University of Birjand

Journal homepage:
https://escs.birjand.ac.ir

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

Vol. 17, No. 1, pp. 193-207 (Spring 2024)

https://dx.doi.org/10.22077/ESCS.2023.5612.2162

Original article

Evaluation of the effect of low irrigation levels on the quantitative and qualitative traits of different maize hybrids forage in the climatic conditions of Gorgan

M. Esmaily[1], M.R. Dadashi[1*], M.T. Faizbakhsh[1,2], K. Kabousi[1], F. Sheikh[1,2]

1. Department of Agriculture, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran

2. Assistant Professor, Department of Agricultural and Horticultural Research, Agricultural Research and Training Center and Natural Resources, Golestan Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Gorgan, Iran

Received 4 September 2022; Accepted 15 October February 2022

Extended abstract

Introduction

Maize cultivation is rapidly expanding in the world due to its high adaptability to different weather conditions, and it is an exceptional product that can be effectively used as feed and forage products to meet the ever-increasing needs of livestock. Low irrigation is an approach to increase water productivity with the view of increasing production per unit of water consumption. The research results show that water stress has a significant effect on the quantity and quality of forage. Lack of water is one of the important factors in reducing the level of corn, so this experiment was conducted in order to check the possibility of saving water consumption by using low irrigation method and choosing the best hybrid in low irrigation conditions.

Materials and methods

In order to investigate the effects of low irrigation and different maize hybrids on the quantitative and qualitative traits of maize forage in the Gorgan region, an experiment was conducted in split plots arranged in a randomized complete block design with three replications in the Iraqi station of the Gorgan. Low irrigation was implemented in four levels in the main plots (100, 75, 50% and 25% of water requirement) and subplots in four levels (including hybrids SC703, SC704, ZP548 and BK50). To determine the amount of water consumption three days after each irrigation, the amount of moisture was determined by sampling the soil and immediately after reaching 40 to 60% usable moisture, irrigation was done. Irrigation was done as a drip using tapes, the distance between the nozzles was 20 cm and the amount of water output per nozzle was 2 liters per hour. Harvesting was done from the two middle lines by removing half a meter at the beginning of the row and weighed separately (leaf, stem, cob) in a separate laboratory, and their fresh weight was recorded and then placed in an oven with a temperature of 65 degrees Celsius for 72 hours, Then the dry weight was calculated. The samples of dry forage were sent to the laboratory of Forests and Ranges Organization (Tehran) and the amount of protein, fiber and other quality attributes of forage were measured by infrared spectrometry with PertenInformatic 8620. The data were analyzed using SAS 9.1.3 statistical software and the means were compared with the LSD test at the 5% probability level.

* Corresponding author: Mohammad Reza Dadashi; E-Mail: mdadashi730@yahoo.com

© 2024, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

Results and discussion

The results of analysis of variance showed that low irrigation effect was significant on all studied traits. Also, the effect of the studied hybrids on all the traits was significant except for insoluble fibers in acidic detergent and water-soluble carbohydrates. Also, the interaction effect of hybrid × low irrigation was significant only on forage yield (Total biomass, ear fresh weight, stem and leaf fresh weight, and total dry weight). The results of means comparison showed that the highest biomass yield was observed in the 100% water demand treatment, which was 7.2, 49, and 79.7% higher than the 75, 50, and 25% irrigation treatments, respectively. However, the highest water consumption efficiency with a significant difference compared to other levels was observed in the treatment of 75% water requirement (5.99 kg m^{-3}). Also, with the increase of irrigation levels, the amount of crude protein, crude fiber, water-soluble carbohydrates and insoluble fibers in the neutral environment increased significantly, and among the studied hybrids, the SC703 hybrid had the highest forage yield (43692.4 kg ha^{-1}).

Conclusion

Considering the shortage and high economic value of water, the reduction in rainfall and the occurrence of successive droughts in recent years, optimum use of water can allocate more land to irrigated cultivation in addition to achieving appropriate and economic performance. The results showed that the lack of water reduces all quantitative traits. Among the studied hybrids, SC703 had the highest forage yield per unit area. On the other hand, low irrigation treatment at the level of 75% of the total water requirement is recommended to achieve the highest water consumption efficiency in Gorgan region.

Keywords: Drought stress, Fiber, Forage quality, Insoluble fibers, Protein

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد هفدهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۳

https://dx.doi.org/10.22077/ESCS.2023.5612.2162

مقاله پژوهشی

ارزیابی اثر سطوح کم‌آبیاری بر صفات کمی و کیفی علوفه هیبریدهای مختلف ذرت در شرایط آب‌وهوایی گرگان

منصور اسمعیلی[۱]، محمدرضا داداشی[۱*]، محمدتقی فیض‌بخش[۲،۱]، کامی کابوسی[۱]، فاطمه شیخ[۲،۱]

۱. گروه کشاورزی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران

۲. استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
الیاف نامحلول
پروتئین
تنش خشکی
فیبر
کیفیت علوفه

تاریخ دریافت:
۱۴۰۱/۰۶/۱۳

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۰۷/۲۳

تاریخ انتشار:
بهار ۱۴۰۳

۱۷(۱): ۱۹۳-۲۰۷

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثرات کم‌آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی علوفه چند هیبرید ذرت، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، در ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله گرگان اجرا شد. کم‌آبیاری به‌عنوان عامل اصلی در چهار سطح (۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد نیاز آبی) و هیبریدهای ذرت به‌عنوان عامل فرعی در چهار سطح (SC703، SC704، ZP548 و BK50) در نظر گرفته شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عامل کم‌آبیاری بر روی همه صفات موردبررسی معنی‌دار بود. اختلاف هیبریدهای موردبررسی نیز ازنظر تمامی همه صفات موردبررسی به‌جز الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و کربوهیدرات‌های محلول در آب معنی‌دار بود. برهمکنش کم‌آبیاری × هیبرید صفات (بیوماس کل، وزن تر بلال، وزن تر ساقه و برگ و وزن خشک کل) معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد بیوماس در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی مشاهده شد که با تیمارهای ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد نیاز آبی به ترتیب ۷/۲، ۴۹ و ۷۹/۷ درصد اختلاف داشت بااین‌حال بیشترین بهره‌وری مصرف آب با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر سطوح در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی (۵/۹۹ کیلوگرم بر مترمکعب) مشاهده شد. همچنین با افزایش سطوح کم‌آبیاری میزان پروتئین خام، فیبر خام، کربوهیدرات‌های محلول در آب و الیاف نامحلول در محیط خنثی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و در بین هیبریدهای موردبررسی هیبرید SC703 بالاترین میزان عملکرد علوفه (۴۳۶۹۲/۴ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص داد. به‌طورکلی با توجه به کمبود منابع آب و به‌منظور استفاده بهینه ازآن‌جهت تولید علوفه در شرایط آب‌وهوایی گرگان آبیاری بر اساس ۷۵ درصد نیاز آبی و کشت هیبرید SC703 توصیه می‌گردد.

مقدمه

ذرت به دلیل قدرت سازگاری بالا با شرایط اقلیمی گوناگون به‌سرعت در دنیا گسترش‌یافته، به‌طوری‌که بعد از گندم و برنج بیشترین سطح کشت را به خود اختصاص داده است (Fareghi et al., 2021). استفاده از ذرت در صنعت در مقایسه با سایر غلات به دلیل سادگی در کشت، برداشت، حمل‌ونقل و ذخیره‌سازی و عملکرد بالا در واحد سطح به‌تدریج افزایش یافته است (Öner and Gunes, 2019). ذرت یک محصول استثنایی است که می‌تواند به‌طور مؤثر به‌عنوان خوراک و علوفه برای رفع نیازهای غذایی دام مورداستفاده قرار می‌گیرد (Hassan and Durani, 2021). بر اساس آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۸-۹۷ وزارت جهاد کشاورزی سطح کشت ذرت علوفه‌ای در کشور و استان گلستان به ترتیب ۲۱۹۲۱۰ هکتار و ۸۱۸۰ هکتار بوده که از این سطوح ۱۱۶۴۴۸۶۷ تن و ۳۲۷۲۰۰ تن علوفه تولید شده است.

