Vol 25, No. 4, Winter 2023

University of Tehran Press

Journal of Crops Improvement

Online ISSN: 2345-6957

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

Study Effect of Irrigation Method and Level on Yield, Water Use Efficiency and Quality of Alfalfa

Hossein Shamsi Mahmodabadi[1]✉ | **Vahdat Barkhordari**[2] | **Esmaeil Moghbeli Dameneh**[3]

1. Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Maybod Branch, Maybod, Iran. E-mail: shamsi_35@ maybodiau.ac.ir
2. Department of Agronomy, faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Maybod Branch, Maybod, Iran. E-mail: vahdat.barkhordari@maybodiau.ac.ir
3. Agricultural Engineering Research Department, South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Jiroft, Iran. E-mail: E.moghbeli@areeo.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 7 January 2023
Received in revised form
16 September 2023
Accepted 25 September 2023
Published online 13 December 2023

Keywords:
Alfalfa
Drought stress
Jiroft
Subsurface irrigation
Water use efficiency

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to investigate the effect of different deficit-irrigation methods on forage yield, quality and water use efficiency of alfalfa under different water applications in agricultural research center of Jiroft province

Methods: The field experiment was carried out in split plot in a randomized complete block design with three replications for two years in agricultural and natural resources research center of Jiroft. Experimental treatments include three types of irrigation systems (Flooding Irrigation (FI), Subsurface tap irrigation (STI), and subsurface drip irrigation (SDI)) and four levels of irrigation (I_{100}: replenishment of 100 Percent of plant water requirements, I_{90}: replenishment of 90 Percent of plant requirements, I_{80}: replenishment of 80 Percent of plant water requirements, and I_{70}: replenishment of 70 Percent of plant water requirements).

Results: The results showed an irrigation level of 70 percent of plant water requirements decreased NDF, CP (31 Percent) and dry forage yield. Irrigation methods and drought stress resulted in a significant reduction in fresh forage yield, water use efficiency, ASH (percent). The highest fresh forage yield, ASH (percent) were obtained by 100 percent of plant water requirements× Subsurface tap irrigation (STI). The highest Fresh forage yield water use efficiency obtained by 70 percent of plant water requirements × Subsurface drip tap irrigation (STI).

Conclusion: In the conditions of drought and low irrigation levels, for achieving higher water use efficiency, it is suggested to use subsurface drip irrigation method. The subsurface drip irrigation system can decrease the negative effects of water stress on plants.

Cite this article: Shamsi Mahmodabadi, H., Barkhordari, V., & Moghboli Damaneh, E. (2023). Study Effect of Irrigation Method and Level on Yield, Water Use Efficiency and Quality of Alfalfa. *Journal of Crops Improvement*, 25 (4), 1023-1037. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2023.353565.2781

© The Authors.
Publisher: The University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2023.353565.2781

دوره بیست و پنجم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۲

انتشارات دانشگاه تهران

به زراعی کشاورزی

شاپا الکترونیکی: ۶۹۵۷-۲۳۴۵

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

بررسی تأثیر روش و میزان آبیاری بر عملکرد، کارایی مصرف آب و کیفیت یونجه

حسین شمسی محمودآبادی[۱] ✉ | وحدت برخورداری[۲] | اسماعیل مقبلی دامنه[۳]

۱. نویسنده مسئول، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد میبد، میبد، ایران. رایانامه: shamsi_35@ maybodiau.ac.ir

۲. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد میبد، میبد، ایران. رایانامه: vahdat.barkhordari@maybodiau.ac.ir

۳. بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران. رایانامه: E.moghbeli@areeo.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۶/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۳

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۹/۲۲

کلیدواژه‌ها:

آبیاری زیر سطحی

جیرفت

کارایی مصرف آب

کم‌آبی

یونجه

چکیده

هدف: مطالعه با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد علوفه، کیفیت و کارایی مصرف آب یونجه در روش‌های مختلف آبیاری در مرکز تحقیقات جنوب استان کرمان انجام شد.

روش پژوهش: آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال انجام شد. سه روش آبیاری شامل ۱- آبیاری غرقابی، ۲- آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، ۳- آبیاری تیپ زیرسطحی به‌عنوان فاکتور اصلی، چهار سطح آبیاری شامل (۱- آبیاری براساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی، ۲- آبیاری براساس ۹۰ درصد نیاز آبی، ۳- آبیاری بر اساس ۸۰ درصد نیاز آبی، ۴- آبیاری بر اساس ۷۰ درصد نیاز آبی) به‌عنوان عامل فرعی بودند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد آبیاری در شرایط ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه منجر به کاهش الیاف نامحلول در شوینده خنثی، کاهش پروتئین به میزان ۳۱ درصد و عملکرد علوفه خشک به میزان ۱۳ درصد نسبت به آبیاری کامل شد. نتایج تجزیه مرکب نشان داد اثر متقابل سطوح آبیاری و روش آبیاری بر عملکرد علوفه تر، کارایی مصرف آب علوفه تر و خشک و درصد خاکستر معنی‌دار شد. بیش‌ترین میزان عملکرد علوفه تر و درصد خاکستر در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری تیپ زیرسطحی به‌دست آمد. بیش‌ترین میزان کارآیی مصرف آب علوفه تر و کارایی مصرف آب علوفه خشک در تیمار آبیاری براساس ۷۰ درصد نیاز آبی و روش آبیاری تیپ زیرسطحی بود.

نتیجه‌گیری: در شرایط خشکی و کم‌آبیاری، برای رسیدن به کارآیی بالاتر مصرف آب، استفاده از روش آبیاری قطره‌ای تیپ زیرسطحی پیشنهاد می‌شود.

استناد: نام نویسندگان (۱۴۰۲). بررسی تأثیر روش و میزان آبیاری بر عملکرد، کارایی مصرف آب و کیفیت یونجه. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۵ (۴)، ۱۰۳۷-۱۰۲۳.

DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2023.353565.2781

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

CC BY NC

۱. مقدمه

وقوع خشکسالی‌های اخیر از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و بهره‌وری محصولات زراعی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است، خشکی یکی از تنش‌های غیر زیستی و به‌عنوان محدودکننده‌ترین عوامل غیر زیستی از نظر کاهش محصولات گیاهی می‌باشد. در زمان بروز تنش میزان آب دریافتی گیاه کم‌تر از تلفات می‌شود (Gupta *et al*., 2020). اراضی ایران اغلب در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارد (آذرخشی و همکاران، ۱۳۹۲). تنش خشکی با ایجاد تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی متعددی که در گیاهان به‌وجود می‌آورد و با کاهش فتوسنتز و متوقف‌شدن گسترش سلول‌ها و کاهش فشار آماس بر روی عملکرد گیاهان اثر می‌گذارد و میزان آن‌ها را کاهش می‌دهد. در کل کم‌آبی در گیاهان، حجم سلول، تقسیم سلولی، بزرگ‌شدن سلول و وزن ماده خشک گیاهی رو تحت تأثیر قرار داده و باعث کاهش آن‌ها نسبت به شرایط عدم تنش می‌شود (Sirousmehr *et al*., 2014).

استفاده از روش‌های آبیاری مدرن و توجه به تعیین نیاز آبی گیاهان می‌تواند در افزایش مقدار کارایی مصرف آب محصولات کشاورزی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک نقش به‌سزایی داشته باشد. مدیریت منابع آب منجر به افزایش ظرفیت رطوبت خاک و بهبود راندمان مصرف آب می‌شود (Iglesias & Garrote, 2015).

آبیاری قطره‌ای روشی از آبیاری است و به انواع سطحی و زیرسطحی تقسیم‌بندی می‌شود. در شرایط بحرانی کنونی توسعه اصولی سیستم‌های آبیاری تحت فشار قدم مؤثری در بالابردن راندمان کاربرد آب به‌شمار می‌رود. سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی یکی از مؤثرترین سیستم‌های آبیاری موجود است. اگرچه هزینه ابتدایی آن بالاست اما مقدار قابل‌توجهی از آب با کاهش میزان تبخیر، رواناب و نفوذ عمقی ذخیره می‌شود (Almeida Silva *et al*., 2017). با توجه به تلفات بیش‌تر آب و کمبود راندمان در اکثر سیستم‌های آبیاری سطحی، سیستم آبیاری موضعی به‌روش سطحی و زیرسطحی با توجه به مزایایی که دارد، می‌تواند جایگزین مناسبی باشد و برای بسیاری از گیاهان و محصولات زراعی به‌کار رود (El-Shater *et al*., 2017; Fadul *et al*., 2020).

سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی میزان رطوبت خاک در منطقه ریشه را به‌طور یکسان تأمین می‌کند، درحالی‌که در خاکی با سطح خشک، کمبود آب به‌دلیل محدودیت در نفوذ عمقی، منجر به کاهش تبخیر و تعرق و در نتیجه کاهش در عملکرد محصول می‌شود (Colak *et al*., 2015).

با وجود بارزبودن جایگاه گیاهان علوفه‌ای در تعلیف دام، در ایران نسبت به تولید و مدیریت این گیاهان در مقایسه با دیگر محصولات زراعی کم‌تر توجه شده و این امر به کمبود پروتئین حیوانی هم‌زمان و کاهش کیفیت علوفه تولیدشده منجر شده است (نباتی‌نساز و همکاران، ۱۳۹۵). کیفیت علوفه به‌عنوان تابعی از مصرف علوفه تحت تأثیر صفاتی از قبیل درصد پروتئین خام، خاکستر علوفه، دیواره سلولی و ... قرار می‌گیرد (نخزری مقدم، ۱۳۹۵).

یونجه (*Medicago sativa* L.) مهم‌ترین گیاه علوفه‌ای ایران و بسیاری از نقاط جهان بوده و به ملکه نباتات علوفه‌ای مشهور است (نکوییان‌فر و همکاران، ۱۳۹۶). یونجه نسبت به سایر گیاهان علوفه‌ای به‌دلیل کیفیت بالای علوفه تولیدی (دارابودن بیش از 20 درصد پروتئین)، تنوع در مصرف (محصول تازه، خشک و سیلوی یونجه)، سازگاری بسیار بالا در اقلیم‌ها و شرایط مختلف طبیعی، نقش مهمی در کشاورزی پایدار و پایداری تولید دارد (شوشی دزفولی و همکاران، ۱۳۹۶). یونجه گیاهی متحمل به خشکی است که قابلیت خواب در شرایط خشکسالی را دارد (Zhang *et al*., 2019) به‌دلیل سیستم ریشه‌ای عمیق، گیاهی متحمل به خشکی با توانایی بقا در ماه‌های خشک برای مناطق کم‌آب محسوب می‌شود (عبادوز و همکاران، ۱۳۹۲).

با درنظرگرفتن کمبود منابع آبی در کشور و وابستگی بالای گیاهان علوفه‌ای به منابع آبی، و از طرفی خصوصیات آب‌وهوایی شهرستان جیرفت و قرارگرفتن در اقلیم خشک کشور، برنامه‌ریزی برای استفاده هرچه بهتر از منابع آب این

شهرستان، ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. هم‌چنین با توجه به این نکته که مطالعات محدودی در مورد آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در کشت یونجه در ایران وجود دارد، به‌نظر رسید مدیریت صحیح می‌تواند به‌همراه برنامه‌ریزی هدفمند در جهت کشاورزی پایدار راه‌گشا باشد. بنابراین مطالعه و ارزیابی یونجه با استفاده از روش‌های آبیاری متفاوت در شرایط اعمال سطوح آبیاری مختلف به‌منظور مطالعه خصوصیات کمی و کیفی در شرایط آب‌وهوایی جیرفت به مرحله اجرا درآمد. نتایج این مطالعه می‌تواند برای برنامه‌ریزی‌ها، طراحی‌های متفاوت سامانه آبیاری در مورد این محصول راه‌گشا و مورد استفاده قرار گیرد.

۲. پیشینهٔ پژوهش

طی یک پژوهش بوته‌های یونجه پس از یک دوره کوتاه‌مدت تنش خشکی و سپس قرارگیری در شرایط مناسب به‌طور کامل اثرات تنش خشکی را جبران نمودند، اما در شدت تنش‌های بالا موفق به جبران همه آسیب‌های وارده نشدند. در این مطالعه شرایط خشکی ملایم تأثیری بر تولید ماده خشک و وضعیت آبی ارقام موردمطالعه نداشت (Erice *et al*., 2010). پژوهش‌گران بیان کردند کم‌آبیاری تنظیم‌شده، کارایی مصرف آب را ۷۲ درصد افزایش می‌دهد، اما در کاهش مقدار محصول اثر کمی دارد (فرداد، ۱۳۸۸، Basinger & Hellman, 2006).

کاربرد آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در اقلیم خشک عربستان نشان داد که با اعمال کم‌آبیاری به‌صورت کاهش مقدار آب مصرفی، علوفه تر و خشک یونجه کاهش اما بهره‌وری آب افزایش یافت (Li *et al*., 2017).

کارایی آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در ۱۲ کشت و صنعت تحت کشت یونجه در ایالت کالیفرنیا نشان داد عملکرد محصول یونجه تحت سامانه آبیاری قطره‌ای زیر سطحی به‌طور متوسط ۷/۹ تن در هکتار در مقایسه با سایر روش‌های آبیاری افزایش یافته است هم‌چنین پژوهش‌هایی در دانشگاه ایالتی کانزاس نشان داد که امکان ذخیره ۲۵ درصد از آب کل تحویلی در یک فصل با استفاده از سامانه‌های آبیاری زیر سطحی وجود دارد (Montazar *et al*., 2017).

طی یک بررسی، پژوهش‌گران با به‌کارگیری تیمارهای مختلف کم‌آبیاری در دو سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی روی سیب زمینی گزارش کردند که بین اثر متقابل روش و سطوح آبیاری و عملکرد کل گیاه تفاوت وجود دارد آبیاری قطره‌ای سطحی در مقایسبه با آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در عملکرد و کارایی مصرف آب ارجحیت دارد (Onder *et al*., 2005).

نتایج کاربرد آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر روی بیش از ۳۰ نوع گیاه، افزایش محصول را نسبت به سایر روش‌های آبیاری از جمله آبیاری قطره‌ای سطحی به‌همراه داشته است ضمن این‌که میزان آب کاربردی نیز کم‌تر بوده است (Camp, 1998). مقدار آب مصرفی در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ممکن است کم‌تر از روش آبیاری قطره‌ای سطحی نباشد، زیرا که در این روش تبخیر از سطح خاک کم‌تر بوده و اثر آن بر افزایش رطوبت نسبی هوا نیز کم‌تر است، بنابراین گیاه تعرق بیش‌تری خواهد داشت (Wang *et al*, 2018). پژوهش‌گران طی مروری بر پژوهش‌های انجام‌شده دشت‌های مرکزی گریت روی خاک‌های سیلت لوم عمیق و روی محصول یونجه با سیستم آبیاری زیرسطحی انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که مصرف آب آبیاری برای یونجه با سیستم آبیاری زیرسطحی، نسبت به روش‌های رایج آبیاری در منطقه کاهش می‌یابد (Lamm *et al*., 2012).

