University of Tehran Press

Journal of Crops Improvement

Online ISSN: 2345-6957

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

Evaluation of Some Morphological and Physiological Characteristics of Cumin by Using Magnetic Water and Superabsorbent under a Low Irrigation Regime

Ali Ashore[1] | Manoochehr Gholipoor[2]✉ | Ahmad Gholami[3] | Hamid Abbasdokht[4]

1. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. E-mail: Ali.ashori@shahroodut.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. E-mail: m.gholipoor@shahroodut.ac.ir
3. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. E-mail: gholami@shahroodut.ac.ir
4. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. E-mail: habbasdokht@shahroodut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 09 May 2022
Received in revised form
17 November 2022
Accepted 23 November 2022
Published online 13 March 2024

Keywords:
Cumin
Essential oil
Location
Low irrigation
Protein
Yield

ABSTRACT

Objective: To investigate magnetic and superabsorbent water on some morpho-physiological traits and performance of cumin under low irrigation regime.

Methods: An experiment was conducted in the agricultural year of 2020-2021 at the research fields under the supervision of the Faculty of Agriculture of Shahrood University of Technology in two districts of Rahnjan and Garman of the Shahrood city in a factorial format in the form of a randomized complete block design with three repetitions. Irrigation water type treatment at two levels (normal and magnetic) and location (Rahanjan, Garman) with different climatic conditions and altitude above sea level were considered the main factor and superabsorbent treatment at three levels (zero, 100 and 200 kg/ha) was considered the sub factor. In all treatments, irrigation was applied based on 100% of plant water needs.

Results: The results showed that location, type of irrigation, and different concentrations of superabsorbent had a positive and significant effect on the growth characteristics of cumin. The highest plant height, plant fresh and dry weight, essential oil, and protein percentage were observed in the Rahanjan region, using superabsorbent concentration of 100 kg/ha. In the Rahnjan region, due to the climatic conditions and higher average annual temperature and the treatments of 100 and 200 kg/ha of superabsorbent and the use of magnetic water, the highest amount of plant height, percentage and yield of essential oil and protein, and soluble carbohydrates were observed.

Conclusion: According to the results, most of the traits in the Rahnjan region had higher values than those in the German region, and plant cultivation in the Rahnjan region is economical.

Cite this article: Ashore, A., Gholipoor, M., Gholami, A., & Abbasdokht, H. (2024). Evaluation of Some Morphological and Physiological Characteristics of Cumin by Using Magnetic Water and Superabsorbent under a Low Irrigation Regime. *Journal of Crops Improvement*, 26 (1), 145-159.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2022.342656.2704

© The Authors.
Publisher: The University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2022.342656.2704

انتشارات دانشگاه تهران

به زراعی کشاورزی

شاپا الکترونیکی: ۶۹۵۷-۲۳۴۵

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

ارزیابی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی زیره‌سبز با استفاده از آب مغناطیسی و سوپرجاذب تحت رژیم کم‌آبیاری

علی آشوری[۱] | منوچهر قلی‌پور[۲] ✉ | احمد غلامی[۳] | حمید عباس‌دخت[۴]

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، سمنان، ایران. رایانامه: Ali.ashori@shahroodut.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، سمنان، ایران. رایانامه: M.gholipoor@shahroodut.ac.ir

۳. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، سمنان، ایران. رایانامه: gholami@shahroodut.ac.ir

۴. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، سمنان، ایران. رایانامه: habbasdokht@shahroodut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۰۲

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۲/۲۳

کلیدواژه‌ها:

اسانس

پروتئین

عملکرد

کم آبیاری

مکان

چکیده

هدف: به‌منظور بررسی آب مغناطیسی و سوپرجاذب بر برخی صفات مورفوفیزیولوژی و عملکرد زیره سبز تحت رژیم کم‌آبیاری انجام شد.

روش پژوهش: آزمایشی در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مزارع پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در دو منطقه راهنجان و گرمن از توابع شهرستان شاهرود به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمار نوع آب آبیاری در دو سطح (معمولی و مغناطیسی) و مکان (راهنجان، گرمن) با شرایط اقلیمی و ارتفاع از سطح دریای متفاوت به‌عنوان فاکتور اصلی و تیمار سوپرجاذب در سه سطح (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. در تمام تیمارها، آبیاری براساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه اعمال شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد مکان، نوع آبیاری و غلظت‌های مختلف سوپرجاذب تأثیر مثبت و معنی‌داری روی خصوصیات رشدی زیره سبز داشتند. در منطقه راهنجان به‌دلیل شرایط اقلیمی و میانگین دمای سالانه بالاتر و تیمار ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و کاربرد آب مغناطیسی، بیش‌ترین مقدار ارتفاع بوته، درصد و عملکرد اسانس و پروتئین، کربوهیدرات‌های محلول مشاهده گردید.

نتیجه‌گیری: باتوجه به نتایج، اغلب صفات در منطقه راهنجان دارای مقادیر بیش‌تری نسبت به منطقه گرمن بود و کشت گیاه در منطقه راهنجان اقتصادی می‌باشد.

استناد: آشوری، علی؛ قلی‌پور، منوچهر؛ غلامی، احمد و عباس‌دخت، حمید (۱۴۰۳). ارزیابی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی زیره‌سبز با استفاده از آب مغناطیسی و سوپرجاذب تحت رژیم کم‌آبیاری. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۶ (۱)، ۱۴۵-۱۵۹.

DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2022.342656.2704

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

CC BY NC

۱. مقدمه

گیاهان در طول دوره رشدونمو در معرض انواع تنش‌های زنده (آفات و بیماری‌ها) و تنش‌های غیر زنده (خشکی، شوری و گرما) قرار می‌گیرند که گیاه را وادار به انجام واکنش‌های فیزیولوژیک می‌نماید (تاس[۱] و تاس، ۲۰۰۷). تنش کم‌آبیاری از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که رشد و تولید گیاهان مختلف از جمله گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (امینی[۲] و همکاران، ۲۰۰۸). با درنظرگرفتن وضعیت اقلیمی ایران از نظر پایین‌بودن میزان نزولات جوی و هم‌چنین میزان تبخیر و تعرق شدید سالانه که بالغ بر سه برابر متوسط جهانی است، مدیریت آب آبیاری در مناطق کم‌آب از جمله ایران، یک امر بسیار ضروری می‌باشد (علیزاده[۳] و نجفی[۴]، ۲۰۱۸). امروزه بحران آب به یک چالش اساسی در بخش کشاورزی تبدیل شده است. از این‌رو، استفاده از راه‌کارهای مختلف در جهت حفظ و نگهداری آب و کاهش هدررفت آب امر بسیار ضروری است. یکی از راه‌حل‌های کمبود آب، استفاده از مواد سنتزی با ظرفیت جذب و نگهداری خوب آب، تحت دمای بالا است (وندوالی[۵] و همکاران، ۲۰۱۵). زیره سبز با نام علمی *Cuminum cyminum* L. گیاهی یک‌ساله، علفی و دولپه از خانواده چَتریان[۶] بوده (مندال[۷] و مندال، ۲۰۱۶) و به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گیاه دارویی اهلی در کشور ما شناخته شده و در منابع طب سنتی در درمان بیماری‌های مختلف از جمله اسپاسم معده و تقویت سیستم گوارش مورداستفاده قرار می‌گیرد (مندال و مندال، ۲۰۱۶؛ پندی[۸] و همکاران، ۲۰۱۵). اسانس زیره سبز دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضدباکتریایی بوده که در صنایع غذایی، بهداشتی و آرایشی کاربرد دارد (راتور[۹] و همکاران، ۲۰۱۳). زیره سبز یکی از قدیمی‌ترین گیاهان دارویی کشت‌شده در آسیا می‌باشد (دوبی[۱۰] و همکاران، ۲۰۱۷). بذور زیره سبز منبع عالی آنتی‌اکسیدانی بوده (به‌دلیل داشتن مقدار قابل‌توجه فنل) و برای درمان تب، اسهال، استفراغ، نفخ شکم، سوءهاضمه، ورم معده، خلط و غیره کاربرد دارد. بذور هم‌چنین دارای اثر ضدسرطان، مقوی معده، مهارکننده تجمع پلاکت‌ها، خنثی‌سازی سموم، افزایش‌دهنده بینایی، اشتهاآور، قدرت هضم و شیردهی می‌باشند (شارما[۱۱] و همکاران، ۲۰۱۶).

