



دانشگاه گوارن و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و پنجم، شماره چهارم، ۱۳۹۷

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2018.14361.2910

تأثیر کم‌آبیاری و نانو کود بر خصوصیات زایشی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.)

*محمد نادریان‌فر^۱، حسین کریمی^۲، حسین انصاری^۳ و مجید عزیزی^۴

^۱استادیار گروه علوم مهندسی آب، دانشگاه جیرفت، ^۲دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم مهندسی آب، دانشگاه تربیت مدرس،

^۳استاد گروه علوم مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، ^۴استاد گروه علوم باغبانی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۹۶/۲/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۵/۲۴

چکیده

سابقه و هدف: ریحان (*Ocimum basilicum* L.) یکی از گیاهان مهم متعلق به تیره نعناع (*Lamiaceae*) است که به‌عنوان گیاه دارویی، ادویه‌ای و همچنین به‌صورت سبزی تازه مورد استفاده قرار می‌گیرد. امروزه با افزایش جمعیت، کم‌شدن منابع آبی و همچنین افزایش قیمت زمین‌های کشاورزی، کشاورزی به روش مکانیزه از اهمیت خاصی برخوردار شده و در این میان با ورود نانو تکنولوژی به عرصه تولید کودها، از یک‌سو به دلیل پایین آمدن pH محصولات و نیز ریز شدن ذرات کودی تا حد یون قدرت جذب آنها توسط گیاه به‌نحو چشمگیری افزایش یافته و از سوی دیگر با توجه به نیاز کم‌تر به کودها توجیه اقتصادی و هزینه تولید در واحد سطح برای کشاورزان بسیار مناسب شده است.

مواد و روش‌ها: پژوهش حاضر جهت بررسی اثر متقابل کم‌آبیاری، بافت خاک و استفاده از نانو کود بر اجزای عملکرد گیاه ریحان دارویی بود که در دو بافت سبک (W_1) و متوسط (W_2) روی گیاه ریحان آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۸ تیمار و ۳ تکرار اجرا شد. تیمارهای کم‌آبیاری شامل سه سطح آبیاری ($I_1=100\% ET_c$)، ($I_2=75\% ET_c$) و ($I_3=50\% ET_c$) و تیمار کود شامل ۳ سطح نانو کود با غلظت کامل (F_1)، ۷۰ درصد غلظت نانو کود (F_2) و عدم استفاده از نانو کود (F_3) بر روی بوته‌ها اعمال گردید.

یافته‌ها: نتایج آنالیز واریانس بیانگر آن بود که آبیاری اثر معنی‌داری روی موسیلاژ، شاخص تورم، درصد اسانس، وزن بذر در بوته، تعداد بذر در بوته، تعداد شاخه جانبی، تعداد و ارتفاع گل‌آذین، تعداد گره در بوته و عملکرد دانه دارد. بررسی اثر متقابل بافت خاک، نانو کود و آبیاری روی پارامترهای اشاره‌شده در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار شده به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار موسیلاژ (۰/۴۰ گرم) در تیمار $F_2I_2W_1$ ، شاخص تورم (۶۷/۶۷ میلی‌لیتر) در تیمار $F_1I_1W_2$ ، درصد اسانس (۰/۸۳۳) در تیمار $F_1I_3W_1$ ، تعداد گره در بوته (۱۲۵)، ارتفاع گل‌آذین (۱۰/۶۶ سانتی‌متر)، تعداد بذر در بوته (۲۷۱۲)، وزن بذر در بوته (۳/۳۶ گرم) در تیمار $F_1I_1W_2$ و کم‌ترین آن نیز در تیمار $W_2I_3F_3$ به‌دست آمد. همچنین بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه (۶۱/۲۶ گرم بر مترمربع) در تیمار با بافت خاک لومی-شنی، آبیاری کامل و نانو کود با غلظت ۱۰۰ درصد ($W_1I_1F_1$) حاصل شد که نشان‌دهنده تأثیر نانو کود بر بهبود عملکرد ریحان است.

