Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 52, No 3, Autumn 2022 (209-218)
DOI: 10.22059/IJFCS.2020.301799.654716

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۲، شمارهٔ ۳، پائیز ۱۴۰۰ (ص۲۱۸-۲۰۹)

واکنش عملکرد و برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک مرزه (*Satureja hortensis*) به تاریخ کاشت و سطوح آبیاری در منطقه بیرجند

تکتم پدید[۱]، حامد جوادی*[۲]، محمد جواد ثقه الاسلامی[۳] و سید غلامرضا موسوی[٤]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی بیرجند، ۲- استادیار دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه پیام نور تهران، ۳و٤- دانشیار مرکز تحقیقات کشاورزی، گیاهان دارویی و علوم دامی، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۲/۱٦ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۵/۱۳)

چکیده

به‌منظور تعیین میزان آبیاری و تاریخ کاشت مناسب گیاه مرزه، آزمایشی در سال زراعی ۹٦-۱۳۹۵ در بیرجند به‌صورت کرت‌های خردشده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. میزان آبیاری به‌عنوان عامل اصلی در چهار سطح (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A در فواصل آبیاری پنج روزه) و تاریخ کاشت در سه سطح (۲٦ اسفند، ۲۱ فروردین و ۱۵ اردیبهشت) به‌عنوان عامل فرعی بودند. نتایج نشان داد که تیمار ۲۵ درصد تبخیر از تشتک، کارایی مصرف آب اندام‌های هوایی را ٦۹ درصد نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک افزایش داد. اثر تاریخ کاشت بر تمامی صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود، به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، وزن خشک سرشاخه‌های گلدار و اندام‌های هوایی، کارایی مصرف آب سرشاخه‌های گلدار، اندام‌های هوایی و اسانس و عملکرد اسانس از تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت به‌دست آمد. همچنین، بیشترین درصد اسانس و محتوی نسبی رطوبت برگ به تاریخ کاشت ۲۱ فروردین تعلق داشت. برهمکنش آبیاری و تاریخ کاشت نشان داد که بیشترین تعداد شاخه جانبی در بوته (۳۱/۲۸) در تیمار ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک و تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت و کمترین آن (۱۸/۷٤) در تیمار ۲۵ درصد تبخیر از تشتک و تاریخ کاشت ۲٦ اسفند مشاهده شد. نتایج این آزمایش نشان داد که با در نظر گرفتن کارایی مصرف آب، جهت دستیابی به حداکثر عملکرد کمی و کیفی مرزه در منطقه بیرجند می‌توان از تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت و آبیاری بر اساس ۲۵ درصد تبخیر از تشتک در فواصل آبیاری پنج روزه استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: درصد اسانس، کارایی مصرف آب، محتوی نسبی رطوبت برگ.

The responses of yield and some morpho-physiological traits of savory (*Satureja hortensis*) to sowing date and irrigation levels in Birjand

Toktam Padid[1], Hamed Javdi [2*], Mohamad Javad Seghatoleslami [3] and Seyyed Gholamreza Moosavi [4]

1. Department of Agronomy, Islamic Azad University of Birjand, Iran. 2. Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University (PNU) of Iran, 3, 4. Agricultural, Medicinal Plants and Animal Sciences Research Center, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran.

(Received: May 5, 2020 - Accepted: August 3, 2020)

ABSTRACT

To determine the effect of irrigation levels and planting date on savory, an experiment was carried out in Agricultural, Medicinal Plants and Animal Sciences Research center of Islamic Azad University of Birjand, Iran in 2016-2017. The experimental design was split plot based on a randomized complete block design with three replications. Irrigation levels (25, 50, 75 and 100% of evaporation (E) from the class A evaporation pan) and planting dates (March 17, April 10 and May 5) were as main plots and sub- plots, respectively. Results showed that shoot WUE increased (69%) in 25% E compared to 100% E treatment. The effect of planting date on all studied traits was significant. The highest plant height, number of branches, dry weight of flowering branches and shoot, flowering branches WUE, shoot WUE, essential oil WUE and yield were obtained in the 5 May planting date. Also, the highest percentage of essential oil and leaf RWC was observed in the April 10 planting date. The interaction of irrigation and planting dates showed that 100% E and 5 May planting date resulted in the highest (31.28) and 25% E and 17 March planting date produced the lowest (18.14) number of branches per plant. The results of this experiment showed that considering WUE, to achieve the maximum quantitative and qualitative performance of savory in Birjand, it is better to sow it on May 5 and irrigate it at 25% evaporation from pan, in five days irrigation intervals.

Keywords: Essential oil percentage, leaf relative water content, water use efficiency.

