نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۰ شماره ۴ / سال ۱۳۹۹ صفحات ۷۲-۵۹

عکس العمل گیاه سنبل الطیب به کاربرد کودهای زیستی تحت تنش خشکی

مینا جوان قلیلو[۱]، مهرداد یارنیا[۲*]، عبداله حسن‌زاده قورت تپه[۳]، فرهاد فرح وش[۲] ، امیرمحمد دانشیان[۴]

تاریخ دریافت ۹۸/۶/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۹/۶/۱

۱- دانشجوی دکتری زراعت، , واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز ، ایران
۲- استاد و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز ، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز ، ایران
۳- استادیار بخش علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه
٤- استادیار، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران
*مسئول مکاتبه: Email: m.yarnia@yahoo.com

چکیده

اهداف: مطالعه به منظور بررسی اثر ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و میکوریزا بر برخی صفات کمی و کیفی گیاه دارویی سنبل الطیب تحت تنش خشکی انجام گردید.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت اسپیلت پلات در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی ارومیه، در سال های زراعی ۹۵-۹٤ و۹٦-۹۵ اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل تنش خشکی در سه سطح آبیاری٦۰، ۹۰، ۱۲۰ میلیمتر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A به عنوان عامل اصلی و تلقیح با کودهای زیستی در هشت سطح شامل: ۱-شاهد (عدم تلقیح)،۲-میکوریزا، ۳-ازتوباکتر، ٤- آزوسپیریلوم، ٥- ترکیب ازتوباکتر و آزوسپیریلوم، ٦- ترکیب ازتوباکتر و میکوریزا، ۷- ترکیب آزوسپریلوم و میکوریزا، ۸- ترکیب ازتوباکتر، میکوریزا و آزوسپیریلوم به عنوان عامل فرعی بودند.

یافته ها: نتایج نشان داد که با افزایش تنش خشکی ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، طول ریشه، حجم ریشه، فسفر و پتاسیم ریشه کاهش و درصد اسید والرنیک افزایش یافت. کاربرد کودهای زیستی موجب افزایش کلیه صفات مورد مطالعه، به جز درصد اسید والرنیک شد.

نتیجه گیری: بر اساس نتایج این مطالعه با کاربرد کود های زیستی می توان اثرات تنش خشکی در گیاه سنبل الطیب را تعدیل و در راستای نیل به اهداف کشاورزی پایدار بکار برد.

واژه های کلیدی: ازتوباکتر، آزوسپیریلوم، گیاهان دارویی، محدودیت آبی، میکوریزا

The Reaction of Valerian to the Application of Bio-Fertilizers under Drought Stress

Mina Javan Gholiloo[1], Mehrdad Yarnia[2*], Abdollah Hassanzadeh Ghorttapeh[3], Farhad Farahvash[2], Amirmohammad Daneshian[4]

Received: September 8, 2019 Accepted: August 22, 2020
1-PhD Student, Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tabriz Branch, Islamic Azad University; Tabriz, Iran.
2- Prof. and Assoc. Prof., of Crop Physiology, Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tabriz Branch, Islamic Azad University; Tabriz, Iran.
3-Assist. Prof. Seed and Plant Improvment Research Dept, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Urmia, Iran.
4-Assist. Prof. of Crop Production, Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture and Animal Science, Shabestar Branch, Islamic Azad University, Shabestar, Iran.
*Corresponding Author Email: m.yarnia@yahoo.com

Abstract

Background and Objective: The goals of study were to recognize the effect of bio-fertilizers on some quantitative and qualitative traits of Valerian under drought stress.

Materials and Methods: The experiment was conducted as split plot based on randomized complete block design with three replicationes at the Research Farm of Urmia during two successive seasons of 2015-2016 and 2016-2017. The test factors included drought stress at three levels of irrigation 60, 90 and 120 mm evaporation from pan class A as the main factor and inoculation with bio fertilizer in eight levels including: 1-control (non-inoculation), 2-mycorrhiza, 3-Azotobacter, 4-Azospirilum, 5- combination of Azotobacter and Azospirilum, 6- combination of Azotobacter and Mycorrhiza, 7- combination of Azosperilum and Mycorrhiza, 8-Azotobacter, Mycorrhiza and Azospirilum as subplots.

Results: The results showed that with increasing drought stress, the plant height, root dry weight, shoot dry weight, root length, root volume, phosphorus and potassium decreased, and the percentage of valeric acid increased. The application of bio-fertilizers increased all studied traits except of the Valernic acid content.

Conclusion: Based on the results of this study, with the application of bio-fertilizers, the effects of drought stress on the valerian can be modulated and it has been used in pursuit of the goals of sustainable agriculture.

Keywords: Azospirillum, Azotobacter, Limited Irrigation, Medicinal Plant, Mycorrhiza

مقدمه

استفاده از گیاهان دارویی قدمتی همپای بشر داشته و برای مدت طولانی یکی از مهمترین ابزارهای انسان برای غلبه بر بیماری ها بوده است. عوارض جانبی فراوان داروهای شیمیایی و ناتوانی پزشکی کلاسیک در درمان برخی بیماری های مزمن از جمله دلایل گرایش مردم به این گیاهان محسوب می شود. در این میان بسیاری از متخصصین علوم پزشکی نیز با ترک غرور

ناشی از انقلاب صنعتی و تفکر درمان همه امراض با مواد شیمیایی تلاش دارند تا از این ذخایر ارزشمند طبیعی برای کمک به بیماران استفاده نمایند. بکارگیری روش های مختلف مدیریت زراعی در جهت بهینه سازی محیط و ظهور توانمندی های بالقوه گیاهان دارویی بسیار مهم می باشد. سنبل الطیب (*Valeriana officinalis*) گیاه دارویی شناخته شده در دنیا و بومی اروپا است. والریان از کلمه لاتین والار به معنای سلامتی مشتق شده است که نشان دهنده خاصیت شفابخشی این گیاه است. ریشه و ریزوم آن به دلیل متابولیت های ثانویه ای که در آنها وجود دارد در صنایع داروسازی استفاده زیادی دارد (شوهت و ویلز ۲۰۰۶). مهمترین ماده مؤثره سنبل الطیب، اسید والرنیک می باشد که از ریشه و ریزوم گیاه استحصال می شود. این گیاه در طب سنتی برای رفع خستگی، اثرات آرامبخش و همچنین درمان تشنج، دردهای عصبی و گرفتگی عضلانی استفاده شده است (درماردروسیان ۲۰۰۱ ; اختراعی و همکاران ۲۰۱۰). خشکی یکی از مهمترین تنش های غیر زنده می باشد که هر ساله خسارت های فراوانی به محصولات زراعی و باغی در جهان و به ویژه ایران که به عنوان کشوری خشک و نیمه خشک محسوب می گردد، وارد می نماید. تنش خشکی عملکرد گیاهان دارویی را با کاهش میزان تابش فعال فتوسنتزی جذب شده کل کانوپی، کاهش کارایی استفاده از تشعشع فعال فتوسنتزی برای تولید ماده خشک جدید و عملکرد دانه با کاهش شاخص برداشت محدود می کند (ارل و داویس ۲۰۰۳). مسالۀ تأمین غذای کافی و دارای کیفیت مناسب برای جمعیت روز افزون جهان از یک سو و مشکلات زیست محیطی ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی، هزینه های تولید و مصرف آنها از دیگر سو، تجدید نظر در روش های افزایش تولید محصولات زراعی را ضروری ساخته است. از این رو کاربرد فرآورده های زیستی برای تغذیه گیاهان زراعی به عنوان راهکاری بنیادین در کشاورزی پایدار مد نظر قرار گرفته است. ازتوباکتر، آزوسپیریلوم، قارچ های میکوریزایی، از جمله کودهای زیستی می باشند که علاوه بر جذب آب و مواد غذایی، رشد گیاه را افزایش داده و مقاومت گیاه را در برابرعوامل زنده و غیر زنده محیطی افزایش می دهند و می توانند نقش کلیدی در حاصلخیزی خاک و حفاظت محیط ایفا کنند (ساراوان کومار و همکاران ۲۰۱۱ ; ایتلیما و همکاران ۲۰۱۸). محققان با بررسی اثر کودهای زیستی بر روی گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) دریافتند که کاربرد این کودها اثرات مثبتی بر روی وزن وزار دانه، وزن خشک گیاه، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد و عملکرد اسانس داشت (عزیزی ۲۰۱۷). بررسی ها نشان داد که اعمال کودهای زیستی نیتروژنه بر روی گیاه شنبلیله موجب بهبود و تسریع در مرحله جوانه زنی و رشد شنبلیله می گردد (ناگاناندا و همکاران۲۰۱۰) همچنین نتایج برخی تحقیقات نشان داد که افزایش حاصلخیزی خاک بوسیله ازتوباکتر و آزوسپیریلوم باعث افزایش و بهبود صفاتی مانند ارتفاع، تعداد شاخه جانبی، تعداد کپسول در بوته و عملکرد دانه گیاه دارویی سیاهدانه شد (سالان ۲۰۰۵). برخی محققان اظهار داشتند میزان تعرق، میزان فتوسنتز و هدایت روزنه ای در گیاهان آمیخته شده با قارچ میکوریزا آربوسکولار بیشتر از گیاهان بدون قارچ بود، همچنین در شرایط تنش آبی پتانسیل آبی گیاهچه های آمیخته شده با قارچ، ۲۱ درصد بیشتر از گیاهچه های بدون قارچ بود (یوسف و همکاران ۲۰۰۴).

در آزمایشی دیگر روی ریحان (*Ocimum basilicum*) گونه های مختلف قارچ میکوریزا باعث افزایش معنی دار ارتفاع ساقه، تعداد و سطح برگ، بیوماس، طول و میزان انشعابات جانبی ریشه در مقایسه با شاهد شد (کوپتا و همکاران ۲۰۰۶). با توجه به اهمیت گیاه دارویی سنبل الطیب و تأثیرات مثبت باکتری های ریزوسفری محرک رشد و قارچ های میکوریزا در تولید گیاهان همچنین اقلیم خشک و نیمه

خشک ایران، تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر کاربرد این گروه از میکروارگانیسم ها بر برخی از صفات گیاه دارویی سنبل الطیب در سطوح مختلف آبیاری انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی (ارومیه) در دو سال زراعی ۹۵-۹٤و ۹٦-۹۵ به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل سه سطح آبیاری (W1)٦۰، (W2)۹۰ و (W3)۱۲۰میلیمتر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A به عنوان عامل اصلی و تلقیح با کودهای زیستی در هشت سطح: ۱- شاهد (F1) (عدم تلقیح)، ۲-میکوریزا: (ریزوفاگوس اینترادیکس) (F2)، ۳-ازتوباکتر کروکوکوم (F3)، ٤-آزوسپیریلوم برازیلنس (F4)، ۵-ترکیب ازتوباکتر و آزوسپیریلوم (F5)، ٦-ترکیب ازتوباکتر و میکوریزا (F6)، ۷-ترکیب آزوسپریلوم و میکوریزا (F8)، ۸- ترکیب ازتوباکتر، میکوریزا و آزوسپریلوم (F8)، به عنوان عامل فرعی بودند. به منظور تولید نشاء، بذرهای تهیه شده در ۲٦ اسفند سال ۱۳۹٤در لیوان های یکبار بار مصرف با ترکیب خاک باغچه، پیت ماس، پرلیت و ماسه کشت و سپس آبیاری روزی یک بار انجام شد. زمین اصلی کشت، در پاییز سال قبل شخم زده شد. کرت های آزمایشی دارای ابعادی ۲ در ۲/۵ متر با ٤ خط کاشت بود. کود های زیستی مورد استفاده از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کرج تهیه شدند. تلقیح با کودهای زیستی شامل آزوسپیریلوم برازیلنس و ازتوباکتر کروکوکوم پیش از انتقال نشاءها به زمین اصلی، از طریق خوابانیدن ریشه نشاءها در مایه تلقیح به مدت ۱۰ دقیقه صورت گرفت همچنین جهت تلقیح خاک از مایه تلقیح قارچ ریزوفاگوس اینترادیکس استفاده گردید (نقدی بادی و همکاران ۲۰۱۲).

برای کلونیزاسیون بهتر گیاه، در تیمارهای میکوریزایی، پس از ایجاد ردیف ها، به ازاء هر مترمربع، حداقل ۱۰۰ گرم قارچ میکوریزا، مورد استفاده قرار گرفت. نشاءهای سنبل الطیب در مرحله ٦ تا ٤ برگی به زمین اصلی انتقال یافت و نشاءهای یکسان در زمین اصلی به روش خطی و فاصله بوته ها روی ردیف ۲۵ سانتیمتر و فاصله دو ردیف ۵۰ سانتیمتر کاشته شد. پس از کاشت گیاه تا قبل از استقرار گیاه آبیاری مطابق نیاز منطقه هر هفت روز یک بار انجام و پس از آن، در ارتفاع ۱۵ سانتیمتر مطابق مقدار تبخیر از تشتک براساس تیمارهای مشخص انجام شد.مقدار آب آبیاری شده برای هر تیمار بر اساس نیاز آبی کامل محاسبه شده گیاه سنبل الطیب بود که توسط نمونه برداری تصادفی از سه قسمت مختلف هر کرت و تعیین درصد وزنی رطوبت خاک حدود ۲٤ ساعت قبل از آبیاری محاسبه و برای تعیین ضریب گیاهی از معادله زیر استفاده شد که در آن ETC و ETO به ترتیب تبخیر-تعرق گیاه و تبخیر-تعرق مرجع هستند.

$$KC = \frac{ETC}{ETO}$$

برداشت در اواخر مهر ماه انجام گرفت. نمونه های گیاهی ریشه از خاک خارج شده و پس از شتشوی کامل ریشه ها به منظور تعیین عملکرد کمی و کیفی در دمای اتاق و دور از نور خشک شدند. صفات اندازه گیری شده در هر دو سال زراعی شامل ارتفاع گیاه، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، طول، قطر و حجم ریشه، میزان فسفر و پتاسیم ریشه بودند. درصد و عملکرد اسید والرنیک در سال دوم زراعی اندازه گیری شد. برای ارزیابی ارتفاع بوته، طول، قطر و حجم ریشه در انتهای فصل رشد ۱۰ بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و صفات در آنها ثبت شدند. برای تعیین غلظت عناصر غذایی از جمله فسفر نمونه های گیاهی با روش هضم توسط اسید سولفوریک، اسید سالیسیک، آب اکسیژنه و سلنیم، عصاره تهیه و فسفر کل به روش رنگ سنجی با دستگاه اسپکتروفتومتر و