بررسی‌ها با استفاده از روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی جهت تولید ذرت در منطقه نیمه‌خشک گریت‌پلین (ایالات متحده آمریکا) ۲۰ تا ۲۵ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب نسبت به آبیاری معمول منطقه را تخمین زدند که علت آن را هم به‌دلیل استفاده بهینه از بارش و آب آبیاری می‌دانند (Lamm, 2005).

۳. روش‌شناسی پژوهش

این آزمایش در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی جنوب استان کرمان با طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی، ارتفاع از سطح دریا ۶۲۷ متر، متوسط بارندگی سالیانه ۱۴۰ میلی‌متر، بیشینه دما ۴۸ درجه سانتی‌گراد، کمینه دما ۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۵ تا ۶۵ درصد، اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو سال زراعی و در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه روش آبیاری ۱- آبیاری غرقابی، ۲- آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و ۳- آبیاری تیپ زیرسطحی به‌عنوان فاکتور اصلی و چهارسطح آبیاری شامل ۱- آبیاری براساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی، ۲- آبیاری براساس ۹۰ درصد نیاز آبی، ۳- آبیاری براساس ۸۰ درصد نیاز آبی، ۴- آبیاری براساس ۷۰ درصد نیاز آبی به‌عنوان عامل فرعی بود. قبل از شروع آزمایش جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه از عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متر خاک نمونه‌برداری انجام گرفت و نمونه‌ها برای تجزیه به آزمایشگاه منتقل شد(جدول ۱).

جدول ۱. ویژگی‌های نمونه خاک مزرعه

بافت	نیتروژن (درصد)	فسفر (پی‌پی ام)	پتاسیم (پی‌پی ام)	شوری (دسی زیمنس بر متر)	pH	عمق (سانتی‌متر)
لوم-رسی	۰/۰۳	۲/۴	۲۳۰	۰/۷۹	۸/۴	۳۰-۰
لوم-رسی	۰/۰۳	۲/۰	۲۱۵	۰/۸۹	۸/۲	۶۰-۰

آب مورد نیاز آبیاری از یک چاه مجهز به ایستگاه کنترل مرکزی تأمین شد که خصوصیات آن در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲. ویژگی‌های نمونه آب مزرعه

شوری (میکرو موس بر سانتی‌متر)	pH	کربنات (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	بیکربنات (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	سدیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	مجموع کلسیم و منیزیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	نسبت جذب سدیم
۸۱۶	۷/۴	۰	۳/۸	۴/۱۳	۱/۶۵	۳/۹۱

ابعاد کرت‌های آزمایشی ۴×۲ متر، فاصله بین کرت‌ها یک متر و فاصله بین بلوک‌های آزمایش دو متر بود. هر پلات شامل هشت ردیف کاشت و فواصل ردیف‌های کاشت ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف هفت سانتی‌متر تنظیم شد. تاریخ کاشت نیمه اول اسفندماه سال ۱۳۹۸ بود. آب‌گیری از لوله اصلی توسط یک لوله ۷۵ میلی‌متری انجام شد سپس به سه عدد لوله ۶۳ میلی‌متری منشعب شد. هر لوله ۶۳ میلی‌متری آب موردنیاز یکی از سطوح آبیاری را تأمین کرد. ابتدای هر لوله ۶۳ میلی‌متری یک عدد کنتور حجمی و یک شیرفلکه جهت اندازه‌گیری حجم آب آبیاری نصب شد. جهت برآورد نیاز آبیاری روزانه از داده‌های هواشناسی محل اجرای آزمایش استفاده شد. بدین ترتیب که با استفاده از داده‌های هواشناسی دستگاه هواشناسی مستقر در محل مزرعه میزان تبخیر و تعرق پتانسیل با روش پنمن مانتیث محاسبه و سپس از روابط زیر ابتدا نیاز آبی خالص، نیاز آبی ناخالص و سپس نیاز آبیاری روزانه تعیین گردید (Allen *et al.*, 1998).

رابطه ۱) $$I_n = ET_o . K_c . K_r$$

رابطه ۲) $$I_g = \frac{I_n}{E_a . (1 - LR)}$$

رابطه ۳) $$G = I_g - P_e . K_r$$

در این روابط، I_n نیاز آبی خالص (میلی‌متر)، ET_0 تبخیر و تعرق پتانسیل (میلی‌متر)، K_c ضریب گیاهی، K_r ضریب سطح سایه‌انداز، I_g نیاز آبی ناخالص (میلی‌متر)، E_a راندمان کاربرد آب (برای آبیاری قطره‌ای سطحی ۹۰ درصد و برای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و زیرسطحی عمقی ۱۰۰ درصد)، LR نیاز آبشویی (برابر با ۱۰ درصد)، G نیاز آبیاری روزانه (میلی‌متر) و P_e بارندگی موثر (میلی‌متر) می‌باشد. کل حجم آب مصرفی در تیمارهای مختلف در جدول (۳) آمده است.

جدول ۳. حجم آب مصرفی در تیمارهای مختلف

حجم آب مصرفی در سطوح مختلف آبیاری	دو تیمار آبیاری زیر سطحی	روش آبیاری سطحی(غرقابی)
۱۰۰ درصد نیاز آبی	۱۴۶۹۷/۳	۲۲۰۴۵/۹
۹۰ درصد نیاز آبی	۱۳۲۲۷/۵۳	۱۹۸۴۱/۳
۸۰ درصد نیاز آبی	۱۱۷۵۷/۸۱	۱۷۶۳۶/۷
۷۰ درصد نیاز آبی	۱۰۲۸۸/۰۷	۱۵۴۳۲/۱

تمامی کودهای فسفره و پتاسه به‌همراه ۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (اوره) قبل از کاشت مورداستفاده قرار گرفت. مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی با کارگر و مبارزه بر علیه آفات و بیماری‌های احتمالی از سموم شیمیایی استفاده شد. به‌منظور اندازه‌گیری میزان آب مصرفی و در نهایت سنجش کارایی مصرف آب، برای هر تیمار کنتور حجمی جداگانه‌ای نصب شد. تیمارهای کم‌آبیاری پس از استقرار کامل گیاهان و بعد از اولین چین‌برداری به‌منظور همسان‌سازی گیاهان، اعمال شد. اندازه‌گیری‌ها شامل درصد خاکستر کل، درصد پروتیئن خام و درصد در شوینده خنثی[1] (NDF)، وزن تر و خشک علوفه، کارآئی مصرف آب[2] (WUE) علوفه تر و خشک بود که از تقسیم میزان عملکرد علوفه تر و خشک بر مقدار آب مصرفی برحسب متر مکعب محاسبه شد.