* مسئول مکاتبه: naderian.mohamad@ujiro.ac.ir

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش‌ها بیانگر آن بود که تیمار آبیاری اثر معنی‌داری روی خصوصیات رشد گیاه ریحان داشته است و با افزایش تنش بر گیاه ریحان به علت کمبود رطوبت لازم برای رشد مطلوب گیاه منجر به کاهش صفات مورد بررسی و حصول نامطلوب شاخص‌های رشد شده است. در حالی که با افزایش تنش آبی درصد اسانس گیاه ریحان افزایش یافته است، به طوری که بیش‌ترین درصد اسانس در تیمار $F_1I_3W_1$ و $F_1I_3W_2$ به دست آمد و نشان می‌دهد که نانو کود تأثیر مثبتی بر درصد اسانس گیاه ریحان داشته است. نتایج نشان می‌دهد که آبیاری، بافت خاک و نانو کود اثر معنی‌داری روی موسیلاژ و شاخص تورم دارد به طوری که در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار شده است.

واژه‌های کلیدی: اسانس گیاه، شاخص تورم، عملکرد دانه، موسیلاژ

مقدمه

باعث می‌شود که دریافت آب به وسیله ریشه‌ها از خاک به آسانی صورت گرفته و زهکشی و تهویه خاک نیز به سهولت انجام گیرد. مثلاً یک خاک رسی و سنگین که قادر است حجم زیادی آب را در خود ذخیره نماید اما حرکت و خارج شدن آب از آن به دشواری صورت می‌گیرد و یا یک خاک شنی که جابجایی آب داخل آن به آسانی صورت می‌گیرد اما قادر نیست حجم زیادی از آب را داخل خود ذخیره کند (۱). از آنجایی که یکی از راه‌های پیشنهادی برای استفاده بهینه از آب کم موجود اصلاح بستر خاک می‌باشد، بنابراین حرکت آب در خاک تحت تأثیر بافت خاک قرار دارد که در پژوهش حاضر به آن پرداخته می‌شود.

کود یکی از منابع تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان زراعی می‌باشد که باعث افزایش عملکرد و ... می‌شود. امروزه دنیا در آستانه انقلاب در تولید محصولات ارگانیک قرار گرفته است. در این میان فناوری نانو عبارت است از هنر دست‌کاری مواد در مقیاس اتمی یا مولکولی (ابعادی کم‌تر از ۱۰۰ نانومتر) که با هدف در دست گرفتن کنترل آن‌ها در سطح مولکولی و اتمی و استفاده از خواص آن‌ها در این سطوح انجام می‌گیرد؛ زیرا در فناوری نانو نسبت سطح به حجم بسیار زیادتر، ذخیره انرژی زیادتر به شکل شیمیایی، چگالی بسیار بیشتر، هدایت

امروزه با افزایش جمعیت، کم‌شدن منابع آبی و همچنین افزایش قیمت زمین‌های کشاورزی، کشاورزی به روش مکانیزه از اهمیت خاصی برخوردار شده و همین مسأله سبب شده که امروزه شاهد محصولات متنوع نهاده‌های کشاورزی از جمله کود، سم، بذر و محصولات دیگر باشیم که هر کدام دارای ویژگی‌های خاص خود بوده و هدف از این تنوع در واقع افزایش راندمان و بهره‌وری در واحد سطح می‌باشد. عمده تلفات منابع آب کشور نیز به بخش کشاورزی تعلق دارد که حدود ۹۴ درصد از مقدار آب استحصال‌شده سالانه را به خود اختصاص می‌دهد، در صورتی که این نسبت در کشورهای پیشرفته کم‌تر از ۶۵ درصد است (۱۰)؛ بنابراین نیاز به بهبود مدیریت کاربرد آب در مزرعه ضروری به نظر می‌رسد که هم باعث صرفه‌جویی آب، نیروی کار و حفاظت از خاک شده و علاوه بر آن موجبات افزایش محصول را در برابر مصرف آب فراهم می‌سازد. در زنجیره «آب- خاک- گیاه و اتمسفر» خاک را می‌توان مخزنی دانست که آب را موقتاً در خود ذخیره کرده و سپس به تدریج در اختیار گیاه قرار می‌دهد. یک خاک خوب زراعی، خاکی است که در عین حالی که مقدار قابل توجهی آب در آن ذخیره می‌شود آب نیز به آسانی از یک نقطه به نقطه دیگر آن انتقال پیدا کند. این عمل

