقم اسپیدفید حاصل شد در حالی که ژنوتیپ‌های کا اف اس ۲ و پگاه با محتوی NDF به ترتیب ۵۹/۵۳ و ۶۰ درصد، کمترین میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی را داشتند (جدول ۵). هاکان و ساهان (۲۰۱۹) با بررسی کیفیت علوفه در ارقام هیبرید سورگوم و سورگوم-سودانگراس در کشور ترکیه گزارش کردند که محتوی NDF در ارقام مختلف بین ۴۴/۶ تا ۵۷/۵ درصد و به‌طور متوسط ۵۱/۲ درصد بود که کمتر از نتایج مطالعه حاضر می‌باشد. این در حالی است که میلر و همکاران (۲۰۱۱) و کاراداغ و اوزکورت (۲۰۱۴) نتایج مشابهی از مقادیر NDF در ارقام سورگوم را گزارش کردند. لازم به ذکر است که مقدار NDF سورگوم در کتاب جداول ترکیبات مغذی خوراکی‌های دام ایران، ۶۱/۹۰ درصد گزارش شده است که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد (غلامی ۲۰۱۸). غلامی و بابایی معادله خطی حاصل از ADF برای ME سورگوم علوفه‌ای از طریق آزمون گاز را برای تخمین انرژی قابل متابولیسم پیشنهاد دادند.

$$ME (Mcal/kg DM) = ۳/۳۲۰ - ۰/۰۲۹(\%ADF)$$

ADF در بخش فیبری علوفه‌ها شامل سلولز و لیگنین است. در اکثر علوفه‌های بقولات و گراس‌ها میزان رابطه رگرسیونی قابلیت هضم ماده خشک (انرژی علوفه) با مقدار ADF رابطه منفی و مستقیم است ($r = -۰/۷۹$). عمده‌ترین مزیت ADF نسبت به NDF به عنوان متغیر مستقل در تعیین انرژی قابل دسترس علوفه‌ها، عدم وجود تفاوت در رابطه رگرسیونی برای بقولات (لگوم‌ها) و گراس‌ها است و این سبب می‌شود تا بتوان از یک معادله برای بقولات و لگوم‌ها استفاده کرد (غلامی و بابایی ۲۰۲۰).

میانگین محتوی لیگنین در کل ژنوتیپ‌های مورد بررسی ۱/۷۸، ژنوتیپ‌های داخلی ۱/۷۱ و ژنوتیپ‌های خارجی

۱/۸۲ درصد بود. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی ارقام اسپیدفید و تیتان با محتوی ADL به ترتیب ۴/۱۵ و ۴/۰۰ درصد، بالاترین میزان لیگنین نامحلول در شوینده اسیدی را داشتند، در حالی که ارقام پگاه و پی اف اس ۲۱ با محتوی ADL معادل با ۱/۰۴ درصد، حداقل میزان لیگنین در علوفه را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). مقادیر بالای کربوهیدرات‌های ساختاری همچون ADL با کاهش میزان مصرف خوراک توسط دام و همچنین کاهش قابلیت هضم آن، باعث کاهش کیفیت علوفه می‌شود (کاسلر ۲۰۰۰ و آتیس و همکاران ۲۰۱۲). به عبارت دیگر میزان لیگنین در علوفه با قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی رابطه معکوس دارد (مکدونالد و همکاران ۲۰۰۲). هاکان و ساهان (۲۰۱۹) گزارش کردند که محتوی ADL در ارقام مختلف سورگوم بین ۴/۲ تا ۵/۶ درصد و به‌طور متوسط ۴/۹ درصد بود که مقادیری بالاتر از نتایج مطالعه حاضر می‌باشد. میانگین محتوی لیگنین در ارقام آزمایشی این تحقیق برابر با ۱/۷۸ درصد بود که این مقدار برای مواد خوراکی علوفه‌ای بسیار مناسب است (غلامی ۲۰۱۸). مقاومت به ورس برای گیاه سورگوم علوفه‌ای صفت بسیار مهمی است، زیرا خوابیدگی بوته‌ها برداشت محصول را با مشکل جدی مواجه نموده و می‌تواند سبب اتلاف بخش قابل توجهی از عملکرد گیاه طی عملیات برداشت مکانیزه با ماشین شود (میرون و همکاران ۲۰۰۷). مقاومت به ورس به عواملی نظیر ارتفاع گیاه، میزان ماده خشک، توزیع ماده خشک در بخش‌های مختلف گیاه و مقدار لیگنینی شدن (دیواره سلولی) گیاه ارتباط دارد (میرون و همکاران ۲۰۰۷). لازم به ذکر است که در این آزمایش طی دوره رشد در هیچ‌یک از ژنوتیپ‌های مورد بررسی پدیده ورس مشاهده نشد؛ بنابراین پایین بودن محتوی لیگنین در این ارقام ضمن اینکه به عنوان یک ویژگی کیفی مطلوب محسوب می‌شود، مشکلی از نظر خوابیدگی بوته نیز ایجاد نکرد.

میزان انرژی قابل‌دسترس:

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ژنوتیپ‌های موردبررسی از نظر میزان انرژی قابل‌متابولیسم (ME)، انرژی قابل‌هضم (DE)، انرژی خالص نگهداری (NEM)، انرژی خالص برای شیردهی (NEL) و انرژی خالص افزایش وزن (NEG) تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۶) که دلیل مهم این تفاوت شاید به علت میزان کمتر لیگنین و NDF کمتر باشد و میزان قابلیت هضم NDF هم می‌تواند موثر باشد که در این تحقیق اندازه‌گیری نشد. میانگین انرژی قابل‌متابولیسم در کل ژنوتیپ‌های موردبررسی ۲/۴۱، ژنوتیپ‌های داخلی ۲/۳۳ و ژنوتیپ‌های خارجی ۲/۴۴ مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک بود. ارقام جویسی سویت بی ام آر اس اس ۲۰۰۳ و پی اف اس ۲۱ با تولید به ترتیب ۲/۶۷ و ۲/۶۴ مگا کالری انرژی قابل‌متابولیسم در هر کیلوگرم ماده خشک، بیشترین میزان ME را داشتند، در حالی که ارقام اسپیدفید و تیتان حداقل انرژی قابل‌متابولیسم (به ترتیب ۲/۱۳ و ۲/۱۷ مگا کالری در کیلوگرم) را تولید کردند. در بین ژنوتیپ‌های داخلی بیشترین انرژی قابل‌متابولیسم توسط لاین‌های کا اف اس ۲ و کا اف اس ۱۸ و رقم پگاه حاصل گردید (جدول ۶). از بین شاخص‌هایی مانند کل مواد مغذی قابل‌هضم، انرژی قابل‌متابولیسم، انرژی قابل‌هضم، انرژی خالص نگهداری، انرژی خالص شیردهی و انرژی خالص افزایش وزن، امروزه بیشتر از انرژی قابل‌متابولیسم برای بیان انرژی موجود در علوفه و جیره نویسی استفاده می‌شود (غلامی ۲۰۱۴ و مک‌دونالد و همکاران ۲۰۰۲). انرژی قابل‌متابولیسم مهم‌ترین صفت در علوفه سورگوم محسوب می‌شود، چون در تغذیه نشخوارکنندگان، علوفه‌ی موجود در جیره در درجه اول برای تأمین انرژی دام مصرف می‌شود (غلامی ۲۰۱۸ و غلامی و همکاران ۲۰۱۹). میانگین انرژی قابل‌متابولیسم