به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد علوفه تر در مجموع چهار چین برداشت شد، برداشت علوفه در مرحله ۳۰ درصد گلدهی، از ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری صورت گرفت و میانگین به‌صورت کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. از هر تیمار که برداشت شده نمونه‌ای در حدود ۵۰۰ گرم (علوفه تر) برداشت و در آون در درجه حرارت ۶۸ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک و سپس وزن خشک علوفه محاسبه شد. در مرحله ۲۵ درصد گل‌دهی، در هریک از چین‌ها، یک نمونه نیم کیلوگرمی علوفه به‌طور تصادفی از هر تیمار انتخاب و پس از خشکاندن در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت، اقدام به آسیاب‌کردن و غربال آن‌ها با استفاده از غربال یک میلی‌متری شد. صفات درصد خاکستر کل، درصد درصد پروتیئن خام و درصد فیبر محلول در شوینده خنثی (NDF) با دستگاه طیف‌سنج مادون قرمز نزدیک (NIR) به‌روش Jafari *et al.* (2003) اندازه‌گیری شد. این دستگاه مدل Perkin 2086 (ساخت کشور سوئد، تحت لیسانس آلمان) است. پس از نمونه‌برداری و اندازه‌گیری صفات، به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، از آزمون بارتلت جهت اطمینان از یکنواختی واریانس اشتباهات آزمایشی استفاده گردید و با توجه به این‌که اختلاف بین واریانس‌های خطا معنی‌دار نبود، تجزیه واریانس مرکب دو سال آزمایش انجام گرفت. تجزیه واریانس براساس طرح آزمایشی کرت‌های خردشده در دو سال زراعی، با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه ۹) انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون چند دامنه‌ای دانکن[3] در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

1. Neutral detergent fiber
2. Water Use Efficiency
3. Duncan's multiple range test

۴. یافته‌های پژوهش

۴. ۱. عملکرد علوفه تر

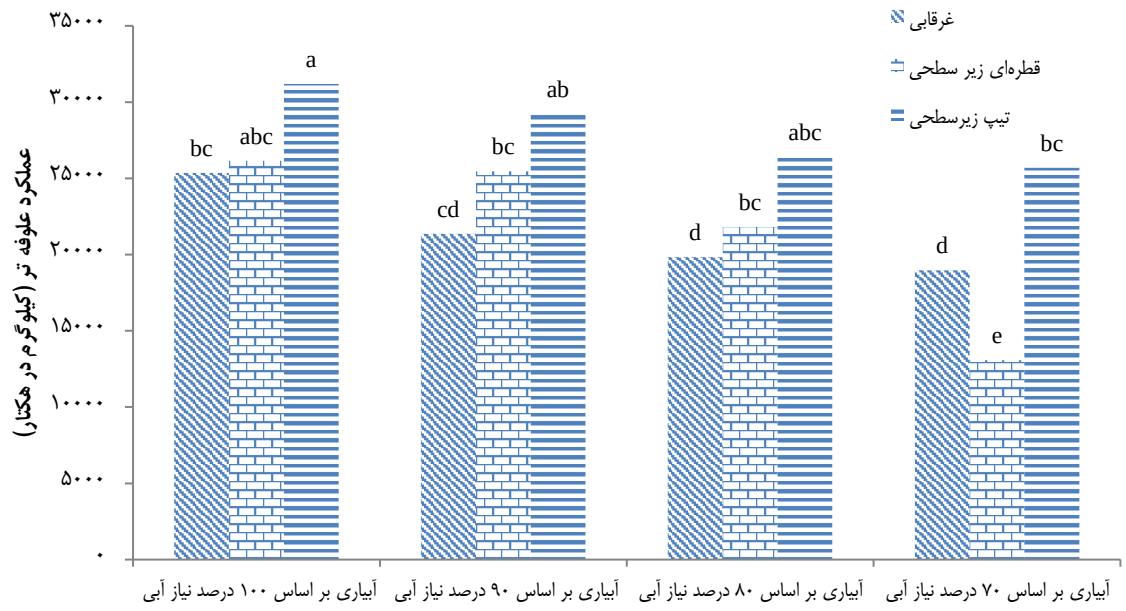
براساس نتایج حاصل از تجزیه مرکب اثر روش آبیاری و سطوح مختلف آبیاری و برهم‌کنش این دو، در سطح یک درصد بر صفت عملکرد علوفه تر معنی‌دار بود (جدول ۴).

جدول ٤. میانگین مجذورات و سطح معنی‌داربودن روش و سطح آبیاری و برهم‌کنش آن‌ها بر عملکرد علوفه و کارایی مصرف آب

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		عملکرد علوفه تر	عملکرد علوفه خشک	کارایی مصرف آب (علوفه تر)	کارایی مصرف آب (علوفه خشک)
سال	۱	۴۷۱۸۰۸۰/۰ns	۴۵۰/۰ns	/۰۲۰ns	۰/۰۰۰۰۱ns
سال (تکرار)	۴	۹۴۴۸۱۷۵/۵**	۱۹۵۶۴۷۴/۷**	۰/۰۸ ns	۰/۰۰۸ **
روش آبیاری	۲	۳۵۱۴۰۹۴۵۶/۸**	۷۴۸۶۷۲۲/۰۶**	۷/۵۷**	۰/۵۸**
سال (روش آبیاری)	۲	۸۸۱۵/۳ns	۵۰/۱۷ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۰۰۱ns
تکرار× روش آبیاری (سال)	۸	۷۴۷۹۲۱۲/۸ns	۲۴۱۳۴۵/۰۷**	۰/۰۵۵ns	۰/۰۰۰۷**
سطوح کم‌آبی	۳	۲۳۲۰۵۱۹۱۵/۶**	۴۲۹۳۸۳/۸**	۰/۰۲ ns	۰/۰۵ **
روش آبیاری× سطوح کم‌آبی	۶	۳۶۳۰۳۸۱۹/۶ **	۶۵۹۴۶/۲۰ ns	۰/۳۴**	۰/۰۰۱**
سال× سطوح کم‌آبی	۳	۲۵۳۹/۱ ns	۷۴/۴۱ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۰۰۱ ns
سال× روش آبیاری× سطوح کم‌آبی	۶	۲۶۳۰/۴ns	۱۳۳/۸۰ns	۰/۰۰۰۳ns	۰/۰۰۰۰۰۱ns
خطای کل	۳۶	۱۰۱۲۳۳۵۴	۲۳۴۴۵	۰/۰۸	۰/۰۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۳/۴۱	۳/۰۹	۱۶/۹۷	۲/۰۱

*، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد و غیر معنی‌دار.

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح کم‌آبی و روش‌های آبیاری نشان داد که بیش‌ترین عملکرد علوفه تر در شرایط آبیاری تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و روش آبیاری قطره‌ای زیر سطحی به‌دست آمد (شکل ۱).



شکل ۱. اثر متقابل سطوح و روش‌های آبیاری بر عملکرد علوفه تر یونجه

۴. ۲. عملکرد علوفه خشک

براساس نتایج حاصل از تجزیه مرکب اثر روش آبیاری و سطوح مختلف آبیاری در سطح یک درصد بر صفت عملکرد علوفه خشک معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر روش آبیاری و سطوح مختلف آبیاری نشان داد که در شرایط آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بیش‌ترین عملکرد علوفه خشک با میانگین ۸۷۲۷ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. در تیمار آبیاری تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بیش‌ترین عملکرد علوفه خشک با میانگین۸۶۵۳ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول۵).

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرات کم‌آبیاری و روش‌های مختلف آبیاری بر عملکرد علوفه خشک یونجه

تیمارهای آزمایش	عملکرد علوفه خشک (کیلوگرم در هکتار)
روش آبیاری	
غرقابی	۷۶۲۴/۳ c
قطره‌ای زیر سطحی	۸۰۲۲/۹b
تیپ زیرسطحی	۸۷۲۷/۳ a
سطوح کم‌آبی	
تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه	۸۶۵۳/۵ a
تأمین ۹۰ درصد نیاز آبی گیاه	۸۳۳۷/۱b
تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه	۷۹۹۵ c
تأمین ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه	۷۵۱۲/۸d

در هر ستون حروف مشابه بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در بین میانگین تیمارها می‌باشند.