۲. پیشینهٔ پژوهش

هیدروژل‌های سوپرجاذب، پلیمرهای آب‌دوستی هستند که ظرفیت جذب حجم زیادی از مایعات آبی در مدت زمان کوتاهی را دارند و آب جذب‌شده را تحت شرایط تنش دفع می‌کنند. این پلیمرها به‌دلیل وجود اتصالات عرضی در حلال حل نمی‌شوند و توانایی جذب مقادیر بالایی از آب (یا محلول‌های آبی) را در ساختار خود دارا می‌باشند (وندوالی و همکاران، ۲۰۱۵). بهره‌گیری از تکنولوژی مغناطیسی در پالایش آب آبیاری به‌عنوان یکی از جدیدترین روش‌ها در زمینه بهینه‌سازی آب‌های مصرفی بوده که در این روش آرایش بارهای الکتریکی مولکول‌های آب تغییر پیدا می‌کند (میرزایی[۱۲] و شهیدی[۱۳]، ۲۰۱۶). قرارگیری آب در معرض میدان مغناطیسی با ایجاد تغییر قابل‌ملاحظه‌ای در pH، مواد جامد محلول،

1. Tas
2. Amini
3. Alizadeh-Choobari
4. Najafi
5. Vundavalli
6. Apiaceae
7. Mandal
8. Pandey
9. Rathore
10. Dubey
11. Sharma
12. Mirzaei
13. Shahidi

شوری، تعداد کل باکتری‌ها، مواد آلی و معدنی، دمای تبخیر، اکسیژن حل‌شده، قابلیت هدایت الکتریکی و سختی، موجب بهبود کیفیت آب می‌شود (ابراهیمی[1] و آزاب[2]، ۲۰۱۷). تغییرات در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب مغناطیسی باعث تحت تأثیر قرارگیری خصوصیات بیولوژیکی (از جمله میزان تنفس) ارگانیسم‌های مصرف‌کننده آب مغناطیسی و در نتیجه آن تحت تأثیر قرارگیری کل سیستم متابولیکی می‌گردد (حسن[3] و رحمان[4]، ۲۰۱۶).

عبور آب از میدان مغناطیسی از یک‌سو باعث افزایش جذب املاح معدنی، نمک‌های مفید و عناصر موجود در آب و خاک شده و از سوی دیگر موجب افزایش کارایی مصرف آب درنتیجه منظم‌ترشدن مولکول‌های آب و اشغال فضای کم‌تر توسط آن‌ها (تشکیل مولکول‌های کوچک‌تر آب و در نتیجه این امر افزایش تعداد مولکول‌های آب در واحد حجم)، کاهش نیروی کشش سطحی آب، افزایش حلالیت و سیالیت آب و افزایش توانایی جذب آب توسط گیاه می‌گردد (میرزایی، ۱۳۹۵). در بررسی تأثیر آب مغناطیس شده روی گیاه دارویی مرزه نتایج نشان داد که استفاده از آب مغناطیسی در آبیاری این گیاه، سبب افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی و ارتفاع گیاه نسبت به آبیاری این گیاه با آب معمولی شد (نیرپور، ۱۴۰۰). در طی سال‌های اخیر مطالعات متعددی در مورد تأثیر کم‌آبیاری همراه با سوپرجاذب روی محصولات مختلف صورت گرفته که مشخص شده است کاربرد سوپرجاذب و کم‌آبیاری روی میزان عملکرد و سایر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی تأثیرگذار بوده، لذا هدف از این پژوهش تأثیر سوپرجاذب و استفاده از آب مغناطیسی در شرایط کم‌آبیاری روی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی زیره سبز در شرایط کم‌آبیاری می‌باشد.

۳. روش‌شناسی پژوهش

این مطالعه با هدف ارزیابی کاربرد آب مغناطیسی و سوپرجاذب ASP[5] پایه پتاس بر صفات مورفوفیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی و عملکرد زیره سبز جمعیت‌های بومی سبزوار تحت رژیم‌های مختلف آبیاری در دو منطقه راهنجان و گرمن از توابع شهرستان شاهرود در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. مختصات جغرافیایی و مشخصات اقلیمی مناطق موردمطالعه در جدول (۱) نشان داده شده است (جدول ۱).

جدول ۱. مختصات جغرافیایی و مشخصات اقلیمی مناطق موردمطالعه

منطقه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	متوسط دمای سالانه (درجه سانتی‌گراد)	متوسط دمای ماهیانه (درجه سانتی‌گراد)	میانگین بارش ماهیانه (میلی‌متر)
راهنجان	۳۶,۱۵,۴۱	۵۴,۴۶,۱۷	۱۱۲۵	۱۵/۲	۱۶/۸۴	۱۵/۶
گرمن	۳۶,۳۷,۱۱	۵۵,۳,۳۸	۱۴۳۴	۱۳/۱	۱۳/۳۰	۱۷/۸

جهت تعیین نیاز آبی گیاه زیره سبز، داده‌های هواشناسی مناطق موردمطالعه از نزدیک‌ترین ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک دو منطقه موردمطالعه دریافت شد و سپس میزان تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع با استفاده از معادله استاندارد جهانی فائو-پنمن-مانتیث[6] توسط نرم‌افزار کراپ وات[7] نسخه (۸) محاسبه و میزان نیاز آبی گیاه تعیین و تیمارها

1. Ebrahim
2. Azab
3. Hassan
4. Rahman
5. Absorbent Super Polymer
6. FAO Penman Monteith
7. Cropwat

در زمان ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه اعمال گردید. به‌منظور ایجاد میدان مغناطیسی از یک عدد آهن‌ربای مغناطیسی قوی با قدرت ۲۵۰۰ گوس استفاده شد. خصوصیات شیمیایی آب آبیاری در دو منطقه انجام آزمایش (قبل و بعد از مغناطیسی‌شدن) اندازه‌گیری شد (جدول ۲).

بذر زیره واریته سبزواری از شرکت ماهان مهر داریس خریداری شد. خصوصیات خاک مناطق موردمطالعه در جدول (۳) نشان داده شده است.

برای اندازه‌گیری عمق مجاز تخلیه رطوبت از عمق توسعه ریشه از رابطه (۱) استفاده شد (Allen *et al*., 1998).

$$D\times B\times MAD \times Id = (FC\text{-}PWP) \quad \text{رابطه ۱)}$$

Id: عمق آب مجاز برای تخلیه در تیمار موردنظر یا آب سهل الوصول (سانتی‌متر)، FC: رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت زراعی (درصد)، PWP[1]: رطوبت وزنی خاک در حد پژمردگی دائم (درصد)، D: عمق فعال توسعه ریشه (سانتی‌متر)، B: چگالی ظاهری خاک در ناحیه توسعه ریشه (۱/۴ گرم بر سانتی‌مترمکعب)، (MAD)[2] ضریب مدیریت مزرعه (متوسط کسری از کل آب در دسترس که می‌توان‌د از عمق توسعه ریشه تخلیه گردد بدون این‌که به گیاه تنشی وارد شود). برای حالت بدون تنش برابر با ۵۰ درصد و محیط تنش برابر با ۲۵، ۷۵ و ۱۰۰ درصد بود.

