Crop Science Research in Arid Regions

homepage: https://cropscience.uoz.ac.ir/

Research Article
Volume 7, Issue 3, 2025, P. 639-652

Effect of seeding rate and harvesting time on forage yield and some agronomic characteristics of two sorghum cultivars

Ahmad Ghasemi [*a], Mohammad Reza Asgharipour [b], Ali Shahraki [a]

[a] Crop and Horticultural Science Research Department, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zabol, Iran
[b] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

[*]Corresponding Author: ghasemiahmad@yahoo.com

Received: 14 June 2024 Accepted: 31 October 2024 **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.347000.1247**

How to cite this article:
Ghasemi, A., Asgharipour, M.R. and Shahraki, A., 2025. Effect of seeding rate and harvesting time on forage yield and some agronomic characteristics of two sorghum cultivars. *Crop Science Research in Arid Regions, 7*(3), 639-652. https://doi.org/10.22034/csrar.2024.347000.1247

Abstract

Introduction: As regards the decrease of underground water level and the limitation of water resources in Iran, and considering the drought tolerance of sorghum cultivars, with the production of this product, it is hoped that a step will be taken to meet the country's need for fodder. Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) is considered one of the important fodder plants in arid and semi-arid regions of Africa and Asia, which has high photosynthetic capacity, high nitrogen and water efficiency, and dual use of seed and fodder. Due to the fact that it is not possible to change genetic factors in the short term, therefore, through changing environmental factors can improve the nutrients consumed by livestock from fodder plants. Among the environmental factors, the maturity stage of the plant has the greatest effect on the ability to digest forage plants. By delaying the harvest time of sorghum, the yield of fresh and dry fodder and crude fiber increased, and crude protein, ash percentage, and number of leaves decreased. The purpose of this study is to investigate the effect of seed rate and different stages of sorghum harvesting on fodder yield and agronomic characteristics of two fodder sorghum cultivars.
Materials and Methods: This study investigated the effect of seeding rate and harvest stages on forage yield and some agronomic characteristics of two sorghum cultivars during the two years 2007 and 2008 at the Zahak Agricultural and Natural Resources Research Station using split-split plots with a randomized complete block design and three replications. Two sorghum cultivars (Speedfeed and a local landrace of Zabol) were considered as the main factor, harvest stages in four stages (botting, heading, soft dough, and hard dough) as sub-factors, and seeding rate at three levels (15, 20, and 25 kg/ha) as sub-sub-factors. The planting date was considered to be August 15. Each experimental plot consisted of 6 planting lines with a length of 7 meters. Harvesting was done from the four middle lines after removing the borders with an area of 12 square meters.
Results and Discussion: The results of composite variance analysis of the data showed that there was a significant difference at the 1% probability level between the treatments related to different harvest stages in terms of plant height. The process of height increase from the botting stage to the hard dough stage was incremental, so that the highest plant height, with an average of 164.2 cm, was related to the hard dough harvesting stage. Entering the reproductive stage of the plant causes the production of

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

leaves to stop, while the growth of the stems continues. Due to the stop of new leaf production and the fall of old leaves in the lower nodes of the plant, the share of leaves from dry matter decreased.
The effect of cultivar, harvest stage, and cultivar at harvest stage on the number of leaves per plant had a significant difference at the probability level of 1 percent. The highest number of leaves was related to the stage of harvesting the stem of the botting and heading, with an average of 9.10 and 8.72. With the delay in harvesting, the number of green leaves decreased.
The results of the analysis of variance showed that the effect of the harvesting stage on the yield of fresh and dry fodder was significant at the probability level of 1%. The increase in the yield of fresh and dry fodder showed that it was higher in the harvesting stages of soft dough and hard dough than in other harvesting stages. The delay in harvesting increases the lignin and maintenance tissues of the plant, which increases the yield of the forage in the plant.
Conclusion: In order to produce the desired fodder, it is recommended to cultivate the speedfeed variety with a seed rate of 20 kg per hectare and harvest at the soft dough stage.
Keywords: Cereal, Fresh forage, Hard dough, Soft dough, Tiller number

تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد هفتم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۴، ص ۶۵۲-۶۳۹

مقاله پژوهشی

اثر میزان بذر و زمان برداشت بر عملکرد علوفه و برخی خصوصیات زراعی دو رقم سورگوم

احمد قاسمی*[۱]، محمدرضا اصغری پور[۲]، علی شهرکی[۱]

۱- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران

۲- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

* مسئول مکاتبه: ghasemiahmad@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۱۰ **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.347000.1247**

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی اثر میزان بذر و زمان برداشت بر عملکرد علوفه و برخی خصوصیات زراعی دو رقم سورگوم طی دو سال ۱۳۸۵-۱۳۸۶ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زهک در قالب کرت‌های دو بار خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. دو رقم سورگوم (رقم اسپیدفید و توده محلی زابل) به عنوان فاکتور اصلی، زمان برداشت در چهار مرحله رشدی (ساقه آغوش، خوشه‌دهی، خمیری نرم و خمیری سخت) به عنوان فاکتور فرعی و مقدار بذر در سه سطح (۱۵، ۲۰ و ۲۵ کیلوگرم در هکتار) به عنوان فاکتور فرعی فرعی در نظر گرفته شد. بر اساس نتایج به دست آمده بین دو ژنوتیپ در مرحله‌های مختلف برداشت از لحاظ ارتفاع بوته، تعداد پنجه، تعداد برگ سبز، طول برگ، عملکرد علوفه تر و خشک تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. بیشترین عملکرد علوفه‌تر و خشک مربوط به رقم اسپیدفید و در مرحله برداشت خمیری سخت با میانگین ۴۹/۷۴۰ و ۱۵/۷۲۰ تن در هکتار مشاهده شد. میزان بذر بر تعداد پنجه، قطر ساقه، ارتفاع بوته و عملکرد علوفه تر تأثیر معنی‌دار داشت. بر اساس نتایج به دست آمده از این آزمایش جهت دسترسی به عملکرد بالای علوفه تر و خشک، تعداد پنجه و ارتفاع بوته، طول برگ در سورگوم می‌توان زمان برداشت خمیری نرم در رقم اسپیدفید و مقدار بذر ۲۰ کیلوگرم در هکتار را توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: تعداد پنجه، خمیری سخت، خمیری نرم، علوفه تر، غلات

مقدمه

سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) یکی از گیاهان علوفه‌ای مهم مناطق خشک و نیمه خشک آفریقا و آسیا محسوب می‌گردد که دارای توان فتوسنتز بالا، کارایی زیاد در استفاده از نیتروژن و آب و قابلیت استفاده دومنظوره از دانه و علوفه می‌باشد (Sanjana and Belum, 2019). سورگوم از نظر اهمیت در بین غلات در دنیا بعد از گندم، برنج، ذرت و جو در مقام پنجم قرار دارد. آمار سطح زیر کشت سورگوم در ایران در سال ۱۳۶۵ فقط شش هکتار گزارش شده که در سال ۱۳۹۸ به حدود ۳۷ هزار هکتار افزایش یافته است (Khazaie *et al.*, 2019). کشت سورگوم با فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر نسبت به ۴۵ سانتی‌متر و برداشت آن در ۹۰ روز نسبت به ۶۰ و ۷۰ روز پس از کاشت باعث افزایش تعداد برگ، عملکرد علوفه تر و خشک، پروتئین و خاکستر آن گردید (Chattha *et al.*, 2017). مرحله ظهور پانیکول از نظر میزان ماده خشک، کم بودن لیگنین، میزان برگ، علوفه‌تر و میزان پروتئین بهترین زمان نسبت به مراحل برداشت بعدی بود (Atis *et al.*, 2012). تغییر در طول دوره رشد از طریق تأثیر بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی سورگوم علوفه‌ای باعث تغییر ویژگی‌های کمی و کیفی علوفه می‌شود. متوسط درصد برگ و ساقه بین ارقام مختلف سورگوم به ترتیب بین ۱۵ تا ۴۵ و ۴۵ تا ۸۵ درصد می‌باشد (Mastrorilli *et al.*, 1999). تأخیر در برداشت سورگوم، ۵۶ روز پس از کاشت نسبت به تاریخ‌های برداشت زودتر سبب افزایش تعداد پنجه در بوته، افزایش شاخص سطح برگ و افزایش وزن علوفه خشک گردید (Ziki *et al.*, 2019). برداشت به موقع علوفه سورگوم، سبب تولید علوفه با کیفیت و برداشت با تأخیر باعث افزایش کمیت علوفه می‌گردد (Rahman *et al.*, 2012). با تأخیر در برداشت سهم برگ در عملکرد از ۴۷ درصد به ۲۶ درصد کاهش پیدا می‌کند (Twidwell *et al.*, 1998). با تأخیر در زمان برداشت سورگوم عملکرد علوفه تر و خشک و فیبر خام افزایش و پروتئین خام، درصد خاکستر و تعداد برگ کاهش یافت (Zamir *et al.*,

2016). همچنین بررسی اثر تراکم بوته و رقم بر عملکرد سورگوم علوفه‌ای نشان داد که از نظر عملکرد کل علوفه خشک لاین KFS1 در تراکم ۲۰ و رقم اسپیدفید در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع به ترتیب با میانگین ۲۶/۲ و ۲۲/۳ تن در هکتار بالاترین میزان علوفه خشک را دارا بودند (Azarinasrabad and Bazari, 2005). در مطالعه اثر چهار مرحله برداشت و چهار مقدار بذر بر تولید سه رقم سورگوم عنوان کردند که اثر رقم بر عملکرد کل معنی‌دار بود (Akash and Saoub, 2002). گزارش شده است که با افزایش تراکم کاشت سورگوم علوفه‌ای، ارتفاع ساقه به طور معنی‌داری افزایش و قطر ساقه، تعداد پنجه و سطح برگ در تک بوته کاهش یافت (Khaliliemohale *et al.*, 2007). در بررسی اثر مرحله برداشت بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم سورگوم علوفه‌ای (توده محلی قلمی طبسی، رقم F1104 و اسپیدفید) بیان شده است که اجزای عملکرد بجز تعداد پنجه در بوته تفاوت معنی‌داری با مرحله برداشت نشان دادند. ارتفاع بوته، درصد ساقه، پانیکول و عملکرد ماده خشک با تأخیر دو هفته‌ای در برداشت افزایش یافت، اما در آخرین مرحله برداشت که چهار هفته بعد از اولین برداشت بود ماده خشک و درصد برگ کاهش یافت (Rezvani Moghadam and Nasirimahallati, 2004). ماده خشک قابل هضم سورگوم در مرحله ساقه آغوش و پروتئین خام در دو مرحله ساقه‌دهی و ساقه‌آغوش در حداکثر مقدار خود بودند (Snyman and Jubert, 1999). با افزایش مقدار بذر در سورگوم عملکرد علوفه سبز و خشک، ارتفاع بوته، تعداد برگ و درصد ماده خشک افزایش یافت (Ayub *et al.*, 2003). در واریته‌های جدید سورگوم علوفه‌ای با تأخیر در برداشت از مرحله خوشه‌دهی به مرحله خمیری نرم مقدار ماده خشک به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت (Carmi *et al.*, 2006). با افزایش تراکم در سورگوم، تعداد پنجه و قطر ساقه کاهش و ماده خشک، ارتفاع بوته و عملکرد علوفه تر افزایش یافت (May *et al.*, 2016). بهترین مرحله برداشت در رقم شوگرگریز در شروع مرحله گل‌دهی بود (Abaduse and Rahnama, 2009). با توجه به اینکه در شرایط ترسالی کشت بهاره و تابستانه سورگوم بالغ بر ۱۰۰۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی منطقه سیستان را به اختصاص می‌دهد (Anonymous, 2021) و اطلاعات علمی کمی در زمینه میزان بذر و مرحله مناسب برداشت وجود دارد و اطلاعات موجود نیز به صورت تجربی می‌باشد لذا هدف از این مطالعه بررسی اثر مقدار بذر و زمان‌های مختلف برداشت بر عملکرد علوفه و خصوصیات زراعی دو رقم سورگوم علوفه‌ای می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور تعیین بهترین مقدار بذر و زمان برداشت سورگوم طی دو سال زراعی ۱۳۸۷-۱۳۸۶ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان اجرا گردید. بر طبق تقسیم‌بندی آب و هوایی کوپن، منطقه سیستان دارای اقلیم بسیار خشک با تابستان گرم و زمستان ملایم است. ارتفاع ایستگاه از سطح دریای آزاد ۴۸۳ متر، عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی آن ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی است. میانگین بارندگی سالانه ۵۵ میلی‌متر، میانگین دمای سالانه ۲۱/۷ درجه سانتی‌گراد و میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه ۵۰۰۰ میلی‌متر است. قبل از اجرای آزمایش، از چند نقطه در مزرعه نمونه‌های خاک تهیه و آزمون خاک انجام شد. بر این اساس، بافت خاک مزرعه آزمایشی لومی‌شنی بود (جدول ۱).

آزمایش براساس طرح کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت گردید. تیمارهای مطالعه شامل ژنوتیپ (توده محلی زابل و رقم اسپیدفید) به عنوان عامل اصلی و زمان برداشت در چهار مرحله رشدی (ساقه‌آغوش، خوشه‌دهی، خمیری نرم و خمیری سخت) به عنوان عامل فرعی و مقدار بذر در سه سطح (۱۵، ۲۰ و ۲۵ کیلوگرم در هکتار) به عنوان عامل فرعی فرعی بودند. منشاء رقم اسپیدفید کشور استرالیا و در کشور ما از طریق هیبریداسیون سورگوم با سودانگراس تولید شده است (Fouman *et al.*, 2016).

تاریخ کاشت ۱۵ مرداد ماه در نظر گرفته شد. هر کرت آزمایش شامل ۶ خط کاشت به فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر به طول ۷ متر بود. برداشت از چهار خط میانی پس از حذف حاشیه‌ها به مساحت ۱۲ متر مربع صورت گرفت. مقدار کود شیمیایی بر اساس آزمون خاک و براساس توصیه کودی بخش تحقیقات خاک وآب مرکز صورت گرفت که مقدار ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره قبل از کاشت و ۱۰۰ کیلو گرم از این کود بعد از ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری به خاک داده شد. کود سوپر فسفات تریپل به

مقدار ۲۵۰ کیلو گرم در هکتار قبل از کاشت در نظر گرفته شد. آبیاری هر ۷ تا ۱۰ روز یک بار انجام گرفت. صفات اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد پنجه در بوته، تعداد برگ سبز، طول برگ، عملکرد علوفه تر و خشک بود. جهت تعیین صفات فوق از هر کرت ۱۰ بوته به صورت تصادفی انتخاب و اندازه گیری‌ها انجام و سپس میانگین این داده‌ها به دست آمد. برای تعیین عملکرد علوفه سبز کل کرت با حذف اثرات حاشیه برداشت و توزین گردید. برای اندازه‌گیری عملکرد علوفه خشک مقدار سه کیلوگرم علوفه تر شامل گیاه کامل همراه با ساقه، برگ و پانیکول به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در دستگاه خشک کن قرار داده شد و عملکرد علوفه خشک به دست آمد. محاسبات آماری مورد نیاز با استفاده از نرم‌افزار آماری Mstat-C انجام گردید. مقایسه میانگین‌های هر صفت با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد مورد ارزیابی قرار گرفت. قبل از تجزیه واریانس مرکب برای اطمینان از یکنواختی واریانس اشتباهات آزمایشی آزمون بارتلت انجام و سپس تجزیه واریانس مرکب انجام شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Results of experiment soil physicochemical analysis

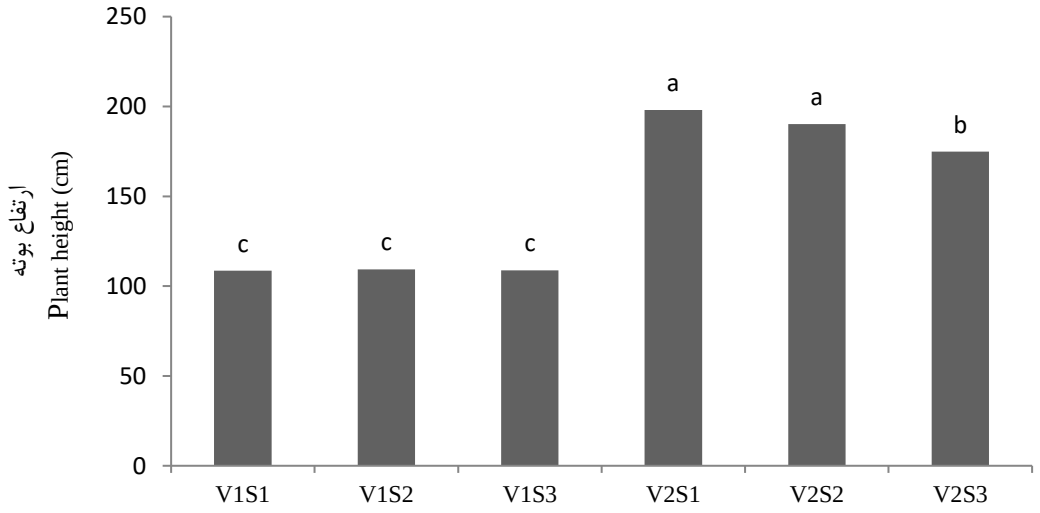
سال Year	بافت Texture	pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	ظرفیت مزرعه‌ای Field capacity (%)	نقطه پژمردگی دائم Wilting point	فسفر P	پتاسیم K	روی Zn	مس Cu	آهن Fe	کربن آلی OC (%)
						($mg.kg^{-1}$)					
۱۳۹۷ 2017	لومی- شنی Sandy- loam	8.2	3	13.1	5.3	11.0	100	0.26	0.57	2.83	0.32
۱۳۹۸ 2018	لومی- شنی Sandy- loam	8.1	3.1	13.2	5.5	11.1	106	0.23	0.54	2.634	0.36

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که بین تیمارهای مربوط به زمان مختلف برداشت از لحاظ ارتفاع بوته اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد (جدول ۲). روند افزایش ارتفاع از مرحله ساقه آغوش به مرحله خمیری سخت به صورت افزایشی بود، به‌طوری‌که بالاترین ارتفاع بوته با میانگین ۱۶۴/۲ سانتی‌متر مربوط به مرحله برداشت خمیری سخت بود (جدول ۳). وارد شدن گیاه به مرحله رشد زایشی موجب توقف تولید برگ‌ها می‌شود درحالی‌که رشد ساقه‌ها همچنان ادامه پیدا می‌کند. در پژوهش دیگری افزایش ارتفاع بوته در سورگوم علوفه‌ای را ضمن تأخیر در برداشت گزارش نموده‌اند (Rezvani Moghadam and Nasirimahallati, 2004; Jafariebilesavar *et al.*, 2012). از طرف دیگر رقم اسپیدفید چون یک هیبرید اصلاح شده می‌باشد در مقابل ارقام بومی از ارتفاع بالاتری برخوردار بود. محققان دیگر همچنین گزارش کردند که واریته‌های جدید ذرت علوفه‌ای از نظر تولید برگ و ارتفاع بوته نسبت به شاهد بهتر عمل کردند (Khavariekhorasani *et al.*, 2010). برهمکنش رقم در مرحله برداشت بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار نشان داد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها در جدول ۴ نشان داد که بالاترین ارتفاع بوته به ترتیب با میانگین ۲۱۵/۳ و ۲۰۲/۳ سانتی‌متر در رقم اسپیدفید و در مرحله برداشت خمیری سخت و نرم حاصل شد. کمترین ارتفاع بوته در رقم محلی و مرحله ساقه‌آغوش با میانگین ۹۳/۲ سانتی‌متر حاصل شد. رقم اسپیدفید در مرحله خمیری سخت نسبت به رقم محلی در این مرحله ۸۱ درصد افزایش ارتفاع نشان داد. در تحقیقی دیگر بیان شد که رقم سورگوم اصلاح شده PC1080 در میزان بذر ۴۵ کیلوگرم نسبت به سایر ارقام از ارتفاع بالاتری برخوردار بود (Ziki *et al.*, 2019). اثر میزان بذر بر ارتفاع بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). میانگین ارتفاع گیاه سورگوم در جدول ۵ ارائه شده است. میزان بذر ۱۵ کیلوگرم نسبت به ۲۰ و ۲۵ کیلوگرم در هکتار به ترتیب ۴/۰۸ و ۲/۶۸ درصد افزایش ارتفاع نشان داد (جدول ۵). با افزایش تراکم بوته نفوذ نور به درون جامعه گیاهی

کاهش می‌یابد و باعث قرار گرفتن بخش‌های پائینی ساقه در سایه می‌گردد که این امر منجر به کاهش نسبی مقدار کلروفیل و طویل شدن ساقه برای جذب نور می‌گردد (Damavandi *et al.*, 2014). برهمکنش رقم در مقدار بذر بر ارتفاع بوته دارای تأثیر معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بود (جدول ۲). بیشترین ارتفاع بوته با میانگین ۱۹۸ و ۱۹۰/۲ سانتی‌متر در رقم اسپیدفید و در مقدار بذر ۱۵ و ۲۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (شکل ۱). رقم اسپیدفید که از ارقام هیبرید با ارتفاع بلند می‌باشد نسبت به رقم محلی در رتبه اول قرار گرفت. در این نسبت‌های بذر چون رقابت برای جذب نور در بین بوته‌ها ایجاد می‌شود و از طرف دیگر مواد غذایی مورد نیاز که از اصلی‌ترین فاکتورهای تأثیر گذار در رشد و نمو گیاه است در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، ارتفاع بوته نسبت به سایر تیمارها افزایش یافت. در تیمار ۲۵ کیلوگرم بذر و رقم اسپیدفید چون جذب مواد غذایی بوته‌ها به دلیل تراکم زیاد با مشکل مواجه شد ارتفاع بوته با میانگین ۱۷۴/۸ سانتی‌متر کاهش نشان داد. پژوهشگران دیگری گزارش کردند که با افزایش تراکم، ارتفاع بوته افزایش یافت (Khaliliemohale *et al.*, 2007). در بین ارقام مورد بررسی نیز رقم اسپیدفید نسبت به سایر ارقام برتری نشان داد. سایر پژوهشگران افزایش ارتفاع ساقه همزمان با بالا رفتن تراکم گیاهی را مربوط به افزایش ساخته شدن اکسین در شرایط سایه‌اندازی در تراکم بالا دانسته است (Mojtahedi and Moadabeshabestari, 2008).



شکل ۱- برهمکنش رقم × مقدار بذر بر ارتفاع بوته

Figure 1- Interaction of cultivar ×Seeding rate on plant height

تعداد برگ

اثر رقم، مرحله برداشت و رقم در مرحله برداشت بر تعداد برگ در بوته دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۲). با گذر از مرحله ساقه‌آغوش و خوشه‌دهی به مراحل رشد انتهایی گیاه، تعداد برگ کاهش پیدا کرد. بیشترین تعداد برگ مربوط به مرحله برداشت ساقه آغوش و خوشه‌دهی با میانگین به ترتیب ۹/۱۰ و ۸/۷۲ عدد بود (جدول ۳). با تأخیر در برداشت تعداد برگ‌های سبز کاهش یافت، و به دلیل توقف تولید برگ جدید و ریزش برگ‌های مسن در گره‌های پایین بوته سهم برگ از ماده خشک کاهش پیدا کرد. بررسی فوق با نتایج محققان دیگر که گزارش کردند با افزایش سن گیاه تعداد برگ کاهش می‌یابد مطابقت دارد (Wilman and Twidwell 1998; Carmi *et al.*, 2006;).

بیشترین تعداد برگ سبز در رقم اسپیدفید و در مراحل برداشت ساقه آغوش و خوشه‌دهی به ترتیب با میانگین ۹/۸۰ و ۹/۵۷ عدد ملاحظه شد (جدول ۴). میزان برگ سبز در رقم محلی و در مرحله برداشت خمیری سخت با میانگین ۷/۰۳ عدد کمترین مقدار بود. میزان افزایش تعداد برگ در سورگوم اسپیدفید نسبت به سورگوم محلی زابل ۳۶ درصد به دست آمد. با افزایش سن گیاه و تأخیر در برداشت سورگوم برگ‌های

پایینی بوته خشک شده و از بین می‌روند. در پژوهش‌های دیگری کاهش تعداد برگ با افزایش طول زمان فواصل برداشت نشان داده شده است (Rezvani Moghaddam and Nassirimahallati, 2004; Jafariebilesavar *et al.*, 2012). رقم محلی به دلیل کاهش ارتفاع دارای تعداد برگ کمتری نسبت به اسپیدفید بود.

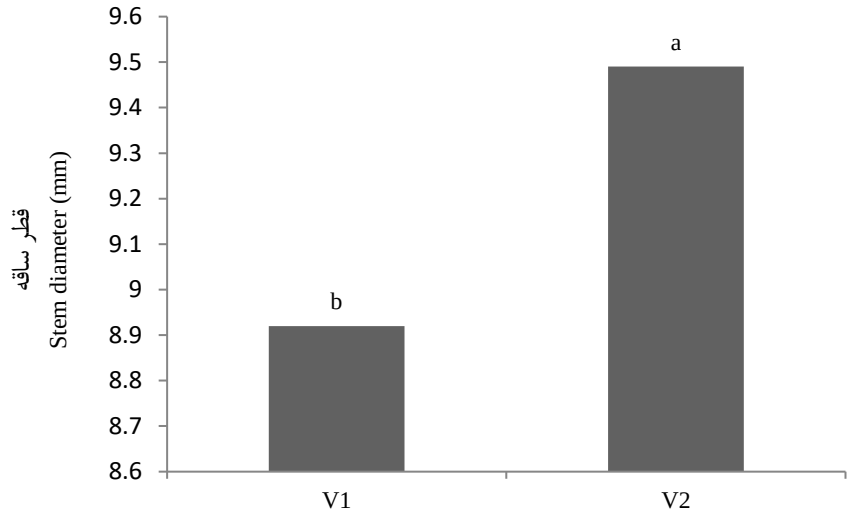
قطر ساقه

اثر رقم، مرحله برداشت و مقدار بذر بر قطر ساقه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد بود (جدول ۲). رقم اسپیدفید با قطر ساقه با میانگین ۹/۴۹ میلی‌متر نسبت به سورگوم محلی با میانگین ۸/۹۲ میلی‌متر قطر ساقه ضخیم‌تری داشت (شکل ۲). چون ارقام اصلاح شده برای تولید علوفه دارای ارتفاع بلندتری هستند جهت جلوگیری از ورس نیاز به انتخاب ساقه قطورتری می‌باشند که در رقم اسپیدفید این خصوصیت مشهود می‌باشد. در ارزیابی ارقام و لاین‌های جدید سورگوم علوفه‌ای مشاهده شد که قطر ساقه در رقم جدید منصور و رقم اسپیدفید نسبت به بقیه ارقام و لاین‌ها برتری داشت (Ghasemi *et al.*, 2022).

همچنین در گزارش دیگری بیان شد که بیشترین قطر ساقه مربوط به سورگوم علوفه‌ای شوگرگریز و کمترین آن به رقم جامبو تعلق گرفت و این مسأله را ناشی از ساختار ژنتیکی گیاه و والد آن با ساقه‌های قطور دانستند (Khaliliemohale *et al.*, 2007). بیشترین قطر ساقه در مرحله برداشت ساقه‌آغوش و خوشه‌دهی با میانگین ۸/۸۵ و ۹/۰۶ میلی‌متر مشاهده شد (جدول ۳).

در مراحل پایانی برداشت علاوه بر اینکه درصد رطوبت ساقه کمتر می‌باشد، همچنین به دلیل انتقال مجدد مواد از ساقه به دانه‌ها که مخزن تجمع مواد فتوسنتزی می‌باشند، قطر ساقه تحت تأثیر قرار می‌گیرد و کاهش می‌یابد. ساقه در میزان بذر ۱۵ کیلوگرم نسبت به ۲۰ و ۲۵ کیلوگرم از قطر بیشتری برخوردار بود (جدول ۵). با افزایش تراکم بوته، نفوذ نور به درون جامعه گیاهی کاهش می‌یابد که این امر باعث افزایش ارتفاع بوته می‌گردد و در صورتی که همراه با کاهش تجمع ماده خشک باشد منجر به کاهش قطر ساقه می‌گردد. از سوی دیگر، کاهش قطر ساقه در تراکم‌های بالاتر ممکن است به دلیل تغییراتی که در محل استقرار مواد آسیمیلاسیونی در قسمت‌های مختلف گیاهی اتفاق می‌افتد باشد (Paknejad et al., 2001).

در گزارشی دیگر افزایش قطر ساقه سورگوم با کاهش میزان بذر گزارش شده است (Prajapati *et al.*, 2017).



شکل ۲- اثر رقم بر قطر ساقه

Figure 2- Effect of cultivar on stem diameter

V1: توده محلی، V2: اسپیدفید

V1: Landrace, V2: Speedfeed

عملکرد علوفه تر و خشک

نتایج تجزیه واریانس نشـــان داد که اثر مرحله برداشـــت بر عملکرد علوفه تر و خشک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). روند افزایش عملکرد علوفه تر و خشـــک نشـــان داد که در مراحل برداشت خمیری نرم و خمیری سخت نسبت به مراحل برداشت دیگر بالاتر بود (جدول ۳). تأخیر در برداشت بافت‌های نگهدارنده و لیگنینی گیاه را بیشـــتر می‌کند که این ســـبب افزایش عملکرد علوفه تر و خشـــک در گیاه می‌گردد. در پژوهش دیگری نشان داده شـده اسـت که تأخیر در برداشت از مرحله خوشـه‌دهی به خمیری نرم مقدار ماده خشـک را به طور قابل ملاحظه ای افزایش داد که آنها دلیل آن را افزایش تعداد برگ، ارتفاع بوته و طول برگ عنوان کردند (Carmi *et al.*, 2006; Ziki *et al.*, 2019).

عملکرد علوفه تر و خشـک در هر دو رقم سـورگوم با تأخیر در برداشت افزایش نشان داد. رقم اسپیدفید در مرحله برداشت خمیری ســـخت با میانگین ۴۹/۷۴۰ و ۱۵/۷۲۰ تن در هکتار بیشـــترین عملکرد علوفه تر و خشـــک را به خود اختصـــاص داد (جدول ۴). میزان افزایش عملکرد علوفه تر و خشک در سورگوم اسپیدفید نسبت به سورگوم محلی در این مرحله به ترتیب ۱۲۷ و ۱۰۷ درصـد به دسـت آمد. پس از آن رقم اسـپیدفید در زمان برداشـــت خمیری نرم به ترتیب با میانگین ۴۴/۰۶۰ و ۱۳/۰۳۰ تن در هکتار علوفه تر و خشـک در رتبه دوم قرار گرفت. افزایش عملکرد علوفه تر در مرحله خمیری نرم در رقم اسپیدفید نسبت به سورگوم محلی زابل بیشتر از ۸۷ درصد به دست آمد. تأخیر در برداشـــت مقدار بافت‌های نگهدارنده و ســـاختمانی گیاه را بیشـــتر از ســـایر بخش‌ها افزایش داد و به همان نسـبت عملکرد علوفه تر و خشـــک گیاه زیاد شـــد. مشـــابه تحقیق حاضـــر، پژوهشـــگرانی تایید نمودند که تأخیر در برداشـــت از مرحله خوشـــه‌دهی به خمیری نرم مقدار ماده خشـــک را به طور قابل ملاحظـه‌ای افزایش داد، کـه دلیـل آنرا افزایش لیگنین و نیز کاهش رطوبت بافت‌های گیاه عنوان کردند Russell *et al.*, (1992). در مطـالعـه‌ای دیگر بهترین مرحلـه برداشـــت برای سـورگوم علوفه‌ای رقم Nes مرحله رشـد فیزیولوژیکی بیان شـد (Atis *et al.*, 2012).

اثر میزان بذر بر عملکرد علوفه تر در ســـطح احتمال پنج درصـد معنی‌دار شـد (جدول ۲). روند افزایش علوفه‌تر با افزایش میزان بذر بیشـــتر شـــد بطوری‌که در میزان بذر ۲۵ کیلوگرم بالاترین عملکرد علوفه تر به دســـت آمد. این میزان افزایش نسـبت به میزان بذر ۱۵ کیلوگرم در هکتار ۱۴ درصـد مشـاهده شد (جدول ۵). در پژوهشی دیگر که مقایسه سه میزان بذر ۳۰، ۳۵ و ۴۵ کیلوگرم در هکتـار را مورد ارزیـابی قرار داده بود مشـــخص شـــد که میزان بذر ۴۵ کیلوگرم نســـبت به ۳۰ و ۳۵ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش ۲۱/۹۱ و ۱۴/۲۱ درصد گردید. ایشـــان دلیل این افزایش عملکرد علوفه تر را افزایش ارتفاع و تعـداد برگ در این تیمـار عنوان کردنـد (Prajapati *et al.*, 2017).

طول برگ

نتایج تجزیه واریانس نشـــان داد که اثر ســـاده رقم و اثرات متقابل رقم در مرحله برداشـت بر طول برگ در سـطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشـترین طول برگ در رقم اسپیدفید و در مرحله برداشت ساقه آغوش، خوشه‌دهی، خمیری نرم و ســـخت با میـانگین ۵۴/۷۳، ۵۳/۳۶ ، ۵۱/۷۴ و ۵۲/۵۳ سـانتی‌متر به دسـت آمد. این رقم نسـبت به سـورگوم محلی زابل در این مراحل به ترتیب ۷۲، ۳۷، ۲۷ و ۳۶ درصـــد طول برگ بیشتری تولید کرد (جدول ۴).

سورگوم محلی در مرحله برداشت ساقه‌آغوش کمترین طول برگ پرچم را به خود اختصـاص داد. دلیل آن می‌تواند این باشـد که در این مرحله برداشـت هنوز گیاه در حال رشـد می‌باشـد و برگ‌ها می‌توانند به رشـــد طولی خود ادامه دهند. افزایش طول برگ در رقم اســـپیدفید به دلیل ســـاختار ژنتیکی رقم، انطباق بهتر با فصل رشـد در منطقه و تعداد برگ و شـاخص سطح برگ بیشـتر می‌باشد که این امر موجب افزایش سطح فتوسنتز کننده و تولید ماده خشـک می‌گردد و در نتیجه منجر به افزایش طول برگ می‌شود. در بررسی عملکرد ارقام سورگوم علوفه‌ای گزارش شـد که رقم Js-2002 به طور قابل توجهی طول برگ بیشـتری را تولید کرد و پس از آن رقم سـورگوم-۲۰۱۱ در رتبه دوم قرار گرفت درحالی‌که رقم JS-263 حداقل طول برگ را تولید کرد که دلیل آن تفاوت ژنتیکی ارقام، تفاوت حاصـلخیزی خاک و شـرایط محیطی عنوان شـد (Zamir *et al.*, 2016). همچنین در تحقیق دیگری تفاوت طول برگ در ارقام ســـورگوم علوفه‌ای گزارش گردید (Amanullah *et al.*, 2007).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مختلف گیاه سورگوم در تیمارهای مختلف

Table 2- ANOVA for different traits of sorghum influenced by various treatment

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height	تعداد برگ سبز Green leaves no.	قطر ساقه Stem diameter	عملکرد علوفه خشک Dry matter yield	عملکرد علوفه تر Fresh forage yield	طول برگ Leaf length	تعداد پنجه Tillers no.
سال Year	1	35833.5**	16.1*	72.2*	84474178*	104875029 ns	2819.3**	9.7**
خطای a Error a	4	433.1	0.93	6.01	8957952	49150743.1	22.94	0.456
رقم Cultivar	1	223598**	71.8**	46.3*	1039161854**	16012781972**	8914.30**	35.4**
سال × رقم Year × Cultivar	1	3905.7**	16.03*	11.60 ns	57863404**	3766658.7 ns	465.73 ns	1.28 ns
خطای b Error b	4	121.1	1.51	2.836	1247502	35264064	90.96	0.562
مرحله برداشت Harvest stage	3	1699.5**	11.83**	10.3**	454174619**	1638860765**	69.52 ns	0.302 ns
سال ×مرحله برداشت Year × harvest stage	3	1039.2 ns	3.72**	1.21 ns	8730450ns	6071035.9 ns	272.60**	1.30*
رقم × مرحله برداشت Cultivar ×harvest stage	3	485.9**	1.98**	1.15 ns	46776280**	302569287**	236.10**	0.254 ns
سال × رقم ×مرحله برداشت Year×cultivar×stages harvest	3	645.9 ns	8.19 ns	13.08**	4837751.6ns	77546073 ns	71.65 ns	0.653 ns
مقدار بذر Seeding rate	2	1672*	0.13 ns	18.5**	10624089 ns	206218922*	8.80 ns	4.09**
سال × مقدار بذر Year × seeding rate	2	35.90 ns	0.086 ns	2.95 ns	1552694 ns	31690982.4 ns	102.40*	0.08 ns
رقم × مقدار بذر Cultivar × seeding rate	2	1689.2*	0.926 ns	1.22 ns	596990.8 ns	17814351.5 ns	36.73 ns	2.70**
مرحله برداشت×مقدار بذر Harvest stage× seeding rate	6	482.6 ns	0.293 ns	2.42 ns	5095705.2 ns	44024222.6 ns	45.38 ns	0.214 ns
سال × رقم × مقدار بذر Year×Cultivar×Seeding rate	2	545.3 ns	0.832 ns	1.02 ns	5262699.9 ns	44725790.6 ns	42.85 ns	0.125 ns
سال ×مرحله برداشت × مقدار بذر Year×harvest stage× Seeding rate	6	243 ns	0.280 ns	0.97 ns	5801403.2 ns	29557505.2 ns	22.68 ns	0.577 ns
رقم × مرحله برداشت × مقدار بذر Cultivar×harvest stage×Seeding rate	6	487.5 ns	0.764 ns	1.82 ns	1564697.6 ns	57362816.8 ns	40.92 ns	0.81*
سال×رقم×مرحله برداشت×مقدار بذر Year × cultivar×harvest stage×Seeding rate	6	223.6 ns	0.413 ns	1.60 ns	2850224.6 ns	20778651.4 ns	35.08 ns	0.138 ns
خطای c Error c	88	430	0.405	2.56	6282245.3	59433857.5	34.27	0.327
ضریب تغییرات CV (%)		13.82	7.66	17.74	27.55	24.89	12.60	28.23

*، ** و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح پنج درصد، یک درصد و عدم معنی‌داری

*, ** and ns represent significant at of 5% and 1% probability level and not significant, respectively.

جدول ۳- میانگین دو ساله صفات مختلف برای مراحل مختلف برداشت

Table 3- Two-year mean comparisons for different traits in different harvest stages

مرحله برداشت Harvest stage	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد برگ سبز Green leaves number	قطر ساقه Stem diameter (mm)	عملکرد علوفه تر Fresh forage yield (t/ha)	عملکرد علوفه خشک Dry matter yield (t/ha)	طول برگ Leaf length (cm)	تعداد پنجه Tillers number
T1	116.6c	9.10a	8.85a	20.610c	3.767d	43.2a	2.1a
T2	152.1b	8.72b	9.06a	30.060b	6.803c	46.1a	2.1a
T3	160.3ab	8c	8.03b	33.810a	10.290b	46.2a	2.1a
T4	164.2a	8c	8.05b	35.820a	11.650a	45.4a	1.9a

میانگین‌های هر گروه در هر ستون که در یک حرف مشترک می‌باشند فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Means with similar letters have not significant difference at 5% probability level

T1: مرحله ساقه آغوش، T2: مرحله خوشه دهی، T3: خمیری نرم، و T4: خمیری سخت

T1: Botting stem stage, T2: Heading stage, T3: Soft dough, T4: Hard dough

جدول ۴- میانگین دو ساله صفات مختلف برای اثرمتقابل مرحله برداشت × رقم

Table 4- Two-year mean comparisons for different traits for the interaction of harvest stage ×cultivar

اثر متقابل مرحله برداشت × رقم Interaction of harvest stage ×cultivar	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد برگ سبز Green leaf number	عملکرد علوفه خشک Dry matter yield(t/ha)	عملکرد علوفه تر Fresh forage yield(t/ha)	طول برگ Leaf length(cm)
$V_1 \times T_1$	93.20e	8.40c	2.485f	13.72e	31.66c
$V_1 \times T_2$	110.92d	7.87d	4.159e	18.94d	38.81b
$V_1 \times T_3$	118.31d	7.60d	7.540d	23.56cd	40.60b
$V_1 \times T_4$	119.10d	7.03e	7.580d	21.89d	38.35b
$V_2 \times T_1$	139.13c	9.80a	5.05e	27.490c	54.73a
$V_2 \times T_2$	193.20b	9.57a	9.447c	41.180b	53.36a
$V_2 \times T_3$	202.30ab	8.35c	13.030b	44.06b	51.74a
$V_2 \times T_4$	215.30a	8.83b	15.720a	49.740a	52.53a

میانگین‌های هر گروه در هر ستون که در یک حرف مشترک می‌باشند فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Means with similar letters have not significant difference at 5% probability level

T1: مرحله ساقه آغوش، T2: مرحله خوشه دهی، T3: خمیری نرم، T4: خمیری سخت، V1: توده محلی، V2: اسپیدفید

T1: Botting stem stage, T2: Heading stage, T3: Soft dough, T4: Hard dough, V1: local mass, V2: Speedfeed

جدول ۵- میانگین دو ساله صفات مختلف برای میزان بذر

Table 5- Two-year mean comparisons for different traits for the seed rate

میزان بذر Seed rate	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد برگ سبز Green leaf number	قطر ساقه Stem diameter (mm)	عملکرد علوفه خشک Dry matter yield(t/ha)	عملکرد علوفه تر Fresh forage yield(t/ha)	طول برگ Leaf length(cm)
S1	153.30a	8.50a	9.10a	7.700a	28.01c	45.50a
S2	149.8b	8.40a	8.50b	8.048a	30.05b	45.40a
S3	147.8b	8.40a	7.90c	8.631a	32.15a	44.70a

میانگین‌های هر گروه در هر ستون که در یک حرف مشترک می‌باشند فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Means with similar letters have not significant difference at 5% probability level

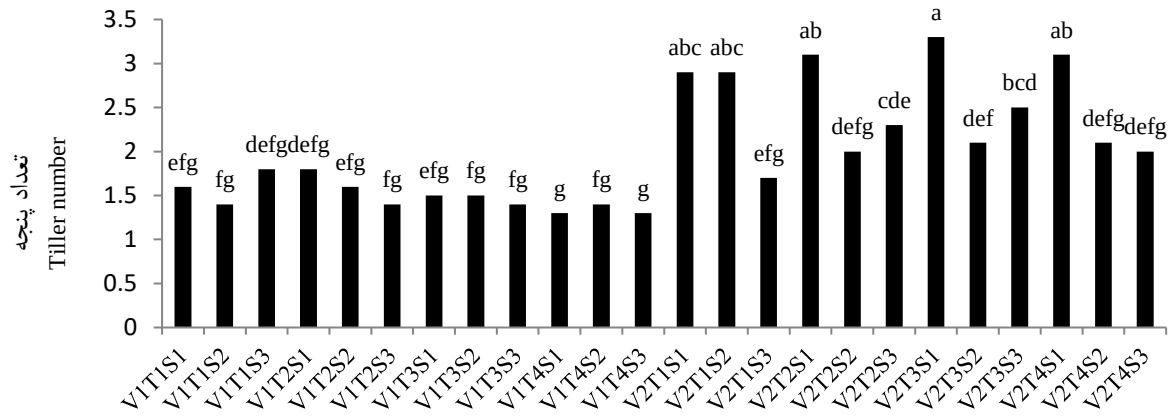
S1: مقدار بذر ۱۵ کیلوگرم در هکتار، S2: مقدار بذر ۲۰ کیلوگرم در هکتار، و S3: مقدار بذر ۲۵ کیلوگرم در هکتار

S1: Seed rate of 15 kg/ha, S2: Seed rate of 20 kg/ha, and S3: Seed rate of 25 kg/ha

تعداد پنجه

در بررسی اثر متقابل رقم در مرحله برداشت در مقدار بذر از لحاظ تعداد پنجه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد وجود داشت (جدول ۲). مقایسه تیمارهای مربوط به اثر متقابل رقم در مرحله برداشت در مقدار بذر (شکل ۳) نشان داد که بیشترین تعداد پنجه در رقم اسپیدفید در مرحله برداشت

خمیری نرم و در نسبت بذر ۱۵ کیلوگرم با میانگین ۳/۳ عدد بدست آمد. گیاهانی که پنجه بیشتری تولید می‌کنند اکثراً علوفه بیشتری نیز تولید می‌کنند. پنجه‌زنی در سورگوم تحت تأثیر هورمون‌های گیاهی، عوامل ژنتیکی و محیطی است. در بین عوامل محیطی، شدت و کیفیت نور به دلیل نقش آن در تجزیه و از بین بردن هورمون‌ها و تولید انرژی غذایی حائز اهمیت است. افزایش تراکم بوته باعث افزایش رقابت بین بوته‌ها و درون بوته برای عوامل محیطی از جمله نور و مواد فتوسنتزی می‌گردد. از سوی دیگر باعث کاهش میزان نفوذ نور در کنوپی گیاهی شده و در نتیجه تعداد پنجه در بوته کاهش می‌یابد (Sarikhani and Razmjo, 2007). پژوهشگران دیگری نیز افزایش تعداد پنجه را در گیاه سورگوم در اثر کاهش تراکم گیاهی و در مرحله رشد فیزیولوژیکی گزارش نموده‌اند (Naseralavi and Shamsaddinsaeid, 2008; Atis *et al.*, 2012).

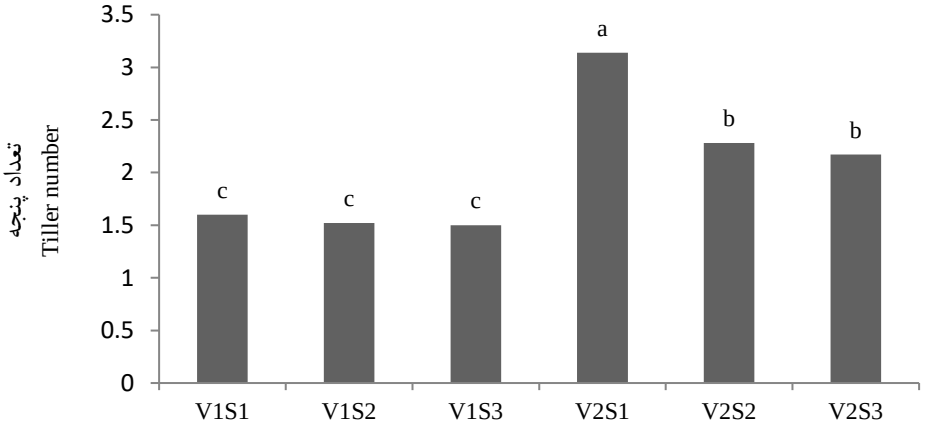


شکل ۳- برهمکنش رقم× مرحله برداشت× مقدار بذر بر تعداد پنجه

Figure 3- Interaction of cultivar×harvest stage×Seeding rate on tiller number

V: رقم، T: مرحله برداشت، S: مقدار بذر

V: cultivar, T: Harvest stage, S: Seeding rate



شکل ۴- برهمکنش رقم × مقدار بذر بر تعداد پنجه

Figure 4- Interaction of cultivar ×Seeding rate on tiller number

برهمکنش رقم در مقدار بذر بر تعداد پنجه در بوته دارای تأثیر معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۲). بیشترین تعداد پنجه در رقم اسپیدفید و در میزان بذر ۱۵ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۳/۱۴ عدد مشاهده شد. رقم اسپیدفید در میزان بذر ۲۰ و ۲۵ کیلوگرم در هکتار نیز با میانگین ۲/۲۸ و ۲/۱۷ عدد در رتبه دوم و سوم قرار گرفت

(شـــکل ۴). به نظر می‌آید که رقم اســـپیدفید به لحاظ ماهیت ژنتیکی هیبریدی اش تعداد پنجه بیشـتری نسـبت به رقم بومی تولید می‌کند. از طرف دیگر با افزایش میزان بذر فضـــا برای پنجه‌زنی در بین بوته‌ها کاهش پیدا می‌کند. محققان دیگر نیز کاهش تعداد پنجه در اثر افزایش تراکم گیاهی در ســـورگوم را بیان کردند (Khaliliemohale *et al.*, 2007).

نتیجه‌گیری کلی

براســـاس نتـایج بـه دســـت آمـده از این تحقیق چنین نتیجه‌گیری می‌شـــود که در مقدار بذر ۲۰ کیلوگرم در هکتار از حداکثر فضای زمین استفاده شد. در زمان برداشت خمیری نرم ســـورگوم از نظر طول برگ، ارتفاع بوته، تعداد پنجه و عملکرد علوفه تر و خشـک در بهترین شـرایط قرار داشـت. در این مرحله برداشـت حداکثر طول برگ سـبز که از شـاخص‌های کیفی علوفه می‌باشـد در گیاه وجود داشـت. در زمان برداشـت خمیری سـخت تعداد برگ سـبز کاهش و ماده خشـک و بافت‌های لیگنینی در گیـاه افزایش یـافـت کـه خوردن علوفـه توســـط دام را کـاهش می‌دهد. رقم اســـپیدفید به دلیل ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد پنجه و تولید علوفه تر و خشـک بیشـتر نسـبت به توده محلی در شـرایط مطلوبی قرار گرفت. در نهایت می‌توان جهت تولید علوفه مطلوب کشت رقم اسپیدفید با میزان بذر ۲۰ کیلوگرم در هکتار و زمان برداشت خمیری نرم را توصیه نمود.

References

Abaduse, G. and Rahnama, A., 2009. Determine the best time to harvest sorghum varieties using physiological growth indices. *Quarterly Scientific Journal of Crop Physiology*, *1*(3), pp.89-100. [In Persian].

Akash, M.W. and Saoub, H.M., 2002. Grain yield of three sorghum varieties as influenced by seeding rate and cutting frequency. *Pakistan Journal of Agronomy*, *1*(2-3), pp.101-104. https://doi.org/10.3923/ja.2002.101.104

Amanullah Khan, A., Nawab, K., Khan, A. and Islam, B., 2007. Growth characters and fodder production potential of sorghum varieties under irrigated conditions. *Sarhad Journal Agricultural*, *23*, pp.265-268.

Anonymous., 2021. Annual report of the management of the agricultural jihad of Zahak city. 5 pages. [In Persian].

Atis, 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 Agricultural and Biology*, *14*, pp.879-886.

Ayub, M., Tanveer, A., Nadeem, M.T. and Tayub, M., 2003. Fodder yield and quality of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) as influenced by different tillage methods and seed rates. *Pakistan Journal of Agronomy*, *2*(3), pp.pp.179-184. https://doi.org/10.3923/ja.2003.179.184

Azarinasrabad, A. and Bazari, M., 2005. Effects of plant density and cultivar on yield of forage sorghum. *Seed and Plant Journal*, *20*(4), pp.pp.475-487. [In Persian].

Carmi, A., Aharoni, Y., Edelstein, M., Hagiladi, A., Yosef, E. 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*(1-2), pp.121-133. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.02.005

Chattha, M., Iqbal, A., Hassan, M., Chattha, M., Ishaque, W., Usman, M., Khan, S., Fayyaz, M. and Aman Ullah, M., 2017. Forage yield and quality of sweet sorghum as influenced by sowing methods and harvesting times. *Journal of Basic and Applied Sciences*, *13*, pp.301-306. https://doi.org/10.6000/1927-5129.2017.13.49

Damavandi, A., Latifi, N. and Darbanian, N., 2014. The effect of plant density on morphological traits and yield of four forage sorghum cultivars in Damghan region. *Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandagi, 104*, pp.171-177. [In Persian].

Fouman, A., Mehrani, A. and Beheshti, A., 2016. Instructions planting and harvesting sorghum. Agronomy Assistance director of Ministry of Jihad-e-Agriculture, 32p. [In Persian].

Ghasemi, A., Sharaki, A. and Khazaie, A., 2022. Investigating yield and yield components of new forage sorghum cultivars and lines under normal and salinity conditions. Final report of Seed and Plant Breeding Research Institute, Karaj. 39p. [In Persian].

Jafariebilesavar, R., Rauf, S. and Imani, A., 2012. Effect of nitrogen and harvest time on fertilizer use efficiency and quality and quantity yield of sorghum. *Journal of Agronomy Science, 14*(2), pp.17-30. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/jci.2013.29498

Khaliliemohale, G., Tajbakhsh, M., Fayazmoghadam, A. and Siadat, A., 2007. Effect of plant density on morphological traits in forage sorghum. Seventh Agronomy and Plant Breeding Congress. Karaj, Iran. [In Persian].

Khavariekhorasani, S., Golbashi, M., Azizi, F., Ashoftebiragi, M. and Fatemi, R., 2010. Evaluation of growth and yield of new hybrids single cross forage maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agricultural Ecology, 2*(2), pp.335-342. [In Persian]. https://doi.org/10.22067/JAG.V2I2.7640

Khazaie, A., Fuman, A., Rahjo, V. and Golzardi, F., 2019. Cultivation and characteristics of introduced varieties of sorghum varieties. Publication of agricultural education, 132 pages. [In Persian].

Mastrorilli, M., Katerii, N. and Rana, G., 1999. Productivity and water use efficiency of sweet sorghum as affected by soil water deficit occurring at different vegetative growth stages. *European Journal of Agronomy, 11*, 207-215. https://doi.org/10.1016/s1161-0301(99)00032-5

May, A., Fillipe, V. and De, S., 2016. Plant population and row spacing on biomass sorghum yield performance. *Ciencia Rural, Santa Maria, 46*(3), pp.434-439. https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141133

Mojtahedi, M. and Moadabeshabestari, M., 2008. *Crop Physiology.* University Publication Center, 436 p. [In Persian].

Naseralavi, S. and Shamsaddinsaeid, M., 2008. Effects of plant densities and row orientation on the seed and forage yield of grass sorghum in Bam. *Journal of Agricultural and Natural Resource Science, 12*(45), pp.91-97. [In Persian].

Paknejad, F., Tavakoli, M., Nurmohamadi, G. and Siadat, A., 2001. Effects of plant density on physiological indices and forage yeild of sorghum hybrids and a sudangrass cultivar. *Iranian Journal of Crop Science, 3*(1), pp.32-37. [In Persian].

Prajapati, N., Singh, G., Choudhary, P. and Lal Jat, B., 2017. Effect of seed rate on yield and quality of fodder sorghum (*Sorghum bicolor* L. Monench) genotypes. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6*(2), pp.339-355. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.602.038

Rahman, M., Fukai, S. and Blamey, F., 2012. Effects of cutting and sowing date on biomass production and nitrogen content of forage sorghum. *International Journal of Agriculture and Biology*, *14*(6), pp.123-125.

Rezvani Moghaddam, P. and Nassirimahallati, M., 2004. Dry matter digestibility and protein contents of three forage sorghum cultivars harvested at different dates. *Iranian Journal of Field Crop (Iranian Journal of Agricultural Sciences*, *35*(4), pp.787-796. [In Persian].

Russell, J.R., Irlbeck, N.A., Hallauer, A.R. and Buxton, D.R., 1992. Nutritive value and ensiling characteristics of maize herbage as influenced by agronomic factors. *Animal Feed Science and Technology*, *38*, 11-24. https://doi.org/10.1016/0377-8401(92)90072-e

Sanjana, P. and Belum, V.S., 2019. History of sorghum improvement. In *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition* (pp. 61-75). https://doi.org/10.1016/b978-0-08-101879-8.00004-8

Sarikhani, S.H. and Razmjo, K.H., 2007. Effect of plant density on components yield and yield of three forage sorghum cultivars. *Journal of Agricultural Sciences and Technology and Natural Resources*, *10*(4), pp.241-255. [In Persian].

Snyman, L.D. and Jubert, W., 1999. Effect of maturity stage and method of preservation on the yield and quality of forage sorghum. *Animal Feed Science and Technology*, *57*(1-2), pp.63-73. https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00846-2

Twidwell, E.K., Johnson, K.D., Cherney, J.H. and Volence, J.J., 1998. Forage quality and digestion kinetics of switch grass herbage and morphological components. *Crop Science*, *28*, pp.778-782. https://doi.org/10.2135/cropsci1988.0011183x002800050011x

Wilman, D. and Rezvanimoghadam, P., 1998. In vitro digestibility and neutral detergent fiber and lignin content of plant parts of nine forage species. *Journal of Agricultural Science*, *131*, pp.51-58. https://doi.org/10.1017/s0021859698005620

Zamir, M., Iqbal, A., Ahmad, A., Hussain, M., Asim, M. and Ali, I., 2016. Growth, yield and quality comparison of different forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivars harvested at different flowering intervals. *Transylvanian Review*, *9*, pp.1550-1560.

Ziki, S., Zeidan, E., El-Banna, A. and Omar, A., 2019. Influence of cutting date and nitrogen fertilizer levels on growth, forage yield, and quality of Sudan grass in a semiarid environment. *International Journal of Agronomy and Environment*, *2*(4), pp.1-10. https://doi.org/10.1155/2019/6972639