۴. ۳. کارایی مصرف آب علوفه تر

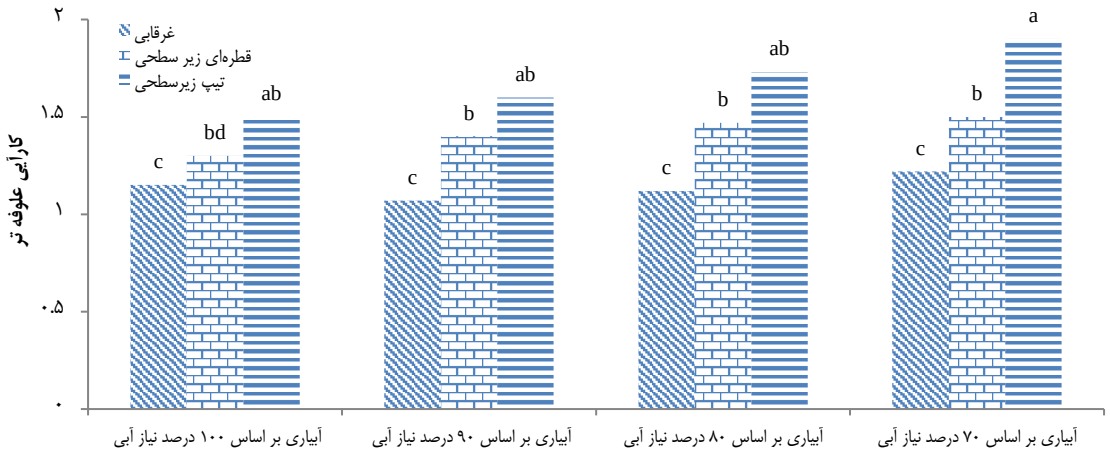
براساس نتایج حاصل از تجزیه مرکب اثر متقابل روش آبیاری و سطوح مختلف آبیاری در سطح یک درصد بر صفت کارایی مصرف آب علوفه تر معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم‌آبی و روش‌های آبیاری نشان داد که بیش‌ترین کارایی مصرف آب علوفه تر در شرایط آبیاری تأمین ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه و روش آبیاری قطره‌ای زیر سطحی به‌دست آمد (شکل۲).

۴. ۴. کارایی مصرف آب براساس عملکرد ماده خشک

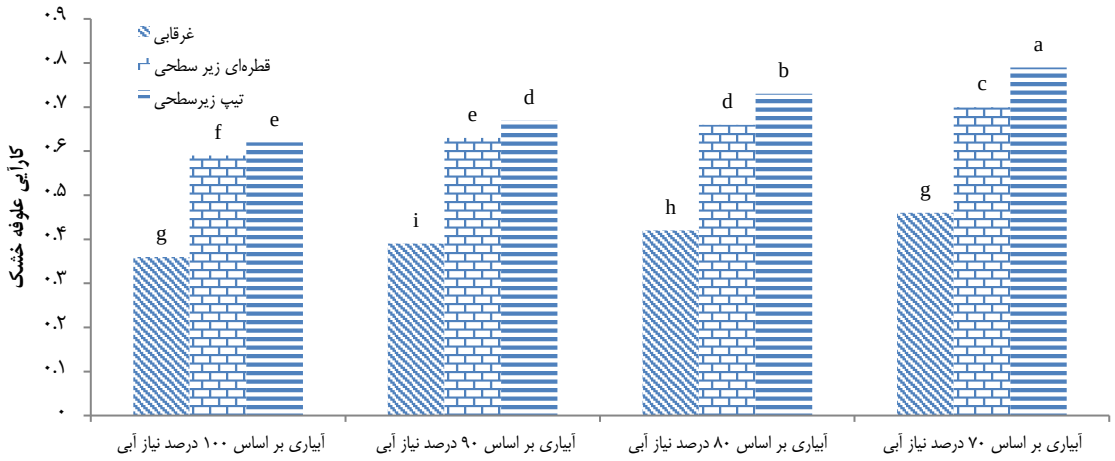
براساس نتایج حاصل از تجزیه مرکب اثر متقابل روش آبیاری و سطوح مختلف کم‌آبیاری در سطح پنج درصد بر صفت کارایی مصرف آب علوفه خشک معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم‌آبی و روش‌های آبیاری نشان داد که بیش‌ترین کارایی عملکرد علوفه خشک در شرایط آبیاری تأمین ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه و روش آبیاری قطره‌ای زیر سطحی به‌دست آمد (شکل۳).

۴. ۵. الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF:Neutrals Detergent Fiber)

براساس نتایج حاصل از تجزیه مرکب اثر روش آبیاری و سطوح مختلف کم‌آبیاری در سطح یک درصد بر میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی معنی‌دار بود (جدول۶).



شکل ۲. اثر متقابل سطوح و روش‌های آبیاری بر کارایی مصرف آب علوفه تر یونجه



شکل ۳. اثر متقابل سطوح و روش‌های آبیاری بر کارایی مصرف آب علوفه خشک یونجه

جدول ٦. میانگین مجذورات و سطح معنی‌داربودن روش و سطح آبیاری و برهم‌کنش آن‌ها بر درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)، درصد پروتئین (CP) و درصد خاکستر (ASH) یونجه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) (درصد)	درصد پروتئین (CP) (درصد)	خاکستر (ASH) (درصد)
سال	۱	۷۵/۳**	۱۵۷/۴۴**	۳۹/۲۴**
سال (تکرار)	۴	۲/۹۲ ns	۴۰/۹۰ **	۳۶/۱۶ **
روش آبیاری	۲	۳۸/۶۵۹**	۱۷۳/۹۶**	۵۴/۷۰**
سال (روش آبیاری)	۲	۰/۱۹ns	۰/۲۸ns	۰/۰۲ns
تکرار × روش آبیاری (سال)	۸	۱۴/۱۹**	۵/۰۰۱ns	۷/۰۹**
سطوح کم‌آبی	۳	۲۷۱/۸۹**	۱۸۴/۲۴ **	۴۹/۸۷ **
روش آبیاری× سطوح کم‌آبی	۶	۳/۷۱ ns	۷/۲۵ ns	۰/۸۰ **
سال× تنش کم‌آبی	۳	۰/۱۴ ns	۱/۰۰۵ ns	۰/۰۱ ns
سال× روش آبیاری× سطوح کم‌آبی	۶	۰/۱۹ns	۰/۲۷ns	۰/۰۲ns
خطای کل	۳۶	۱/۶۳	۳/۰۵	۰/۹۶
ضریب تغییرات (درصد)	-	۳/۵۲	۸/۶۸	۸/۹۲

*، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد و غیر معنی‌دار.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر روش آبیاری و سطوح مختلف کم‌آبیاری نشان داد که در شرایط آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بیش‌ترین میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی با میانگین ۳۷/۶۸ درصد حاصل شد که ۶ درصد بیش‌تر از الیاف نامحلول در شوینده خنثی در روش آبیاری غرقابی بود. در تیمار آبیاری تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بیش‌ترین میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی با میانگین ۴۰/۱۶ درصد به‌دست آمد و با کاهش سطح آبیاری میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی روند کاهشی را نشان داد، به‌طوری‌که ۲۲ درصد کاهش الیاف نامحلول در شوینده خنثی در تیمار ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه مشاهده شد (جدول۶).

جدول ٦. مقایسه میانگین اثرات کم‌آبیاری و روش‌های مختلف آبیاری بر درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) و درصد پروتئین (CP) یونجه

تیمارهای آزمایش	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) (درصد)	درصد پروتئین (CP) (درصد)
روش آبیاری		
غرقابی	۳۵/۳۷ b	۱۷/۳۶c
قطره‌ای زیر سطحی	۳۵/۶۲ b	۲۰/۲۵b
تیپ زیرسطحی	۳۷/۶۸ a	۲۲/۷۴ a
سطوح کم‌آبی		
تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه	۴۰/۱۶ a	۲۴/۱۵ a
تأمین ۹۰ درصد نیاز آبی گیاه	۳۸/۰۲ b	۲۰/۸۳b
تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه	۳۵/۶۱ c	۱۸/۹۰c
تأمین ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه	۳۱/۱۱ d	۱۶/۵۸d

در هر ستون حروف مشابه بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در بین میانگین تیمارها می‌باشند.

۴. ۶. پروتئین خام علوفه (CP:Crude Protein)

براساس نتایج حاصل از تجزیه مرکب اثر روش آبیاری و سطوح مختلف کم‌آبیاری در سطح یک درصد بر میزان پروتئین خام علوفه معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر روش آبیاری و سطوح مختلف آبیاری نشان داد که در شرایط آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بیش‌ترین میزان پروتئین خام علوفه با میانگین ۲۲/۷۴ درصد حاصل شد که ۲۳ درصد بیش‌تر از پروتئین خام علوفه در روش آبیاری غرقابی بود. در تیمار آبیاری تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بیش‌ترین میزان پروتئین خام علوفه با میانگین ۲۴/۱۵ درصد به‌دست آمد و با کاهش سطح آبیاری میزان پروتئین خام علوفه کاهش داشت، به‌طوری‌که ۳۱ درصد کاهش پروتیئن در تیمار ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه مشاهده شد (جدول۶).

۴. ۷. خاکستر (ASH)

براساس نتایج حاصل از تجزیه مرکب اثر متقابل روش آبیاری و سطوح مختلف آبیاری در سطح یک درصد بر درصد خاکستر معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح آبیاری و روش‌های آبیاری نشان داد که بیش‌ترین میزان ASH در شرایط آبیاری تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و روش آبیاری قطره‌ای زیر سطحی به‌دست آمد (شکل ۵).

شکل ۵. اثرمتقابل سطوح و روش‌های آبیاری بر خاکستر برگ یونجه

۵. بحث

افزایش میزان تنش باعث کاهش عملکرد علوفه تر شد. کاهش وزن تر علوفه با افزایش تنش خشکی با نتایج پژوهش‌های افشارمنش و همکاران، (۱۳۸۷) در یونجه مطابقت دارد. وزن علوفه تر در گیاه یونجه به دسترسی آب بستگی داشته و تقریباً در تمامی مطالعات به این نظر واحد رسیده‌اند که تنش رطوبتی، وزن پوشش سبز گیاهی را کاهش می‌دهد.

علت افزایش عملکرد علوفه تر در تیمار آبیاری تیپ زیر سطحی نسبت به آبیاری غرقابی در این بود که این صفت به‌شدت تحت تأثیر دریافت آب قرار داشته و ازآنجایی‌که در روش زیرسطحی تمامی آب داده شده در محیط ریشه ذخیره شده و تلفات تبخیری بسیار ناچیز می‌باشد، لذا کل آب داده‌شده در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی در روش تیپ زیرسطحی جذب گیاه شده و بیش‌ترین عملکرد علوفه تر به‌دست آمده است هم‌چنین اعمال روش آبیاری سطحی به‌دلیل تلفات تبخیری و کاهش دسترسی آب موجود برای گیاه، باعث کاهش عملکرد علوفه تر شده است.

دقیقاً مشابه با اثر تنش رطوبتی و روش‌های آبیاری بر وزن علوفه تر که تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و تیمار آبیاری تیپ زیرسطحی بیش‌ترین عملکرد علوفه تر و تیمار ۷۰ درصد نیاز آبی که کم‌ترین وزن بوته تر را داشت، وزن خشک بوته نیز به این صورت بود که کاملاً چنین انتظاری وجود داشت، زیرا وزن علوفه خشک از وزن علوفه تر نشأت گرفته و روند تغییرات عملکرد باید در تناسب باشند. در این پژوهش به‌نظر می‌رسد در تیمار آبیاری زیرسطحی به‌دلیل فعالیت مطلوب ریشه و تأمین کافی املاح معدنی همسو با جذب آب، باعث افزایش وزن خشک علوفه شده است. طی یک بررسی آبیاری زیر سطحی در عمق‌های مختلف بر یونجه، پژوهش‌گران به این نتیجه رسیدند که بیش‌ترین عملکرد خشک در نوارهای زیر سطحی واقع در عمق ۱۰ سانتی‌متری به‌دست آمد (Wang *et al.*, 2018).

در این مطالعه، با افزایش آب مصرفی، کارایی مصرف آب علوفه تر کاهش یافت و این کاهش روند برای آبیاری به‌روش غرقابی محسوس‌تر بود. این نتایج نشان می‌دهد که کم‌آبیاری از طریق اعمال تنش رطوبتی یکی از راه‌کارهای مؤثر در افزایش کارایی مصرف آب است که با نتایج پژوهش‌های دیگران مطابقت دارد. این امر به‌ویژه در مناطقی که با کمبود منابع آب در

دسترس بخش کشاورزی مواجه هستند، دارای اهمیت است. آبیاری قطره‌ای زیر سطحی به‌علت در برداشتن مزیت‌هایی چون یکنواختی توزیع بیش‌تر و عدم تبخیر از سطح خاک بیش‌ترین کارایی مصرف آب را داشته است. در آبیاری تیپ، عواملی چون کاهش تبخیر از سطح خاک، عدم وجود رواناب سطحی و کنترل نفوذ عمقی باعث افزایش تولید و در نتیجه کارایی مصرف آب نسبت به روش غرقابی می‌شوند. پژوهش‌های دیگر نیز مؤید این مطلب است که مدیریت کم‌آبیاری باعث کاهش عملکرد و افزایش کارایی مصرف آب نسبت به آبیاری کامل شده است (اسکندری و همکاران، ۱۳۹۰).

در این آزمایش کم‌آبیاری منجر به کاهش معنی‌دار NDF گردید. نتایج اثرات خشکسالی بر غلظت همی‌سلولز در پژوهش‌های مختلف، متناقض است. برخی از پژوهش‌گران گزارش کرده‌اند غلظت همی‌سلولز تحت خشکسالی کاهش یافته است (Al-hakimi, 2006). درحالی‌که برخی دیگر سیر صعودی آن را گزارش نموده‌اند (Jiang *et al*., 2012). کریمی و همکاران، ۱۳۹۵ در بررسی اثر خشکی، در پژوهش خود نشان دادند که تنش خشکی، موجب کاهش معنی‌دار NDF در سورگوم علوفه‌ای شد. رستگار (۱۳۸۴) بیان داشت که عوامل مختلفی مانند شرایط رشد (آب و هوا) و نوع گیاه تغییرات زیادی در کیفیت علوفه ایجاد می‌کنند که قسمت زیادی از این تغییرات مربوط به میزان برگ و ساقه، نوع گیاه و سن آن است با توجه به این مطلب در این پژوهش یونجه متأثر از شرایط اقلیمی بوده و کمبود رطوبت باعث کاهش معنی‌دار NDF گردیده است و از دلایل مهم دیگر در کاهش NDF را می‌توان به کاهش وزن ساقه که در طی سطوح پایین آبیاری اتفاق می‌افتد، نسبت داد.

هم‌چنین در این آزمایش سطوح کم‌آبیاری منجر به کاهش درصد خاکستر گردید. باتوجه به این‌که درصد خاکستر، بیانگر مقدار مواد معدنی در بافت‌های گیاهی است و جذب این مواد توسط ریشه در شرایط خشکی کاهش می‌یابد در نتیجه کاهش درصد خاکستر علوفه در این شرایط بسیار محتمل است. در آزمایشی که روی واکنش تنش خشکی بر خصوصیات کیفی سه نوع علوفه انجام گرفت مشاهده گردید که با افزایش میزان تنش، درصد خاکستر به‌دلیل کاهش جذب مواد معدنی از خاک کاهش یافته است (Haji hassani asl *et al*., 2010).

نتایج این پژوهش نشان از کاهش پروتیئن خام علوفه یونجه در سطوح پایین آبیاری داشت. در همین راستا، کاهش پروتئین خام در اثر تنش خشکی با نتایج Kuchenmeister *et al*. (2013) در یونجه مطابقت دارد. از طرفی یک پژوهش در منطقه خشک شمال چین نشان داد که اگرچه عملکرد با افزایش آبیاری، افزایش نشان داد اما درصد پروتیئن یونجه کاهش یافت (Li & Su, 2017). طی یک بررسی مشاهده شد که با افزایش دور آبیاری میزان پروتئین خام در سورگوم افزایش یافته است (Jahanzad *et al*., 2013).

طی یک بررسی در کالیفرنیای جنوبی پژوهش‌گران گزارش کردند که شاخص‌های کیفی یونجه (فیبر و پروتیئن) با روش آبیاری زیر سطحی افزایش نشان داد آن‌ها دلیل این امر را، خنک‌تربودن کانوپی گیاه در اثر آبیاری زیرسطحی در مقایسه با آبیاری سطحی گزارش کردند (Zaccaria *et al*., 2017).

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

به‌طورکلی، نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که سطوح مختلف آبیاری و روش‌های آبیاری به‌صورت جداگانه تأثیرات معنی‌داری بر روی صفات کمی و کیفی علوفه حاصل از یونجه داشتند با کاهش سطح آبیاری شاخص‌هایی از قبیل عملکرد علوفه تر و خشک، میزان NDF، میزان پروتئین و درصد خاکسترکاهش یافت، درحالی‌که افزایش سطح آبیاری منجر به افزایش میزان این صفات شد. رژیم آبیاری مطلوب در اکثر صفات کیفی نسبت به سایر رژیم‌ها برتری داشت، بنابراین چنانچه آب کافی در دسترس باشد، بهتر است از این رژیم آبیاری استفاده شود. نتایج عملکرد در روش آبیاری زیرسطحی به

ویژه قطره‌ای زیر سطحی نتایج بسیار بهتری دارد و این به‌دلیل یکنواختی توزیع آب در سطح مزرعه و جلوگیری از هدررفت آب به‌علت نفوذ عمقی، رواناب سطحی و تبخیر بود. به‌طور کلی روش آبیاری زیر سطحی به‌روش تیپ، روش آبیاری مناسبی برای گیاه یونجه در منطقه جیرفت می‌باشد.

گسترش سیستم‌های تحت فشار با درنظرداشتن تأثیر قابل‌توجه این سیستم‌ها بر روی عملکرد و کیفیت محصول تولید شده و هم‌چنین امکان افزایش سطح زیر کشت با منابع آب موجود و به‌ویژه توسعه روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، به‌عنوان راه‌حل مناسب برای مقابله با کم‌آبی و کاهش تنش‌های ناشی از خشکسالی و صرفه‌جویی در مصرف آب در منطقه جیرفت، برای محصول یونجه پیشنهاد می‌شود.

۷. تشکر و قدردانی

از مدیریت و پرسنل محترم مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی جنوب استان کرمان به پاس خدمات ارزنده خود در اجرای این آزمایش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

آذرخشی، مریم؛ فرزادمهر، جلیل؛ اصلاح، مهدی و صحابی، حسین (۱۳۹۲). بررسی روند تغییرات سالانه و فصلی بارش و پارامترهای دما در مناطق مختلف آب و هوایی ایران. *نشریه مرتع و آبخیزداری*. ۶۶ (۱)، ۱-۱۶.

اسکندری، علی، خزاعی، حمیدرضا، نظامی، احمد و کافی، محمد. (۱۳۹۰). مطالعه تأثیر رژیم آبیاری بر عملکرد و برخی خصوصیات کیفی سه رقم سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.). *نشریه آب و خاک*. ۲۵ (۲)، ۲۴۰-۲۴۷.

افشارمنش، غلامرضا؛ حیدری شریف آبادی، حسین؛ مظاهری، داریوش؛ نورمحمدی، قربان و مدنی، حمید (۱۳۸۷). بررسی اثر تنش کم‌آبی بر روی عملکرد علوفه خشک و کارایی مصرف آب ارقام یونجه (*Medicago sativa* L.). *پژوهش و سازندگی*. ۲۱ (۱)، ۱۴۰-۱۳۲.

رستگار، محمدعلی (۱۳۸۴). *زراعت نباتات علوفه‌ای*. تهران: انتشارات نورپردازان.

شوشی دزفولی، احمدعلی؛ پاک‌نژاد، علیرضا؛ عصاره، علی و ظریفی نیا، ناصر (۱۳۹۶). ارزیابی تحمل به شوری برخی از اکوتیپ‌های یونجه با استفاده از صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی. *فیزیولوژی گیاهان زراعی*. ۹ (۳۵)، ۱۰۵-۱۲۰.

عبادوز، غلامرضا؛ راهنما، عبدالامیر و فتحی، قدرت اله (۱۳۹۲). اثر الگو و تراکم کاشت بر عملکرد دانه یونجه رقم مساسرسا (*Medicago sativa* L.) در شرایط آب‌وهوایی جنوب خوزستان. *تولیدات گیاهی* (مجله علمی کشاورزی). ۳۶ (۳)، ۵۳-۶۴.

فرداد، حسین (۱۳۸۸). *آبیاری عمومی (مطالعات و بررسی‌ها و انتقال و توزیع روش‌های آبیاری)*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

کریمی، رویا؛ هادی، هاشم و تاج بخش، مهدی (۱۳۹۵). عملکرد علوفه‌ای سورگوم تحت شرایط کم‌آبی و محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید و سولفات روی. *دانش کشاورزی و تولید پایدار*. ۲۶ (۲)، ۱۸۷-۱۶۹.

نباتی نساز، محمد؛ قلی‌پوری، عبدالقیوم و مصطفوی‌راد، معرفت (۱۳۹۵). ارزیابی عملکرد علوفه و برخی صفات زراعی ذرت (*Zea mays* L.) تحت تأثیر سیستم‌های کشت مخلوط با بادام‌زمینی (*Arachis hypogea* L.) و مقادیر نیتروژن. *بوم شناسی کشاورزی*. ۸ (۱)، ۸۱-۷۰.

نخ زری مقدم، علی (۱۳۹۵). تأثیر نیتروژن و آرایش‌های مختلف کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) و نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) بر عملکرد علوفه و شاخص‌های رقابت. *بوم‌شناسی کشاورزی*. ۸ (۱)، ۴۷-۵۸.

نکوییان فر، زهرا؛ لک، شهرام و عبادوز، غلامرضا (۱۳۹۶). تأثیر زمان برداشت و شوری خاک بر عملکرد کمی و کیفی علوفه پنج رقم یونجه (*Medicago sativa* L.) در اهواز. *تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی)*. ۴۰ (۳)، ۱۱۳-۱۲۷.

References

Abadouz, Gh. R., Rahnama, A., & Fathi, G. (2013). Effects of sowing patterns and density on grain yield and yield components of alfalfa (*Medicago sativa* L.) cv. Mesa-Sirsa in South Khozestan conditions. *The Plant Production (Scientific Journal of Agriculture)*, *36*(3), 53-64. (In Persian).

Afsharmanesh, Gh., Heidari-Sharifabad, H., Mazaheri, D., Noormohammadi, Gh., & Madani, H. (2008). The effects of water deficit stress on hay alfalfa (*Medicago sativa*) yield and water use efficiency cultivars. *PajouheshvaSazandeg*, *21*(1), 132-140. (In Persian).