مقادیر پتاسیم در دستگاه فلیم فتومتر تعیین شد(امامی ۱۹۹۶). میزان ماده مؤثره والرنیک اسید با دستگاه HPLCاندازه گیری شد. برای این منظور ابتدا ۵ گرم پودر گیاه سنبل الطیب داخل بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری ریخته شد و به آن ۱۰۰ میلی لیتر الکل ۷۰ درصد افزوده شد. جهت حل شدن کامل پودر گیاه و تهیه محلول یکنواخت، مخلوط به دست آمده به وسیله دستگاه شیکر به مدت ۲ هکتار در درجه حرارت اتاق همزده می شود. محلول به دست آمده داخل دستگاه سانتریفوژ قرار گرفته پس از سانتریفوژ، محلول شفاف بالایی به وسیله فیلتر سر سرنگ ۰/٤٥ صاف و به دستگاه مورد استفاده نوع HPLC (مدل Agilent 1200 ، ساخت کشور آمریکا) تزریق شد (اختراعی، ۲۰۱۰). جهت تجزیه و تحلیل داده ها، از نرم افزار آماری SAS (نسخه ۹/۲) برای آنالیز واریانس نتایج هر سال آزمایش استفاده شد و نتایج دو سال آزمایش نیز به صورت تجزیه مرکب داده ها، مورد بررسی قرار گرفت. همچنین برای مقایسه میانگین تیمارها نیز از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد، استفاده شد رسم نمودارها با کمک نرم افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثر متقابل خشکی و کاربرد کودهای زیستی تأثیر معنی داری $P<(0.01)$ بر ارتفاع بوته داشت (جدول ۱) به طوریکه بیشترین و کمترین ارتفاع بوته به ترتیب مربوط به تیمارهای F6W1 (۳۰/۰۷ سانتیمتر) و F1W3 (۲۱/۵۷ سانتیمتر) بود (جدول ۲). تیمارهای F6 و F8 دارای بیشترین ارتفاع نسبت به شاهد در کلیه سطوح آبیاری بودند بدین ترتیب ارتفاع بوته در آبیاری پس از ٦۰ میلیمتر تبخیر در تیمارهای F6 و F8 نسبت به شاهد به ترتیب ۱۷/۷٤ و ۱۵/۱۱ درصد افزایش داشته است همچنین کاربرد ترکیب کودهای زیستی در شرایط ۹۰ و ۱۲۰ میلی متر تبخیر در تیمارهای F6 و F8 نه تنها از کاهش ارتفاع بوته ممانعت نمود بلکه به ترتیب منجر به افزایش ۱۵/٤۲ و ۱۵/٤٦ درصدی در آبیاری پس از ۹۰ میلی متر تبخیر و۲٦/٦۳ و ۲٤/۱۵ درصدی در آبیاری پس از ۱۲۰ میلی متر تبخیر نسبت به شاهد شده است. با توجه به این واقعیت که جیبرلین ها در رشد طولی سلولها به ویژه میانگره های ساقه و اکسین و سایتوکنین ها در تقسیم سلولی نقش دارند، لذا کودهای زیستی مورد استفاده با تولید هورمون های مزبور احتمالاً سبب افزایش ارتفاع بوته گردیدند. با توجه به نتایج بدست آمده از این آزمایش، می توان چنین استنباط کرد که کودهای زیستی سبب رشد طولی بیشتر گیاه سنبل الطیب گردید و در واقع می توان به نقش مفید کودهای زیستی، در افزایش رشد و نمو و در نتیجه ارتفاع بوته در سنبل الطیب پی برد. نتایج تحقیقات بر روی گیاه دارویی مریم گلی (*Salvia officinalis* L) حاکی از آن بود که استفاده از کود بیولوژیک حاوی آزوسپیریلوم و ازتوباکتر، سبب افزایش ارتفاع بوته و وزن تر و خشک اندام های هوایی گیاه در چین های اول و دوم در طی دو فصل گردید (یوسف و همکاران، ۲۰۰٤). محققان در بررسی اثر گونه های مختلف قارچ میکوریزا آربوسکولار بر رشد گیاه دارویی صبر زرد گزارش نمودند که ارتفاع بوته، تعداد شاخه، زیست توده گیاه در گیاهان تحت تیمار قارچ مایکوریزا نسبت به شاهد افزایش یافت (سایلو و باگیاراج ۲۰۰۵) همچنین بر اساس گزارشات ضرابی و همکاران (۲۰۱۷) استفاده از کود زیستی ورمی کمپوست بر فاکتورهای مورفولوژیکی و درصد اسانس بادرنجبویه اثر معنی دار داشت

وزن خشک اندام هوایی

تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثر متقابل تیمارهای تنش خشکی و مصرف کود بر وزن

خشک اندام هوایی معنی دار ($P<(0.01)$) شد (جدول۱) . مقایسه میانگین دادها نشان داد که بیشترین عملکرد وزن خشک اندام هوایی از اثر متقابل کود و تنش خشکی مربوط به تیمار F6W1 (۳۹/۳۵ گرم در متر مربع) و کمترین مقدار از تیمار F1W3 (۱۷/۳۰ گرم در متر مربع) به دست آمد (جدول ۲). تیمارهای F6 و F8 دارای بیشترین وزن خشک اندام هوایی نسبت به شاهد در کلیه سطوح آبیاری بودند بدین ترتیب وزن خشک اندام هوایی در آبیاری پس از ٦٠ میلیمتر تبخیر در تیمارهای F6 و F8 نسبت به شاهد به ترتیب ٦١/٢٥ و ٥٩/٣٤ درصد افزایش داشته است همچنین کاربرد ترکیب کودهای زیستی در شرایط ۹۰ و ۱۲۰ میلی متر تبخیر در تیمارهای F6 و F8 به ترتیب منجر به افزایش ۳۹ و ۳۸/۰۷ درصدی در آبیاری پس از ۹۰ میلی متر تبخیر و ٥٤/٨٢ و ٤٨/٥٣ درصدی در آبیاری پس از ۱۲۰ میلی متر تبخیر نسبت به شاهد شده است.

تلقیح با کود های زیستی در افزایش شاخص های رویشی گیاه در شرایط تنش خشکی مؤثر بود. براساس نتایج به دست آمده در این آزمایش می توان بیان کرد که هر چند با کاهش میزان آب مصرفی و به تبع آن بروز تنش خشکی از عملکرد ماده خشک در گیاه کاسته می شود، اما با بکارگیری کود زیستی به ویژه در سطوح بالای تنش خشکی می توان تا حدی از بروز اثرات سوء تنش بر عملکرد تولیدی این گیاه کاست که این مسأله را می توان به تأثیر مثبت کودهای زیستی در بهبود شرایط تغذیه ای گیاهان در شرایط تنش در نظر گرفت.

کودهای زیستی با افزایش جذب نیتروژن و افزایش کارآیی این عنصر در فرآیند فتوسنتز و تولید سطح سبز، نقش به سزایی ایفا می نمایند که افزایش رشد را به دنبال خواهند داشت. همچنین کودهای زیستی از طریق تولید ترشحات حل کننده و کاهش اسیدیته، عناصر مختلف غذایی را به صورت محلول در اختیار گیاه قرار می دهند (هان و لی ۲۰۰٦، کادر ۲۰۰۲ باکتری های موجود در کود زیستی علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل کردن جذب عناصر اصلی پر مصرف و کم مصرف مورد نیاز گیاه با ساخت و ترشح مواد محرک رشد گیاه و همچنین ترشح اسیدهای آمینه مختلف و انواع آنتی بیوتیک ها موجب رشد و توسعه ریشه و اندام هوایی می شوند (گوتریز مانر ۲۰۰۱ ; هان و لی ۲۰۰٦). نتایج مطالعات نشان داد که تلقیح با قارچ میکوریزا موجب بهبود وزن خشک اندام های هوایی زوفا برابر با ۱۹ درصد (*Hyssopus officinalis* L.) شد (شباهنگ و همکاران ۲۰۱۳) همچنین نتایج بررسی ها نشان داد که کاربرد تلفیقی قارچ میکوریزا با باکتری های آزوسپیریلوم و باسیلوس باعث افزایش میزان بیوماس تولیدی در گونه های گیاه دارویی علف لیمو (*Cymbopogon martini*) گردید (راتی و همکاران ۲۰۰۱).

وزن خشک ریشه

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثر متقابل کاربرد کود زیستی و تنش خشکی بر وزن خشک ریشه معنی دار ($P<(0.01)$) شد (جدول ۱) به طوریکه بر اساس نتایج مقایسات میانگین بیشترین میزان عملکرد وزن خشک ریشه مربوط به تیمار F6W1 (٤٢/٧٣ گرم در متر مربع) و کمترین مقدار مربوط به تیمار F1W3 (۱۷/۳۰ گرم در متر مربع) به دست آمد (جدول ۲). تیمارهای F6 و F8 دارای بیشترین وزن خشک ریشه نسبت به شاهد در کلیه سطوح آبیاری بودند بدین ترتیب وزن خشک ریشه در آبیاری پس از ٦٠ میلیمتر تبخیر در تیمارهای F6 و F8 نسبت به شاهد به ترتیب ١٠٠/١٤ و ٨٨/٣٩ درصد افزایش داشته است همچنین کاربرد ترکیب کودهای زیستی در شرایط ۹۰ و ۱۲۰ میلی متر تبخیر، در تیمارهای F6 و F8 به ترتیب منجر به افزایش ٨٦/٧٨ و ٧٩/٢٦ درصدی در آبیاری پس از ۹۰ میلی متر تبخیر ٨٠/١٩ و ٧٤/٣٢ درصدی در آبیاری پس از ۱۲۰

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس مرکب دو ساله برخی صفات کمی و کیفی سنبل الطیب در شرایط رژیم آبیاری و کود زیستی

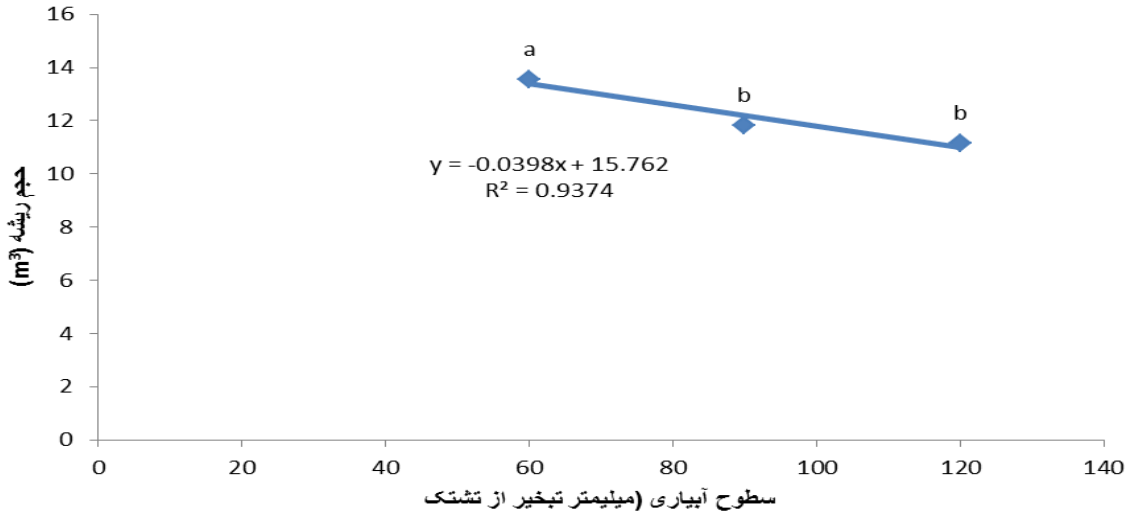
		میانگین مربعات							
منبع تغییر	df	ارتفاع	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	طول ریشه	قطر ریشه	حجم ریشه	فسفر ریشه	پتاسیم ریشه
سال	۱	۲٤/۳٥**	۹۳۷۲/۸۲ ^{ns}	۱٦۱٦/۹۷^{ns}	۱۲۰۰/٤٤**	۰/۰۳۸^{ns}	۲٥۱۸/۱۸**	۰/٤٤ **	٥/٤۲
خطای سال	٤	۰/۷۸	۱۰۷۳٤/۲٦	٥۷۰۱/٥٥	۳/۰۸٤	۰/۰۱٤	۲/۰٦۹	۰/۲۰	۰/۲۰
رژیم آبیاری (W)	۲	۸٥/۱۹**	۱٥۳۲۸۲/۲۹**	٤٦٦۹٦/۱۰**	۱۹۸/٥۰**	۰/۰۰۷ ^{ns}	۷۳/۰٤**	۰/۳۷**	۰/٤۷**
رژیم آبیاری * سال	۲	۷/۷٥*	۳٥۰/۱۱ ^{ns}	۱٤٤/۷۰**	٦۹/٤٦ **	۰/۰۰۷ ^{ns}	۱۹/٤۸**	۰/۰۲**	۰/٥۹**
خطای آبیاری	۸	۱/۱۷	۲۰۳۳٥/۸٦	۲۲۲/۰٥	۲/۲۲۹	۰/۰۱٤	۱/۲۳	۰/۰۲	۰/۰۷
کود (F)	۷	۳٤/۹٤**	۲۰٥۸۳/۸۸**	٥۲٤۳٤/٥۳**	٦۸/٥٦**	۰/۰۰۰۸ ^{ns}	۳۹/۹٥ **	۰/۹٦**	٥/۸۹ **
سال * کود	۷	۰/۷٦**	٤۸۳/۸۱*	٥۹۹/٦۹**	۳/۹۸**	۰/۰۰۲ ^{ns}	۲/۳٦**	۰/۰۰٥**	۰/۱۷ **
رژیم آبیاری *کود	۱٤	۱/۱۳**	۹۱۱/۱۸ **	۲۱۱۸/۸۰**	۱/۷۲ **	۰/۰۰۱ ^{ns}	۱/۱٥ ^{ns}	۰/۰٤ **	۰/۲۳**
کود*رژیم آبیاری * سال	۱٤	۰/۳۹ ^{ns}	۲۱۲/۷۲ ^{ns}	۱۹۹/۲۰^{ns}	۱/۲٤**	۰/۰۰۱^{ns}	۰/٤۲ ^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}
خطای آزمایش	۸٤	۰/۳۷	۱۷٦/٤۹	۳٦۱/٦۱	۰/٤٥	۰/۰۰۳	۰/٦٥	۰/۰۰٥	۰/۰۳
ضریب تغییرات (%)		۲/۳۲	٤/۷۹	٦/٦۸	٤/۱۳	۳/۳٥	٦/٦٦	۹/٥۹	۳/۳۰

^{ns} و * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار، معنی دار در سطح احتمال 5% و1% می باشد.

میلی‌متر تبخیر نسبت به شاهد شده است محققان در گیاه دارویی بشقابی *(Scutellaria integrifolia L.)* گزارش نمودند که تلقیح ریشه این گیاه با میکوریزا در افزایش رشد و تکثیر گیاه خصوصاً رشد ریشه مؤثر بوده است (جوشی و همکاران ۲۰۰۷) همچنین محققان افزایش در وزن ریشه گیاه مرزنجوش در نتیجه تیمارهای باکتریایی را به افزایش ریشه های جانبی، سطح جذب ریشه و پتانسیل جذب مواد غذایی نسبت دادند (بانچیو و همکاران ۲۰۰۸) و افزایش وزن خشک رازیانه توسط باکتری های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم را نتیجه نقش آنها در تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و نیز تولید مواد تسریع کننده رشد مانند اکسین و جیبرلین بیان کرده اند (محفوظ و شرف الدین ۲۰۰۷).

