Plant Production Technology/ Volume 23/ Issu 1/ Pages 133-146/ Spring and Summer 2023
https://doi.org/10.22084/ppt.2023.28320.2199

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Forage Yield and Quality Characteristics Evaluationof Two Rapeseed Genotypes (*Brassica napus*) to Different Irrigation Interruption Levels and Plant Density

Aboodeh[1], H., Bakhshandeh[2], A., Moradi Telavat[3*], M. R., Siadat[4], A., Moosavi[5], S. A. and Alamisaeid[6], Kh.

1, 2, 4 and 5. PhD Student, Professors and Assistant Professor, Respectively, Department of of Plant Genetics and Production, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mulathani, Iran
3 and 6. Associate Professor and Assistant Professor, Respectively, Department of Plant Breeding, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mulathani, Iran
*: Corresponding author Email: moraditelavat@yahoo.com

This paper has been extracted from the first author's PhD thesis under the supervision of Mohammad Reza Moradi Telavat.

Received: 2023/06/19 Accepted: 2023/09/21

Abstract

This research was done in the form of random complete block statistical design using split-factorial method with three replications in Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan in the year 2022-2023. Three controltreatment, interruption of irrigation at the beginning of flowering until 50% of podding and interruption of irrigation at the podding stage until harvest were compared in the main plots.Two genotypes of Hyola 4815 and Aram and three densities of 80, 110 and 140 plants.m^{-2} were investigated in sub-plots. The results showed that the interaction of irrigation*genotype*density on the number of ranches, insoluble content in acidic detergent, ash, digestible dry matter, lactation specific energy and metabolizable energy was significant. The highest and lowest content of insoluble fibers was obtained from the control treatment, density of 140 plants and Hyola4815 genotype, and interruption of irrigation, density of 80 plants per square meter and Aram genotype, which showed a significant difference with other treatments. gave In general, the highest dry forage yield was obtained in the full irrigation treatment (3722 kg.ha^{-1}), which showed a significant difference with the other levels of irrigation. Also, the Aram genotype showed a significant superiority with fodder yield equal to 3482 kg.ha^{-1} compared to Hyola 4815 genotype. The highest and lowest yield of dry fodder (respectively 3471 and 3226 kg.ha^{-1}) was related to the density of 140 and 80 plants, respectively, which had significant differences with each other, but did not show significant difference with the density level of 110 plants.m^{-2}. Based on this, in addition to the Aram genotype as the superior genotype, the plant density of 110 plants per square meter can be considered as the superior density in this experiment, which, in addition to the higher forage quality, also has a lower seed consumption cost compared to the density of 140 plants per square meter.

Keywords: Cinder, Crude fiber, Digestible dry matter, PCA analysis

Introduction

Irrigation is one of the most important factors affecting the quality and quantity of fodder plants. Also, the digestibility of fodder depends on the chemical composition of fodder. Plant density is a factor that affects the distribution of plant dry matter. In the study of Nasirpour and Zakirnejad (2018), the effect of four densities of 20, 30, 40 and 50 plants per square meter on the yield of pearl millet fodder was investigated and the results showed that the highest yield of millet fodder was obtained at a density of 50 plants per square meter and the lowest at a density of 20 The plant was obtained in square meters. Also, the research findings of Eskandari et al. (2017) increased the yield of dry fodder and the amount of hemicellulose-free cell wall with the increase in corn plant density, and then the forage quality was estimated to be higher. The presence of water-rich and profitable plants such as corn, whose cultivation has been developed regardless of water resource limitations in all provinces, is one of the reasons for the lack of attention to plants such as canola, which can be used as grazing, storage and silage for livestock. On the other hand, the scientific investigation of the fodder aspects of rapeseed has remained far away, and in Khuzestan province, livestock are facing a shortage of fodder in the winter season. Rapeseed cultivation can be one of the basic solutions to provide the fodder needed by livestock in this season.

Materials and Methods

The research was carried out with the aim of investigating the qualitative characteristics and performance of canola genotypes under the treatment of irrigation interruption and plant density in the agricultural year 2022-2023 at Khuzestan University of Agricultural Sciences and Natural Resources in the form of a split factorial design in the form of a randomized complete block design with three replications. The main factors include (1. control without interruption of irrigation, 2. interruption of irrigation at the beginning of flowering (phenology code 60) to 50% of fruiting (phenology code 75) and interruption of irrigation in the phase of fruiting until harvest (phenology code 71-99)), canola

genotypes (Hyola 4815 and Aram) and plant density (80, 110 and 140 plants per square meter) were considered as secondary factors.

Results and Discussion

The results of the analysis of variance showed that the interaction between the treatments of irrigation interruption, and genotype in plant density on the traits of the number of branches, insoluble content in acidic detergent, ash content, total digestible nutrients, digestible dry matter, lactation specific energy and metabolizable energy was significant. The highest amount of total digestible nutrients, amount of metabolizable energy, digestible dry matter and milking specific energy were assigned to Aram genotype and the density of 80 plants per square meter and the treatment of irrigation interruption from seeding to harvest. The highest and lowest content of insoluble fibers in acidic detergent was obtained from the control treatment combination (optimal irrigation), density of 140 plants per square meter and Hyola 4815 genotype, and interruption of irrigation in the third stage, density of 80 plants per square meter and Aram genotype.

Conclusion

The results of this experiment showed that between the experimental treatments in terms of performance of fresh fodder, dry fodder and quantitative and qualitative indicators including morphological traits, insoluble fibers in neutral and acidic detergent, total digestible nutrient, dry matter consumption, specific energy of lactation, there was a significant difference in metabolic energy and relative nutritional energy. The highest yield of dry fodder was observed from the treatment with the density of 140 plants per square meter and the Aram genotype, and the lowest amount was from the Hyola 4815 genotype and the density of 140 plants per square meter. Also, the highest total digestible nutrient, amount of metabolizable energy, digestible dry matter and lactation specific energy were observed according to the Aram genotype and the density of 80 plants per square meter and the conditions of stress from tillering to harvest.

Citations: Aboodeh, H., Bakhshandeh, A., Moradi Telavat, M. R., Siadat, A., Moosavi, S. A. & Alamisaeid, Kh. (2023). Forage Yield and Quality Characteristics Evaluationof Two Rapeseed Genotypes (*Brassica napus*) to Different Irrigation Interruption Levels and Plant Density. *Plant Production Technology*, *23*(1), 133-146. https://doi.org/10.22084/ppt.2023.28320.2199

© 2022 The Author(s). Bu- Ali Sina University Publication. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Online ISSN: 2476-5651 **Print ISSN:** 2476-6321

فنآوری تولیدات گیاهی/ جلد بیست و سوم/ شمارهٔ اول/ صفحات ۱۳۳- ۱۴۶/ بهار و تابستان ۱۴۰۲
https://doi.org/10.22084/ppt.2023.28320.2199

ارزیابی واکنش عملکرد و ویژگی‌های کیفی علوفه دو ژنوتیپ کانولا (*Brassica napus*) به تیمارهای قطع آبیاری و تراکم بوته

Forage Yield and Quality Characteristics Evaluation of two Rapeseed Genotypes (*Brassica napus*) to Different IrrigationInterruption Levels and Plant Density

هنا عبوده[۱]، عبدالمهدی بخشنده[۲]، محمدرضا مرادی تلاوت[۳*]، سیدعطاالله سیادت[۴]، سیدامیر موسوی[۵] و خلیل عالمی سعید[۶]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۳۰
(مقاله پژوهشی)

