University of Tehran Press

Iranian Journal of Field Crop Science

Online ISSN: 2423-8082

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

The Effect of Different Sources of Fertilizer and Low-Irrigation on Forage Quality Characteristics and Yield of Sorghum

Maryam Abrishami[1]| Jalal Jalilian[2]✉ | Saeid Heydarzadeh[3]

1. Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran. Email: j.alizadeh@urmia.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran. . Email: j.jalilian@urmia.ac.ir
3. Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran. Email: s.heydarzadeh@urmia.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: January 10, 2023
Received in revised form: February 17, 2023
Accepted: February 23, 2023
Published online: September 23, 2023

Keywords:
Dry matter digestibility,
Nano-fertilizer,
Protein yield,
Sorghum,
Water deficit stress

ABSTRACT

This study was conducted as a factorial experiment in a randomized complete block design with three replications in the breeding center of buffalo in the northwest of Iran in 2020-2021 growing season. Experimental treatments included different irrigation conditions at three levels (irrigation after depleting of 40, 60, and 80% of available water) as the first factor and application of different fertilizer sources at five levels (chemical, biological, organic, nano fertilizer, and control) as the second factor. Crude protein, dry matter digestibility, water-soluble carbohydrates, and protein yield were improved under different fertilizer sources and different irrigation conditions compared to the control treatment. With delay in irrigation, dry matter, forage ash and relative feed value decreased, while water stress increased the amount of ADF and NDF. Also, the highest amount of dry matter, ash and the relative feed value were obtained in the nano fertilizer. Irrigation after depleting of 40% caused 24, 14, and 18% increase in dry weight of leaves, stems and forage yield, respectively, compared to 80% of available water. The highest dry weight of leaves, stems, and forage yield were obtained with 11738, 16764, and 27938 kg/ha in nano fertilizer, respectively. In conclusion, the results showed that nano-fertilizers and organic fertilizers were more effective in improving the quantitative and qualitative characteristics of fodder sorghum under water stress conditions compared to other fertilizer sources.

Cite this article: Abrishami, M., Jalilian, J., & Heydarzadeh, S. (2023). The effect of different sources of fertilizer and low-irrigation on forage quality characteristics and yield of sorghum. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *54*(3), 1-14. DOI: 10.22059/ijfcs.2023.353384.654970.

© The Authors.

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/10.22059/ijfcs.2023.353384.654970

انتشارات دانشگاه تهران

علوم گیاهان زراعی ایران

شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۸۰۸۲

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

اثر منابع مختلف کودی و کم‌آبیاری بر خصوصیات کیفی علوفه و عملکرد سورگوم علوفه‌ای

مریم ابریشمی [۱] | جلال جلیلیان [۲]✉ | سعید حیدرزاده [۳]

۱. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: s.heydarzadeh@urmia.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: j.jalilian@urmia.ac.ir

۳. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه s.heydarzadeh@urmia.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۰۴

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۷/۰۱

کلیدواژه‌ها:
تنش کم‌آبی،
سورگوم،
عملکرد پروتئین،
قابلیت هضم ماده خشک،
کود نانو.

چکیده

این مطالعه به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز پرورش و اصلاح نژاد گاومیش شمال غرب کشور در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل شرایط متفاوت آبیاری در سه سطح (آبیاری بعد از تخلیه ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد آب قابل استفاده) به عنوان عامل اول و کاربرد منابع مختلف کودی در پنج سطح (شیمیایی، زیستی، آلی، نانو و شاهد) به عنوان عامل دوم بودند. پارامترهای پروتئین خام، قابلیت هضم ماده خشک، کربوهیدرات محلول در آب و عملکرد پروتئین تحت منابع مختلف کودی در شرایط متفاوت آبیاری در مقایسه با تیمار شاهد بهبود یافت. با تاخیر در آبیاری ماده خشک، خاکستر علوفه و ارزش نسبی تغذیه‌ای کاهش یافت؛ درحالی‌که تنش کم‌آبی باعث افزایش میزان الیاف نامحلول شوینده‌های اسیدی و خنثی شد. همچنین بیشترین میزان ماده خشک، خاکستر علوفه و ارزش نسبی تغذیه‌ای تحت مصرف کود نانو بود. شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد نسبت به ۸۰ درصد آب قابل استفاده، سبب افزایش ۲۴، ۱۴ و ۱۸ درصد به‌ترتیب در وزن خشک برگ، ساقه و عملکرد علوفه شد. بیشترین وزن خشک برگ، ساقه و عملکرد علوفه به‌ترتیب با ۱۱۷۳۸، ۱۶۷۶۴ و ۲۷۹۳۸ کیلوگرم در هکتار در کود نانو به دست آمد. به‌طور کلی نتایج نشان داد که کودهای نانو و آلی در مقایسه با سایر منابع کودی در شرایط تنش کم‌آبی از کارایی بیش‌تری در بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی سورگوم علوفه‌ای برخوردار بودند.

استناد: ابریشمی، م.، جلیلیان، ج.، و حیدرزاده، س. (۱۴۰۲). اثر منابع مختلف کودی و کم‌آبیاری بر خصوصیات کیفی علوفه و عملکرد سورگوم علوفه‌ای. *علوم گیاهان زراعی ایران* ۱۴-۱، (۳)۵۴، DOI: 10.22059/ijfcs.2023.353384.654970

ناشر: موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان

۱. مقدمه

سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان علوفه‌ای مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا است که به علت سازگاری با شرایط گرم و خشک و بالابودن کارایی مصرف آب می‌تواند در مناطقی که با کمبود آب مواجه هستند تولید خوبی داشته باشد (Carlson *et al*., 2020). این گیاه با داشتن ویژگی‌هایی همانند روزنه‌های کوچک، قابلیت خودپیچی برگ‌ها، کنترل روزنه‌ها و ... سازگاری بالایی به طیف وسیعی از شرایط اکولوژیکی دارد؛ ولی عملکرد آن مانند سایر گیاهان زراعی تحت تأثیر تنش کم‌آبی قرار می‌گیرد (Umapathi *et al*., 2021).

آب یکی از مهمترین عوامل محیطی است که تأثیر عمده‌ای بر رشد، نمو و همچنین عملکرد گیاهان زراعی دارد. تنش کم‌آبی یکی از مهمترین تنش‌های غیر زنده است که هر ساله خسارت‌های هنگفتی به محصولات زراعی و باغی در جهان و به‌ویژه ایران که به عنوان کشوری خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود وارد می‌کند (Heydarzadeh *et al*., 2022). ازآنجایی‌که برای انجام فتوسنتز و تبادلات گازی بازبودن روزنه‌ها ضروری است، بنابراین در اثر کمبود آب و بسته‌شدن روزنه‌ها تبادلات گازی کاهش یافته، دی‌اکسیدکربن کمتری در دسترس گیاهان قرار می‌گیرد و شدت فتوسنتز کاهش می‌یابد (Kusvuran *et al*., 2021). کاهش فتوسنتز همراه با کاهش رشد و عملکرد تولیدی در گیاهان خواهد بود. گیاهان می‌توانند با فرار از خشکی، اجتناب از پسابیدگی و تحمل پسابیدگی به تنش خشکی عکس‌العمل و سازگاری نشان دهند (Verma *et al*., 2018). به منظور رسیدن به حداکثر عملکرد در شرایط تنش کم‌آبی می‌توان به‌جای آبیاری کامل، برنامه‌ای مناسب برای مصرف بهینه آب به‌کار برد که در این صورت تأثیر خشکی کاهش می‌یابد (Bell *et al*., 2020). روش‌های نوین آبیاری و کم‌آبیاری تدابیری است که می‌تواند پیامدهای ناشی از مشکل کمبود آب و خشکی را کاهش دهد (Kothari *et al*., 2020). کم‌آبیاری یک راهکار هوشمند برای بهینه‌سازی کاربرد آب است که در آن آگاهانه به گیاه اجازه داده می‌شود با دریافت آب کمتر از حد نیاز، عملکرد خود را کاهش دهد و تا حدی تنش آبی را در طی فصل رشد تحمل کند (Kothari *et al*., 2020). خشکی تعادل تغذیه‌ای گیاه را به هم می‌زند لذا با تامین متعادل عناصر غذایی می‌توان رشد گیاه را در شرایط تنش بهبود بخشید (Bell *et al*., 2020).

