

Research Article

Plant Prod., 2021, 44(1), 77-88
http://plantproduction.scu.ac.ir//


ISSN (P): 2588-543X
ISSN (E): 2588-5979

The Effect of Anti-Transpiration and Plant Protective Materials on Vegetative and Physiological Traits of (*Hyssopus officinalis* L.) under Drought Stress

Sarah Khajeh Hosseini¹, Farzad Fanoodi^{2*} , Sayed Ali Tabatabaei³, Rostam Yazdani Biouki⁴,
Jafar Masoud Sinaki⁵

- 1- Ph.D. Student, Department of Agriculture, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran
- 2- *Corresponding Author: Assistant Professor, Department of Agriculture, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran (farzadfanoodi@yahoo.com)
- 3- Associate Professor, Seed and Plant Improvement Research Department, Yazd Agricultural and Natural Resource and Education Center, AREEO, Yazd, Iran
- 4- Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran
- 5- Assistant Professor, Department of Agriculture, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran

Citation: Khajeh Hosseini, S., Fanoodi, F., Tabatabaei, S. A., Yazdani Biouki, R., & Masoud Sinaki, J. (2021). The effect of anti-transpiration and plant protective materials on vegetative and physiological traits of (*Hyssopus officinalis* L.) under drought stress. *Plant Productions*, 44(1), 77-88.

 10.22055/ppd.2019.28805.1734

Received: 7 March, 2019

Accepted: 25 September, 2019

Abstract

Background and Objectives

Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) is a perennial and belongs to the Lamiaceae family. Drought is the most critical environmental stress that adversely affects crop plant performance. The use of anti-transpiration and plant protective materials is one way that has recently been raised to improve plant resistance under stress conditions. The purpose of this experiment was to investigate the effect of anti-transpiration and plant protective materials on vegetative and physiological traits of Hyssop under drought stress and foliar application time.

Materials and Methods

This research was conducted as a split-plot factorial experiment based on a completely randomized design with three replications in 2016-2017. The experimental treatments included irrigation in three levels: 25% water available from the soil (control), 50% water available from the soil (mild stress), and 75% water available from the soil (severe stress) Were the main plots. Foliar application in four levels: water (control), kaolin (2.5%), chitosan (0.4 g/ l) and glycine amino acid (2.5 per thousand), and foliar application time: (vegetative

and flowering, flowering) were the subplots. In the present study, dry leaf weight, flower dry weight, essential oil yield, shoot dry weight, economic yield, harvest index, proline, and soluble sugar were measured.

Results


The results showed that at control stress level, the foliar application of water had the highest leaf dry weight (81.3 g/m²), shoot dry weight yield (140.5 g/m²), essential oil yield (9.40 g/m²), economic yield (81.3 g/ m²), and proline content (8.558 (μM/g FW)). Moreover, during flowering and vegetative + flowering, kaolin's foliar application during vegetative+flowering had the highest dry flower weight (53 g/m²). At mild stress level, the foliar application of water during vegetative+flowering included the highest amount of soluble sugar (0.396 mg/g FW), and glycine foliar application at the flowering time had the highest harvest index (79%). Also, kaolin spraying during vegetative+flowering had the highest economic yield (73 g/m), and chitosan foliar application during vegetative+flowering had the highest shoot dry weight (111 g/m²) and essential oil yield (7.55 g/m²).

Discussion

Due to the beneficial effects of antiperspirants and plant protection, they can be used as suitable solutions to increase plant production and reduce drought stress in arid and semi-arid regions.

Keywords: Folier application, Glycine, Harvest index, Kaolin, Proline, Soluble sugar

اثر مواد ضد تعرق و محافظت کننده‌های گیاهی روی عملکرد، صفات رویشی و فیزیولوژیکی زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) تحت تنش خشکی

ساره خواجه حسینی^۱، فرزاد فنودی^{۲*} , سید علی طباطبایی^۳، رستم یزدانی یوکی^۴، جعفر مسعود سینیکی^۵

- ۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، دامغان، ایران
- ۲- *نویسنده مسئول: استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، دامغان، ایران (farzadfanoodi@yahoo.com)
- ۳- دانشیار بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران
- ۴- استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران
- ۵- استادیار، گروه کشاورزی، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، دامغان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۰۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۶

چکیده

به منظور بررسی اثر مواد ضد تعرق و محافظت کننده‌های گیاهی روی عملکرد و برخی ویژگی‌های رشدی گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) تحت تنش خشکی، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه‌ی تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری در سه سطح شاهد (۲۵ درصد تخلیه آب قابل دسترس گیاه از خاک)، متوسط (۵۰ درصد تخلیه آب قابل دسترس گیاه از خاک) و شدید (۷۵ درصد تخلیه آب قابل دسترس گیاه از خاک) در کرت‌های اصلی قرار داشت و محلول‌پاشی در چهار سطح آب مقطر (شاهد) و کائولین (۲/۵ درصد)، کیتوزان (۰/۴ گرم در لیتر)، اسید آمینه گلايسين (۲/۵ در هزار) و زمان محلول‌پاشی (رویشی و گلدهی، گلدھی) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد در سطح آبیاری شاهد محلول‌پاشی با آب بیشترین میزان وزن خشک برگ (۸۱/۳ گرم در مترمربع)، عملکرد وزن خشک اندام هوایی (۱۴۰/۵ گرم در مترمربع)، عملکرد اسانس (۹/۴۰ گرم در مترمربع)، عملکرد اقتصادی (۸۱/۳ گرم در مترمربع) را دارا بود و کاربرد کائولین در زمان رویشی + گلدهی سبب بیشترین میزان وزن خشک گل (۵۳ گرم در مترمربع) شد. در سطح آبیاری تنش متوسط، محلول‌پاشی با آب در زمان رویشی + گلدهی بیشترین میزان قند محلول (۰/۰۳۹۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و میزان پرولین (۸/۵۸۵ میکرومول بر گرم وزن تر) در زمان گلدهی و رویشی + گلدهی را باعث گردید. همچنین محلول‌پاشی کائولین در زمان رویشی + گلدهی بیشترین میزان عملکرد اقتصادی (۷۳ گرم در مترمربع) و محلول‌پاشی کیتوزان در زمان رویشی + گلدهی بیشترین میزان عملکرد وزن خشک اندام هوایی (۱۱۱ گرم در مترمربع) و عملکرد اسانس (۷/۵۵ گرم در مترمربع) را سبب شد. در سطح تنش شدید نیز گلايسين در زمان گلدهی تولید بیشترین میزان شاخص برداشت (۷۹ درصد) را داشت. در مجموع، نتایج این تحقیق بیانگر تاثیر مثبت کائولین، کیتوزان و گلايسين در کاهش اثرات تنش خشکی بود.

کلیدواژه‌ها: پرولین، شاخص برداشت، قند، کائولین، گلايسين، محلول‌پاشی

مقدمه

گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) گیاهی خشبی و چند ساله از تیره نعناعیان (Lamiaceae) بوده و برای تقویت دستگاه گوارش، رفع ناراحتی‌های عصبی و افسردگی و درمان سرماخوردگی کاربرد دارد (Rostami, 2016)

تنش خشکی یکی از نامطلوب‌ترین عوامل رشد و بهره‌وری و تهدیدی جدی برای تولید پایدار محصول در شرایط تغییر اقلیم به شمار می‌رود (Anjum et al., 2011). کاهش آب در بافت‌های گیاهی سبب کاهش رشد قسمت‌های مختلف گیاه اعم از ریشه‌ها و اندام‌های هوایی می‌شود (Moradi et al., 2014). در همین راستا کمبود آب در سطوح تنش متوسط (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) و تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) در گیاه زوفا باعث کاهش وزن برگ، وزن ساقه و اندام هوایی (Rasam et al., 2015) و در مرزه کاهش وزن برگ، سرشاخه‌های گلدار، بازده و عملکرد اسانس (Nooshkam, et al., 2016) و در گاوزبان کاهش وزن خشک کل، عملکرد دانه و شاخص برداشت (Karami and Sepehri, 2015) را سبب گردید.

یکی از راه‌های مناسب جهت کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی در گیاه، کاستن از شدت تعرق است. کائولین نوعی رس طبیعی است که به‌عنوان بازتاب دهنده نور عمل می‌کند که سبب کاهش دمای برگ یا میوه شده و به دنبال آن کاهش میزان تعرق را موجب می‌شود (Shoorabadi et al., 2016). در گیاه کنان محلول‌پاشی کائولین موجب افزایش اجزای عملکرد (Gaballah and Abou- Leila, 2000) و در گلرننگ (Toryurian, 2018) باعث افزایش عملکرد گردید.

یکی دیگر از مواد ضد تعرق طبیعی کیتوزان بوده که با تحریک بیوستتر اسید آبسزیک در میزان گشودگی روزنه‌ها و میزان هدر رفتن آب در گیاه نقش دارد (Del Amora et al., 2010). محلول‌پاشی کیتوزان باعث افزایش فندهای محلول و پرولین در گیاه ریحان (Malekpoor et al., 2017) و همچنین افزایش تعداد شاخه، عملکرد گل خشک، درصد و عملکرد اسانس در گیاه بابونه آلمانی تحت

شرایط تنش خشکی شد (Dehghani et al., 2019) استفاده از محافظ‌های گیاهی با کاربرد بیرونی نظیر، محافظ‌های اسمزی، هورمون‌های گیاهی، آنتی‌اکسیدان‌ها، مولکول‌های علامت دهنده و برخی عناصر از روش‌هایی است که اخیراً در جهت بالا بردن توان مقاومتی گیاهان در شرایط محیطی تنش‌زا مورد توجه بسیاری قرار گرفته است (Azooz and Ahmad, 2015; Souri, 2016). اسید آمینه گلایسین کوچک‌ترین و با ساده‌ترین ساختار در سلول‌ها و از ترکیبات نیتروژنه محلول، قطبی، آب دوست بوده که در شرایط تنش در گیاهان تجمع می‌یابد (Galeshi, 2015; Souri and Hatamian, 2019) در همین راستا محلول‌پاشی گلایسین در کاهو افزایش وزن تر و خشک ساقه (Aghayie Noroozlo and Souri, 2019) و در گیاه یونجه بالاترین میزان عملکرد علفه تر و وزن خشک برگ (Vadizadeh et al., 2017) را سبب گردید.

با توجه به کمبود آب در سال‌های اخیر، بهبود و توسعه سطح تحمل گیاهان به کم آبی با کاربرد ترکیبات طبیعی می‌تواند روند نویدبخشی در تولید و عرضه محصولات گیاهی ایجاد نماید. لذا تحقیق حاضر با هدف بهبود سطح تحمل گیاه زوفا به تنش خشکی با کاربرد کائولین و کیتوزان به‌عنوان مواد ضد تعرق و اسید آمینه گلایسین در غالب محافظ گیاهی، مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد در سال زراعی ۹۶ - ۱۳۹۵ به اجرا درآمد. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد به‌طوری‌که آبیاری در سه سطح (۲۵، ۵۰، ۷۵ درصد تخلیه آب قابل دسترس گیاه از خاک، به ترتیب شاهد، تنش متوسط، تنش شدید) در کرت‌های اصلی و ترکیب تیمارهای محلول‌پاشی در چهار سطح، آب (شاهد)، کائولین ۲/۵ درصد (Kamsari Banayi, 2013)، کیتوزان ۰/۴ گرم در لیتر (Malekpoor et al., 2017)، اسید آمینه گلایسین ۲/۵ در هزار (Souri and Yarahmadi, 2015) و زمان محلول‌پاشی در دو سطح (۱. یکبار در مرحله رویشی ۶۰ روز پس از

مدیریت آبیاری برای گیاه زوفا بدون توجه به مرحله رشدی گیاه، حدود ۳۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. رطوبت خاک در لایه‌های ۰ تا ۳۰ سانتی متری نیم‌رخ خاک با استفاده از دستگاه TDR مدل (TRASE System 1) اندازه‌گیری گردید. با توجه به بافت خاک نقطه ۱۴/۷ حدود ۸ Ψ به‌عنوان پایان رطوبت سهل الوصول و آغاز احساس تنش به گیاه و جهت اعمال تیمارهای آزمایشی دو نقطه قرائت دستگاه (۱۳/۵) برای عدم تنش و ۸ برای تنش) در نظر گرفته شد. با نظر به بافت خاک و نقاط رطوبتی گرفته شده برای اعمال تیمار آبیاری در سطوح ۲۵، ۵۰، ۷۵ درصد تخلیه آب قابل دسترس گیاه از خاک، به ترتیب شاهد، تنش متوسط، تنش شدید، به ترتیب دور آبیاری ۷، ۹، ۱۱ روز تعیین شد. کنترل مقدار آب آبیاری نیز از طریق نصب کنتور انجام گردید.

محلول پاشی با سم‌پاش دستی در هوای صاف و در ساعت اولیه روز و در حدی صورت گرفت که قطرات محلول از برگ‌ها ریزش کرده و اندام‌های هوایی خیس شدند. کنترل علف‌های هرز در طول فصل رشد توسط وجین دستی انجام گرفت. مراحل فنولوژی گیاه زوفا بر اساس رسیدن ۵۰ درصد گیاهان موردنظر به یک مرحله رشدی مشخص تعیین و فاصله زمانی تا هر مرحله بر اساس روز پس از کاشت گیاه محاسبه و ثبت گردید.

در مرحله گلدهی کامل (۹۶/۶/۲۵)، از هر واحد آزمایشی سه بوته به‌طور تصادفی با در نظر گرفتن اثرات حاشیه، برداشت و پس از خشک شدن نمونه‌ها درون پاکت‌های کاغذی، صفاتی از جمله وزن خشک برگ، وزن خشک گل، عملکرد وزن خشک اندام هوایی (به‌عنوان عملکرد بیولوژیک)، عملکرد اقتصادی (وزن خشک برگ و گل)، شاخص برداشت (با اعمال نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک و ضرب در ۱۰۰) و عملکرد اسانس پس از اسانس‌گیری نمونه‌های خشک

کاشت و یکبار در مرحله گلدهی ۱۲۰ روز پس از کاشت، فقط در مرحله گلدهی ۱۲۰ روز پس از کاشت) به‌صورت فاکتوریل به‌عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شد.

بذرهای گیاه زوفا از شرکت پاکان بذر اصفهان و کائولین مورد استفاده نیز از نوع کائولین فرآوری شده (کائولین سپیدان (Wettable powders (wp))، کیتوزان (سیگما آلدریج) (Sigma-aldrich) و اسید آمینه گلاسین با وزن مولکولی ۷۵/۵ گرم در مول، چگالی ۱/۶۰۷ گرم در سانتی متر مکعب و به‌صورت پودر جامد سفید رنگ (مرک) (Merck) تهیه و بر اساس مقدار غلظت در نظر گرفته شده در این آزمایش آماده گردید. قبل از کاشت برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه نمونه برداری از عمق ۳۰ سانتی متری صورت گرفت که در جدول (۱) مندرج می‌باشد. ابعاد هر یک از کرت‌های اصلی ۴ × ۳ متر و به تعداد شش ردیف که فاصله‌ی بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی متر و فاصله‌ی بین بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. فواصل بین کرت‌های اصلی و بین بلوک‌های آزمایش به ترتیب ۱/۵ و ۳ متر بود. به منظور تأمین نیتروژن مورد نیاز براساس نتایج آزمون تجزیه خاک، کود اوره (۴۶ درصد نیتروژن) در دو مرحله پیش کاشت به خاک، اواسط دوره رویشی به صورت سرک به گیاه و در هر نوبت ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده گردید. کاشت در تاریخ ۹۶/۲/۲ به‌صورت مستقیم، دستی و برداشت پس از دوره رشدی پنج ماهه در تاریخ ۹۶/۶/۲۵ انجام شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی تا استقرار کامل گیاه (۱۰ برگی) ۴ روز یکبار انجام گرفت. تنش خشکی پس از استقرار کامل گیاه با افزایش فاصله‌های دور آبیاری بر اساس درصد تخلیه آب قابل دسترس خاک در منطقه‌ی ریشه و محاسبه میزان پتانسیل آب خاک به وسیله‌ی دستگاه صفحات فشاری برای پتانسیل‌های مختلف اعمال گردید. برای ارزیابی آب قابل دسترس خاک، عمق

Table 1. Results of the physical and chemical properties of the soil used in this experiment

| Soil texture | Clay | Sand | Silt | Organic matter % | N Total | Phosphorus | Potassium ppm | Electrical Conductivity dS. m-1 | Acidity (pH) |
|--------------|------|------|------|------------------|---------|------------|---------------|---------------------------------|--------------|
| Loamy sand | 5 | 75 | 20 | 0.221 | 0.01 | 41.6 | 360 | 1.68 | 7.67 |

دارا بود (جدول ۳). همچنین بیشترین مقدار عملکرد اسانس را تیمار محلول پاشی کیتوزان در زمان رویشی و گلدهی (۷/۵۵ گرم در مترمربع) داشت که دارای اختلاف معنی داری با تیمار محلول پاشی با آب در تیمار زمانی گلدهی نداشت (جدول ۴).

افزایش میزان عملکرد اسانس در این پژوهش را می‌توان به توان تولیدی کیتوزان در افزایش مقدار متابولیت‌ها و مواد مؤثره گیاهی احتمال داد. به‌طور کلی این ماده از طریق القای سیستم دفاعی، باعث بهبود بخشیدن بیوستر متابولیت‌های ثانویه می‌شود (Naderi et al., 2014). همچنان که در گیاه استویا نیز محلول پاشی کیتوزان باعث افزایش متابولیت‌های ثانویه گردید (Mehregan, 2017) که منطبق با نتایج به‌دست آمده در این آزمایش می‌باشد.

تیمارهای آبیاری ($P < 0/01$)، زمان محلول پاشی ($P < 0/05$) و همچنین اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و نوع محلول پاشی ($P < 0/01$)، زمان و نوع محلول پاشی ($P < 0/05$) بر روی عملکرد وزن خشک اندام هوایی گیاه معنی دار بودند (جدول ۲). بر اساس مقایسه میانگین اثرات متقابل دو گانه، تیمارهای آبیاری شاهد و محلول پاشی با آب بیشترین میزان عملکرد وزن خشک اندام هوایی (۱۴۰/۵ گرم در مترمربع) را دارا بود (جدول ۳). همچنین بیشترین مقدار عملکرد وزن خشک اندام هوایی را تیمار محلول پاشی

و آسیاب شده به روش تقطیر با آب مقطر به وسیله دستگاه کلونجر و حاصل ضرب عملکرد وزن خشک اندام هوایی در درصد اسانس محاسبه گردید. همچنین میزان پرولین از روش (Bates et al., 1973) و مقدار ۰/۵ گرم از بافت برگ‌های میانی بوته‌های در مرحله گلدهی کامل (۹۶/۶/۲۵) نمونه برداری شد و میزان جذب در طول موج ۵۲۰ نانومتر و برای اندازه‌گیری قند محلول نیز از روش (Cready et al., 1950) و مقدار ۰/۰۵ گرم از بافت برگ‌های میانی بوته‌های در مرحله گلدهی کامل (۹۶/۶/۲۵) و میزان جذب نمونه در طول موج ۶۲۰ نانومتر و منحنی استاندارد گلوکز استفاده شد.