در ژنوتیپ‌های سورگوم موردبررسی (۲/۴۱ مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک)، نشان‌دهنده کیفیت خوب علوفه‌ی این ارقام است و حتی از انرژی قابل‌متابولیسم یونجه خشک (۲/۱۲ مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک) نیز بالاتر است این تفاوت می‌تواند به دلیل خشک بودن یونجه و ریزش برگ‌های آن باشد که باعث کاهش انرژی قابل دسترس دام می‌شود ولی با انرژی قابل‌متابولیسم یونجه سیلو شده در کشور برابر می‌باشد (غلامی ۲۰۱۸). میزان انرژی قابل‌متابولیسم در علوفه سورگوم توسط دیگر پژوهشگران بین ۱/۶۸ تا ۲/۴۵ مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک گزارش شده است که با یافته‌های پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد (غلامی ۲۰۱۴ و مک‌دونالد و همکاران ۲۰۰۲). لازم به ذکر است که میزان انرژی قابل‌متابولیسم در تمامی ارقام موردبررسی بالای دو مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک بود که بیشتر از میزان انرژی کافی برای تأمین نیاز نگهداری توصیه شده برای نشخوارکنندگان می‌باشد (آی. سی. آی. آر ۲۰۱۳).

میانگین انرژی قابل‌هضم در کل ژنوتیپ‌های موردبررسی ۲/۸۳۴، ژنوتیپ‌های داخلی ۲/۸۲۸ و ژنوتیپ‌های خارجی ۲/۸۳۷ مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک بود. در بین کل ژنوتیپ‌ها، حداکثر میزان انرژی قابل‌هضم (۳/۱۶ مگا کالری در کیلوگرم) توسط رقم پگاه حاصل شد در حالی که ارقام تیتان و اسپیدفید با محتوی انرژی قابل‌هضم به ترتیب ۲/۵۰ و ۲/۵۱ مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک، پایین‌ترین محتوی DE را داشتند (جدول ۶). به‌غیر از رقم تیتان، سایر ژنوتیپ‌های خارجی تفاوت معنی‌داری از نظر انرژی قابل‌هضم با یکدیگر نداشتند (جدول ۶). در مطالعات دیگر دامنه تغییرات انرژی قابل‌هضم در ژنوتیپ‌های سورگوم بین ۲/۱ تا ۲/۶ مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک گزارش شده است که کمتر از میانگین DE در

وزن و انرژی خالص شیردهی در ارقام موردبررسی به ترتیب معادل با ۱/۱۳، ۰/۵۹ و ۱/۲۱ مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک بود که نسبت به نتایج مطالعه حاضر مقادیر کمتری می‌باشد. سین و همکاران (۲۰۱۸) نیز با بررسی ۱۱ ژنوتیپ سورگوم گزارش کردند که دامنه تغییرات انرژی خالص نگهداری ۱/۴۲-۱/۱۳، انرژی خالص افزایش وزن ۰/۷-۰/۴۱ و انرژی خالص شیردهی ۱/۳۳-۰/۹۵ مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک بود.

ارزش و کیفیت نسبی:

اثر ژنوتیپ بر شاخص‌های ارزش نسبی علوفه (RFV) و کیفیت نسبی علوفه (RFQ) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). میانگین ارزش نسبی علوفه در کل ژنوتیپ‌های موردبررسی ۹۹/۷۴، ژنوتیپ‌های داخلی ۹۶/۹۶ و ژنوتیپ‌های خارجی ۱۰۱/۱۳ درصد بود. حداکثر میزان شاخص RFV در بین ژنوتیپ‌های خارجی توسط رقم پی اچ اس ۲۷ (۱۱۵/۷۵ درصد) و در بین ژنوتیپ‌های داخلی توسط رقم پگاه (۱۱۱/۳۸ درصد) حاصل شد؛ درحالی‌که حداقل ارزش نسبی علوفه در بین ژنوتیپ‌های خارجی توسط رقم تیتان (۷۶/۲۸ درصد) و در بین ژنوتیپ‌های داخلی توسط رقم اسپیدفید (۷۹/۷۳ درصد) مشاهده شد (جدول ۶). در بین ژنوتیپ‌های داخلی به‌جز رقم پگاه، تنها لاین کا اف اس ۲ ارزش نسبی علوفه بالای ۱۰۰ داشت، درحالی‌که در بین ژنوتیپ‌های خارجی به‌غیر از ارقام تیتان، جویسی سویت بی ام آر اس اس اچ ۱ سایر ژنوتیپ‌ها ارزش نسبی علوفه بیشتر از ۱۰۰ داشتند (جدول ۶). بین و همکاران (۲۰۱۱) پس از بررسی خصوصیات کیفی ۳۲ هیبرید سورگوم علوفه‌ای گزارش کردند که دامنه تغییرات RFV در این ارقام بین ۱۰۶ تا ۱۲۶ درصد بود که بالاتر از دامنه تغییرات این شاخص در مطالعه حاضر (۷۶ تا ۱۱۶ درصد) می‌باشد. این در حالی است که در مطالعه سین و همکاران (۲۰۱۸) بیان شد که دامنه

آزمایش حاضر می‌باشد (سین و همکاران ۲۰۱۸ و نیومن و همکاران ۲۰۰۲). میانگین انرژی خالص نگهداری در کل ژنوتیپ‌های موردبررسی ۱/۵۲، ژنوتیپ‌های داخلی ۱/۴۶ و ژنوتیپ‌های خارجی ۱/۵۵ مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک بود. ارقام جویسی سویت بی ام آر اس اس اچ ۲ و پی اف اس ۲۱ با تولید به ترتیب ۱/۷۵ و ۱/۷۲ مگا کالری انرژی خالص نگهداری، بیشترین میزان NEM را داشتند، درحالی‌که ارقام اسپیدفید و تیتان حداقل انرژی خالص نگهداری را تولید کردند (جدول ۶). در بین ژنوتیپ‌های داخلی بیشترین انرژی خالص نگهداری توسط لاین‌های کا اف اس ۲، لاین کا اف اس ۱۸ و رقم پگاه حاصل گردید. میانگین انرژی خالص شیردهی در کل ژنوتیپ‌های موردبررسی ۱/۴۲۲، ژنوتیپ‌های داخلی ۱/۴۱۷ و ژنوتیپ‌های خارجی ۱/۴۲۴ مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک بود. در بین کل ژنوتیپ‌ها، حداکثر میزان انرژی خالص شیردهی (۱/۶۰ مگا کالری در کیلوگرم) توسط رقم پگاه حاصل شد درحالی‌که ارقام تیتان و اسپیدفید با تولید ۱/۲۴ مگا کالری انرژی در کیلوگرم ماده خشک، پایین‌ترین میزان انرژی خالص شیردهی را داشتند (جدول ۶). به‌غیر از رقم تیتان، سایر ژنوتیپ‌های خارجی تفاوت معنی‌داری از نظر انرژی خالص شیردهی با یکدیگر نداشتند. میانگین انرژی خالص افزایش وزن در کل ژنوتیپ‌های موردبررسی ۰/۹۳، ژنوتیپ‌های داخلی ۰/۸۷ و ژنوتیپ‌های خارجی ۰/۹۶ مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک بود. ارقام جویسی سویت بی ام آر اس اس اچ ۲ و پی اف اس ۲۱ با تولید به ترتیب ۱/۱۳ و ۱/۱۰ مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک، بیشترین میزان انرژی خالص افزایش وزن را داشتند، درحالی‌که ارقام اسپیدفید و تیتان کمترین انرژی خالص افزایش وزن (به ترتیب ۰/۷۰ و ۰/۷۳ مگا کالری در کیلوگرم) را تولید کردند (جدول ۶). بین و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی ۳۲ هیبرید سورگوم علوفه‌ای گزارش کردند که میانگین انرژی خالص نگهداری، انرژی خالص افزایش

ژنوتیپ‌های خارجی ۱۰۶/۱۲ درصد بود. در بین ژنوتیپ‌های خارجی ارقام پی اچ اف اس ۲۷، پی اف اس ۲۱ و سیلوکینگ باکیفیت نسبی علوفه به ترتیب برابر با ۱۲۰/۸۵، ۱۱۵/۸۱ و ۱۱۲/۶۲ درصد، بیشترین میزان شاخص RFQ را داشتند درحالی‌که بالاترین میزان این شاخص در بین ژنوتیپ‌های داخلی توسط رقم پگاه (۱۱۶/۴۲ درصد) حاصل شد (جدول ۶).

تغییرات RFV بین ۷۵ تا ۱۰۴ بود که مطابقت بیشتری با نتایج پژوهش حاضر دارد. علوفه‌ای که حاوی ۴۱٪ فیبر نامحلول در شوینده خنثی است، RFV معادل با ۱۰۰٪ دارد و تفاوت مقادیر RFV با محتوی NDF و ADF ارقام سورگوم مرتبط می‌باشد (جهانزاد و همکاران ۲۰۱۳). میانگین کیفیت نسبی علوفه (RFQ) در کل ژنوتیپ‌های موردبررسی ۱۰۴/۴۶، ژنوتیپ‌های داخلی ۱۰۱/۱۵ و

Table 6- Energy content, gas production, relative feed value and relative forage quality in the forage sorghum genotypes

Genotype	GP24	ME	DE	NE _M	NE _L	NE _G	RFV	RFQ
	(mL)						(Mcal kg ⁻¹)	
G ₁	48.99 ^h	2.13 ^h	2.51 ^c	1.27 ^h	1.24 ^c	0.70 ^h	79.73 ^f	82.97 ^f
G ₂	57.83 ^{cde}	2.41 ^{cd}	3.16 ^a	1.53 ^{cde}	1.60 ^a	0.93 ^{cde}	111.38 ^{ab}	116.42 ^{ab}
G ₃	58.00 ^{cde}	2.42 ^{cd}	2.83 ^b	1.53 ^{cde}	1.42 ^b	0.94 ^{cde}	96.90 ^{de}	101.09 ^{de}
G ₄	59.17 ^c	2.45 ^{cd}	2.90 ^b	1.57 ^{cd}	1.45 ^b	0.97 ^{cd}	103.13 ^{b-e}	107.63 ^{b-e}
G ₅	54.67 ^{ef}	2.31 ^{ef}	2.79 ^b	1.44 ^{ef}	1.40 ^b	0.85 ^{ef}	95.08 ^e	99.16 ^e
G ₆	53.17 ^{fg}	2.26 ^{fg}	2.78 ^b	1.39 ^{fg}	1.39 ^b	0.81 ^{fg}	95.51 ^e	99.60 ^e
G ₇	54.32 ^f	2.30 ^{ef}	2.82 ^b	1.43 ^{ef}	1.42 ^b	0.84 ^{ef}	103.95 ^{b-e}	108.43 ^{b-e}
G ₈	59.32 ^c	2.46 ^{cd}	2.85 ^b	1.57 ^{cd}	1.43 ^b	0.97 ^{cd}	100.30 ^{c-e}	104.66 ^{c-e}
G ₉	60.16 ^{bc}	2.49 ^{cd}	2.76 ^b	1.60 ^{bc}	1.38 ^b	0.99 ^{bc}	98.11 ^{de}	102.30 ^{de}
G ₁₀	65.66 ^a	2.67 ^a	2.86 ^b	1.75 ^a	1.44 ^b	1.13 ^a	100.58 ^{c-e}	104.95 ^{c-e}
G ₁₁	55.67 ^{def}	2.34 ^{ef}	2.81 ^b	1.47 ^{def}	1.41 ^b	0.88 ^{def}	99.45 ^{c-e}	103.74 ^{c-e}
G ₁₂	63.32 ^{ab}	2.59 ^{ab}	2.89 ^b	1.69 ^{ab}	1.45 ^b	1.08 ^{ab}	105.33 ^{b-d}	109.92 ^{b-d}
G ₁₃	58.83 ^{cd}	2.44 ^{cd}	2.89 ^b	1.56 ^{cd}	1.45 ^b	0.96 ^{cd}	101.80 ^{c-e}	106.24 ^{c-e}
G ₁₄	53.67 ^f	2.28 ^{fg}	2.83 ^b	1.41 ^{fg}	1.42 ^b	0.83 ^{fg}	100.20 ^{c-e}	104.53 ^{c-e}
G ₁₅	50.16 ^{gh}	2.17 ^{gh}	2.50 ^c	1.30 ^{gh}	1.24 ^c	0.73 ^{gh}	76.28 ^f	79.38 ^f
G ₁₆	59.32 ^c	2.46 ^{cd}	2.90 ^b	1.57 ^{cd}	1.46 ^b	0.97 ^{cd}	100.90 ^{bc}	112.62 ^{a-c}
G ₁₇	59.66 ^c	2.47 ^{cd}	2.96 ^{ab}	1.58 ^{cd}	1.49 ^{ab}	0.98 ^{cd}	115.75 ^a	120.85 ^a
G ₁₈	64.67 ^a	2.64 ^a	2.97 ^{ab}	1.72 ^a	1.50 ^{ab}	1.10 ^a	110.92 ^{ab}	115.81 ^{ab}
L.S.	**	**	**	**	**	**	**	**
S.E.M.	0.66	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	1.41	1.49

GP24, 24-hour net gas production; ME, metabolizable energy; DE, digestible energy; NE_M, net energy for maintenance; NE_L, net energy for lactation; NE_G, net energy for gain; RFV, relative feed value; RFQ, relative forage quality.

Means in the same column followed by letters differ significantly at P≤0.05.

L.S.: level of significance; **: Significant at the 1% probability levels, respectively.

حداقل کیفیت نسبی علوفه در بین ژنوتیپ‌های خارجی توسط رقم تیتان (۷۹/۳۸ درصد) و در بین ژنوتیپ‌های داخلی توسط رقم اسپیدفید (۸۲/۹۷ درصد) مشاهده شد (جدول ۶). در بین ژنوتیپ‌های داخلی به جز رقم پگاه، تنها لاین‌های کا اف اس ۲ و کا اف اس ۱۸ کیفیت نسبی علوفه بالای ۱۰۰ داشت، درحالی‌که در بین ژنوتیپ‌های خارجی به غیر از رقم تیتان، سایر ژنوتیپ‌ها کیفیت نسبی علوفه بیشتر از ۱۰۰ را نشان دادند (جدول ۶). برومن و همکاران (۲۰۱۷) ارقام سورگوم را از نظر کیفیت نسبی علوفه (RFQ) بررسی و گزارش کردند که دامنه تغییرات این شاخص در ژنوتیپ‌های مورد بررسی بین ۸۲ تا ۱۳۸ درصد بود که با نتایج مطالعه حاضر (با دامنه تغییرات ۷۹ تا ۱۲۱ درصد) همخوانی دارد. شاخص RFQ نسبت به RFV، معیار دقیق‌تری برای پیش‌بینی تولیدات دامی می‌باشد و در مطالعه برومن و همکاران (۲۰۱۷) نیز برتری این شاخص به اثبات رسید. هولمن و همکاران (۲۰۱۸) نیز در مطالعه ارقام سورگوم و سورگوم-سودان‌گراس گزارش کردند که دامنه تغییرات شاخص RFQ در این ژنوتیپ‌ها بین ۹۹/۴ تا ۱۱۵/۷ درصد بود که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. ایشان خاطرنشان کردند که هرچند در ارقام BMR سورگوم میزان RFQ بیشتر بود ولی تفاوت آن‌ها با ارقام معمولی معنی‌دار نشد.

همبستگی بین صفات کمی و کیفی:

بررسی ضرایب همبستگی نشان داد که عملکرد علوفه تر همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد ماده خشک ($p \leq 0.01$)، تعداد برگ در بوته و ارتفاع بوته ($p \leq 0.05$) داشت و همبستگی این صفت با هیچ‌یک از صفات کیفی معنی‌دار نشد. جین و پاتل (۲۰۱۶) نیز در مطالعه‌ای مشابه گزارش کردند که ارتفاع بوته و تعداد برگ، همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد علوفه تازه داشتند (جدول ۷).

Table 7- Correlation coefficients between quantitative and qualitative traits in the forage sorghum genotypes

Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Dry matter yield	1													
Fresh forage yield	0.74**	1												
Stem diameter	-0.25 ^{ns}	0.14 ^{ns}	1											
No. leaves per plant	0.18 ^{ns}	0.47*	0.30 ^{ns}	1										
No. tiller per plant	0.42 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	-0.31 ^{ns}	-0.26 ^{ns}	1									
Plant height	0.81**	0.47*	-0.70**	0.03 ^{ns}	0.38 ^{ns}	1								
Crude protein content	0.26 ^{ns}	0.07 ^{ns}	-0.12 ^{ns}	0.34 ^{ns}	-0.06 ^{ns}	0.27 ^{ns}	1							
Neutral detergent fiber	0.33 ^{ns}	-0.10 ^{ns}	-0.34 ^{ns}	-0.41 ^{ns}	0.31 ^{ns}	0.41 ^{ns}	-0.12 ^{ns}	1						
Acid detergent fiber	0.30 ^{ns}	-0.25 ^{ns}	-0.53*	-0.57*	0.52*	0.43 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	0.78**	1					
Acid detergent lignin	0.30 ^{ns}	-0.15 ^{ns}	-0.49*	-0.52*	0.68**	0.44 ^{ns}	-0.21 ^{ns}	0.67**	0.84**	1				
Total digestible nutrients	-0.30 ^{ns}	0.25 ^{ns}	0.53*	0.56*	-0.51*	-0.43 ^{ns}	0.12 ^{ns}	-0.78**	-0.99**	-0.83**	1			
Metabolizable energy	-0.53*	-0.26 ^{ns}	0.32 ^{ns}	0.28 ^{ns}	-0.39 ^{ns}	-0.65**	0.03 ^{ns}	-0.67**	-0.64**	-0.65**	0.65**	1		
Digestible energy	-0.31 ^{ns}	0.24 ^{ns}	0.53*	0.56*	-0.51*	-0.44 ^{ns}	0.12 ^{ns}	-0.78**	-0.99**	-0.83**	0.99**	0.65**	1	
Relative feed value	-0.41 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.39 ^{ns}	0.45 ^{ns}	-0.46 ^{ns}	-0.45 ^{ns}	0.15 ^{ns}	-0.93**	-0.93**	-0.77**	0.93**	0.69**	0.93**	1
Relative forage quality	-0.33 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.41 ^{ns}	0.50*	-0.40 ^{ns}	-0.41 ^{ns}	0.13 ^{ns}	-0.95**	-0.93**	-0.76**	0.93**	0.69**	0.93**	0.99**

ns, * and **: Non Significant and significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

1. Dry matter yield, 2. Fresh forage yield, 3. Stem diameter, 4. No. leaves per plant, 5. No. tiller per plant, 6. Plant height, 7. Crude protein, 8. Neutral detergent fiber, 9. Acid detergent fiber, 10. Acid detergent lignin, 11. Total digestible nutrients, 12. Metabolizable energy, 13. Digestible energy, 14. Relative feed value, 15. Relative forage quality.

اسیدی و لیگنین همبستگی مثبت و معنی‌دار ($p \leq 0.01$) و با مواد مغذی قابل‌هضم، انرژی قابل‌متابولیسم، انرژی قابل‌هضم، ارزش نسبی علوفه و کیفیت نسبی علوفه همبستگی منفی و معنی‌دار ($p \leq 0.01$) داشت (جدول ۷). هبته و همکاران (۲۰۲۰) نیز همبستگی منفی و معنی‌دار انرژی قابل‌متابولیسم با الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و لیگنین را گزارش کرده‌اند. کیفیت نسبی علوفه با الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و لیگنین همبستگی منفی و معنی‌دار ($p \leq 0.01$) و با مواد مغذی قابل‌هضم، انرژی قابل‌متابولیسم، انرژی قابل‌هضم و ارزش نسبی علوفه همبستگی مثبت و معنی‌دار ($p \leq 0.01$) نشان داد و همان‌طور که ذکر شد همبستگی این صفت با تعداد برگ در بوته مثبت و معنی‌دار ($p \leq 0.05$) بود (جدول ۷). نتایج این مطالعه با نتایج سین و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر و با در نظر گرفتن خصوصیات کمی و کیفی علوفه، از بین ژنوتیپ‌های موردبررسی رقم سیلوکینگ که ضمن تولید بیشترین ماده خشک در واحد سطح دارای مقادیر پایین و مناسب فیبر نامحلول در شوینده خنثی، فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و لیگنین و مقادیر بالای شاخص کیفیت نسبی علوفه بود، به‌عنوان مناسب‌ترین رقم از نظر کمیت و کیفیت علوفه معرفی شد. در بین ژنوتیپ‌های داخلی، هیبرید اسپیدفید توانست بیشترین عملکرد ماده خشک را تولید کند، ولی علوفه این رقم به علت مقادیر بالای فیبر نامحلول در شوینده خنثی، فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و لیگنین از کیفیت مناسبی برخوردار نبود. لذا کاشت رقم اسپیدفید برای تولید علوفه در شرایطی که تنها کمیت علوفه برای زارع اهمیت دارد، قابل توصیه خواهد بود. بنابراین رقم پگاه که ضمن داشتن عملکرد ماده خشک مناسب، از کیفیت علوفه

عملکرد ماده خشک نیز با صفات ارتفاع بوته و عملکرد علوفه تر همبستگی مثبت و معنی‌دار ($p \leq 0.01$) و باصفت کیفی انرژی قابل‌متابولیسم همبستگی منفی و معنی‌دار ($p \leq 0.05$) داشت (جدول ۷). قطر ساقه سورگوم همبستگی منفی و معنی‌داری را با ارتفاع بوته ($p \leq 0.01$)، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و لیگنین ($p \leq 0.05$) نشان داد درحالی‌که همبستگی این صفت با مواد مغذی قابل‌هضم و انرژی قابل‌هضم مثبت و معنی‌دار ($p \leq 0.05$) بود. پوشپاراجا و سینیا (۲۰۱۸) نیز همبستگی منفی قطر ساقه با ارتفاع بوته را گزارش کردند. تعداد برگ در بوته نیز همبستگی منفی و معنی‌داری ($p \leq 0.05$) با فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و لیگنین و همبستگی مثبت و معنی‌داری ($p \leq 0.05$) با کل مواد مغذی قابل‌هضم، انرژی قابل‌هضم و کیفیت نسبی علوفه داشت (جدول ۷). تعداد پنجه در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری با محتوی لیگنین ($p \leq 0.01$) و فیبر نامحلول در شوینده اسیدی ($p \leq 0.05$) داشت درحالی‌که همبستگی این صفت با مواد مغذی قابل‌هضم و انرژی قابل‌هضم منفی و معنی‌دار ($p \leq 0.05$) بود. بیبی و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش کردند که بین تعداد پنجه در بوته و کیفیت علوفه سورگوم همبستگی منفی وجود دارد به‌نحوی‌که با افزایش تعداد پنجه، میزان فیبر افزایش و محتوی پروتئین کاهش یافت. تنها صفت کیفی که ارتفاع بوته با آن همبستگی معنی‌داری داشت، انرژی قابل‌متابولیسم ($r = -0.65$) بود (جدول ۷). در بین صفات کمی، تعداد برگ در بوته با صفات کیفی بیشتری همبستگی معنی‌دار نشان داد و تنها صفت کمی بود که با شاخص کیفیت نسبی علوفه، به‌طور معنی‌داری همبستگی داشت (جدول ۷). هبته و همکاران (۲۰۲۰) نیز گزارش کردند که نسبت برگ در بوته با میزان فیبر و لیگنین همبستگی منفی و با قابلیت هضم و انرژی قابل‌متابولیسم علوفه همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. محتوی پروتئین علوفه با هیچ‌یک از صفات همبستگی معنی‌داری نشان نداد. الیاف نامحلول در شوینده خنثی با الیاف نامحلول در شوینده

سیاسگزاری

بدین‌وسیله از معاونت زراعت وزارت جهاد کشاورزی به سبب مشارکت در تأمین بذور ارقام خارجی، از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به دلیل کاشت، داشت و برداشت ژنوتیپ‌های سورگوم و از مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور به جهت انجام آزمایش‌های کیفی تشکر و قدردانی می‌شود.

مطلوبی نیز برخوردار بود، به‌عنوان بهترین ژنوتیپ داخلی برای تولید علوفه کیفی معرفی می‌شود. همچنین میانگین انرژی قابل‌متابولیسم در ژنوتیپ‌های مورد بررسی نشان داد که علوفه سورگوم از کیفیت مناسبی برخوردار است و با توجه به عملکرد بالا و نیاز آبی کمتر این گیاه نسبت به سایر گیاهان علوفه‌ای، لازم است توسعه و ترویج این گیاه در تغذیه نشخوارکنندگان کوچک و گاوهای با تولید متوسط بیشتر موردتوجه قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

- Amanullah A, Khan AA, Nawab K, Khan A and Islam B, 2007. Growth characters and fodder production potential of sorghum varieties under irrigated conditions. *Sarhad Journal of Agriculture* 23: 265-268.
- AOAC, 2002. Association of Official Analytical Chemists. Official Method of Analysis. 17th Ed. AOAC. Arlington. VA.
- Ashoori N, Abdi M, Golzardi F, Ajalli J and Ilkaee MN, 2021. Forage potential of sorghum-clover intercropping systems in semi-arid conditions. *Bragantia* 80: e1421.
- Attis I, Konuskan O, Duru M, Gozubenli H and Yilmaz S, 2012. Effect of harvesting time on yield, composition and forage quality of some forage sorghum cultivars. *International Journal of Agriculture and Biology* 14(6): 879-886.
- Ayub M, Khalid M, Tariq M, Elahi M and Nadeem MA, 2012. Comparison of sorghum genotypes for forage production and quality. *Journal of Animal and Plant Sciences* 22: 733-737.
- Ayub M, Nadeem MA, Tahir M, Ghafoor A, Ahmed Z and Naeem M, 2010. Comparative studies on the growth forage yield and quality of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) varieties under irrigated conditions of Faisalabad. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences* 8: 94-97.
- Baghdadi A, Balazadeh M, Kashani A, Golzardi F, Gholamhoseini M and Mehrnia M, 2017. Effect of pre-sowing and nitrogen application on forage quality of silage corn. *Agronomy Research* 15(1): 11-23.
- Baghdadi A, Paknejad F, Golzardi F, Hashemi M and Ilkaee MN, 2021. Suitability and benefits from intercropped sorghum-amaranth under partial root-zone irrigation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 101(14): 5918-5926.
- Bakhtiyari F, Zamanian M and Golzardi F, 2020. Effect of mixed intercropping of clover on forage yield and quality. *Southwestern Journal of Horticulture, Biology and Environment* 11(1): 49-66.
- Bean B, Becker J, Robinson J and Pietsch D, 2011. Limited irrigated Texas panhandle sorghum hay trial. *AgriLife Extension Texas A&M System, Amarillo, TX, USA*.
- Berumen CAN, Serna RR, Ocampo R J, Carreon FOC, Martinez PAD and Ortiz MM, 2017. Yield and nutritional value of three sweet sorghum varieties grown at four environments in Durango. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias* 8(2): 147-155.
- Bibi A, Zahid MI, Sadaqat HA and Fatima B, 2016. Correlation analysis between forage yield and quality components in sorghum sudangrass hybrids under water stress conditions. *Global Journal of Bioscience and Biotechnology* 5(4): 444-448.

- Buxton DR, Mertens DR and Fisher DS, 1996. Forage Quality and Ruminant Utilization. p. 229-226. In L. E. Moser *et al.*, (Eds.) Cool-Season Forage Grasses. American Society of Agronomy Monograph Series, Madison, Wisconsin.
- Casler MD, 2000. Breeding forage crops for increased nutritional value. *Advances in Agronomy* 71: 51-107.
- Chohan MSM, Naeem M, Khan AH and Salahuddin S, 2003. Performance of newly developed forage varieties of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Asian Journal of Plant Sciences* 2: 48-50.
- Coblentz WK, Akins MS, Cavadini JS and Jokela WE, 2017. Net effects of nitrogen fertilization on the nutritive value and digestibility of oat forages. *Journal of Dairy Science* 100: 1739-1750.
- Contreras-Govea FE, Marsalis MA, Lauriault LM and Bean BW, 2010. Forage sorghum nutritive value: a review. *Forage Grazing* 8(1): 1-6.
- Farhadi A, Paknejad F, Golzardi F, Ilkaee MN and Aghayari F, 2022. Effects of limited irrigation and nitrogen rate on the herbage yield, water productivity, and nutritive value of sorghum silage. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 53(5): 576-589.
- Fouman A and Khazaei A, 2014. Evaluation of forage yield of forage sorghum lines under Karaj conditions in Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences* 16(3): 181-190.
- Gholami H, 2018. Nutrition Tables of Iranian Animal Feeds. First Edition. Agricultural Research, Education and Promotion Organization. Iranian Institute of Animal Science Research. Karaj. Iran.
- Gholami H, Khazaei A and Amir Sadeghi M, 2019. Comparison of nutritional value of modified BMR and conventional forage sorghum cultivars. Eighth Iranian Animal Science Congress. Kurdistan. Iran.
- Gholami H and Babaei M, 2020. Introducing a linear model for estimating the metabolizable energy of forage sorghum using fiber components. *Journal of Animal Science Researches* 12(3): 265-276.
- Gholami H, 2014. Estimation of Metabolizable and Net Energy in Iranian Feedstuff Based on Chemical Compositions and Prediction Equations. Final Research Project Report. Iranian Institute of Animal Science Research.
- Glamoclija D, Jankovic S, Rakic S, Maletic R, Ikanovic J and Lakic Z, 2011. Effects of nitrogen and harvesting time on chemical composition of biomass of Sudan grass, fodder sorghum, and their hybrid. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 35: 127-138.
- Golzardi F, Nazari Sh and Rahjoo V, 2019. Sorghum Cultivation. ETKA Publication.
- Habte E, Muktar M S, Abdena A, Hanson J, Sartie AM, Negawo AT, Machado JC, Ledo FJS and Jones CS, 2020. Forage performance and detection of marker trait associations with potential for napier grass (*Cenchrus purpureus*) improvement. *Agronomy Journal* 10: 542.
- Hakan K and Sahan BD, 2019. Yield and quality feature of some silage sorghum and sorghum-sudangrass hybrid cultivars in ecological conditions of Kırşehir Province. *Turkish Journal of Agriculture and Natural Science* 6(3): 388-395.
- Holman JD, Obour A, Roberts T and Maxwell S, 2018. Forage type and maturity effects on yield and nutritive value. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports* 4(8): 1-4.
- ICAR (Indian Council of Agricultural Research), 2013. Nutrient requirements of animals. Nutrient requirements of sheep, goat and rabbit. Directorate of Information and Publication on Agriculture, ICAR, New Delhi, India.
- Jahanzad E, Jorat M, Moghadam H, Sadeghpour A, Chaichi MR and Dashtaki M, 2013. Response of a new and a commonly grown forage sorghum cultivar to limited irrigation and planting density. *Agricultural Water Management* 117: 62-69.
- Jain SK and Patel PR, 2016. Genetic diversity and principle component analyses for fodder yield and their component traits in genotypes of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Annals of Arid Zone* 55: 17-23.
- Janmohammadi H, Taghizadeh A, Shodja J and Olyayee M, 2022. Chemical compositions, mineral contents and gross energy value of barley and wheat grains and wheat bran from East Azerbaijan Province. *Journal of Animal Science Research* 32(2): 1-16.
- Jarrige R. 1989. Ruminant nutrition. INRA. Paris, France.

- Karadag Y and Ozkurt M, 2014. Effect of different row spacings on the yield and quality of silage sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench) cultivars to be second crop grown. Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University 31(1): 19-24.
- Khalilian ME, Habibi D, Golzardi F, Aghayari F and Khazaei A, 2022. Effect of maturity stage on yield, morphological characteristics, and feed value of sorghum cultivars. Cereal Research Communications 50(4): 1095-1104.
- Khazaei A, Fouman A, Rahjoo V, and Golzardi F, 2019. Sorghum Cultivation (Handbook). Agricultural Education Publication.
- Khazaei A, Torabi M, Mokhtarapour H and Beheshti AR, 2020. Evaluation of yield stability of forage sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] genotypes using AMMI analysis. Iranian Journal of Crop Sciences 21(3): 225-236.
- Khazaei A, Golzardi F, Torabi M, Feyzbakhsh MT, Azarinasrabad A, Nazari L, Ghasemi A and Mottaghi M, 2023. GGE biplot vs. AMMI analysis of promising sorghum lines in the warm-temperate regions of Iran. Journal of Crop Improvement 37(4): 506-522.
- Marsalis MA, Angadi SV and Contreras-Govea FE, 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(1-2): 52-57.
- McDonald P, Edward RA, Greenhalgh JFD and Morgan CA, 2002. Animal Nutrition (6th Edition). Longman Scientific a Technical. Harlow. England.
- Menke KH and Steingass H, 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas Production using rumen fluid. Animal Research and Development 28: 7-55.
- Millner JP, Silungwe D and McGill CR, 2011. Forage quality of sorghum, sudan-grass sorghum×sudangrass and pearl millet cultivars in manawatu. Agronomy New Zealand 41: 13-22.
- Miron J, Ephraim Z, Dgnit S and Gabriel A, 2005. Yield, composition, in vitro digestibility of new forage sorghum varieties and their ensilage characteristics. Animal Feed Science and Technology 120: 17-32.
- Miron J, Zuckerman E, Adin G, Solomon R, Shoshani E and Nikbachat M, 2007. Comparison of two forage sorghum varieties with corn and the effect of feeding their silages on eating behavior and lactation performance of dairy cows. Animal Feed Science and Technology 139: 23-39.
- Moore JE and Undersander DJ, 2002. Relative Forage Quality: An alternative to relative feed value and quality index. Florida Ruminant Nutrition Symposium, University of Florida, Gainesville.
- Nabi CG, Riaz M and Ahmed G, 2006. Comparison of some advanced lines of *Sorghum bicolor* L. Monech for green fodder/dry matter yield and morpho economical parameters. Journal of Agricultural Research 44: 191-196.
- Neumann M, Restle J, Alves Filho DC, Brondani IL, Pellegrini LG and Freitas AK, 2002. Nutritional evaluation of the plant and silage of different sorghum hybrids (*Sorghum bicolor*, L. Moench). Revista Brasileira De Zootecnia 31: 293-301.
- NRC, 2007. National Research Council. Nutrient Requirements of small ruminant. National Academic Science, Washington, DC, USA.
- Pires DA, Moura MMA, Costa RF, Rodrigues JAS and Alves KA, 2017. Nutritional characteristics of sorghum hybrids hay (*Sorghum sudanense* vs. *Sorghum bicolor*). Acta Scientiarum-Animal Sciences 39(3): 229-234.
- Pushparajah S and Sinniah J, 2018. Evaluation of dry matter yield and nutritive value of Sugar graze and Jumbo plus at different spacing in the yala season in the dry zone of Sri Lanka. Agriculture and Food Security 7: 22.
- Rafiee M, 2018. Effect of sowing time on growth and yield of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivars in second cropping in temperate region of Lorestan province. Iranian Journal of Crop Sciences 20(3): 180-192.

- Singh S, Bhat BV, Shukla GP, Singh KK and Gehrana D, 2018. Variation in carbohydrate and protein fractions, energy, digestibility and mineral concentrations in stover of sorghum cultivars. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales* 6(1): 42-52.
- Undersander DJ, Smith LH, Kaminski AR, Kelling KA and Doll JD, 2003. Sorghum forage. In: *Alternative Field Crop Manual*, University of Wisconsin-Extension, and Cooperative Extension.
- Weiss WP, 1993. Predicting Energy Values of Feeds. *Journal of Dairy Science* 76(6): 1802-1811.
- Yousef E, Carmi A, Nikbachat M, Zenou A, Umiel N and Miron J, 2009. Characteristics of tall versus short-type varieties of forage sorghum grown under two irrigation levels for summer and subsequent fall harvests, and digestibility by sheep of their silages. *Animal Feed Science Technology* 152: 1-11.
- Zamir MSI, Iqbal A, Ahmad A, Hussain M, Asim M, Ali I, Islam N, Mursaleen M and Malik A, 2016. Growth yield and quality comparison of different forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivars harvested at different flowering intervals. *Transylvanian Review* 24(9): 1550-1560.