* نگارنده پاسخگو: محمدرضا داداشی. پست الکترونیک: mdadashi730@yahoo.com

خشک‌سالی یا کمبود آب یکی از عمده‌ترین تنش‌های غیر زیستی در دنیاست که باعث محدودیت در تولید غلات ازجمله ذرت به‌ویژه در شرایط دیم است (Bonea, 2020). امروزه تأمین آب موردنیاز برای آبیاری محصولات در بخش کشاورزی، محور عمده بسیاری از چالش‌های پیش روی بشر است، چراکه یکی از عمده‌ترین مصرف‌کنندگان منابع آب در سطح جهان کشاورزان می‌باشند (Parhizkari et al., 2015). کم‌آبیاری ازجمله روش‌های افزایش بهره‌وری آب با دیدگاه افزایش تولید به ازای واحد مصرف آب است (Amerian et al., 2021). گیاهان متعلق به یک خانواده و همچنین ژنوتیپ‌های مختلف از یک گونه، می‌توانند پاسخ‌های متفاوتی به تنش خشکی داشته باشند (Sarshad et al., 2021).

تنش خشکی بر عملکرد محصولات زراعی، علوفه غلات و مراتع به‌صورت مستقیم تأثیرگذار بوده و باعث کاهش محسوس عملکرد گیاهان می‌گردد ولی اطلاعات اندکی در مورد تأثیر تنش خشکی بر قابلیت هضم و کیفیت علوفه وجود دارد (Ferreira et al., 2021). نتایج تحقیقات انجام‌گرفته نشان می‌دهد که تنش آبی اثرات قابل‌توجهی بر روی کمیت و کیفیت علوفه دارد (Nematpour et al., 2021). ارزش غذایی و کیفیت علوفه ملاکی مهم در تعیین میزان ارزش علوفه برای دام است؛ به‌طوری‌که تولیدات دامی به مقدار زیادی به کیفیت علوفه در دسترس دام بستگی دارد (Hosseini et al., 2021). بهره‌وری مصرف آب (WUE) می‌تواند تحت تأثیر عوامل متعددی مانند آب‌وهوا، وضعیت خاک و امکانات تولید محصول قرار گیرد (Nematpour et al., 2021) ولی کم‌آبیاری باعث بهبود کارایی مصرف آب آبیاری در رابطه با عملکرد ماده خشک می‌شود (Budakli Çarpici et al., 2017). وجود نسبت مناسب فیبر خام در مصرف خوراک روزانه نقشی حیاتی در سلامت دام‌ها دارد و تنش خشکی این نسبت را مختل کرده که به‌طور قابل‌توجهی بر مصرف علوفه سبز و قابلیت هضم آن تأثیر می‌گذارد (Hassan and Durani, 2021). گیاهان علوفه‌ای حاوی توده‌ای از بافت‌های مختلف هستند که سهم زیادی از آن را بافت‌هایی تشکیل می‌دهند که تراکم دیواره سلولی در آن‌ها بالا بوده و قابلیت هضم پایینی دارند (Piri et al., 2018). همچنین علوفه‌ای که میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) یا الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) کمتری داشته باشد از کیفیت بالاتری برخوردار است (Baghdadi et al., 2017). رستمی و ملکی فراهانی (Rostami and Farahani, 2020) گزارش کردند که افزایش درصد تخلیه آب قابل‌استفاده باعث افزایش درصد پروتئین (CP)، درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب (WSC)، درصد فیبرهای شسته شده با شوینده‌های اسیدی در مقایسه با شاهد به ترتیب به میزان ۳۹/۲، ۳۰/۶ و ۳۹ گردید. همچنین جهانسوز و همکاران (Jahansouz et al., 2014) در آزمایشی بر روی سه محصول ذرت، سورگوم و ارزن بیان داشتند که CP، ADF، NDF و WSC در هر سه محصول با اعمال کم‌آبیاری افزایش یافت. سیف و همکاران (Seif et al., 2019) در تحقیقی در شهرستان کرج بر روی چند هیبرید ذرت اعلام نمودند که مقادیر صفات کیفی ذرت در اثر کاهش آبیاری افزایش یافته، کیفیت علوفه و کل مواد غذایی قابل‌هضم کاهش یافته است و هیبرید SC704 نسبت به سایر هیبریدها بیشترین عملکرد و هیبرید SC705 از کیفیت بهتری برخوردار بود. همچنین نصرالله زاده اصل و همکاران (Nasralehzadeh et al., 2021) در آزمایشی بر روی سه هیبرید ذرت در منطقه مغان به این نتیجه رسیدند که کمترین مقدار قندهای محلول مربوط به سینگل‌کراس ۷۰۴ بوده و این هیبرید را جزء هیبریدهای متحمل به خشکی معرفی نمودند. در تحقیقی که روزبهانی و همکاران (Rozbahani et al., 2018) بر روی هیبریدهای امیدبخش در استان مرکزی انجام داده بیان داشتند که هیبریدهای HIDO و H4 علاوه بر دارا بودن بالاترین وزن علوفه تازه از کیفیت علوفه مطلوبی نیز برخوردار بودند؛ درحالی‌که دو هیبرید تجاری KSC700 و KSC704 ازنظر ارزش کمی و کیفی علوفه با توجه به صفات اندازه‌گیری شده در جایگاه بعدی قرار داشتند.

با توجه به عملکرد بالای کمی و کیفی ذرت و وابستگی شدید ایران به واردات نهاده‌های دامی و از طرف دیگر نیاز آبی بالای آن، بایستی روش‌های کم‌آبیاری در زراعت ذرت موردتوجه قرار گیرد؛ همچنین کمبود منابع آبی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش سطح کشت ذرت در استان گلستان مطرح است. لذا این آزمایش جهت بررسی امکان صرفه‌جویی آب با استفاده از روش کم‌آبیاری و انتخاب بهترین هیبرید در این شرایط اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان واقع در ۵ کیلومتری شمال گرگان با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی انجام شد. ارتفاع از سطح دریا ۵ متر و میانگین دما و بارندگی ۱۵ ساله به ترتیب ۱۸/۱ درجه سانتی‌گراد و ۴۷۶/۱ میلی‌متر است. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. کم‌آبیاری در چهار سطح در کرت‌های اصلی (۱۰۰ درصد (شاهد)، ۷۵ درصد، ۵۰ درصد و ۲۵ درصد نیاز آبی در عمق توسعه ریشه) انجام شد و عامل فرعی شامل چهار رقم ذرت (SC703،SC704، ZP548 و BK50) بود که این ارقام در گروه دیررس بوده و طول دوره رویش ارقام تا برداشت علوفه ۸۰ تا ۹۰ روز بوده است. قبل از اجرای آزمایش به‌منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش، از اعماق مختلف نمونه‌برداری شد و نمونه‌ها در آزمایشگاه خاک تجزیه شدند (جدول ۱).

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table1. Physicochemical properties of the soil at experiment location

عمق خاک Soil depth	اسیدیته pH	کربن آلی Organic carbon	نیتروژن کل Total N	فسفر قابل دسترس Available p	پتاسیم قابل دسترس Available k	بافت خاک Soil texture	محتوی آب خاک Soil water content: نقطه اشباع Saturation point	ظرفیت زراعی Field Capacity	نقطه پژمردگی دائم Permanent wilting point
		------%------					----------volume%----------		
0-30	7.2	1.3	0.13	5.6	250	Loam-silty	52.2	27	12.3
30-60	7.3	0.6	0.6	2	108	Loam-clay silty	51.9	27.6	9.8

بر اساس نتایج این آزمون، نوع بافت خاک لوم سیلتی بود. آب موردنیاز از یک حلقه چاه واقع در مزرعه تحقیقاتی تأمین گردید، آب چاه دارای کیفیت مطلوب بوده و هیچ‌گونه محدودیتی برای استفاده در این تحقیق نداشت. میزان کود پایه (شامل سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم) موردنیاز بر اساس آزمون خاک قبل از کشت و کود اوره به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در طی دو مرحله (۶-۸ برگی و قبل از تاسل‌دهی) به‌صورت نواری در مزرعه مصرف شد. کشت در اول تیرماه ۱۴۰۰ و بر اساس تراکم ۶۶۶۶۶ بوته در هکتار انجام شد که با در نظر گرفتن ۲۰ سانتی‌متر روی خطوط کاشت و فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی‌متری به دست آمد. در هر کرت ۴ ردیف ۸ متری با دست و به‌صورت کپه‌ای کشت گردید و در مرحله ۳ برگی تنک شد و جهت کاهش اثرات سایه‌اندازی و نفوذ آب به کرت‌های مجاور در بین تیمارها دو متر حاشیه در نظر گرفته شد. عملیات داشت از قبیل وجین علف‌های هرز و مبارزه با آفات و بیماری‌ها بسته به نیاز در طول فصل زراعی انجام شد و جدول (۲) پارامترهای هواشناسی ایستگاه فرودگاه گرگان در طول فصل رشد، در طی سال ۱۴۰۰ را نشان می‌دهد.