با گسترش سطح می‌باشد. کم‌آبیری راهکار بهینه‌سازی است که در آن آگاهانه به گیاهان اجازه داده می‌شود با دریافت آب کم‌تر از نیاز، محصول خود را کاهش دهند (۱۵). کم‌آبیری می‌تواند برای گسترش سطح زیر کشت و به حداکثر رسانیدن و یا بهبود تثبیت تولید محصولات یک منطقه نیز استفاده می‌شود.

پژوهش‌های وسیعی در رابطه با اثر تنش خشکی و کم‌آبیری بر روی محصولات زراعی انجام گرفته است (۸ و ۱۱)، ولی در رابطه با واکنش گیاهان دارویی و معطر در شرایط تنش آبی و بررسی اثر متقابل کم‌آبیری و استفاده از نانو کودها بررسی‌های خیلی کمی صورت گرفته است. سیمون و همکاران (۱۹۹۲) اثر رژیم‌های مختلف آبی بر روی گیاه ریحان را بررسی نموده و گزارش کردند که با کاهش پتانسیل آب برگ از ۰/۳- مگا پاسکال (شاهد) به ۱/۱۲- مگا پاسکال (تنش آبی متوسط) مقدار اسانس برگ‌ها از ۳/۱ به ۶/۲ میکرولیتر در گرم وزن خشک برگ افزایش و وزن خشک برگ و ساقه با تشدید کمبود آب کاهش یافتند (۲۱). اثر دور آبیاری (در فواصل ۷، ۱۴ و ۲۸ روز) بر روی گیاه ریحان نشان داد که با طولانی شدن دور آبیاری، به‌رغم این‌که رشد گیاه و عملکرد اسانس کاهش یافت، ولی درصد اسانس افزایش نشان داد (۱۹). چارلز و سیمون (۱۹۹۰) گزارش کردند که در گیاه نعناع میزان ماده خشک و عملکرد اسانس با انجام آبیاری بیش‌تر افزایش می‌یابد (۵). آلکایر و همکاران (۱۹۹۳) اثر آبیاری زیاد، کم و عدم آبیاری (شاهد) را در گیاه نعناع بررسی نمودند (۲). همچنین واکنش برخی از گیاهان دارویی به شرایط تنش و کمبود آب توسط سایر پژوهشگران مورد بررسی قرار گرفته است (۶ و ۱۲). ریحان دارای عملکرد ماده خشک در حدود ۱/۲ تن در هکتار است (۱۶). وومل و سیلان (۱۹۷۷) گزارش کردند که

الکتریکی بهتر، کارایی بهتر و پیشرفته‌تر می‌شود. بیش‌تر از ۹۵ درصد کودهای مصرفی و وارداتی حال حاضر در کشورمان بر اساس خاک‌های اسیدی اروپا فرموله و ساخته شده است که نتایج استفاده از آن‌ها در خاک‌های قلیایی ایران هیچ تطابقی با نتایج ذکرشده در آن کشورها نداشته و از سوی دیگر به‌دلیل هزینه بالا دارای توجیه اقتصادی مناسبی برای کشاورزان نمی‌باشد؛ اما با ورود نانو تکنولوژی به عرصه تولید کودها، از یک‌سو به‌دلیل پایین آمدن pH محصولات و نیز ریز شدن ذرات کودی تا حد یون قدرت جذب آن‌ها توسط گیاه به نحو چشمگیری افزایش یافته و از سوی دیگر با توجه به نیاز کم‌تر به کودها توجیه اقتصادی و هزینه تولید در واحد سطح برای کشاورزان بسیار مناسب شده است (کاتالوگ شرکت زلال آب شرق).