کاهش حاصلخیزی خاک در بسیاری از کشورهای در حال توسعه و استفاده دائم گیاهان از ذخایر غذایی خاک، بدون جایگزینی مناسب و کافی باعث کاهش توان تولیدی و عناصر غذایی خاک شده است. در این رابطه استفاده از کودهای شیمیایی به‌عنوان سریعترین روش برای جبران کمبود عناصر غذایی خاک ضروری به نظر می‌رسد، ولی هزینه رو به افزایش کودهای شیمیایی، آلودگی خاک و آب ناشی از مواد شیمیایی و کاهش کیفیت تولیدات کشاورزی مشکلات زیادی به وجود آورده است (Heydarzadeh *et al*., 2022). بااین‌حال به یکباره نمی‌توان کودهای شیمیایی را از زیست‌بوم‌ها زراعی حذف کرد، زیرا لازمه پایداری در کشاورزی، اطمینان از درآمد کافی و امنیت غذایی است. از مهمترین مسائل موثر بر پایداری تولید غذا، حفظ حاصلخیزی خاک از طریق کاربرد کودهای آلی و نیز جایگزین‌های غیر شیمیایی به جای نهاده‌های شیمیایی می‌باشد (Abd El-Mageed *et al*., 2018).

کود دامی یکی دیگر از منابع کود آلی است که استفاده از آن در نظام‌های مدیریت پایدار خاک مرسوم می‌باشد. بسیاری از محققان اعتقاد دارند که کودهای دامی با افزایش مواد آلی و هوموس خاک موجب افزایش درصد خلل و فرج و اسفنجی‌شدن خاک و در نهایت کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک می‌شوند. این عوامل نیز به‌نوبهٔ خود موجب رشد و گسترش بیشتر ریشهٔ گیاهان در خاک شده و جذب آب و عناصر غذایی را در گیاه بهبود می‌بخشند (Coulibaly *et al*., 2020).

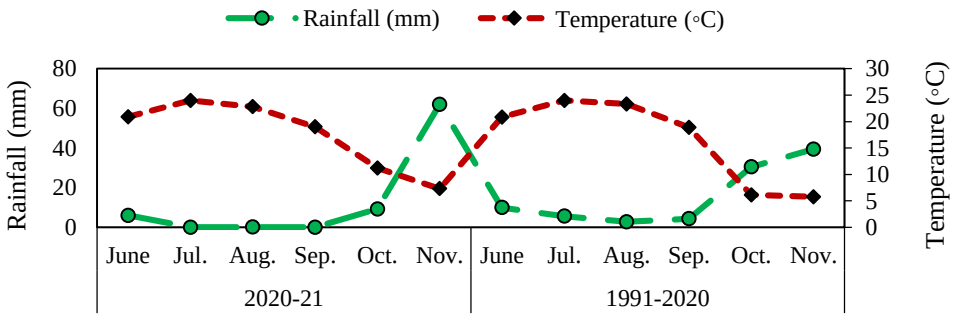
مصرف کودهای زیستی موجب کاهش مصرف کودهای شیمیایی شده و علاوه‌بر تأمین عناصر غذایی به‌صورتی کاملاً متناسب با تغذیه طبیعی گیاهان، کمک به حفظ محیط زیست، حاصلخیزی زمین‌های کشاورزی و عملکرد بیشتر و بهتر گیاهان می‌انجامد (Vijayalakshmi *et al*., 2020). علاوه‌براین باعث افزایش مقاومت گیاهان به شرایط کم‌آبی، بیماری‌ها و آفات شده و باعث رشد بیشتر محصول می‌شوند (Mohammadi *et al*., 2020).

یکی از مهمترین کاربردهای فناوری نانو در کشاورزی استفاده از نانوکودها در تغذیه گیاه است. فناوری نانو با فرموله‌کردن کودهای مرسوم به‌راحتی توانسته مواد مغذی را مطابق با الگوی مصرف محصول کنترل کرده و جهت افزایش عملکرد از مصرف

کود اضافی و آلودگی زیست‌محیطی ممانعت کند (Kazemi *et al*., 2020). دارا بودن ویژگی‌هایی همچون غلظت موثر، قابلیت حل‌پذیری مناسب، ثبات و تاثیرگذاری بالا و رهاسازی تدریجی عناصر غذایی در طول دوره رشدی گیاه باعث افزایش کارآیی کودهای نانو و جذب بهتر آن‌ها توسط گیاهان شده است (Rehab *et al*., 2020). باتوجه‌به اینکه تحقیقات محدودی در زمینه به‌زراعی سورگوم علوفه‌ای انجام شده است و همچنین نظر به اهمیت کشت انبوه آن در کشور، این تحقیق با هدف بررسی تاثیر نوع کود (شیمیایی، زیستی، آلی و نانو) بر خصوصیات کیفی علوفه و عملکرد سورگوم علوفه‌ای در شرایط متفاوت آبیاری طراحی و اجرا شد.

۲. روش‌شناسی پژوهش

این تحقیق به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۵ تیمار و سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۰–۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی مرکز پرورش و اصلاح نژاد گاومیش شمال غرب کشور (جبل) واقع در ۲۴ کیلومتری جاده مهاباد انجام شد. متوسط دما و بارندگی محل انجام آزمایش در در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. میانگین دمای ماهیانه و بارندگی سال زراعی ۱۴۰۰–۱۳۹۹ (زمان کاشت تا برداشت سورگوم) در مقایسه با میانگین دوره‌ای ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۹.

عامل‌های مورد بررسی شامل سطوح مختلف آبیاری در سه سطح (آبیاری پس از تخلیه ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد آب قابل استفاده) به عنوان فاکتور اول و کاربرد منابع مختلف کود در پنج سطح (شیمیایی، زیستی، آلی، نانو و شاهد) به عنوان فاکتور دوم بودند. ثبت و محاسبه میزان رطوبت خاک ابتدا به روش وزنی و با استفاده از آون و سپس بعد از کالیبره‌شدن با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج دستی مدل Lutron PMS-714 (ساخت کشور تایوان)، بر پایه تیمارهای آبیاری صورت گرفت. روش آبیاری به‌صورت جوی و پشته‌ای بود. نحوهٔ اعمال تیمارهای آبیاری به این صورت بود که پس از تخلیه ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد از ۱۰۰ درصد گنجایش زراعی، آبیاری انجام گرفت تا میزان رطوبت تمام کرت‌ها دوباره تا مرز ۱۰۰ درصد گنجایش زراعی برسند. تعداد دفعات آبیاری و مقدار آب مورد استفاده با استفاده از کنتور حجمی، به‌ترتیب در تیمارهای آبیاری بعد از تخلیه ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد آب قابل استفاده، ۱۶ بار آبیاری (۲۲۰ متر مکعب در کل دوره رشد معادل ۷۳۳۳ متر مکعب در هکتار)، ۱۱ بار آبیاری (۱۷۸ متر مکعب در کل دوره رشد معادل ۵۹۳۳ متر مکعب در هکتار) و هشت بار آبیاری (۱۵۰ متر مکعب در کل دوره رشد معادل ۵۰۰۰ متر مکعب در هکتار) بود.

باتوجه‌به نتایج آزمون خاک، خاک مزرعه دارای بافت لوم رسی با pH ۷/۹، شوری ۰/۴۲ دسی‌زیمنس بر سانتی‌متر و ۰/۱ درصد نیتروژن بود، همچنین میزان فسفر و پتاسیم در خاک مزرعه به‌ترتیب ۷/۹ و ۳۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. تیمارهای کود شیمیایی، از طریق بررسی مطالعات پیشین، هدف‌گذاری تولید ۲۵ تا ۳۰ تن در هکتار علوفه سورگوم و با لحاظ‌کردن آنالیز فیزیکوشیمیایی خاک و پس از مشورت با همکاران متخصص علوم خاک با کاربرد کود اوره به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص (معادل ۳۲۶ کیلوگرم اوره در هکتار) در زمان کاشت و سوپرفسفات تریپل به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت اعمال شد. به علت بالابودن مقدار پتاسیم قابل جذب، از کود پتاسیم استفاده نشد. میزان ماده آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم

کود گاوی به‌ترتیب ۲/۵، ۰/۵، ۰/۰۴ و ۰/۰۶ درصد بود. باتوجه‌به اینکه کود گاوی دارای ۰/۵ درصد نیتروژن بود؛ لذا میزان کود دامی مورد نیاز برای تامین ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن، ۳۰ تن برآورد شد که همزمان با عملیات آماده‌سازی زمین به کرت‌های مورد نظر اضافه و کاملاً با خاک مخلوط شد.