طول ، قطر و حجم ریشه

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثر متقابل سطوح تنش خشکی و تیمارهای کودی بر طول ریشه معنی دار ($P<(0.01)$ شد (جدول ۱) به طوریکه بر اساس نتایج مقایسات میانگین بیشترین طول ریشه مربوط به تیمار F6W1 (۲۱/۷۷ سانتیمتر) و کمترین میزان مربوط به تیمار F1W3 (۱۰/۵۷ سانتیمتر) به دست آمد همچنین اثرات اصلی سطوح تنش و تیمارهای کودی بر حجم ریشه معنی دار شد. با افزایش تنش از W1 (۱۳/۵۵ متر مکعب) به W3 (۱۱/۱٦ مترمکعب) حجم ریشه کاهش یافت. در بین تیمار های کودی بیشترین و کمترین میزان حجم ریشه به ترتیب مربوط به تیمارهای F6 (۱٤/۳۰ مترمکعب) و F1 (۹/۵۲ مترمکعب) بود. اثر سطوح مختلف تنش خشکی و کاربرد کودهای زیستی بر قطر ریشه معنی دار نشد. کاهش آب در دسترس به دنبال آبیاری از ٦۰ به ۱۲۰ میلی متر تبخیر از تشتک باعث کاهش معنی دار حجم ریشه شد. میزان کاهش از آبیاری پس از ٦۰ به ۹۰ و ۱۲۰ میلی متر تبخیر از تشتک به ترتیب برابر با ۱٤/۹۸ و ۱۷/٦۳درصد بود. بر اساس مدل رگرسیونی ساده به ازای هر میلی متر تاخیر در آبیاری، ۰/۰۳۹۸ واحد از حجم ریشه کاسته شد (شکل ۱).



شکل ۱- اثر سطوح تنش خشکی بر حجم ریشه سنبل الطیب

استفاده از کلیه تیمارهای کودی باعث افزایش معنی دار حجم ریشه نسبت به عدم مصرف کودها گردید. میزان افزایش در F8, F7, F6, F5, F4, F3 ,F2 به ترتیب ۲٤/۷٤، ۱۸/۰۷، ۱۷/۷۸، ۱۸/۸٤، ۳۳/٤۲، ۲۱/۵۱، ۳۱/۳٦ درصد بود (شکل ۲).

با افزایش شدت تنش، فتوسنتز برگ کاهش یافته و احتیاجات قندی برای تنظیم اسمزی سلول افزایش می یابد در نتیجه دسترسی به مواد فتوسنتزی کاهش یافته و رشد ریشه به طور اجتناب ناپذیری متوقف می شود بنابراین در شرایطی که تنش خشکی بر گیاه غلبه می کند رشد و نمو ریشه نسبت به شرایط فراهمی رطوبت کاهش می یابد (میشل و همکاران ۲۰۰۹). محققان با بررسی تأثیر آزوسپیریلوم بر میزان رشد و عملکرد گیاهچه های موز دریافتند که تلقیح با این باکتری موجب افزایش حجم ریشه، طول ریشه و همچنین افزایش تشکیل ریشه های مویین شد (بایستمیا و همکاران ۲۰۱۰). بررسی ها نشان داد که کاربرد هم زمان باکتری ازتوباکتر و قارچ میکوریزا اثرات مثبت و سینرژیستی روی گیاه گندم داشت و دلایل آن را تأثیر ازتوباکتر در افزایش رشد ریشه های مویی دانستند (بهل و همکاران ۲۰۰۳) همچنین همزیستی میکوریزی از اثرات مخرب تنش خشکی روی پایه های نارنج و رافلمون کاست (حیدریان پور ۲۰۱۷).

محتوای فسفر و پتاسیم ریشه

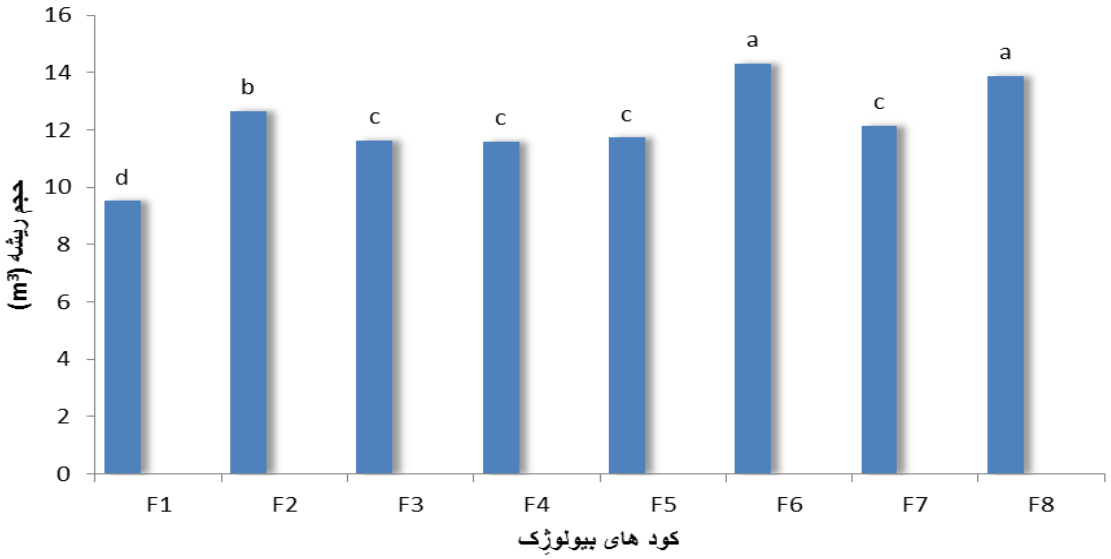
نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثر متقابل سطوح تنش خشکی و مصرف انواع کود بر میزان جذب فسفر و پتاسیم ریشه توسط گیاه سنبل الطیب معنی دار ($P<0.01$) بود (جدول ۱). بر اساس نتایج مقایسات میانگین بیشترین و کمترین میزان فسفر زیشه به ترتیب مربوط به تیمارهای F6W1 (۱/۲۲) و F1W3 (۰/۳۲ درصد) بود همچنین بیشترین و کمترین میزان پتاسیم ریشه به ترتیب از تیمار F6W1 (٦/۵۰ درصد) و F1W3 (٤/۳٤ درصد) به دست آمد (جدول ۲). یکی از مهم ترین مکانیسم ها، تأثیر میکوریزا بر جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک است (عبدالحافظ و عبدالمنصف ۲۰۰٦) به طور کلی تحرک فسفر در خاک کم می باشد و زمانیکه تنش خشکی ایجاد می شود، از تحرک این عنصر بیشتر کاسته شده و سرعت انتشار آن در خاک محدود می-شود.

جدول ۲ - مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و کود زیستی بر برخی صفات کمی و کیفی سنبل الطیب (مرکب)

خشکی تنش ٪	کود زیستی (m^3)	ارتفاع بوته (cm)	وزن خشک اندام هوایی (./m^2)	وزن خشک ریشه($g.m^2$)	طول ریشه (cm)	فسفر ریشه ٪	پتاسیم ریشه ٪
	F1	۲۵/۵٤ ij	۲۲/٤۰ ji	۲۱/۳۵ i	۱٤/۲۵ j	۰/۵۰ fg	۵/۲۵ e
	F2	۲۷/۸۸bc	۳٤/۳۲bc	۳۳/۳۹cd	۱/٤٦ bc	۰/۷۸ de	٦/۲٦ b
W1	F3	۲۸/٤۰b	۳٤/۳۰b	۲۷/۷۵ghi	۱۷/۲۳de	۰/٦۱f	۵/۳۹ de
	F4	۲۷/۳۸cdef	۳۱/۳۰cd	۳۳/۲٦jk	۱۷/۲۷de	۰/۸٤cde	۵/۳٤de
	F5	۲٦/۸۵defg	۳۳/۰۷bc	۲۹/٦۷efg	۱۸/۱۸dc	۰/۸٦cde	۵/۳۷de
	F6	۳۰/۰۷a	۳۹/۳۵a	٤۲/۷۳a	۲۱/۷۷a	۱/۲۲a	٦/۵۰a
	F7	۲۷/٦۷	۳٤/۲٦b	۳۳/۸۹c	۱۹/۳۵b	۰/۸۷cde	٦/۳۳b
	F8	۲۹/٤۰	۳۸/۸۸a	٤۰/۲b	۲۱/٤۳a	۱/۱۱b	٦/٤٦ab
	F1	۲۳/۸٦k	۲۱/۹۸jk	۱۸/۵۹n	۱۲/۳۸l	۰/٤۱gh	٤/۵٤g
	F2	۲٦/٤۱	۲۸/۵۲efg	۲۸/۷٤fgh	۱٦/۱۱f	۰/۷۸de	۵/٦۱d
	F3	۲٦/۷۱efgh	۲۷/۷۵gh	۲٦/۳۱hij	۱۵/٤۹fg	۰/۵۳f	٤/۸۹f
W2	F4	۲٦/٦۹efgh	۲۷/۲۰gh	۲٤/٦٤jk	۱۵/۹٤f	۰/۵۵f	٤/۹۱f
	F5	۲۵/۹٦hi	۲۸/۲۷fg	۲٦/۰۲ijk	۱٦/۱۲f	۰/۵۷f	٤/۹۵f
	F6	۲۷/۵٤cde	۳۰/۷۲de	۳٤/۷۳c	۱۸/۰۳dc	۱/۱۷ab	٦/٦۵a
	F7	۲٦/۵۰fgh	۲۸/۲۹fg	۲٦/۳۹hij	۱٦/۳۳ef	۰/۸۸cd	۵/۹۰c
	F8	۲۷/۵۵cde	۳۰/۳۵def	۳۳/۳۳cd	۱۷/۰٦cd	۱/۱۰b	٦/۲۵b
	F1	۲۱/۵۷i	۱۷/۳۰l	۱۷/۳۰n	۱۰/۵۷j	۰/۳۲h	٤/۳٤h
	F2	۲۵/۱۵ij	۲۱/۱۹hi	۲۷/۲۱hi	۱٤/۵۲gh	۰/۷٦e	۵/۲۸e
	F3	۲۵/۳۲ij	۲۲/٤ji	۲۵/۳۵jk	۱۳/۹٦h	۰/۵۸f	٤/۷۷fg
	F4	۲۵/٤٦ij	۲۰/۸۹k	۲٤/۰۷k	۱٤/۲۸h	۰/۵۷f	٤/۸٤fg
W3	F5	۲۵/۰۲j	۲۲/۰۷jk	۲٦/۱۸jk	۱٤/۷۹gh	۰/۵۷f	٤/۸٦f
	F6	۲۷/۱۰cdefg	۲٦/۷۹gh	۳۱/۱۷de	۱٦/۳۳ef	۰/۹۳c	۵/٦۱d
	F7	۲۵/۵۲ij	۲۲/۷۲kj	۲۵/۸۰jk	۱٤/۹٦gh	۰/۷۷de	۵/۳۹de
	F8	۲٦/۷۸	۲۵/۷hi	۳۰/۱۵ef	۱٦/۳۲ef	۰/۸۷ef	۵/٤۹de

هرستون برای هر تیمار، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد میباشد.

حروف F1، F2، F3، F4، F5 ، F6، F7 و F8 به ترتیب برای تیمارهای شاهد (عدم تلقیح)، تلقیح با میکوریزا، تلقیح با ازتوباکتر، تلقیح با آزوسپیریلوم، تلقیح با تلفیق ازتوباکتر و آزوسپیریلوم، تلقیح با تلفیق میکوریزا و ازتوباکتر، تلقیح با تلفیق میکوریزا و آزوسپیریلوم، تلقیح با تلفیق سه نوع کود میکوریزا، ازتوباکتر و آزوسپیریلوم همچنین حروف W1، W2 و w3 به ترتیب برای تیمارهای خشکی شامل ٦۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلیمتر تبخیر از سطح تشتک تبخیر می باشد.



شکل۲- اثر تیمارهای کودی بر حجم ریشه در سنبل الطیب

حروف F1، F2، F3، F4، F5، F6، F7 و F8 به ترتیب برای تیمارهای شاهد (عدم تلقیح)، تلقیح با میکوریزا، تلقیح با ازتوباکتر، تلقیح با آزوسپیریلوم، تلقیح با تلفیق ازتوباکتر و آزوسپیریلوم، تلقیح با تلفیق میکوریزا و ازتوباکتر، تلقیح با تلفیق میکوریزا و آزوسپیریلوم، تلقیح با تلفیق سه نوع کود میکوریزا، ازتوباکتر و آزوسپیریلوم.

قارچ‌های میکوریزا قادرند با استفاده از گسترش ریسه های خارجی و تغییر مورفولوژی ریشه گیاهان، سطح جذب ریشه و انتقال مواد غذایی به ریشه را افزایش دهند (جیمز و همکاران ۲۰۰۸). احتمالا علت کاهش پتاسیم در شرایط تنش خشکی، کاهش میزان حلالیت پتاسیم و متعاقبا کاهش جذب آن توسط ریشه های گیاه است. از طرف دیگر کلوئیدهای خاک با قدرت بیشتری پتاسیم را جذب می کنند و مانع جذب آن توسط ریشه می شوند. برخی محققان (کوچنبوچ و همکاران ۱۹۸٦ ; مارچنر ۱۹۹۵) دریافتند که کاهش محتوای آب خاک، سبب کاهش جذب پتاسیم توسط ریشه های پیاز شد.

همچنین بررسی ها در گیاه مرزنجوش (ال-گهدبان ۲۰۰۲) و در گیاه دارویی رزماری (عبدالعزیز و همکاران ۲۰۰۷)، در بررسی اثر تلقیح با تثبیت کننده های نیتروژن، افزایش غلظت برخی از عناصر ماکرو در گیاه را ناشی از افزایش سطح جذبی ریشه، افزایش جذب آب و فعالیت فتوسنتزی بیان کردند.

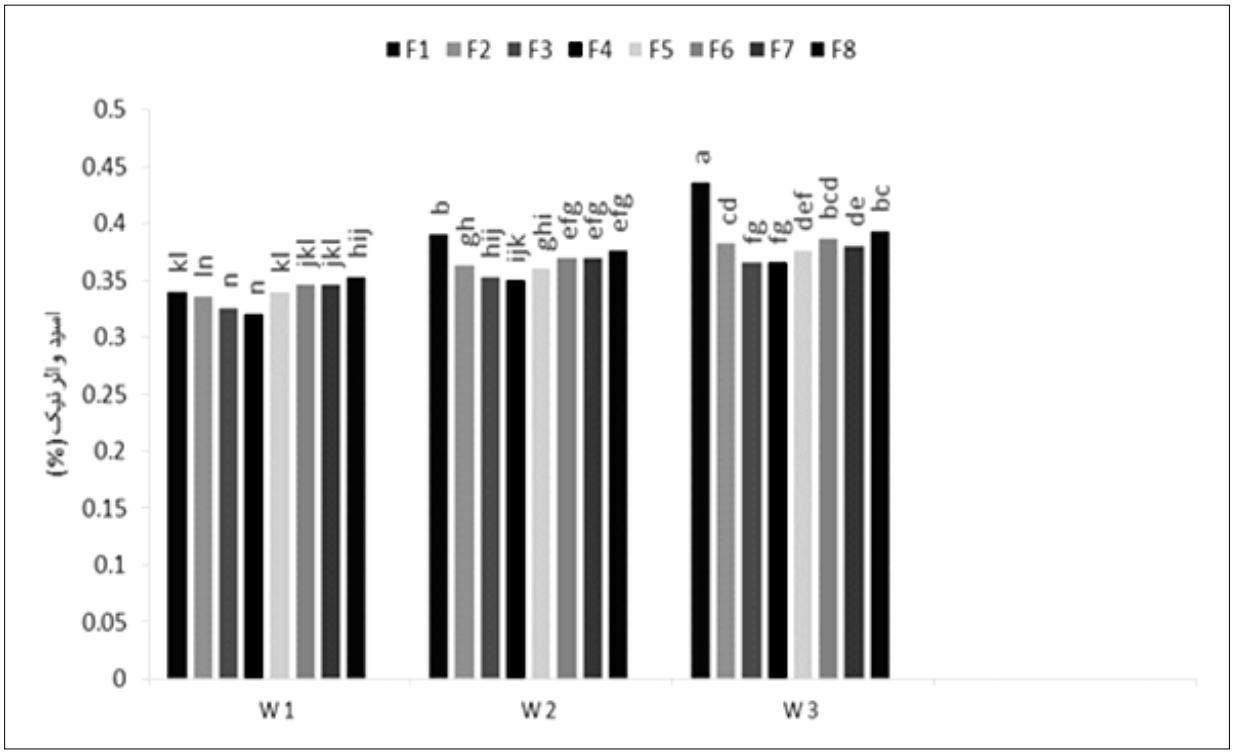
درصد و عملکرد اسید والرنیک

تجزیه واریانس داده ها حاکی از معنی دار بودن اثر متقابل تیمارهای تنش خشکی و $P<(0.01)$ مصرف کود بر درصد و عملکرد اسید والرنیک گیاه سنبل الطیب بود. بر اساس نتایج مقایسات میانگین اثر متقابل، بیشترین و کمترین میزان اسید والرنیک به ترتیب از تیمارهای F1W3 (۰/٤۳ درصد) و F4W1 (۰/۳۲ درصد) به دست آمد (شکل ۳). با افزایش تنش خشکی عملکرد اسید والرنیک کاهش یافت .کاربرد انواع کود زیستی موجب افزایش عملکرد اسید والرنیک نسبت به شاهد گردید به طوریکه بیشترین و کمترین میزان اسید والرنیک از اثر متقابل کود و تنش خشکی به ترتیب مربوط به تیمارهای F6W1 (۱٤۸۸/٤ گرم بر هکتار) و

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس برخی صفات کیفی سنبل الطیب در شرایط تنش خشکی و کود بیولوژیک (سال دوم)

	میانگین مربعات		
منبع تغییر	درجه آزادی	درصد اسید والرنیک	عملکرد اسید والرنیک
بلوک	۲	۰/۰۰۰٤٦ ns	۱٤٦۳/۷۸**
تنش خشکی (W)	۲	۰/۰۱۳۷ **	٦۷۲/۱۷ **
خطای آبیاری	٤	۰/۰۰۰۱۳	۲۰/۷۸
کود (F)	۷	۰/۰۱۸۸ **	۳۲۰٦/۰۱**
تنش خشکی *کود	۱٤	۰/۰۰۳۱ **	۳۲۰٦/۰۱ **
خطای آزمایش	٤۲	۰/۰۰۰۰۳۲	۱۲٦/۲۸
ضریب تغییرات(%)	۱/۵۸	۷/۲۷	

ns و * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و۱٪ می باشد.



شکل ۳- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری تنش خشکی و کود زیستی بر درصد اسید والرنیک سنبل الطیب . حروف F1، F2، F3، F4، F5 ، F6، F7 و F8 به ترتیب برای تیمارهای شاهد (عدم تلقیح)، تلقیح با میکوریزا، تلقیح با ازتوباکتر، تلقیح با آزوسپیریلوم، تلقیح با تلفیق ازتوباکتر و آزوسپیریلوم، تلقیح با تلفیق میکوریزا و ازتوباکتر، تلقیح با تلفیق میکوریزا و آزوسپیریلوم، تلقیح با تلفیق سه نوع کود میکوریزا، ازتوباکتر و آزوسپیریلوم همچنین حروف W1، W2 و W3 به ترتیب برای تیمارهای خشکی شامل ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلیمتر تبخیر از سطح تشتک تبخیر می باشد .

F1W1 (۷٤۸/۸ گرم بر هکتار) بود (شکل ٤). تیمارهای F6 و F8 دارای بیشترین میزان عملکرد اسید والرنیک نسبت به شاهد در کلیه سطوح آبیاری بودند به طوریکه عملکرد اسید والرنیک در آبیاری پس از ٦۰ میلیمتر تبخیر در تیمارهای F6 و F8 نسبت به شاهد به ترتیب ۰/۹۸ و ۰/۹۳ درصد افزایش داشته است همچنین کاربرد ترکیب کودهای زیستی در شرایط ۹۰ و ۱۲۰ میلی متر تبخیر در تیمارهای F6 و F8 نه تنها از کاهش عملکرد اسید والرنیک ممانعت نمود بلکه به ترتیب منجر به افزایش ۰/٦۷ و ۰/٦٦ درصدی در آبیاری پس از ۹۰ میلی متر تبخیر و ۰/۵۳ و ۰/۵٦ درصدی در آبیاری پس از ۱۲۰ میلی متر تبخیر نسبت به شاهد شده است. با تلقیح کود های بیولوژیک درصد اسید والرنیک نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت که این مطلب را می توان با توجه به افزایش وزن خشک ریشه در این تیمارها، این چنین تفسیر کرد که هر چه وزن خشک ریشه بیشتر باشد، نشان دهنده شرایط مطلوب زراعی برای گیاه سنبل الطیب می باشد و از آنجا که اسید والرنیک جزء متابولیتهای ثانویه است و در شرایط تنش افزایش می یابد، میتوان انتظار افزایش درصد اسید والرنیک را در تیمارهای دارای وزن کم خشک ریشه (در شرایط غیرمطلوب زراعی) داشت. اگرچه در تیمارF6W1 (۰/۳٤درصد) اسید والرنیک کمتری را نسبت به تیمار F1W3 (۰/٤۳ درصد) به دست آوردیم لیکن با افزایش عملکرد این مطلب جبران شده و بهترین عملکرد اسید والرنیک در هکتار را در این تیمار داشتیم. نتایج آزمایش ها نشان داد که تلقیح بذر رازیانه با کودهای زیستی باعث افزایش عملکرد اسانس گیاه در مقایسه با شاهد شد. اما تأثیر آن بر درصد اسانس معنی دار نبود (قربانی و همکاران ۲۰۱۳).

نتیجه گیری

بر اساس نتایج به دست آمده در این بررسی استفاده از کودهای زیستی از کاهش شدید صفات فیزیولوژیک و تولید ماده خشک در گیاه سنبل الطیب با افزایش شدت تنش خشکی نسبت به عدم کاربرد این کودها کاست و کاربرد تلفیقی این کودها از کارایی بیشتری نسبت به کاربرد انفرادی آنها نشان داد. با این حال نتایج نشان داد در صورت عدم استفاده از کودهای بیولوژیک وقوع تنش کم آبی منجر به افزایش درصد اسید والرنیک گردید ولی به دلیل تاثیر کودها بر رشد و وزن خشک ریشه بیشترین عملکرد اسید والرنیک در شرایط تنش با کاربرد تلفیقی کودهای زیستی حاصل شد. بدون تردید کاربرد کودهای زیستی علاوه بر اثرات مثبتی که بر کلیه خصوصیات خاک دارد، از جنبه های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی نیز مثمر ثمر واقع شده و می تواند به عنوان جایگزینی مناسب و مطلوب برای کودهای شیمیایی باشد. در حال حاضر نگرش‌های جدیدی که در ارتباط با کشاورزی تحت عنوان کشاورزی پایدار، ارگانیک و بیولوژیک مطرح می باشد، به بهره برداری از چنین منابعی استوار است. با توجه به نتایج این مطالعه، اثرات مثبت استفاده از کودهای زیستی می تواند در راستای نیل به اهداف کشاورزی پایدار مورد استفاده قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

Abdelaziz ME, Pokluda R and Abdelwahab MM. 2007. Influence of compost, microorganisms and NPK fertilizer upon growth, chemical composition and essential oil production of *Rosmarinus officinalis* L. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici cluy, 35: 86-90.