ریحان (*Ocimum basilicum* L.) یکی از گیاهان مهم متعلق به تیره نعناع (*Lamiaceae*) است که به‌عنوان گیاه دارویی، ادویه‌ای و همچنین به‌صورت سبزی تازه مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۰). کشور ما در بخشی از کره زمین قرار گرفته که در بسیاری از نقاط آن نزولات جوی نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی را تأمین نمی‌کند. از طرف دیگر، روند دقیق ساخت اسانس در گیاهان هنوز به‌خوبی مشخص نشده است، ولی اسانس‌ها به‌طور کلی بازمانده‌های ناشی از فرایندهای اصلی متابولیسم گیاهان، به‌ویژه در پاسخ به تنش وارد شده به گیاه محسوب می‌شوند (۹). تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی تحت کنترل ژنتیکی است، ولی عوامل محیطی به‌ویژه شرایط تنش‌زا، نقش عمده‌ای در کمیت و کیفیت این مواد به عهده دارند. کم‌آبیری یک راهکار بهینه برای به عمل آوردن محصولات تحت شرایط کمبود آب است که همراه با کاهش محصول در واحد سطح و افزایش آن

بیش‌ترین عملکرد اسانس (۱/۱٪) در سطح آبیاری ۵۰ درصد (I₅₀) به‌دست آمد. همچنین نتایج بیانگر آن بود که تنش آبی اثر منفی روی ارتفاع گیاه و عملکرد ریحان دارد ولی از طرفی با کاهش میزان آب آبیاری میزان اسانس ریحان افزایش یافته است (۲۳).

با توجه به این‌که پژوهش‌های کمی در رابطه به اثر بافت خاک، نانو کودها و کم آبیاری روی اجزای عملکرد زایشی ریحان انجام شده است در پژوهش حاضر به دنبال یافتن اثر متقابل کم‌آبیاری، بافت خاک و استفاده از نانو کود روی عملکرد بذر و اجزای زایشی گیاه ریحان و تغییرات موسیلاژ، شاخص تورم بذر و درصد اسانس پس از اعمال متقابل کم‌آبیاری و استفاده از نانو کود هستیم.

مواد و روش‌ها

برای بررسی اثرات کم آبیاری، کود، در دو بافت خاک بر رشد و عملکرد زایشی گیاه ریحان رقم کشکنی لولو (*keshkeni luvelou*) آزمایشی در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ درجه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا در تیرماه سال ۱۳۹۲ انجام شد. آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۸ تیمار و سه تکرار اجرا شد. تیمارهای کم‌آبیاری شامل سه سطح آبیاری ET_c ، $I_1=100\%$ ، $I_2=75\%$ و $I_3=50\%$ بودند. منبع آب آبیاری آب لوله‌کشی شده گلخانه پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد بود.

برای کشت ریحان از گلدان‌های پلاستیکی که در کف آن خروجی‌هایی به‌عنوان زهکش تعبیه شد، استفاده گردید. قطر این گلدان‌ها ۲۷ سانتی‌متر و ارتفاع آن ۳۰ سانتی‌متر می‌بود. خاک مورد استفاده در

عملکرد ماده خشک اندام هوایی ریحان ۱۵۵۱ کیلوگرم در هکتار است (۲۵). آراباسی و بایرام (۲۰۰۴) در پژوهشی روی ریحان گزارش کرده‌اند که بیش‌ترین عملکرد ماده تر ۴۱۹۷/۵ کیلوگرم در هکتار است و عملکرد ماده خشک ۱۰۷۸/۶ کیلوگرم در هکتار است (۳). دادوند سراب و همکاران (۱۳۸۷) به بررسی تغییرات میزان اسانس و عملکرد گیاه دارویی ریحان تحت‌تأثیر تراکم و کود نیتروژن را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که بیش‌ترین عملکرد ماده خشک و اسانس در واحد سطح در تیمار تراکم ۲۶۶۶۶۶ بوته در هکتار و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن حاصل شده است (۴). تهامی زرنندی و همکاران (۲۰۱۰) به مقایسه تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و درصد اسانس گیاه دارویی ریحان پرداختند که نتایج نشان‌دهنده برتری معنی‌دار کود آلی نسبت به شاهد و شیمیایی در بسیاری از صفات اندازه‌گیری‌شده بود (۲۲). پیوندی و همکاران (۱۳۹۰) به مقایسه تأثیر نانو کلات آهن با کلات آهن بر پارامترهای رشد و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان ریحان (*Ocimum Basilicum*) پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که پارامترهای رشد در گیاهانی که در معرض تیمار کود آهن با غلظت ۷/۵ کیلوگرم در هکتار و نانو کود آهن با غلظت ۱ کیلوگرم در هکتار بودند، نسبت به شاهد افزایش یافته است. به‌طورکلی نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که جایگزینی کود آهن تهیه‌شده با فناوری نانو در مقایسه با کودهای آهن رایج در غلظت مناسب یا کم‌تر نسبت به کود آهن می‌تواند سبب افزایش رشد کمی و کیفی ریحان شود (۱۷). سدیکا و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری روی عملکرد و خصوصیات کیفی گیاه ریحان بنفش پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع گیاه و عملکرد آن در سطح آبیاری ۱۲۵ درصد (I₁₂₅) به‌دست آمده است. همچنین

حجمی و قرائت سنسور به دست آمد و سنسورها واسنجی شد. با توجه به بافت خاک و حداکثر میزان تبخیر- تعرق گیاه، دور آبیاری در طول فصل رشد ثابت و دو روز در نظر گرفته شد. رطوبت خاک قبل از هر آبیاری و بعد از آبیاری پس از توقف زه آب با استفاده از دستگاه REC-P55 اندازه گیری شد و میزان آب مصرفی برای هر تیمار آبیاری در طول فصل رشد محاسبه شد.

تیمارهای کودی شامل سه سطح و یک سطح به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. برنامه کودی به این صورت اعمال می شود که در ابتدای فصل نانو فسفر^۲، نانو سوپرمیکرو (شامل ۱۱ عنصر اصلی مورد نیاز گیاه به صورت یون قابل جذب می باشد)^۳، نانو پتاسیم^۴ و نانو ازت^۵ با غلظت ۷۰٪ (F_{Nano1}) و ۱۰۰٪ (F_{Nano2}) به گیاه ریحان بر اساس آزمون خاک داده می شود. در میانه و انتهای فصل نیز همین برنامه کودی رعایت می شود ولی مقدار آن تغییر می کند که مقدار آن در جدول های ۱ و ۲ ارائه شده است. همچنین یک سطح نیز بدون استفاده از کود به عنوان شاهد در نظر گرفته می شود. نمای شماتیک از طرح اجرا شده در شکل زیر مشاهده می شود. جدول ۳ تصویر شماتیک طرح آزمایشی این پژوهش را نشان می دهد.

۲- نانو کود فسفر جذب ۱۸٪ شامل یون قابل جذب فسفر بوده که به عنوان کلید زندگی گیاه معروف است که رشد زایشی و تشکیل گل را به دنبال دارد.

۳- Fe 4%, Zn 5%, Mn 2%, K 2%, Mg 1%, Cu 1%, N 5%, P 4%, Mo 0.04%, Ca 15%, B 0.06%

۴- نانو کود کلات پتاسیم ۲۳٪ شامل یون اصلی قابل جذب پتاسیم بوده و این محصول موجب مقاومت گیاه در برابر بیماری ها و خشکسالی و خطر سرمازدگی در گیاه می گردد.

۵- نانو کود ازت ۲۵٪ که شامل یون اصلی قابل جذب ازت بوده و یکی از عناصر اصلی مورد نیاز گیاه می باشد.

گلدانها به صورت دستی و در دو بافت سبک (لوم- شنی) و متوسط (لومی) در نظر گرفته شده و داخل هر گلدان تعداد ۱۵ بذر ریحان رقم کشکنی لولو در عمق ۱ سانتی متر از خاک کاشته شد و پس از رشد ریحان در هر گلدان تعداد ۵ عدد بوته نگهداری شد. برای اعمال تیمارهای آبیاری از تشتک تبخیر استفاده شد. در هر نوبت آبیاری میزان آب مصرفی با ضریب تشت (۰/۸) و ضریب گیاهی پیشنهادی FAO در طول دوره رشد و میزان آبیاری ($ET_c = k_c k_p E_{pan}$) محاسبه و با توجه به تیمار آبیاری به وسیله استوانه مدرج با در نظر گرفتن سطح هر گلدان اعمال شد. ضریب گیاهی ریحان در مراحل اولیه، توسعه، میانی و انتهایی رشد به ترتیب ۰/۶، ۱، ۱/۱۵ و ۱/۱ در نظر گرفته شد و طول دوره رشد در هر مرحله ۱۶، ۴۴، ۳۲ و ۱۸ روز بود. همچنین، به منظور محاسبه تبخیر- تعرق واقعی گیاه ریحان، رطوبت خاک با استفاده از دستگاه REC-P55^۱ اندازه گیری شد. دستگاه REC-P55 از دو قسمت دیتالاگر و سنسورها تشکیل شده است. برای اندازه گیری رطوبت خاک تعداد ۳۶ سنسور در گلدانهای در دو تکرار استفاده شد. برای واسنجی دستگاه رطوبت سنج REC-P55 از دو گلدان که دارای بافت خاک W_1 و W_2 بودند، استفاده شد.

در ابتدا گلدانها از آب اشباع شده و پس از آن وزن گلدانها تا رسیدن به وزن اولیه خاک خشک در روزهای مختلف اندازه گیری و همزمان سنسورها قرائت شدند. با اندازه گیری وزن خاک خشک و وزن مرطوب خاک گلدانها، درصد رطوبت وزنی و حجمی دو نوع خاک محاسبه و معادله بین رطوبت

۱- دستگاه REC-P55 به وسیله دکتر حسین انصاری عضو هیأت علمی گروه مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد اختراع و ثبت شده است.

کیفیت و کمیت مواد مؤثره پیکر رویشی بسیار نامناسب است.

پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل وزن بذر در بوته، تعداد بذر در بوته، وزن هزاردانه، تعداد شاخه جانبی، تعداد گل‌آذین، ارتفاع گل‌آذین، تعداد گره در بوته، موسیلاژ، اسانس، شاخص تورم و عملکرد دانه بودند. همچنین جهت تعیین شاخص تورم یک گرم بذر از هر تیمار درون استوانه ۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد و به وسیله آب مقطر به حجم رسانده شد و در یک ساعت اول هر ۱۰ دقیقه محلول را تکان می‌دهیم و پس از ۳ ساعت حجم اشغال شده توسط دانه‌های ریحان بر حسب میلی‌لیتر اندازه‌گیری می‌شود (۹). جهت تعیین درصد اسانس از هر تیمار آزمایشی ۱۰ گرم پیکر رویشی خشک شده کاملاً خرد شده و به روش تقطیر با آب توسط دستگاه کلونجر عمل اسانس‌گیری انجام می‌شود (۹ و ۱۶) و در نهایت درصد اسانس در هر تیمار محاسبه می‌شود. همچنین برای اندازه‌گیری موسیلاژ از روش میشر و همکاران، (۲۰۰۲) استفاده شد (۱۴).

کاشت ریحان در تمامی گلدان‌ها در تاریخ ۲۷ خردادماه سال ۱۳۹۳ صورت گرفت. در ابتدا مقدار ۲ نوع خاک مختلف انتخاب شده که پس از تعیین بافت خاک، مشخص شد که دارای بافت سبک و متوسط هستند. عمق کاشت بذر ۱ سانتی‌متر و فواصل کاشت ۴ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در هر گلدان تعداد ۱۵ بوته کاشته شد که در نهایت پس از سبز شدن تعداد ۱۰ بوته حذف شد و در هر گلدان ۵ بوته نگهداری شد. همچنین سنسورها جهت تعیین تغییرات رطوبت خاک در وسط هر گلدان نصب شدند. روز قبل از کاشت، خاک جعبه‌ها در حد اشباع آبیاری گردید تا در زمان کشت رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی قرار داشته باشد. در ابتدا تیمارها به‌طور یکسان آبیاری شدند و اولین ریحان در تاریخ ۳۰ خردادماه سال ۱۳۹۳ سبز شد. همچنین اولین کود آبیاری در تاریخ ۱۲ تیر ۱۳۹۳ انجام گرفت. با توجه به این‌که در پژوهش حاضر هدف از کشت ریحان جمع‌آوری بذر آن بود، بنابراین محصول را یک‌بار هنگامی که بذرها رسیده باشند برداشت می‌کنند. در این مرحله

جدول ۱- درصد مقادیر کود نانو با غلظت‌های مختلف در پژوهش حاضر.

Table 1. The different percentage of chemical fertilizers in this study.

سوپر میکرو Super micro	ازت N	پتاسیم K	فسفر P	نوع کود Fertilizer type
18	35	18	18	غلظت کل (L/ha)*
7	11	7	7	غلظت ابتدای فصل (L/ha)**
7	13	7	7	غلظت وسط فصل (L/ha)***
4	11	4	4	غلظت انتهای فصل (L/ha)****

* Total concentration

** Concentration at the beginning of season

*** Concentration at the middle of season

**** Concentration at the end of season

جدول ۲- برنامه ریزی مقدار کود مصرف شده در هر گلدان برای ابتدای فصل کشت.

Table 2. The amount of nano fertilizer scheduled for the beginning of the growing season.

نوع کود (Fertilizer type)				
سوپر میکرو Super micro	ازت N	پتاسیم K	فسفر P	
7	11	7	7	غلظت ابتدای فصل (L/ha)
0.0572	0.0572	0.0572	0.0572	A* (m ²)
0.04	0.04	0.04	0.04	Q** (mL)
٪20	٪20	٪20	٪20	خطای آزمایش (Error)
0.05	0.075	0.05	0.05	حجم نانو کود در تیمار F ₁ (میلی لیتر)
0.035	0.053	0.035	0.035	حجم نانو کود در تیمار F ₂ (میلی لیتر)

A* سطح مقطع گلدان و Q** حجم نانو کود داده شده

جدول ۳- تصویر شماتیک طرح آزمایشی مورد استفاده در پژوهش.

Table 3. Schematic image of experimental designs used in research.

F ₁ I ₃ W ₂	F ₁ I ₂ W ₂	F ₁ I ₁ W ₂	F ₁ I ₃ W ₁	F ₁ I ₂ W ₁	F ₁ I ₁ W ₁	
F ₂ I ₃ W ₂	F ₂ I ₂ W ₂	F ₂ I ₁ W ₂	F ₂ I ₃ W ₁	F ₂ I ₂ W ₁	F ₂ I ₁ W ₁	تکرار اول
F ₃ I ₃ W ₂	F ₃ I ₂ W ₂	F ₃ I ₁ W ₂	F ₃ I ₃ W ₁	F ₃ I ