



# به‌زرعی کشاورزی

دوره ۲۴ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۴۰۱

صفحه‌های ۵۹۹-۵۸۳

DOI: 10.22059/jci.2021.317073.2502

مقاله پژوهشی:

## ارزیابی عملکرد کمی، عملکرد اسانس و محتوای عناصر غذایی آویشن در پاسخ به منابع کودی و رژیم‌های مختلف آبیاری

محمد طیب بایزیدی اقدم<sup>۱</sup>، جلال جلیلیان<sup>۲\*</sup>، حمید محمدی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۲. دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۳. دانشیار، گروه زراعت و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۲/۰۱

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۱۰/۲۲

### چکیده

یکی از مهم‌ترین اهداف کشت گیاهان دارویی، بهبود محتوای اسانس آن‌ها می‌باشد که تحت تأثیر عوامل محیطی از جمله شرایط تنش کم‌آبیاری و تغذیه‌ای قرار خواهد گرفت. بدین منظور، مطالعه‌ای سه‌ساله به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشگاه ارومیه در سال‌های زراعی ۱۳۹۳-۹۶ اجرا شد. فاکتور اصلی شامل سطوح آبیاری در سه سطح (آبیاری نرمال، آبیاری تکمیلی و شرایط دیم) و فاکتور فرعی در شش سطح در برگیرنده تیمارهای کودی شامل کود زیستی (ازتوبارور یک+ فسفات بارور دو) همراه و بدون ورمی‌کمپوست، کود شیمیایی کامل و کود نانو کامل همراه و بدون ورمی‌کمپوست بود. نمونه‌برداری و آنالیز صفات در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ (سال سوم کاشت) انجام گرفت. نتایج نشان داد تیمارهای آبیاری تکمیلی و دیم به‌ترتیب ضمن کاهش غلظت عناصر نیتروژن (۱۴/۹۴ و ۷/۷۲ درصد)، سفره (۳۱/۲۰ و ۳۷/۷۱ درصد)، پتاسیم (۱۱/۵۸ و ۹/۱۴ درصد)، مس (۱۴/۲۷ و ۲۸/۹۶ درصد)، و وزن خشک کل آویشن (۳۳/۲۲ و ۵۶/۱۴ درصد) سبب افزایش غلظت عناصر آهن (۸/۰۸ و ۶۶/۰۵ درصد)، روی (۱۶/۸۲ و ۷/۱۶ درصد) و عملکرد اسانس (۲۵/۳۲ و ۳۷/۱۱ درصد) نسبت به شرایط آبیاری نرمال شد. کاربرد تلفیقی کود نانو با ورمی‌کمپوست در شرایط آبیاری نرمال و کاربرد کود نانو در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم منجر به بهبود عملکرد اسانس (به‌ترتیب ۲/۷۰، ۳/۳۹ و ۳/۷۸ درصد) شد. به‌طور کلی بهبود عملکرد اسانس در شرایط نامساعد محیطی به‌هنگام کاربرد کود نانو، نشان‌دهنده کارایی این کود در تأمین عناصر غذایی و دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار است.

**کلیدواژه‌ها:** عملکرد اسانس، کود زیستی، کود شیمیایی، کود نانو، ورمی‌کمپوست.

## Evaluation of Quantitative Yield, Essential Oil Yield, and Nutrient Content of Thyme in Response to Fertilizer Sources and Different Irrigation Regimes

Mohammad-Tayyeb Bayazidi-Aghdam<sup>1</sup>, Jalal Jalilian<sup>2\*</sup>, Hamid Mohammadi<sup>3</sup>

1. Ph.D. Student, Department of plant production and genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

2. Associate Professor, Department of plant production and genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

3. Associate Professor, Department of Agronomy and Medicinal plants, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

Received: January 11, 2021

Accepted: April 21, 2021

### Abstract

One of the most important goals of cultivating medicinal plants is to improve their essential oil content, which will be affected by environmental factors such as water deficit stress and nutritional stress conditions. In this regard, a three-year split plot study has been done as a randomized complete block design with three replications in Urmia University at the 2014-2017 cropping years. The main factors include irrigation regimes in three levels (normal irrigation, supplementary irrigation, and rainfed conditions), and the sub-factor at six levels include fertilizer resources {biofertilizer (*Azotobaror 1* + *Phosphate-Barvar 2*), complete chemical fertilizer and complete Nano fertilizer with and without vermicompost. Sampling and analysis of traits are performed in the cropping year 2016-2017 (third year of planting). Compared to normal irrigation, the results show that supplementary irrigation and rainfed treatments while reducing the concentration of nitrogen (14.94% and 7.72%), phosphorus (31.20% and 37.71%), potassium (11.58% and 9.14%), copper (14.27% and 28.96%), and total dry weight (33.22% and 56.14%), increase the concentration of iron (8.08% and 66.05%), zinc (16.82% and 7.16%), and essential oil yield (25.32% and 37.11%) of thyme, respectively. Combined application of nano fertilizer with vermicompost under normal irrigation conditions, and application of nano fertilizer in supplementary and rainfed irrigation conditions has improved essential oil yield by 2.7%, 3.39%, and 3.78%, respectively. In general, the improvement of essential oil yield in water deficit stress, during the application of nano fertilizer, indicates the efficiency of this fertilizer in providing nutrients and achieving sustainable agricultural goals.

**Keywords:** Biofertilizer, chemical fertilizer, essential oil yield, nano fertilizer, ermicompost.

## ۱. مقدمه

به شدت تحت تأثیر تنوع ژنتیکی، عوامل محیطی و تغذیه‌ای قرار می‌گیرند (Alizadeh et al., 2013).

در این ارتباط، تنش خشکی به‌عنوان یکی از عوامل محیطی، با تغذیه گیاهان ارتباط دارد (Askary et al., 2018). به‌طوری‌که تحت شرایط تنش خشکی، توانایی گیاه در میزان دسترسی به مواد مغذی، و جذب و انتقال آن توسط ریشه، دچار اختلال خواهد شد (Shafiee Adib et al., 2020). نتایج پژوهش Javan Gholiloo et al. (2019) در بررسی تأثیر سه سطح تنش خشکی (۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) نشان داد که اعمال تنش خشکی، باعث کاهش معنی‌دار غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ گیاه سنبل‌الطیب (*Valeriana officinalis* L.) شد. بنابراین، کاربرد محلول‌پاشی مواد مغذی به‌منظور تأمین سریع عناصر غذایی توسط برگ، می‌تواند یکی از روش‌های کارآمد در اصلاح اختلالات تغذیه‌ای گیاهان، در شرایط خشکی و کم‌آبی باشد (Shafiee Adib et al., 2020)، تا بتوان توازن و تعادل مواد مغذی محصولات، برای تولید نرمال و مطلوب به لحاظ مواد معطر و طعم‌دهنده توسط قسمت‌های قابل استفاده گیاهان، فراهم شود (Hui et al., 2010).

لذا به‌منظور دستیابی به مواد مغذی برای گیاهان در جهت بهبود توازن و تعادل تغذیه‌ای، منابع مختلفی وجود دارد، که یکی از این منابع، کاربرد کودهای شیمیایی است، که نظام‌های کشاورزی رایج به آن وابسته هستند. اما کاربرد بیش از حد و طولانی‌مدت آن‌ها می‌تواند تهدیدی برای سلامتی محیط‌زیست، و در نهایت سلامتی انسان‌ها باشد (Dadkhah, 2012; Azizi, 2017; Meena & Busi, 2019). بنابراین استفاده از کودهای آلی مانند ورمی‌کمپوست (Emami Bistgani et al., 2018; Heidarpour et al., 2019)، کودهای زیستی (Dadkhah, 2012; Khajeeyan et al., 2019) و نانوکودها (Zulfiqar et al., 2019; Mahdavi Khorami et al., 2020) ضمن حفظ سلامت محیط‌زیست به‌منظور

گیاهان در محیط رشد خود همواره تحت تأثیر انواع مختلفی از تنش‌های محیطی مانند خشکی، شوری، دمای بالا و غیره قرار می‌گیرند (Mantri et al., 2013)، که در این میان، خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که طی رشد و نمو، بر دامنه وسیعی از ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان تأثیر می‌گذارد (Abdollahi Arpanahi & Feizian, 2019). به‌طوری‌که از طریق تأثیر بر تنفس، فتوسنتز، متابولیسم مواد غذایی، جذب یونی و هورمون‌های رشد بر تولید و بهره‌وری محصولات در مناطق خشک و نیمه‌خشک تأثیر منفی گذاشته، که در نهایت باعث کاهش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود (Prinsloo & Nogemane, 2018). با توجه به این‌که اکثر محصولات زراعی در این مناطق، در شرایط دیم و محیط کم‌آب کشت می‌شوند (Mantri et al., 2013). بنابراین کاشت گیاهان متحمل به خشکی، مانند گیاهان دارویی را می‌توان به‌عنوان یکی از راه‌کارهای مقابله با این شرایط در نظر گرفت (Prinsloo & Nogemane, 2018)، به‌طوری‌که در این ارتباط می‌توان به آویشن دنیایی به‌عنوان گیاه دارویی متحمل اشاره کرد.

آویشن دنیایی (*Thymus daenensis* Celak.) یکی از گونه‌های بومی ایران و متعلق به خانواده نعنائیان است که در مناطق کوهستانی و دامنه‌های غرب و جنوب‌غربی ایران رشد می‌کند (Abdollahi Arpanahi & Feizian, 2019). به‌دلیل داشتن ترکیبات فعال زیستی موجود در اسانس مانند تیمول و کارواکرول، به‌طور وسیعی در صنایع غذایی (طعم‌دهنده و نگهدارنده) و دارویی (طب سنتی) استفاده می‌شود (Emami Bistgani et al., 2018). در واقع، اسانس گیاهان دارویی، به‌عنوان مهم‌ترین تولیدات کشاورزی از نظر اقتصادی محسوب می‌شوند (Rezaei et al., 2019)، به‌طوری‌که از نظر عملکرد و ترکیبات اسانس،

مختلف رطوبتی است، و از طرف دیگر دستیابی به منابع تغذیه‌ای جایگزین کودهای شیمیایی به منظور تحقق اهداف کشاورزی اکولوژیک و پایدار می‌باشد.

## ۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش سه‌ساله بر روی گیاه آویشن دنیایی به صورت آزمایش اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های زراعی ۹۶-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه اجرا شد. تیمار آبیاری به‌عنوان فاکتور اصلی، با توجه به خاستگاه طبیعی محل رشد گیاه مورد مطالعه (Abdollahi Arpanahi & Feizian, 2019) و هم‌چنین عرف آبیاری منطقه کشت، براساس رژیم آبیاری در سه سطح (آبیاری نرمال (هر دو هفته یکبار- شاهد)، آبیاری تکمیلی (هر ماه یکبار) و شرایط دیم (بدون آبیاری)) اعمال شد. فاکتور فرعی در شش سطح در برگزیده تیمارهای کودی شامل کود زیستی (ازتوبارور یک+ فسفات بارور دو) (B) و تلفیق کود زیستی با ورمی‌کمپوست (B+V)، کود شیمیایی کامل (Ch) و تلفیق کود شیمیایی کامل با ورمی‌کمپوست (Ch+V)، کود نانو کامل (N) و تلفیق کود نانو کامل با ورمی‌کمپوست (N+V) بود.

کود ورمی‌کمپوست (پنج تن در هکتار) (جدول ۱) با توجه به آنالیز خاک (جدول ۲) و چندساله بودن گیاه، و هم‌چنین به‌منظور کاهش هزینه‌های ناشی از تولید و تأثیر مؤثر و بهتر بر فرایندهای رشدی و متابولیسی گیاه، قبل از کاشت و به‌هنگام آماده سازی مزرعه طبق نقشه کاشت با خاک چاله‌های محل انتقال نشای گیاه آویشن در کرت‌های مربوطه به‌طور یکسان در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ مخلوط شد.

دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار، می‌تواند در بهبود کیفیت و عملکرد، به‌ویژه در تولید متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی نقش داشته باشند.

در بررسی تأثیر کاربرد کود ورمی‌کمپوست بر روی گیاه دارویی آویشن باغی (*Thymus vulgaris L.*) مشاهده شد که با کاربرد چهار تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست، بیش‌ترین محتوای اسانس (۳/۸۳ درصد)، و با کاربرد شش تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست، بیش‌ترین عملکرد اسانس (۱۰۶/۷ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد تیمول (۴۷/۵۵ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد (Bitarafan et al., 2017). در پژوهشی بر روی گیاه دارویی مرزه تابستانه (*Satureja hortensis L.*) گزارش شد که محتوای اسانس تحت تأثیر کاربرد کود زیستی نیتروکسین (ازتوباکتر+ آزوسپریلیوم) قرار گرفت و موجب افزایش معنی‌داری آن (۲/۰۲ درصد) نسبت به تیمار شاهد (۱/۴۳ درصد) شد (Haj Seyed Hadi & Darzi, 2018). در پژوهشی که توسط Gholinezhad (2017) بر روی گیاه شوید (*Anethum graveolens L.*) انجام گرفت، مشاهده شد که با کاربرد نانوکود آهن، درصد و عملکرد اسانس (به‌ترتیب ۳/۲۴ درصد و ۰/۵۳۴۵ گرم در مترمربع) نسبت به تیمار شاهد (به‌ترتیب ۳/۰۷ درصد و ۰/۴۰۶۵ گرم در مترمربع) افزایش معنی‌دار نشان داد. بنابراین با توجه به ارزش اقتصادی بالای اسانس گیاهان دارویی به‌واسطه کاربردهای وسیع آن در زمینه‌های مختلف دارویی، غذایی و آرایشی و بهداشتی، می‌توان اظهار داشت که هدف از این مطالعه، از یک طرف دستیابی به عملکرد بهینه اسانس آویشن دنیایی به‌هنگام کاربرد منابع کودی در رژیم‌های

جدول ۱. ویژگی‌های کود ورمی‌کمپوست

اسیدپته	هدایت الکتریکی (ds/m)	کربن آلی	نیتروژن (%)	فسفر (%)	پتاسیم (%)	کلسیم (%)	آهن (%)	روی (%)	مس (%)	منگنز (%)
۷/۹	۳/۶	۲۰	۱/۶	۰/۷	۰/۹	۵/۶	۰/۴۱	۰/۰۲۸	۰/۰۰۹	۰/۰۲۴

جدول ۲. برخی ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر

پتاسیم	فسفر	نیتروژن کل	ماده آلی	کربن آلی	هدایت الکتریکی	اسیدیته خاک	بافت خاک
(mg/kg)			(%)		(ds/m)		لومی رسی
۳۹۵	۱۱/۶	۰/۰۹۴	۱/۶۲	۰/۹۴	۰/۵۴	۷/۱۵	

محصول شرکت فن‌آور سپهر پارمیس (شکل ۱)) به صورت محلول‌پاشی (با غلظت دو در هزار) با استفاده از سمپاش پستی ۲۰ لیتری مجهز به نازل پودرپاش چهار سوراخه (MORYACO (20-C7), CHINA) تحت فشار بین ۴-۱/۵ بار انجام گرفت (جدول ۳). نمونه برداری و آنالیز صفات در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ (سال سوم کاشت) انجام شد. اولین محلول‌پاشی کود شیمیایی و نانو در اوایل صبح ۱۳۹۶/۰۲/۰۶ (۷۱۱ روز پس از انتقال نشا) انجام گرفت (شکل ۲).

اولین آبیاری با توجه به نیاز آبی در فصل رشد، مربوط به تیمار شرایط نرمال بود، که در تاریخ ۱۳۹۶/۰۲/۱۰ (۷۱۵ روز پس از انتقال نشا) صورت گرفت. بعد از آن با رعایت مدت زمان دور آبیاری برای هر تیمار آبی، دومین آبیاری شرایط نرمال به همراه اولین آبیاری تکمیلی در تاریخ ۱۳۹۶/۰۲/۲۴ (۷۲۹ روز پس از انتقال نشا)، و در نهایت آخرین آبیاری که مربوط به شرایط نرمال بود، در تاریخ ۱۳۹۶/۰۳/۰۷ (۷۴۳ روز پس از انتقال نشا) صورت گرفت (شکل ۲). به طوری که تعداد دفعات آبیاری برای شرایط نرمال، سه نوبت و برای آبیاری تکمیلی، یک نوبت آبیاری بود. در هر نوبت آبیاری، برای هر کرت شش مترمربعی، ۱۱۰۰ لیتر آب برابر با ۱۸۳۳ مترمکعب در هکتار با استفاده از کتور حجمی اندازه‌گیری و مصرف شد.

محلول‌پاشی دوم و سوم کود شیمیایی و نانو بعد از اعمال تیمار آبیاری به فاصله هر ۱۴ روز یک‌بار به ترتیب در اوایل صبح ۱۳۹۶/۰۲/۲۴ و ۱۳۹۶/۰۳/۰۷ انجام گرفت.

کشت به صورت نشایی در کرت‌هایی با ابعاد ۲×۳ متر، در پنج ردیف با تراکم کاشت ۳۰ (روی ردیف) در ۵۰ (بین ردیف) سانتی‌متر انجام گرفت. نشاءهایی با ارتفاع بین ۹-۱۱ سانتی‌متر و تعداد برگ بین ۱۶-۱۲ عدد از انجمن علمی گیاهان دارویی ایران، شعبه استان اصفهان تهیه، و در تاریخ ۱۳۹۴/۰۲/۲۷ به مزرعه تحقیقاتی انتقال یافتند.

کودهای زیستی از توپارور یک<sup>۱</sup> (محصول شرکت زیست‌فناور سبز؛ حاوی باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس *ازتوباکتر*) و فسفات بارور دو<sup>۲</sup> (محصول شرکت زیست‌فناور سبز؛ حاوی دو نوع باکتری حل‌کننده فسفات از گونه‌های *باسیلوس لتوس* و *سودوموناس پوتیدا*) هر کدام به مقدار ۱۰۰ گرم به صورت جداگانه و در یک محیط تاریک به دلیل حساسیت میکروارگانیسم‌ها به نور، در ۲۰ لیتر آب مقطر حل و در همان روز بعد از انتقال نشاها، در پای بوته‌ها و به صورت جداگانه با حجم ۳۰ میلی‌لیتر با استفاده از سرنگ تزریق و عمل آبیاری مزرعه جهت استقرار بوته‌ها صورت گرفت. تزریق کودهای زیستی در پای بوته‌ها در سال‌های دوم و سوم زراعی تکرار شد. اعمال تیمار رژیم آبیاری از سال دوم آزمایش بعد از استقرار بوته‌ها صورت گرفت (Khan et al., 2011).