بذرهای سورگوم برای واحدهای آزمایشی دارای کود زیستی، یک ساعت قبل از کشت با ازتو بارور (حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس ازتو باکتر[1])، فسفات بارور-۲ از جنس باسیلوس[2] و سودوموناس[3] بر اساس شیوه‌نامه پیشنهادی شرکت فن‌آوری زیستی مهر آسیا تلقیح شدند. برای تیمار کاربرد نانوکودها، از نانوکود NPK (۲۰-۲۰-۲۰) بر پایه توصیه کودی شرکت زیست‌فناور سبز به میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد.

اندازه هر واحد آزمایشی ۴×۳ متر، فاصله بین کرت‌ها نیم متر و فاصله بین بلوک‌ها دو متر بود. باتوجه‌به تاریخ مناسب کاشت در دهه سوم خردادماه، بذرها به‌صورت هیرم‌کاری و در ۵ ردیف به فاصله ۵۰ سانتیمتر و با فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتیمتر و عمق کاشت ۴ سانتیمتر کشت شد. در این آزمایش از سورگوم رقم بیکولر، با قوه نامیه ۹۸ درصد و خلوص ۹۹ درصد استفاده شد. کلیه مراقبت‌های زراعی در مورد تمام تیمارها به صورت یکنواخت انجام گرفت.

کیفیت علوفه شامل درصد پروتئین خام (CP[4])، الیاف نامحلول شوینده‌های اسیدی (ADF[5])، الیاف نامحلول شوینده‌های خنثی (NDF[6])، قابلیت هضم ماده خشک (DMD[7])، کربوهیدرات محلول در آب (WSC[8])، ماده خشک مصرفی (DMI[9]) پس از خشک-کردن نمونه‌ها (کل بوته شامل ساقه، برگ و گل‌آذین) و آسیاب‌کردن آن‌ها، بااستفاده‌از روش طیف‌سنجی مادون قرمز نزدیک (NIR)، Spectroscopy مدل Percon-Inframatic 8620 (ساخت کشور آمریکا) در آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور اندازه‌گیری شد (Jafari *et al*., 2003). همچنین کل مواد مغذی قابل هضم (TDN[10]) و ارزش نسبی تغذیه‌ای (RFV[11]) با استفاده از معادلات زیر محاسبه شد (Horrocks & Vallentine, 1999).

$$TDN = (-1.291 \times \%\,ADF) + 101.35 \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

$$RFV = \%\,DDM \times \%\,DMI \times 0.775 \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

برداشت نهایی سورگوم علوفه‌ای در دهه سوم مهرماه به هنگام خمیری‌شدن دانه‌ها از سه ردیف میانی هر کرت با حذف حاشیه از دو سمت کرت از سطح یک متر مربع انجام شد. وزن خشک برگ و ساقه و عملکرد علوفه اندازه‌گیری و ثبت شد. عملکرد پروتئین نیز از حاصل ضرب عملکرد علوفه در درصد پروتئین به دست آمد. تجزیه و تحلیل داده‌ها، پس از اطمینان از نرمال‌بودن آن‌ها، با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از روش چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

۳. یافته‌های پژوهش و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که درصد پروتئین خام، الیاف نامحلول شوینده‌های اسیدی، مواد مغذی قابل هضم، قابلیت هضم ماده خشک، کربوهیدرات محلول در آب و عملکرد پروتئین علوفه تحت تاثیر اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفتند. درحالی‌که الیاف نامحلول شوینده‌های خنثی، ماده خشک مصرفی، ارزش

1. *Azotobacter*
2. *Bacillus*
3. *Pseudomonas*
4. Crude Protein
5. Acid Detergent Fiber
6. Neutral Detergent Fiber
7. Digestible Dry Matter
8. Water Soluble Carbohydrate
9. Dry Matter Intake
10. Total Digestible Nutrient
11. Relative Feed Value

نسبی تغذیه‌ای، خاکستر علوفه، وزن خشک برگ و ساقه و عملکرد علوفه تحت تاثیر اثرات ساده منابع مختلف مصرف کودی و شرایط متفاوت آبیاری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۱).

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات کیفی علوفه و عملکرد سورگوم علوفه‌ای تحت تاثیر منابع مختلف کودی و شرایط متفاوت آبیاری

Source of variation	df	CP	ADF	NDF	TDN	DMI	WSC	DMD
Block	2	0.02	0.02	0.10	0.04	0.0006	0.003	0.01
Irrigation (Irr)	2	9.73**	9.60**	5.68**	15.97**	0.03**	2.93**	5.85**
Fertilizer (F)	4	8.78**	8.65**	30.33**	14.39**	0.17**	2.13**	5.25**
Irr × F	8	0.66**	0.63**	0.0006^{ns}	1.05**	0.0005^{ns}	0.21**	0.38**
Error	28	0.03	0.04	0.05	0.07	0.0002	0.004	0.02
C.V (%)		2.62	2.65	0.57	0.43	0.57	0.95	0.24

*و ** و ns به‌ترتیب نشانگر اختلاف آماری معنی‌داری در سطوح احتمال پنج، یک درصد و عدم اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشد.

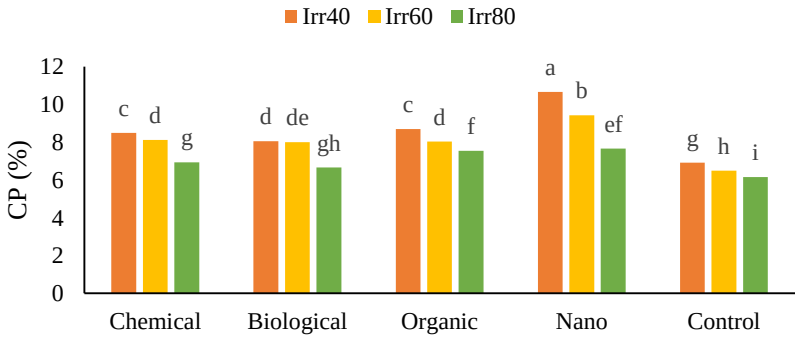
ادامه جدول ۱.

Source of variation	df	Ash	RFV	Leaf dry weight	Stem dry weight	Forage yield	Protein yield
Block	2	0.10	0.00001	1729.80	6607895	3148548.20	18646.29
Irrigation (Irr)	2	5.68**	0.006**	25227672.5**	18163520.6**	99859297.5**	8217415.67**
Fertilizer (F)	4	30.33**	0.006**	252976322.5**	22821237.30**	561102732.9**	9226800.5**
Irr × F	8	0.0006^{ns}	0.0004**	143049.3^{ns}	30957.20^{ns}	30957.2^{ns}	72466.46**
Error	28	0.05	0.00003	1115536.6	921219.7	150364.7	4024.79
C.V (%)		2.72	0.39	11.39	6.72	1.65	3.37

*، ** و ns به‌ترتیب نشانگر اختلاف آماری معنی‌داری در سطوح احتمال پنج، یک درصد و عدم اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشد.

۳-۱. درصد پروتئین خام (CP)

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش فواصل آبیاری، پروتئین خام سورگوم علوفه‌ای به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. بیشترین محتوای پروتئین خام (۱۰/۶۶ درصد) در اثر مصرف کود آلی در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده به دست آمد. بااین‌حال مصرف کود (شیمیایی، زیستی، آلی و نانو) در هر یک از سطوح آبیاری، سبب افزایش محتوای پروتئین خام سورگوم علوفه‌ای نسبت به تیمار شاهد (بدون مصرف کود) شد. درحالی‌که کمترین (۶/۱۵ درصد) میزان آن در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۸۰ درصد آب قابل استفاده و بدون مصرف کود مشاهده شد (شکل ۲).



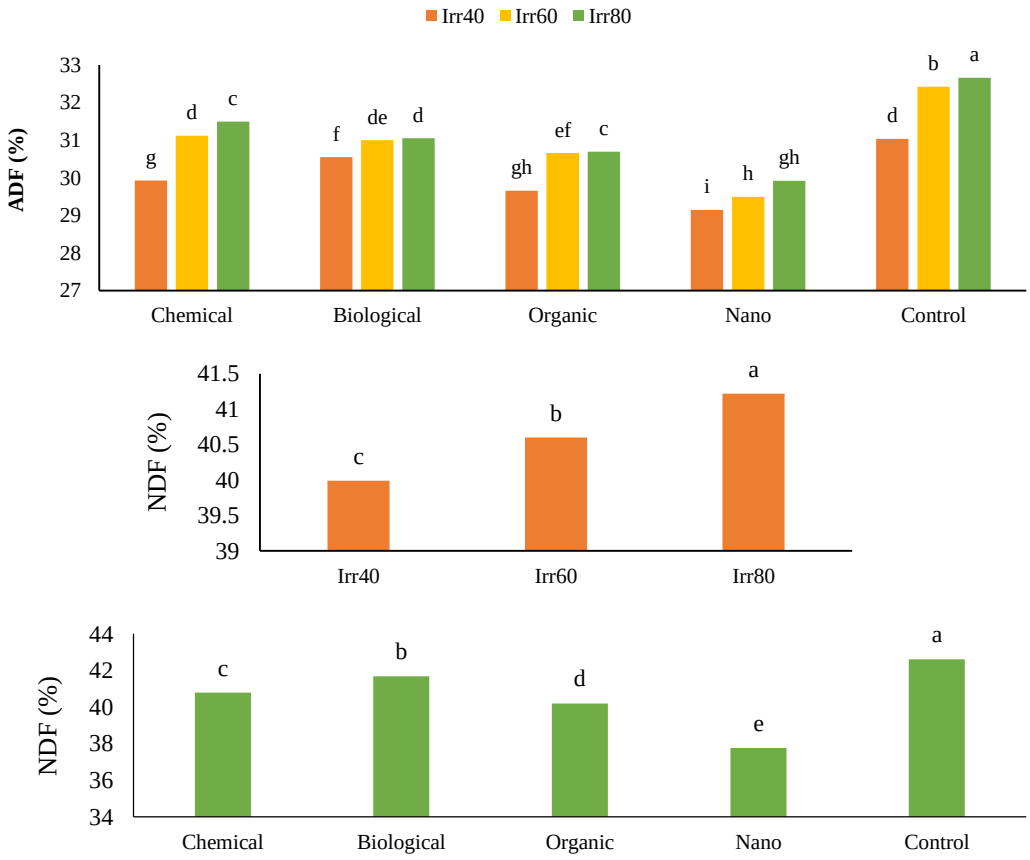
شکل ۲. مقایسه میانگین پروتئین خام سورگوم علوفه‌ای در ترکیب‌های تیماری نوع کود و مدیریت آبیاری. Irr40، Irr60 و Irr80 به‌ترتیب آبیاری بعد از تخلیه ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد آب قابل استفاده است. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد، اختلاف معنی‌داری ندارند.

یکی از مهم‌ترین عوامل اصلی تعیین‌کننده کیفیت علوفه، درصد قابلیت هضم آن است. درصد پروتئین خام موجود در علوفه نیز به‌طور معنی‌داری با هضم‌پذیری ارتباط دارد. به‌طوری‌که مصرف کودهای آلی و نانو در مقایسه با کودهای شیمیایی و

زیستی تحت شرایط کم‌آبیاری با فراهم‌کردن عناصر غذایی، سبب بهبود فتوسنتز و رشد رویشی گیاه، افزایش سطح برگ و میزان پروتئین علوفه گیاه ذرت علوفه‌ای شده و ذخیره کربوهیدرات‌ها افزایش یافته است که این امر باعث افزایش قابلیت هضم‌پذیری علوفه می‌شود (Ghodrati Aversi *et al*., 2019). به نظر می‌رسد شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده، با حفظ رطوبت خاک دوام بافت‌های سبز گیاه را طولانی‌تر کرده است؛ لذا کیفیت فتوسنتزی برگ و انتقال عناصر غذایی با کیفیت مناسبی ادامه می‌یابد (Balazadeh *et al*., 2021) که همین امر سبب افزایش درصد پروتئین علوفه گیاه سورگوم شده است.

۳-۲. الیاف نامحلول شوینده‌های اسیدی (ADF) و خنثی (NDF)

با تاخیر در آبیاری میزان الیاف نامحلول شوینده‌های اسیدی و خنثی سورگوم علوفه‌ای به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین میزان الیاف نامحلول شوینده اسیدی (۳۳/۶۶ درصد) در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۸۰ درصد آب قابل استفاده و بدون مصرف کود به دست آمد، درحالی‌که کمترین میزان آن با ۲۹/۱۵ درصد در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده در اثر مصرف کود نانو به دست آمد. به‌طوری‌که مصرف کود نانو در مقایسه با تیمار شاهد (بدون مصرف کود)، نقش موثری در کاهش میزان الیاف نامحلول شوینده‌های اسیدی در هر سه رژیم آبیاری نشان داد (شکل ۲). همچنین بیشترین میزان الیاف نامحلول شوینده‌های خنثی (۴۱/۲۲ درصد) به‌طور معنی‌داری در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۸۰ درصد آب قابل استفاده مشاهده شد (شکل ۳).



شکل ۳. مقایسه میانگین الیاف نامحلول شوینده اسیدی و خنثی سورگوم علوفه‌ای در ترکیب‌های تیماری نوع کود و مدیریت آبیاری. Irr40، Irr60 و Irr80 به‌ترتیب شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد آب قابل استفاده می‌باشد. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد، اختلاف معنی‌داری ندارند.

تحت تاثیر منابع مختلف کودی، مصرف کود نانو نسبت به کودهای شیمیایی، زیستی و آلی، میزان الیاف نامحلول شوینده خنثی کمتری داشت. بیشترین و کمترین میزان الیاف نامحلول شوینده خنثی به‌ترتیب با ۴۲/۶۱ و ۳۷/۷۶ درصد از تیمار شاهد (بدون مصرف کود) و مصرف کود نانو به دست آمد (شکل ۲). ارزش هضمی وابسته به مقدار مواد آلی و معدنی علوفه و قابلیت

هضم این مواد است، بنابراین هر چه مقدار ماده آلی و قابلیت هضم علوفه بالاتر باشد، ارزش هضمی آن بالاتر خواهد بود (Jahanzad *et al*., 2013). به نظر می‌رسد با افزایش فراهمی عناصر غذایی میکرو و ماکرو تحت مصرف کودهای نانو و آلی، رشد سبزینه‌ای گیاهان بیشتر می‌شود و از فیبر گیاه کاسته شده و در نتیجه کیفیت علوفه تولیدی بیشتر می‌شود (Ghodrati Aversi *et al*., 2019; Kazemi *et al*., 2020). کاهش میزان هضم‌پذیری ماده خشک گیاهان تحت شرایط کم‌آبیاری را می‌توان به افزایش مقدار لیگنین و دیگر کربوهیدرات‌های ساختمانی نسبت داد، ازآنجایی‌که NDF و ADF، میزان قابلیت هضم علوفه را نشان می‌دهند، کیفیت و ارزش غذایی علوفه با این دو شاخص نسبت عکس دارند (Balazadeh *et al*., 2021). می‌توان نتیجه گرفت که باتوجه‌به پایین‌بودن این دو شاخص در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده و مصرف کود نانو و آلی، کیفیت و ارزش غذایی علوفه سورگوم در شرایط آبیاری مطلوب و تحت کاربرد منابع مختلف کودی مذکور بیشتر شده باشد. در واقع NDF و ADF بالا، سبب کاهش تعلیف علوفه به دلیل غیر قابل هضم‌بودن آن می‌شود. کاربرد کودهای آلی، زیستی و شیمیایی در سطوح مختلف آبیاری از طریق فراهمی عناصر غذایی سبب کاهش میزان NDF و ADF علوفه می‌شود که این امر باعث افزایش هضم و خوش خوراکی علوفه می‌شود (Ghodrati Aversi *et al*., 2019).

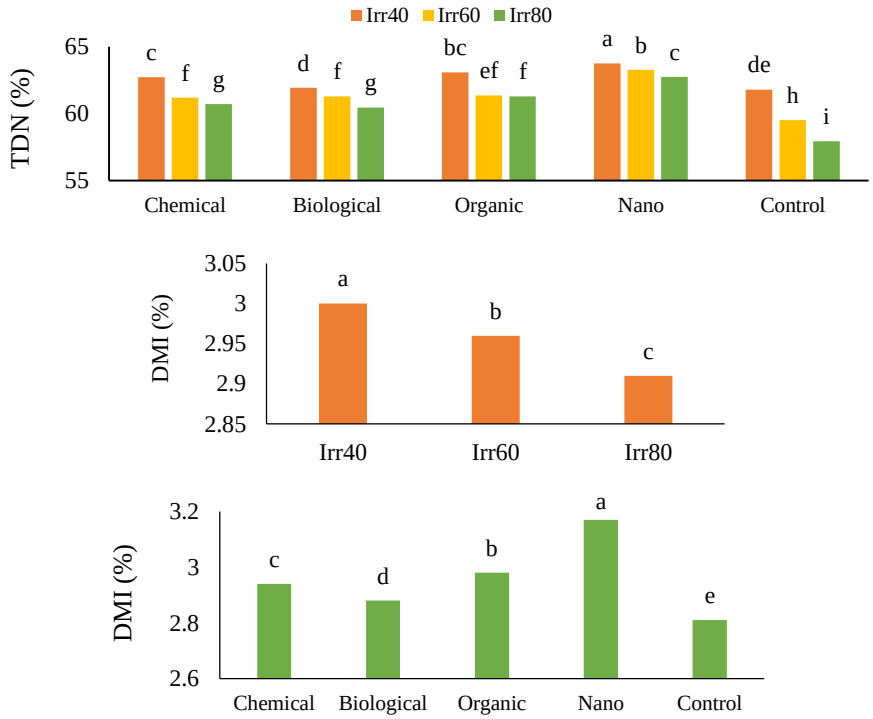
۳-۳. میزان کل مواد مغذی قابل هضم (TDN) و ماده خشک مصرفی (DMI)

طبق نتایج، بیشترین میزان مواد مغذی قابل هضم (۶۳/۷۵ درصد) در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده در اثر مصرف کود نانو مشاهده شد، به‌طوری‌که مصرف کود نانو در مقایسه با تیمار بدون مصرف کود (شاهد)، میزان مواد مغذی قابل هضم را در هر سه شرایط آبیاری افزایش داد، همچنین میزان مواد مغذی قابل هضم در کود نانو نسبت به کودی‌های شیمیایی، زیستی و آلی در هر یک از شرایط متفاوت آبیاری بیشتر بود. کمترین میزان مواد مغذی قابل هضم ۵۷/۹۳ درصد در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۸۰ درصد آب قابل استفاده و بدون مصرف کود مشاهده شد (شکل ۴). با تاخیر در آبیاری، ماده خشک مصرفی سورگوم علوفه‌ای به طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۴). بیشترین و کمترین میزان ماده خشک مصرفی به‌ترتیب (۳/۱۷ و ۲/۸۱ درصد) در اثر مصرف کود نانو و تیمار بدون مصرف کود (شاهد) به دست آمد (شکل ۳). باتوجه‌به اینکه مواد مغذی قابل هضم (TDN) با مواد مغذی موجود در علوفه و با میزان ADF علوفه مرتبط است؛ لذا با افزایش ADF، میزان TDN کاهش می‌یابد که توانایی حیوانات در استفاده از مواد مغذی موجود در علوفه را محدود می‌کند (Nematpour *et al*., 2021). شاخص NDF برای پیش‌بینی DMI استفاده می‌شود و با DMI همبستگی منفی دارد (Horrocks & Vallentine, 1999). همانطور که مشاهده می‌شود، بالاترین میزان DMI علوفه در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده و مصرف کود آلی به دست آمد. بنابراین، به دلیل کاهش میزان NDF، میزان DMI علوفه و به دنبال آن کیفیت علوفه تولیدی بهبود می‌یابد.

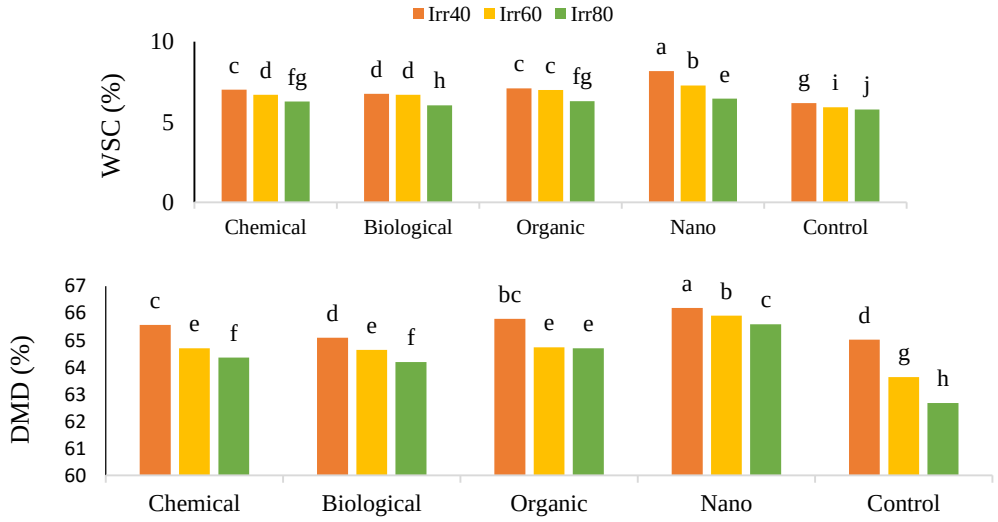
۴-۳. کربوهیدرات محلول در آب (WSC) و قابلیت هضم ماده خشک (DMD)

طبق نتایج به‌دست‌آمده، گیاه سورگوم علوفه‌ای در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده در اثر مصرف کود نانو، به‌ترتیب با ۸/۱۶ و ۶۶/۲۰ درصد بیشترین میزان کربوهیدرات محلول در آب و قابلیت هضم ماده خشک را داشتند. مصرف کود (شیمیایی، زیستی، آلی و نانو) در هر یک از شرایط آبیاری (آبیاری بعد از تخلیه ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد آب قابل استفاده) نقش موثری بر میزان کربوهیدرات محلول در آب و قابلیت هضم ماده خشک نسبت به تیمار بدون مصرف کود (شاهد) داشت. درحالی‌که کمترین میزان آن‌ها به‌ترتیب با میزان ۵/۷۸ و ۶۲/۶۸ درصد در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۸۰ درصد آب قابل استفاده و بدون مصرف کود به دست آمد (شکل ۵). در واقع با تأمین عناصر غذایی و آب مورد نیاز گیاه طی فصل رشد، شرایط مناسب برای رشد و نمو گیاه از طریق حفظ مسیر فتوسنتزی گیاه سبب افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب علوفه سورگوم در تیمار منابع مختلف کودی شده است. به عنوان مثال، با کاربرد منابع مختلف کودی سوبسترای بیشتری برای سنتز قند فراهم می‌شود و مواد فتوسنتزی بیشتری به ساخت کربوهیدرات‌ها اختصاص می‌یابد (Heydarzadeh *et al*., 2022; Balazadeh *et al*., 2021) که می‌تواند افزایش کربوهیدرات‌های محلول در علوفه سورگوم در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده تحت کاربرد منابع مختلف کودی را توجیه کند. به‌طوری‌که ماده خشک قابل هضم اغلب نماینده انرژی قابل هضم بوده و ارتباط مستقیمی با میزان انرژی و دیگر عناصر غذایی قابل دریافت توسط دام دارد (Lithourgidis *et al*., 2006).

علاوه‌براین، قابلیت هضم علوفه مهمترین شاخص برای افزایش وزن دام و تولید شیر است. باتوجه‌به همبستگی منفی DDM با NDF و ADF علوفه (Li *et al*., 2010) و کاهش معنی‌دار NDF و ADF در شرایط آبیـاری بعـد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده و کاربرد منابع مختلف کودی، افزایش DDM قابل توجیه است.



شکل ٤. مقایسه میانگین بر میزان کل مواد مغذی قابل هضم و ماده خشک مصرفی سورگوم علوفه‌ای در ترکیب‌های تیماری نوع کود و مدیریت آبیاری. Irr40، Irr60 و Irr80 به‌ترتیب شرایط آبیـاری بعـد از تخلیه ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد آب قابل استفاده می‌باشد. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد، اختلاف معنی‌داری ندارند.



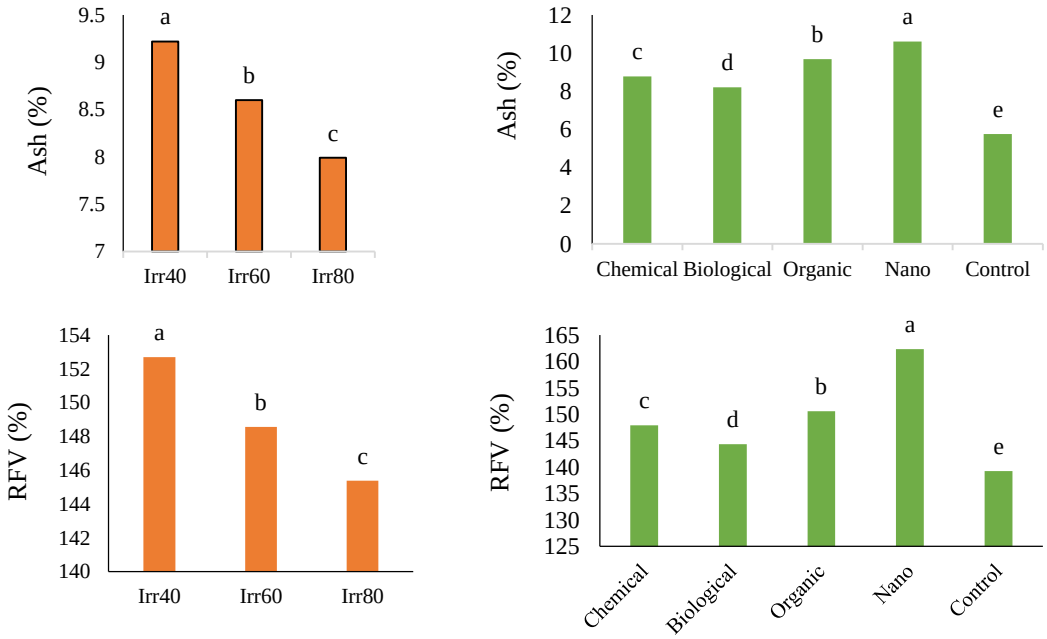
شکل ۵. مقایسه میانگین بر کربوهیدرات محلول در آب و قابلیت هضم ماده خشک سورگوم علوفه‌ای در ترکیب‌های تیماری نوع کود و مدیریت آبیاری. Irr40، Irr60 و Irr80 به‌ترتیب شرایط آبیـاری بعـد از تخلیه ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد آب قابل استفاده می‌باشد. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد، اختلاف معنی‌داری ندارند.

بررسی تاثیر کودهای آلی و نانو بر ذرت علوفه‌ای نشان داده است که مصرف کودهای آلی و نانو، بهبود قابلیت هضم ماده خشک را به دنبال داشته است (Ghodrati Aversi *et al*., 2019)، این مساله به واسطه افزایش پروتئین خام و درصد خاکستر علوفه است. به‌طوری‌که در مرحله رشد رویشی به دلیل دسترسی بهتر گیاه به عناصر غذایی تحت منابع مختلف کودی به فرمی که به آسانی برای گیاه قابل جذب است باعث افزایش ماده خشک قابل هضم علوفه سورگوم شده است.

۵-۳. خاکستر علوفه و ارزش نسبی تغذیه‌ای (RFV)

بر پایه یافته‌های به‌دست‌آمده، میزان خاکستر و ارزش نسبی تغذیه‌ای علوفه سورگوم در شرایط آبیـاری بعـد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده به‌ترتیب به طور معنی‌داری با میزان ۹/۲۲ و ۱۵۲/۶۹ درصد بیشتر بودند (شکل ۶). تحت تیمار منابع مختلف کودی، بیشترین میزان خاکستر (۱۰/۶۱ درصد) و ارزش نسبی تغذیه‌ای (۱۶۲/۳۴ درصد) علوفه از تیمار مصرف کود نانو به دست آمد. درحالی‌که کمترین میزان هر یک از آن‌ها به‌ترتیب با میزان ۵/۷۶ و ۱۳۹/۲۳ درصد از تیمار بدون مصرف کود (شاهد) مشاهده شد (شکل ۶).

مقدار مواد معدنی موجود در بافت‌های گیاهی بیانگر درصد خاکستر است و جذب این مواد توسط ریشه در شرایط کم‌آبیاری کاهش می‌یابد، در نتیجه کاهش درصد خاکستر علوفه در این شرایط بسیار محتمل است. هر چه میزان خاکستر بیشتر باشد گیاه مواد معدنی بیشتری در اختیار دام قرار می‌دهد؛ لذا ارزش غذایی علوفه برای دام بیشتر می‌شود (Jahanzad *et al*., 2013). علت افزایش خاکستر علوفه با کاربرد منابع مختلف کودی این است که جذب عناصر غذایی باعث بهبود رشد قسمت‌های رویشی و ریشه شده و هر چه ریشه گیاه گسترش بیشتری داشته باشد، جذب مواد معدنی نیز بیشتر خواهد شد و گیاه علاوه‌بر تولید مواد آلی، مقدار بیشتری از مواد معدنی را نیز در خود ذخیره می‌کند (Heydarzadeh *et al*., 2022; Balazadeh *et al*., 2021). به این دلیل استفاده از کودهای آلی، نانو، شیمیایی و زیستی در مقایسه با تیمار شاهد اثرات مثبت بر درصد خاکستر علوفه سورگوم داشت. افزایش معنی‌دار میزان خاکستر علوفه سورگوم در اثر استفاده از کودهای آلی و نانو می‌تواند به دلیل آزادشدن تدریجی عناصر غذایی و جذب تدریجی عناصر غذایی توسط گیاه باشد.



شکل ٦. مقایسه میانگین بر خاکستر علوفه و ارزش نسبی تغذیه‌ای سورگوم علوفه‌ای در ترکیب‌های تیماری نوع کود و و مدیریت آبیاری. Irr40، Irr60 و Irr80 به‌ترتیب شرایط آبیـاری بعـد از تخلیه ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد آب قابل استفاده می‌باشد. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد، اختلاف معنی‌داری ندارند.

ارزش خوراک نسبی (RFV) شاخصی است که برای پیش‌بینی میزان مصرف و انرژی علوفه‌ای حاصل از DMD و DMI استفاده می‌شود (Lithourgidis *et al*., 2006). هر چه میزان DMD و DMI علوفه بیشتر باشد ارزش خوراک نسبی (RFV) بیشتر خواهد بود. باتوجه‌به اینکه DMI و DMD به‌ترتیب اثر همبستگی منفی با NDF و ADF علوفه دارند و باتوجه‌به کاهش معنی‌دار این شاخص‌ها در بین منابع مختلف کودی به‌ویژه مصرف کودهای آلی و نانو در شرایط آبیاری مطلوب، افزایش RFV سورگوم قابل انتظار است.

۶-۳. وزن خشک برگ، ساقه و عملکرد علوفه

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار وزن خشک برگ (۱۰۶۱۵/۹۰ کیلوگرم در هکتار)، وزن خشک ساقه (۱۵۳۷۶/۶۰ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد علوفه (۲۵۸۲۳/۳۰ کیلوگرم در هکتار) سورگوم با اختلاف معنی‌داری در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده به دست آمد (شکل ۷). تحت تیمار مصرف کود، بیشترین مقدار وزن خشک برگ (۱۱۷۳۸/۱۰ کیلوگرم در هکتار)، وزن خشک ساقه (۱۶۷۶۴/۲۰ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد علوفه (۲۷۹۳۸/۵۰ کیلوگرم در هکتار) از تیمار مصرف کود نانو به دست آمد. به‌طوری‌که، مصرف کود (شیمیایی، زیستی، آلی و نانو) تاثیر معنی‌داری در افزایش مقدار وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و عملکرد علوفه نسبت به تیمار بدون مصرف کود (شاهد) داشت. اما کمترین میزان آنها به‌ترتیب با ۷۰۰۱/۳۰، ۱۲۱۳۰/۹۰ و۱۹۱۳۲/۲۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط بدون مصرف کود (شاهد) مشاهده شد (شکل ۷). علت افزایش وزن خشک برگ، ساقه و عملکرد علوفه سورگوم با اعمال آبیاری مطلوب را می‌توان به افزایش ارتفاع بوته، تعداد برگ و رشد رویشی گیاه نسبت داد، کاهش میزان علوفه در شرایط کم‌آبیاری به علت کاهش فتوسنتز در اثر بسته‌شدن روزنه‌ها می‌باشد (López-Olivari *et al*., 2021). افزایش تنش کم‌آبی طی دوره رشد موجب کاهش فتوسنتز حقیقی و افزایش تنفس گیاه شده که به‌تنهایی یا همراه یکدیگر قادرند فتوسنتز ظاهری و در نتیجه تجمع ماده خشک در علوفه را کاهش دهند.

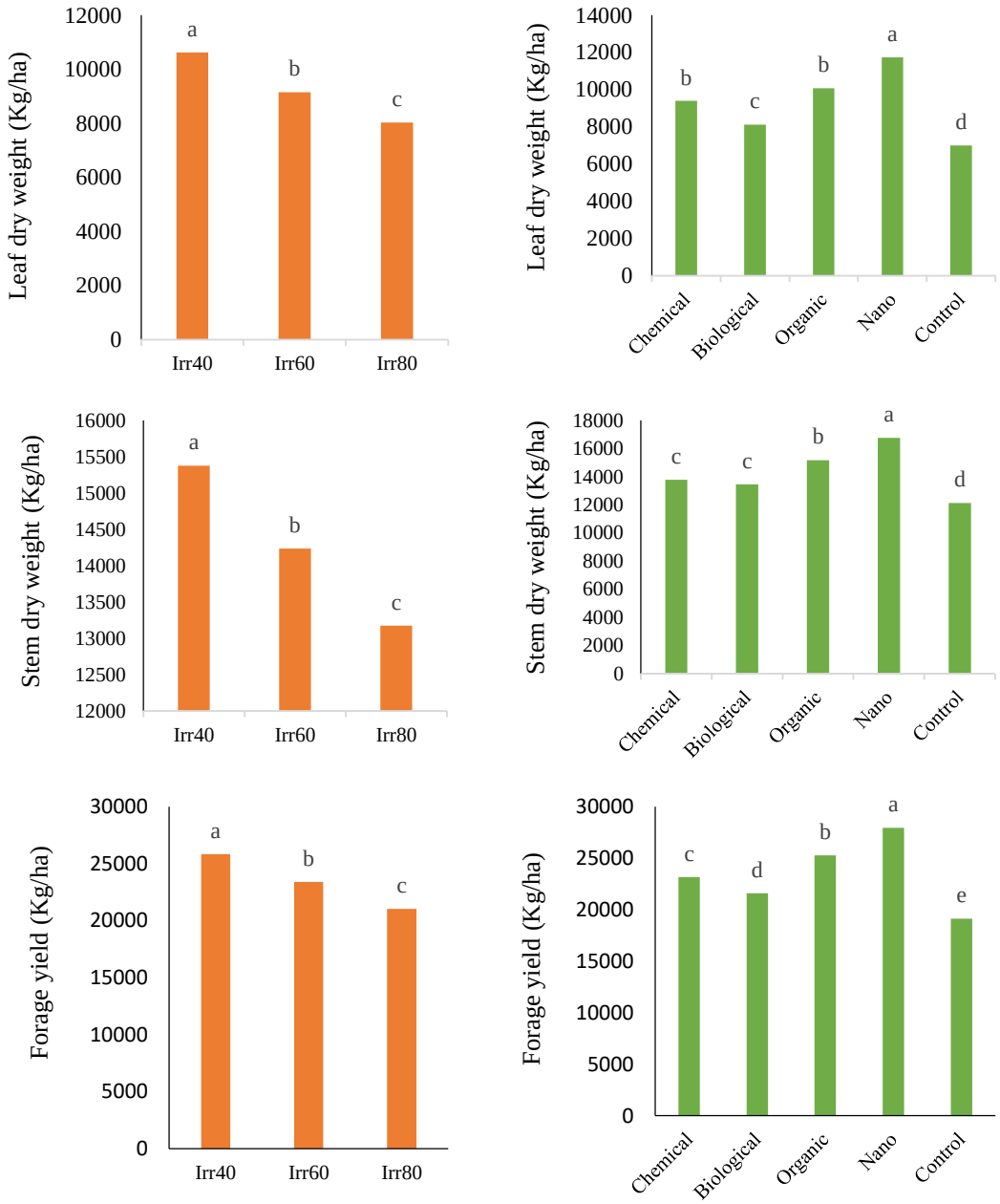
بنابراین کمبود رطوبت از طریق کاهش تولید و افزایش پیری برگ‌ها شاخص سطح برگ را کاهش می‌دهد (Abd El-Mageed *et al*., 2018). افزایش تنش کم‌آبی علاوه بر کاهش شاخص سطح برگ سبب کاهش فشار تورژسانس در سلول‌ها می‌شود که این امر از طریق باقیماندن آب کمتر درون سلول از حجم سلول می‌کاهد که در نهایت، کاهش وزن سلول و کاهش عملکرد علوفه را به دنبال دارد (Umapathi *et al*., 2021). گزارش شده است که کاربرد منابع مختلف کودی سرعت رشد گیاه را افزایش داده و بر تخصیص و انتقال عناصر غذایی بین ریشه و ساقه اثر داشته، به‌طوری‌که با افزایش جذب عناصر غذایی و انتقال آنها، عملکرد علوفه سورگوم افزایش یافت (Coulibaly *et al*., 2020). فراهم‌بودن آب و عناصر غذایی، رشد رویشی مطلوب گیاه را به دنبال داشته و شرط اساسی جهت تولید عملکرد بالا، تولید ماده خشک بیشتر می‌باشد. کاربرد کودهای آلی و نانو از طریق افزایش راندمان مصرف آب، بهبود خواص فیزیکی خاک و بهبود جذب و دسترسی به عناصر غذایی موجب افزایش زیست‌توده سورگوم می‌شود (Kusvuran *et al*., 2021).

۷-۳. عملکرد پروتئین

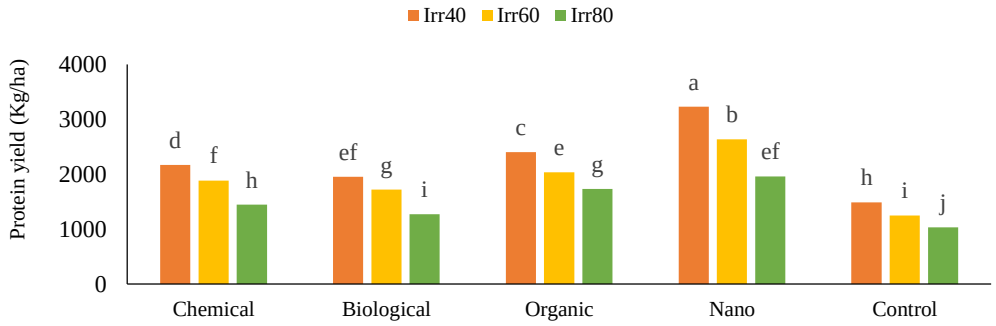
نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با تاخیر در آبیاری مقدار عملکرد علوفه سورگوم به طور معنی‌داری کاهش یافت؛ درحالی‌که مصرف کود نانو در هر یک از سطوح آبیاری در مقایسه با تیمار عدم مصرف کود (شاهد) تاثیر معنی‌داری در افزایش مقدار عملکرد علوفه داشت، به‌طوری‌که بیشترین (۳۲۲۹/۲۹ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۱۰۳۱/۰۶ کیلوگرم در هکتار) مقدار عملکرد علوفه به‌ترتیب از تیمار مصرف کود نانو و تیمار بدون مصرف کود (شاهد) در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ و ۸۰ درصد آب قابل استفاده به دست آمد (شکل ۸). می‌توان اظهار داشت که کاربرد منابع مختلف کودی از طریق تأثیر مثبت روی عملکرد علوفه و میزان پروتئین، موجبات افزایش عملکرد پروتئین شده است. به نظر می‌رسد تأثیر تشدیدکننده‌ای که مصرف کود نانو و آلی روی بیوماس گیاهی و نیز میزان پروتئین، اعمال کرده است می‌تواند به یک اثر تقویت‌کنندگی بر ویژگی عملکرد پروتئین در هر یک از سطوح آبیاری منجر شود.

