نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار

جلد ۳۰ شماره ۳ / سال ۱۳۹۹/ صفحات ۱۸۴-۱۶۹

اثر غلظت‌های مختلف محرک رشدی کیتوپلاس بر خصوصیات موفولوژیکی و اسانس در گیاه نعناع فلفلی تحت تنش کم آبیاری

موسی ترابی گیگلو[1*] ، رسول حیدرنژاد گیگلو[2] ، بهروز اسماعیل پور[3]، رسول آذرمی[3]

تاریخ دریافت: ۹۸/٤/۹ تاریخ پذیرش: ۹۹/۵/۱۹

۱- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲- دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۳- دانشیار، استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

*مسئول مکاتبه : Email: mtorabi@uma.ac.ir

چکیده

اهداف: به منظور ارزیابی تاثیر محرک رشد کیتوپلاس تحت شرایط تنش کم آبیاری، بر عملکرد و خصوصیات مورفولوژیکی و میزان اسانس گیاه دارویی نعناع فلفلی، آزمایشی به صورت فاکتوریل درقالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد.

مواد و روش‌ها: تیمارها شامل ۳ سطح آبیاری (آبیاری در فواصل آبیاری ۷، ١٤ و ۲۱ روز) و سه غلظت تیمارهای کیتوپلاس (صفر، ۵ و ۱۰میلی‌لیتردرلیتر) بود. در طول اجرای آزمایش، محلول پاشی در سه مرحله با فاصله زمانی ۱۵ روز یک‌بار انجام شد و یک هفته بعد از آخرین محلول پاشی، صفاتی مانند شاخص کلروفیل، قطر ساقه اصلی، مقاومت روزنه‌ای، عملکرد اقتصادی و عملکرد بیولوژیک گیاه، میزان اسانس و ترکیبات اسانس برای هر نمونه مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج آزمایش نشان داد که اثرات متقابل تنش کم آبیاری و تیمار محرک رشدی کیتوپلاس بر صفات فیزیولوژِیکی و مورفولوژیکی مورد مطالعه در پژوهش معنی‌داری بود. نتایج حاصل از مقایسه میانگین صفات نشان داد که بیشترین مقدار و درصد اسانس در گیاهان تحت تیمار $10\ ml.l^{-1}$ کیتوپلاس مشاهده شد که این میزان به ترتیب برابر با ۱/۰۱ میلی‌گرم در ۳۰ گرم نمونه خشک و ۳/۳۸ ٪ بود. از طرف دیگر با افزایش تنش آبیاری، طول خوشه گل، وزن خشک بوته، کلروفیل‌کل و هدایت روزنه‌ای در گیاهان به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. تیمار با کیتوپلاس در غلظت $10\ ml.l^{-1}$ تحت شرایط آبیاری درهر ١٤ روز یک‌بار سبب افزایش میزان شاخص کلروفیل، وزن تر و خشک، تعداد گره و میانگره شد.

نتیجه گیری: در بررسی میزان منتول و استرهای منتول در گیاهان تیمارشده و قرار گرفته تحت تنش آبیاری بیشترین میزان منتول (۲۵/۳۱ درصد) در گیاهان تحت تاثیر محرک رشدی کیتوپلاس (درغلظت ۵ میلی‌لیتر) تحت شرایط آبیاری بعد از هر ۷ روز مشاهده شد.

واژه های کلیدی: اسانس، تنش کم آبیاری، کیتوپلاس، محرک رشدی، نعناع فلفلی

Effect of Different Concentrations of Kitoplas Growth Stimulator on Morphological Characteristics and Essential Oil in Peppermint Plant underlow Irrigation stress

Mousa Torabi Giglou*[1]. Rasoul Heydarnajad Giglou[2], Behrouz Esmaeilpour[3], Rasoul Azarmi[3]

Received: June 30, 2019 Accepted: August 9, 2020
1-Assist. Prof., Dept. of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resoursec, University of Mohaghegh Ardebil, Ardabil, Iran.
2- Phd student Dept. of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resoursec, University of Mohaghegh Ardebil, Ardabil, Iran.
3- Assoc. Prof., and Assist. Prof., Dept. of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resoursec, University of Mohaghegh Ardebil, Ardabil, Iran.
*Corresponding Author Email: Email: mtorabi@uma.ac.ir

Abstract

Background and Objective : In order to evaluate the effect of Kitoplas growth stimulus under conditions of low irrigation stress on yield, morphological characteristics, and essential oil content of peppermint herb, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications.

Materials and Methods: Treatments included three levels of irrigation (intervals of 7, 14, and 21 days) and Kitoplas (0, 5, and 10 milliliters per liter).During the experiment, the spray was performed in three steps with a time interval of 15 days. One week after the last spraying, traits such as chlorophyll index, main stem diameter, stomatal resistance, the biological and economic yield of the plant, essential oil content, and percent were evaluated for each sample.

Results: The results of the experiment showed that the interaction of water stress and growth stimulation treatment of Kitoplas on the physiological and morphological traits studied in the present study had a significant effect. The results of traits mean comparison showed that the highest amount and percentage of essential oil was observed in plants treated with 10 $ml.L^{-1}$ of Kitoplas, which was 1.01 mg per 30 g of samples and 3.38%, respectively. On the other hand, with increasing water stress, flower spike length, plant dry weight, total chlorophyll, and stomatal conduction decreased significantly. Treatment with a 10 $ml.l^{-1}$ Kitoplas growth stimulus under the terms of irrigation every 14 days, increased total chlorophyll index, fresh and dry weight, the number of nodes, and internodes.

Conclusion: in the study of menthol and menthol esters in treated and irrigated plants, the highest amount of menthol (25.31%) was observed in plants under the interaction of Kitoplas growth stimulus ether (5 ml) Under irrigation conditions, it was observed after every 7 days.

Keywords: Essential Oil, Growth Stimulus, Kitoplas, Peppermint, Water Stress,

مقدمه

نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی متعلق به خانواده Lamiaceae است (فوستر ۱۹۹٦)، که بومی مناطق معتدله به‌ویژه اروپا، امریکای شمالی و شمال آفریقا می‌باشد و امروزه در سراسر دنیا کشت می‌شود (سینگ و همکاران ۲۰۱۱). تولید جهانی این گیاه در سال حدود ۷۵۰۰ میلیون تن است (ورما و همکاران ۲۰۱۱). منتول و منتون اصلی‌ترین جزء اسانس بوده و خواص ضدمیکروبی دارند (دایی وهمکاران ۲۰۱۰). مقدار منتول معیار اصلی در تعیین کیفیت اسناس نعناع فلفلی است (کومار و همکاران ۲۰۰٤)؛ با توجه به اینکه که گیاهان دارویی از جمله نعناع فلفلی محصولی کیفی محسوب می‌شود، می‌توان با به‌کارگیری فاکتورهای زراعی مناسب در راستای افزایش عملکرد کمی و کیفی آن گام برداشت. البته درچند دهه اخیر مصرف نهاده‌های شیمیایی در زمین‌های زراعی موجب معضلات زیست محیطی عدیده‌ای از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصل‌خیزی خاک‌ها گردیده است (شارما ۲۰۰۲).

رشد گیاهی توسط چند عامل مهم کنترل می‌شود که دراین میان آب نقش حیاتی دارد. تنش خشکی یکی از شایع‌ترین و مخرب ترین تنش‌های غیرزیستی می‌باشد که رشد گیاهان را در سراسر جهان و به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک محدود و منجر به کاهش زیادی در عملکرد گیاهان می‌گردد (گارسیا و همکاران ۲۰۱٤، وانگ وهمکاران ۲۰۱۱). در گیاهان عالی، فشار توژسانس طی تنش خشکی با کاهش رشد و نمو سلول‌ها باعث کاهش رشد برگ، سطح برگ و سطح تعرق گیاه شده و در نتیجه سطح فتوسنتزی گیاه را کاهش داده و منجر به کاهش تولید ماده خشک و عملکرد می‌شود (گارسیا و همکاران ۲۰۱٤). نتایج تحقیقات حاکی ازآن است که گیاهان هنگام مواجه شدن با تنش‌های محیطی اغلب از رشد کمتری برخوردارهستند، چراکه دراین شرایط مواد پرورده موجود را برای افزایش سنتز متابولیت‌های ثانویه (ترکیبات ترپنی) اختصاص می‌دهند تا بقای خود را درشرایط سخت محیطی تضمین نمایند (رضائی چیانه و همکاران ۲۰۱۲; ربیعی ۲۰۱۲). بسته به مرحله فیزیولوژیکی که گیاه درآن به سر می‌برد و شدت تنش، کم آبی اثرات مختلفی برگیاه می‌گذارد، واکنش گیاهان به کمبود آب و تنش خشکی بخش وسیعی از فعالیت‌های تحقیقاتی را به خود اختصاص داده است و تمامی این مطالعات، خشکی را مهم‌ترین عامل محدودکنندهٔ محیطی برای محصولات کشاورزی دانسته‌اند (رضاپور و همکاران ۲۰۱۱).

تأثیرتنش‌های خشکی برمحصولات زراعی در ایران به طور مفصل مورد بررسی قرار گرفته است ولی، متأسفانه در مورد گیاهان دارویی که حتی ممکن است، تأثیر مثبتی نیز بر خواص دارویی آن‌ها داشته باشند، بررسی‌های جامع ومفصل کمترصورت گرفته است .همچنین باتوجه به اینکه هرچه مقدار مواد مؤثره یک گیاه دارویی بیشتر باشد، حاصل آن در صنایع داروسازی مقرون به صرفه می باشد، شناخت عوامل مؤثر برکمیت وکیفیت مواد مؤثره گیاهان دارویی مورد توجه محققین قرارگرفته است (امیدبیگی و محمودی ۲۰۱۰). واکنش گیاهان به تنش خشکی به ماهیت کمبود آب وابسته است و پاسخ گیاهان به تنش خشکی می‌تواند به صورت پاسخ کوتاه مدت، پاسخ میان مدت و پاسخ بلند مدت طبقه بندی شود. پاسخ کوتاه مدت به تنش کم آبی با کاهش حداکثر جذب CO_2 همراه است. از جمله واکنش‌های میان مدت به تنش خشکی، تنظیم اسمزی به‌وسیله تجمع نمک‌ها و پاسخ بلند مدت به خشکی شامل الگوهای ژنتیکی زیست توده می‌باشد (سالک جلالی وهمکاران ۲۰۱۲).

نتایج پژوهشی نشان داد تنش کم آبی، علاوه بر کاهش زمان گلدهی و رسیدن فیزیولوژیک هم چنین باعث کاهش تعداد برگ، ارتفاع گیاه و قطر ساقه شده است و عملکرد را نیز تا ٦۰ درصد کاهش می دهد (دانفورد و واسکز ۲۰۰۵). دربررسی اثرتیمارهای مختلف ابیاری بر تجمع اسانس، ترکیبات آن و برخی صفات

اکوفیزیولوژیکی در رازیانه درصد اسانس با رسیدگی دانه‌ها کاهش، اما تنش خشکی باعث افزایش تولید اسانس دانه شد. همچنین با کاهش مقدار آب آبیاری، تعداد چتر در گیاه، تعداد دانه، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد اسانس در گیاه رازیانه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (رضائی چیانه و همکاران ۲۰۱۲). نتایج پژوهشی نشان داد که فواصل آبیاری اثر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه، طول خوشه‌گل تعداد سنبله در بوته، عملکرد دانه و درصد موسیلاژ در گیاه اسفرزه داشت (قاسمی سیانی ۲۰۱۱). با بررسی اثر فواصل آبیاری و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه مشاهده شد که تیمارهای مختلف آبیاری تاثیر معنی‌داری بر کلیه صفات مورد مطالعه به جز وزن هزاردانه و شاخص برداشت داشت (نوروزپور و رضوانی مقدم ۲۰۰۶).

کودهای زیستی شامل سلول‌های زنده از انواع مختلف میکروارگانیسم‌ها هستند که قابلیت جذب عناصر غذایی را با استفاده از فرآیندهای زیستی برای گیاهان را فراهم کرده است. آزاز و همکاران (۲۰۰۹) امکان استفاده از کودهای زیستی به جای کودهای شیمیایی را در گیاه رازیانه بررسی کرده و نتیجه گرفتند که رشد رویشی، عملکرد و اسانس گیاه رازیانه در تیمارهای کود زیستی افزایش یافت (آزازوهمکاران ۲۰۱۰). همچنین کاربرد کودهای زیستی مانند نیترواکسین، و سوپر نیتروپلاس نقش مفید و موثری در بهبود ویژگی‌های رشد، عملکرد اندام هوایی و خصوصیات کیفی و اسانس گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) و سه گونه نعناع دارد (عبدالهادی و همکاران ۲۰۰۹; کوچکی و همکاران ۲۰۰۸). کیتوپلاس حاوی ترکیبات کیتبنی می‌باشد که کیتین و کیتوزان ترکیب اصلی دیواره‌های سلولی برخی جانوران از جمله خانواده خرچنگ مانند میگو، خرچنگ خاردار، حشرات، برخی پاتوژن‌های گیاهی ومیکروارگانیسم‌ها را تشکیل می‌دهد وکاربردهای متعدد صنعتی، دارویی و کشاورزی برای آن گزارش شده است (بابل و کورنیاوان ۲۰۰۳). استفاده از کیتوزان به عنوان محرک زیستی کارامد در افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه گیاهان زیادی گزارش شده است (چینگ و همکاران ۲۰۰۶) همچنین گزارش شده است که کیتوزان می‌تواند با کاهش تعرق و حفظ محتوای نسبی آب باعث ایجاد تحمل به کم آبی گردد (مهدوی و همکاران ۲۰۱٤). درمطالعهای دیگر اثر محرک‌بودن پلیمرهای کیتوزان بر گیاه بادنجان بررسی شد که نتایج این تحقیق نشان داد محرک کیتوزان قادر است فعالیت آنزیم‌های گیاهیchitosanase و peroxidase را افزایش دهد (مندال، ۲۰۱۰).

در راستای کشاورزی پایدار، کودهای زیستی به عنوان جایگزین تدریجی کودهای شیمیایی و یا کاهش مصرف این ترکیبات شیمیایی مطرح می‌باشد. همچنین باتوجه به کمبود آب در کشور و اثرات تنشی برروی عملکرد و صفات مورفولوژیک گیاهان نعناع فلفلی در طول دوره رشد این گیاه دارد. لازم است که بررسی اثرات ناشی از تنش خشکی بر روی تغییرات عملکرد واجزاء عملکرد وبرخی پارامترهای رشدی این گیاه پرداخته شود تا پاسخ‌های گیاه درمقابله با تنش خشکی ارزیابی شود. بر این اساس، این پژوهش با هدف بررسی تاثیر تغذیه گیاه با کیتوپلاس بر رشد و تغییرات مورفولوژیکی و ترکیبات اسانس این گیاه طی شرایط تنش خشکی انجام شد.

مواد وروش ها

آزمایش در مزرعه ای در شهر پارس آباد مغان در شمال غرب ایران، به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد، فاکتورهای آزمایش شامل۳ سطح تنش کم آبیاری (آبیاری در فواصل آبیاری ۷، ۱٤ و ۲۱ روز) و محرک رشدی کیتوپلاس در ۳ سطح (۰، ۵ و ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر) بعد از گذشت ٤۵ روز از زمان کاشت گیاهان نعناع فلفلی، به صورت محلول پاشی (با محلول پاش دستی ۲ لیتری) و در فاصله زمانی ۱۵ روز یک‌بار در سه مرحله اعمال شد، ابعاد کرت‌ها ۱*۱ و فاصله بوته‌ها روی ردیف

و بین ردیف برابر با ۲۵ سانتی‌متر بود. یک هفته بعد از آخرین محلول پاشی صفاتی مانند شاخص کلروفیل (با استفاده از SPAD-500)، قطر ساقه اصلی، تعداد گره و میانگره، وزن ۱۰ برگ بالایی در ساقه اصلی، وزن خوشه گل، طول میانگره، قطر و ارتفاع خوشه گل و مقاومت روزنه‌ای در روی بوته و بعد از برداشت کامل محصول نیز صفاتی مانند وزن تر و خشک کل پیکره گیاه به جز ریشه، عملکرد اقتصادی و عملکرد بیولوژیک گیاه، ترکیبات اسانس و درصد اسانس برای هر نمونه مورد ارزیابی قرار گرفت.

جهت انجام آزمایش تجزیه خاک، تا عمق ۳۰ سانتی‌متری به‌طور زیگزاگ از سه نقطه و در سه عمق زمین مورد آزمایش نمونه‌برداری انجام پذیرفت. سپس نمونه‌های سه عمق با هم مخلوط گردیدند و به آزمایشگاه موسسه تحقیقات آب و خاک فرستاده شد. نتایج آزمون خاک در جدول زیر ارائه شده است.

جدول۱- نتایج آزمایش خاک مزرعه آزمایشی در عمق ۰-۳۰ سانتی متر

عمق (cm)	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	اسیدیته	شوری ($ds.m^{-1}$)	ظرفیت زراعی (٪ حجمی)	نقطه پژمردگی
۳۰-۰	۳٤	٤۰	۲٦	۷/۵۹	۲/۱۵	۲٦/۷	۱۵/۹٦

برای ازریابی مقاومت روزنه‌ای، از دستگاه پرومتر استفاده شد. در این روش بطور تصادفی ۵ برگ از هر گیاه نعناع فلفلی (در هرکرت ٤ بوته وجود داشت که در مجموع ۲۰ برگ از هرکرت) در هر کرت انتخاب و پس از قرار گرفتن هر برگ در مابین سنسورهای حساس پرومتر، مقاومت روزنه‌ای بر حسب ثانیه برسانتی‌متر ($S.cm^{-1}$) اندازه‌گیری گردید. دستگاه مذکور بر حسب سانتی‌متر بر ثانیه ($cm.S^{-1}$) کالیبره شده و هدایت روزنه-ای (عکس مقاومت روزنه‌ای) اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری میزان اسانس، نمونه‌های تازه نعناع فلفلی را در شرایط نیم‌سایه به مدت۱۰۸ساعت خشک نموده ودر زمان اسانس‌گیری، مقدار ۳۰ گرم از هر نمونه خشک جدا و بلافاصله عمل استخراج اسانس به روش تقطیر با آب و با استفاده ازدستگاه کلونجر به مدت ۳ ساعت ودرشرایط کاملاً یکسان انجام گردید.

شناسایی اجزای اسانس در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه محقق اردبیلی و با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی متصل شده به طیف سنج جرمی (GC/MS) انجام شد. دستگاه گاز کروماتوگرافی مورد استفاده مدل 7890A ساخت شرکت Agilent آمریکا و ستون موبینه مورد استفده HP-5MS به طول ۳۰ متر و به قطر ۰/۲۵ میلی‌متر، ضخامت فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر بود. دمای اولیه ٦۰ درجه سلسیوس با زمان نگه‌داری ٤ دقیقه، سپس ۳ درجه سلسیوس با ۱ دقیقه تا ۱۰۰ درجه سلسیوس برای ۲ دقیقه، سپس ٦ درجه سانتی‌گراد بر ۱ دقیقه تا ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد برای ۵ دقیقه گاز حامل هلیوم ۹۹/۹ درصد با میزان جریان ۱ میلی‌لیتر در دقیقه است (آدامز ۲۰۰۱).

تجزیه وتحلیل آماری داده‌ها (انجام تجزیه واریانس‌ها و مقایسه میانگین‌ها) با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS V.9.1 و رسم نمودارها باکمک نرم افزار Microsoft office Excel انجام شد.

نتایج و بحث

بررسی صفات موفولوژیک در گیاه نعناع فلفلی تحت تنش آبی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات نشان داد که اثر تنش رطوبتی بر میزان عرض ساقه، قطر و ارتفاع خوشه گل و در گیاه نعناع فلفلی

جدول۲- تجزیه واریانس و مقایسه میانگین اثرات تیمار محرک رشدی کیتوپلاس تحت تنش آبیاری بر روی چند صفت مورفولوژیک گیاه دارویی نعناع فلفلی

Ir	Kito	قطر ساقه (mm)	قطر خوشه گل (mm)	طول خوشه گل (mm)	تعداد میان‌گره	تعداد گره	وزن خوشه گل (g)	وزن تر بوته(g)	وزن خشک بوته(g)
۷	-	٤/۸۳۳a	۱۳/٤۲ a	٦۲/۷۲a	۱۱/۱۱a	۱۲/۱۱a	۲/۹٦a	۹۰۷/۷a	۲٤۲/۳۳a
۱٤	-	٤/٥۱۱ab	۱۰/٤٤ b	٤۷/٦b	۱۰/۲۷b	۱۱/۲۷۷b	۲/۷٦ab	۷۰۸/۹ab	۱۷۷/٥٦b
۲۱	-	٤/۰٥٤b	۱۰/۰۸ b	٤٥/۲٥b	۹/۰۰۸c	۹/۹۸c	۲/۷٤ ab	٦۰۱b	۱٦۱/٥٦bc.
-	۰	–	-	-	۹/٦۳b	۱۰/٦۳b	–	٥۷۷/٤c	۱٦۱/۷۸b
-	٥	–	-	-	ab ۱۰/۰۳٦	۱۱/۰۰۸ab	–	۷٥۷/۹b	۲۱۸/٦۷ a
-	۱۰	–	-	-	۱۰/۷۲a	۱۱/۷۲a	–	۸۸۲/۲a	۲۰۱/۰۱ab
ANOVA									
Block		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ir		*	*	**	**	**	*	*	*
Kito		ns	ns	ns	*	**	ns	*	ns
Ir*Kito		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

درهرستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار درسطح احتمال٥ درصد آزمون دانکن می‌باشند.

(Ir): آبیاری فاصله آبیاری، ۷، ١٤ و ۲۱روز. **Kito**: کیتوپلاس در سطح ۰، ٥ و ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر)

معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۲). به‌طورکلی با کاهش میزان آبیاری میزان عرض ساقه، قطر و طول خوشه گل نیز کاهش یافت. بیشترین میزان عرض ساقه و قطر و طول خوشه گل (به ترتیب ٤/۸۳۳mm، ۱۳/٤۲ mm و ٦۲/۷۲mm) در گیاهان آبیاری شده درفواصل آبیاری ۷ روز مشاهده شد (جدول ۲) نتایج آزمایش فوق با نتایج بهرامی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت دارد. نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین و تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی تنش رطوبتی و محرک رشد ارگانیک کیتوپلاس بر تعداد گره‌ها ($p \leq 0.01$) و طول میانگره‌ها ($p \leq 0.05$) معنی‌دار بود (جدول ۲). همچنین با افزایش میزان آبیاری تعداد گره و میان گره در گیاهان نعناع فلفلی نیز افزایش یافت؛ به‌طوری که بیشترین تعداد گره و میانگره (به ترتیب ۱۲/۱۱ و ۱۱/۱۱) تحت شرایط آبیاری شده درفواصل آبیاری ۷ روز مشاهده شد. همچنین مطابق با نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین (جدول ۲) بیشترین میزان تعداد گره و میانگره در گیاهان تحت تیمار $10\ ml.l^{-1}$ تیمار محلول پاشی کود زیستی کیتوپلاس مشاهده شد.

اثرات اصلی تنش رطوبتی ($p \leq 0.01$) و کیتوپلاس ($p \leq 0.05$) و همچنین اثرات متقابل تنش آبیاری و تیمار کیتوپلاس ($p \leq 0.05$) بر میزان طول میانگره معنی‌دار بود (جدول ۳). به‌طور کلی با افزایش میزان تنش آبیاری طول میانگره‌ها درگیاه نعناع فلفلی تیمار شده و فاقد تیمار با کاهش همراه بود ولی این کاهش در گیاهان فاقد تیمار تحت تنش‌های کم آبیاری بیشتر از گیاهان دارای تیمار بود، همچنین تیمار با محرک رشد طبیعی کیتوپلاس باعث افزایش رشد در گیاه نعناع فلفلی شد. به‌طوری‌که بیشترین میزان طول میانگره در گیاهان تحت تیمار $5 ml.l^{-1}$ محلول کیتوپلاس تحت شرایط آبیاری در فواصل آبیاری ۷ روز مشاهده شد و کمترین میزان طول میانگره در گیاهان شاهد تحت آبیاری در فواصل آبیاری ۲۱ روزمشاهده شد بود (جدول ۳). بطورکلی در گیاهان نعناع فلفلی با افزایش تنش آبیاری میزان وزن خوشه گل نیز باکاهش همراه بود (جدول ۲). از این رو بیشترین

میزان وزن خوشه گل در گیاهان تحت آبیاری در فواصل آبیاری ۷ روز مشاهده شد و کمترین میزان وزن خوشه گل در گیاهان تحت تنش آبیاری در فواصل آبیاری ۲۱ روز مشاهده شده که با وزن خوشه گل در گیاهان تحت آبیاری شده در درفواصل آبیاری ١٤ روزمشاهده شد، تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین وزن ۱۰ برگ بالایی ساقه (جدول ۳) نشان داد که با افزایش تنش آبیاری همراه با سطوح مختلف تیمار حاوی کیتوپلاس میزان وزن ۱۰ برگ بالایی ساقه نیز افزایش یافت. به طوری که بیشترین وزن ۱۰ برگ در گیاهان تیمار شده با کیتوپلاس $ml.l^{-1}$ ٥ تحت تنش آبیاری در فواصل آبیاری ۲۱ روزه خاک به‌دست آمد.

آب و عناصر غذایی ارتفاع خوشه گل، طول ساقه مانند هر اندام رویشی یا زایشی را تحت تاثیر قرار می-دهد (ارکان و همکاران ۲۰۱۲). افزایش سطح تنش آبیاری می‌تواند به افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به بخش‌های هوایی گیاه باشد که کاهش عملکرد را در گیاه به دنبال دارد (شائو و همکاران ۲۰۰۸). از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش فشار تورژسانس سلولی و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلول‌ها به ویژه در ساقه و برگ‌هاست. به عبارت دیگر کاهش مواد فتوسنتزی تولیدی به علت کاهش سطح برگ و کاهش انتقال موادآسیمیلاتی به سمت اندام‌های زایشی دراثر تنش کمبود آب سبب کاهش عملکرد سرشاخه‌های گلدار می-گردد. به همین دلیل اولین اثرمحسوس کم‌آبی برگیاهان را می‌توان از روی اندازه کوچک‌تر برگ‌ها وارتفاع کمتر گیاهان تشخیص داد. به علاوه در شرایط کم‌آبی ،جذب مواد و عناصرغذایی نیز کاهش یافته و بنابراین رشد وتوسعه برگ‌ها محدود می‌گردد. متعاقب کاهش سطح برگ، جذب نور نیز کاهش یافته و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد و بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه ونهایتا عملکرد آن دچار نقصان می‌شود (امید بیگی و محمودی ۲۰۱۰).

روند کاهش تعداد گره و میانگره با روند کاهش ارتفاع ساقه و عملکرد دراثرتشدید کمبود آب هم‌سو می-باشد (جدول ۲ و ۳). همانطور که گفته شد یکی ازاولین نشانه‌های کمبودآب، کاهش تورژسانس ودر نتیجه رشد وتوسعه سلول خصوصاً درساقه وبرگ‌ها است. با کاهش فشار تورزسانس در اثر کمبودآب، نمو سلول به دلیل عدم وجود فشار درون سلول کاهش می‌یابد. بنابراین بین کاهش اندازه سلول ومیزان کاهش آب رابطه معنی‌داری در بافت‌های گیاهی دیده می‌شود. ازطرفی با کاهش رشد سلول اندازه اندام نیز محدود می‌شود و به همین دلیل است که اولین اثر محسوس کم آبی برروی گیاهان را می‌توان از روی اندازه فاصله کمتر میانگره‌ها یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد (هونگ بو و همکاران ۲۰۰۸). این تغییرات در رشد می‌تواند به عنوان سازگاری مورفولوژیکی گیاه به آب و تنش‌های محیطی برای کاهش تعرق و ایجاد مصرف کمتر آب مورد توجه قرار گیرد (بانون و همکاران ۲۰۰٦). کاهش رشد به دلیل کمبود آب توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (ارکان و همکاران ۲۰۱۲؛ بیتائیب و همکاران ۲۰۰۹).

به طور کلی، نتایج حاصل از بررسی پارامترهای موفولوژیکی، کاهش رشد رویشی شدید گیاهان را تحت تاثیر تنش آبیاری را نشان می‌دهد. از سوی دیگر، استفاده از کود زیستی کیتوپلاس به صورت محلول پاشی، به ویژه در غلظت $ml.l^{-1}$ ۱۰در بیشتر موارد باعث افزایش رشد رویشی شده است (جدول ۲ و ۳). نتایج فوق با نتایج حاصل از پژوهش سایر پژوهشگران درباره استفاده از کودهای زیستی مطابقت دارد (خان و همکاران، ۲۰۰۲؛ گورنیک وهمکاران، ۲۰۰۸).

وزن تر، خشک و نسبت وزن خشک به تر

نتایج حاصل از مقایسه میانگین و تجزیه واریانس مربوط به وزن‌تر و خشک بوته در جدول ۲ آورده شده

است. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش میزان آبیاری، وزن تر و خشک در گیاه نعناع فلفلی نیز افزایش یافت به‌طوری که بیشترین میزان وزن تر و خشک (به ترتیب ۹۰۷/۷و ۲۴۲/۳۳ گرم در مترمربع) در گیاهان تحت تنش آبیاری در فواصل آبیاری ۷ روز مشاهده شد. همچنین باتوجه به نتایج حاصل با افزایش غلظت کیتوپلاس میزان وزن تر و خشک نیز با افزایش همراه بود که بیشترین میزان وزن‌تر بوته (۸۸۲/۲ g.m2) در گیاهان تحت تیمار ۱۰ $ml.l^{-1}$ کیتوپلاس و بیشترین میزان وزن خشک بوته (۲۱۸/٦۷ $g.m^2$) در گیاهان تحت تیمار ۵ $ml.l^{-1}$ کیتوپلاس مشاهده شد (جدول ۲).

طبق نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین صفات (جدول ۳)، بطور کلی با افزایش میزان تنش آبیاری و افزایش غلظت کیتوپلاس محلول پاشی شده نسبت وزن خشک به تر در گیاهان نعناع فلفلی افزایش یافت. به‌طوری که بیشترین نسبت وزن خشک به تر (۳۳/۱۲ درصد) در گیاهان تیمار شده با کیتوپلاس ۵ $ml.l^{-1}$ تحت تنش آبیاری در فواصل آبیاری ۲۱ روز مشاهده شد. گزارش شده است که معیارهای رشد رویشی از قبیل ارتفاع بوته، تعداد میانگره، طول میانگره در گیاه، وزن تر و خشک کل بوته، ساقه و کل گیاه، باافزایش تنش خشکی کاهش یافته است. با توجه به اینکه تعداد شاخه‌ها در بوته به طور معنی‌داری تحت کمبود آب کاهش یافت. وزن تر و خشک گیاهان به طور قابل توجهی تحت تاثیر تغییرات در رطوبت خاک قرار گرفت. وزن‌های تر و خشک در زیر سطوح مختلف کسری آب کاهش می‌یابد. این امر می‌تواند منجر به کاهش محتوای کلروفیل و همچنین بازده فتوسنتز شود (کاوات و همکاران، ۲۰۱۲؛ بهرامی‌نژاد وهمکاران ۲۰۱۳). همچنین ممکن است این کاهش به علت بسته‌شدن روزنه‌ها و جلوگیری از فعالیت آنزیم روبیکسو باشد (لولر و کرونیک ۲۰۰۱).

با این حال، شرایط تنش کمبود آب سبب سرکوب مشخصی در کارایی فتوسنتزی گیاه شده است. کیتوپلاس ممکن است برخی ترکیبات آمینو مورد نیاز برای رشد گیاهان را فراهم کند که منجر به افزایش کل نیتروژن در برگ‌ها و یا توانایی بالا گیاهان برای جذب نیتروژن از خاک می‌شود زیرا کیتوپلاس به دلیل دارا بودن کیتوزان ممکن است آنزیم های کلیدی را افزایش دهد و باعث فعالیت متابولیسم نیتروژن و افزایش حمل و نقل و انتقال نیتروژن در برگ و ساقه شود (التناهی ۲۰۱۲). علاوه بر این ،کیتوپلاس حاوی کیتوزان ممکن است از طریق تنظیم فشار اسمزی سلولی، جذب و حمل مواد مغذی ضروری را افزایش دهد و در نتیجه با بهبود رشد و توسعه گیاهان، تعداد برگ‌ها، شاخه‌ها و سطح برگ در بوته را افزایش دهد که در بهبود وزن تر و خشک گیاه موثر است (فوراک و رمضان ۲۰۱۲).

شاخص کلروفیل

میزان تغییرات شاخص کلروفیل در اثر تیمار سطوح مختلف کیتوپلاس تحت تنش آبیاری در گیاه نعناع فلفلی در جدول ۲ آورده شده است. نتایج تجزیه واریانس داده-ها نشان می‌دهد که اثرات اصلی تنش آبیاری ($p \leq 0.01$) و اثرات متقابل تنش آبیاری و کیتوپلاس ($p \leq 0.05$) معنی-دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین در میزان شاخص کلروفیل نشان می‌دهد با افزایش سطح تیمار کیتوپلاس و کاهش میزان آبیاری میزان شاخص کلروفیل افزایش یافت (جدول ۳). به‌طوری‌که بیشترین میزان شاخص کلروفیل در گیاهان تیمار شده با کیتوپلاس در سطح ۵ $ml.l^{-1}$ تحت تنش آبیاری در فواصل آبیاری ۲۱ روز مشاهده شد که با گیاهان نعناع فلفلی تیمار شده با کیتوپلاس در سطح ۱۰ $ml.l^{-1}$ تحت تنش آبیاری در فواصل آبیاری ۲۱ روز تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میزان شاخص کلروفیل نیز در گیاهان شاهد تحت تنش آبیاری در فواصل آبیاری ۷ روزه مشاهده شد (جدول ۳).

محلول پاشی با کیتوپلاس به‌طور قابل توجهی شاخص کلروفیل را در برگ‌های گیاه نعناع فلفلی افزایش داده است (جدول ۳) محتوای کلروفیل به دلیل کمبود آب

در سطح برگ به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد؛ این کاهش در کلروفیل تحت تنش خشکی عمدتا به این دلیل است که تخریب غشاء و آسیب کلروپلاست‌ها به دلیل تولید بیش از حد گونه‌های واکنش پذیر اکسیژن (ROS) یا کلروفیل توسط مسیر بیوسنتز کاهش یافته یا اکسیداسیون در طول تنش آبیاری است (سالک جلالی و همکاران ۲۰۱۲).

همچنین افزودن کیتوپلاس در غلظت بالا سبب افزایش میزان کلروفیل در مقایسه با گیاهان فاقد تیمار شد، که این افزایش ممکن است از طریق تاثیر مواد حاوی کیتوپلاس (مانند کیتوزان) بر رنگدانه‌های فتوسنتزی و افزایش محتوای کلروفیل توسط افزایش سطح درونی از سیتوکینین‌ها شود، که این هورمون باعث تحریک سنتز کلروفیل شود (فوراک و رمضان ۲۰۱۲).

جدول۳- تجزیه واریانس و مقایسه میانگین اثرات تیمار محرک رشدی کیتوپلاس تحت تنش آبیاری بر صفات مورفولوژیک گیاه دارویی نعناع فلفلی.

Ir	Kito	وزن ۱۰ برگ بالایی (g)	نسبت وزن خشک به تر(%)	طول میانگره (mm)	شاخص کلروفیل (%)
۷	۰	۱/۳۸ ± ۰/۱۳	۲۶/۲۹۹± ۲/۳۲	٦٥/٨٢± ٤/٢٢	٤٠/١٦± ٧/٧
	٥	۱/۰۸٦± ۰/۱	۲٦/٨٧± ۰/٨۰	٧٥/٢٣± ١/٥١	٤٩/٠٦± ١١/٣٦
	١٠	١/٤٤±٠/١	٢٦/٨٠٩± ٠/٩٤	٦١/٨٥± ١/٠٨	٤٨/٢٠± ٥/٠٣
١٤	٠	١/٣٤± ٠/٤٢	٢٤/٠٨٤± ٢/٥٩	٤٨/٦٢± ٣/١٣	٥١/٠٣٣± ١/١٨
	٥	١/٦٣٨ ± ٠/٢	٢٥/٧٢± ٤/٩٩	٤٩/١٤± ٤/١٥	٥١/٩٣± ٥/٤٨
	١٠	١/١٤ ± ٠/٠٤	٢٥/٣١± ٣/٩٢	٥٠/٣٥± ٥/٨	٥٠/٠٣٣± ٤/١٤
٢١	٠	١/٧٠٧± ٠/١٤	٢٥/٤١ ± ٤/٥٢	٤٢/٤٢± ٤/٥٥	٥١/٤٣± ٣/٩٦
	٥	١/٧٤± ٠/١٤٧	٣٣/١٢± ٣/٨٩	٤٤/٧٢± ٢/٢١	٥٢/٥± ٤/٤
	١٠	٠/٩٥٢± ٠/١٥	٢٦/٩٨± ٠/٩٣	٤٢/٥٦± ٣/١٥	٥٢/١٣± ٤/٤٩
ANOVA					
Block		ns	ns	ns	ns
Ir		ns	**	**	*
Kito		**	ns	*	ns
Ir*Kito		**	*	*	**

(Ir): آبیاری فاصله آبیاری، ۷، ١٤ و ٢١روز. **Kito**: کیتوپلاس در سطح ۰، ٥ و ١٠ میلی‌لیتر در لیتر)

عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی

اثرات اصلی رژیم‌های مختلف آبیاری و تیمار کیتوپلاس بر روی عملکرد اقتصادی ($p \leq 0.05$) و عملکرد بیولوژیک ($p \leq 0.05$) معنی‌دار شد. نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با کاهش روند آبیاری میزان عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی در سطح هکتار نیز باکاهش همراه بود به‌طوری‌که بیشترین میزان عملکردی اقتصادی و بیولوژیکی در گیاهان تحت تاثیر تنش آبیاری درفواصل آبیاری ۷ روز مشاهده شد (جدول ٤). همچنین بطورکلی تیمار با کیتوپلاس نیز بر میزان عملکرد گیاه نعناع فلفلی تاثیرگذار بود، به‌طوری‌که با افزایش غلظت محلول پاشی کیتوپلاس میزان عملکرد نیز با افزایش همراه بود و بیشتر عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی تحت تیمار $5\ ml.l^{-1}$ کیتوپلاس مشاهده شد که این میزان به ترتیب برابر با ۸۸۲۲ و ۲۱۸٦/۷ کیلوگرم درهکتار بود (جدول ٤).

احتمالاً، برخورد با تنش درمرحله رشد ونمو، سبب کاهش سطح برگ، جذب کمتر عناصرغذایی، به دنبال آن کاهش عملکردشود. نکته‌ای که باید مورد اشاره قرارگیرد این است که همیشه همراه با بالا رفتن تنش، عملکرد کاهش می‌یابد چرا که در تنش‌های بالا گیاه بیشترمواد فتوسنتزی خود را صرف تولید ترکیبات تنظیم کننده‌های اسمزی از جمله پرولین، گلایسین-بتائین وترکیبات قندی همانند ساکاروز، فروکتوز و فروکتان می‌کند که بتواند پتانسیل آب سلولی را کاهش دهد. این ترکیبات برای گیاه هزینه‌بر بوده و گیاه این هزینه را از طریق کاهش عملکرد جبران می‌کند. استفاده ازکودهای زیستی به‌طور قابل توجهی ازعوامل کاهنده محصول درشرایط تنش جلوگیری می‌کند و باعث افزایش عملکرد می‌شود. به طورکلی، با توجه به نتایج به دست آمده می-توان اظهار داشت که درشرایط اجرای این پژوهش، کاربرد کود زیستی کیتوپلاس، باتوجه به در دسترس قرارگرفتن حجم مواد مغذی بیشترتوسط گیاه، با تأثیر بر جنبه‌های مختلف رشد و نمو از زمان اعمال تا عملکرد نهایی، توانست از طریق هم‌افزایی برای عوامل تقویت کننده رشد و اثر آنتاگونیسمی بر عوامل کاهنده، موجب افزایش رشد و عملکرد بهترشود. مطالعات سایردانشمندان افزایش عملکرد تا ۸/۲ درصد نسبت به تیمارشاهد درگیاه گوجه فرنگی، ذرت و نیز افزایش٤٠درصدی عملکرد دانه در گندم و جو به کمک کودهای بیولوژیک را گزارش کردند (نجف‌وند و همکاران، ۲۰۰۸، زهیر وهمکاران، ۲۰۰٤، جانگاو وهمکاران، ۱۹۹۱).

عملکرد و درصد اسانس

با افزایش تنش آبیاری میزان اسانس و به دنبال آن درصد اسانس در گیاهان نعناع فلفلی افزایش یافت و برهمین اساس بیشترین اسانس (ml at 30g dry tissue ۰/۹۷۲) و درصد اسانس (۳/۲٤ ٪) در گیاهان تحت تنش آبیاری در فواصل آبیاری ۷ روز بدست آمد. کاهش اسانس و درصد اسانس در گیاهان تحت تنش آبیاری در فواصل آبیاری ۲۱ روز، احتمالا به دلیل مصرف مواد موثره در گیاه نعناع فلفلی طی حذف رادیکال‌های آزاد تولید شده در اثر تنش‌های ایجاد شده بر اثر تنش آبیاری می‌باشد (جدول ٤).

نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین تاثیر کیتوپلاس بر میزان اسانس و درصد اسانس در گیاه نعناع فلفلی را نشان می‌دهد که با افزایش میزان غلظت کود کیتوپلاس محلول پاشی شده میزان اسانس و درصد اسانس نیز با افزایش همراه بود به‌طوری‌که بیشترین اسانس و درصد اسانس در گیاهان تحت تیمار $10\ ml.l^{-1}$ کیتوپلاس مشاهده شد که این میزان به ترتیب برابر با ml ۱/۰۱ و ۳/۳۸ ٪ بود (جدول ٤).

تصور براین است که درشرایط وقوع تنش خشکی و کم آبی، میزان تولید مواد مؤثره به دلیل جلوگیری از اکسیداسیون درون سلولی افزایش می‌یابد. در واقع که هر کمبودی که رشد را بیشتر از فتوسنتز محدود کند، تولید متابولیت‌های ثانویه را افزایش می‌دهد (هرمز و ماتسون ۱۹۹۲). همچنین با توجه به اینکه میزان اسانس در اثر مصرف تیمارهای مختلف کود بیولوژیکی کیتوپلاس افزایش می‌یابد (جدول ٤)، می‌توان گفت از آن-جا که اسانس‌ها، ترکیبات ترپنوئیدی هستند، بیوسنتز واحدهای سازنده آن‌ها نیازمند ATP و NADPH هستند. همچنین تحقیقات نشان داده که CO_2 و گلوکز به عنوان پیش ماده مناسب در سنتز اسانس به‌ویژه مونوترپن‌ها مطرح هستند، فتوسنتز و تولید فرآورده‌های فتوسنتزی ارتباط مستقیمی با تولید اسانس دارد (عسگری‌پور رفیعی ۲۰۱۱). کود بیولوژیک کیتوپلاس مانند کود بیولوژیک نیتروکسین، از طریق کمک به جذب نیتروژن، فسفر و گوگرد و نقشی که این عناصر در تولید کلروفیل و تامین آنزیم‌های مورد نیاز گیاه دارند باعث افزایش میزان بافت‌های فتوسنتزی شده و در نهایت باعث افزایش میزان اسانس در گیاه نعناع فلفلی شده‌اند (مارتین و همکاران ۲۰۰٦).

هدایت روزنه‌ای

نتایج حاصل مقایسه میانگین تاثیر تنش آبیاری بر میزان هدایت روزنه‌ای در گیاه نعناع فلفلی نشان داد که با کاهش میزان آبیاری هدایت روزنه‌ای نیز در گیاهان نعناع فلفلی نیز با کاهش همراه بود و بیشترین و کمترین میزان هدایت روزنه‌ای در گیاهان نعناع فلفلی به ترتیب تحت تنش آبیاری در فواصل آبیاری ۷ و ۲۱ روز مشاهده شد (جدول ٤).

جدول۴- مقایسه میانگین و تجزیه واریانس اثر تیمار محرک رشدی کیتوپلاس تحت تنش آبیاری بر صفات مورفولوژیک گیاه دارویی نعناع فلفلی.

Ir	Kito	عملکرد اقتصادی	عملکرد بیولوژیکی	اسانس (ml at 30g dry tissue)	درصد اسانس (%)	هدایت روزنه ای ($S.cm^{-1}$)
۷	-	۹۰۷۷ a	۲٤۲۳/۳ a	۰/۹۲۱b	۳/۱٤ ab	۳۳/۲٦ a
۱٤	-	۷۰۸۹ b	۱۷۷٥/٦ b	۰/۹۷۲a	۳/۲٤ a	۳۰/۱٤ b
۲۱	-	٦۰۱۰ bc	۱٦۱٥/٦ bc	۰/۸۰۸c	۲/٦۹ b	۲۳/۸۸ c
-	۰	٥۷۷٤ b	۱٦۱۷/۸ b	۰/۷۹۷c	۲/٦٥ c	-
-	٥	۸۸۲۲a	۲۱۸٦/۷ a	۰/۹۲۹b	۳/۰۹٦b	-
-	۱۰	۷٥۷۹ ab	۲۰۱۰/۰۱ab	۱/۰۱ a	۳/۳۸ a	-
ANOVA						
Block		ns	ns	ns	ns	ns
Ir		**	**	*	*	*
Kito		*	*	*	*	ns
Ir*Kito		ns	ns	ns	ns	ns

درهرستونمیانگین‌هایباحداقلیکحرفمشترکفاقداختلافمعنی‌داردرسطحاحتمال٥درصدآزموندانکنمی‌باشند. **(Ir**: آبیاری فاصله آبیاری، ۷، ۱٤ و ۲۱روز. **Kito**: کیتوپلاس در سطح ۰، ٥ و ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر)

روند تغییرات هدایت روزنه‌ای نشان می‌دهد که هرچه میزان تنش آبی یبیشتر شود هدایت روزنه‌ای کاهش می‌یابد (جدول ٤). بسته شدن روزنه‌ها ازاولین پاسخ‌های گیاه به تنش خشکی می‌باشد و به نظرمی‌رسد که عمده ترین دلیل کاهش فتوسنتزدر اثر تنش خشکی باشد. بسته شدن روزنه ممکن است قابلیت دسترسی به دی‌اکسیدکربن را برای روزنه محدودکند. عمده تفاوت‌های مشاهده شده درهدایت روزنه‌ای بین تیمارهای رطوبتی احتمالاً ناشی ازاقدام گیاه به بستن روزنه‌های برگ بوده تا از هدر روی آب جلوگیری شود (رضایی‌راد وهمکاران ۲۰۱۳). بنابراین با شروع دوره خشکی تا مدتی گیاه هدایت روزنه‌ای خود را درسطح حداکثر نگه می‌دارد ولی با تداوم دوره خشکی اقدام به کاهش اندازه روزنه‌های خود و درنهایت بستن آن‌ها می‌نماید. ازآن‌جایی که تداوم باز بودن روزنه‌ها به آماس سلول‌های محافظ روزنه که خود آن‌ها نیز جزئی از بافت برگ می‌باشند وابسته است، لذا کاهش در میزان محتوای نسبی آب برگ می‌تواند دلیل دیگر تفاوت هدایت روزنه‌ای بین رژیم‌های مختلف رطوبتی باشد (محمودیان وهمکاران ۲۰۱۱).

ترکیبات اسانس

نتایج حاصل از GC/MS نشان داد که با کاهش میزان آبیاری و افزایش غلظت تیمارهای مورد استفاده اجزای اسانس از نظر درصد مواد تشکیل دهنده اسانس با تغییراتی همراه شد. مقایسه درصد R-.alpha.-Pinene و beta.-Pinene. نشان می دهد که با کاهش میزان آبیاری و افزایش غلظت محرک رشد طبیعی و نانواکسید آهن میزان این دو ماده با افزایش همراه بود که بیشترین میزان این ماده در گیاهان فاقد تیمار تحت تنش آبیاری در شرایط تنش رطوبتی در فواصل آبیاری ۲۱ روز مشاهده شد البته میزان این دو ماده در اثر محلول پاشی در غلظت‌های مختلف محرک رشدی در تنش آبی در فواصل آبیاری ۲۱ روز به دلیل تجزیه یا تبدیل به مواد دیگری با کاهش همراه شد (جدول ۵). دربررسی میزان منتون در گیاهان تحت تنش میزان این ماده با کاهش میزان آبیاری (تا حد متوسط) و افزایش غلظت تیمار محلول پاشی محرک رشد طبیعی کیتوپلاس با افزایش همراه بود. و بیشترین میزان منتون (۳۳/۰۸ درصد) در گیاهان تیمار شده با محرک رشد طبیعی کیتوپلاس در سطح ۱۰ میلی‌لیتر تحت شرایط تنش آبیاری درفواصل آبیاری ۱٤ روزبه دست امد. لازم به ذکر است که میزان منتون در گیاهان تحت تنش آبیاری درفواصل آبیاری ۲۱ روز با کاهش همراه بود که این کاهش در گیاهان تیمار شده با محرک رشد طبیعی کیتوپلاس کمتر از گیاهان فاقد تیمار بود و این تیمارها از کاهش میزان منتون در گیاهان تحت تیمار جلوگیری کرده است (جدول ۵).

در بررسی میزان منتول و استرهای منتول در گیاهان تیمارشده و قرار گرفته تحت تنش آبیاری بیشترین میزان منتول (۲۵/۳۱ درصد) در گیاهان تحت تاثیر اترمتقابل محرک رشدی کیتوپلاس (درغلظت ۵ میلی‌لیتر) تحت تنش آبیاری در فواصل آبیاری ۷ روز مشاهده شد. میزان این ماده در گیاهان در فواصل آبیاری ۱٤ و ۱۲ روز کاهش معنی‌داری داشت که این کاهش در گیاهان تحت تیمار محرک رشد طبیعی کیتوپلاس نسبت به گیاهان فاقد تیمار (گیاهان شاهد) کاهش کمتری داشت (جدول ۵).

میزان منتافوران در گیاهان تیمار شده با افزایش غلظت تیمار محلول پاشی محرک رشد طبیعی کیتوپلاس طی شرایط آبیاری درفواصل آبیاری ۱٤ تا ۲۱ روز با افزایش همراه بود که در گیاهان تحت تیمار با محرک رشد طبیعی کیتوپلاس بیشتر از گیاهان فاقد تیمار بود و بیشترین میزان منتافوران (۲۳/۲۷ درصد) در گیاهان تیمار شده با محلول پاشی محرک رشدی کیتوپلاس در غلظت ۱۰ میلی‌لیتر تحت شرایط آبیاریدر فواصل آبیاری ۱٤ روز مشاهده شد (جدول ۵).

ترکیب اسانس و عصاره درمناطق مختلف اکولوژیکی یکسان نیست. مواد تشکیل دهنده اندام‌های یک گیاه در زمان‌های مختلف بسیارمتفاوت می‌باشد و باید در زمان مناسب اندامی که دارای بیشترین میزان ماده مؤثره است را جمع آوری کرد (راینا و همکاران ۲۰۰۱: هاک الما و همکاران، ۲۰۰۷). ازجمله عوامل مهمی که در میزان مواد مؤثره گیاهان نقش دارد و می‌بایستی در هنگام جمع آوری گیاهان بویژه دارویی و معطر مورد توجه قرارگیرند، زمان برداشت مناسب است (اسمتی و همکاران ۲۰۱۳).

اثر تنش خشکی بر متابولیت‌های ثانویه در برخی از گیاهان دارویی، اغلب موجب افزایش بعضی از ترکیب‌ها و یا ثابت ماندن آن‌ها می‌شود (صالحی ارجمند ۲۰۰۵). تاثیرات نامناسب تنش خشکی در کاهش عملکرد اسانس در گیاه ریحان (صالحی ارجمند ۲۰۰۵)، آویشن (لیتچامو و همکاران ۱۹۹٤) و اکلیل کوهی (سولیناس و دیانا، ۱۹۹٦) گزارش شده است. مقایسه نوع و ترکیب درصد مواد موجود در اسانس درگیاهان نعناع فلفلی تیمار شده با محرک رشد طبیعی کیتوپلاس تحت تنش خشکی نشان دهنده تفاوت‌های در نوع ترکیبات موجود در این گونه گیاهی است. به‌طور کلی ترکیباتب نظیر منتول، منتون، ژرماکونD، و ترپنوئیدهایی نظیر پینن در اغلب خانواده نعناعیان گزارش شده است که تحت تاثیر شرایط محیطی

جدول ۵- اثرات متقابل محرک رشد طبیعی و نانوذره تحت تنش آبیاری بر اجزای اسانس در گیاهان دارویی نعناع فلفلی

فاصله آبیاری	۷ روز						۱۴ روز						۲۱ روز					
کیتوپلاس (میلی‌لیتر در لیتر)	۰		۵		۱۰		۰		۵		۱۰		۰		۵		۱۰	
اجزای اسانس		RT		RT		RT		RT		RT		RT		RT		RT		RT
.alpha.-pene	۱/۰۳	۵/۲۵۹	۱/۰۸	۵/۲۳	۰/۹۹	۵/۳۴	۰/۹۱	۵/۲۸	-	-	۱/۸	۵/۳۵	۳/۰۹	۵/۳۴	۰/۶۵	۵/۳۵	-	-
eta.-Pinene	۱/۳۱	۶/۰۷۲	۱/۳۳	۵/۹۹	۱/۲۲	۶/۰۶	۱/۱۹	۶/۰۹	۰/۵۶	۶/۳	۱/۳۸	۶/۱۳	۵/۱	۶/۱۶	۰/۸۸	۶/۱۳	۰/۸	۶/۰۹
monene	۲/۳۷	۷/۰۵۶	۲/۳۴	۶/۰۷	۲/۲۳	۷/۰۵	-	-	-	-	-	-	۵/۸۳	۷/۲۳	-	-	۲/۵۷	۷/۰۹
ucalyptol	۵/۹۶	۷/۱۳۸	۳/۸	۷/۰۶	۵/۲۵	۷/۱۳۵	۶/۳۳	۷/۱۶	۷/۰۶	۷/۴۲	۶/۶۳	۷/۱۵	۵/۵۳	۷/۳۶	۱۰/۵۱	۷/۱۷	۵/۶۱	۷/۱۶
erpineol, cis-eta.-	۱/۳۳	۱۰/۰۹	۱/۵۶	۷/۸۳	۱/۲۷	۷/۸۳	۱/۲۳	۷/۸۳	۱/۶۱	۷/۸۹	۱/۰۵	۷/۸۵	۱/۰۳	۸/۱۲	۱/۱	۷/۸۶	۱/۳۲	۷/۸۶
MENTHONE	۲۶/۷۵	۱۰/۲۷	۲۹/۵۵	۱۰/۱۱	۲۹/۸۹	۱۰/۰۸	۲۸/۸	۱۰/۱۱	۳۳/۰۸	۶/۱۸	۲۹/۰۱	۹/۹۶	۳/۰۲	۱۰/۳۶	۲۸/۸۳	۹/۹۷	۲۶/۹۸	۹/۹۸
ENTHOFUR N	۱۵/۵۳	۱۰/۳۲	۱۵/۵۸	۱۰/۲۹	۱۷/۸	۱۰/۲۶	۱۶/۱۶	۱۰/۳۰	۱۹/۶	۶/۳۰	۲۳/۲۷	۱۰/۱۸	-	-	۱۶/۱۹	۱۰/۲۱	۱۷/۳۷	۱۰/۲۰
(-)-Menthol	۲۰/۷۸	۱۰/۶۶	۲۵/۳۱	۱۰/۳۳	۲۱/۳۱	۱۰/۶۳	۲۰/۶۶	۱۰/۶۷	۲۰/۶۶	۷/۰۴	۱۲/۱۵	۱۰/۹۳	۱/۰۹	۱۵/۶۵	۱۹/۴	۱۰/۵۵	۲۳/۰۸	۱۰/۵۵
yclohexanol ulegone	۳/۶۶	۱۲/۵۴	۵/۷۸	۱۲/۵۴	۳/۳۸	۱۲/۵۳	۵/۱۳	۱۲/۵۸	۷/۲۹	۹/۵۹	۳/۱۲	۱۲/۳۴	۶/۵۲	۱۳/۸۶	۵/۱	۱۲/۵	۳/۶۵	۱۰/۳۹
mphane $$ cyclo[2.2.1]h tan	۳/۸	۱۳/۶۴	۳/۱۳	۱۳/۶۳	۳/۳۵	۱۳/۶۱	۲/۳	۱۳/۶۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
aryophyllene	۲/۳۷	۱۹/۱۷	۳/۱۳	۱۹/۱۷	۲/۳۲	۱۹/۱۶	۲/۲۹	۱۹/۱۷	۱۰/۳۳	۱۸/۲۳	۳/۱۳	۱۹/۱۲	۱۰/۳۹	۱۹/۶	۳/۸۹	۱۹/۳	۲/۹۲	۱۹/۱۲
ERMACREN D	-	-	۲/۷	۲۱/۰۹	۲/۳۷	۲۱/۰۷۵	۲/۳۳	۲۱/۰۸	-	-	۳/۲۱	۱۹/۰۳	۱۱/۲	۱۹/۷	۲/۷۳	۲۱/۰۳	۲/۰۲	۲۱/۰۳

و نوع تغذیه از نظر درصد این مواد در اسانس گیاه نعناع فلفلی تفاوت‌های فراوانی وجود دارد. با توجه به اینکه مهم‌ترین پارامتر در کاشت نعناع فلفلی میزان ماده اروماتیک منتول در اسانس آن بوده و در واقع ارزش اقتصادی و دارویی ان وابسته به میزان منتول موجود در آن است، بنابراین هدف اصلی از کاشت و داشت این گیاه استخراج میزان منتول در آن می باشد (اسمتی و همکاران ۲۰۱۳).

نتیجه گیری کلی

باتوجه به نتایج حاصل ازاین تحقیق می‌توان دریافت مصرف محرک رشدی کیتوپلاس تأثیربیشتری برعملکرد کمی و کیفی نعناع فلفلی بویژه درشرایط تنش خشکی داشته و تا حدی اثرات منفی تنش خشکی را نیز در شهرستان پارس‌آباد مغان جبران می‌کند. به‌طور کلی می‌توان گفت افزایش عملکرد و درصد اسانس در گیاه نعناع فلفلی با دست‌ورزی تکنیک‌های زراعی امکانپذیرمی‌باشد. کود زیستی کیتوپلاس همراه با کاهش تنش آبیاری در فواصل آبیاری ۱۴ روزموجب افزایش درصد اسانس محتوای کلروفیل، عرض ساقه، طول میانگره نسبت به گیاهان شاهد و فاقد تیمار شد. کیتوپلاس با غلظت $5\ ml.l^{-1}$ توانست تنش خشکی را بهتر تعدیل نماید وموجب بهبود رشد، عملکرد و درصد اسانس در گیاه نعناع فلفلی شود. در انتها در بررسی ترکیبات اسانس میزان منتول و استرهای منتول در گیاهان تیمارشده و قرار گرفته تحت تنش آبیاری؛ بیشترین میزان منتول در گیاهان تحت تاثیر اترمتقابل محرک رشدی کیتوپلاس و تنش کم ابیاری شد. بنابراین، به نظرمی‌رسد که در راستای نیل به اهداف کشاورزی پایدار استفاده از محرک رشدی کیتوپلاس در غلظت‌های مختلف به جای کودهای شیمیایی قابل توصیه باشد.

منابع مورد استفاده

Abd El-Hadi NIM, Abo El-Ala H K and Abd El-Azim WM, 2009. Response of Some Mentha Species To Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB) Isolated From Soil Rhizosphere. Australian Journal of Basic and Applied Science 3 (4): 4437 - 48.

Asgharipour MR andRafiei M, 2011. The Effect Of different Concentrations of humic Acidonseed Germination Behavior and Vigor of barley. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(12): 610-613.

Azzaz NA, Hassan EA andHamad EH, 2009. The Chemical Constituent and Vegetative and Yielding Characteristics of Fennel Plants Treated with Organic and Bio-fertilizer Instead of Mineral Fertilizer. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3 (2): 579 - 87.

Babel S, Kurniawan TA, 2003. Low-cost adsorbents for heavy metals uptake from contaminated water: a review. Journal of Hazardous Materials, 97: 219-243.

Bahreininejad B, Razmjoo J, andMirza M, 2013. Influence of water stress on morphophysiological and phytochemical traits in *Thymus daenensis*. International. Journal Plant Prodoction, 7: 155-66.

Banon SJ, Ochoa J, Franco JA, Alarcon JJ andSanchez-Blanco MJ, 2006. Hardening of coleander seedlings by deficit irrigation and low air humidity. Environmental and Experimental Botany. 56: 36-43.

Bettaieb I, Zakhama N, Aidi Wannes W, Kchouk ME andMarzouk B, 2009. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. Scientia horticulturae, 120: 271-75.

Cavatte PC, Rodiguez-L Opez NF, Martins SC, Mattos MS, Sanglard LM andDaMatta FM, 2012. Functional analysis of the relative growth rate, chemical composition, construction and maintenance costs and the payback time of *Coffea Arabica* L. leaves in response to light and water availability. Journal of Experimental Botany, 63: 3071-82.

Cheng X, Zhou U, Cui X, 2006. Improvement of phenylethanoid glycosides biosynthesis in Cistanchede serticolacell suspension cultures by chitosan elicitor. Biotechnology, 121: 253- 260.

Dai J, Orsat V, Raghavan GSV andYaylayan V, 2010. Investigation of various factors for the extraction of peppermint (*Mentha piperita* L.) Leaves. Journal of Food Engineering, 96: 540 – 3.

Dunford NT, Vazquez RS, 2005. Effect of water stress on plant growth and thymol and carvacol concentrations in Mexican oregano grown under controlled conditions. Journal of Applied Horticulture, 7(1): 20-22.

Ekren S, Sonmez C, Ozcakal E, Kukul Kurttas Y, Bayram E andGurgulu H, 2012. The effect of different irrigation water levels on yield and quality characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum* L.). Agricultural water management, 109: 155-61.

El-Tanahy AMM, Mahmoud AR, Abde-Mouty MM and Ali AH, 2012. Effect of chitosan doses and nitrogen sources on the growth, yield and seed quality of cowpea.Aus. Journal of Basic and Applied Sciences, 6 (4): 115-121.

Farouk S andRamadan A, 2012. Improving growth and yield of cowpea by foliar application of chitosan under water stress. Egyptian Journal of Biology,14: 14- 26.

Foster S, 1996. Peppermint*: Mentha piperita*. American Botanical Council- Botantical Series, 306: 3-8.

Garcia AC, Santos LA, Izquierdo FG, Rumjanek VM, Castro dos Santos F S, de Souza LGA, Germ M, Kreft I, Stibilj V andUrbanc-Berčič O, 2014. Combined effects of selenium and drought on photosynthesis and mitochondrial respiration in potato. Plant Physiology and Biochemistry, 45: 162–167.

Ghasemi Siani E, Fallah S and Tadayyon A, 2011. Study on yield and seed quality of Plantago ovata Forssk under different nitrogen treatments and deficit irrigation. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 27(3), 517-528.

Gornik K, Grzesik M andDuda BR, 2008. The effect of chitosan on rooting of gravevine cuttings and on subsequent plant growth under drought and temperature stress. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 16: 333-43.

Hakk Alma M, Ertaş M, Nitz S. and Kollmannsberger H, 2007. Chemical composition and content of essential oil from the bud of cultivated Turkish clove (*Syzygiumaromaticum* L.). Bioresources, 2(2): 265-269.

Herms DA and MattsonWJ, 1992. The dilemma of plants: To grow or defend. The Quarterly Review of Biology, 67:283 – 325.

Hong-Bo Sh, Li-Ye Ch, Cheruth AJ andChang-Xing Z, 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. Current Research in Biologies, 331: 215–225.

Jangow G, Hoeflich G andHoffman KH, 1991. Inoculation of non-symbiotic rhizosphere bacteria: Possiblities of increasing and stabilizing yield. Angewandte Botanik, 65:97-126.

Khan WM, Prithiviraj B andSmiyh DL, 2002. Effect of foliar application of chitin oligosaccharides photosynthesis of maize and soybean. Photosynthetica, 40: 621-24.

Koochaki A, Tabrizi L andGhorbani R, 2008. Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 1 (6): 588 - 91.

Kumar A, Samarth RM andYasmeen S, 2004. Anticancer and radioprotective potentials of *Mentha piperita* L. Journal of Bio Factors, 22 (1-4): 87- 91.

Lawlor, DWCornic G, 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant Cell Environment, 25: 275-94.

Letchamo W, Marquard R, Holz J. and Gosselin A, 1994. Effects of water supply and light intensity on growth and essential oil of two Thymus vulgaris selections. Angewandte Botanic, 68: 83-88.

Mahmoudian M, Ismail Zadeh M and Nasri M, 2011. Corresponding to crown cover, leaf chlorophyll, stomatal conductance and performance of dwarf garnet ducts. Journal of Ecophysiology of Crops,3 (2): 144-1

Mandal S, 2010. Induction of phenolics, lignin and key defense enzymes in eggplant (*Solanum melongena L.*) roots in response to elicitors. Biotechnology, 9:8038-8047.

Martin EC, Slack DC, Tannksley KA and Basso B, 2006. Of Fresh and composted dairy manure applications on alfalfa yield and the environment in Arizona. Agronomy Journal, 98: 80-84.

Najafvand SN, Alemzadeh A andAnsari F, 2008. Effect of different level of nitrogen fertilizer with two types of bio-fertilizer on growth and yield of two cultivars of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). Journal of Plant Science,7(8):757-761.

Norozphour G, Rezvani-Mogadam P, 2006. Effect of irrigation intervals and plant density on yield and essential oil of black seed beads (*Nigella sativa* L.). Journal of Agronomy and Horticulture, 73, 133-138.

Omidbaigi, R and Mahmoudi Sorestani M, 2010. Effect of drought stress on some morphological traits, amount and yield of essential oil of Agastache foeniculum [pursh] kuntze. Journal of Horticultural Science of Iran, 4 (2): 153-161.

Raina VK, SrivastavaS K, Aggarwal KK, Syamasundar KV and Kumar S, 2001. Essential oil composition of Syzygiumaromaticum leaf from Little Andaman, India. Flavour and Fragrance Journal, 16(5): 396-384.

Rebey BI, Jabri-Karoui I, Hamrouni-Sellami I, Bourgou S, Limam F and Marzouk B, 2012. Effect of drought on the biochemical composition and antioxidant activities of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds. Industrial Crops and Products, 36: 238–245.

Rezaei Chiyaneh E, Zehtab Salmasi S, Ghassemi Golezani K and delazar A, 2012. Effect of irrigation treatments on yield and(*Foenicolum vulgare* L.) landraces. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science, 22(4): 58-70.

Rezaei Rad H, Hoshmad AR, Nasseri AA and Siyahpoush MR, 2013. Effect of drought stress on physiological characteristics and corn yield in presence of shallow depths in climatic conditions of Ahwaz. Irrigation 39,(1): 55-66.

Salehi Arjmand H, 2005. The effect of environmental stresses on the increase of secondary metabolites in plants, Proceedings of the National Conference on Sustainable Development of Medicinal Plants, Forests and Rangeland Research Institute Publications, pp. 305-307.

Salekjalali M, Haddad R and Jafari B, 2012. Effect of water shortages on the activity of antioxidant enzymes and contents of chlorophyll and proteins in barley. Am-Euras. Journal of Agriculture and Environmental Sciences, 12 (1): 57-63.

Shao HB, Chu LY, Jaleel CA andZhao CX, 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. Comptes Rendus Biologies, 331: 215-25.

Sharma AK, 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India, 407 p.

Singh R, Shushni AM and Belkheir A, 2011. Antibacterial and antioxidant activities of *Mentha piperita* L. Arabian Journal of Chemistry, 1: 1 - 5.

Smeti S, Atti N, Mahouachi M and Munoz F, 2013. Use of dietary rosemary essential oils to increase the shelf life of barbarine light lamp meat. Small Ruminant Research 113, 340-345.

Solinas V and Deiana S, 1996. Effect of water and nutritional conditions on the Rosmarinus officinalis L. phenolic fraction and essential oil yields. Italian Epos, 19: 189-198.

Verma RS, Rahman L, Verma RK, Chauhan A, Yadav A K and Singh A, 2010. Essential oil composition of Menthol mint (*Mentha arvensis* L.) and Peppermint (*Mentha piperita* L.) cultivars at different stages of plant growth from Kumaon Region of Western Himalaya. Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 1 (1): 13 - 8.

Wang Y, Ma F, Li M, Liang D and Zou J, 2011. Physiological responses of kiwifruit plants to exogenous ABA under drought conditions. Plant Growth Regulation, 64: 63-74.

Zahir AZ, Arshad M andFrankenberger WF, 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. Advances in Agronomy, 81: 97-168.