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی آب در حالت قبل و بعد از عبور از میدان مغناطیسی در دو منطقه انجام آزمایش

منطقه کشت	تیمار	هدایت الکتریکی	pH	Na^+	$Mg^+ + Ca^+$	مجموع کاتیون‌ها	Cl^-	HCO_3^-	CO_3^{-2}	مجموع آنیون‌ها
		(دسی‌زیمنس بر متر)		(میلی اکی‌والان در لیتر)						
راهنجان	معمولی (غیرمغناطیس)	۰/۹۹	۸/۱۵	۶/۹۵	۴/۸	۲۰/۹۸	۳/۷۶	۲/۸۵	۰/۲۸	۶/۸۹
	مغناطیسی‌شده	۰/۹۹	۷/۸	۶/۳۶	۴/۹۶	۱۹/۴۵	۲/۹۷	۲/۳۳	۰/۲۷	۵/۵۷
گرمن	معمولی (غیرمغناطیس)	۳/۳۸	۸/۳۲	۲۴/۳۳	۱۱/۲۸	۴۷/۳۱	۲۴/۶۸	۳/۴۷	۰/۳۸	۲۸/۵۳
	مغناطیسی‌شده	۳/۲۱	۷/۹۹	۲۲/۲۷	۱۱/۶۵	۴۳/۵	۱۹/۴۹	۲/۲۰	۰/۳۶	۲۲/۰۵

جدول ۳. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش در دو منطقه

منطقه کاشت	عمق خاک (سانتی‌متر)	Clay (درصد)	Sand (درصد)	Silt (درصد)	pH -	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	O.C (درصد)	T.N.V (درصد)	P(Av.) (پی‌پی‌ام)	K(Av.) (پی‌پی‌ام)
راهنجان	۰-۳۰	۲۰	۱۸	۶۲	۷/۶۱	۳/۶۲	/۵۴	۱۶/۲۱	۵/۰۳	۳۷۹
گرمن	۰-۳۰	۲۸	۱۹	۵۳	۷/۸۳	۲/۲۱	/۸۱	۳۰/۲۲	۳/۳۶	۴۸۳

برای تعیین مقدار رطوبت موردانتظار خاک در زمان آبیاری (θ_{irri}) از رابطه (۲) استفاده شد (Alizadeh & Najafi, 2018).

$$\theta_{irri} = \theta_{fc} - (\theta_{fc} - \theta_{pwp}) \times MAD \quad \text{رابطه ۲)}$$

مقدار آب به تیمارهای مختلف از رابطه (۳) محاسبه گردید (Alizadeh & Najafi, 2018).

$$I= (FC - \theta irri) \times D \times B \quad \text{رابطه ۳)}$$

برای تیمار سوپرجاذب از سوپرجاذب کشاورزی ASP پایه پتاس استفاده شد که از شرکت بلور آب تهیه گردید.

1. Permanent Wilting Point
2. Maximum Allowed Discharge

۳. ۱. صفات مورد ارزیابی

خصوصیاتی از قبیل ارتفاع بوته، وزن تر و خشک گیاه، عملکرد دانه، شاخص برداشت، میزان پروتئین، محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل (a، b و کل) اندازه‌گیری شد.

شاخص برداشت نیز با استفاده از رابطه (۴) محاسبه شد (عابدین‌پور و روحانی، ۱۳۹۸).

رابطه ۴) $\text{شاخص برداشت} = \frac{\text{عملکرد دانه}}{\text{عملکرد بیولوژیک}} \times ۱۰۰$

برای اندازه‌گیری محتوای کلروفیل بعد از اعمال تنش از روش Lichtenthaler (1987) و از رابطه‌های (۵)، (۶) و (۷) استفاده شد.

رابطه ۵) غلظت کلروفیل a

$$(\text{Chla (mg. g-1 FW)}) = 12/25A663 - 2/79A645 \times (v/(w\times1000))$$

رابطه ۶) غلظت کلروفیل b

$$(\text{Chlb (mg. g-1 FW)}) = 21/50A645 - 5/10A663 \times (v/(w\times1000))$$

رابطه ۷) کلروفیل کل

$$(v/(w\times1000)) \times = 7.15\ A663 + 18.71\ A645\ \text{Cchl total (mg. g-1 FW)}$$

۳. ۲. درصد و عملکرد اسانس

برای تعیین درصد اسانس، مقدار ۱۰۰ گرم بذر هر تیمار از آسیاب شد و اسانس‌گیری با استفاده از دستگاه کلونجر به‌روش تقطیر با آب به‌مدت سه ساعت انجام شد و پس از آب‌گیری اسانس با سولفات‌سدیم، رطوبت‌زدایی و درصد اسانس مشخص گردید. عملکرد اسانس، از حاصلضرب درصد اسانس در عملکرد دانه به‌دست آمد.

۳. ۳. تجزیه آماری

داده‌ها با نرم‌افزار SAS نسخه (۹/۱) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن[1] در سطح احتمال پنج درصد انجام و نمودارها در اکسل رسم شدند.

۴. یافته‌های پژوهش

۴. ۱. ارتفاع بوته

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد اثر مکان، سوپرجاذب و برهم‌کنش بین سوپرجاذب× نوع آب آبیاری، روی ارتفاع گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در صورتی‌که تأثیر نوع آبیاری و برهم‌کنش بین مکان× نوع آبیاری و مکان× سوپرجاذب و مکان× سوپرجاذب× نوع آبیاری روی ارتفاع گیاه معنی‌دار نبود. براساس جدول مقایسه میانگین (جدول۵) بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده شد بدین‌صورت که بیش‌ترین ارتفاع بوته با میانگین (۲۷/۴۹ سانتی‌متر) در منطقه گرمن با کاربرد آب مغناطیسی و استفاده از سوپرجاذب ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین ارتفاع بوته (۲۴/۱۵ سانتی‌متر)، در منطقه راهنجان در تیمار آب معمولی و بدون استفاده از سوپرجاذب مشاهده شد (شکل ۱).

1. Duncan's multiple range test

۴. ۲. عملکرد دانه

براساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) اثر مکان، سوپرجاذب و برهم‌کنش بین سوپرجاذب× نوع آب آبیاری، روی ارتفاع گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. تأثیر نوع آبیاری و برهم‌کنش بین مکان× نوع آبیاری و مکان× سوپرجاذب و مکان× سوپرجاذب× نوع آبیاری بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود. براساس جدول مقایسه میانگین (جدول ۵) تیمارها و متغیرهای مختلف مورداستفاده در این آزمایش، اختلاف معنی‌داری نسبت به هم نشان دادند. بالاترین عملکرد دانه (۸۷۶/۴۹ کیلوگرم در هکتار) در منطقه گرمن با کاربرد آب مغناطیسی و استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار مشاهده شد و کم‌ترین عملکرد دانه (۷۲۵/۳۶ کیلوگرم در هکتار) در منطقه راهنجان در تیمار آب معمولی و بدون استفاده از سوپرجاذب مشاهده گردید.

جدول ٤. تجزیه واریانس صفات مورفوفیزیولوژیکی زیره سبز تحت تأثیر آب مغناطیسی و سوپرجاذب در دو مکان

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	عملکرد دانه	وزن تر بوته	وزن خشک بوته	شاخص برداشت	شاخص نسبی محتوای آب	کربوهیدرات محلول
مکان	۱	۴۸/۸۳**	۲۶۸۹۷/۹۵*	۳/۶۶ns	۱/۲۷ns	۱/۹۲ns	ns۰/۹۱	۲۸/۳۲**
خطای مکان	۴	۲/۴۶	۱۵۷۹۴/۸۷	۴/۱۱	۰/۳۵	۰/۰۰۷	۰/۱	۰/۰۱
نوع آب	۱	۳/۷۸ns	۱۲۷۸/۵۷ns	۵/۶۳*	۱۰/۸۷*	۰/۸۴ns	۰/۰۰۱ns	۰/۴۵**
مکان× آب	۱	۰/۲۲ns	۸/۳۳ns	۰/۱۶ns	۰/۰۲ns	۰/۶۳ns	۰/۰۱ns	۰/۵۱**
خطای اصلی	۲۰	۰/۹۹	۷۱۲۲/۸۵	۵/۱۸	۴/۷۳	۰/۷۶	۰/۰۸	۰/۰۲
سوپرجاذب	۲	۷۵/۶۰**	۲۷۹۰۲/۶۸*	۹/۲۶ns	۱/۰۰ns	۱/۱۴ns	۱/۵۲**	۰/۰۴ns
مکان× سوپرجاذب	۲	۱/۱۳ns	۱۰۴۷۸/۴۳ns	۰/۶۶ns	۰/۸۵ns	۱/۵۵ns	۰/۱۱ns	/۲۹ **
آب× سوپرجاذب	۳	۴۳/۸۱**	۶۲۳۸۷/۰۶ns	۸۹/۶۵**	۷۲/۱۷**	۱۰/۷۵**	۰/۶۲**	۰/۱۳*
مکان× آب× سوپرجاذب	۲	۱/۲۳ns	۲۳۵۹/۰۸ns	۱۸/۲۷*	۱۲/۰۴*	۳/۹۶*	۰/۰۹ns	۰/۷۴**
خطای باقی مانده	۴۸	۲/۰۵	۷۶۸۸/۷۰	۳/۹۹	۱/۹۴	۱/۲۲	۰/۰۵	۰/۰۳
ضریب تغییرات (درصد)	–	۵/۵۴	۱۱/۳۳	۱۵/۶۷	۸/۲۴	۲۰/۶۲	۷/۱۱	۳/۳۵

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی داری و اختلاف معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد.

ادامه جدول ٤. تجزیه واریانس صفات مورفوفیزیولوژیکی زیره سبز تحت تأثیر آب مغناطیسی و سوپرجاذب در دو مکان

منابع تغییرات	درجه آزادی	پروتئین	اسانس	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	عملکرد اسانس
مکان	۱	۳۵/۳۱**	۶/۷۶**	۵/۸۵**	۲/۲۳**	۰/۸۵**	۶۷/۱۱*
خطای مکان	۴	۰/۰۵	۰۳/۰	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۷	۱۷/۲۱
نوع آب	۱	۰/۱۷*	۰/۷۸**	۰/۱۲ns	۰/۱۴*	۰/۰۰۱ns	۱۲/۳۴*
مکان × آب	۱	۰/۰۱ns	۰/۱۰*	۰/۰۳ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۵ns	۱۴/۲۵*
خطای اصلی	۲۰	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۸	۱۱/۲۳
سوپرجاذب	۲	۰/۰۸ns	۰/۳۸ **	۰/۴۹**	۰/۲۴**	۰/۹۲**	۱۷/۱۹**
مکان× سوپرجاذب	۲	۰/۰۰۴ns	۰/۰۴ns	۰/۲۰*	۰/۳۹**	۰/۳۸*	۳۸/۴۵*
آب× سوپرجاذب	۳	۰/۴۷**	۱/۳۳ **	۱/۵۴**	۰/۶۰**	۳/۷۷**	۶۹/۷۲*
مکان× آب× سوپرجاذب	۲	۰/۰۱ns	۰/۰۳ns	۰/۳۵**	۰/۶۰**	۱/۲۴**	۳۹/۲۷ns
خطای باقی مانده	۴۸	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۷	۱۸/۹۴
ضریب تغییرات (درصد)	–	۱/۲۰	۷/۰۸	۳/۳۵	۶/۸۲	۲/۸۶	۹/۸

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی داری و اختلاف معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد.

۴. ۳. وزن تر بوته

همان‌طوری‌که در جدول تجزیه واریانس مشاهده می‌شود متغیرهای مکان، سوپرجاذب و برهم‌کنش بین آن‌ها اثرات مختلفی روی وزن تر بوته نشان دادند. نوع آب آبیاری از نظر مغناطیسی و معمولی روی وزن تر بوته در سطح ۵ درصد، اثرات متقابل سوپرجاذب× نوع آبیاری و اثرات متقابل سه‌گانه مکان× سوپرجاذب× نوع آبیاری و اثرات متقابل سوپرجاذب× نوع آب آبیاری، روی وزن تر بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، در صورتی‌که اثر ساده مکان و سوپرجاذب و برهم‌کنش بین سوپرجاذب× مکان و مکان× نوع آب جهت آبیاری روی وزن تر بوته اثر معنی‌داری نشان نداد (جدول ۴). براساس جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵)، بیش‌ترین وزن تر بوته با میانگین ۱۶/۶۲ گرم در منطقه گرمن با استفاده از آب مغناطیسی و تیمار ۱۰۰ کیلوگرم درهکتار سوپرجاذب مشاهده شد درصورتی‌که کم‌ترین وزن تر بوته با میانگین ۱۴/۳۵ گرم با کاربرد آب معمولی و بدون استفاده از سوپرجاذب در منطقه راهنجان مشاهده گردید.

۴. ۴. وزن خشک بوته

براساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) اثر نوع آبیاری، سوپرجاذب و برهم‌کنش بین سوپرجاذب× نوع آب آبیاری، روی وزن خشک گیاه معنی‌دار بود. براساس جدول مقایسه میانگین (جدول ۵) بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده شد، بدین صورت که بیش‌ترین وزن خشک بوته با میانگین ۸/۳۱ گرم در منطقه گرمن با استفاده از آب مغناطیسی و تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب مشاهده شد. در صورتی‌که کم‌ترین وزن خشک بوته (۷/۱۵ گرم) با کاربرد آب معمولی و بدون استفاده از سوپرجاذب در منطقه راهنجان مشاهده شد. لازم به ذکر است که بین مناطق مختلف از نظر میزان وزن تر و خشک بوته در تیمار بدون استفاده از سوپرجاذب و هر دو نوع آبیاری اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید.

جدول ۵. مقایسه میانگین صفات مورد اندازه‌گیری زیره سبز

مکان	نوع آبیاری	مقدار سوپرجاذب (کیلوگرم در هکتار)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن تر بوته (گرم)	وزن خشک بوته (گرم)	شاخص برداشت	شاخص نسبی محتوای آب (درصد)	کربوهیدرات محلول (درصد)
راهنجان	معمولی	شاهد	۲۴/۱۵d	۷۲۵/۳۶d	۱۴/۲۵cd	۷/۱۲c	۵/۱b	۷۱/۵۴a	۴/۶۰a
		۱۰۰	۲۵/۳۶cd	۷۵۲/۴۲c	۱۶/۴۸a	۸/۲۱a	۶/۴a	۶۶/۰۳c	۴/۰۹a
		۲۰۰	۲۵/۳۱cd	۷۴۸/۸۳c	۱۵/۱۴b	۷/۳۰b	۴/۳c	۷۲/۲۰b	۴/۵۷a
	مغناطیسی	شاهد	۲۵/۱۶c	۷۳۰/۲۴d	۱۴/۳۷c	۷/۱۵c	۵/۲b	۶۰/۸۶b	۵/۰۲b
		۱۰۰	۲۶/۹۳b	۸۴۰/۸۵b	۱۶/۵۸a	۸/۲۵a	۴/۸c	۷۲/۷۷a	۵/۶۰a
		۲۰۰	۲۵/۸۲c	۸۵۰/۲۵b	۱۵/۶۷b	۷/۸۰b	۵/۷ab	۶۹/۰۸b	۴/۷۷c
گرمن	معمولی	شاهد	۲۵/۱۳c	۷۵۰/۴۶b	۱۴/۳۱c	۷/۱۶c	۴/۳c	۷۳/۴۷ab	۵/۵۶a
		۱۰۰	۲۷/۳۶a	۸۶۰/۵۲ab	۱۵/۸۱b	۷/۴۵b	۵/۳b	۷۵/۰۸a	۵/۷۲a
		۲۰۰	۲۶/۴۵b	۸۵۵/۳۵b	۱۵/۵۰b	۷/۳۸b	۵/۵ab	۷۲/۵۹b	۵/۵۲a
	مغناطیسی	شاهد	۲۶/۱۱bc	۷۸۶/۶۴b	۱۴/۷۶c	۷/۳۲c	۵/۴b	۷۳/۹۷a	۵/۶۷a
		۱۰۰	۲۷/۴۹a	۸۷۳/۴۹a	۱۶/۶۲a	۸/۳۱a	۵/۶ab	۷۲/۴۵a	۵/۴۹ab
		۲۰۰	۲۶/۱۳bc	۸۶۵/۷۶ab	۱۵/۷۹b	۷/۴۶b	۵/۵ab	۷۴/۲۰a	۵/۲۹b

حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون LSD نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌داری می‌باشد.

ادامه جدول ۵. مقایسه میانگین صفات مورد اندازه‌گیری زیره سبز

مکان	نوع آبیاری	پروتئین (درصد)	اسانس (درصد)	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم)	کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم)	عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار)
راهنجان	معمولی	۱۶/۹۹ab	۱/۹۳b	۷/۲۸bc	۲/۳۶a	۹/۶۴ab	۱۳/۹bc
		۱۶/۸۳b	۲/۶۱a	۶/۴۹cd	۲/۳۱a	۸/۸۵b	۱۹/۶۳ab
		۱۷/۰۸a	۱/۹۱b	۶/۸۸c	۲/۲۵ a	۹/۲۱ab	۱۴/۳۰b
	مغناطیسی	۱۶/۸۸b	۱/۸۳b	۶/۵۲cd	۱/۵۴	۸/۰۶c	۱۳/۳۶bc
		۱۷/۱۸a	۲/۴۹a	۷/۴۹ b	۲/۴۸ a	۹/۹۷a	۲۰/۹۳ab
		۱۷/۱۵a	۲/۶۷a	۷/۱۲bc	۲/۲۲a	۹/۳۴	۲۲/۷۰a
گرمن	معمولی	۱۵/۲۲d	۱/۲۰b	۷/۰۰ c	۱/۹۳b	۸/۹۳b	۱۰/۲۰c
		۱۵/۹۴b	۱/۸۹a	۷/۴b	۲/۴۰a	۹/۸۰a	۱۶/۲۶b
		۱۵/۶۵bc	۱/۲۲b	۷/۰۹bc	۲/۱۰ab	۹/۱۹ab	۱۰/۴۳c
	مغناطیسی	۱۵/۹۲b	۱/۱۲c	۷/۴۵b	۲/۰۵ab	۹/۴۷ab	۸/۸۱cd
		۱۶/۲۹ab	۱/۳۱b	۸/۳a	۱/۷۰bc	۱۰/۰۰a	۱۱/۴۴c
		۱۶/۳۸a	۱/۸۱a	۷/۲۶bc	۱/۶۲d	۸/۸۸b	۱۵/۶۷b

حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون LSD نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌داری می‌باشد.

۴. ۵. شاخص برداشت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس، جدول (۴) نشان داد که اثرات ساده مکان، سوپرجاذب و نوع آب بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود، در صورتی‌که اثرات متقابل بین آب و سوپرجاذب و هم‌چنین اثرات متقابل بین آب، سوپرجاذب و مکان روی شاخص برداشت در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. بیش‌ترین شاخص برداشت (۶/۴) در منطقه راهنجان با استفاده از آب معمولی و غلظت سوپرجاذب ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. کم‌ترین شاخص برداشت در تیمارهای بدون استفاده از سوپرجاذب مشاهده گردید (جدول ۵).

۴. ۶. محتوای نسبی آب برگ

براساس جدول (۴) اثرات ساده مکان و سوپرجاذب و هم‌چنین اثرات متقابل بین آب× سوپرجاذب روی درصد محتوای نسبی آب برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود. درصورتی‌که اثر نوع آبیاری و اثرات متقابل بین مکان× نوع آبیاری، مکان× سوپرجاذب× نوع آبیاری روی محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار نبود. بیش‌ترین محتوای نسبی آب برگ (۷۲/۷۷) در منطقه راهنجان با استفاده از آب مغناطیسی و استفاده از سوپرجاذب ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۵).

۴. ۷. کربوهیدرات محلول

براساس نتایج حاصل از پژوهش تأثیر مکان، نوع آب، برهم‌کنش مکان و نوع آب، مکان و سوپرجاذب و هم‌چنین برهم‌کنش بین مکان و آب و سوپرجاذب روی کربوهیدرات محلول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

بیش‌ترین درصد کربوهیدرات محلول (۵/۷۲ درصد) در تیمار سوپرجاذب ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار با استفاده از آب معمولی در منطقه گرمن مشاهده شد در صورتی‌که بین دو مکان از نظر نوع آب اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۵).

۴. ۸. درصد پروتئین

درصد پروتئین اندازه‌گیری‌شده در دو منطقه و اثرات متقابل بین سوپرجاذب و نوع آب آبیاری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، در صورتی‌که اثر ساده سوپرجاذب، اثرات متقابل مکان و سوپرجاذب، هم‌چنین اثرات متقابل مکان، سوپرجاذب و نوع آب آبیاری روی درصد پروتئین معنی‌دار نبود (جدول ۴). براساس جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵) بیش‌ترین مقدار پروتئین (۱۷/۱۸ درصد) در منطقه راهنجان با استفاده از آب مغناطیسی و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب مشاهده شد البته بین تیمار ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم استفاده ازسوپرجاذب اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. کم‌ترین مقدار پروتئین (۱۵/۲۲ درصد) در تیمار بدون استفاده از سوپرجاذب و استفاده از آب معمولی در منطقه گرمن به‌دست آمد.

۴. ۹. درصد و عملکرد اسانس

درصد و عملکرد اسانس زیره سبز تحت تأثیر تیمارهای مختلف مورداستفاده در این آزمایش قرار گرفت. همان‌طوری‌که در جدول تجزیه واریانس داده‌ها مشاهده می‌شود (جدول ۴)، اثرات ساده مکان، نوع آبیاری و سوپرجاذب روی مقدار اسانس اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند. درصورتی‌که برهم‌کنش بین مکان، سوپرجاذب و نوع آب آبیاری روی درصد اسانس معنی‌دار نبود. هم‌چنین اثر سوپرجاذب روی عملکرد اسانس در سطح یک درصد و اثر مکان، نوع آب و هم‌چنین اثرات متقابل مکان و نوع آب، مکان و سوپرجاذب، آب و سوپرجاذب در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. براساس نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵) بیش‌ترین درصد اسانس در منطقه راهنجان با استفاده از آب مغناطیسی و کاربرد سوپرجاذب ۱۰۰ (۲/۴۹ درصد) و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (۲/۶۷ درصد) و کم‌ترین درصد اسانس (۱/۲۲ درصد) در تیمار بدون استفاده از سوپرجاذب در منطقه گرمن با کاربرد آب معمولی مشاهده شد. هم‌چنین بیش‌ترین عملکرد اسانس (۲۲/۷۰ کیلوگرم در هکتار) در منطقه راهنجان در تیمار آب مغناطیسی و استفاده از سوپرجاذب و کم‌ترین میزان عملکرد اسانس (۸/۸۱ کیلوگرم در هکتار) در منطقه گرمن و تیمار بدون استفاده از سوپرجاذب مشاهده گردید.

۴. ۱۰. میزان کلروفیل

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد (جدول ۴) میزان کلروفیل گیاه تحت تأثیر مکان و هم‌چنین غلظت‌های مختلف سوپرجاذب قرار گرفت. اثر ساده مکان و سوپرجاذب و هم‌چنین اثرات متقابل بین آب و سوپرجاذب روی میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود، در صورتی‌که اثر نوع آب مورد استفاده و اثر متقابل بین مکان و نوع آب روی میزان کلروفیل گیاه معنی‌دار نبود. براساس نتایج جدول مقایسه میانگین (جدول ۵)، بیش‌ترین مقدار کلروفیل‌های اندازه‌گیری‌شده در تیمارهایی که از سوپرجاذب ۱۰۰ کیلو در هکتار و آب مغناطیسی استفاده شده بود، مشاهده گردید. مقدار کلروفیل کل گیاه (۱۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) در منطقه گرمن با استفاده از آب مغناطیسی و استفاده از سوپرجاذب ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد.

۵. بحث

در مطالعه حاضر با افزایش تنش‌های خشکی و استفاده از مقدار کم سوپرجاذب، ارتفاع گیاه کاهش پیدا کرده که می‌تواند به‌دلیل تجزیه آهسته‌تر مواد ذخیره‌شده در اندام‌های ذخیره‌ای و کاهش یا عدم انتقال به سایر قسمت‌های گیاه از جمله ساقه شود (طاهری[1] و همکاران، ۲۰۰۸). تنش کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف ذرت تأثیر معنی‌داری بر کاهش ارتفاع بوته نشان داده است (محمدی بهمدی و ارمین، ۱۳۹۵). نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که آب مغناطیسی‌شده تأثیر معنی‌داری بر میزان صفات مورفولوژیکی نظیر وزن تر و خشک ریشه، عملکرد، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و ارتفاع گیاه داشت. کاربرد آب مغناطیسی سبب عبور آسان آب و مواد غذایی از غشای سلول گیاهی می‌شود که این امر می‌تواند موجب افزایش جذب آب و در نتیجه افزایش خصوصیات رشدی و عملکرد گیاه گردد. مغناطیسی‌کردن آب، پارامترهای رشد و کارایی انتقال مواد غذایی را بهبود می‌بخشد. تیمار با آب مغناطیسی هورمون سیتوکینین را افزایش داده که این هومون نیز به نوبه خود منجر به تقسیم سلولی و رشد ساقه می‌شود (مونتاجنیر[2] و همکاران، ۲۰۰۹) که با نتایج سایر پژوهش‌گران مطابقت و هم‌خوانی داشت. در پژوهش صورت‌گرفته روی گیاه استویا[3] (احمدی، ۱۳۸۹)، ریحان *Ocimum basilicum* (هوزاین[4] و همکاران، ۲۰۲۰) و پروانش[5] (هاشم‌آبادی[6]، ۲۰۱۵) نتایج نشان داد استفاده از آب‌مغناطیسی منجر به افزایش ارتفاع، عملکرد، وزن تر و خشک گیاه شد.

براساس نتایج حاصله، با استفاده از آب مغناطیسی میزان پروتئین گیاه افزایش یافت که می‌تواند به‌دلیل تغییردادن واکنش‌های متابولیکی سلول‌های مریستمی باشد که با تغییر در سیستم‌های سیگنال‌دهنده چرخه سلول، باعث پاسخ‌های بیولوژیکی متفاوت شده و می‌تواند رونویسی و سنتز پروتئین را افزایش دهد. در نتایج این پژوهش مشخص شد که استفاده از سوپرجاذب باعث افزایش صفات مورفولوژیکی در زیره سبز گردید. این تأثیر احتمالاً به‌دلیل جذب مقادیر قابل‌ملاحظه آب در ساختمان سوپرجاذب و متعاقب آن در اختیار قراردادن آب جذب‌شده به خاک اطراف ریشه گیاه در هنگام استفاده از رژیم‌های کم‌آبیاری می‌باشد. در واقع در شرایط تنش، رادیکال‌های آزاد فاکتور اصلی بروز پراکسیداسیون غشای سلولی است و در شرایط معمولی پراکسیداسیون غشای سلولی یک فرایند متابولیکی است. پراکسیدشدن غشا نتیجه احتمالی پاسخ سریع به تنش است (سینها[7] و ساکسنا[8]، ۲۰۰۶). تنش‌های غیرزیستی منجر به تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)[9] می‌شوند (حسن زمان[10] و همکاران، ۲۰۲۰؛ ذوالفقار[11] و همکاران، ۲۰۲۱؛ احمد[12] و همکاران، ۲۰۲۰؛ عسگری[13] و همکاران، ۲۰۲۰؛ کولاک[14] و همکاران، ۲۰۲۱). استفاده از آب مغناطیسی چرخه رسیدن به مرحله زایشی محصولات را با پویاسازی آب بین ترکیب ذرات رس و هوموس خاک افزایش می‌دهد (تایز[15] و زایگر[16]، ۲۰۰۲). در نتایج این پژوهش مشخص شد که مصرف سوپرجاذب منجر به افزایش صفات مورفولوژیک نسبت به شاهد گردید.

1. Taheri
2. Montagnier
3. *Stevia rebaudiana*
4. Hozayn
5. *Catharanthus roseus*
6. Hashemabadi
7. Sinha
8. Saxena
9. Reactive Oxygen Species
10. Hasanuzzaman
11. Zulfiqar
12. Ahmad
13. Asghari
14. Kulak
15. Taiz
16. Zeiger

زمانی‌که تنش آبی در اواخر مراحل رشد گیاه اتفاق می‌افتد، مقدار پروتئین دانه کاهش می‌یابد، اما در نهایت به‌علت کاهش عملکرد، تنش تأثیر منفی در عملکرد و پروتئین دانه دارد (جوادی‌پور[1] و همکاران، ۲۰۲۱). چون عملکرد وابسته به وزن هزاردانه می‌باشد که این موضوع مستلزم تجمع مواد فتوسنتزی در دانه‌هاست (جوادی‌پور و همکاران، ۲۰۲۱). در بررسی اثر تنش خشکی در زیره سبز گزارش شد که مقدار شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی بیش‌تر از شرایط عدم تنش خشکی بود. در حالی‌که خشکی باعث کاهش شاخ و برگ زیره سبز شد (امینی‌دهقی[2] و ملافیابی[3]، ۲۰۱۱). به‌نظر می‌رسد عبور آب از یک میدان مغناطیسی باعث بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی آن می‌گردد. در نتیجه با کاربرد این روش، مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی آب از قبیل نقطه جوش، نقطه انجماد، وزن مخصوص آب، کشش سطحی، هدایت حرارتی، سختی آب و غیره تغییر می‌کند.

پژوهش‌گران بر این باورند که با عبور آب از یک میدان مغناطیسی، نیروی کشش سطحی آب کاهش یافته و آزادی عمل و سیالیت مولکول‌های آب افزایش می‌یابد. با بررسی تأثیر میدان مغناطیسی بر عملکرد و کارایی مصرف آب زیره سبز مشخص شد که آبیاری با آب مغناطیس باعث افزایش عملکرد زیره سبز در مقایسه با تیمارهای بدون استفاده از آب مغناطیسی شد، به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان عملکرد دانه زیره سبز در تیمار آبیاری با آب مغناطیس به‌دست آمد (عابدین‌پور و روحانی، ۱۳۹۸).

در تیمارهایی که از سوپرجاذب و آب مغناطیسی استفاده گردید، میزان کربوهیدرات‌های محلول و هم‌چنین رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی زیره سبز افزایش یافت. که نتایج حاصل از این تحقیق با مطالعات صورت‌گرفته توسط سایر پژوهش‌گران مطابقت داشت. در پژوهشی که روی گیاه دارویی گل محمدی انجام گرفت مشخص شد، آب مغناطیسی به‌طور قابل‌توجهی میزان کلروفیل و اسانس گل محمدی[4] را افزایش داد (ابراهیمی[5] و همکاران، ۲۰۱۱). استفاده از آب مغناطیسی روی گیاه انگور منجر به افزایش میزان پروتئین و رنگدانه‌های گیاه گردید (دووا[6]، ۲۰۱۷). در بررسی هم‌زمان کم‌آبیاری و کاربرد سوپرجاذب‌ها گزارش شد که پلیمر سوپرجاذب از کاهش زیاد عملکرد اسانس جلوگیری کرده و کاربرد آن با افزایش دور آبیاری، موجب کاهش کم‌تری در عملکرد اسانس می‌شود (پیرزاد، ۱۳۹۱). کربوهیدرات‌های محلول عمده‌ترین ترکیبات آلی هستند که در گونه‌های مختلف گیاهی در تنظیم اسمزی به‌ویژه در برگ‌های در حال رشد، تحت تنش آب مشارکت می‌نمایند. آب مغناطیسی می‌تواند منجربه تغییرات بیوشیمیایی شده و به‌عنوان یک عامل القا جهت افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه گردد. در مطالعات نیرپور و همکاران (۱۴۰۰) استفاده از آب مغناطیسی باعث افزایش عملکرد و درصد اسانس گیاه دارویی مرزه[7] شد که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد. استفاده از آب مغناطیسی باعث کوچک‌شدن مولکول‌های آب در واحد حجم شده و قابلیت حل-کنندگی آب افزایش پیدا کرده و در نتیجه توانایی جذب کاتیون‌ها و آنیون‌ها در اطراف ریشه گیاه افزایش و در نتیجه عملکرد گیاه و در نتیجه آن عملکرد اسانس افزایش پیدا می‌کند (هاشم‌آبادی[8] و همکاران، ۲۰۱۵). تیمار مغناطیسی با القای الکتریکی بر آب، باعث جذب یون‌های با بار مخالف و دفع یون‌های آب با بار موافق می‌گردد. در نتیجه منجر به حل‌پذیری و جذب بیش‌تر عناصر مغذی از جمله نیتروژن و فسفر خواهد شد. اسانس‌ها از دو مسیر بیوسنتزی موالونات و شیکمیک اسید منشأ می‌گیرند. مسیر موالونات با فتوسنتز، آسیمیلاسیون و رشد مرتبط بوده و در نهایت منجر به تولید تریپنوئیدها می‌گردد. در صورتی‌که اسیدشیکمیک به‌وسیله فعالیت فنیل‌آلانین آمونیالیاز انجام می‌گیرد و منجر به تولید ترکیبات فنولی می‌شود. با توجه به این‌که

1. Javadipour
2. Aminidehghani
3. Mollfilabi
4. *Rosa damascena*
5. Ebrahimi
6. Doaa
7. *Satureja hortensis*
8. Hashenmabadi

اسانس‌ها ترکیب‌های ترپنوئیدی بوده و واحدهای سازنده آن‌ها نیازمند ATP و NADPH هستند و حضور عناصری نظیر نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های اخیر ضروری می‌باشد، در تیمارهایی‌که از آب مغناطیسی استفاده شد، درصد و عملکرد اسانس افزایش یافت (زارعی[1] و همکاران، ۲۰۲۰).

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش می‌توان دریافت که بیش‌ترین ارتفاع بوته، عملکرد دانه به سبب استفاده از آب مغناطیسی همراه با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب در هر دو منطقه بود. در منطقه راهنجان به‌دلیل شرایط اقلیمی و میانگین دمای سالانه بالاتر تیمار ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و کاربرد آب مغناطیسی، بیش‌ترین مقدار ارتفاع بوته، درصد و عملکرد اسانس، پروتئین و کربوهیدرات‌های محلول مشاهده گردید. بنابراین می‌توان دریافت که اغلب صفات در منطقه راهنجان دارای مقادیر بیش‌تری نسبت به منطقه گرمن بود. به‌طورکلی، استفاده از آب مغناطیسی و کاربرد سوپرجاذب تحت شرایط رژیم کم‌آبیاری موجب افزایش شاخص‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه زیره سبز شده است. از این‌رو، استفاده از سوپرجاذب به جهت نگهداری و بهره‌وری بیش‌تر آب و استفاده از آب مغناطیسی توصیه شده و توجیه اقتصادی دارد.

۷. تشکر و قدردانی

این مقاله از رساله دکتری دانشگاه صنعتی شاهرود استخراج شده است که بدینوسیله از گروه زراعت و ریاست محترم دانشکده کشاورزی، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

احمدی، پروین (۱۳۸۹، آبان). *تأثیر میدان مغناطیسی برروی آب و کاربردهای زراعی آب مغناطیسی*. اولین کنفرانس بین‌المللی مدل‌سازی گیاه، آب، خاک و هوا. کرمان، ایران. https://civilica.com/doc/97631

احمدی، مادح؛ قاسم‌نژاد، عظیم؛ صادقی ماهونک، علیرضا و رضایی‌اصل، عباس (۱۳۹۵). مطالعه تغییرات فیتوشیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره برگ گیاه *Stevia rebaudiana* Bertoni. آبیاری‌شده با آب شور مغناطیس در استان گلستان. *اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی*، ۴(۲)، ۵۶-۶۶.

پیرزاد، علیرضا؛ مقدم، امیرفیاض؛ رازبان، مهسا و راعی، یعقوب. (۱۳۹۱). بررسی عملکرد گل، اسانس و شاخص برداشت بابونه آلمانی *Matricaria chamomilla* L. تحت رژیم‌های آبیاری و مقادیر سوپرجاذب A200. *دانش کشاورزی و تولید پایدار*، ۲۲(۳)، ۸۵-۱۰۰.

عابدین‌پور، میثم و روحانی، ابراهیم (۱۳۹۸). تأثیر شوری و آب مغناطیسی بر عملکرد و کارآیی مصرف آب گیاه زیره سبز (مطالعه موردی: منطقه کاشمر). *تحقیقات آب و خاک ایران (علوم کشاورزی ایران)*. ۵۰(۴)، ۸۰۷-۸۱۷. https://doi.org/10.22059/ijswr.2018.264527.667997

1. Zarei

نیرپور دیزج، آیسان؛ علیزاده سالطه، سعیده و زارع نهندی، فریبرز. (۱۴۰۰). بررسی تأثیر آب مغناطیسی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد و ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس مرزه (*Satureja hortensis* L.). *دانش کشاورزی و تولید پایدار*، ۳۱(۱)، ۱۶۳-۱۷۶. http://doi: 10.22034/saps.2021.12800

میرزایی، بهزاد (۱۳۹۵، شهریور). *آب مغناطیسی و کاربردهای آن در توسعه کشاورزی*. کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران. اصفهان، ایران.

محمدی بهمدی محمد و آرمین محمد (۱۳۹۶). اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف ذرت در شرایط کشت تأخیری. *تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی کاربردی*.۴ (۱). ۱۷-۳۴.

References

Abedinpour, M., & Rouhani, A. (2019). The effect of salinity and magnetic water on the yield and water use efficiency of cumin (Case study: Kashmar region). *Iranian Soil and Water Research (Iranian Agricultural Sciences*), *50*(4), 807-817. https://doi.org/10.22059/ijswr.2018-264527-667997. (In Persian).

Ahmad, S., Su, W., Kamran, M., Ahmad, I., Meng, X., Wu, X., *et al*. (2020). Foliar application of melatonin delays leaf senescence in maize by improving the antioxidant defense system and enhancing photosynthetic capacity under semi-arid regions. *Protoplasma*. *257*, 1079–1092. https://doi.org/10.1007/s00709-020-01491-3

Ahmadi, M., Ghasemneghad, A., Sadeghi, A., & Rezaei Asl, A. (2014, January). The effect of magnetic water on yield and yield components of Stevia rebaudiana Bertoni. In *The first national conference of medicinal plants, traditional medicine and organic agriculture*. Hamadan, Iran. https://doi.org/10.22067/jsw.2023.80814.1248 . (In Persian).

Ahmadi, P. (2018, November). Effect of Magnetic Field on Water and Agricultural Applications of Magnetic Water. In *First International Conference on Modeling Plant, Water, Soil and Air*. Kerman, Iran. http://dx.doi.org/10.12944/CWE.9.3.18 . (In Persian).

Alizadeh-Choobari, O., & Najafi, M.S. (2018). Extreme weather events in Iran under a changing climate. *Climate dynamics*, *50*(1-2), 249-260.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration–guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper*. No. 56. Rome: FAO Publisher.

Amini, F., Saeidi, G., & Arzani, A. (2008). Study of genetic diversity in safflower genotypes using agro-morphological traits and RAPD markers. *Euphytica*, *163*, 21-30.

Dehaghi, M. A., & Mollfilabi, A. (2011). Evaluation of some drought resistance criteria in Cumin (*Cuminum cyminum* L.) landraces. *Advances in Environmental Biology*, *5*(2), 237-242.

Asghari, B., Khademian, R., & Sedaghati, B. (2020). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) confer drought resistance and stimulate biosynthesis of secondary metabolites in pennyroyal (*Mentha pulegium* L.) under water shortage conditions. *Scince Horticultre*, *263*, 109-132. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109132

Doaa, M. (2017). Effect of irrigation with magnetic saline groundwater on soil and grape crop. *Journal of Environmental Science*, *38*(1), 83-103.

Dubey, P. N., Saxena, S. N., Mishra, B. K., Solanki, R. K., Vishal, M. K., Singh B., Sharma, L. K., John S., Agarwal, D., & Yogi, A. (2017). Preponderance of cumin (*Cuminum cyminum* L.) essential oil constituents across cumin growing Agro-Ecological Sub Regions, India. *Industrial Crops and Products*, *95*, 50-59.

Ebrahim, S. A., & Azab, A. E. (2017). Biological effects of magnetic water on humans and animals. *Biomedical Sciences*, *3*(4), 78-85.

Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. B., Zulfiqar, F., Raza, A., Mohsin, S. M., Al Mahmud, J., Fujita, M., & Fotopoulos, V. (2020). Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress, Revisiting the crucial role of a universal defense regulator. *Antioxidants*, *9*, 681.

Hashemabadi, D., Zare Doust, F., & Jadidsoleimandarabi, M. (2015). The effect of magnetic water and irrigation cycles on the amount of nutrients in soil and shoots of *Catharanthus roseus*. *Ornamental plants*, *5*(3), 139-149.

Hassan, S. M., & Rahman, R. A. (2016). Effects of exposure to magnetic field on water properties and hatchability of Artemia salina. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Sciences*, *11*(11), 416-423.

Hozayn, M., Ali, H. M. H., Marwa, M. A., & El-Shafie, A. F. (2020). Influence of magnetic water on French basil (*Ocimum basilicum* L. var. Grandvert) plant grown under water stress conditions. *Plant Archives*, *20*(1), 3636-3648.

Javadipour, Z., Balouchi, H., Movahhedi Dehnavi, M., & Yadavi, A. (2021). Physiological Responses of Bread Wheat (*Triticum aestivum*) Cultivars to Drought Stress and Exogenous Methyl Jasmonate. *Journal of Plant Growth Regulation*, *41*, 3433-3448.

Kulak, M., Jorrín-Novo, J. V., Romero-Rodriguez, M. C., Yildirim, E. D., Gul, F., & Karaman, S. (2021). Seed priming with salicylic acid on plant growth and essential oil composition in basil (*Ocimum basilicum* L.) plants grown under water stress conditions. *Industrial Crops and Products*, *161*, 1132-1135.

Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophyll and carotenoids, Pigments of photosynthetic biomembrane. *Methods in Enzymology*, *148*, 350-382.

Mandal, M., & Mandal, S. (2016). Cumin (*Cuminum cyminum* L.) oils. In *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*. Edited by Preedy, V. R. London: Academic Press.

Mirzaei, B. (2016, August). Magnetic water and its applications in agricultural development. In *Second National Congress of Irrigation and Drainage of Iran*. Esfahan, Iran. (In Persian).

Mohammadi, B., & Armin, M. (2017). Effect of Drought Stress on Yield and Yield Components of Different Maize Cultivars in Delayed Cultivation. *Journal of Applied Research in Plant Ecophysiology*, *4*(1), 17-34. (In Persian).

Montagnier, L., Aïssa, J., Ferris, S., Montagnier, J., & Lavallée, C. (2009). Electromagnetic signals are produced by aqueous nanostructures derived from bacterial DNA sequences. *Interdisciplinary Sciences: Computational Life Sciences*, *1*, 81-90.

Nayyerpour Dizaj, A., Alizadeh Salteh, S., & Zare Nahandi, F. (2021). The effect of magnetic water on some morphological characteristics, yield and essential oil composition of savory (*Satureja hortensis* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *31*(1), 163-176. (In Persian).

Pandey, S., Patel, M. K., Mishra, A., & Jha, B. (2015). Physio-biochemical composition and untargeted metabolomics of cumin (*Cuminum cyminum* L.) make it a promising functional food and help in mitigating salinity stress. *PLoS One*, *10*(12), 1-25.

Pirzad, A., Fayyaz Moghaddam, A., Razban, M., & Raei, Y. (2012). The evaluation of dried flower and essential oil yield and harvest index of *Matricaria chamomilla* L. under varying irrigation regimes and amounts of super absorbent polymer (A200). *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, *22*(3), 85-99. (In Persian).

Rathore, S. S., Saxena, S. N., & Singh, B. (2013). Potential health benefits of major seed spices. *International Journal of Seed Spices*, *3*(2), 1-12.

Sharma, L. K., Agarwal, D., Rathore, S. S., Malhotra, S. K., & Saxena, S. N. (2016). Effect of cryogenic grinding on volatile and fatty oil constituents of cumin (*Cuminum cyminum* L.) genotypes. *Journal of food science and technology*, *53*(6), 2827-2834.

Sinha, S., & Saxena, R. (2006). Effect of iron on lipid peroxidation, and enzymatic and nonenzymatic antioxidants and bacoside-A content in medicinal plant. *Chemosphere*, *62*, 1340-1350.

Taheri, A. M., Daneshian, J., Valadabadi, S. A. R., & Aliabadi, F. H. (2008, April). Effects of water deficit and plant density on morphological characteristics of chicory (*Cichorium intybus* L.). In *Abstracts Book of 5th International Crop Science Congress & Exhibition*. Jeju, Korea.

Taiz, L., & Zeiger, E. (2002). *Plant Physiology*. Massachusetts: Sinauer Associates Publishers.

Tas, S., & Tas, B. (2007). Some physiological responses of drought stress in wheat genotypes with different ploidy in Turkiye. *World Journal of Agricultural Sciences*, *3*, 178-183.

Vundavalli, R., Vundavalli, S., Nakka, M., & Rao, D. S. (2015). Biodegradable nanohydrogels in agricultural farming alternative source for water resources. *Procedia Materials Science*, *10*, 548-554.

Zarei, S., Kasraei, M., & Nematollahi, M. A. (2020). Investigating the Impact of the Magnetized Water on the Growth and Germination of Five Wheat Grain Seeds. *Journal of Agricultural Machinery*, *10*(2), 289-298.

Zulfiqar, F., & Ashraf, M. (2021). Bioregulators, Unlocking their potential role in the regulation of the plant oxidative defense system. *Plant Molecular Biology*, *105*, 11-41.