Al-Hakimi, A. M. A. (2006). Counteraction of drought stress on soybean plants by seed soaking salicylic acid. *International Journal of Botany*, *2*, 421-426 .

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirement. *Journal of Hydrology*, *285*, 19-40.

Almeida Silva, M. D., Rhein, A. F. D. L., & Barbosa, A. D. M. (2017). Physiology and Productivity of Sugarcane as Affected by Nitrogen Applied Via Subsurface Drip Irrigation. *Journal of Environmental and Agricultural Sciences*, *11*, 15-28.

Azarakhshi, M., Farzadmehr, L., Eslah, M., & Sahabi, H. (2013). An investigation on trends of annual and seasonal rainfall and temperature in different climatologically regions of Iran. *Journal of Range Water Management*, *66*, 1-16. (In Persian).

Basinger, A. R., & Hellman E. W. (2006). Evaluation of regulated deficit irrigation on grape in Texas and implications for acclimation and cold hardiness. *International Journal of Fruit Science*, *6*(2), 3-22.

Camp, C. R. (1998). Subsurface drip irrigation: A Review. *Transactions of the ASAE (American Society of Agricultural and Biological Engineers)*, *41*(5), 1353-1367. http://dx.doi.org/10.13031/2013.17309.

Colak, Y., Yazar, A., Colak, I., Akca, H., & Duraktekin, G. (2015). Evaluation of Crop Water Stress Index (CWSI) for Eggplant under varying irrigation regimes using surface and subsurface drip Systems. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, *4*, 372-382.

El-Shater, T., Yigezu, Y. A., Shideed, K., & Aw-Hassan, A. (2017). Impacts of improved supplemental irrigation on farm income, productive efficiency and risk management in dry areas. *Journal of Water Resource and Protection*, 9(13), 1709-1720.

Erice, G., Louahli, S., Irigoyen, J., Sanchez-Diaz, M., & Avice, J. C. (2010). Biomass partitioning, morphology and water status of four alfalfa genotypes submitted to progressive drought and subsequent recovery. *Journal of Plant Physiology*, *167*, 114-120.

Eskandari, A., Khazaie, H. R., Nezami, A., & Kafi, M. (2011). Study the Effects of Irrigation Regimes on Yield and Some Qualitative Characteristics of Three Cultivars of Potato (*Solanum tuberosum* L.). *Water and Soil*, *25*(2), 240-247. (In Persian).

Fadul, E., Masih, I., De Fraiture, C., & Suryadi, F. X. (2020). Irrigation performance under alternative field designs in a spate irrigation system with large field dimensions. *Agricultural Water Management*, *231*, 105989.

Fardad, H. (2011). *General irrigation*: *Methods irrigation*. Tehran: University of Tehran. 338 pp. (In Persian).

Gupta, A., Rico-Medina, A., & Cao-Delgado, A. I. (2020). The physiology of plant responses to drought. *Science*, *368*(6488), 266-269.

Haji Hassani Asl, N., Roshdi, M., KHallili Mahlleh, J., Rezadoost, S., Sherani rad, A. H., & Moradi Agdam, A. (2010). Three forage yield and its components under drought stress in khoy**.** *Journal of crop ecophysiology*, *2*(3), 236-246.

Iglesias, A., & Garrote, L. (2015). Adaptation strategies for agricultural water management under climate change in Europe. *Agricultural Water Management*, *155*, 113-124.

Jafari, A. V., Connolly, 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*, 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*, 62-69.

Jiang, Y., Yao, Y., & Wang, Y. (2012). Physiological response, cell wall components, and gene expression of switchgrass under short-term drought stress and recovery. *Crop Science*. *52*, 2718-2727.

Karimi, R., Hadi, H., & Tajbaksh, M. (2016). Forage yield of sorghum under water deficit and foliar application of zinc sulphate and salicylic acid. *Journal of Agricultural Science*, *26*(2), 169-187. (In Persian).

Kuchenmeister, K., Kuchenmeister, F., Kayser, M., Wrage-Monning, N., & Jesselstein, J. (2013). Influence of drought stress on nutritive value of perennial forage legumes. *International Journal of Plant Production, 7*(4), 693-710.

Lamm, F. R. (2005). *SDI for conserving water in corn production*. Alaska: Narthwest research and extension center. Kansas state university.

Lamm, F. R., Harmoney, K. R., Aboukheira, A. A., Johnson, S. K. (2012). Alfalfa production with subsurface drip irrigation in the central great plains. *Transactions of the Asabe*, *55*(4), 1203-1212.

Li, M., Y., Liu, H., Yan, Y., & Sui, R. (2017). Effects of irrigation amount on alfalfa yield and quality with a center-pivot system. *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers*, *60*(5), 1633-1644.

Li, Y., & Su, D. (2017). Alfalfa water use and yield under different sprinkler irrigation regimes in North arid regions of China. *Sustainability*, *9*(8), 1380.

Montazar, A., Zaccaria, D., Bali, K. H., & Putnam, D. (2017). A Model to Assess the Economic Viability of Alfalfa Production . *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, *66*, 90-102.

Nabati Nasaz, M., Gholipouri, A., & Mostafavi Rad, M. (2016). Evaluation of forage yield and important agronomic indices of corn as affected by intercropping systems with peanut and nitrogen rates. *Journal of Agroecology*, *8*(1), 70-81. (In Persian).

Nakhzari Moghaddam, A. (2016). Effect of nitrogen and different intercropping arrangements of barley (*Hordeum vulgare* L.) and pea (*Pisum sativum* L.) on forage yield and competitive indices. *Journal of Agroecology*, *8*(1), 47- 58. (In Persian).

Nekoyanfar, Z., Lack, Sh., & Abadouz, Gh. R. (2017). Assessment Effect of Cutting Time and Soil Salinity on Quality and Quantity Forage Yield of Five Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Varieties under Ahvaz Conditions. *The Plant Production (Scientific Journal of Agriculture), 40*(3), 113-127. (In Persian).

Onder, S., Caliskan, M. E., Onder, D., & Caliskan, S. (2005). Different irrigation methods and water stress effects on potato yield and yield components. *Agricultural Water Management, 73*, 73-86.

Rastegar, M. A. . (2005). *Forage crops proudaction*. Tehran: Noorparzahan Publications. (In Persian).

Shoushi Dezfuli, A. A., Paknegad, A. R., Asareh, A., & Zarifinia, N. (2017). Evaluation of salinity tolerance of some alfalfa ecotypes using physiological and biochemical traits. *Crop Physiology Journal*, *9*(35), 105-120. (In Persian).

Sirousmehr, A., Arabi, J., & Asgharipour, M. R. (2014). Effect of drought stress levels and organic manures on yield, essential oil content and some morphological characteristics of sweet basil. *Advance in Environmental Biology Journal*, *2*, 880-885.

Wang, S., Jiao, X., Guo, W., Lu, J., Bai, Y., & Wang, L. (2018) Adaptability of shallow subsurface drip irrigation of alfalfa in an arid desert area of Northern Xinjiang. *PLoS ONE, 13*(4),1-5.

Zaccaria, D., Carrillo-Cobo, M. T., Montazar, A, Daniel, H., Putnam, M. T., & Khaled, B. (2017). Assessing the Viability of Sub-Surface Drip Irrigation for Resource-Efficient Alfalfa Production in Central and Southern California. *Water*, *9*(837), 1-21.

Zhang, C., Shi, S., Liu, Z., Yang, F., & Yin, G. (2019). Drought tolerance in alfalfa (*Medicago sativa* L.) varieties is associated with enhanced antioxidative protection and declined lipid peroxidation. *Journal of Plant Physiology*, *232*, 226-240.