اعمال تیمارهای کم‌آبیاری ۱۵ روز پس از کشت (باز شدن کامل سومین برگ) آغاز و تا زمان برداشت علوفه ادامه یافت. به‌منظور اندازه‌گیری آب موردنیاز برای گیاه سه روز پس از هر آبیاری، میزان رطوبت از طریق نمونه‌برداری با استفاده از آگر در عمق توسعه ریشه بر اساس مرحله رشدی ذرت (۳۰-۶۰ سانتی‌متر) از کرت‌های ۱۰۰ درصد نیاز آبی (شاهد)، در هیبریدها و تکرارهای مختلف گرفته و پس از انتقال به آزمایشگاه، در آون در درجه حرارت ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک گردیدند و بلافاصله پس از رسیدن به ۴۰ تا ۶۰ درصد رطوبت قابل‌استفاده، آبیاری انجام شد تا رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی حفظ شود. میزان رطوبت در دسترس گیاه بر اساس کرت‌های ۱۰۰ درصد به دست آمد و در سایر سطح تیمارهای خشکی بر اساس ضریب رطوبتی از قبل تعیین‌شده (۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد نیاز آبی) میزان آب آبیاری محاسبه گردید. آبیاری به‌صورت قطره‌ای با استفاده از نوارهای آبیاری تیپ انجام شد. جنس نوارهای آبیاری، پلی-اتیلن به قطر ۲۰ میلی‌متر و فاصله روزنه‌ها ۲۰ سانتیمتر و میزان خروجی آب از روزنه ۲ لیتر در ساعت بود.

جدول ۲. میانگین دمای حداقل و حداکثر و مجموع بارندگی در طی دوره کشت و مقایسه آن با آمار ۱۵ ساله در گرگان (منبع اداره کل هواشناسی استان گلستان- ایستگاه هواشناسی فرودگاه گرگان)

Table 2. Minimum and maximum temperature and total rainfall during the planting season and its comparison with 15-year statistics in Gorgan (Source: Golestan Meteorological Department - Gorgan Airport Meteorological Station)

		15 years Average میانگین ۱۵ ساله						
		Rainfall بارندگی		Temperature دما				
		میانگین Mean	۱۴۰۰ 2021	میانگین mean	حداکثر Max	حداکثر ۱۴۰۰ Max 2021	حداقل Min	حداقل ۱۴۰۰ Min 2021
		------MM------		----------(°C)----------				
June-July	تیر	23.1	28.2	28.7	34.4	37.2	23	24.1
July-Aguest	مرداد	14.4	3.9	29.1	34.9	36.5	23.3	24.7
Aguset-September	شهریور	22.2	2.8	26.8	32.9	34.5	20.7	23.1
September- october	مهر	62.8	58.2	21.3	27.7	25.5	14.9	15.3
October- november	آبان	46.1	41.7	15.1	21	18.8	9.2	6.8

حجم آب آبیاری در تیمارهای مختلف با استفاده از رابطه ۱ تعیین شد (Feyzbakhsh et al., 2015).

$$VW=(Fc-\theta)*Bd*a*d/Ea \quad [۱]$$

VWحجم آب موردنیاز آبیاری (مترمکعب): FC درصد رطوبت وزنی، BD جرم مخصوص ظاهری خاک مزرعه،θ درصد وزنی رطوبت خاک هنگام نمونه‌برداری، Ea راندمان آبیاری (۹۰ درصد)، d عمق ریشه (متر) و a مساحت کرت (۲۴ مترمربع) انجام شد. همچنین بهره‌وری مصرف آب از تقسیم عملکرد کل علوفه (کیلوگرم در هکتار) بر میزان آب مصرفی(مترمکعب در هکتار) به دست آمد (رابطه۲).

$$WUE=\frac{W_{biomass}}{W} \quad [۲]$$

برداشت در مرحله خمیری نرم و در تاریخ ۱۸ شهریور از دو خط وسط و با حذف نیم متر ابتدای ردیف انجام گردید و به تفکیک اندام (برگ، ساقه، بلال و پوست بلال) در آزمایشگاه جداگانه توزین شدند و وزن تر آن‌ها ثبت شد؛ سپس کلیه اندام‌ها (برگ، ساقه، بلال و پوست بلال) به تفکیک در درون پاکت‌های کاغذی و در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرارگرفته و سپس توزین شدند. نمونه‌های خشک‌شده آسیاب و از هر نمونه ۱۰ گرم برای اندازه‌گیری صفات کمی به آزمایشگاه سازمان جنگل‌ها و مراتع ارسال و صفات کیفی علوفه شامل درصد پروتئین خام (CF)، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)، درصد فیبر خام (CF) و درصد قندهای محلول (WSC) با استفاده از روش طیف‌سنجی مادون‌قرمز (ان آی آر) با دستگاه (PertenInformatic 8620) اندازه‌گیری گردید (Jafari et al., 2003; Afshon et al., 2021). آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1.3 و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

بیوماس کل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده کم‌آبیاری و هیبرید و برهمکنش کم‌آبیاری × هیبرید بر عملکرد بیوماس کل در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل کم‌آبیاری و هیبرید نشان داد که بیشترین عملکرد بیوماس کل مربوط به رقم SC703 با میانگین ۴۸۳۷۰ کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد (۱۰۰٪) و کمترین عملکرد در این تیمار مربوط به رقم BK50 به میزان ۳۹۱۸۹ کیلوگرم در هکتار بوده است و با اعمال تیمار کم‌آبیاری عملکرد بیوماس کل کاهش چشمگیری نشان داد (شکل ۱). بیوماس کل با همه صفات موردبررسی ازجمله وزن خشک کل (۰/۹۹۴**)، وزن خشک ساقه و برگ (۰/۹۹۵**)، وزن تر بلال (۰/۹۸۲**) و بهره‌وری مصرف آب (۰/۷۱۶**) رابطه مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۵). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که محدودیت آب باعث کاهش عملکرد علوفه می‌شود به‌طوری‌که در همه هیبریدها این کاهش مشهود است. در شرایط تنش خشکی، میزان فتوسنتز گیاه به علت

محدودیت‌های روزنه‌ای و غیرروزنه‌ای کاهش می‌یابد (Afshon et al., 2021). سلیمان‌پور و همکاران (Solymanpour et al., 2021) اعلام نمودند که با کاهش ۱۵ و ۳۰ درصدی نیاز آبی، عملکرد علوفه تر به ترتیب ۱۴/۳ و ۲۸/۱ درصد نسبت به آبیاری کامل کاهش عملکرد نشان داد. اثر تنش آبی بر عملکرد علوفه تر مهم است و این نتایج باید ازنظر آبیاری اقتصادی موردتوجه قرار گیرد (Buyuktas et al., 2020). سیف و همکاران (Seif et al., 2019) اعلام نمودند که عملکرد علوفه‌تر ذرت در تنش خشکی ملایم (۴۵۱۳۳ کیلوگرم در هکتار) و شدید (۳۸۱۴۸ کیلوگرم در هکتار) نسبت به رژیم آبیاری نرمال (۵۶۹۵۴ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب ۲۱ و ۳۳ درصد کاهش یافت. نتایج به‌دست‌آمده با سایر محققان (Afshon et al., 2021; Buyuktasa et al., 2020; Daneshvar Rad et al., 2021) همخوانی دارد.

وزن تر بلال

نتایج تجزیه واریانس مبین این بود که اثرات ساده کم‌آبیاری، هیبرید و برهمکنش کم‌آبیاری× هیبرید بر صفت وزن‌تر بلال در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل کم‌آبیاری و هیبرید نشان داد که بیشترین عملکرد وزن‌تر بلال مربوط به رقم SC703 با میانگین ۱۵۱۷۵/۴ کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد (۱۰۰٪) و کمترین عملکرد در این تیمار مربوط به رقم BK50 به میزان ۱۰۶۵۳/۱ کیلوگرم در هکتار بوده است و با اعمال تیمار کم-آبیاری عملکرد وزن تر بلال کاهش چشمگیری نشان داد (شکل ۲). ضرایب همبستگی بین وزن تر بلال با همه صفات موردبررسی ازجمله وزن بیوماس کل (۰/۹۸۲**)، وزن خشک کل (۰/۹۷۱**) و بهره‌وری مصرف آب (۰/۷۲۸**) رابطه مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۵). تنش کم‌آبی به‌طور معنی‌دار باعث کاهش عملکرد وزن کل بلال می‌گردد. تنش خشکی با کاهش سطح برگ، پیری زودرس برگ، کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دلیل افت پتانسیل فشاری و کوتاه شدن دوره رشد زایشی برای گیاه محدودیت منبع ایجاد می-کند و با افزایش سقط‌جنین در زمان گل‌دهی، کاهش تعداد بذر و کاهش تعداد و اندازه بلال محدودیت مخزن می‌کند و درمجموع با کاهش اجزای عملکرد از عملکرد نهایی می‌کاهد (Aghaei et al., 2021).

وزن تر ساقه و برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده کم‌آبیاری و هیبرید بر وزن تر ساقه و برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود و برهمکنش کم‌آبیاری × هیبرید بر این صفت در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات کمی و کیفی علوفه ذرت

Table 3. Analysis of variance Quantitative and qualitative traits of corn forage

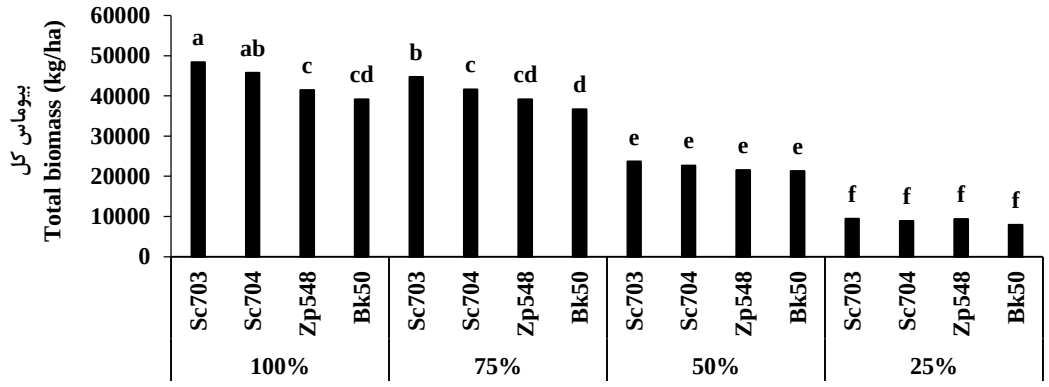
منابع تغییر S.O.V	df	بیوماس کل Total biomass	وزن تر بلال Fresh cob weight	وزن تر ساقه و برگ Fresh weight of stems and leaves	وزن خشک کل Tottal Dry matter	بهره‌وری مصرف آب WUE
تکرار Replication	2	11352705*	347111ns	8455137*	303548.1ns	0.11ns
کم‌آبیاری Low Irrigation (I)	3	3193662874**	339015182**	1452110304**	262188383.4**	8.4**
خطای a E(a)	6	3557178	357928	2211331	227990.6	0.14
هیبرید Hybrid(H)	3	63056297**	17166588**	28497512**	8293499.4**	1.27**
کم‌آبیاری*هیبرید I * H	9	9817257**	1751167**	5055457*	1345316.3**	0.09ns
خطای b E(b)	24	2873968	404761.7	2170934	383626.1	0.12
ضریب تغییرات CV (%)		*5.87*	*7.46*	*7.24*	*7.48*	*7.23*

Table 3. Continued **جدول ۳. ادامه**

منابع تغییر S.O.V	df	پروتئین خام CP	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF	الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF	فیبر خام CF	کربوهیدرات‌های محلول در آب WSC
تکرار Replication	2	0.04^{ns}	21.26^{*}	2.32^{ns}	22.42^{**}	1.84^{ns}
کم‌آبیاری Low Irrigation (I)	3	14.94^{**}	67.32^{**}	65.95^{**}	20.9^{**}	93.47^{**}
خطای a E(a)	6	0.87	68.38	21.44	7.34	8.19
هیبرید Hybrid (H)	3	2.10^{*}	2.85^{ns}	31.81^{*}	16.24^{**}	1.54^{ns}
کم‌آبیاری*هیبرید I * H	9	0.22^{ns}	2.77^{ns}	14.72^{ns}	0.94^{ns}	2.71^{ns}
خطای b E(b)	24	0.47	4.5	7.41	1.62	5.6
ضریب تغییرات CV (%)		*11.47*	*8.83*	*6.41*	*5.64*	*6.82*

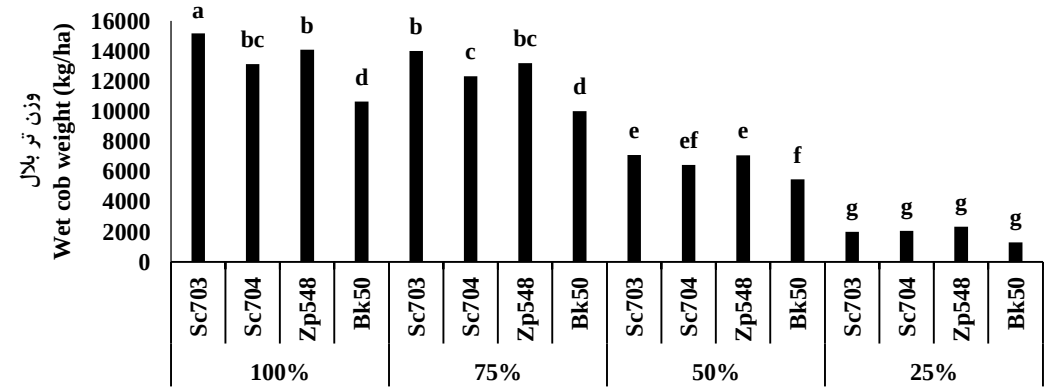
*، ** و n.s به ترتب معنی‌دار و غیر معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

ns, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.



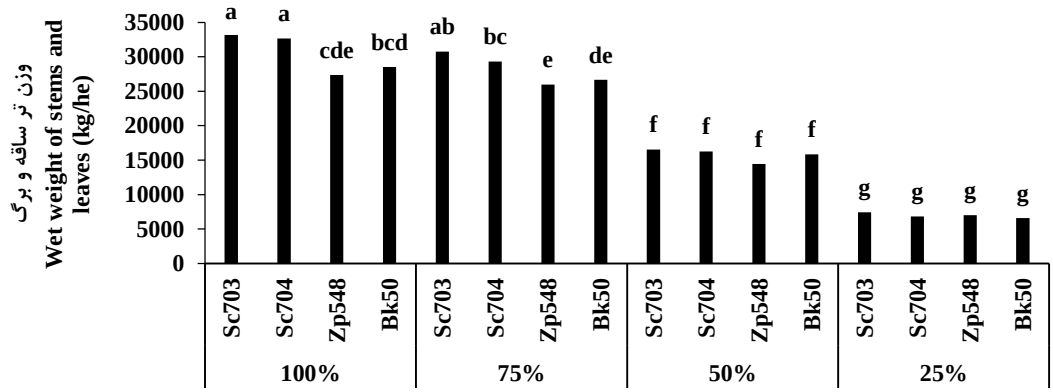
شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل کم‌آبیاری× هیبرید بر بیوماس کل (ستون‌های با حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی-داری ندارند).