چکیده

این پژوهش در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی به روش اسپلیت فاکتوریل با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اجرا شد. سه تیمار آبیاری کامل، قطع آبیاری در مرحله‌ی شروع گل‌دهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی و قطع آبیاری در مرحله‌ی خورجین‌دهی تا برداشت در کرت‌های اصلی و فاکتوریل دو ژنوتیپ هایولا۴۸۱۵ و آرام و سه تراکم ۸۰، ۱۱۰ و ۱۴۰ بوته در مترمربع در کرت‌های فرعی مقایسه شدند. نتایج نشان داد برهم‌کنش قطع آبیاری و ژنوتیپ در تراکم بوته بر تعداد شاخه فرعی، محتوی نامحلول در شوینده اسیدی، خاکستر، ماده خشک قابل‌هضم، انرژی ویژه شیردهی و میزان انرژی قابل متابولیسم معنی‌دار شد. بیش‌ترین ماده کل قابل‌هضم، انرژی متابولیسمی و ماده خشک قابل‌هضم شیردهی به ژنوتیپ آرام و تراکم ۸۰ بوته در مترمربع و تیمار قطع آبیاری از خورجین‌دهی تا برداشت اختصاص داشت. بیش‌ترین و کم‌ترین محتوی الیاف نامحلول در شوینده اسیدی به‌ترتیب از ترکیب تیماری شاهد (آبیاری مطلوب)، تراکم ۱۴۰ بوته در مترمربع و ژنوتیپ هایولا۴۸۱۵ و قطع آبیاری مرحله سوم تراکم ۸۰ بوته در مترمربع و ژنوتیپ آرام حاصل شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار نشان داد. به‌طورکلی بیش‌ترین عملکرد علوفه خشک در تیمار آبیاری کامل (۳۷۲۲ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد که از لحاظ آماری با دو سطح دیگر آبیاری اختلف معنی‌دار داشت، هم‌چنین ژنوتیپ آرام با عملکرد علوفه خشک معادل ۳۴۸۲ کیلوگرم در هکتار برتری معنی‌دار در مقایسه با ژنوتیپ هایولا۴۸۱۵ نشان داد. بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد علوفه خشک (به‌ترتیب ۳۴۷۱ و ۳۲۲۶ کیلوگرم در هکتار) نیز به‌ترتیب مربوط به تراکم ۱۴۰ و ۸۰ بوته در مترمربع بود که با همدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند ولی با سطح تراکم ۱۱۰ بوته در مترمربع اختلاف معنی‌دار نشان ندادند. بر این اساس علاوه‌بر ژنوتیپ آرام به‌عنوان ژنوتیپ برتر، می‌توان تراکم بوته ۱۱۰ بوته در مترمربع را به‌عنوان تراکم برتر در این آزمایش دانست که علاوه‌بر کیفیت علوفه بالاتر، هزینه مصرف بذر کم‌تری نیز در مقایسه با تراکم ۱۴۰ بوته در مترمربع دارد.

واژه‌های کلیدی: الیاف خام، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، ماده خشک قابل‌هضم، خاکستر، کانولا

ارجاع به مقاله: عبوده، ه.، عبدالمهدی بخشنده، ع.، مرادی تلاوت، م. ر.، سیادت، س. ع.، موسوی، س. ا. و عالمی سعید، خ. (۱۴۰۲). ارزیابی واکنش عملکرد و ویژگی‌های کیفی علوفه دو ژنوتیپ کانولا (*Brassica napus*) به تیمارهای قطع آبیاری و تراکم بوته، *مجله فنآوری تولیدات گیاهی*، ۲۳(۱)، ۱۳۳-۱۴۶.
https://doi.org/10.22084/ppt.2023.28320.2199

حق نشر متعلق به نویسنده (گان) است و نویسنده تحت مجوز Commons Creative License Attribution (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) به مجله اجازه می‌دهد مقاله‌ی چاپ شده را در سامانه به اشتراک بگذارد، منوط بر اینکه حقوق مؤلف اثر حفظ و به انتشار اولیه مقاله در این مجله اشاره شود.

شاپا الکترونیکی: ۲۴۷۶-۵۶۵۱ **شاپا چاپی:** ۲۴۷۶-۶۳۲۱

۱، ۲، ۴ و ۵. به‌ترتیب دانشجوی دکتری، استادان و استادیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
۳ و ۶. به‌ترتیب دانشیار و استادیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
*: نویسنده مسئول Email: moraditelavat@asnrukh.ac.ir

مقاله مستخرج از رساله دکتری نویسنده اول به راهنمای آقای محمدرضا مرادی تلاوت میباشد.

مقدمه

تولید و مدیریت گیاهان علوفه‌ای در ایران در مقایسه با سایر گیاهان زراعی چندان موردتوجه نبوده و به علت عدم توجه به افزایش کمی و کیفی گیاهان علوفه‌ای، کشور همواره با کمبود مواد پروتئینی روبه‌رو بوده است. بنابراین اهمیت کشت محصولات علوفه‌ای با شیوه علمی ضروری است و در این راستا باید گیاهانی بررسی گردد که علاوه‌بر عملکرد مطلوب، دارای کیفیت مطلوب باشند (چن[1] و همکاران، 2019؛ فومن و خزائی، ۱۳۹۳).

آبیاری یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کیفیت و کمیت گیاهان علوفه‌ای است. این بخش از مدیریت مزرعه در تولید محصولات علوفه‌ای آثار قابل‌توجهی دارد. باتوجه به محدودیت منابع آب ممکن است که در برخی مراحل رشد آب کافی جهت تولید محصول در دسترس نباشد و یا این‌که جهت آبیاری سایر محصولات، مزارع در مراحل انتهایی رشد آب کافی دریافت نمی‌کنند و هم‌چنین این مراحل هم‌زمان با قطع بارندگی‌ها در منطقه باشد. در استان خوزستان توزیع بارندگی به نحوی است که از ماه اسفند به بعد در اغلب سال‌ها بارندگی قابل‌توجهی روی می‌دهد که این موضوع می‌تواند بر عملکرد و کیفیت محصولات آثار منفی برجای بگذارد. علاوه‌بر عملکرد، ویژگی‌های کیفی علوفه نیز تحت تأثیر میزان آبیاری قرار می‌گیرد. این ویژگی‌ها ازجمله قابلیت هضم علوفه به ترکیبات شیمیایی علوفه بستگی دارد. متغیرهای کاهنده کیفیت علوفه ازجمله الیاف خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) بر هضم‌پذیری علوفه تأثیر دارند (*ارزانی*، ۱۳۹۳). شاخص‌های ADF و NDF جهت بیان میزان دیواره سلولی گیاه و کیفیت و خوش‌خوراکی علوفه می‌باشد. محتوای الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (NDF) نشان‌دهنده سهم دیواره سلولی در علوفه بوده که شامل سلولز و لیگنین است و با افزایش مقدار آن از قابلیت هضم علوفه کاسته می‌شود (*آلبایراک*[2] و همکاران، 2011). NDF نیز زمانی که افزایش می‌یابد، مصرف ماده خشک به‌دلیل افزایش سیرکنندگی علوفه کاهش یابد. بنابراین درصد پایین (NDF) مطلوب است (*بینگول*[3] و همکاران، 2007). باتوجه به روغنی بودن گیاه کلزا به‌عنوان هدف اولیه از کشت این محصول، تا کنون پیشینه پژوهشی که اثر سطوح آبیاری را بر روی عملکرد و کیفیت علوفه کانولا بررسی کرده باشد مشاهده نگردید. با این حال در خصوص سایر گیاهان علوفه‌ای ازجمله مطالعه *جوانمرد* و همکاران (۱۳۹۸) در انواع ماشک افزایش مقادیر الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی در اثر کمبود رطوبت افزایش یافت که سبب کاهش نسبت برگ به ساقه و نیز لیگنینی شدن ساقه‌ها جهت حفظ ساختار فیزیولوژیک دانسته است. درصورتی‌که در مطالعه *عبید*[4] وهمکاران (2016) اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر یونجه گزارش شد که درصد فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و فیبر نامحلول در شوینده خنثی تحت تنش خشکی شدید به‌صورت کاهشی بود. در گزارش *حسینی* و همکاران (۱۴۰۰) بیش‌ترین خاکستر علوفه در شرایط تنش مشاهده گردید درحالی‌که کم‌ترین میزان خاکستر از تیمار بدون تنش به‌دست آمد. یافته‌های تحقیقاتی *بختیاری* و همکاران (2020) بر کیفیت علوفه‌ای ارزن مرواریدی، ذرت و سورگوم با کاهش حجم آب آبیاری، مقدار (ADF) و (NDF) کاهش یافت. که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. در گزارش *جوانمرد* و همکاران (۱۳۹۸) پایین بودن مقادیر (ADF) و (NDF) در توده‌های ماشک بیانگر مقاومت بالای ارقام تحت شرایط کم‌آبی دانسته‌اند و در نهایت با کاهش میزان غلظت مواد لیگنینی و سلولزی در ساقه، به کاهش (ADF) و (NDF) شده است.

یافته‌های تحقیقاتی *زبرجدی* و *قبادی* (۱۳۸۸) نشان داد که تراکم کاشت بهینه اثر قابل‌توجهی بر میزان عملکرد علوفه و دانه کلزا داشت. در مطالعات *خمدی* و همکاران (۱۳۹۳) در شرایط اهواز بیش‌ترین عملکرد ماده‌ی خشک ارقام کلزا علوفه‌ای ۱۰/۷۶ تن در هکتار به‌دست آمد. برخی محققین دیگر عملکرد علوفه‌ای ارقام گونه‌های براسیکا را ۴-۸ تن در هکتار تخمین زده‌اند (*آلبرایک* و *کاماس*، 2006). در تراکم‌ها پایین، فضای لازم برای رشد گیاهان بیش‌تر از تراکم بالاتر می‌باشد، گیاهانی مانند کلزا که توانایی تولید شاخه‌های فرعی بیش‌تری دارند از فضا استفاده نموده و تعداد شاخه‌های جانبی را افزایش دهند و از این طریق می‌توانند عملکرد را در تراکم پایین جبران کنند، هم‌چنین در تراکم‌های بالاتر از حد مطلوب به دلیل رقابت نوی بین بوته‌ها گیاه قادر به تولید شاخه‌های فرعی بیش‌تر نیست بنابراین کاهش تراکم بوته منجر به افزایش تعداد شاخه فرعی می‌شود که این امر جبران‌کننده کاهش تعداد بوته‌ها می‌باشد، و از طرف دیگر تراکم بالاتر به دلیل افزایش رقابت و کاهش منابع محیطی موردنیاز سبب کاهش یا ثبات عملکرد ماده خشک در هر بوته می‌گردد. با این حال به‌دلیل افزایش تعداد بوته در واحد سطح مزرعه، عملکرد کل علوفه خشک در واحد سطح مزرعه به‌طور معنی‌دار افزایش می‌یابد (*سیادت* و *مرادی تلاوت*، ۱۳۹۱؛ *ومالهی* و *گیل*، 2004). در مطالعات فوق‌الذکر افزایش تراکم بوته با وجود افزایش نسبی

1. Chen
2. Albayrak
3. Bingol
4. Abid

عملکرد علوفه، سبب کاهش کیفیت علوفه از طریق افزایش سلولز و همی‌سلولز در این محصول گردید.

بررسی علمی جنبه‌های علوفه‌ای کانولا تا حد قابل‌توجهی از نظر دور مانده است. در استان خوزستان دام‌ها در فصل زمستان و بهار با کمبود علوفه روبه‌رو هستند، کشت علوفه‌ای کلزا و نظایر آن در پاییز و برداشت در اواخر زمستان تا اواسط بهار می‌تواند یکی از راه‌حل‌های اساسی تأمین علوفه موردنیاز دام در این فصل باشد. مطالعات انجام‌شده نشان‌دهنده اثر معنی‌دار سطوح آبیاری و تراکم بر عملکرد و کیفیت محصولات علوفه‌ای است. با توجه به انجام مطالعات اندکی که بر روی گیاه کانولای علوفه‌ای انجام شده است، مطالعه حاضر طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه و با ۲۲ متر ارتفاع از سطح دریا اجرا شد. متوسط بارندگی سالانه منطقه ۱۶۲ میلی‌لیتر در سال و میانگین حداکثر و حداقل درجه حرارت ۳۶ و ۹/۵ درجه سانتی‌گراد است. عوامل اقلیمی سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ ارائه شده است که نشان‌دهنده عدم بارندگی‌های موثر در ماه‌های اسفند و فروردین مصادف با آغاز تیمارهای آبیاری است (جدول ۱).

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تا عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۲).

جدول ۱: آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقاتی اهواز طی مدت اجرای آزمایش

Table 1: Meteorological statistics of Ahvaz research station during the experiment

پارامترها Parameters	آبان Novamber	آذر December	دی January	بهمن February	اسفند March	فروردین April
دمای حداکثر (سانتی‌گراد) Maximum temperature (°C)	31.4	26.17	20.01	18.63	27.53	30.15
دمای حداقل (سانتی‌گراد) Minimum temperature (°C)	3.27	13.83	10.83	8.43	13.50	15.70
میزان بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)	41.7	51.8	36.91	10.04	15.52	10.32

جدول ۲: نتایج آنالیز خاک محل اجرای آزمایش

Table 2: Soil analysis of experimental silt

بافت خاک Texture	اسیدیته pH	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (ds/m)	عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر) SD (cm)
		میلی‌گرم در کیلوگرم mg/kg				
سیلتی- رسی Silty-Clay	7.4	214	9.38	0.02	3.7	0-30

آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در کرت‌های اصلی سطوح آبیاری (۱. شاهد بدون قطع آبیاری، ۲. قطع آبیاری بر اساس کدبندی مراحل فنولوژی (*زواره و امام*، ۱۳۷۹) در مرحله‌ی شروع گل‌دهی (کد فنولوژی ۶۰) تا تشکیل ۵۰ درصد خورجین‌دهی (کد فنولوژی ۷۵) و قطع آبیاری در مرحله‌ی خورجین‌دهی تا برداشت (کد فنولوژی ۹۹)) بررسی شدند. ژنوتیپ‌های کانولا شامل ژنوتیپ هایولا۴۸۱۵ با خصوصیات (منشاء استرالیا، تیپ رشدی بهاره، طول دوره رویشی زودرس، ارتفاع بوته با میانگین ۱۱۵ سانتی‌متر، درصد روغن ۴۵، میانگین عملکرد دانه ۱۷۰۰ کیلوگرم در هکتار و میانگین عملکرد روغن دانه به میزان ۹۶۸ کیلوگرم در هکتار) و آرام با مشخصات (منشاء ایران، تیپ رشدی متوسط رس، طول دوره رویشی متوسط رس، ارتفاع بوته با میانگین ۱۴۴ سانتی‌متر، میزان درصد روغن ۴۰، میانگین عملکرد دانه ۱۴۰۰ کیلوگرم در هکتار و میانگین عملکرد روغن دانه ۵۹۰ کیلوگرم در هکتار)، به‌صورت فاکتوریل همراه با سطوح تراکم بوته (۸۰، ۱۱۰ و ۱۴۰ بوته در مترمربع) در کرت‌های فرعی مقایسه شدند. به‌منظور جلوگیری از تداخل تیمارها، فاصله بین کرت اصلی یک و نیم متر در نظر گرفته شد.با توجه به کشت دستی بذور در خطور کاشت هر کرت، جهت تنظیم تراکم بوته طبق سطوح تیماری، در مرحله ۴ برگی اقدام به تنک‌کردن بوته‌ها بر روی خطوط کاشت شد. بر این اساس فاصله بوته‌ها بر روی هر خط به‌ترتیب برای تراکم‌های ۸۰، ۱۱۰ و ۱۴۰ بوته در مترمربع حدود ۷، ۵ و ۳ سانتی‌متر تعیین شد.جهت تنظیم تراکم بذر کانولا ژنوتیپ هایولا۴۸۱۵ از مرکز تحقیقات کشاورزی

صفی‌آباد دزفول و آرام از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج و تهیه شدند.

بر اساس میزان نیتروژن موجود در خاک (جدول ۱) و نیاز غذایی کلزا، مقدار نیتروژن خالص موردنیاز طی فصل رشد معادل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. کود نیتروژن از منبع اوره در دو قسمت مساوی (در هنگام ۶-۵ برگی و اوایل مرحله‌ی غنچه‌دهی) مصرف شد.

هم‌زمان با برداشت علوفه، ارتفاع انتهایی بوته از یقه تا انتهای گل برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. تعداد شاخه فرعی نیز شمارش و به‌عنوان ویژگی موردنظر ثبت گردید. نمونه‌های علوفه در مرحله خورجین‌دهی (کد فنولوژی ۷۹) (*زواره* و *امام*، ۱۳۷۹) برداشت شد (*قانع* و همکاران، ۱۳۸۳). نمونه‌های برداشت شده پس از توزین به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. سپس نمونه‌های خشک شده توزین و پس از پودر شدن جهت انجام آنالیزهای شیمیایی مورد استفاده قرار گرفتند. محتوی فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) و فیبر نامحلول در شوینده خنثی (NDF) نیز با روش *ون سوست*[1] و همکاران (1991) تعیین شدند. جهت محاسبه سایر صفات کیفی از قبیل کل ماده مغذی قابل‌هضم (TDN)، انرژی ویژه شیردهی (NE_L)، ماده خشک مصرفی (DMI)، ماده خشک قابل‌هضم (DDM) و میزان انرژی قابل متابولیسم (ME) از روابط ذیل حاصل شد (*صادق‌پور* و همکاران، 2013؛ *لیثورجدز*[2] و همکاران، 2006).

$$TDN = (-1.291 \times ADF) + 101.35$$
$$DMI = 120/ NDF$$
$$DDM = 88.9 – (0.779 \times \% ADF)$$
$$NE_L = [1.044 – (0.0119 \times \% ADF)] \times 2.205$$
$$ME = 0.17 \times DDM - 2$$

محاسبات آماری توسط نرم‌افزارآماری SAS نسخه 9.4 انجام گرفت. مقایسات میانگین با آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام شد هم‌چنین اثرات متقابل تیمارها به روش برش‌دهی صورت گرفت.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیک

ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی

نتایج تجزیه واریانس نشان دادکه آبیاری تأثیر معنی‌دار بر ارتفاع بوته نداشت (جدول ۳). این موضوع با توجه به مراحل قطع آبیاری که بعد از طی‌شدن مرحله رشد طولی ساقه اعمال شده بود طبیعی به نظر می‌رسد. هم‌چنان که در گیاه کانولا علی‌رغم رشد نامحدود بودن ارتفاع بوته افزایش نمی‌یابد. مقایسه میانگین اثر ژنوتیپ بر ویژگی ارتفاع بوته نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته متعلق به ژنوتیپ آرام بودکه با ژنوتیپ هاویلا ۴۸۱۵ اختلاف آماری معنی‌دار نشان داد (شکل ۱). ارتفاع بوته به‌عنوان ویژگی در ارتباط با عملکرد می‌تواند محققین را در جهت افزایش میزان علوفه‌ی تولیدی کمک کند.

تیمار آبیاری کامل و ژنوتیپ آرام در تراکم ۱۱۰ بوته در مترمربع با تولید ۵/۳۳ عدد بیش‌ترین تعداد شاخه فرعی را تولید و با تیمار شاهد و ژنوتیپ آرام در تراکم ۸۰ بوته در مترمربع در یک کلاس آماری قرار گرفت. کم‌ترین تعداد شاخه فرعی نیز در تیمار قطع آبیاری در زمان گل‌دهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی در ژنوتیپ هایولا۴۸۱۵ و تراکم ۱۴۰ بوته در مترمربع با میانگین (۴/۲۲ عدد تولید شد. این تیمار با سایر تیمارهای آزمایشی از لحاظ تعداد شاخه در بوته در گروه آماری متفاوتی قرار گرفت که نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار با سایر تیمارها بود (جدول ۴). در این پژوهش، آبیاری کامل موجب افزایش خصوصیات رشدی ازجمله ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی گردید. هم‌سو با یافته‌های پژوهش حاضر، *حسینی* و همکاران (۱۴۰۰) گزارش نمودند بیش‌ترین تعداد شاخه فرعی در کینوا در شرایط بدون تنش حاصل شد. هم‌چنین افزایش تعداد شاخه فرعی ژنوتیپ آرام در تراکم ۱۱۰ بوته در مترمربع، می‌تواند در جهت افزایش درصد برگ در علوفه این ژنوتیپ مطرح گردد، به دلیل آن‌که این شاخه‌ها نسبت به ساقه‌ی اصلی از بافت‌های خشبی کم‌تری برخوردار هستند.

عملکرد ماده خشک علوفه

بر اساس نتایج به‌دست آمده، اثر آبیاری بر عملکرد ماده خشک علوفه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). هم‌چنین اثر تراکم بوته در سطح احتمال پنج درصد و اثر ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد علوفه خشک معنی‌دار بود (جدول ۵). اثر متقابل هیچ‌کدام از فاکتورها بر عملکرد ماده خشک معنی‌دار نشد. آبیاری کامل بیش‌ترین عملکرد علوفه خشک (۳۷۲۲ کیلوگرم در هکتار) را تولید نمود که از این نظر در گروه آماری A قرار گرفت. کم‌ترین عملکرد علوفه خشک نیز از تیمار قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی تا خورجین‌دهی مشاهده شد (۲۹۸۹ کیلوگرم در هکتار) که در گروه آماری متفاوتی با دو سطح دیگر آبیاری قرار گرفت (شکل ۲). در مقایسه بین ژنوتیپ‌ها، مشخص شد که بیش‌ترین عملکرد علوفه خشک از ژنوتیپ آرام (۳۴۸۲ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد که اختلاف آماری معنی‌دار با ژنوتیپ هایولا۴۸۱۵ داشت (شکل ۳). با افزایش تراکم بوته در واحد

1. Van Soest
2. Lithourgidis

جدول ۳: تجزیه واریانس قطع آبیاری، تراکم بوته و ژنوتیپ کانولا برای ویژگی‌های موردمطالعه

Table 3: Analysis of variance of irrigation× plant density × genotype canola on the studied traits

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square										
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه فرعی Number of sub-branches	وزن علوفه خشک Dired forge weight	محتوی فیبر نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	محتوی فیبر نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	ارزش نسبی علوفه Relative feed value	میزان خاکستر Ash	کل ماده مغذی قابل هضم Total digestible nutrient	ماده خشک مصرفی Consumable matter dry	ماده خشک قابل هضم Dry matter digestibility	انرژی خالص ویژه شیردهی Net energy for lactation	میزان انرژی قابل متابولیسم The amount of metabolizable energy
بلوک Blok	2	1736.52*	0.456*	83770ns	42.29ns	42.29ns	98.60ns	11.56*	12.74**	0.05ns	4.64*	0.005*	0.134*
قطع آبیاری (I) Irrigation interuption (I)	2	93.15ns	0.966*	242009*	340.12*	340.12*	2181.73*	5.09ns	271.31**	0.75*	91.50**	0.103**	2.644**
خطای اصلی Main error	4	339.85	0.079	144451	23.26	32.26	162.28	1.46	2.89	0.06	1.05	0.001ns	0.03
تراکم بوته (D) Plant density (D)	2	143.92ns	0.013ns	271836*	97.46**	74.63*	102.08n	4.40*	162.54**	0.17**	59.14**	0.06**	1.709**
ژنوتیپ (G) Genotype (G)	1	197.006**	0.335ns	874648**	77.26**	47.84*	5.32ns	9.92*	128.78**	0.07ns	46.88**	0.05**	1.355**
قطع آبیاری × تراکم بوته I×D	4	16.13ns	0.054ns	190752ns	102.90**	270.88**	2054.63**	2.79ns	171.51**	0.69**	62.44**	0.07**	1.804**
قطع آبیاری × ژنوتیپ I×G	2	117.61ns	0.232ns	156673ns	58.36**	255.01**	831.02**	1.91ns	97.31**	0.54**	35.43**	0.04**	1.023**
تراکم بوته × ژنوتیپ D×G	2	118.08ns	0.061ns	196856ns	64.11ns	15.18ns	4.05ns	1.46ns	19.41ns	0.01ns	7.06ns	0.008ns	0.204ns
قطع آبیاری × تراکم بوته × ژنوتیپ I×D×G	4	74.83ns	0.398*	34804ns	71.41**	19.10ns	140.5ns	3.46*	119.02**	0.04ns	43.33**	0.04**	1.252**
خطای فرعی Sub error	30	132.42	0.167	78831	6.63	14.27	85.20	1.58	11.06	0.03	4.02	0.004	0.116
درصد ضریب تغییرات CV (%)		8.79	8.29	8.37	7	7.72	7.89	10.15	6.17	7.58	3.33	5.05	4.14

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

ns, * and **: non significant and significant at 5 and 1 probability levels, respectively

جدول ۴: مقایسه میانگین برهم‌کنش قطع آبیاری × تراکم بوته × ژنوتیپ برای ویژگی‌های موردمطالعه

Table 4: Comparison of the mean interaction of irrigation × plant density × genotype on the studied traits

قطع آبیاری interruption of irrigation	تراکم بوته Plant density	ژنوتیپ Genotype	تعداد شاخه فرعی Number of sub-branches	فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (درصد) Acid detergent fiber (%)	میزان خاکستر (درصد) Ash (%)	کل ماده مغذی قابل هضم (درصد) Total digestible nutrient (%)	ماده خشک قابل هضم (درصد) Dry matter digestibility (%)	انرژی ویژه شیردهی (درصد) Net energy for lactation (%)	میزان انرژی قابل متابولیسم (مگاژول) the amount of metabolizable energy (MJ)
شاهد (بدون اعمال قطع آبیاری) without interruption of irrigation	80	Hayola4815	5.216^{ab}	41.67^{bcd}	13.343^{ab}	47.545^{ghi}	56.433^{gh}	1.208^{ghi}	7.593^{ghi}
	80	Aram	5.33^{a}	44.61^{b}	11.560^{bcd}	43.75^{i}	54.148^{i}	1.131^{i}	7.205^{j}
	110	Hayola4815	4.883^{abc}	37.376^{ef}	12.443^{abc}	53.096^{ef}	59.783^{ef}	1.321^{ef}	8.163^{ef}
	110	Aram	5.330^{a}	32.276^{hij}	10.680^{cd}	59.680^{abc}	63.756^{abc}	1.445^{abc}	8.838^{abc}
	140	Hayola4815	5.110^{ab}	49.56^{a}	13.440^{ab}	37.36^{j}	50.292^{j}	1.001^{j}	6.549^{j}
	140	Aram	5.106^{ab}	35.223^{efgh}	13.115^{ab}	55.87^{cdef}	61.461^{cdef}	1.377^{cdef}	8.448^{cdef}
قطع آبیاری مرحله گل‌دهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی Interruption of irrigation in the beginning of flowering stage up to 50% pods	80	Hayola4815	4.773^{abc}	33.54f^{ghij}	13.786^{a}	58.049^{abcde}	62.772^{abcde}	1.421^{abcde}	8.671^{abcde}
	80	Aram	4.550^{bc}	32.680^{ghij}	12.620^{abc}	59.160^{abcd}	63.442^{abcd}	1.444^{abcd}	8.758^{abcd}
	110	Hayola4815	4.550^{bc}	30.830^{ij}	13.113^{ab}	61.548^{ab}	64.883^{ab}	۱/۴۳۹^{ab}	9.030^{ab}
	110	Aram	4.996^{ab}	31.315^{hij}	12.360^{abcd}	60.922^{abc}	64.505^{abc}	1.480^{abc}	8.965^{abc}
	140	Hayola4815	4.22^{c}	37.62^{def}	13.690^{a}	52.782^{efg}	59.594^{efg}	1.314^{efg}	8.130^{efg}
	140	Aram	5.106^{ab}	42.66^{bc}	12.082^{abcd}	46.27^{hi}	55.667^{hi}	1.182^{hi}	7.463^{hi}
قطع آبیاری مرحله‌ی خورجین‌دهی تا برداشت Interruption of irrigation in the stage of formation of pods until harvest	80	Hayola4815	4.776^{abc}	36.756^{efg}	10.296^{d}	53.897^{def}	60.266^{def}	1.337^{def}	8.245^{def}
	80	Aram	5.106^{ab}	29.250^{j}	11.545^{bcd}	63.588^{a}	66.114^{a}	1.534^{a}	9.239^{a}
	110	Hayola4815	5.116^{ab}	37.62^{def}	11.403^{bcd}	52.782^{efg}	59.594^{efg}	1.314^{efg}	8.130^{efg}
	110	Aram	4.550^{bc}	38.77^{cde}	12.446^{abc}	51.297^{gh}	59.698^{fgh}	1.284^{fgh}	7.978^{fgh}
	140	Hayola4815	5.006^{ab}	37.046^{ef}	14.093^{a}	53.522^{ef}	60^{ef}	1.329^{ef}	8.206^{ef}
	140	Aram	4.996^{ab}	33.71^{fghi}	11.483^{bcd}	58.830^{bcde}	62.639^{bcde}	1.417^{bcde}	8.648^{bcde}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

In each, means with same letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test (0.05)

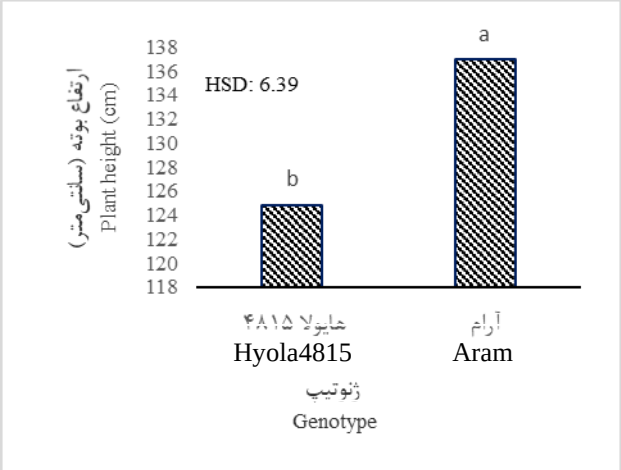
جدول ۵: مقایسه میانگین برهم‌کنش قطع آبیاری × تراکم بوته، قطع آبیاری × ژنوتیپ بر صفات موردمطالعه

Table 5: Comparison of the mean interaction of irrigation × plant density, interaction of irrigation × genotype on the studied traits

ماده خشک مصرفی Consumable matter dry	محتوی نامحلول‌در شوینده خنثی (درصد) Acid detergent fiber (%)	تراکم بوته Plant density	قطع آبیاری Interruption of irrigation
55.29^{e}	53.12^{b}	80	شاهد (بدون اعمال قطع آبیاری)
61.77^{b}	43.23^{cd}	110	
55.87^{e}	52.83^{b}	140	without interruption of irrigation
63.10^{ab}	56.68^{ab}	80	قطع آبیاری گل‌دهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی
64.49^{a}	58.17^{a}	110	
57.63^{de}	43.58^{cd}	140	Interruption of irrigation in the beginning of flowering stage up to 50% pods
63.19^{ab}	42.05^{d}	80	قطع آبیاری‌خورجین‌دهی تا برداشت
59.14^{cd}	48.05^{c}	110	
61.34^{bc}	43.59^{cd}	140	Interruption of irrigation in the stage of formation of pods until harvest
2.71^{ab}	44.47^{b}	Hayola4815	شاهد (بدون اعمال قطع آبیاری)
2.24^{c}	54.98^{a}	Aram	without interruption of irrigation
2.92^{c}	53.58^{a}	Hayola4815	قطع آبیاری گل‌دهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی
2.34^{c}	52.04^{a}	Aram	Interruption of irrigation in the beginning of flowering stage up to 50% pods
2.63^{b}	45.89^{b}	Hayola4815	قطع آبیاری خورجین‌دهی تا برداشت
2.82^{a}	42.56^{b}	Aram	Interruption of irrigation in the stage of formation of pods until harvest