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SAS 9.4 استفاده گردید و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد، انجام گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد اسانس و عملکرد وزن خشک اندام هوایی

تیمارهای آبیاری ($P < 0/01$)، اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و نوع محلول پاشی ($P < 0/01$)، زمان و نوع محلول پاشی ($P < 0/01$) بر روی عملکرد اسانس گیاه معنی دار بودند (جدول ۲). بر اساس مقایسه میانگین اثرات متقابل دو گانه، تیمارهای آبیاری شاهد و محلول پاشی با آب بیشترین میزان عملکرد اسانس (۹/۴۰ گرم در مترمربع) را

Table 2. The results Analysis of variance on hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) traits evaluated under different irrigation levels, foliar application type and its application time

| S.O.V. | df | Leaf dry weight | Flower dry weight | Shoot dry weight yield | Essential oil yield | Economic yield (Leaf and Flower) | Harvest index | Proline | Soluble sugar |
|------------------------------|----|---------------------|---------------------|------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| Replication (R) | 2 | 410.4 ^{ns} | 124.5 ^{ns} | 2663 ^{ns} | 0.04 ^{ns} | 2347* | 216.5 ^{ns} | 0.1065** | 0.0234 ^{ns} |
| Irrigation (I) | 2 | 3757** | 1795** | 13601** | 64.46** | 6199** | 354.5* | 13.7785** | 0.0517* |
| Error a (Ea) | 4 | 108.2 | 85.23 | 583.9 | 2.40 ^{ns} | 303/0 | 53.63 | 0.0001 ^{ns} | 0.00365 |
| Foliar application Time (FT) | 1 | 0.125 ^{ns} | 296.1* | 896.1* | 0.40 ^{ns} | 171.1 ^{ns} | 72.00 ^{ns} | 3.0332** | 0.0623** |
| Foliar application (F) | 3 | 1312** | 339.8** | 77.70 ^{ns} | 3.49 ^{ns} | 273.6 ^{ns} | 85.72 ^{ns} | 14.6642** | 0.0974** |
| I × FT | 2 | 25.29 ^{ns} | 854.1** | 461.1 ^{ns} | 2.18 ^{ns} | 339.1 ^{ns} | 64.67 ^{ns} | 1.6303* | 0.0343** |
| I × F | 6 | 647.6** | 45.57 ^{ns} | 974.4** | 8.19** | 472.2** | 330.3** | 12.9439** | 0.0926** |
| F × FT | 3 | 110.1 ^{ns} | 173.8* | 518.1* | 8.31** | 372.6* | 468.9** | 2.4560** | 0.0355** |
| FT × F × I | 6 | 35.16 ^{ns} | 118.8* | 248.1 ^{ns} | 3.04 ^{ns} | 132.0 ^{ns} | 299.8** | 3.4745** | 0.0168* |
| Error b (Eb) | 42 | 43.60 | 47.56 | 169.8 | 1.47 ^{ns} | 121.8 | 69.79 | 0.0001 | 0.00532 |
| C.V. (%) | | 16.99 | 25.00 | 12.84 | 18.52 | 16.64 | 12.71 | 0.22 | 7.41 |

ns, * and **, Non-significant and significant at 5 and 1% probability level.

Table 3. The results comparison of the average interactions effect of irrigation, foliar application type on hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) traits evaluated

| Treatments | | Leaf dry weight (g/m ²) | Shoot dry weight yield (g/m ²) | Essential oil yield (g/m ²) | Economic yield (Leaf and Flower) (g/m ²) | Harvest index | Proline (μM/g FW) | Soluble sugar (mg/g FW) |
|--------------|--------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|
| Irrigation | Foliar application | | | | | | | |
| Control | Control(Water) | 81.3 ^a | 140.5 ^a | 9.40 ^a | 92.5 ^a | 66.2 ^{bc} | 5.0360 ^b | 0.0307 ^{de} |
| | Chitosan | 45.7 ^{bc} | 126.2 ^{ab} | 8.11 ^{ab} | 82.2 ^{ab} | 65.5 ^{bc} | 3.9225 ^f | 0.0322 ^{cd} |
| | Kaolin | 36.7 ^{de} | 114.7 ^{bcd} | 5.81 ^{cd} | 80.3 ^{abc} | 70.3 ^{abc} | 3.2145 ^j | 0.0314 ^d |
| | Glycine | 47.7 ^b | 109.7 ^{cd} | 7.13 ^{bc} | 78.2 ^{bc} | 71.3 ^{ab} | 3.4695 ^h | 0.0350 ^b |
| Mild strees | Control(Water) | 39.7 ^{cd} | 100.5 ^{de} | 7.99 ^{ab} | 68.7 ^{cd} | 67.8 ^{abc} | 8.5850 ^a | 0.0390 ^a |
| | Chitosan | 36.5 ^{de} | 93.3 ^{cf} | 6.41 ^{cd} | 58.2 ^{dc} | 62.8 ^{bc} | 3.2990 ⁱ | 0.0342 ^{bc} |
| | Kaolin | 36.0 ^{def} | 117.3 ^{bc} | 7.13 ^{bc} | 77.3 ^{bc} | 65.8 ^{bc} | 4.8 ^c | 0.0247 ^g |
| | Glycine | 28.3 ^{fg} | 112.2 ^{bcd} | 7.93 ^b | 53.2 ^{cf} | 48.8 ^d | 3.6960 ^g | 0.0284 ^{ef} |
| Severe stree | Control(Water) | 32.7 ^{def} | 67.5 ^g | 4.03 ^e | 44.2 ^f | 64.7 ^{bc} | 3.13 ^k | 0.0310 ^{de} |
| | Chitosan | 31.2 ^{ef} | 79.3 ^{fg} | 5.14 ^{de} | 47.5 ^{ef} | 60.8 ^c | 4.1675 ^d | 0.0278 ^f |
| | Kaolin | 29.8 ^{ef} | 78.8 ^{fg} | 5.32 ^{de} | 54.5 ^{ef} | 68.8 ^{abc} | 3.3090 ⁱ | 0.0278 ^f |
| | Glycine | 21.0 ^g | 77.3 ^g | 4.13 ^e | 59.2 ^{de} | 76.0 ^a | 4.1300 ^e | 0.0313 ^d |
| LSD (0.05) | | 7.7 | 15.2 | 1.41 | 12.9 | 9.7 | 0.011 | 0.0027 |

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level.

Table 4. The results comparison of the average interactions effect of foliar application time and foliar application type on hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) traits evaluated

| Treatments | | Flower dry weight (g/m ²) | Shoot dry weight yield (g/m ²) | Essential oil yield (g/m ²) | Economic yield (Leaf and Flower) (g/m ²) | Harvest index | Proline (μM/g FW) | Soluble sugar (mg/g FW) |
|--------------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|
| Foliar application time | Foliar application | | | | | | | |
| Flowering | Control (water) | 24.7 ^{cd} | 102 ^a | 7.54 ^a | 69.9 ^{ab} | 67.6 ^a | 5.5837 ^a | 0.0333 ^{abc} |
| | chitosan | 32.2 ^{cd} | 88 ^b | 5.22 ^c | 60.4 ^{bc} | 68.2 ^a | 3.5383 ^f | 0.0317 ^{bc} |
| | Kaolin | 35.2 ^a | 101 ^a | 6.55 ^{abc} | 73.0 ^a | 72.1 ^a | 3.0730 ^g | 0.0287 ^d |
| | Glycine | 19.1 ^d | 100 ^{ab} | 6.23 ^{bc} | 55.8 ^c | 59.1 ^b | 3.9037 ^d | 0.0345 ^a |
| Vegetation and flowering | Control (water) | 26.4 ^{bc} | 104 ^a | 6.74 ^{ab} | 67.0 ^{ab} | 64.9 ^{ab} | 5.5837 ^a | 0.0338 ^{ab} |
| | Chitosan | 33.0 ^{ab} | 111 ^a | 7.55 ^a | 64.8 ^{abc} | 57.9 ^b | 4.0543 ^c | 0.0312 ^c |
| | Kaolin | 31.6 ^{ab} | 106 ^a | 5.62 ^{bc} | 68.4 ^{ab} | 64.6 ^{ab} | 4.4760 ^b | 0.0272 ^d |
| | Glycine | 27.4 ^{bc} | 99 ^{ab} | 6.56 ^{abc} | 71.2 ^a | 71.7 ^a | 3.6267 ^e | 0.0286 ^d |
| LSD (0.05) | | 6.6 | 12.4 | 1.15 | 10.5 | 7.9 | 0.0090 | 0.0022 |

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level.

و عملکرد گیاه بیشتر می گردد (Jan- Mohammadi et al., 2014). افزایش عملکرد ماده خشک تولیدی با محلول پاشی کیتوزان در رازیانه (Forouzandeh et al., 2019) و کاتولین در فیسالیس (Segura-Monroy et al., 2015) نیز گزارش گردید که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

وزن خشک برگ و گل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، نشان داد که اثرات ساده تیمارهای آبیاری و محلول پاشی و اثر متقابل

با کیتوزان (۱۱۱ گرم در مترمربع) در تیمار زمانی رویشی و گلدهی داشت که دارای اختلاف معنی داری با اثرات دو گانه تیمارهای کاتولین و کیتوزان در زمان گلدهی و همچنین تیمارهای شاهد، کیتوزان و کاتولین در زمان رویشی و گلدهی نداشت (جدول ۴). به طور کلی با استفاده از مواد ضد تعرق، تعرق کاهش و پتانسیل آب برگ حفظ می شود. با ارتقای شرایط آبی گیاه، تقسیم سلولی و تولید مواد فتوسنتزی در کانوبی افزایش و تجمع ماده خشک کل

بابونه نیز کاهش عملکرد وزن خشک گل، در شرایط تنش خشکی گزارش گردید (Ghanidehkordy et al., 2011). افزایش وزن خشک گل را که در نتیجه افزایش تعداد گل تولیدی (به‌عنوان اجزای عملکرد) بوده، می‌توان به بهتر شدن شرایط آبی توسط کائولین در گیاه نسبت داد. به‌طور کلی کائولین با افزایش انعکاس نور و کاهش دمای برگ شرایط رطوبتی مناسب‌تری را در گیاه ایجاد کرده و از آنجاکه انجام عمل فتوسنتز نیاز به شرایط آبی مناسب دارد، لذا با استعمال کائولین و بهبود شرایط آبی در گیاه میزان فتوسنتز خالص افزایش و در نتیجه افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در گیاه حادث می‌گردد (Khaleghi et al., 2014; Rosati et al., 2006). مشابه با این نتایج، کاربرد مواد ضد تعرق در بادمجان نیز به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش تعداد گل را سبب گردید (Karuppaiah et al., 2003).

عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، نشان داد که اثرات ساده تیمارهای آبیاری ($P < 0/01$)، اثرات متقابل دو گانه تیمارهای آبیاری و نوع محلول پاشی ($P < 0/01$) و همین‌طور زمان و نوع محلول پاشی ($P < 0/05$) بر روی عملکرد اقتصادی گیاه معنی‌دار بودند (جدول ۲). بر اساس مقایسه میانگین بیشترین مقدار عملکرد اقتصادی (۹۲/۵ گرم در مترمربع) را اثرات متقابل دو گانه تیمار محلول پاشی با آب در تیمار آبیاری شاهد و همچنین اثرات متقابل دو گانه محلول پاشی کائولین در زمان گلدهی (۷۳ گرم در مترمربع) دارا بود (جدول‌های ۳ و ۴). رشد گیاه نه تنها بستگی به تجمع مواد خام از طریق فتوسنتز و جذب عناصر دارد، بلکه به حفظ پتانسیل زیاد آب گیاه جهت طویل شدن سلول‌ها نیز بستگی دارد (Kazempour and Tagbaksh, 2002). به‌طور کلی مواد ضد تعرق از طریق بستن نسبی روزنه‌ها و افزایش مقاومت به انتشار بخار آب از برگ‌ها، موجب افزایش پتانسیل آب درون سلول‌های برگ می‌شوند (Liu et al., 2004). کائولین نیز به‌عنوان یک ضد تعرق در حفظ شرایط آبی گیاه و افزایش ساخت مواد فتوسنتزی

آن‌ها بر روی وزن خشک برگ گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). بر اساس مقایسه میانگین اثر متقابل دو گانه، بیشترین مقدار وزن خشک برگ (۸۱/۳ گرم در بوته) را تیمار آبیاری شاهد و تیمار محلول پاشی با آب داشت (جدول ۳). به‌طور کلی کاهش وزن برگ در بوته را می‌توان به ریزش برگ‌ها و کاهش تولید برگ نسبت داد. محدودیت سطح برگ می‌تواند اولین خط دفاع برای مقابله با خشکی باشد. تنش خشکی روی تشکیل سلول‌های اولیه برگ و تمایز آن‌ها تأثیر گذاشته و سبب کاهش تعداد برگ می‌گردد. از طرفی تجمع اتیلن و تحریک ریزش و متعاقب آن کاهش تعداد برگ در شرایط تنش خشکی، یک سازش مورفولوژیکی در جهت کاهش تعرق در گیاه می‌باشد (Munne-Bosch and Alegre, 2004). در همین راستا تنش خشکی کاهش وزن برگ در گیاه نعنا فلفلی را نیز سبب گردید (Abdi et al., 2018).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، نشان داد که اثرات ساده تیمارهای آبیاری، محلول پاشی ($P < 0/01$) و زمان محلول پاشی ($P < 0/05$)، اثرات متقابل دو گانه تیمارهای آبیاری و زمان محلول پاشی ($P < 0/01$)، محلول پاشی و زمان محلول پاشی ($P < 0/05$) و همچنین اثرات متقابل سه گانه تیمارها ($P < 0/05$) بر روی وزن خشک گل معنی‌دار بودند (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسات میانگین، بیشترین میزان وزن خشک گل (۵۳ گرم در مترمربع) در اثر متقابل سه گانه تیمار آبیاری شاهد و محلول پاشی کائولین در زمان رویشی و گلدهی به‌دست آمد (جدول ۵). کاهش میزان وزن خشک گل تولیدی را می‌توان به کاهش میزان برگ بر اساس نتایج به‌دست آمده در این تحقیق نسبت داد. از آنجایی که در شرایط کم آبی جذب مواد و عناصر غذایی کاهش می‌یابد، بنابراین رشد و توسعه برگ‌ها نیز محدود و متعاقب آن، جذب نور کاهش و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کم می‌شود. کاهش مواد فتوسنتزی تولیدی و کاهش انتقال مواد آسمیلاتی به سمت اندام‌های زایشی کاهش عملکرد سرشاخه‌های گلدار را سبب می‌گردد (Omidbaygi et al., 2003). همچنان که در

Table 5. The results comparison of the average interactions effect of irrigation, foliar application type and its application time on hyssop (*Hyssopus officinalis* L.)

| Irrigation | Treatments | | Flower dry weight (g/m ²) | Harvest index | Proline (μM/g FW) | Soluble sugar (mg/g FW) |
|-----------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|
| | Foliar application time | Foliar application type | | | | |
| Control | Flowering | Control (water) | 27.0 ^{c-g} | 71 ^{a-d} | 5.0360 ^d | 0.0304 ^{f-k} |
| | | Chitosan | 24.7 ^{d-g} | 68.7 ^{a-d} | 4.2810 ^f | 0.0319 ^{d-h} |
| | | Kaolin | 31.3 ^{cde} | 71.7 ^{a-d} | 2.9600 ^q | 0.0315 ^{d-h} |
| | Vegetation and flowering | Glycin | 26.3 ^{d-g} | 68.0 ^{a-d} | 2.9790 ^p | 0.0341 ^{c-f} |
| | | Control (water) | 35.7 ^{bcd} | 61.3 ^{cde} | 5.0360 ^d | 0.0310 ^{e-j} |
| | | Chitosan | 50.3 ^a | 62.3 ^{b-c} | 3.5640 ^l | 0.0325 ^{c-g} |
| | | Kaolin | 53.0 ^a | 69.0 ^{a-d} | 3.4690 ⁿ | 0.0313 ^{e-i} |
| | | Glycin | 38.3 ^{bc} | 74.7 ^{abc} | 3.9600 ⁱ | 0.0359 ^{abc} |
| | | LSD(0.05) | | 11.4 | 13.8 | 0.0155 |
| Mild stresses | Flowering | Control (water) | 30.3 ^{cde} | 69.3 ^{a-d} | 8.5850 ^a | 0.0385 ^{ab} |
| | | Chitosan | 33.0 ^{cde} | 73.0 ^{abc} | 3.7520 ^k | 0.0359 ^{abc} |
| | | Kaolin | 45 ^{ab} | 69.3 ^{a-d} | 3.5070 ^m | 0.0258 ^{lmn} |
| | Vegetation and flowering | Glycin | 18 ^{f-i} | 30.3 ^f | 4.4700 ^e | 0.0343 ^{cde} |
| | | Control (water) | 27.0 ^{e-g} | 66.3 ^{a-e} | 8.5850 ^a | 0.0396 ^a |
| | | Chitosan | 27.0 ^{e-g} | 52.7 ^e | 2.8460 ^s | 0.0325 ^{c-g} |
| | | Kaolin | 24.0 ^{e-h} | 62.3 ^{b-e} | 6.0930 ^b | 0.0237 ^{mn} |
| | | Glycin | 22.3 ^{e-i} | 67.3 ^{a-d} | 2.9220 ^r | 0.0225 ⁿ |
| | | LSD(0.05) | | 11.4 | 13.8 | 0.0155 |
| Severe stresses | Flowering | Control (water) | 16.7 ^{ghi} | 62.3 ^{b-e} | 3.1300 ^o | 0.0311 ^{e-i} |
| | | Chitosan | 12.0 ⁱ | 63.0 ^{b-e} | 2.5820 ^u | 0.0272 ^{j-m} |
| | | Kaolin | 29.3 ^{c-f} | 75.3 ^{ab} | 2.5720 ^t | 0.0289 ^{g-l} |
| | Vegetation and flowering | Glycin | 13.0 ^{hi} | 79.0 ^a | 4.2620 ^g | 0.0352 ^{bcd} |
| | | Control (water) | 16.7 ^{ghi} | 67.0 ^{a-d} | 3.1300 ^o | 0.0309 ^{e-j} |
| | | Chitosan | 21.7 ^{e-i} | 58.7 ^{de} | 5.5730 ^c | 0.0285 ^{h-l} |
| | | Kaolin | 17.7 ^{ghi} | 62.3 ^{b-e} | 3.8660 ^j | 0.0267 ^{klm} |
| | | Glycin | 21.7 ^{e-i} | 73.0 ^{abc} | 3.9980 ^h | 0.0275 ^{i-l} |
| | | LSD(0.05) | | 11.4 | 13.8 | 0.0155 |

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level.

این که محلول پاشی مواد ضد تعرق و محافظت کننده های گیاهی افزایش دو صفت مذکور را در این تحقیق، به دنبال داشت در نهایت افزایش شاخص برداشت را سبب گردید.

پرولین و قند محلول

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها، نشان داد که اثرات ساده تیمارهای آبیاری، زمان محلول پاشی و محلول پاشی، اثرات متقابل دو گانه تیمارهای آبیاری و زمان محلول پاشی، آبیاری و نوع محلول پاشی و همچنین اثرات متقابل سه گانه تیمارها بر میزان پرولین گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بودند (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسات میانگین، بیشترین میزان پرولین (۸/۵۸۵ میکرومول بر گرم وزن تر) در اثر متقابل سه گانه تیمار آبیاری تنش متوسط و محلول پاشی با آب در هر دو زمان گلدهی و رویشی و گلدهی به دست آمد (جدول ۵). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها، نشان داد که

مؤثر بود و در نهایت افزایش عملکرد را بدنبال خواهد داشت (Mohammadi et al., 2018). بنابراین به نظر می رسد در مطالعه حاضر افزایش عملکرد اقتصادی با کاربرد کائولین به سبب تأثیر مثبت آن در بهبود شرایط آبی در گیاه و در نتیجه بالا رفتن باشد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها، نشان داد که اثرات ساده تیمارهای آبیاری ($P < 0/05$)، اثرات متقابل دو گانه تیمارهای آبیاری و نوع محلول پاشی، زمان و نوع محلول پاشی ($P < 0/01$) و همچنین اثرات متقابل سه گانه تیمارها ($P < 0/01$) بر روی شاخص برداشت گیاه معنی دار بودند (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسات میانگین، بیشترین میزان شاخص برداشت (۷۹ درصد) در اثرات متقابل سه گانه تیمار آبیاری تنش شدید و محلول پاشی گلایسین در زمان گلدهی به دست آمد (جدول ۵). از آنجایی که شاخص برداشت ارتباط مستقیمی با عملکرد ماده خشک تولیدی و عملکرد اقتصادی داشته و با توجه به

نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان داد که ماده ضد تعرق کاتولین با افزایش ۴/۸۸ درصدی عملکرد اقتصادی (برگ و گل) و کیتوزان با افزایش ۶/۷۳ درصدی عملکرد ماده خشک اندام هوایی و همچنین ماده محافظتی اسیدآمین گلايسين با افزایش ۱۱/۲۶ درصدی شاخص برداشت، نسبت به شاهد دارای افزایش معنی‌دار بودند. افزون بر موارد ذکر شده بر میزان اسانس و مواد مؤثره گیاهی نیز تأثیر گذار بودند. در همین راستا کاتولین افزایش ۴۸/۴۵ درصدی وزن خشک گل به‌عنوان اندام اسانس‌دار و کیتوزان، افزایش ۱۲/۰۱ درصد عملکرد اسانس تولیدی در گیاه را باعث گردید. لذا با توجه به اثرات سودمند این مواد و ظرفیت قابل قبولی که در افزایش رشد، عملکرد و امکان تولید مواد مؤثره گیاهی که دارای مصارف دارویی و ارزش افزوده بالایی بوده، در شرایط تنش خشکی را دارند می‌توانند به‌عنوان راه‌حل‌های مناسبی جهت افزایش میزان تولید گیاهان و کاهش اثرات تنش خشکی در مناطق خشک و نیمه‌خشک مورد استفاده قرار گیرند.

سپاس‌گزاری

نویسندگان از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، مرکز ملی تحقیقات شوری و کلیه افرادی که در انجام این تحقیق به هر نحوی همکاری نمودند تشکر و قدردانی بعمل می‌آورند.

اثرات ساده تیمارهای آبیاری ($P < 0.05$)، زمان محلول‌پاشی و نوع محلول‌پاشی، اثرات متقابل دوگانه تیمارهای آبیاری و زمان محلول‌پاشی، آبیاری و نوع محلول‌پاشی، زمان و نوع محلول‌پاشی ($P < 0.01$) و همچنین اثرات متقابل سه‌گانه تیمارها ($P < 0.05$)، بر میزان قند محلول گیاه معنی‌دار بودند (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسات میانگین، بیشترین میزان قند محلول (۰/۳۹۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در اثرات متقابل سه‌گانه تیمار آبیاری تنش متوسط و محلول‌پاشی با آب در زمان رویشی و گلدھی به‌دست آمد (جدول ۵). در حالت کلی پرولین به‌عنوان یک محافظت‌کننده اسمزی در واکنش به شرایط نامساعد محیطی تجمع یافته و می‌تواند از ساختار پروتئین‌ها محافظت کند و ذخیره نیتروژنی مناسبی را در شرایط تنش و کاهش میزان قندهای ساده فراهم نماید (Ren et al., 2006).

قندهای محلول نیز مانند پرولین نقش حفاظتی داشته و در شرایط کمبود آب، گروه‌های هیدروکسیل قندها جایگزین آب غشا و پروتئین‌ها می‌شود تا واکنش آبدوستی در طی پسابیدگی حفظ شود. در این راهکار قندها با پروتئین‌ها و غشاء پیوند هیدروژنی تشکیل می‌دهند و از تغییر شکل آن‌ها جلوگیری می‌کنند (Aghaei et al., 2018). مشابه با نتایج این پژوهش، در گیاه مرزه نیز با افزایش میزان تنش خشکی گزارش گردید (Kazemi et al., 2017).

References

- Abdi, Gh., Shokrpour, M., Salami, S. A., & Berteau, C. M. (2018). Effect of water deficit stress on yield characteristics, antioxidant capacity and metabolite profile of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 49(3), 715-727. [In Farsi]
- Aghaei, K., Barzoli, M., Jafarian, V., & Shekari, F. (2018). Some physiological and biochemical responses of *Artemisia dracuncululus* to water deficit stress. *Journal of Process and Function*, 6(19), 15-24. [In Farsi]
- Aghayie Noroozlo, Y., Souri M. K., & Delshad M. (2019). Stimulation effects of foliar applied glycine and glutamine amino acids on lettuce growth. *Open Agriculture*, 4(4), 164-172.
- Anjum, S. A., Xie, X. Y., Wang, L. C., Saleem, M. F., Man, C., & Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*, 6(9), 2026-2032.
- Azooz, M. M., & Ahmad, P. (2015). *Legumes under Environmental Stress: Yield, Improvement and Adaptations*. Published by John Wiley & Sons, Ltd.

- Bates, L., Waldren, R. P., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, 39(1), 205-207.
- Dehghani, M. S., Naeemi, N., Gholamalipour Alamdari, E., & Jabbari, H. (2019). Effects of chitosan foliar application on quantitative and qualitative characteristics of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) under water deficit stress conditions. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 35(1), 121-133. [In Farsi].
- Del Amora, F. M., Cuadra-Crespo, P., Walkera, D. J., Cámarab J. M., & Madridc R. (2010). Effect of foliar application of antitranspirant on photosynthesis and water relations of pepper plants under different. Levels of CO₂ and water stress. *Journal of Plant Physiology*, 167(15), 1232-1238.
- Forouzandeh, M., Mohkami, Z., & fazelinasab, B. (2019). Evaluation of Biotic Elicitors Foliar Application on Functional Changes, Physiological and Biochemical Parameters of Fennel (*Foeniculum vulgare*). *Journal of Plant Production Research*, 25(4), 49-65. [In Farsi]
- Gaballah, M. S., & Abou- Leila, B. (2000). The response of flax (*Linum usitatissimum* L.) plant grown under saline condition to gypsum application in addition to kaolin spray. *Egyptian Journal of Applied Science*, 15(1), 326-331.
- Galeshi, S. (2015). *The effect of environmental stresses on plants. (Drought, Salinity, Heat and Flooding)*. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Publication. [In Farsi]
- Ghanidehkordy, F., Ghasemi pearbalouty, G., Hamed, B., & Malekpoor, F. (2011). Effects of water and nitrogen on morphological and physiological traits of chamomile (*Matricaria aurea* L.). *Journal of Herbal Drugs*, 2(2), 101-111.
- Jan- Mohammadi, M., Mostafavi, H., & Kazemi, H. (2014) . Effect of chitosan application on the performance of lentil genotypes under rainfed conditions. *Acta Technologica Agriculture*, 17(4), 86-90.
- Kamsari Banayi, S. (2013). *Effect of mulch and antiperspirant on the yield of millet nitrified under drought stress*. Master's thesis, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman. [In Farsi]
- Karami, A., & Sepehri. A. (2015). Effects of deficit irrigation and application of biofertilizers on the growing characteristics and water use efficiency on borage (*Borago officinalis* L.). *Plant Productions*, 38(1), 91-102. [In Farsi]
- Karuppaiah, P., Rameshkumar, S., Shah, K., & Marimuthu, R. (2003). Effect of Antitranspirants on growth, photosynthetic rate and yield characters of brinjal. *Indian Journal of Plant Physiology*, 8(2), 189-192.
- Kazemi, H., Mortazavian, S. M. M., & Ghorbani Javid, M. (2017). Physiological responses of cumin (*Cuminum cyminum* L.) to water deficit stress. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 48(4), 1099-1113. [In Farsi]
- Kazempour, S., & Tagbakhsh, M. (2002). Effect of some antitranspiration on vegetive Characteristics, yield and yield parameters of corn under limited irrigation. *Journal of Agronomy Crop Science*, 32(2), 205-211. [In Farsi]
- Khaleghi, E., Arzani, K., Moallemi, N., & Barzegar, M. (2014). Studying the effect of kaolin on fluorescence and chlorophyll content in leaves of olive plants (*Olea europaea* L. cv Dezful) under water deficit stress. *Plant Productions*, 37(2) 127-139. [In Farsi]
- Liu, F., Jensen, C. R., & Andersen. M. N. (2004). Pod set related to photosynthetic rate and endogenous abscisic acid in soybean subjected to different water regimes and exogenous ABA and BA at early reproductive stages. *Annual Botany*, 94(3), 405-411.
- Malekpoor, F., Salimi, A., & Ghasemi P. (2017). Effect of bioelicitor of chitosan on physiological and morphological properties in purple basil (*Ocimum basilicum* L.) under water deficit. *Journal of Plant Ecophysiology*, 8(27), 56-71. [In Farsi]
- Mc Cready, R. M., Guggolz, J. Silveira V., & Owens, H.S. (1950). Determination of starch and amylase in vegetables. *Analytical Chemistry*, 22(9), 1156-1158.
- Mehregan, M., Mehrafarin, A., Labbafi M. R., & Naghdi Badi, H. (2017). Effect of Different Concentrations of Chitosan Biostimulant on Biochemical and Morphophysiological Traits of Stevia Plant (*Stevia rebaudiana* Bertoni). *Journal of Medicinal Plants*, 16(2), 169-181. [In Farsi]

- Mohammadi, H., Sepehri, A., & Sabaghpour, H. (2018). Effect of antitranspiration substances and drought stress ameliorators on leaf area duration, water use efficiency and grain yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under different irrigation regimes. *Applied Research in Field Crops Journal*, 31(2), 92-118. [In Farsi]
- Moradi, P., Ford-Lloyd, B., & Pritchard, J. (2014). Plant-water responses of different medicinal plant thyme (*Thymus spp.*) species to drought stress condition. *Australian Journal of Crop Science*, 8(5), 666-673.
- Munne-Bosch, S., & Alegre L. (2004). Die and let live: Leaf senescence contributes to plant survival under drought stress. *Functional Plant Biology*, 31(3), 203-216.
- Naderi, S., Fakheri, B., & Esmailzadeh Bahabadi, S. (2014). Increasing of chavicol o-methyl transferase gene expression and catalase and ascorbate peroxidase enzymes activity of *Ocimum basilicum* by chitosan. *Journal of Crop Biotechnology*, 4(6), 1-9.
- Nooshkam, A., N. Majnoun Hoseini, N., Hadian, J., M.R. Jahansooz, M., Khavazi, K., A. Salehnia, A., & Hedayatpour, S. (2016). The effect of irrigation intervals on quantitative and qualitative yields of two savory species (*Satureja khuzestanica* and *S. rechingeri*). *Plant Productions*, 39(1), 11-20. [In Farsi]
- Omidbaygi, R., Hassani, A., & Sefidkon, F. (2003). Essential oil content and composition of sweet Basil (*Ocimum basilicum*) at different irrigation regimes. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 6(2), 104-108. [In Farsi]
- Rasam, Q., Dadkhah, A., & Khashnvod Yazdi, A., (2015). Evaluation of the Effect of Water Deficit on Morphological and Physiological Traits of Hyssop (*Hyssopus officinalis* L). *Journal of Agronomy Science*, 5(10), 12-1. [In Farsi]
- Ren, J., Yao, Y., Yang, Y., Korpelainen, H., Junttila, O., & Li, C. (2006). Growth and physiological responses of two contrasting poplar species to supplemental reproductive growth. *Tree Physiology*, 26(5), 665-672.
- Rosati, A., Metcalf, S. G., Buchner, R. P., Fulton, A. E., & Lampinen, B. D. (2006). Physiological Effects of Kaolin Applications in Well-irrigated and Water-stressed Walnut and Almond Trees. *Annals of Botany*, 98(1), 267-275.
- Rostami, M. (2016). Response of hyssop morphological traits to deficit irrigation in greenhouse condition. *Agroecology Journal*, 12(2), 19-24. [In Farsi]
- Segura-Monroy, S., Uribe-Vallejo, A., Ramirez-Godoy, A., & Restrepo-Diaz, H. (2015). Effect of kaolin application on growth, water use efficiency, and leaf epidermis characteristics of *Physalis peruviana* L. seedlings under two irrigation regimes. *Journal Agricultural Science Technology*, 1(17), 1585-1596.
- Shoorabadi, A., Shamshiri, M. H., Najafinia, M., & Mirdehghan, S. H. (2016). The Role of Covering and anti-transpiration substances on controlling of Date Bunch Fading in Mazafati Cultivar, plant products. *Journal of Agricultural Science*, 39(1), 58-47. [In Farsi]
- Souri M. K., & Hatamian M. (2019). Aminochelates in plant nutrition: A review. *Journal of Plant Nutrition*, 42(1), 67-78.
- Souri, M. K. (2016). Aminochelate fertilizers: The new approach to the old problem; a review. *Open Agriculture*, 1(1), 118-123.
- Souri, M. K., & Yarahmadi, B. (2015). Effect of Amino Chelates Foliar Application on Growth and Development of Marigold (*Calendula officinalis*) plant. *Plant Production Technology*, 15(2), 109-119. [In Farsi]
- Toryurian, S., Pasari, B., & Mohammadi, Kh. (2018). The effect of foliar application of kaolin clay and irrigation cut on the quantitative characteristics of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Crop Physiology Journal*, 10(37), 63-49. [In Farsi]
- Vadzadeh, P., Sarajoughi, M., & Mir Taheri, S. M. (2017). Study of salicylic acid and glycine effect on some agronomic traits of alfalfa under wet stress conditions. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 13(2), 1-14. [In Farsi]