Fig. 1. Comparison of the mean interaction of low irrigation × hybrid on total biomass (The columns with the same letters are not significantly different).



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل کم‌آبیاری× هیبرید بر وزن تر بلال (ستون‌های با حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی-داری ندارند).

Fig. 2. Comparison of the mean interaction of low irrigation × hybrid on fresh weight of cob (The columns with the same letters are not significantly different).



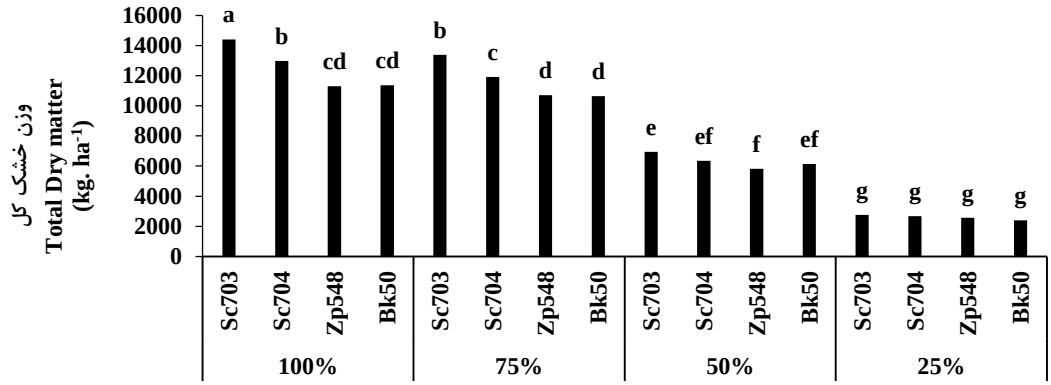
شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل کم‌آبیاری× هیبرید بر وزن تر ساقه و برگ (ستون‌های با حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند).

Fig. 3. Comparison of the mean interaction of low irrigation × hybrid on fresh weight of stem and leaf (The columns with the same letters are not significantly different).

مقایسه میانگین اثرات متقابل کم‌آبیاری و هیبرید نشان داد که بالاترین میانگین عملکرد وزن‌تر ساقه و برگ مربوط به تیمار شاهد (۱۰۰٪) بوده و با اعمال تیمار کم‌آبیاری عملکرد کاهش نشان داد و هیبرید SC703 در آبیاری کامل بالاترین وزن‌تر ساقه و برگ (۳۳۱۹۵ کیلوگرم در هکتار) را داشت که با عملکرد هیبرید SC704 (۳۲۶۴۵ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی‌داری نشان نداد (شکل ۳). وزن تر ساقه و برگ با همه صفات موردبررسی ازجمله وزن بیوماس کل (۰/۹۹۵**)، وزن خشک کل (۰/۹۹۲**) و بهره‌وری مصرف آب (۰/۷۰۰**) رابطه مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۵). در شرایط کم‌آبیاری فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه ازجمله مقدار محتوای نسبی آب برگ کاهش می‌یابد، این کاهش که وابسته به مقدار آب قابل‌دسترس است، بر روابط آبی سلول و پتانسیل‌های مرتبط با آن تأثیرگذار است درنتیجه سبب به تأخیر انداختن رشد طولی از طریق کاهش ابعاد سلول می‌شود (Fazeli Kakhki et al., 2020). محققان نتیجه گرفتند که سه عامل مهم در محاسبه تولید ذرت که در شرایط کمبود آبی بسیار مهم بوده سطح بـرگ، وزن برگ و وزن اندام‌های هوایی است (Hayati et al., 2020). در شرایط تنش خشکی ارتفاع بوته و تعداد برگ در بوته کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند که این امر درنهایت باعث کاهش وزن تر و خشک گیاه در شرایط تنش می‌گردد (Aghaei et al., 2021).

وزن خشک کل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده کم‌آبیاری، هیبرید و برهمکنش کم‌آبیاری × هیبرید بر صفت وزن خشک کل در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل کم‌آبیاری و هیبرید نشان داد که بالاترین میانگین عملکرد وزن خشک کل مربوط به تیمار شاهد (۱۰۰٪) بوده و با اعمال تیمار کم‌آبیاری عملکرد کاهش نشان داد و هیبرید SC703 در آبیاری کامل بالاترین عملکرد وزن خشک کل به میزان ۱۴۴۰۵/۷ کیلوگرم در هکتار را داشت از طرفی هیبرید BK50 با عملکرد ۲۳۹۶ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد وزن خشک کل در تیمار ۲۵ درصد آبیاری داشت (شکل ۴). ضرایب همبستگی بین وزن خشک کل با همه صفات موردبررسی ازجمله وزن بیوماس کل (۰/۹۹۴**)، وزن خشک ساقه و برگ (۰/۹۹۵**) و بهره‌وری مصرف آب (۰/۷۰۹**) رابطه مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۵). با افزایش سطوح تنش کم‌آبیاری وزن خشک علوفه کم شده و بیشترین وزن خشک علوفه (۴۰۰ گرم در بوته) در شرایط آبیاری کامل مشاهده شد (Rostami and Maleki Farahani., 2020). نتایج مقایسه میانگین وزن خشک بوته تحت تأثیر فاکتور تنش خشکی مبین این بود که با اعمال تنش خشکی، وزن خشک بوته نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد (Aghaei et al., 2021). واسایا و همکاران (Wasaya etal., 2021) در سه شرایط آبیاری در اسلام‌آباد پاکستان بیان نمودند که با افزایش تنش خشکی به‌طور قابل‌توجهی وزن اندام هوایی و وزن خشک آن‌ها کاهش یافت. کاهش عملکرد وزن خشک کل براثر کم‌آبیاری با نتایج سایر محققین (Palash et al., 2021; Biglouei et al., 2013; Daneshvar Rad et al., 2021) هماهنگ است.



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل کم‌آبیاری× هیبرید بر وزن خشک کل (ستون‌های با حروف مشابه ازلحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند).

Fig. 4. Comparison of the mean interaction of low irrigation × hybrid on total dry weight (The columns with the same letters are not significantly different).

بهره‌وری مصرف آب

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده کم‌آبیاری و هیبرید بر بهره‌وری مصرف آب در سطح یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر متقابل کم‌آبیاری × هیبرید بر بهره‌وری مصرف آب معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین سطوح کم‌آبیاری نشان داد که در ازای میزان آب مصرفی، تیمار ۷۵ درصد آبیاری موردنیاز با ۵/۹۹ کیلوگرم بر مترمکعب بیشترین بهره‌وری را داشت (جدول ۴). از طرفی بیشترین بهره‌وری مصرف آب در بین هیبریدهای موردبررسی مربوط به هیبرید SC703 با ۵/۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود که با هیبرید SC704 و ZP548 تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). بهره‌وری مصرف آب با همه صفات موردبررسی ازجمله وزن بیوماس کل (۰/۷۱۶**)، وزن خشک کل (۰/۷۰۹**) و وزن تر بلال (۰/۷۲۸**) رابطه مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۵). بهره‌وری مصرف آب بسته به نوع محصول، شیوه آبیاری، اقلیم و نوع خاک محل آزمایش، سرعت تبخیر و مقدار آب قابل‌دسترس گیاه متفاوت است (Mirshekarnezhad et al., 2020). همچنین عامریان و همکاران (Amerian et al., 2021) بیشترین بهره‌وری مصرف آب را در ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه ذرت در روش آبیاری قطره‌ای اعلام نمود. دلیل کاهش بهره‌وری مصرف آب را می‌توان کاهش معنی‌دار بیوماس کل که با کاهش میزان برگ، بلال و ساقه با اعمال تیمارهای کم‌آبیاری به دست آمد اعلام نمود که با نتایج تحقیقات برخی محققین (Palash et al., 2021; Khalili et al., 2021; Budakli Çarpici et al., 2017) مطابقت دارد.

پروتئین خام (CP)

نتایج تجزیه واریانس مبین این بود که اثرات ساده کم‌آبیاری و هیبرید بر پروتئین خام در سطح یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر متقابل کم‌آبیاری× هیبرید بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات کم‌آبیاری بر صفت پروتئین خام نشان داد که افزایش معنی‌داری در تیمارهای کم‌آبیاری مشاهده شد، به‌طوری‌که بیشترین پروتئین خام در تیمار آبیاری ۲۵ درصد با ۷/۲۷ درصد بود که با تیمار ۵۰ درصد آبیاری تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین پروتئین خام مربوط به آبیاری ۱۰۰ درصد آب موردنیاز بود (جدول ۴). از طرفی بیشترین پروتئین خام در بین هیبریدهای موردبررسی مربوط به هیبرید ZP548 با ۶/۴۱ درصد بود (جدول ۴). پروتئین خام با همه صفات عملکرد علوفه ازجمله وزن بیوماس کل (۰/۷۴۷**-)، وزن خشک کل (۰/۳۹۰**-) و وزن تر بلال (۰/۷۱۰**-) همبستگی منفی و معنی‌دار و با صفات بیوشیمیایی ازجمله فیبر خام (۰/۳۲۶**) و کربوهیدرات‌های محلول در آب (۰/۷۶۵**) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۵). در شرایط تنش سلول‌های گیاهی به‌منظور افزایش پتانسیل اسمزی، سنتز برخی اسمولایت سازگار و پروتئین‌های ویژه را در داخل سلول افزایش می‌دهند (Fazeli Kakhki et al., 2020). نسبت پروتئین یک معیار کیفیت مهم در ذرت سیلو است (Öner and Gunes, 2019). در شرایطی که گیاه با کمبود آب مواجه شود، جهت کاهش اثرات منفی تنش خشکی در سلول‌های گیاهی، میزان تولید پرولین (نوعی اسیدآمینه) افزایش می‌یابد (Afshon et al., 2021). همچنین با توجه به افزایش فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانی آنزیمی در شرایط تنش خشکی، محتوای

پروتئین کل نسبت بـه شـرایط نرمـال افزایش می‌یابد این در حالی است که در شرایط نرمال گیاه انـرژی کمتری را صـرف سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی نموده و بیشتر انرژی را صرف افزایش فتوسنتز و تولید ماده خشک می‌نماید (Hayati et al., 2020). تنش خشکی شدید باعث افزایش میزان پروتئین خام علوفه، درصد NDF، درصد ADF و قندهای محلول کل می‌گردد (Rostami and Maleki Farahani; 2020).

الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF)

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که اثرات ساده کم‌آبیاری بر الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در سطح یک درصد معنی‌دار بود؛ ولی اثر هیبرید و اثر متقابل کم‌آبیاری× هیبرید بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات کم‌آبیاری و هیبرید بر صفت الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین سطوح کم‌آبیاری و هیبرید مشاهده نشد (جدول ۴). الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با همه صفات عملکرد علوفه ازجمله وزن بیوماس کل (**۰/۴۹۸-)، وزن خشک کل (**۰/۴۲۰-) و وزن تر بلال (**۰/۴۸۱-) همبستگی منفی و معنی‌دار و با صفات بیوشیمیایی ازجمله فیبر خام (**۰/۷۳۵) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (**۰/۶۹۶) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۵). ADF از سلولز و لیگنین تشکیل‌شده و نشان‌دهنده قابلیت هضم مواد مغذی است. قابلیت هضم سلولز متفاوت ولی مقدار بالای لیگنین تأثیر منفی بر قابلیت هضم سلولز دارد و هرچه نرخ ADF کمتر باشد، قابلیت هضم بیشتر است (Öner and Gunes; 2019). افزایش معنی‌دار میانگین درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در شرایط کم‌آبیاری (۲۷/۲۶) نسبت به شاهد (۲۱/۹۲ درصد) با نتایج تحقیقات محققین دیگر (Nematpour et al., 2021; Balazadeh et al., 2021; Daneshvar Rad et al., 2021) مطابقت دارد.

جدول ۴. مقایسه میانگین‌های صفات کمی و کیفی علوفه ذرت

Table 4. Means comparison or quantitative and qualitative traits of forage maize

تیمارها Treatments		بیوماس کل Total biomass	وزن تر بلال Wet cob weight	وزن تر ساقه و برگ Wet weight of stems and leaves	وزن خشک کل Tottal Dry matter	بهره‌وری مصرف آب WUE
		kg/ha				Kg/m3
کم‌آبیاری Low Irrigation	100%	43692.4^{a}	13262.1^{a}	30430.3^{a}	12511.2^{a}	4.83^{b}
	75%	40563.9^{b}	12381.1^{b}	28182.8^{b}	11661.8^{b}	5.99^{a}
	50%	22300^{c}	6532^{c}	15768^{c}	6313.1^{c}	4.93^{b}
	25%	8900^{d}	1931^{d}	6968.3^{d}	2593.3^{d}	3.94^{c}
هیبرید Hybrid	Sc703	31559.2^{a}	9576^{a}	21983.2^{a}	9372.2^{a}	5.18^{a}
	Sc704	29752.8^{b}	8489.4^{b}	21263.4^{a}	8452^{b}	5.10^{a}
	Zp548	27875^{c}	9177.8^{a}	18697.3^{b}	7620.6^{c}	4.96^{a}
	Bk50	26269.4^{d}	6863.8^{c}	19405.6^{b}	7634.6^{c}	4.45^{b}

جدول ۴. ادامه

Table 4. Continued

تیمارها Treatments		پروتئین خام CP	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF	الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF	فیبر خام CF	کربوهیدرات‌های محلول در آب WSC
		%				
کم‌آبیاری Low Irrigation	100%	4.87^{b}	21.92^{a}	39.99^{b}	20.99^{b}	31.95^{c}
	75%	5.32^{b}	22.67^{a}	40.94^{ab}	22.26^{ab}	32.91^{bc}
	50%	6.62^{a}	24.26^{a}	43.89^{ab}	22.92^{ab}	35.7^{ab}
	25%	7.27^{a}	27.26^{a}	44.92^{a}	24.16^{a}	38.11^{a}
هیبرید Hybrid	Sc703	6.28^{ab}	24.5^{a}	42.49^{ab}	22.50^{b}	34.26^{a}
	Sc704	5.85^{bc}	23.99^{a}	42.46^{ab}	22.04^{b}	34.50^{a}
	Zp548	6.44^{a}	23.36^{a}	40.40^{b}	21.56^{b}	35.08^{a}
	Bk50	5.51^{c}	24.25^{a}	44.39^{a}	24.23^{a}	34.83^{a}

میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ با هم ندارند

Mean with the same letter(s) is not significantly different using LSD multiple range tests ($P \leq 0.05$).

الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)

نتایج تجزیه واریانس مبین این بود که اثرات ساده کم‌آبیاری و هیبرید بر الیاف نامحلول در شوینده خنثی به ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار بود ولی برهمکنش کم-آبیاری× هیبرید بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات کم‌آبیاری و هیبرید بر صفت الیاف نامحلول در شوینده خنثی نشان داد با افزایش سطوح کم-آبیاری میزان این صفت افزایش می‌یابد و بیشترین الیاف نامحلول در شوینده خنثی مربوط به ۲۵ درصد آبیاری بود، همچنین در هیبرید BK50 بیشترین درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی مشاهده شد (جدول ۴).

الیاف نامحلول در شوینده خنثی با همه صفات عملکرد علوفه ازجمله وزن بیوماس کل (**۰/۵۲۷-) و وزن تر بلال (**۰/۵۸۲-) همبستگی منفی و معنی‌دار و با صفات بیوشیمیایی ازجمله فیبر خام (**۰/۶۲۵) و پروتئین خام (**۰/۴۹۳) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۵). افزایش غلظت NDF در بافت‌های رویشی تحت تنش خشکی منطق بیولوژیکی دارد (Ferreira et al., 2021). NDF نشان‌دهنده تمام مواد مغذی دیواره سلولی (کربوهیدرات‌های ساختاری) است (Öner and Gunes; 2019). از طرفی وقتی NDF افزایش می‌یابد، کیفیت و مصرف ماده خشک به‌طورکلی کاهش می‌یابد (Piri et al., 2018). این نتایج با یافته‌های سایر محققین (Nematpour et al., 2021; Ferreira et al., 2021; Daneshvar Rad et al., 2021) مطابقت دارد.

جدول ۵. ضرایب همبستگی بین صفات کمی و کیفی علوفه ذرت

Table 5. Correlation coefficients between quantitative and qualitative traits of maize forage

	TB	WCW	WWSL	TDM	WUE	CP	ADF	NDF	CF	WSC
TB	1	0.982**	0.995**	0.994**	0.716**	-0.747**	-0.498**	-0.527**	-0.503**	-0.726**
WCW		1	0.961**	0.971**	0.728**	-0.710**	-0.481**	-0.582**	-0.533**	-0.730**
WWSL			1	0.992**	0.700**	-0.755**	-0.500**	-0.493**	-0.481**	-0.715**
TDM				1	0.709**	-0.390**	-0.420**	-0.437**	-0.372**	-0.464**
WUE					1	-0.745**	-0.492**	-0.513**	-0.493**	-0.718**
CP						1	0.474**	0.493**	0.326*	0.765**
ADF							1	0.696**	0.735**	0.333*
NDF								1	0.625**	0.366*
CF									1	0.367*
WSC										1

*و **و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

ns, *, **: non-significant and significant at 0.05% and 0.01% of probability levels, respectively.

TB: Total biomass, WCW: Wet cob weight, WWSL: Wet weight of stems and leaves, TDM: Tottaly Dry mateer, WUE: Water use efficiently, CP: Crude protein, ADF: Insoluble fibers in acidic detergents, NDF: Insoluble fibers in neutral detergent, CF: Crude fiber, WSC: Water soluble carbohydrates

فیبر خام (CF)

نتایج تجزیه واریانس فیبر خام نشان داد که اثرات ساده کم-آبیاری و هیبرید بر فیبر خام در سطح یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر متقابل کم‌آبیاری× هیبرید بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات کم‌آبیاری بر صفت فیبر خام نشان داد که کاهش معنی‌داری در تیمارهای کم-آبیاری مشاهده شد، به‌طوری‌که بالاترین درصد فیبر خام در تیمار ۲۵ درصد آبیاری با ۲۴/۱۶ بود و کمترین فیبر خام مربوط به آبیاری کامل بود (جدول ۴). از طرفی بیشترین فیبر خام در بین هیبریدهای موردبررسی مربوط به هیبرید BK50 با ۲۴/۲۳ بود (جدول ۴). ضرایب همبستگی بین فیبر خام با همه صفات موردبررسی ازجمله وزن بیوماس کل (**۰/۵۰۳-) و وزن تر بلال (**۰/۵۳۳-) رابطه منفی و معنی‌داری داشت و با صفات بیوشیمیایی ازجمله الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (**۰/۷۳۵) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (**۰/۶۲۵) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۵). تنش آبی و متعاقب آن کمبود رطوبت در ناحیهٔ ریشه، منجر به کاهش سرعت انتشار و جریان توده‌ای می‌شود؛ بنابراین جذب مواد غذایی توسط ریشه‌های گیاه کاهش می‌یابد

ازاین‌رو، ضخامت دیواره سلولی در نتیجه انباشت الیاف سلولزی بیشتر می‌شود (Afshon et al., 2021).

کربوهیدرات‌های محلول در آب (WSC)

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که اثرات ساده کم‌آبیاری بر کربوهیدرات‌های محلول در آب در سطح یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر هیبرید و اثر متقابل کم‌آبیاری× هیبرید بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات کم‌آبیاری بر صفت کربوهیدرات‌های محلول در آب نشان داد که با افزایش کم‌آبیاری میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب افزایش یافت (جدول ۴). کربوهیدرات‌های محلول در آب با همه صفات عملکرد علوفه ازجمله وزن بیوماس کل (۰/۷۲۶**-) و وزن تر بلال (۰/۷۳۰**-) همبستگی منفی و معنی‌دار و با صفات بیوشیمیایی ازجمله پروتئین خام (۰/۷۶۵**) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۵). پژوهشگران عنوان کرده‌اند کربوهیدرات‌های محلول که متشکل از برخی قندهای ساده محلول بوده، از قابلیت هضم بالایی برخوردار هستند (Hossaini et al., 2021). این نتایج با یافته‌های سایر محققین (Daneshvar Rad et al., 2021; Rostami and Maleki Farahani; 2020; Balazadeh et al., 2021) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به فراوانی وقوع تنش خشکی و کمبود آب در ایران، شناسایی بهترین رژیم آبیاری و رقم ضروری است که می‌تواند ازنظر تولید برای کشاورزان راهگشا باشد. نتایج این بررسی نشان داد که عامل کم‌آبیاری بر روی همه صفات موردبررسی معنی‌دار بود. درحالی‌که اثر هیبریدهای موردبررسی بر روی همه صفات موردبررسی به‌غیراز الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و کربوهیدرات‌های محلول در آب معنی‌دار بود. همچنین برهمکنش کم‌آبیاری و هیبرید فقط بر صفات عملکردی علوفه معنی‌دار بود. در بین هیبریدهای موردبررسی، هیبریدهای SC703 و BK50 به ترتیب دارای بیشترین و کمترین عملکرد علوفه در واحد سطح بودند. عملکرد علوفه همبستگی مثبت و معنی‌داری با اکثر صفات عملکردی مخصوصاً وزن تر بلال، وزن تر ساقه و برگ داشت، همچنین در این تحقیق با کم‌آبیاری در سطح ۷۵ درصد آبیاری کل، بهره‌وری مصرف آب افزایش ولی عملکرد کاهش یافت بااین‌حال هیبرید SC703 با تیمار کم‌آبیاری در سطح ۷۵ درصد نیاز آبی کامل در منطقه گرگان جهت تولید علوفه توصیه می‌شود.

منابع

Afshon, E., Moghasam, H., Jahansooz, M.R., Soufizadeh, S., Oveisi, M., 2021. Effect of tillage, water stress and nitrogen fertilizer on forage quality of maize in Karaj. Iranian Journal of Field Crop Science. 52(3), 25-40. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/IJFCS.2020.295521.654681

Aghaei, P., Visani., V., Dyanat, M., 2021. The effect of potassium nanosilicate on the growth and yield of maize (*Zea mays* L.) under drought stress. Environmental Stress in Crop Science, 14(2), 331-345. [In Persian]. https://doi.org/10.22077/escs.2019.2719.1715

Amerian, M., Hashemi, S.E., karami, A., 2021. Effect of deficit drip irrigation on yield and water use efficiency of single cross corn 704. Journal of Water Research in Agriculture (Soil and Water Sci.) 35(3), 247-258. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/JWRA.2021.352290.832

Baghdadi, A., Balazadeh, M., Kashani, A., Golzardi, F., Gholamhoseini, M., Mehrnia, M., 2017. Effect of pre-sowing and nitrogen application on forage quality of silage corn. Agronomy Research. 15, 11–23. https://www.researchgate.net/publication/311800084

Balazadeh, M., Zamanian, M., Golzardi, F., Mohammadi Torkash vand. A., (2021). Effects of limited irrigation on forage yield, nutritive value and water use efficiency of persian clover (*Trifolium Resupinatum*) compared to berseem clover (*TrifoliumAlexandrinum*). Communications in Soil Science and Plant Analysis. https://doi.org/10.1080/00103624.2021.1900228

Bonea, D., 2020. Screening fordrough tolerance in maize hybrids using new indices based on resillence and production capacity. Scientific Papers Series Management, Economic

Engineering in Agriculture and Rural Development. 20(3), 151-156.

Budakli Çarpici, E., Kuşçu, H., Karasul, A., Öz. M., 2017. Effect of drip irrigation levels on dry matter yield and silage quality of maize (*zea mays* L.). Romanian Agricultural Research. 34, 293-299

Biglouei, M, H., Kafi Ghasemi, A., JavaherDashti, M., Esfahani, M., 2013. Effect of irrigation regimes on yield and quality of forage maize (KSC 704) in Rasht region in Iran. Iranian Journal of Crop Sciences. 15, 196-206. [In Persian].

Buyuktas, D., Bastug, R., Ozen, N., Aydinsakir, K., Karaca, C., Curek, M., Erda, S., 2020. Evapotranspiration, yield and silage qualitycharacteristics of three maize hybrids grown under Mediterranean conditions. Archives of Agronomy and Soil Science. https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1795138

Daneshvar Rad, R., Heidari Sharifabad, H., Torabi, M., Azizinejad, R., Salemi, H.r., Heidari Soltanabadi, M., 2021. Impact of drought stress on biochemical responses, energy, and water productivity on maize forage (*Zea mays* L.). SN Applied Sciences. 3, 834. https://doi.org/10.1007/s42452-021-04813-z

Fareghi, Sh., Saeidi, Gh., Mirlohi, A., 2021., Evaluation of water deficit tolerance indices in new hybrids of maize (*Zea mays* L.) with SIMMYT origin, Journal of Crop Production and Processing. 11(1), 39-54. https://doi.org/10.47176/jcpp.11.1.21734

Fazeli Kakhki, S.F., Goldani, M., Jolaini, M., 2020. Investigation of changes in some morphophysiological traits, yield and quality indices of two kochia ecotype (*kochia scoparia*) under low irrigationconditions. Iranian Journal of Irrigation and Drainage. 6(13), 1783-1793

Ferreira, G., Martin, L, L., Teets, C, L., Corl, B, A., Hines, S, L., Shewmaker, G, E., de Haro-Marti, M, E., Chahine, M., 2021. Effect of drought stress on in vitro neutral detergent fiber digestibility of corn for silage. Animal Feed Science and Technology, 273, 114803. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114803

Feyzbakhsh, M, T., Kamkar, B., Mokhtarpour, H., Esmaeil Asadi, M., 2015. Effect of soil water management and different sowing dates on maize yield and water use efficiency under drip irrigation system. Archives of Agronomy and Soil Science. https://doi.org/10.1080/03650340.2015.1019345

Hassan, A., Durrani, L, A., 2021. Exogenous application of gibberellic acid and selenium to endorse quality and yield of fodder maize under rainfed conditions. World Journal of Advanced Research and Reviews. 12, 291–305. https://doi.org/10.30574/wjarr.2021.12.2.0567

Hayati, M., Maleki, A., Mozaffari, A., Babaei, F., 2020. Simultaneous effects of deficit irrigation and transpiration reducer on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.) Single Cross 704. Journal of Agroecology, 12(3), 389-411-. [in Persian]. https://doi.org/10.22067/jag.v12i3.74753

Hosseini, S.N., Jalilian, J., Gholinezhad, E., 2021. Impact of some stress modulators on morphological characteristics, quantitative and qualitative traits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) forage under water-deficit stress. Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production. 31(2), 111-128. [In Persian].

Jafari, A., Connolly, V., Frolich, A., Walsh, E, K., 2003. A note on estimation of quality in perennial ryegrass by near infrared spectroscopy. Irish journal of agricultural and food research, 42(2), 293-299.

Jahansouz, M. R., Keshavarz Afshar, R., Heidari, H., Hashemi, M., 2014. Evaluation of yield and quality of sorghum and millet as alternative forage crops to corn under normal and deficit irrigation regimes. Jordan Journal of Agricultural Sciences. 10(4), 699-715. https://www.researchgate.net/publication/274698120

Khalili, F., Aghayari, F., Ardakani, M. R., 2021. Simultaneous impact of deficit irrigation methods and superabsorbent polymer on morphological, physiological and yield characteristics of corn. Journal of Soil and Water Knowledge. 31(3), 15-29. [In Persian]. https://doi.org/10.22034/WS.2021.12198

Mirshekarnezhad, B., Paknejad, F., Amiri, E., Ardakani, M, R., Ilkaee, M, N., 2020. The effect of planting date and different irrigation regimes on yield and irrigation efficiency in grain maize Enviornment stress in crop scinces.13(2), 547-557. https://doi.org/10.22077/escs.2020.2156.1540

Nasralehzadeh Asl, V., Shiri, M.r., Moharmenjad, S., Yousefi, M., Baghbani, F.2016. The effect of drought stress on crop characteristics and Biochemistry of three maize hybrids. Scientific Research Quarterly Journal of Crop Physiology. Islamic Azad University of Ahvaz. 8(32), 45-60

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, 351–361 https://doi.org/10.1007/s42106-021-00142-8

Öner, F., Güneş, A., 2019. Determination of silage yield and quality characteristics of some maize (*Zea mays* L.) varieties. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty. 16, 42-50. https://doi.org/10.33462/jotaf.516865

Palash, M., Bafkar, A., Farhadi Bansouleh, B., Ghobadi, M., 2021. Effects of deficit irrigationon, quantity, quality characteristics and water productivity in grain maize (KSC 706) in Kermanshah, Advanced Technologies in Water Efficiency. 1. 68-88. [In Persian]. https://doi.org/10.22126/ATWE.2021.6686.1003

Parhizkari, A., mozaffari, m. M., khaki, M., Taghizade Ranjbari, H., 2015. Optimal allocation of water and lands resources in the Roudbar Alamout region using the FGFP model. Journal of water and soil resources protection. 4(4), 11-24. [In Persian].

Piri, H., Ansari, H., Parsa, M., 2018. The interaction effect of salinity, drought and harvesting dates on yield, quality and efficiency of forage sorghum in subsurface drip irrigation. irrigation sciences and engineering. 41(1), 99-114. [In Persian]. https://doi.org/10.22055/JISE.2018.13454.

Rostami, T., Maleki Farahani, S., 2020. The impact of applying mycorrhiza and surfactant on forage characteristics of maize under deficit irrigation. Journal of crops improvement. 22(3), 333-344 [In Persian]. https://doi.org/10.22059/jci.2020.289928.2277

Rozbahani, A., Besaki, T., Kerami, S., Azizi, F., 2018. Evaluation of commercial and promising forage maize hybrids under Markazi province climatic condition. Journal of Agricultural Applied Research, 31(1), 79-92

Sarshad, A., Talei, D., Torabi, M., Rafiei, F., Nejatkhah, P., 2021. Morphological and biochemical responses of Sorghum bicolor L. Moench under drought stress. SN Applied Sciences. 3, 81. https://doi.org/10.1007/s42452-020-03977-4

Seif, F., Azizi, F., Pakenjad, F., Kashani, A., Shahabifar, M., 2019. Evaluation of the effect of drought stress and clinoptilolite on yield and quality of silage maize hybrids. Scientific Journal of Crop Physiology. Islamic Azad University. Ahvaz Branch. 42, 127-146. [In Persian].

Solymanpour, S., Sam Deliri, M., Moballeghi, M., Mousavi Mirkalaei, A, A., 2021. The effect of drought stress management by hormones and zinc on forage yield of *Zea mays* L. 704 in Isfahan Province. Journal of Plant Environmental Physiology, 61, 106-118. [In Persian]. https://doi.org/10.30495/iper.2021.679534

Wasaya, A., Affan, M., Ahmad Yasir, T., Atique-ur.R., Mubeen, K., Rehman, H.u., Ali, M., Nawaz, F., Galal, A., Iqbal, M.A., 2021.Foliar potassium sulfate application improved photosynthetic characteristics water relations and seedling growth of dought-stressed maize., Atmosphere (Mdpi). 12(6),663. https://doi.org/10.3390/atmos12060663