* Corresponding author E-mail: h_javadi@pnu.ac.ir

مقدمه

مرزه (*Satureja hortensis* L.) گیاهی یک‌ساله یا چندساله علفی و معطر از خانواده نعناعیان (Lamiaceae) است که این دارای ساقه‌های متعدد افراشته و کمانی شکل است و برگ‌های آن دارای غدد ترشحی حاوی اسانس می‌باشد (Yazdanpanah *et al.*, 2011) و از سرشاخه‌های گلدار مرزه در صنایع بهداشتی، غذایی و دارویی استفاده می‌شود (Yazdanpanah *et al.*, 2011; Akbari *et al.*, 2013). این گیاه برای درمان دردهای عضلانی، تهوع، سوءهاضمه، بیماری‌های عفونی و اسهال مورد استفاده قرار می‌گیرد (Hajhashemi *et al.*, 2002). اسانس گیاه مرزه به‌طور گسترده به‌عنوان آنتی‌اکسیدان و عامل ضد میکروبی در صنایع غذایی و دارویی استفاده می‌شود (Hadian *et al.*, 2010).

یکی از عوامل اقلیمی که بر توزیع و پراکنش گیاهان دارویی در سراسر جهان مؤثر است، آب قابل‌دسترس می‌باشد. برخی مطالعات نشان داده است که تنش ناشی از کمبود آب، موجب کاهش عملکرد در گیاهان دارویی می‌شود (Baghbani Arani *et al.*, 2017; Soheilnejad *et al.*, 2018). در تحقیقی، بیشترین ارتفاع بوته و عملکرد خشک مرزه در فاصله آبیاری یک روز در میان به‌دست آمد و با افزایش دور آبیاری، عملکرد کاهش یافت، اما حداکثر بازده اسانس به آبیاری چهار روز در میان تعلق داشت (Mehdi Shahivand *et al.*, 2013). در تحقیقی دیگر، کاهش آبیاری، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی و عملکرد کل اندام‌های هوایی مرزه بختیاری را کاهش داد (Eskandari, 2013).

تصمیم‌گیری در مورد زمان کاشت مطلوب یک گیاه زراعی بسیار با اهمیت است و از عوامل مهم جهت دستیابی به حداکثر عملکرد در گیاهان می‌باشد. تاریخ کاشت از طریق انطباق مراحل رشد و نمو گیاه با وضعیت دمای خاک و هوا، طول روز، بارندگی و سایر عوامل محیطی بر استقرار، رشد رویشی و زایشی و در نتیجه کمیت و کیفیت عملکرد محصول تأثیر می‌گذارد. در مطالعه‌ای که روی مرزه تابستانه در ساری انجام شد، حداکثر عملکرد خشک اندام‌های هوایی در تاریخ کاشت ۱۳ اردیبهشت به‌دست آمد (Mohammadpour *et al.*, 2013). در تحقیقی، چهار تاریخ کاشت هفت، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ آوریل (۱۸ و ۲۵ فروردین و یک و هشت اردیبهشت) روی گیاه مرزه و در منطقه مارسلین آمریکا بررسی شد و نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد تر و خشک گیاه در تاریخ کاشت ۱۴ و ۲۱ آوریل (۲۵ فروردین و یک اردیبهشت) به‌دست آمد (Ziombra and Fraszczak, 2008). در تحقیقی دیگر که سه تاریخ کاشت ۱۰ و ۲۵ آوریل و ۱۰ می (۲۱ فروردین، پنج و ۲۰ اردیبهشت) روی گیاه مرزه و در منطقه شچچین لهستان مورد بررسی قرار گرفت، مشخص شد که بیشترین عملکرد خشک از تاریخ کاشت ۲۵ آوریل (پنج اردیبهشت) به‌دست آمد، اما تاریخ کاشت تأثیری بر درصد اسانس مرزه نداشت (Jadczak, 2007).

با توجه به این‌که ایران در منطقه‌ای خشک و نیمه‌خشک قرار دارد و کاشت گیاهان دارویی به لحاظ خصوصیات درمانی و اقتصادی از اهمیت بالایی برخوردار است، تعیین روش‌های مدیریتی که با شرایط منطقه سازگار باشد و بتواند حداکثر عملکرد کمی و کیفی را فراهم نماید، حائز اهمیت است. بنابراین، تعیین بهترین تاریخ کاشت از طریق ایجاد شرایط مطلوب رشد و نمو، ضمن استفاده بهینه از منابع آب و خاک، موجب افزایش راندمان مصرف آب خواهد شد. از این رو این تحقیق با هدف بررسی تأثیر تاریخ کاشت و سطوح آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی مرزه در بیرجند انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی بیرجند با مختصات جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه طول شرقی و با ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا اجرا شد. محل آزمایش از نظر اقلیمی و بر اساس سیستم طبقه‌بندی آمبرژه، جزو مناطق خشک می‌باشد. میانگین ۱۵ ساله بارندگی این منطقه، ۱۷۶ میلی‌متر، حداکثر، حداقل و متوسط دمای روزانه آن،

به‌ترتیب ۳۹/۱، ۱۷- و ۱۲ درجه سانتی‌گراد است. میانگین شاخص‌های آب و هوایی محل آزمایش در طی دوره رشد گیاه مرزه در جدول ۱ نشان داده شده است.

همچنین، نتایج تجزیه خاک منطقه مورد آزمایش در جدول ۲ آمده است.

جدول ۱- میانگین شاخص‌های آب و هوایی محل آزمایش در طی دوره رشد مرزه

Table 1. Average climate indices of the experimental site during the growing season of savory

Month	Average daily minimum temperature (˚C)	Average daily maximum temperature (˚C)	Average daily temperature (˚C)	Total rainfall (mm)	Average daily humidity (%)	Average hours of sunshine (hr)
February	6.5	21.6	14.0	58.3	50	204.3
March	9.4	24.4	16.9	8.3	41	250.1
April	14.1	29.6	21.85	18.1	41	257.0
May	16.8	34.4	25.6	0	24	375.2
June	21.3	38.1	29.7	0.2	25	363.2
July	16.3	33.7	25.0	0	29	371.0
August	12.7	31.5	22.1	0	25	339.9
September	10.5	30.3	20.4	0	32	296.4

جدول ۲- نتایج تجزیه خاک محل آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری

Table 1- Results of soil analysis at 0-30 cm depth

Texture	EC ($dS.m^{-1}$)	pH	Organic C (%)	N (%)	P ($mg.kg^{-1}$)	K ($mg.kg^{-1}$)	Fe ($mg.kg^{-1}$)	Mn ($mg.kg^{-1}$)	Zn ($mg.kg^{-1}$)
Sandy	1.57	8.2	0.33	0.033	6.8	133	4.08	4.34	1.82

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. آبیاری به‌عنوان عامل اصلی در چهار سطح (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد میزان تبخیر پنج روز از تشتک تبخیر کلاس A) و تاریخ کاشت در سه سطح (۲۶ اسفند، ۲۱ فروردین و ۱۵ اردیبهشت) به‌عنوان عامل فرعی بودند. هر کرت فرعی شامل چهار خط کاشت به طول شش متر بود که بذرها در دو طرف پشته‌های عریض ۵۰ سانتی‌متری کشت شدند. فاصله بین کرت‌های فرعی نیم متر، بین دو کرت اصلی یک متر و بین دو تکرار سه متر در نظر گرفته شد. عملیات آماده‌سازی زمین در اوایل پاییز آغاز شد. بر اساس نتایج آزمون خاک، ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره (یک‌سوم قبل از کاشت، یک‌سوم در مرحله هشت برگی و یک‌سوم در مرحله قبل از گلدهی)، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به‌صورت قبل از کاشت داخل زمین پخش شد و با خاک مخلوط شد. مرزه مورد استفاده از نوع توده محلی بود که به‌صورت یک‌ساله مورد کشت و کار قرار می‌گیرد. کاشت بذرها بر اساس تاریخ کاشت‌های مورد نظر به روش خشکه‌کاری و با دست انجام شد. قبل از کاشت، بذرها به‌وسیله قارچ‌کش ویتاواکس با غلظت دو در هزار ضدعفونی شد. در مرحله چهار تا شش برگی، گیاهچه‌ها بر اساس فاصله ۲۰ سانتی‌متر (تراکم ۲۰ بوته در مترمربع) تنک شدند. پس از استقرار گیاه، آمار روزانه تبخیر از تشتک کلاس A از اداره هواشناسی شهرستان بیرجند گرفته شد و دور آبیاری پنج روز محاسبه شد. سپس با استفاده از عمق آب و مساحت کرت، حجم آب آبیاری محاسبه شد و تیمارهای آبیاری برای هر کرت با کمک سیستم تحت‌فشار و توسط شیلنگ و کنتور اعمال شد. زمان شروع اعمال تیمارهای آبیاری از مرحله هشت تا ۱۰ برگی به بعد در نظر گرفته شد. میزان آب مصرفی در تاریخ‌های مختلف کاشت و برای سطوح مختلف آبیاری در مراحل مختلف رشد مرزه در جدول ۳ آمده است. عملیات مبارزه با علف‌های‌هرز طی سه نوبت با دست انجام پذیرفت. در طول فصل رشد، آفت و بیماری خاصی مشاهده نشد.

جدول ۳- متوسط میزان آب مصرفی تیمارهای مورد مطالعه در مراحل مختلف رشد مرزه

Table 3. The average water consumed by studied treatments at different savory growth stages

Irrigation levels	Sowing date	Emergence stage ($L.m^{-2}$)	Flowering stage ($L.m^{-2}$)	Harvesting stage ($L.m^{-2}$)
I_1	17 March	186	791.6	871
	10 April	126	675.1	760.1
	5 May	92	683	730.9
I_2	17 March	186	861.9	1026
	10 April	126	746.3	930.2
	5 May	92	740	861.2
I_3	17 March	186	938.9	1245.4
	10 April	126	819.5	1145.4
	5 May	92	803	1018.7
I_4	17 March	186	1053.4	1462.3
	10 April	126	956.5	1382.8
	5 May	92	912.2	1225.4

I_1، I_2، I_3 و I_4: به‌ترتیب ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک کلاس A.

*I_1, I_2, I_3, and I_4: 25, 50, 75 and 100 % evaporation (E) from the class A evaporation pan.

اندازه گیری صفات مورفولوژیک شامل ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی در مرحله گل‌دهی کامل، وی پنج بوته از هر کرت انجام شد. جهت تعیین وزن خشک سرشاخه‌های گلدار و اندام‌های رویشی، بوته‌های دو متر مربع میانی هر کرت در زمان گل‌دهی به‌طور کامل برداشت شدند و در هوای آزاد و سایه خشک شدند و سپس وزن آن‌ها با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد و بر مبنای ۱۰ درصد رطوبت گزارش شد.

جهت اندازه‌گیری محتوی نسبی رطوبت برگ (RWC)، نمونه‌گیری از ۲۰ برگ کامل و در مرحله قبل از گلدهی انجام شد. برای محاسبه محتوی نسبی رطوبت برگ، از رابطه ۱ استفاده شد (Pirzad *et al.*, 2011):

$$RWC = \frac{FW-DW}{TW-DW} \times 100 \qquad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه، FW: وزن‌تر برگ، DW: وزن خشک برگ و TW: وزن برگ در حالت اشباع می‌باشد.

جهت اندازه‌گیری کارایی مصرف آب برای سرشاخه‌های گلدار، زیست‌توده و اسانس، از روابط ۲، ۳ و ۴ استفاده شد (Tanner & Sinclair, 1983):

$$WUEf = \frac{FY}{WC} \qquad \text{رابطه ۲}$$

$$WUEb = \frac{BY}{WC} \qquad \text{رابطه ۳}$$

$$WUEe = \frac{EY}{WC} \qquad \text{رابطه ۴}$$

در این روابط، FY: وزن خشک سرشاخه‌های گلدار، BY: زیست‌توده، EY: عملکرد اسانس و WC: میزان آب مصرفی است. به‌منظور محاسبه درصد اسانس، گرم از سرشاخه‌های گلدار نمونه‌های برداشت شده از هر کرت در دستگاه کلونجر و در فرآیند تقطیر با بخار آب قرار گرفت و میزان اسانس استحصالی از آن اندازه‌گیری شد. عملکرد اسانس نیز از حاصل‌ضرب عملکرد سرشاخه‌های گلدار و درصد اسانس به‌دست آمد (Shariat *et al.*, 2018).

تجزیه آماری با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام شد و جهت مقایسه میانگین‌ها، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش سطوح آبیاری و تاریخ کاشت بر تعداد شاخه جانبی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، اما اثر آبیاری بر این صفات معنی‌دار نبود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تأخیر در تاریخ کاشت موجب افزایش ارتفاع بوته شد، به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته به‌طور مشترک از تاریخ کاشت ۲۱ فروردین (۳۸/۷۲ سانتی‌متر) و ۱۵ اردیبهشت (۳۷/۵۷ سانتی‌متر) به‌دست آمد (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد که در تاریخ کاشت‌های ۲۱ فروردین و ۱۵ اردیبهشت، به علت مساعد بودن شرایط محیطی از جمله حرارت (جدول ۱)، گیاه مرزه از ارتفاع بیشتری برخوردار بود. همچنین احتمالا" تنش سرما در اولین تاریخ کاشت، سبب بروز خسارت

به بوته‌ها و کاهش ارتفاع نهایی شده است. در برخی از مطالعات، به تأثیر معنی‌دار تاریخ کاشت بر ارتفاع بوته اشاره شده است (Jadczak, 2007; El- Gohary *et al.*, 2015). در مطالعه‌ای، حداکثر ارتفاع بوته مرزه از تاریخ کاشت ۲۲ فروردین گزارش شد (Mohammadpour *et al.*, 2013).

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش سطوح آبیاری و تاریخ کاشت بر تعداد شاخه جانبی نشان داد که بیشترین تعداد شاخه جانبی در بوته از تیمار ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک و تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت (۳۱/۲۸) و کمترین آن از تیمار ۲۵ درصد تبخیر از تشتک و تاریخ کاشت ۲۶ اسفند (۱۸/۷۴) به‌دست آمد (شکل ۱). در تحقیق‌های جداگانه روی مرزه بختیاری (Eskandari, 2013) و نعناع فلفلی (Chitsaz et al., 2016)، با افزایش تنش خشکی، تعداد شاخه جانبی در بوته کاهش یافت. فراهمی آب بر بسیاری از جنبه‌های متابولیسمی گیاه از جمله جذب و آسیمیلاسیون عناصر غذایی مؤثر است. کاهش در جذب عناصر غذایی در اثر کمبود آب ممکن است در این زمینه مؤثر باشد (Souri, 2016). نتایج برخی مطالعات حاکی از آن است که بیشترین تعداد شاخه جانبی از تاریخ کاشت‌هایی به‌دست آمد که از شرایط مساعد محیطی از جمله رطوبت، نور و حرارت برخوردار بودند (Mohammadpour et al., 2013; El- Gohary et al., 2015). به‌نظر می‌رسد که در زمان فعال شدن جوانه‌های جانبی، آبیاری زیاد به همراه رطوبت ذاتی بیشتر خاک در این مرحله، سبب ایجاد تنش غرقابی و کاهش تولید سیتوکینین شده است و در نهایت منجر به کاهش تعداد شاخه جانبی در تیمار ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک و تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت شده باشد.

وزن خشک سرشاخه‌های گلدار و اندام‌های هوایی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر وزن خشک سرشاخه‌های گلدار و اندام‌های هوایی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، اما اثر سطوح آبیاری و برهمکنش آبیاری و تاریخ کاشت بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تأخیر در کاشت از ۲۶ اسفند به ۱۵ اردیبهشت، موجب افزایش وزن خشک سرشاخه‌های گلدار و اندام‌های هوایی مرزه شد (جدول ۵). بیشترین وزن خشک سرشاخه‌های گلدار و اندام‌های هوایی از تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت به‌دست آمد که نسبت به تاریخ کاشت ۲۶ اسفند، به‌ترتیب از افزایش ۳۰/۴۱ و ۲۸/۵۲ درصدی برخوردار بودند (جدول ۵).

در تحقیقی، بیشترین وزن خشک اندام‌های هوایی مرزه از تاریخ کاشت ۲۵ آوریل (پنج اردیبهشت) به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تاریخ کاشت ۱۰ می (۲۰ اردیبهشت) نداشت، اما کاشت زودتر در تاریخ ۱۰ آوریل (۲۱ فروردین)، موجب کاهش عملکرد مرزه شد (Jadczak, 2007). در تحقیق‌های جداگانه‌ای روی مرزه (Ziombra and Fraszczak, 2008; Mohammadpour *et al.*, 2013) و نعناع فلفلی (Jabarpour *et al.*, 2014) حداکثر وزن خشک از تاریخ کاشت‌های اردیبهشت به‌دست آمد.

تاریخ کاشت دیرهنگام (۱۵ اردیبهشت) نسبت به سایر تاریخ کاشت‌های مورد مطالعه، از شرایط مناسب‌تر محیطی از جمله درجه حرارت و رطوبت برخوردار بود (جدول ۱). از این رو این شرایط از طریق افزایش ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی (جدول ۵) زمینه افزایش سطح سبز گیاه و تولید مواد فتوسنتزی بیشتر را فراهم نمود و در نهایت موجب افزایش وزن خشک سرشاخه‌های گلدار و اندام‌های هوایی مرزه شد.

صفات فیزیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر محتوی نسبی رطوبت برگ و کارایی مصرف آب اسانس در سطح احتمال پنج درصد و بر کارایی مصرف آب سرشاخه‌های گلدار و اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. این در حالی است که برهمکنش آبیاری و تاریخ کاشت بر هیچ‌یک از این صفات معنی‌دار نبود (جدول ۴).

جدول ۴- میانگین مربعات اثر سطوح آبیاری و تاریخ کاشت بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و عملکرد کمی و کیفی مرزه

Table 4. Mean squares of the effect of irrigation levels and planting date on some morphological and physiological characteristics and quantitative and qualitative yield of savory

S.O.V.	df	Plant height	Number of branches	Dry weight of flowering branches	Shoot dry weight	Relative water content	Water use efficiency based on flowering branches	Water use efficiency based on Shoot	Water use efficiency based on essential oils	Essential oil percentage	Essential oil yield
Replication	2	12.46 ^{ns}	11.63 ^{ns}	4759 ^{ns}	15984 ^{ns}	0.873 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.0128 ^{ns}	0.0015 ^{ns}	0.0004^{ns}	2.2987 ^{ns}
Irrigation (A)	3	16.87 ^{ns}	5.233 ^{ns}	98.69 ^{ns}	84.69 ^{ns}	9.973 ^{ns}	0.0177 ^{ns}	0.0418 *	0.0064 ^{ns}	0.056 ^{ns}	0.4815 ^{ns}
Error (a)	6	25.48	7.672	8781	17293	19.76	0.0083	0.0149	0.0023	0.0976	2.5037
Sowing date(B)	2	261* *	212.6* *	8577*	17043*	31.50 *	00227* *	0.0447**	0.0083*	0.808**	4.6787 *
A*B	6	14.92 ^{ns}	13.26*	2098 ^{ns}	57.91 ^{ns}	11.24 ^{ns}	0.0014 ^{ns}	0.0041^{ns}	0.0008^{ns}	0.095^{ns}	1.0920 ^{ns}
Error (b)	16	15.88	5.195	2599	4924	10.94	0.0027	0.0054	0.0015	0.117	1.3441
C.V (%)		11.23	8.42	25.10	23.59	4.68	26.02	24.74	29.26	16.17	27.42

*، ** و n.s:به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیر معنی‌دار می‌باشد.

**,* and ^{ns}: significant at 1% and 5% of probability levels and non-significant, respectively.

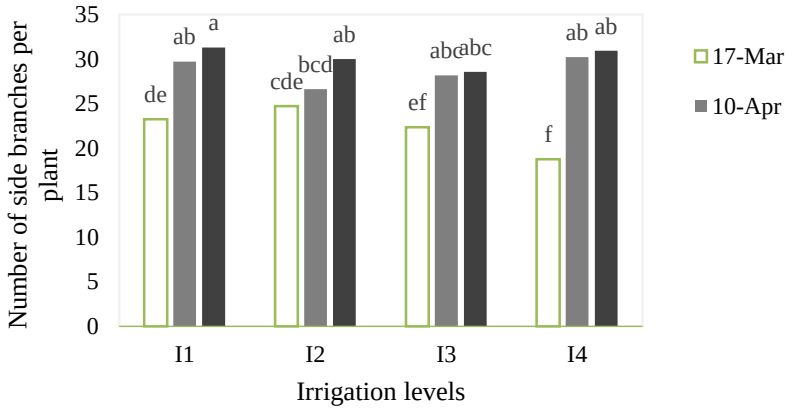
جدول ۵- تأثیر تاریخ کاشت بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و عملکرد کمی و کیفی مرزه

Table 5. Effect of planting date on some morphological and physiological characteristics and quantitative and qualitative yield of savory

Sowing date	Plant height (cm)	Number of branches	Dry weight of flowering branches ($g.m^{-2}$)	Shoot dry weight ($g.m^{-2}$)	Relative water content (%)	Water use efficiency based on flowering branches ($g.\ l^{-1}$)	Water use efficiency based on Shoot ($g.\ l^{-1}$)	Water use efficiency based on essential oils ($mg.\ l^{-1}$)	Essential oil percentage	Essential oil yield ($g.m^{-2}$)
17 March	30.13 ^{b}	22.26 ^{b}	175.6 ^{b}	255.2 ^{b}	71.24 ^{ab}	0.160 ^{b}	0.233 ^{b}	3.238 ^{b}	2.054 ^{b}	3.547 ^{b}
10 April	38.72 ^{a}	28.67 ^{a}	204.5 ^{ab}	308.9 ^{ab}	71.91 ^{a}	0.201^{b}	0.303 ^{a}	4.747 ^{a}	2.404 ^{a}	4.775 ^{a}
5 May	37.57 ^{a}	30.18 ^{a}	229 ^{a}	328 ^{a}	68.83 ^{b}	0.247 ^{a}	0.354 ^{a}	4.610 ^{a}	1.897 ^{b}	4.359 ^{ab}

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter(s) in the same column are not significantly different based on Duncan test ($p\leq0.05$).



شکل ۱- مقایسه میانگین برهمکنش سطوح آبیاری و تاریخ کاشت برای تعداد شاخه جانبی مرزه. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند. I_1، I_2، I_3 و I4: به‌ترتیب ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد تبخیر آب از تشتک کلاس A

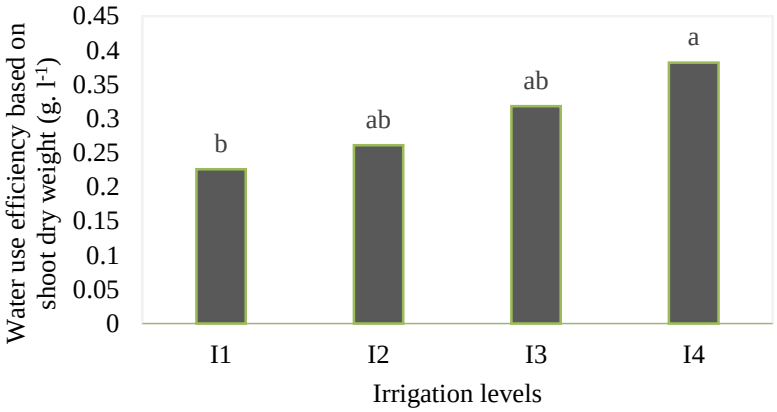
Figure 1. Mean comparison of the interaction effects of irrigation levels and planting date on the branches number of savory. Means with at least one similar letter are not significantly different based on the Duncan test ($p \leq 0.05$). I_1, I_2, I_3, and I_4: 100, 75, 50 and 25%, evaporation (E) from the class A evaporation pan, respectively.

همچنین اثر آبیاری بر کارایی مصرف آب اندام‌های هوایی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که حداکثر کارایی مصرف آب بر اساس اندام‌های هوایی از تیمار ۲۵ درصد میزان آبیاری بر اساس تبخیر از تشتک به‌دست آمد که نسبت به تیمارهای ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میزان آبیاری از برتری به‌ترتیب ۲۰/۱، ۴۶/۳ و ۶۹ درصدی برخوردار بود (شکل ۲). در تحقیق‌های جداگانه روی چای ترش (Seghatoleslami *et al.*, 2013) و کاسنی (Foaadedini *et al.*, 2015)، حداکثر کارایی مصرف آب زیست‌توده از تیمار آبیاری به‌ترتیب ۲۰ و ۲۵ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع گزارش شده است. با توجه به این‌که وزن خشک اندام‌های هوایی تحت تأثیر سطوح آبیاری قرار نگرفت (جدول ۴)، علت افزایش کارایی مصرف آب بر اساس وزن خشک اندام‌های هوایی، مصرف آب کمتر در این تیمار می‌باشد (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین محتوی نسبی رطوبت برگ از تاریخ کاشت ۲۱ فروردین (۷۱/۹۱ درصد) به‌دست آمد و کمترین آن متعلق از تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت (۶۸/۸۳ درصد) به‌دست آمد (جدول ۵). با توجه به این که نمونه‌گیری از برگ ها جهت تعیین محتوی نسبی رطوبت برگ قبل از گلدهی بوده است، همزمانی گلدهی در تیمار دیرترین تاریخ کاشت با گرمای شدیدتر سبب شده است که برگ‌ها در این مرحله از میزان محتوی نسبی رطوبت کمتری برخوردار باشند. از طرف دیگر، افزایش درجه حرارت در این تاریخ کاشت، موجب افزایش تبخیر و کاهش میزان آب موجود در خاک شده است.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تأخیر در کاشت از ۲۶ اسفند به ۱۵ اردیبهشت، موجب افزایش کارایی مصرف آب بر اساس سرشاخه‌های گلدار و اندام‌های هوایی مرزه شد (جدول ۵). بیشترین کارایی مصرف آب بر اساس سرشاخه‌های گلدار و اندام‌های هوایی در تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت به‌دست آمد که نسبت به تاریخ کاشت ۲۶ اسفند به‌ترتیب از افزایش ۵۴/۳ و ۵۱/۹ درصدی برخوردار بودند (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد که افزایش وزن خشک سرشاخه‌های گلدار و اندام‌های هوایی (جدول ۵) و کاهش مصرف آب به دلیل کاهش طول دوره رشد مرزه از دلایل افزایش

کارایی مصرف آب سرشاخه‌های گلدار و اندام‌های هوایی در تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت باشد.



شکل ۲ - مقایسه میانگین اثر سطوح آبیاری بر کارایی مصرف آب اندام‌های هوایی مرزه. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند. I_1، I_2، I_3 و I4: به‌ترتیب ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد تبخیر آب از تشتک کلاس A

Figure 1. Mean comparison of the effect of irrigation levels on shoot water use efficiency of savory. Means with at least one similar letter are not significantly different based on the Duncan test ($p \leq 0.05$). I_1, I_2, I_3, and I_4: 100, 75, 50 and 25%, evaporation (E) from the class A evaporation pan, respectively

درصد و عملکرد اسانس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر درصد اسانس در سطح احتمال یک درصد و بر عملکرد اسانس در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، اما اثر آبیاری و برهمکنش آبیاری و تاریخ کاشت بر این صفات معنی‌دار نبود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین درصد اسانس به تاریخ کاشت ۲۱ فروردین (۲/۴ درصد) تعلق داشت و تاریخ کاشت‌های ۲۶ اسفند (دو درصد) و ۱۵ اردیبهشت (۱/۸۹ درصد) به‌طور مشترک در رتبه بعدی قرار گرفتند (جدول ۵). نتایج برخی مطالعات حاکی از تأثیر معنی‌دار تاریخ کاشت بر درصد اسانس مرزه بود (Jadczak, 2007; Jabarpour *et al.*, 2014). به‌نظر می‌رسد که گرمای زیاد در مرحله تشکیل سرشاخه‌های گلدار در تیمار تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت، بر فرآیند تشکیل اسانس اثر سوء گذاشته است و درصد اسانس را کاهش داده است. همچنین شاید بتوان گفت که بیشتر بودن عملکرد سرشاخه‌های گلدار در این تیمار نیز سبب کاهش درصد اسانس آن شده است.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تأخیر در تاریخ کاشت، باعث افزایش عملکرد اسانس شد، به‌طوری‌که تاریخ کاشت‌های ۲۱ فروردین و ۱۵ اردیبهشت از افزایش ۳۴/۷۴ و ۲۲/۸۸ درصدی نسبت به تاریخ کاشت ۲۶ اسفند برخوردار بودند (جدول ۵). با توجه به این‌که عملکرد اسانس، تابعی از درصد اسانس و عملکرد سرشاخه‌های گلدار می‌باشد، لذا با توجه به زیاد بودن نسبی درصد اسانس و وزن خشک سرشاخه‌های گلدار در تاریخ کاشت ۲۱ فروردین (جدول ۵)، انتظار می‌رود که عملکرد اسانس در تیمار مذکور افزایش یابد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد که آبیاری در تیمار ۲۵ درصد تبخیر از تشتک، تأثیری بر عملکرد کمی و کیفی مرزه نداشت و باعث افزایش ۶۹ درصدی کارایی مصرف آب اندام‌های هوایی شد. همچنین، تأخیر در کاشت از ۲۶ اسفند به ۱۵ اردیبهشت، ضمن افزایش ۳۰/۴۱ و ۳۷/۷۴ درصدی به‌ترتیب وزن خشک سرشاخه‌های گلدار و عملکرد اسانس، موجب افزایش

کارایی مصرف آب بخش‌های مختلف گیاه مرزه شد. بر اساس نتایج این آزمایش و با در نظر گرفتن کارایی مصرف آب، جهت دستیابی به حداکثر عملکرد کمی و کیفی مرزه در منطقه بیرجند می‌توان از تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت و آبیاری بر اساس ۲۵ درصد تبخیر از تشتک در فواصل آبیاری پنج روزه، استفاده نمود.

REFERENCES

1. Akbari, S., Kordi, S., Fatahi, S. & Ghanbari, F. (2013). Physiological responses of summer savory under salinity stress. *International Journal of Agriculture and Crop Science*, 5, 1702- 1708.
2. Baghbani Arani, A., Modarres-Sanavy, S. A. M., Mashhadi Akbar Boojar, M., & Mokhtassi Bidgoli, A. (2017). Effect of application of zeolite and nitrogen fertilization on growth, seed yield and water productivity of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) under drought stress conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 19(3), 239-254. (In Persian)
3. Chitsaz, M., Nejatzadeh, F. & Valizadegan, E. (2016). Effect of irrigation and zinc nutrition on growth and yield of essential oil (*Menta piperita* L.). *New Cellular and Molecular Biotechnology Journal*, 6 (23), 39-46. (In Persian)
4. El- Gohary, A. E., El- Gendy, A. G., Hendawy, S. F., El- Sherbeny, S. E., Hussein, M. S. & Geneva, M. (2015). Herbage yield, essential oil content and composition of summer savory (*Satureja hortensis* L.) as affected by sowing date and foliar nutrition. *Genetics and Plant Physiology*, 5(2), 170- 178.
5. Eskandari, M. (2013). Changes in growth parameters and essential oil content of *Satureja bachtiarica* bunge under the effects of 28-Homobrassinolid and drought stress. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 29(1), 176-186. (In Persian)
6. Foaadedini, M., Seghatoleslami, M. J. & Moosavi, S. (2015). Effect of water deficit stress on traits of chichory (*Cichorium intybus* L.) in different planting dates. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 31(3), 383-395. (In Persian)
7. Hadian, J., Nejad-Ebrahimi, S. & Salehi, P. (2010). Variability of morphological and phytochemical characteristics among *Satureja hortensis* L. accessions of Iran. *Industrial Crops and Products*, 32, 62-69.
8. Hajhashemi, V., Ghannadi, A. & Pezeshkian, S. (2002) Antinociceptive and anti-inflammatory effects of *Satureja hortensis* L. extracts and essential oil. *Journal of Ethnopharmacology*, 82, 83-87.
9. Jabarpour, S., Zehtab –Salmasi, S., Alyari, H., Javanshir, A. & Shakiba, M. (2014). Effects of sowing time and plant density on yield and essential oil production of medicinal plant, peppermint (*Mentha piperita* L.). *Agroecology*, *5*(4), 416-423. (In Persian)
10. Jadczak, D. (2007). Effect of sowing date on the quantity and quality of yield of summer savory (*Satureja hortensis* L.) grown for a bunch harvest. *Heron of Polonica*, 53(3), 22-27.
11. Mehdi Shahivand, Z., Saidi, M. & Tahmaasebi, Z. (2013). Effects of plant spacing and irrigation intervals on yield and essential oil percentage of (*Satureja bachtiarica* Bunge.). *Eco-phytochemical Journal of Medical Plants*, 1(2), 25-38. (In Persian)
12. Mohammadpour, M., Ghasemnejad, A., Lebaschy, M. H., Abbaszadeh, B. & Azadbakht, M. (2013). Effects of sowing date and plant density on morphological characteristics and yield of Summer savory (*Satureja hortensis* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 29(3) 621-634. (In Persian)
13. Pirzad, A., Shakiba, M. R., Zehtab Salmasi, S., Mohammadi, S. A., Darvishzadeh, R. & Samadi, A. (2011). Effect of water stress on leaf relative water content, chlorophyll, proline and soluble carbohydrates in *Matricaria chamomilla* L. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(12), 2483-2488.
14. Seghatoleslami, M., Mosavi, S. & Barzegaran, T. (2013). Effect of irrigation levels and planting date on yield and water use efficiency of *Hibiscus sabdariffa* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 29(1), 144-156. (In Persian)
15. Shariat, A., Karimzadeh, G., Assareh, M. & Hadian, J. (2018). A promising application of drought stress for increasing product quality of Iranian endemic *Satureja sahendica* Bornm medicinal plant. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 49(1), 167-177. (In Persian)
16. Soheilnejad, A., Mahdavi Damghani, A., Liaghati, S. & Pezeshkpour, P. (2018). Effect of superabsorbent hydrogel Aquasorb application on mitigating drought stress, grain yield and water use efficiency of mungbean (*Vigna radiate* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 19(4), 363-375. (In Persian)
17. Souri, M. K. (2016). Aminochelate fertilizers: the new approach to the old problem; a review. *Open Agriculture*, 1, 118-123.

18. Tanner, C. B. & Sinclair, T. R. (1983). Efficient water use in crop production: Research or re-research? In H.M. Taylor et al. (Ed.), Limitations to efficient water use in crop production. (pp. 1-27). American Statistical Association, Madison, WI.
19. Yazdanpanah, S., Baghizadeh, A. & Abbassi, F. (2011). The interaction between drought stress and salicylic and ascorbic acids on some biochemical characteristics of *Satureja hortensis*. *African Journal of Agricultural Research, 6* (4), 798-807. (In Persian)
20. Ziombra, M. & Fraszczak B. (2008). Effect of sowing and harvest date on yielding in summer savory (*Satureja hortensis* L.) herbage. *Nauka Przyroda Technologie*, 1-5. Available at: htpp://www.npt.up-poznan. net/tom2/zeszyt1/art_1.pdf.