Evaluation of forage yield and quality in the local and foreign cultivars, lines, and hybrids of forage sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]

H Gholami^{1*}, A Khazaei², F Golzardi² and M Amirsadeghi¹

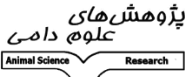

Received: November 14, 2020

Accepted: November 24, 2021

¹Assistant Professor, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

²Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

*Corresponding author: Email: Ho.Gholami@areeo.ac.ir

	<p>Journal of Animal Science/vol.32 No.4/ 2022/pp 133-156 https://animalscience.tabrizu.ac.ir</p>	
<p>© 2009 Copyright by Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/) DOI: 10.22034/AS.2021.13882</p>		

Introduction: Forage sorghum is a valuable plant that tolerates environmental stresses such as drought and heat, which can be used for direct grazing, green forage, dry forage and silage (Farhadi et al. 2022). One of the most important advantages of sorghum is having diverse genotypes that allow the use of appropriate cultivars based on the type of consumption at the time required by the farmer for their farm animals (Khalilian et al. 2022). Forage quality is highly correlated with fiber components such as NDF (neutral detergent insoluble fiber), ADF (acid detergent insoluble fiber) and lignin (Gholami 2014). To compare forage quality, agronomists and livestock nutritionists use common shortcut units such as RFV (relative value of forage) and RFQ (relative quality of forage), which are highly correlated with the amount of milk and meat produced by livestock (Moore and Andersander 2002). Relative Forage Value (RFV) is a quality comparison index based on digestible dry matter content (DDM) and livestock forage consumption (DMI), which is obtained indirectly from NDF and ADF (Baghdadi et al. 2023). Relative forage quality (RFQ) is also a quality comparison index based on total digestible nutrients (TDN) and DMI, which is more accurate than the RFV index due to NDF digestibility (Moore and Andersander 2002). Due to the production potential and high growth rate in forage sorghum genotypes and also the high resistance of this plant to environmental stresses, this plant seems to have a good ability to produce forage in semi-arid regions (Khazaei et al. 2023). However, there is little information about forage quality in domestic and foreign cultivars and hybrids of forage sorghum in the country and most of the available information emphasize the quantitative performance of sorghum cultivars; Therefore, the present study was conducted to investigate the potential of forage production in domestic and foreign genotypes of forage sorghum and considering both forage quantity and quality indices to the most suitable domestic and foreign cultivars of forage sorghum for high forage production and nutritional value Be properly identified.

Material and methods: Eighteen cultivars, lines and hybrids of forage sorghum were evaluated, planted and harvested at Karaj Seed and Plant Breeding Research Institute. In order to determine the dry matter yield and also to evaluate the quality traits, five plants from each plot were randomly selected and weighed in an oven at 60 ° C until reaching a constant dry weight. Finally, dry matter

yield was calculated in the samples. To determine the quality traits, the dried samples were ground. Qualitative traits of forage including crude protein content, ADF, NDF and lignin were determined by the Iranian Institute of Animal Sciences Research by chemical analysis (AOAC, 2002). The digestibility of the samples was determined by the gas test method and the amount of metabolizable energy in the forage was estimated using the amount of gas produced in the twenty-fourth hour and the amount of crude protein (Menke and Steingass, 1988). The means were compared by LSD method at the level of 0.05 probability.

Results and discussion: The results showed that the studied genotypes in terms of plant height, number of tillers and number of leaves per plant were significantly different at the level of one percent probability, while the effect of genotype on stem diameter was not significant. Among the internal genotypes, maximum fresh forage yield (103.84 t ha^{-1}) was obtained by Pegah cultivar and minimum yield (63.16 t ha^{-1}) was obtained by KFS2 line. The highest dry matter yield (20.61 t ha^{-1}) was obtained by Siloking cultivar and the lowest (8.83 t ha^{-1}) was obtained by Juicy Sweet BMR SSH.2 cultivar. The findings of the present study are in agreement with the results reported in earlier research conducted in the same field (Nabi et al. 2006; Amanullah et al. 2007; Khazaei et al. 2020; Khalilian et al. 2022). There was a narrow difference in forage crude protein content so that the average of crude protein in all studied genotypes was 6.357, internal genotypes were 6.363 and external genotypes 6.354%. The mean NDF in all studied genotypes was 60.36%, internal genotypes 62.06% and external genotypes were 59.51%. Among the studied genotypes, the highest amount of NDF (69.75%) was obtained in Titan cultivar and the lowest NDF content (54.25%) in PHFS-27 cultivar. The average lignin content in all studied genotypes was 1.78, internal genotypes were 1.71 and external genotypes 1.82%. The average metabolizable energy in all studied genotypes was 2.41, internal genotypes 2.33 and external genotypes 2.44 Mcal per kg of dry matter. Juicy Sweet BMR SSH.2 and PFS-21 cultivars had the highest ME levels with 2.67 and 2.64 Mcal of metabolizable energy per kilogram of dry matter, respectively, while Speedfeed and Titan cultivars had the highest metabolizable energy (Produced 2.13 and 2.17 Mcal kg^{-1} , respectively). The average relative value of forage (RFV) in all studied genotypes was 99.74, domestic genotypes 96.96 and foreign genotypes was 101.13%. The maximum RFV index among external genotypes was obtained by PHFS-27 cultivar (115.75%) and among domestic genotypes by Pegah cultivar (111.38%); while the minimum relative value of forage was observed among foreign genotypes by Titan cultivar (76.28%) and among domestic genotypes by Speedfeed cultivar (79.73%). The results obtained from the current study are congruent with the outcomes of previous investigations (Bean et al. 2011; Singh et al. 2018).

Conclusion: Siloking cultivar, while producing the driest matter per unit of the area had a high rate of relative forage quality index, is introduced as the most suitable cultivar in terms of quantity and quality of forage. Among domestic genotypes, the Speedfeed hybrid was able to produce the highest dry matter yield, but did not have a good quality. Therefore, planting Speedfeed cultivar to produce forage will be recommended in situations where only the quantity of forage is important for the farmer. Pegah cultivar, which had good dry matter yield and good forage quality, is introduced as the best domestic genotype for forage production.

Keywords: Dry matter yield, Metabolizable energy, Relative forage quality, Total digestible nutrients