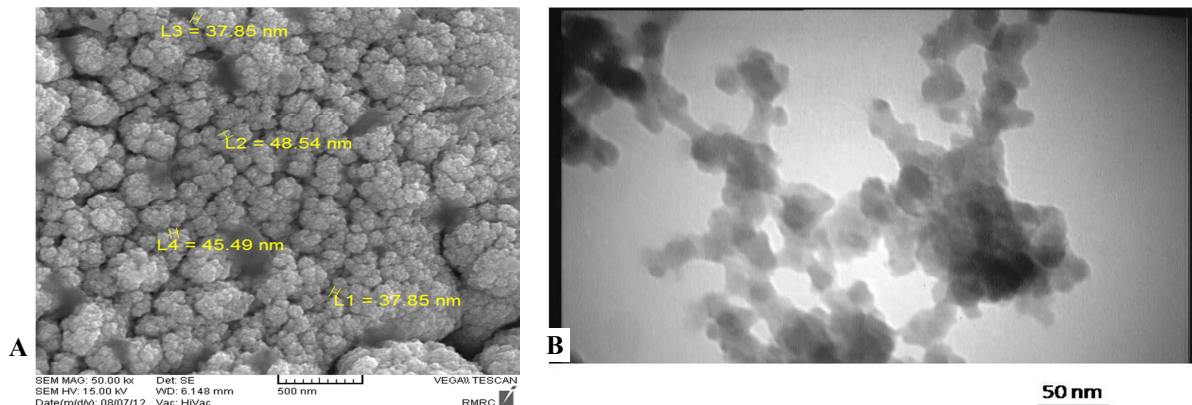
کود شیمیایی کامل (کود کامل مایع جوانه مخصوص مصارف عمومی؛ محصول شرکت توسعه فرایند باختر) به صورت محلول‌پاشی (با غلظت شش در هزار) و نانو کود میکرو کامل (نانو کلات سوپر میکرو کامل سپهر پارمیس؛

۱ و ۲- واحد تشکیل‌دهنده کلنی: ۱۰<sup>۸</sup> در هر میلی‌لیتر

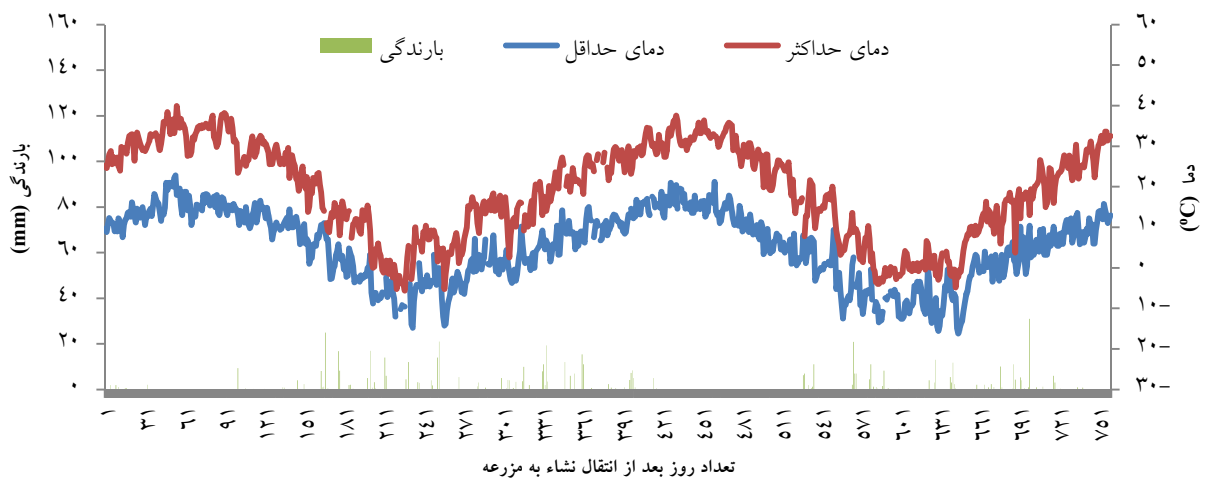
ارزیابی عملکرد کمی، عملکرد اسانس و محتوای عناصر غذایی آویشن در پاسخ به منابع کودی و رژیم‌های مختلف آبیاری

جدول ۳. عناصر موجود در کود شیمیایی کامل و نانوکود میکرو کامل

مولیبدن	منگنز	مس	روی	آهن	بور	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	فسفر	نیترژن	
۰/۰۰۴	۰/۱۰	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۲	۰/۰۳	۰/۱۲	-	۱۰	۵	۱۰	کود شیمیایی کامل
۰/۰۴	۲	۱	۵	۴	۰/۰۶	۱	۱/۵	۲	۴	۵	نانوکود میکرو کامل



شکل ۱. تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) (A) و تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) (B) کود نانوکلات سوپر میکرو کامل. همان‌طور که در تصویر مشاهده می‌شود، اندازه ذرات تقریباً بین ۳۷/۸۵ الی ۴۸/۵۴ نانومتر هستند. این تصویر توسط دستگاه (Zeiss EM 900 (150 KV), Germany) در دانشگاه تهران گرفته شده است.



شکل ۲. رژیم دمایی (حداقل و حداکثر) و بارندگی روزانه از زمان انتقال نشاء به مزرعه تا زمان نمونه‌گیری گیاه

درصد گل‌دهی از پنج بوته در هر کرت، از فاصله ده سانتی‌متر سطح خاک برش، و سپس در دمای اتاق و شرایط سایه خشک شد.

برداشت بوته کامل جهت اندازه‌گیری وزن خشک، عملکرد اسانس و عناصر غذایی در مورخه ۱۳۹۶/۰۳/۲۴ (۷۶۰ روز پس از انتقال نشاء) (شکل ۲) در شرایط ۱۰۰

## ۲.۱. اندازه‌گیری وزن خشک کل

بعد از خشک‌شدن بوته‌ها (پنج بوته در هر کرت)، برگ و ساقه جهت استخراج اسانس از هم تفکیک و به‌وسیله ترازویی با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شد. سپس از مجموع وزن برگ و ساقه، وزن خشک کل محاسبه شد.

## ۲.۲. استخراج و عملکرد اسانس

محتوای اسانس به‌روش تقطیر با آب براساس روش پیشنهادی فارماکوپه اروپا (British Pharmacopoeia, 1993) و با استفاده از دستگاه کلونجر استخراج شد. برای استخراج اسانس، ۲۵ گرم نمونه خشک‌شده (شاخساره) به‌مدت ۱۵۰ دقیقه در معرض تقطیر آبی قرار گرفت. اسانس به‌دست‌آمده توسط سولفات سدیم، خشک و به دقت توزین شد. در پایان عملکرد اسانس بر حسب درصد با توجه به رابطه (۱) محاسبه شد (Tohidi et al., 2017).

(رابطه ۱) = عملکرد اسانس (درصد)

$$100 \times \frac{\text{وزن اسانس به‌دست‌آمده (گرم)}}{\text{وزن ماده خشک (گرم)}}$$

## ۲.۳. اندازه‌گیری عناصر غذایی

جهت اندازه‌گیری محتوای عناصر برگ‌های آویشن دناپی، ابتدا برگ‌های خشک‌شده در سایه راه، به‌مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در داخل آون قرار داده شدند، تا کاملاً خشک شد. سپس به‌منظور تهیه نمونه یکنواخت، برگ‌های خشک‌شده توسط آسیاب برقی پودر شدند. بدین ترتیب، برای تعیین عنصر نیتروژن از هضم به‌روش تر (هضم در بالن ژوژه با سولفوریک‌اسید، سالیسیلیک‌اسید و آب اکسیژنه) استفاده و غلظت نیتروژن کل به‌روش تیتراسیون بعد از تقطیر توسط کج‌لدال تعیین شد (Emami, 1996).

برای تعیین عناصر فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس از هضم به‌روش سوزاندن خشک و ترکیب با

کلریدریک‌اسید استفاده شد. به‌طوری‌که از عصاره صاف‌شده، غلظت فسفر به‌روش آمونیوم‌مولیبدات توسط اسپکتروفتومتر یووی‌دار (PG Instrument LTD T80<sup>+</sup>, UK)، غلظت پتاسیم توسط دستگاه فلیم فتومتر (PF5 Carl Ziess, Germany) و غلظت آهن، منگنز، روی و مس توسط دستگاه اسپکتروسکوپی جذب اتمی (SHIMADZU AA-6300) اندازه‌گیری شد (Emami, 1996).

## ۲.۴. تحلیل آماری

آنالیز داده‌ها (ANOVA) به‌صورت آزمایش اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) انجام، و مقایسه میانگین و برهم‌کنش داده‌ها براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مورد ارزیابی قرار گرفت. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل (نسخه ۱۰) ترسیم شد.

## ۳. نتایج و بحث

### ۳.۱. نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴) نشان داد که اعمال رژیم آبیاری، منابع کودی و برهم‌کنش آن‌ها در سطح آماری یک درصد تأثیر معنی‌داری بر غلظت نیتروژن برگ‌های گیاه آویشن دناپی داشت. مقایسه میانگین برهم‌کنش داده‌ها نشان داد (جدول ۵) که با کاهش رطوبت خاک، محتوای نیتروژن برگ در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم به‌ترتیب ۱۴/۹۴ و ۷/۷۲ درصد نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد. مطالعات نشان داده است که تنش خشکی به‌عنوان یکی از عوامل محیطی، موجب اختلال در فرایند جذب، انتقال و توزیع عناصر غذایی (Shafiee Adib et al., 2020) از جمله عنصر نیتروژن خواهد شد، به‌طوری‌که کاهش رطوبت خاک، منجر به کاهش درصد آن در برگ‌های گیاه خواهد شد (Rasouli & Fakheri, 2016). کاهش غلظت نیتروژن توسط برخی

است. بنابراین وجود مواد مغذی از جمله نیتروژن در کود شیمیایی (Patil, 2010) و افزایش آن در خاک در اثر کاربرد کود ورمی‌کمپوست ( Mansoorghanaie Pashaki et al., 2016) می‌تواند از علل افزایش محتوای نیتروژن برگ در گیاه آویشن دنیایی باشد.

### ۲.۳. فسفر

رژیم آبیاری، منابع کودی و برهم‌کنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری بر محتوای فسفر برگ گذاشت (جدول ۴). با اعمال تنش خشکی، غلظت فسفر برگ در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم به ترتیب ۳۱/۲۰ و ۳۷/۷۱ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد (جدول ۵). مقدار جذب عنصر فسفر به pH خاک بستگی دارد ( Cole et al., 2016). به طوری که در شرایط اسیدی با کاتیون‌هایی مانند آهن و آلومینیوم، و در خاک‌های قلیایی با یون کلسیم ترکیبات نامحلولی را تشکیل می‌دهند و از دسترس گیاه خارج خواهد شد. بنابراین، عنصر فسفر تنها در محدوده کمی از pH بین ۵-۵/۵ به صورت محلول می‌باشد ( Torabi & Salekdeh, 2013). در این ارتباط، بررسی‌های مختلف نشان داده است، که توانایی ریشه گیاهان برای جذب فسفر در خاک‌هایی با محتوای رطوبتی پایین، به دلیل کاهش قابلیت تحرک فسفر، کاهش می‌یابد (Rasouli & Fakheri, 2016).

پژوهش‌گران در سنبل‌الطیب (*Valeriana officinalis* L.) (Javan Gholiloo et al., 2019) و گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) (Nourzad et al., 2015) تحت شرایط کم‌آبی گزارش شده است.

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد (جدول ۵) که کاربرد تلفیقی کود زیستی با ورمی‌کمپوست در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم به ترتیب منجر به بهبود ۲/۰۶ و ۱/۸۱ درصدی محتوای نیتروژن برگ شد. این افزایش از یک طرف می‌تواند ناشی از کاربرد کودهای زیستی باشد، که باعث افزایش هورمون‌های رشد گیاه مانند ایندول استیک اسید (IAA)، جبریلین اسید (GA) و سیتوکینین خواهند شد. به طوری که این فیتوهورمون‌ها ممکن است باعث افزایش تکثیر ریشه‌ها و افزایش جذب مواد مغذی برای گیاه شوند ( Dadkhah, 2012; Meena & Busi, 2019). از طرف دیگر، ورمی‌کمپوست به دلیل تخلخل زیاد و افزایش ظرفیت نگهداری آب (Kiran, 2019)، باعث تحریک مستقیم باکتری‌های محرک رشد، باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و انحلال مواد مغذی خواهد شد که در نهایت منجر به افزایش در میزان دسترسی به کربن و نیتروژن خواهد شد ( Javed & Panwar, 2013). هم‌چنین نتایج نشان داد (جدول ۵) که در شرایط آبیاری نرمال، کاربرد تلفیقی کود شیمیایی با ورمی‌کمپوست، در بهبود محتوای نیتروژن برگ مؤثر بوده

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه گیاه آویشن دنیایی تحت تأثیر منابع کودی و رژیم‌های آبیاری

منابع تغییرات	میانگین مربعات				
	درجه آزادی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن
تکرار	۲	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ *	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۵۶ *
رژیم آبیاری	۲	۰/۳۲۵ **	۰/۱۳۰ **	۰/۲۰۷ **	۱۱۹۴۶۰۱/۸۰۱ **
اشتباه کرت اصلی	۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۷
منابع کودی	۵	۰/۱۹۰ **	۰/۰۰۴ **	۰/۳۳۷ **	۲۳۱۱۸۷/۸۱۶ **
رژیم آبیاری × منابع کودی	۱۰	۰/۱۶۲ **	۰/۰۰۶ **	۰/۲۹۰ **	۲۵۶۰۱۵/۸۲۹ **
اشتباه کرت فرعی	۳۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۲
ضرب تغییرات (%)		۰/۶۴	۰/۴۹	۰/۸۷	۰/۰۲

ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار. \*, \*\*, #: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار.

ادامه جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه گیاه آویشن دناپی تحت تأثیر منابع کودی و رژیم‌های آبیاری

میانگین مربعات					منابع تغییرات
عملکرد اسانس	وزن خشک کل	منگنز	مس	درجه آزادی	
۰/۰۴۹ ns	۰/۶۲۴ ns	۷۰/۶۴۶ ns	۰/۰۰۳ **	۲	تکرار
۳/۱۶۱ **	۵۰۶۷/۵۴۱ **	۴۴۰۳/۷۳۴ **	۱۱۵/۷۵۶ **	۲	رژیم آبیاری
۰/۰۱۹	۳/۰۳۰	۷۲/۵۳۱	۰/۰۰۰	۴	اشتباه کرت اصلی
۱/۸۶۷ **	۵۰/۰۷۰ **	۹۰۵/۰۹۶ **	۳۹/۱۱۱ **	۵	منابع کودی
۰/۳۲۲ **	۱۱۵/۳۶۷ **	۵۵۱/۲۳۵ **	۹/۴۶۷ **	۱۰	رژیم آبیاری × منابع کودی
۰/۰۴۷	۳/۸۱۷	۷۱/۹۴۹	۰/۰۰۰	۳۰	اشتباه کرت فرعی
۸/۰۹	۴/۶۸	۱۲/۲۸	۰/۱۴		ضریب تغییرات (%)

ns و \*\* و \*\*\* به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار.

درصد بر محتوای پتاسیم برگ معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین برهم‌کنش داده‌ها نشان داد که با افزایش سطح تنش خشکی محتوای پتاسیم برگ در شرایط آبیاری تکمیلی، ۱۱/۵۸ درصد و در شرایط دیم، ۹/۱۴ درصد نسبت به شرایط آبیاری نرمال (شاهد) کاهش پیدا کرد (جدول ۵). جذب مواد غذایی از خاک با وضعیت آب موجود در خاک ارتباط مستقیم دارد (Hosseinzadeh et al., 2017). زیرا محتوای آب خاک، بر واکنش‌های تجزیه‌ای و فعالیت‌های بیولوژیکی خاک (Rasouli & Fakheri, 2016) و همچنین جریان انتشار مواد غذایی از خاک به سطح ریشه تأثیر خواهد گذاشت (Hosseinzadeh et al., 2017). بنابراین با کاهش رطوبت خاک، میزان حلالیت و جریان پتاسیم از خاک به گیاه و جذب آن توسط ریشه‌های گیاه کاهش پیدا خواهد کرد، که این امر به نوبه خود منجر به کاهش جابه‌جایی عنصر پتاسیم در اندام‌های هوایی گیاه، و در نهایت کاهش آن در برگ خواهد شد (Shokhmgar et al., 2013). کاهش درصد پتاسیم برگ توسط برخی پژوهش‌گران در گیاه سنبل‌الطیب (Javan Gholiloo et al., 2019) (*Valeriana officinalis* L.) و گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) (Nourzad et al., 2015) تحت شرایط کم‌آبی گزارش شده است. در بین عناصر غذایی، پتاسیم یکی از عناصری است

هم‌چنین، نتایج نشان داد (جدول ۵) که کاربرد کود زیستی در شرایط آبیاری تکمیلی (۰/۳۱۶ درصد) و کود نانو در شرایط دیم (۰/۲۸۲ درصد) موجب افزایش محتوای فسفر برگ‌های گیاه شد. افزایش محتوای فسفر برگ به‌هنگام کاربرد کود زیستی می‌تواند ناشی از کاربرد کود زیستی بارور دو باشد، که باکتری‌های *باسیلوس لتوس* و *سودوموناس پرتیدا* موجود در آن باعث انحلال فسفر نامحلول خاک (Azizi, 2017) و افزایش قابلیت دسترسی آن برای گیاه (Lenin & Jayanthi, 2012) از طریق تولید و ترشح اسیدهای آلی (Dadkhah, 2012) و کاهش pH محیط (Soltani Toolarood et al., 2015) خواهد شد. در شرایط دیم، اندازه ترکیبات کوچک و حلالیت زیاد کود نانو که بر سرعت جذب عناصر توسط گیاه تأثیر خواهد گذاشت (Gholinezhad, 2017; Zulfiqar et al., 2019)، می‌تواند از علل افزایش محتوای فسفر برگ به‌هنگام کاربرد کود نانو باشد. در شرایط آبیاری نرمال نیز کاربرد کود شیمیایی باعث افزایش محتوای فسفر برگ شد.

### ۳.۳. پتاسیم

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که رژیم آبیاری، منابع کودی و هم‌چنین برهم‌کنش آن‌ها در سطح احتمال یک



میلی گرم بر کیلوگرم) و کود شیمیایی با ورمی کمپوست در شرایط دیم (۱۸۴۰/۴۶۷ میلی گرم بر کیلوگرم) افزایش پیدا کرد (جدول ۵). با توجه به غنی بودن کود ورمی کمپوست از لحاظ عناصر غذایی ماکرو و میکرو (Amiri et al., 2017) و قابلیت نگهداری بالای آب (Kiran, 2019) و همچنین وجود اسیدهای آلی در آن، منجر به انحلال عناصر ریزمغذی نظیر آهن از طریق کمپلکس نمودن آن شده است (Abbaszadeh & Zakerian, 2016)، که این امر موجب شده است تا به همراه کاربرد تلفیقی با کود شیمیایی و یا نانو، منجر به اثر هم افزایی آن در دسترسی به عناصر ریزمغذی نظیر آهن در شرایط دیم و یا آبیاری تکمیلی برای گیاه شده است. همچنین غلظت آهن برگ در شرایط آبیاری نرمال با کاربرد کود نانو (۹۶۰/۶۶۷ میلی گرم بر کیلوگرم) بهبود پیدا کرده است (جدول ۵).