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌دار براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

In each, means with same letters are not significantly different based on Duncan،s multiple range test (0.05)



شکل ۱: اثر ژنوتیپ بر ارتفاع بوته

Fig. 1: Effect genotype on plant height

سطح نیز عملکرد علوفه به‌طور معنی‌دار افزایش یافت. بر این اساس کم‌ترین عملکرد علوفه (۳۲۲۶ کیلوگرم در هکتار) با تراکم ۸۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد. در حالی که بیش‌ترین عملکرد علوفه خشک (۳۴۷۱ کیلوگرم در هکتار) از تراکم ۱۴۰ بوته در هکتار حاصل گردید (شکل ۴). تراکم ۱۱۰ بوته در مترمربع نیز با دو تراکم مذکور اختلاف معنی‌دار نشان نداد. در مطالعه حاضر، به‌دلیل افزایش تعداد بوته در واحد سطح مزرعه، عملکرد کل علوفه خشکه مانند مطالعه *اسکندری* و همکاران (2017) به‌طور معنی‌دار افزایش یافت.

صفات کیفی علوفه

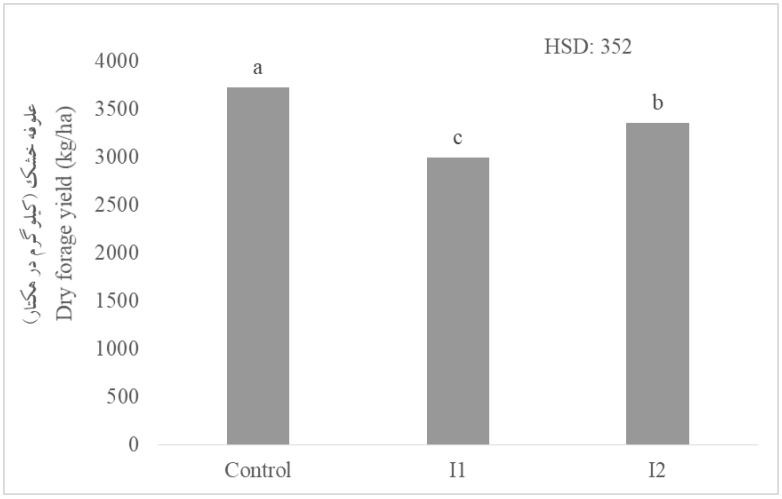
دیواره سلولی (NDF و ADF)

فیبر نامحلول در شوینده خنثی تحت برهم‌کنش قطع آبیاری و تراکم بوته و قطع آبیاری و ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین برهم‌کنش قطع آبیاری و تراکم بوته نشان داد که در تیمار قطع آبیاری مرحله دوم بیش‌ترین مقدار (NDF) از تراکم ۱۱۰ بوته در مترمربع حاصل شد (۵۸/۱۷ درصد) که با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌دار نشان داد. کم‌ترین مقدار ویژگی (NDF) نیز از قطع آبیاری مرحله سوم و تراکم ۸۰ بوته در مترمربع مشاهده شد و از این لحاظ در گروه آماری متفاوتی با سایر تیمارها قرار گرفت (جدول ۵).

برهم‌کنش قطع آبیاری و ژنوتیپ نشان داد بیش‌ترین مقدار فیبر نامحلول در شوینده خنثی در تیمار شاهد و ژنوتیپ آرام تولید و با تیمارهای قطع آبیاری مرحله دوم و ژنوتیپ‌های هایولا۴۸۱۵ و آرام در یک سطح آماری قرار گرفت. کم‌ترین مقدار ویژگی مذکور از قطع آبیاری مرحله دوم و ژنوتیپ آرام مشاهده شد که با قطع آبیاری مرحله سوم و شاهد و ژنوتیپ هایولا۴۸۱۵ در یک سطح آماری واقع شدند. برهم‌کنش تیمارهای آزمایشی بر ویژگی فیبر نامحلول در شوینده اسیدی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین مقدار فیبر نامحلول در شوینده اسیدی در تیمار شاهد و تراکم ۱۴۰ بوته در مترمربع به ژنوتیپ هایولا۴۸۱۵ اختصاص یافت و کم‌ترین مقدار از قطع آبیاری خورجین‌دهی تا برداشت و تراکم ۸۰ بوته در مترمربع از ژنوتیپ آرام به‌دست آمد (جدول ۴).

درصد ماده خشک علوفه مصرفی (DMI) کل ماده مغذی قابل‌هضم (TDN)

اثر آبیاری بر درصد ماده خشک علوفه مصرفی معنی‌دار شد (جدول ۳). هم‌چنین در کرت‌های فرعی نیز، اثر تراکم بوته بر درصد ماده خشک علوفه معنی‌دار شد. درحالی‌که اثر ژنوتیپ بر این صفت معنی‌دار نشد. هم‌چنین برهم‌کنش قطع آبیاری و تراکم، و برهم‌کنش قطع آبیاری و ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار ماده خشک مصرفی (به‌ترتیب ۶۴/۴۹ و ۵۵/۲۹ درصد) به‌ترتیب از قطع آبیاری مرحله دوم و تراکم ۱۱۰ بوته در مترمربع و تیمار شاهد (بدون اعمال قطع آبیاری) و تراکم ۸۰ بوته در مترمربع مشاهده شد (جدول ۴).

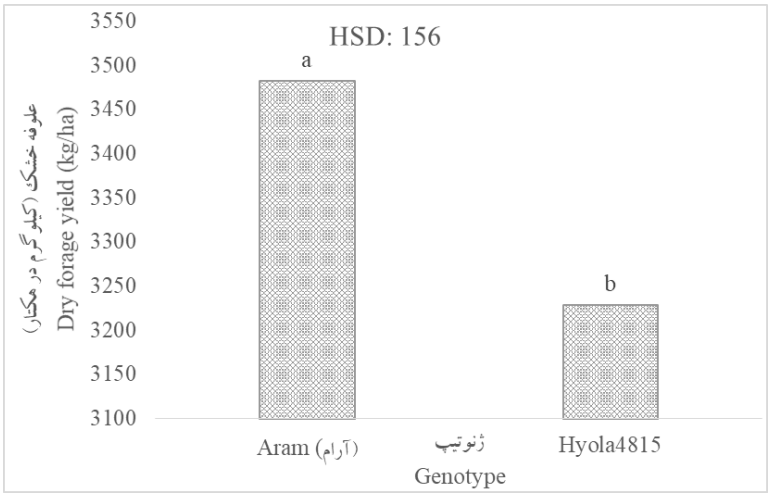


شکل ۲: اثر آبیاری بر عملکرد علوفه خشک

Fig. 2: Effect of irrigation on dry forage yield

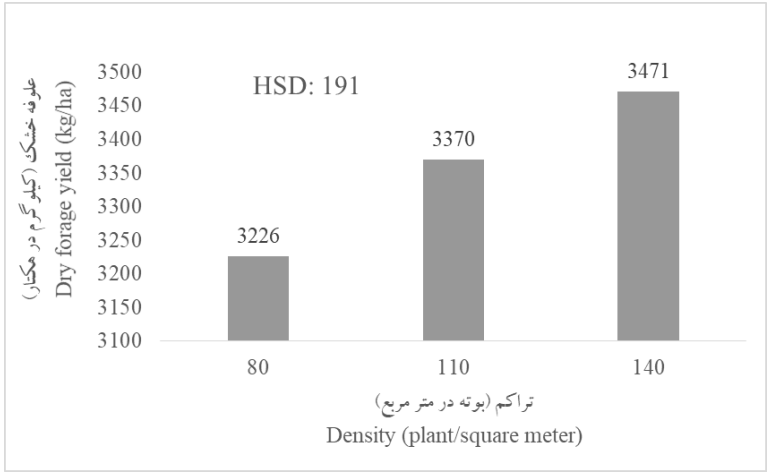
I1: قطع آبیاری از گل‌دهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی، I2: قطع آبیاری از خورجین‌دهی تا برداشت

I1: Interruption of irrigation in the beginning of flowering stage up to 50% pods, I2: Interruption of irrigation in the stage of formation of pods until harvest



شکل ۳: اثر ژنوتیپ بر عملکرد علوفه خشک

Fig. 3: Effect genotype on dry forage yield



شکل ۴: اثر تراکم بوته بر عملکرد ماده خشک

Fig. 4: Effect of plant density on dry forage yield

مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین مقدار ماده خشک مصرفی (از تیمار قطع آبیاری مرحله سوم و ژنوتیپ آرام و کم‌ترین آن به تیمار بدون اعمال قطع آبیاری و ژنوتیپ آرام اختصاص یافت (جدول ۴). ویژگی کل ماده مغذی قابل‌هضم (TDN) تحت تاثیر برهم‌کنش تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار کل ماده مغذی قابل‌هضم به‌ترتیب از تیمار قطع آبیاری خورجین‌دهی تا برداشت در تراکم ۸۰ بوته در مترمربع و ژنوتیپ آرام و تیمار شاهد (بدون اعمال قطع آبیاری) تراکم ۱۱۰ بوته در مترمربع و ژنوتیپ هایولا۴۸۱۵ مشاهده شد (جدول ۴). پایین بودن مقدار TDN را به بالا بودن مقدار لیگنین دانسته‌اند (*بینگول* و همکاران، 2007). بنابراین افزایش (TDN) و (DMI) و افزایش کیفیت علوفه در تیمار قطع آبیاری سوم و ژنوتیپ آرام را می‌توان به کم‌تر بودن مقدار ADF و NDF در این تیمار نسبت داد.

خاکستر علوفه

در کرت‌های اصلی اثر آبیاری بر خاکستر علوفه معنی‌دار نبود (جدول ۳). در کرت‌های فرعی، اثر ژنوتیپ و تراکم بر خاکستر علوفه معنی‌دار بود. هم‌چنین اثر متقابل سه‌گانه فاکتورها، شامل سطوح آبیاری، ژنوتیپ و تراکم بر خاکستر علوفه معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین خاکستر علوفه در تیمار قطع آبیاری خورجین‌دهی تا برداشت و تراکم ۱۴۰ بوته در مترمربع از ژنوتیپ هایولا۴۸۱۵ با میانگین (۱۴/۰۹۳ درصد) مشاهده گردید که اختلاف معنی‌دار با تیمارهای قطع آبیاری مرحله دوم و تراکم ۸۰ بوته و ۱۱۰ بوته در مترمربع از ژنوتیپ هایولا ۴۸۱۵ نداشت (جدول ۴).

ماده خشک قابل‌هضم (DDM) انرژی ویژه شیردهی (NE_L)

اثر آبیاری بر ماده خشک قابل‌هضم معنی‌دار شد (جدول ۳). در کرت‌های فرعی نیز، علاوه‌بر اثر ژنوتیپ و تراکم بوته، برهم‌کنش اثر آبیاری و ژنوتیپ و تراکم بر ماده خشک قابل‌هضم معنی‌دار شد (جدول ۳). بیش‌ترین میزان ماده خشک قابل‌هضم در تیمار قطع آبیاری مرحله‌ی سوم با تراکم ۸۰ بوته در مترمربع و ژنوتیپ آرام حاصل شد و کم‌ترین مقدار آن، از تیمار شاهد با تراکم ۱۴۰ بوته در مترمربع و ژنوتیپ هایولا ۴۸۱۵ مشاهده شد (۵۰/۲۹۲ درصد) که از این نظر در گروه آماری متفاوتی قرار گرفت (جدول ۴). این موضوع نشان داد که در آزمایش حاضر تأثیر تراکم بوته بر این ویژیگی کیفی علوفه از سایر تیمارها بیش‌تر بوده است و به همین دلیل برهم‌کنش تراکم با تیمارهای مختلف سبب تفاوت معنی‌دار بین آن‌ها از نظر ماده خشک قابل‌هضم گردید.

نتایج مقایسات میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین میزان انرژی ویژه شیردهی (۱/۵۳۴ درصد) علوفه کلزا در شرایط قطع آبیاری خورجین‌دهی تا برداشت و تراکم ۸۰ بوته در مترمربع و ژنوتیپ آرام به‌دست آمد. درصورتی‌که کم‌ترین میزان ویژگی ذکر شده در شرایط بدون اعمال قطع آبیاری (شاهد) و تراکم ۱۴۰ بوته در مترمربع و ژنوتیپ هایولا۴۸۱۵ مشاهده شد.

انرژی قابل متابولیسم (ME)

نتایج جدول تجزیه واریانس بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطوح آبیاری بین کرت‌های اصلی بود (جدول ۳). در کرت‌های فرعی نیز، علاوه‌بر اثر ژنوتیپ و تراکم بوته، اثر متقابل سه‌گانه بین فاکتورهای آزمایشی از لحاظ انرژی قابل متابولیسم معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسات میانگین نشان داد بیش‌ترین (۹/۲۳۹ مگاژول) و کم‌ترین (۶/۵۴ مگاژول) میزان انرژی قابل متابولیسم به‌ترتیب از تیمار آزمایشی قطع آبیاری خورجین‌دهی تا برداشت در تراکم ۸۰ بوته در مترمربع و ژنوتیپ آرام و تیمار شاهد (بدون اعمال قطع آبیاری) در تراکم ۱۴۰ بوته در مترمربع و ژنوتیپ آرام به‌دست آمد. این تیمارها با یکدیگر و با سایر تیمارهای موردبررسی در کلاس‌های آماری متفاوتی قرار گرفتند (جدول ۴). انرژی قابل متابولیسم با افزایش هضم‌پذیری علوفه افزایش می‌یابد. افزایش انرژی قابل متابولیسم در تیمار آزمایشی قطع آبیاری مرحله‌ی سوم و تراکم ۸۰ بوته در مترمربع در ژنوتیپ آرام می‌تواند به بالا بودن ماده خشک قابل‌هضم، ماده مغذی قابل‌هضم و پایین بودن مقدار فیبر نامحلول در شوینده اسیدی نسبت به سایر تیمارها اختصاص داد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی از لحاظ عملکرد علوفه خشک و شاخص‌های کمی و کیفی ازجمله صفات مورفولوژیک، فیبر نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی، ماده کل مغذی قابل‌هضم، ماده خشک مصرفی، انرژی ویژه شیردهی، و انرژی متابولیسمی تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. بیش‌ترین عملکرد علوفه خشک از تیمار تراکم ۱۴۰ بوته در مترمربع و ژنوتیپ آرام مشاهده شد و کم‌ترین آن از تراکم ۸۰ بوته در مترمربع حاصل شد. با این حال با توجه به این که عملکرد علوفه خشک در واحد سطح در گروه آماری مشابه قرار گرفتند، به نظر می‌رسد جهت کاهش

هزینه و هم‌چنین جلوگیری از کاهش کیفیت علوفه در تراکم‌های بیش از حد، می‌تواند در صورت تکرار در آزمایش‌های بعدی، سطح تراکم ۱۱۰ بوته در مترمربع را جهت تولید علوفه برتر دانست.

در مطالعه حاضر ژنوتیپ آرام به‌طور معنی‌دار عملکرد علوفه خشک بیش‌تری در مقایسه با ژنوتیپ هایولا۴۸۱۵ نشان داد که می‌تواند مؤید اهمیت به اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر تولید علوفه باشد. هم‌چنین در مطالعه حاضر مشخص گردید که تأمین آب از طریق آبیاری تا مراحل گل‌دهی و خورجین‌دهی اهمیت زیادی در تولید ماده خشک دارد که با توجه به قطع بارندگی‌ها لازم است تا آب کافی از طریق آبیاری تأمین گردد.

هم‌چنین بیش‌ترین کل ماده مغذی قابل‌هضم، میزان انرژی قابل متابولیسم، ماده خشک قابل‌هضم و انرژی ویژه شیردهی به‌ترتیب از ژنوتیپ آرام و تراکم ۸۰ بوته در مترمربع و شرایط تنش خورجین‌دهی تا برداشت مشاهده شد. به‌طورکلی ژنوتیپ آرام در تراکم ۱۴۰ بوته در مترمربع از عملکرد کیفی قابل‌توجهی برخوردار بود. این موضوع در شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی تا برداشت نیز قابل‌توجه بود. بر این اساس قطع آبیاری به‌خصوص در ژنوتیپ آرام اثر کم‌تری بر ویژگی‌های کیفی علوفه برجای گذاشت و بنابراین می‌توان گفت که ژنوتیپ‌ها بر اساس طول دوره رشد ژنتیکی می‌توانند جهت تولید علوفه با وجود مقابله با کمبود آب در مراحل پایانی (خورجین‌دهی به بعد) در نظر گرفته شوند. در این زمینه آغاز فصل کاشت محصولات بهاره در منطقه همانند ذرت بهاره و حبوبات می‌تواند رقیبی بر ای تولید علوفه گیاهان پاییزه همانند کلزا باشد که نیازمند مقایسه بهره‌وری اقتصادی و مصرف آب و اولویت‌بندی بین اختصاص آب بین گیاهان پاییزه در مراحل پایانی رشد و گیاهان بهاره در اوایل مرحله رشد خواهد بود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از حمایت‌های معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی و هم‌چنین معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان طی اجرای این مطالعه سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Abid, M., Mansour, E., Ben Yahia, L., Bachar, K. H., Ben Khaled, K. H. and Ferchichi, A. 2016. Alfalfa nutritive quality as influenced by drought in South-Eastern Oasis of Tunisia. Italian Journal of Animal Science, 15: 334-342.

Albayrak, S., Turk, M., Yukel, O. and Yilmaz, M. 2011. Forage yield and quality of perennial legume – grass mixtures under rainfed conditions. NotulaeBotanicaeHortiAgrobotanici, 39 (1): 114-118.

Albayrak, S. and Camas. N.2006. Performances of forageturnip (*Brassica rapa*) cultivars under different nitrogentreatment, JournalFac Agricultural. OMU, 21 (1): 44- 48.

Arzani, H. 2013. Fodder Quality and Daily Requirement of Livestock Grazing from The Pasture. Tehran University Publications. 278 p. (In Persian)

Bakhtiyari, F., Zamanian, M. and Golzardi, F. 2020. Effect of mixed intercropping of clover on forage yield and quality. South-Western Journal of Horticulture, Biology and Environment, 11: 49-65.

Bhimireddy, P., Mallaredy, M., Subbalah, G., Chandra, K. and Ranindar, P. 2017. Perfomance of no-till maize under drip-fertigation in a double cropping system insemiarid Telangana state of India. Maydica, 61 (1): 238- 245.

Bingol, N. T., Karsli, M. A., Yilmaz, I. H. and Bolat, D. 2007. The effects of planting time and combination on thenutrient composition and digestible dry matter yield of four mixtures of vetch varieties intercropped withbarely. Veterinary Sciences Journals, 31: 297-302.

Chen, S., Huo, Z., Xu, X. and Huang, G. 2019. Aconceptual agricultural water productivity modelconsidering under field capacity soil waterredistribution applicable for arid and semi-aridareas with deep groundwater. Agricultural Water Management, 213 (1): 309-323.

Eskandari, H., Javanmard, A. and Shekari, F. 2017. Evaluation of quality traits of forage maize cultivars as affected by different plant densities. Journal of Crop Ecophysiology, 10 (4): 1025-1036.

Farahani, S. M. and Chaichi, M. R. 2013. Wholeforage barley crop quality as affected bydifferent deficit irrigation and fertilizingsystems. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 44 (20): 2961-2973.

Farhadi, A., Paknejad, F., Golzardi, F. and Agha Yari, F. 2022. Investigating the yield characteristics, fodder mifit and water consumption efficiency of fodder sorghum in response to different levels of drought and nitrogen stress. Environmental Stress in Crop Sciences, 5 (4): 868-879. (In Persian).

Feyzbakhsh1, M. T., Mokhtarpour, H. and Kiani, A. R. 2020. Evaluation of quantitative, qualitative yield and water productivityof two forage Amarantuse cultivars under different irrigation regimes. Journal of Water and Soil Conservation, 27 (2): 109-125.

Foman, A. and Khazaei, A. 2013. Evaluation of fodder performance of sorghum line in the conditions of Karaj in Iran. Journal of Agricultural Sciences of Iran, 16 (3): 190-181. (In Persian).

Ghane, M. R., Aghakhani, M. A. and Modares Sanavi, A. 2004. Effect of nitrogen levels on the production of green forage from rapeseed and autumn barley. Masters thesis in agriculture. Tarbiat Modares University. p. 200.

HasanzadehGhorttepeh, A., Heydarzadeh, S. and Rahimi, A. 2021. Investigating the effect of chemical and organic fertilizer system on thequality and quantity of *Amaranthus* (cv. Cim) forage under the influence ofdifferent irrigation levels. Journal of Crop Improvement, 23 (3): 633-646. (In Persian).

Hoseini, S. S., Jalilian, J. and Gholinejad, A. 2021. Effects of some stress modifiers on morphological characteristics and quantitative and qualitative traits of quinoa fodder (*Chenopodium quinoa* Willd.) under water stress conditions. Scientific Research Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production, 31 (2): 111-128. (In Persian).

Khmadi, F., Gharineh, M. H. and Bakhshandeh, A. M. 2014. Influence of sowing dates on yield and yield component of rape forage cultivars under Ahvaz condition. Applid Field Crop Research, 27 (104): 22-28. (In Persian).

Javanmard, A., Nikdel, H. and Amani Machiani, M. 2019. Evaluation of forage quantity and quality in domesticpopulations of hairy vetch (*Vicia villosa* L.), vetch (*Vicia sativa* L.) and caspian vetch (*Vicia hyrcanica*) under rainfed condition. Journal of Agricultural Sciences and Sustaiable Production, 29 (1): 15-31.

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

Nematpour, A., Eshghizadeh, H. R., Zahedi, M. and Ghorbani, G. R. 2020. Millet forage yield and silage quality as affected by water and nitrogen application at different sowing dates. Grass and Forage Science, 75: 169-180.

Malhi, S. and Gill, K. S. 2004. Placement, rate and source of N, seed row spacing and seeding depth effects on canola production. Canadian Journal Plant Science, 84: 719-729.

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

Siadat, S. A. and Moradi-Telavat, M. R. 2011. Forage Crops Production. Nashr-e Daneshgahi press. 274 p. (In Persian).

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

Zabarjadi, A. R. and Ghobadi, M. 2009. Response of yield and yield components of canola cultivars todifferent seeding rates in dryland conditions of Kermanshah province. Journal of Plant Production andTechnology, 9 (1): 45-53. (In Persian with English Summary).

Zavareh, M. and Emam, E. 2000. Aguide to identifying the life stages of canola. Iranian Journal of Field Crop Sciences, 1: 1-14. (In Persian).