Abdelhafez AA and Abdel-Monsief RA. 2006. Effects of VA mycorrhizal inoculation on growth, yield and nutrient content of cantaloupe and cucumber under different water regimes. Journal of Agriculture and Biological Sciences, 2(6): 503-508.

Azizi KH. 2017. Biofertilizers and Drought Stress Effects on Yield and Yield Components of Fennel ((*Foeniculum vulgare* Mill). Journal of Medicinal Plants and By-products, 1: 17-25.

Banchio E, Bogino PC, Zygadlo J and Giordano W. 2008. Plant growth promoting rhizobacteria improve growth and essential oil yield in *Origanum majorana* L.Biochemistry and Systematic. Ecology, 36:766-771.

Baset Mia MA, Shamsuddin ZH, Wahab Z and Marziah M. 2010. Effect of plant growth promoting rhizobacterial (PGPR) inoculation on growth and nitrogen Incorporation of tissue-cultured Musa plantlets under nitrogen-free hydroponics condition. Australian Journal of Crop Science, 4(2): 85- 90.

Behl RK, Sharma H, Kumar V and Singh KP. 2003. Effect of dual inoculation of VA mycorrhiza and *Azotobacter chroococcum* on above flag leaf characters in wheat. Agronomy and Soil Science, 49: 25–31.

Copetta A, Lingua G and Berta G. 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var. Genovese. Mycorrhiza, 16: 485-494.

Der Marderosian A. 2001. The Review of Natural Product. Fact and comparisons. USA. pp: 609 - 11.

Earl H and Davis RF. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. Agronomy Journal, 95:688-696.

Ekhteraei H, Rajabian T, Ebrahimzade H and Niknam V. 2010. Enhanced Production of Valerinic Acids and Valepotriates by in Vitro Cultures of *Valeriana officinalis* L. International Journal of Plant Production, 4 (3): 209 - 21.

EL-Gahadban EA, Ghallab AM and Abdelwahab AF. 2002. Effect of organic fertilizer (Biogreen) and biofertilization on growth, yield and chemical composition of Marjoram plants growth under newly reclaimed soil conditions. 2nd Congress of Recent Technologies in Agriculture. Cairo University, 28-30 October : 345-359.

Ghorbani P, Paknezhad F, Ascend Nia Q, Mirzaei M, Babai, B. 2013. Effect of biological fertilizers on seed yield, biological yield and essential oil content of fennel under emphasis on minimum tillage in ecological systems: Journal of Agriculture and Plant Breeding, 73-63: 9 (1).

Gutierrez-Manero FJ, Ramos-Solano B, Probanza A, Mehouachi J, Tadeo FR and Talon M. 2001. The plant-growth promoting rhizobacteria Bacillus pumilus and Bacillus licheniformis produce highamounts of physiologically active gibberellins. Physiologia Plantarum. 111: 206-211.

Han HS and Lee KD. 2006. Effect of inoculation with phosphate and potassium co-insolubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant, Soil and Environment, 52: 130-136.

Heidarianpour Z, Shamshiri MH, Ismailizadeh M.2012. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on vegetative growth and uptake of orange and rafflemon phosphorus under drought stress. Plant Production Technology / Volume 17 / Second Edition.

Itelima JU, Bang WJ, Onyimba IA, Sila MD and Egbere OJ. 2018. Bio-fertilizers as key player in enhancing soil fertility and crop productivity: (A Review). Direct Research Journal of Agriculture and Food Science, 6 (3):73-83.

Imami, A. 1996. Methods of Plant Analysis. Technical Journal No. 982. Soil and Water Research Institute.

James B, Rodel D, Lorettu U, Reynaldo E and Tariq H. 2008. Effect of vesicular arboscular mycorrhiza (VAM) fungi inoculation on coppicing ability and drought resistance of Senna Spectabilis. Pakistan Journal of Botany. 40(5):2217-2224.

Joshee N, Mentreddy SR and Yadav K. 2007. Mycorrhizal fungi and growth and development of micropropagated Scutellaria integrifolia plants. Industrial Crops and Products. 25: 169-177.

Kader MA. 2002. Effects of Azotobacter inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Sciences, 2: 259-261

Kuchenbuch R, Claasen N and Jungk A. 1986. Potassium availability in relation to soil moisture, II calculations by means of a mathematical simulation model. Plant and Soil, 95: 233-243.

Mahfouz SA, and Sharaf- Eldin. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare Mill*.). International Agrophysics, 21: 361-366.

Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. London, 549-561.

Michele A, Douglas T and Frank A. 2009. The effects of clipping and soil moisture on leaf and root morphology and root respiration in two temperate and two tropical grasses. Plant Ecology. 200: 205-215.

Nagananda GS, Das A, Bhattacharya S and Kalpana T. 2010. In vitro studies on the effects of biofertilizers (Azotobacter and Rhizobium) on seed germination and development of *Trigonella foenum-graecum* L. using a novel glass marble containing liquid medium. International Journal Botany 6: 394-403.

Naghdi Badi H, Lotfizad M,Qavami N, Mehrafarin A, Khavazi K.2013. Response of quantity and quality yield of valerian (*Valeriana officinalis* L.) to application of phosphorous bio/chemical fertilizers.Journal of Medicinal Plants, 12(46):25-37.

Ratti N, Kumar S, Verma HN and Gautams SP. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to Cymbopogon martini by rhizobacteria, AMF and azospirillum inoculation. Microbiology Research, 156:145-149.

Sailo GL and Bagyaraj DJ. 2005. Influence of different AM-fungi on the growth, nutrition and forskolin content of Coleus forskohlii. Mycological Research, 109: 795-798.

Saravanakumar D, Kavino M, Raguchander T, Subbian P and Samiyappan R. 2011. Plant growth promoting bacteria enhance water stress resistance in green gram plants. Acta Physiol Plant, 33: 203–209.

Shaalan MN. 2005. Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of (*Nigella sativa* L.) plants. Egyptian Journal of Agricultural Research, 83:811-828.

Shabahang J, Khorram Dell, S, Blackbeard, A, Qeshm and Jafari L. 2013. Evaluation of the Effect of Integrated Management of Animal Fertilizer and Mycorrhiza Inoculation on Growth Characteristics, Quantitative Yield and Essential Oil of Hyssopus officinalis L. in Mashhad Climatic Conditions. Agricultural Ecology, 363-353: 6

Shohet D and Wills RBH. 2006. Effect of postharvest handling on valernic acids content of fresh valerian (Valeriana officinalis) root. Journal of the Science of Food and Agriculture, 86 (1): 107-110

Youssef AA, Edris AE and Gomaa AM. 2004. A comparative study between some plant growth regulators and certain growth hormones producing microorganisms on growth and essential oil composition of *Salvia officinalis* L. Plant Annual. Agricultural, Science, 49:299-311.

Zarabi MM, Mafakheri S, Hajivand Sh, Aravone A.2013. The Effect of Nutrition on Biological and Chemical Fertilizer on Quantitative and Qualitative Characteristics of *Melissa officinalis*. Plant Production Technology / Volume 17 (1): 113-124.