### ۵.۳. روی

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که غلظت عنصر روی در سطح احتمال پنج درصد، تحت تأثیر رژیم آبیاری و در سطح احتمال یک درصد، تحت تأثیر منابع کودی و برهم کنش آن‌ها قرار گرفت (جدول ۴). مقایسه میانگین برهم کنش داده‌ها نشان داد که با افزایش سطح تنش خشکی در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم، میزان غلظت عنصر روی برگ به ترتیب ۱۶/۸۲ و ۷/۱۶ درصد نسبت به شرایط آبیاری نرمال افزایش پیدا کرد (جدول ۵). برخی پژوهشگران اظهار داشتند که بین دو عنصر روی و فسفر از نظر جذب توسط سیستم ریشه‌ای، رقابت وجود دارد. به طوری که افزایش غلظت هر کدام از این دو عنصر در محیط ریشه، منجر به کاهش جذب دیگری خواهد شد (Cole et al., 2016). بنابراین، می‌توان اظهار داشت، که کاهش غلظت عنصر فسفر در شرایط تنش خشکی، می‌تواند یکی از دلایل افزایش غلظت عنصر روی در همین شرایط باشد (جدول ۵).

که می‌تواند باعث افزایش مقاومت گیاهان در برابر شرایط کم آبی شود (Mahdavi Khorami et al., 2020). نتایج نشان داد کود نانو در شرایط آبیاری تکمیلی و کاربرد تلفیقی کود زیستی با ورمی کمپوست در شرایط دیم و آبیاری نرمال، میزان پتاسیم در برگ را به ترتیب ۱/۹۸۷، ۲/۰۴۰ و ۲/۲۰۳ درصد افزایش دادند (جدول ۵). با توجه به این که کود ورمی کمپوست غنی از مواد غذایی می‌باشد، بنابراین به واسطه افزایش جذب آب و ظرفیت نگهداری آن، موجب انحلال مواد غذایی خواهد شد (Kiran, 2019)، که این امر باعث افزایش معدنی کردن عناصر غذایی ناشی از بهبود فعالیت میکروارگانیسم‌های موجود در کود و خاک خواهد شد، که در نهایت منجر به افزایش درصد پتاسیم برگ خواهند شد (Nemati et al., 2015).

### ۴.۳. آهن

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴)، مشخص شد که محتوای آهن برگ تحت تأثیر رژیم آبیاری، منابع کودی و برهم کنش آن‌ها قرار گرفت و از لحاظ آماری در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. نتایج مقایسه میانگین برهم کنش داده‌ها (جدول ۵) نشان داد که با افزایش سطح تنش خشکی در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم، غلظت آهن برگ به ترتیب ۸/۰۸ و ۶۶/۰۵ درصد نسبت به آبیاری نرمال افزایش نشان داد. در این ارتباط، برخی مطالعات نشان داد، که یک رابطه معکوسی بین جذب آهن با غلظت عناصر فسفر و مس وجود دارد، به طوری که جذب آهن با غلظت بالای عناصر فسفر و مس، می‌تواند کاهش پیدا کند (Cole et al., 2016). بنابراین افزایش غلظت آهن در شرایط تنش کم آبی، می‌تواند ناشی از غلظت پایین عناصر فسفر و مس در این شرایط باشد (جدول ۵).

غلظت آهن برگ با مصرف تلفیقی کود نانو با ورمی کمپوست در شرایط آبیاری تکمیلی (۱۱۳۵/۵۳۳)

جدول ۵. مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش رژیم‌های مختلف آبیاری و منابع کودی برخی صفات مورد مطالعه گیاه آویشن دنیایی

منابع کودی	نیترژن	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	مس	منگنز	وزن خشک کل (g m <sup>-2</sup> )
شرایط آبیاری نرمال (شاهد)								
کود شیمیایی	۱/۹۴۷ c	۰/۵۱۲ a	۱/۴۹۳ j	۶۲۹/۴۰۰ n	۵۷/۲۹۰ cdef	۱۷/۸۸۷ d	۶۲/۰۷۷ de	۳۵۳/۰۱۰ d
کود زیستی	۱/۸۱۷ e	۰/۳۶۱ e	۱/۸۸۷ d	۶۶۰/۶۰۰ m	۳۷/۷۰۷ f	۱۳/۷۷۰ l	۵۵/۰۶۷ efg	۴۶۳/۳۵۲ a
کود نانو	۱/۶۴۷ i	۰/۴۳۴ d	۱/۴۱۰ l	۹۶۰/۶۶۷ g	۱۲۲/۱۸۷ a	۱۹/۷۲۷ b	۷۲/۲۳۷ cd	۴۳۰/۴۶۸ b
کود شیمیایی + ورمی‌کمپوست	۲/۱۶۰ a	۰/۴۴۰ c	۱/۵۰۳ j	۵۴۰/۴۳۳ r	۷۲/۰۹۰ c	۱۶/۴۳۷ f	۵۷/۷۶۷ defg	۳۱۸/۲۵۹ e
کود زیستی + ورمی‌کمپوست	۱/۸۴۳ d	۰/۳۳۸ f	۲/۲۰۳ a	۷۶۳/۶۳۳ j	۵۷/۶۰۰ cdef	۱۵/۷۰۰ g	۶۴/۰۶۷ de	۳۹۴/۸۹۷ c
کود نانو + ورمی‌کمپوست	۱/۳۸۷ m	۰/۴۴۶ b	۲/۰۴۰ b	۷۳۵/۵۶۷ k	۶۱/۵۷۰ cde	۲۱/۵۸۰ a	۹۲/۹۶۷ ab	۴۱۸/۷۸۹ b
میانگین	۱/۸۰۰	۰/۴۲۲	۱/۷۵۶	۷۱۵/۰۵۰	۶۸/۰۷۴	۱۷/۵۱۲	۶۷/۳۶۳	۳۹۶/۴۶۳
شرایط آبیاری تکمیلی								
کود شیمیایی	۱/۴۱۰ l	۰/۲۹۰ j	۱/۴۶۰ k	۹۲۲/۱۶۷ h	۶۱/۳۹۰ cde	۱۴/۵۷۰ h	۴۷/۹۲۰ efg	۲۷۳/۵۹۷ gh
کود زیستی	۱/۴۹۷ k	۰/۳۱۶ g	۱/۸۱۳ e	۵۴۳/۱۰۰ q	۷۵/۶۹۷ c	۱۴/۱۴۰ j	۵۹/۷۶۰ def	۲۱۸/۱۹۶ i
کود نانو	۱/۶۱۷ j	۰/۳۱۱ h	۱/۹۸۷ c	۷۶۷/۱۰۰ i	۱۲۲/۰۸۰ a	۱۷/۵۳۰ e	۸۱/۳۳۷ bc	۳۰۵/۰۴۶ ef
کود شیمیایی + ورمی‌کمپوست	۱/۲۶۳ o	۰/۲۳۳ q	۱/۰۴۰ p	۶۶۶/۹۶۷ l	۴۷/۶۸۰ def	۱۱/۲۳۷ o	۴۴/۱۶۷ fg	۲۹۴/۱۳۴ fg
کود زیستی + ورمی‌کمپوست	۲/۰۶۰ b	۰/۳۰۲ i	۱/۶۴۰ h	۶۰۲/۳۰۰ o	۶۰/۲۷۷ cde	۱۳/۷۶۰ l	۴۹/۴۸۰ efg	۲۷۰/۰۱۵ h
کود نانو + ورمی‌کمپوست	۱/۳۴۰ n	۰/۲۸۹ j	۱/۳۷۷ m	۱۱۳۵/۵۳۳ e	۱۱۰/۰۲۷ ab	۱۸/۸۳۷ c	۴۳/۳۱۷ g	۲۲۷/۵۶۷ i
میانگین	۱/۵۳۱	۰/۲۹۰	۱/۵۵۳	۷۷۲/۸۶۱	۷۹/۵۲۵	۱۵/۰۱۲	۵۴/۳۳۰	۲۶۴/۷۵۹
شرایط دیم								
کود شیمیایی	۱/۷۴۰ f	۰/۲۶۸ m	۱/۷۴۰ f	۱۰۳۷/۱۳۳ f	۶۱/۳۶۷ cde	۱۳/۵۷۰ m	۸۰/۰۹۷ bc	۱۷۰/۸۴۵ jk
کود زیستی	۱/۴۰۷ l	۰/۲۵۱ o	۱/۵۴۰ i	۵۵۶/۰۶۷ p	۷۰/۵۴۷ cd	۱۰/۱۱۷ p	۵۸/۰۴۷ defg	۱۸۸/۳۴۱ j
کود نانو	۱/۷۱۰ g	۰/۲۸۲ k	۱/۲۷۷ o	۱۱۵۰/۶۰۰ d	۱۰۴/۵۴۰ ab	۱۳/۸۲۷ k	۹۶/۹۳۰ a	۱۷۱/۶۵۲ jk
کود شیمیایی + ورمی‌کمپوست	۱/۶۲۰ j	۰/۲۷۵ l	۱/۶۶۷ g	۱۸۴۰/۴۶۷ a	۵۷/۲۸۰ cdef	۱۴/۳۷۰ i	۹۷/۳۸۰ a	۱۶۵/۸۵۶ jk
کود زیستی + ورمی‌کمپوست	۱/۸۱۰ e	۰/۲۶۰ n	۲/۰۴۰ b	۱۳۸۲/۲۰۰ b	۴۵/۹۸۰ ef	۹/۹۱۷ q	۷۹/۲۹۷ bc	۱۶۱/۹۸۸ k
کود نانو + ورمی‌کمپوست	۱/۶۸۰ h	۰/۲۴۱ p	۱/۳۱۰ n	۱۱۵۷/۶۰۰ c	۹۷/۹۸۰ b	۱۲/۸۴۰ n	۱۰۱/۱۰۰ a	۱۸۴/۵۷۹ jk
میانگین	۱/۶۶۱	۰/۲۶۳	۱/۵۹۶	۱۱۸۷/۳۴۴	۷۲/۹۴۹	۱۲/۴۴۰	۸۵/۴۷۵	۱۷۳/۸۷۷

حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون LSD می‌باشد.