نشان داده شده است که اعمال آبیاری مطلوب موجب افزایش عملکرد علوفه سورگوم می‌شود (Coulibaly *et al*., 2020). بدیهی است افزایش معنی‌دار عملکرد علوفه به افزایش عملکرد پروتئین نیز منجر خواهد شد (Umapathi *et al*., 2021). باتوجه‌به این

نتـایج مـی‌تـوان استنباط کرد که افزایش ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی و به‌ویژه نیتروژن تحت مصرف کود آلی و نانو در طول دورهٔ رشد گیاه، موجب می‌شود که منابع غذایی به‌طور یکسان برای گیاهان سورگوم در شرایط کم‌آبیاری فراهم شده که موجب بهبود رشد رویشی و افزایش عملکرد علوفه سورگوم شده و نهایتـاً عملکرد پروتئین را افزایش می‌دهد. لذا دلیل این افزایش عملکرد پروتئین علوفه، به دلیل بهبود کیفیت فیزیکی و شیمیایی خاک می‌باشد و گیاه توانسته نیازهای غذایی خود را تامین کند.



شکل ۷. مقایسه میانگین بر وزن خشک برگ، ساقه و عملکرد علوفه سورگوم علوفه‌ای در ترکیب‌های تیماری نوع کود و و مدیریت آبیاری. Irr40، Irr60 و Irr80 به‌ترتیب شرایط آبیـاری بعـد از تخلیه ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد آب قابل استفاده می‌باشد. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد، اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل ۸. مقایسه میانگین بر عملکرد پروتئین سورگوم علوفه‌ای در ترکیب‌های تیماری نوع کود و مدیریت آبیاری. Irr40، Irr60 و Irr80 به‌ترتیب شرایط آبیـاری بعـد از تخلیه ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد آب قابل استفاده می‌باشد. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد، اختلاف معنی‌داری ندارند.

۴. نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که با کاهش ۲۳۳۳ متر مکعبی میزان آب آبیاری در هکتار (تفاوت میزان آب آبیاری در تیمارهای آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ و ۸۰ درصدی آب قابل استفاده)، تنها ۲۲ درصد عملکرد علوفه سورگوم کاهش پیدا کرد. در بین تیمارهای کودی، کاربرد کود نانو در مقایسه با عدم کوددهی و کاربرد کود شیمیایی به‌ترتیب عملکرد علوفه را ۴۶ و ۲۰ درصد افزایش داد. همچنین استفاده از کود نانو در شرایط کم‌آبیاری (آبیاری بعد از تخلیه ۸۰ درصدی آب قابل استفاده) در مقایسه با تیمار کودی شاهد، عملکرد پروتئین سورگوم را ۹۰ درصد افزایش داد. لذا باتوجه‌به اهمیت مدیریت منابع آب و عناصر غذایی در تولید گیاهان زراعی و سورگوم، می‌توان به صورت کلی نتیجه‌گیری کرد که با کاهش قابل توجه میزان آب مصرفی (۲۳۳۳ متر مکعب در هکتار) می‌توان از ۲۲ درصد عملکرد علوفه سورگوم چشم‌پوشی کرد و همچنین کاربرد کود نانو در مقایسه با سایر منابع کودی در زراعت سورگوم علوفه‌ای قابل توصیه می‌باشد.

۵. منابع

Abd El-Mageed, T.A., El-Samnoudi, I.M., Ibrahim, A.E.A.M., & Abd El Tawwab, A.R. (2018). Compost and mulching modulates morphological, physiological responses and water use efficiency in (S*orghum bicolor* L. Moench) under low moisture regime. *Agricultural Water Management*, *208*, 431-439.

Balazadeh, M., Zamanian, M., Golzardi, F., & Torkashvand, A.M. (2021). Effects of limited irrigation on forage yield, nutritive value and water use efficiency of Persian clover (*Trifolium resupinatum*) compared to berseem clover (*Trifolium alexandrinum*). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *52*(16), 1927-1942.

Bell, J.M., Schwartz, R.C., McInnes, K.J., Howell, T.A., & Morgan, C.L. (2020). Effects of irrigation level and timing on profile soil water use by grain sorghum. *Agricultural Water Management*, *232*, p.106030.

Carlson, R., Tugizimana, F., Steenkamp, P.A., Dubery, I.A., Hassen, A.I., & Labuschagne, N. (2020). Rhizobacteria-induced systemic tolerance against drought stress in *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Microbiological Research*, *232*, p.126388.

Coulibaly, P.J.D.A., Sawadogo, J., Ouattara, B., Valéa, W.C., Okae-Anti, D., Legma, J.B., & Compaoré, E. (2020). Performance of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) in sub-saharan Africa using organic and inorganic sources of materials. *International Journal of Agricultural Policy and Research*, *8*(5), 124-136.

Ghodrati Aversi, F., Jalilian, J., & Siavash Moghaddam, S. (2019). The effect of different fertilizer sources on qualitative characteristics of forage maize under water deficit stress conditions. *Cereal Research*, *9*(1), 43-54. (In Persian).

Heydarzadeh, S., Jalilian, J., Pirzad, A., Jamei, R., & Petrussa, E. (2022). Fodder value and physiological aspects of rainfed smooth vetch affected by biofertilizers and supplementary irrigation in an agri-silviculture system. *Agroforestry Systems*, *97*, 1-12.

Horrocks, R.D., & Vallentine, J.F. (1999). *Harvested Forages*. Academic Press, London, UK.

Jafari, A., Connolly, V., Frolich, A., & Walsh, E.J. (2003). A note on estimation of quality parameters in perennial ryegrass by near infrared reflectance spectroscopy. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, *4(2)*, 293-299.

Jahanzad, E., Jorat, M., Moghadam, H., Sadeghpour, A., Chaichi, M.R., & Dashtaki, M. (2013). Response of a new and a commonly grown forage sorghum cultivar to limited irrigation and planting density. *Agricultural Water Management*, *117(1)*, 62-69.

Kazemi, E., Ganjeali, H., Mehraban, A., & Ghasemi, A. (2020). Effect of nano-fertilizers and water stress on yield and yield components of grain sorghum in Sistan region. *Journal of Plant Ecophysiology*, *12*(2), 230-242.

Kothari, K., Ale, S., Bordovsky, J.P., & Munster, C.L. (2020). Assessing the climate change impacts on grain sorghum yield and irrigation water use under full and deficit irrigation strategies. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, *63*(1), 81-94.

Kusvuran, A., Bilgici, M., Kusvuran, S., & Nazli, R.I. (2021). The effect of different organic matters on plant growth regulation and nutritional components under salt stress in sweet sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.]. *Maydica*, *66*(1), 1-9.

Li, H., Li, L., Wegenast, T., Longin, C.F., Xu, X., Melchinger, A.E., & Chen, S. (2010). Effect of N supply on stalk quality in maize hybrids. *Field Crops Reserch*, *118(1)*, 208–214.

Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dhima, K.V., Dordas, C.A., & Yiakoulaki, M.D. (2006). Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crops Research*, *99(1)*, 106–113.

López-Olivari, R., & Ortega-Klose, F. (2021). Response of red clover to deficit irrigation: dry matter yield, populations, and irrigation water use efficiency in southern Chile. *Irrigation Science*, *39*(2), 173-189.

Mohammadi, H., Heidari, G., & Sohrabi, Y. (2020). The effects of biological and chemical nitrogen fertilizers and iron micronutrient on forge quality and yield of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Plant Productions (Agronomy, Breeding and Horticulture)*, *43*(2), 185-198.

Nematpour, A., Eshghizadeh, H.R., & Zahedi, M. (2021). Comparing the corn, millet and sorghum as silage crops under different irrigation regime and nitrogen fertilizer levels. *International Journal of Plant Production*, *15*(3), 351-361.

Rehab, I.F., Kordy, A.M., & Salim, B. (2020). Assessment of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) productivity under different weed control methods, mineral and nano fertilization. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, Botany*, *11*(1), 1-11.

Umapathi, M., Chandrasekhar, C.N., Senthil, A., Kalaiselvi, T., Santhi, R., & Ravikesavan, R. (2021). Effect of bacterial endophytes inoculation on morphological and physiological traits of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) under drought. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *10*(2), 1021-1028.

Verma, R., Kumar, R., & Nath, A. (2018). Drought resistance mechanism and adaptation to water stress in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, *9*(1), 167-172.

Vijayalakshmi, V., Pradeep, S., Manjunatha, H., Krishna, V., & Jyothi, V. (2020). The impact of nitrogen fixers and phosphate solubilizing microbes on sorghum (*Sorghum bicolor*) yield. *Current Biotechnology*, *9*(3), 198-208.