برگ‌های گیاه آویشن دنیایی شد (جدول ۵)، به طوری که این افزایش در عنصر روی، می‌تواند به قدرت جذب و نفوذ کود نانو ناشی از اندازه ذرات کوچک‌تر آن (Gholinezhad, 2017; Zulfiqar et al., 2019) و غنی‌بودن ورمی‌کمپوست از مواد مغذی از جمله عنصر روی مرتبط باشد (Hosseinzadeh et al., 2017).

نتایج نشان داد، مصرف کودهای نانو و تلفیق نانو با ورمی‌کمپوست به ترتیب در شرایط آبیاری تکمیلی (۱۲۲/۰۸۰ و ۱۱۰/۰۲۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و دیم (۱۰۴/۵۴۰ و ۹۷/۹۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، و هم‌چنین مصرف کود نانو در شرایط آبیاری نرمال (۱۲۲/۱۸۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، منجر به بهبود غلظت عنصر روی در

### ۶.۳. مس

غلظت مس برگ تحت تأثیر رژیم آبیاری، منابع کودی و برهم‌کنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۴). مقایسه میانگین برهم‌کنش داده‌ها نشان داد که با افزایش سطح تنش کم‌آبی در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم، غلظت عنصر مس برگ به ترتیب ۱۴/۲۷ و ۲۸/۹۶ درصد نسبت به شرایط آبیاری نرمال (شاهد) کاهش پیدا کرد (جدول ۵). در پژوهشی بر روی گیاه دارویی بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica*) مشخص شد که با افزایش غلظت عنصر روی، غلظت عنصر مس در اندام هوایی کاهش پیدا خواهد کرد، به طوری که دلیل آن را رقابت بین عناصر روی و مس به منظور جذب و جابه‌جایی توسط گیاه عنوان کردند (Asgari Lajaier et al., 2016). بنابراین یکی از دلایل کاهش غلظت عنصر مس در شرایط کم‌آبی، می‌تواند ناشی از افزایش غلظت عنصر روی در همین شرایط باشد (جدول ۵).

هم‌چنین نتایج نشان داد، با مصرف تلفیقی کود نانو با ورمی‌کمپوست در شرایط آبیاری نرمال (۲۱/۵۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و آبیاری تکمیلی (۱۸/۸۳۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و هم‌چنین مصرف تلفیقی کود شیمیایی با ورمی‌کمپوست در شرایط دیم (۱۴/۳۷۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، غلظت عنصر مس در برگ بهبود پیدا کرد (جدول ۵). در این ارتباط، کود ورمی‌کمپوست به دلیل تخلخل زیاد و افزایش ظرفیت نگهداری بالای آب، منجر به بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک خواهد شد، که این امر به نوبه خود از طریق انحلال مواد مغذی، منجر به معدنی‌شدن مواد آلی و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی توسط گیاه خواهد شد (Amiri et al., 2017; Kiran et al., 2019; Heidarpour et al., 2019). از طرفی محلول‌پاشی عناصر غذایی به‌عنوان یکی از روش‌های تأمین سریع عناصر غذایی، در برطرف نمودن سریع کمبود

مواد مغذی مؤثر خواهد بود (Shafiee Adib et al., 2020). بنابراین بهبود غلظت عنصر مس در هر یک از رژیم‌های آبیاری، نتیجه اثر هم‌افزایی کاربرد تلفیقی کود شیمیایی با کود ورمی‌کمپوست، و کود نانو با کود ورمی‌کمپوست خواهد بود. اندازه ذرات کوچک‌تر کود نانو، نقش مؤثری در جذب عناصر مغذی خواهد داشت (Gholinezhad, 2017; Zulfiqar et al., 2019).

### ۷.۳. منگنز

با توجه نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۴)، مشخص شد که غلظت عنصر منگنز برگ در سطح آماری یک درصد تحت تأثیر رژیم آبیاری، منابع کودی و برهم‌کنش آن‌ها قرار گرفت. برهم‌کنش سطوح آبیاری با منابع کودی نشان داد که با کاهش رطوبت خاک در شرایط آبیاری تکمیلی، غلظت عنصر منگنز ۱۹/۳۵ درصد نسبت به شرایط آبیاری نرمال کاهش پیدا کرد (جدول ۵). کاهش غلظت منگنز برگ در شرایط آبیاری تکمیلی، احتمالاً ناشی از افزایش pH خاک است، که میزان دسترسی گیاه را برای جذب منگنز کاهش خواهد داد (Cole et al., 2016). هم‌چنین در پژوهشی بر روی گیاه ذرت در شرایط تنش خشکی مشخص شد که بین عنصر روی با منگنز برهم‌کنش منفی وجود دارد، به طوری که با افزایش غلظت عنصر روی، میزان جذب عنصر منگنز کاهش پیدا خواهد کرد (Lotfi et al., 2015). بنابراین، یکی از دلایل کاهش غلظت عنصر منگنز در شرایط آبیاری تکمیلی، می‌تواند ناشی از افزایش غلظت عنصر روی در همین شرایط باشد. اما با افزایش شدت تنش کم‌آبی در شرایط دیم، غلظت عنصر منگنز نه تنها کاهش پیدا نکرد، بلکه نسبت به شرایط نرمال آبیاری به میزان ۲۶/۸۹ درصد افزایش نشان داد، به طوری که این افزایش در غلظت عنصر منگنز، می‌تواند ناشی از کاهش غلظت عنصر مس در

القای تنش خشکی، از یک طرف بر میزان دسترسی مواد غذایی تأثیر منفی خواهد گذاشت، که منجر به کاهش وزن خشک گیاه خواهد شد (Askary et al., 2018) و از طرف دیگر با تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن، و واکنش با پروتئین‌ها، لیپیدها و اسیدهای نوکلئیک، باعث نابودی آن‌ها خواهد شد (Khalid et al., 2019). که در نهایت با تأثیر بر دستگاه فتوسنتزی، منجر به کاهش رشد، وزن خشک و عملکرد گیاه خواهد شد (Prinsloo & Nogemane, 2018). هم‌چنین برخی از پژوهش‌گران، کاهش تولید ماده خشک و وزن خشک گیاه را ناشی از اختصاص بیش‌تر کربن تثبیت شده حاصل از فرایند فتوسنتز به تولید متابولیت‌های ثانویه، به‌منظور مقابله با اکسیداسیون حاصل از تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌دانند (Selmar et al., 2017; Askary et al., 2018).

در این راستا، مصرف کود نانو در شرایط آبیاری تکمیلی، منجر به بهبود وزن خشک کل (۳۰۵/۰۴۶ گرم بر مترمربع) در این شرایط شد (جدول ۵). به‌طوری‌که این بهبود می‌تواند ناشی از بهبود غلظت عناصر پتاسیم، روی و منگنز باشد. تنظیم فشار اسمزی و حفظ تعادل کاتیون-آنیون به‌منظور تنظیم حرکات روزنه‌ای، از مهم‌ترین نقش عنصر پتاسیم برای مقابله با تنش ناشی از کمبود آب می‌باشد. هم‌چنین با دخالت در فعال‌سازی برخی آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز و بیوسنتز پروتئین‌ها و نشاسته می‌تواند رشد و عملکرد گیاه را بهبود بخشد (Mahdavi Khorami et al., 2020). حفاظت از پروتئین‌ها و لیپیدهای غشایی در مقابل رادیکال‌های آزاد اکسیژن (Babaeian et al., 2011)، و هم‌چنین دخالت در بیوسنتز هورمون اکسین ناشی از حضور روی (Farsi et al., 2017) و مشارکت عنصر منگنز در ساختمان کلروفیل (Babaeian et al., 2011) از عوامل مؤثر بر افزایش وزن خشک در این شرایط خواهد بود.

شرایط دیم (جدول ۵)، احتمالاً به‌دلیل داشتن سیستم جذب و انتقال یکسان باشد (Lotfi et al., 2015).

یکی دیگر از عناصر کم‌مصرفی که حضور آن در گیاه ضروری می‌باشد، عنصر منگنز است. زیرا این عنصر در گیاه نقش‌های متعددی ایفا می‌کند، که می‌توان به تشکیل و پایداری کلروپلاست (Zahedi & Alipour, 2018) به‌منظور حفاظت سطح بیرونی غشای تیلاکوئید در ساختمان کلروپلاست (Attarzadeh et al., 2016) و تولید فلاونوئیدها اشاره کرد (Kheiry et al., 2017). با توجه به اهمیت حضور منگنز در برخی فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان، مصرف کودهای نانو، تلفیق کود نانو با ورمی‌کمپوست و تلفیق کود شیمیایی با ورمی‌کمپوست در شرایط دیم، کود نانو در شرایط آبیاری تکمیلی و مصرف تلفیقی کود نانو با ورمی‌کمپوست در شرایط آبیاری نرمال، منجر به بهبود غلظت عنصر منگنز در برگ‌های گیاه آویشن دناپی شد (جدول ۵). به‌طوری‌که این بهبود می‌تواند ناشی از ویژگی اندازه ذرات کود نانو (Gholinezhad, 2017; Zulfiqar et al., 2019) و برخی ویژگی‌های کود ورمی‌کمپوست (Amiri et al., 2017; Kiran et al., 2019; Heidarpour et al., 2019) در مرتفع‌کردن کمبود عناصر مغذی برای گیاهان باشد.

### ۳.۸. وزن خشک کل

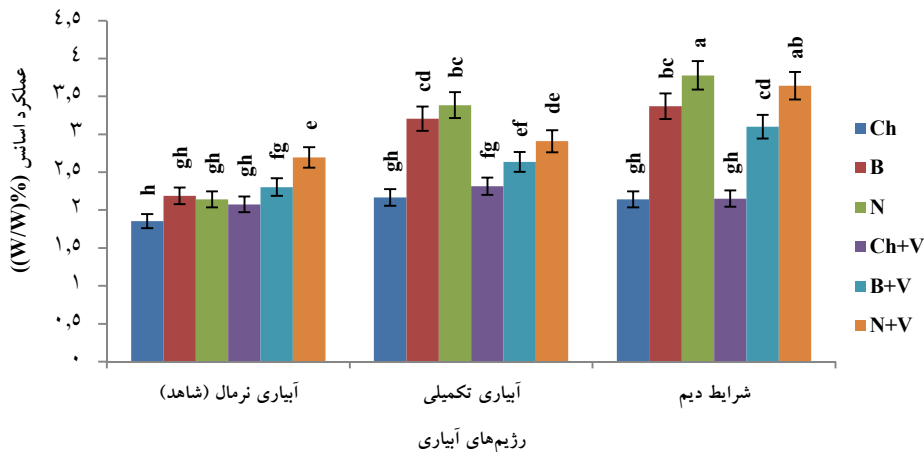
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که وزن خشک آویشن دناپی به لحاظ آماری در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر رژیم آبیاری، منابع کودی و برهم‌کنش آن‌ها قرار گرفت (جدول ۴). برهم‌کنش مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با کاهش رطوبت خاک و افزایش سطح تنش خشکی در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم، وزن خشک کل به‌ترتیب ۳۳/۲۲ و ۵۶/۱۴ درصد نسبت به شرایط آبیاری نرمال کاهش پیدا کرد (جدول ۵). شرایط کمبود آب و

### ۳.۹. عملکرد اسانس

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که رژیم آبیاری، منابع کودی و برهم‌کنش آن‌ها به لحاظ آماری بر عملکرد اسانس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین برهم‌کنش داده‌ها نشان داد که با کاهش رطوبت خاک و افزایش سطح تنش خشکی در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم، عملکرد اسانس به ترتیب ۲۵/۳۲ و ۳۷/۱۱ درصد نسبت به شرایط نرمال آبیاری افزایش پیدا کرد (شکل ۳).

گیاهان، به‌ویژه گیاهان دارویی در شرایط کمبود آب، از استراتژی تخصیص بیش‌تر کربن تثبیت‌شده حاصل از فرایندهای فتوسنتزی به‌منظور تولید و بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه، ترکیبات فنلی و محتوای اسانس استفاده خواهند کرد، تا بتوانند از طریق آن، از اکسیداسیون سلولی به‌واسطه پاکسازی رادیکال‌های آزاد اکسیژن جلوگیری کنند، و در نهایت میزان تحمل به شرایط نامساعد کم‌آبی را ارتقا دهند ( Selmar et al., 2017)، که در نتایج ما، این قضیه مشخص شده است.

نتایج نشان داد (جدول ۵)، مصرف کود زیستی، نانو و تلفیق کود نانو با ورمی‌کمپوست، موجب بهبود وزن خشک کل گیاه در شرایط دیم شد. افزایش وزن خشک کل گیاه در شرایط دیم، احتمالاً ناشی از تولید و افزایش فیتوهورمون‌های محرک رشد گیاهی مانند ایندول‌استیک‌اسید (IAA)، جیبرلین‌اسید (GA) و سیتوکینین به‌هنگام کاربرد کود زیستی خواهد بود، که ممکن است با تحریک تکثیر ریشه‌ها به‌منظور جذب مواد مغذی ( Dadkhah, 2012; Lenin & Jayanthi, 2012; Meena & Busi, 2019)، در طول دوره رشد، به‌طوری‌که گیاه با کمبود مواد مغذی مواجه نشود (Seyed Sharifi & Namvar, 2015)، منجر به افزایش وزن خشک گیاه در این شرایط شود. هم‌چنین بهبود غلظت عناصر فسفر، روی و منگنز با کاربرد کود نانو، و بهبود عناصر روی و منگنز با کاربرد تلفیقی کود نانو با ورمی‌کمپوست می‌تواند از عوامل مؤثر بر افزایش وزن خشک کل در این شرایط باشد.



شکل ۳. نمودار برهم‌کنش رژیم‌های آبیاری و منابع کودی عملکرد اسانس. حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون LSD می‌باشد. منابع کودی: کود شیمیایی کامل (Ch)، کود زیستی (B)، نانو کود کامل (N) و ورمی‌کمپوست (V).

اهداف کشاورزی پایدار و هم‌چنین کشت گیاه دارویی آویشن دناپی با نیاز آبی کم در جهت کمک به کاهش میزان مصرف آب و روند بهبود احیای دریاچه ارومیه، می‌توان کاربرد کود نانو در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی و کاربرد تلفیقی کود نانو با ورمی‌کمپوست در شرایط آبیاری نرمال را پیشنهاد داد.

#### ۵. تشکر و قدردانی

از کارشناس محترم آزمایشگاه گروه تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه ارومیه جناب آقای ناصر وکیلی و هم‌چنین گروه زراعت و گیاهان دارویی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان به‌خاطر کمک و مساعدت در پیشبرد این پژوهش، تقدیر و تشکر می‌گردد.

#### ۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

#### ۷. منابع

- Abbaszadeh, B., & Zakerian, F. (2016). Elements uptake in Balm (*Melissa officinalis* L.) under the effect of mycorrhiza and Piriformospora indica and vermicompost. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 32(1), 47-59. (In Persian)
- Abdollahi Arpanahi, A., & Feizian, M. (2019). Variation in the Essential Oil Composition and Morphological Parameters of *Thymus daenensis* Clack. with Two Species of Mycorrhizal Fungi Under Water Deficit Conditions. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 22(3), 675-684.
- Alizadeh, A., Alizadeh, O., Amari, G., & Zare, M. (2013). Essential oil composition, total phenolic content, antioxidant activity and antifungal properties of Iranian *Thymus daenensis* subsp. *daenensis* Celak. as influenced by ontogenetical variation. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 16(1), 59-70.
- Amiri, H., Ismaili, A., & Hosseinzadeh, S.R. (2017). Influence of vermicompost fertilizer and water deficit stress on morpho-physiological features of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Karaj). *Compost Science and Utilization*, 25(3), 152-165.

تغذیه گیاهان با عوامل محیطی از جمله تنش خشکی ارتباط دارد (Askary et al., 2018) و موجب اختلال در جذب و انتقال عناصر غذایی توسط ریشه گیاه (Shafiee Adib et al., 2020) و تولید متابولیت‌های ثانویه خواهد شد، بنابراین تولید نرمال و مطلوب متابولیت‌های ثانویه، نیازمند تغذیه‌ای متوازن و متعادل (Hui et al., 2010) در شرایط‌های مختلف رطوبتی می‌باشد. در این راستا، مصرف کودهای نانو و تلفیق نانو با ورمی‌کمپوست در شرایط دیم، و مصرف کودهای نانو و زیستی در شرایط آبیاری تکمیلی موجب بهبود عملکرد اسانس شده است (شکل ۳)، به‌طوری‌که این افزایش می‌تواند با افزایش محتوای اسانس حاصل از تغذیه عناصر غذایی مرتبط باشد (Emami Bistgani et al., 2018). بنابراین با بهبود غلظت عناصر فسفر، روی و منگنز در شرایط دیم، و هم‌چنین بهبود غلظت عناصر پتاسیم، روی و منگنز در شرایط آبیاری تکمیلی به‌هنگام کاربرد کود نانو، منجر به بهبود و افزایش عملکرد اسانس شده است.

#### ۸. نتیجه‌گیری

ارزیابی غلظت عناصر برگ‌های گیاه آویشن دناپی در شرایط کم آبیاری و کاربرد منابع مختلف کودی، نشان داد که کاربرد کود نانو به‌واسطه بهبود غلظت عناصر فسفر، روی و منگنز در شرایط دیم، و بهبود غلظت عناصر پتاسیم، روی و منگنز در شرایط آبیاری تکمیلی، موجب بهبود عملکرد اسانس برگ‌های آویشن دناپی، به‌عنوان مهم‌ترین هدف حاصل از کشت این گیاه شد. هم‌چنین کاربرد تلفیقی کود نانو با ورمی‌کمپوست در شرایط آبیاری نرمال به‌واسطه بهبود غلظت عناصر مس و منگنز، منجر به بهبود عملکرد اسانس شد. بنابراین به‌منظور افزایش عملکرد اسانس و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی برای دستیابی به

- Asgari Lajaier, H., Savaghebi Firoozabadi, G., Motesharezadeh, B., & Hadian, J. (2016). Evaluation of Trends in Mineral Nutrition Uptake in Balangu (*Lallemantia iberica*) under Different Copper and Zinc Application Rates. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 46(4), 791-799. (In Persian)
- Askary, M., Behdani, M.A., Parsa, S., Mahmoodi, S., & Jamialahmadi, M. (2018). Water stress and manure application affect the quantity and quality of essential oil of *Thymus daenensis* and *Thymus vulgaris*. *Industrial Crops and Products*, 111, 336-344.
- Attarzadeh, M., Rahimi, A., & Torabi, B. (2016). Response of Chlorophyll, Relative Water Content and Protein Percentage of Safflower Leaves to Salinity and Foliar Calcium, Potassium and Magnesium Applications. *Journal of Crop Ecophysiology*, 10(1), 269-282. (In Persian)
- Azizi, K. (2017). Biofertilizers and Drought Stress Effects on Yield and Yield Components of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Journal of Medicinal plants and By-product*, 6(1), 17-25.
- Babaeian, M., Heidari, M., & Ghanbari, A. (2011). Effect of water stress and foliar micronutrient application on physiological characteristics and nutrient uptake in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 12(4), 377-391. (In Persian)
- Bitarafan, N., Gholami, A., Abbas Dokht, H., Baradaran, M., & Khalighi Sigaroodi, F. (2017). Effects of Vermicompost and *Mycorrhizal* Fungi on Growth Characteristics, Essential oil and Yield of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Journal of Agroecology*, 9(1), 102-114. (In Persian)
- British Pharmacopoeia. (1988). HMSO. London (Vol 2). pp: A137-A138.
- Cole, J.C., Smith, M.W., Penn, C.J., Cheary, B.S., & Conaghan, K.J. (2016). Nitrogen, phosphorus, calcium, and magnesium applied individually or as a slow release or controlled release fertilizer increase growth and yield and affect macronutrient and micronutrient concentration and content of field-grown tomato plants. *Scientia Horticulturae*, 211, 420-430.
- Dadkhah, A. (2012). Effect of chemicals and bio-fertilizers on yield, growth parameters and essential oil contents of funnel (*Foeniculum vulgare* Miller.). *Journal of Medicinal Plants and By-products*, 2, 101-105.
- Emami Bistgani, Z., Siadat, S.A., Bakhshandeh, A., Pirbalouti, A.G., Hashemi, M., Maggi, F., & Morshedloo, M.R. (2018). Application of combined fertilizers improves biomass, essential oil yield, aroma profile, and antioxidant properties of *Thymus daenensis* Celak. *Industrial Crops and Products*, 121, 434-440.
- Emami, H. (1996). *Plant Decomposition Methods* (Vol. I). Publications of the Soil and Water Research Institute, No. 982, 128 pp. (In Persian)
- Farsi, M., Abdollahi, F., Salehi, A., & Ghasemi, S. (2017). Study of physiological characteristics of marjoram (*Origanum majorana*), as a medicinal plant in response to zinc levels under drought stress conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 10(4), 559-570. (In Persian)
- Gholinezhad, E. (2017). Effect of Drought Stress and Fe Nano-fertilizer on Seed Yield, Morphological Traits, Essential Oil Percentage and Yield of Dill (*Anethum graveolens* L.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(4), 1006-1017.
- Haj Seyed Hadi, M.R., & Darzi, M.T. (2018). Evaluation of Vermicompost and Nitrogen Biofertilizer Effects on Flowering Shoot Yield, Essential Oil and Mineral Uptake (N, P and K) in Summer Savory (*Satureja hortensis* L.). *Journal of Agroecology*, 9(4), 1149-1167. (In Persian)
- Heidarpour, O., Esmailpour, B., Soltani, A.A., & Khorramdel, S. (2019). Effect of Vermicompost on Essential Oil Composition of (*Satureja hortensis* L.) Under Water Stress Condition. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 22(2), 484-492.
- Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H., & Ismaili, A. (2017). Effect of vermicompost levels on morphologic traits and nutrient concentration of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Pirouz) under water stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 10(4), 531-545. (In Persian)
- Hui, Y.H., Chen, F., Nollet, L.M., Guiné, R.P., Martín-Belloso, O., Mínguez-Mosquera, M.I., Paliyath, G., Pessoa, F.L., Le Quéré, J.L., Sidhu, J.S., Sinha, N., & Stanfield, P. (2010). Handbook of fruit and vegetable flavors. *John Wiley and Sons*, 1095 pp.
- Javan Gholiloo, M., Yarnia, M., Ghorttapeh, A.H., Farahvash, F., & Daneshian, A.M. (2019). Evaluating effects of drought stress and bio-fertilizer on quantitative and qualitative traits of valerian (*valeriana officinalis* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 42(13), 1417-1429.
- Javed, S., & Panwar, A. (2013). Effect of biofertilizer, vermicompost and chemical fertilizer on different biochemical parameters of *Glycine max* and *Vigna mungo*. *Recent Research in Science and Technology*, 5(1), 40-44.
- Khajeeyan, R., Salehi, A., Movahhedi Dehnavi, M., Farajee, H., & Kohanmoo, M.A. (2019). Physiological and Yield responses of *Aloe vera* to biofertilizer under different irrigation regimes. *Agricultural Water Management*, 225, 1-11.

- Khalid, M., Ur-Rahman, S., Bilal, M., & HUANG, D.F. (2019). Role of flavonoids in plant interactions with the environment and against human pathogens-A review. *Journal of integrative agriculture*, 18(1), 211-230.
- Khan, T.A., Mazid, M., & Mohammad, F. (2011). Ascorbic acid: an enigmatic molecule to developmental and environmental stress in plant. *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*, 2(3), 468-483.
- Kheiry, A., Vaisi, M., & Sanikhani, M. (2017). Effect of micro-elements of Fe, Zn and Mn on some characteristics of Borage (*Borago officinalis* L.). *Journal of Plant Ecophysiology*, 9(29), 183-194. (In Persian)
- Kiran, S. (2019). Effects of vermicompost on some morphological, physiological and biochemical parameters of lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*) under drought stress. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(2), 352-358.
- Lenin, G., & Jayanthi, M. (2012). Efficiency of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on enhancement of growth, yield and nutrient content of *Catharanthus roseus*. *International Journal in Research in Pure Applied Microbiology*, 2(4), 37-42.
- Lotfi, A., Baghernejad, M., Karimiyan, N., & Zarei, M. (2015). Effect of arbuscular mycorrhizal fungus and Pseudomonas bacterium on growth characteristics and micro-nutrients uptake of maize under drought stress conditions. *Agricultural Engineering*, 38(1), 1-13. (In Persian)
- Mahdavi Khorami, A., Masoud Sinaki, J., Amini Dehaghi, M., Rezvan, S., & Damavandi, A. (2020). Sesame (*Sesame indicum* L.) biochemical and physiological responses as affected by applying chemical, biological, and nano-fertilizers in field water stress conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 43(3), 456-475.
- Mansoorghanaie Pashaki, K.M., Reza Mohsenabadi, G., Boroumand, H., & Majidian, M. (2016). The effect of the combined chemical, bio and vermicomposting fertilizers on yield and yield components of *Vicia faba* L. *European Online Journal of Natural and Social Sciences*, 5(3), 683-697.
- Mantri, N., Basker, N., Ford, R., Pang, E., & Pardeshi, V. (2013). The role of micro-ribonucleic acids in legumes with a focus on abiotic stress response. *The Plant Genome*, 6(3), 1-14.
- Meena, H., & Busi, S. (2019). Use of microbial biofertilizers technology in agro-environmental sustainability. In *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering*, pp: 199-211. Elsevier.
- Nemati, M., Dahmardeh, M., Khmmari, E., & Nejati, M. (2015). Effect of biofertilizer and manure application on economic yield and quality characteristics of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31(4), 610-625. (In Persian)
- Nourzad, S., Ahmadian, A., & Moghaddam, M. (2015). Proline, Total Chlorophyll, Carbohydrate Amount and Nutrients Uptake in Coriander (*Coriandrum sativum* L.) under Drought Stress and Fertilizers Application. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13(1), 131-139. (In Persian)
- Patil, N.M. (2010). Biofertilizer effect on growth, protein and carbohydrate content in Stevia rebaudiana var Bertoni. *Recent Research in Science and Technology*, 2(10), 42-44.
- Prinsloo, G., & Nogemane, N. (2018). The effects of season and water availability on chemical composition, secondary metabolites and biological activity in plants. *Phytochemistry Reviews*, 17(4), 889-902.
- Rasouli, D., & Fakheri, B. (2016). Effects of drought stress on quantitative and qualitative yield, physiological characteristics and essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *Ocimum americanum* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 32(5), 900-914. (In Persian)
- Rezaei, M., Razmjoo, J., Ehtemam, M.H., Karimmojeni, H., & Zahedi, M. (2019). The interaction between shade and drought affects essential oil quantity and quality of *Vitex agnus-castus* L. leaves and seeds. *Industrial Crops and Products*, 137, 460-467.
- Selmar, D., Kleinwächter, M., Abouzeid, S., Yahyazadeh, M., & Nowak, M. (2017). The impact of drought stress on the quality of spice and medicinal plants. In *Medicinal plants and environmental challenges*, pp. 159-175. Springer, Cham.
- Seyed Sharifi, R., & Namvar, A. (2015). Bio-fertilizers in Agronomy. *University of Mohaghegh Ardabili Publications*, 280pp. (In Persian)
- Shafiee Adib, S., Dehaghi, M.A., Rezazadeh, A., & Naji, A. (2020). Evaluation of sulfur and foliar application of Zn and Fe on yield and biochemical factors of cumin (*Cuminum cyminum* L.) under irrigation regimes. *Journal of Herbmed Pharmacology*, 9(2), 161-170.
- Shokhmgar, M., Baradaran, R., Mosavi, Gh., Poyan, M., & Arazmjoo, E. (2013). Effects of irrigation interval and nitrogen on seed yield and physiological characteristics of Fenugreek (*Trigonella foenum-gracum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 29(3), 527-538. (In Persian)



- Soltani Toolarood, A.A., Ziatabar, S.R., Esmacelpoor, B., Abbaszadeh Dehaji, P., & Khavazi, K. (2015). The effect of bio-fertilizer and organic fertilizer application on some nutrients concentration and growth characteristics of tomato. *Applied soil research*, 2(2), 105-118. (In Persian)
- Tohidi, B., Rahimmalek, M., & Arzani, A. (2017). Essential oil composition, total phenolic, flavonoid contents, and antioxidant activity of *Thymus* species collected from different regions of Iran. *Food Chemistry*, 220, 153-161.
- Torabi, S., & Salekdeh, H. (2013). The Study of Biochemical Mechanisms of Phosphorous Deficiency in the Glycolysis Pathway of Rice. *Crop Biotechnology*, 4, 1-14. (In Persian)
- Zahedi, H., & Alipour, A. (2018). Effect of spraying of iron and manganese nano chelated on yield and yield component of barley (*Hordeum vulgare* L.) under water deficit stress at different growth stages. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 11(4), 847-861. (In Persian)
- Zulfiqar, F., Navarro, M., Ashraf, M., Akram, N.A., & Munné-Bosch, S. (2019). Nanofertilizer use for sustainable agriculture: Advantages and limitations. *Plant Science*, 289, 110270.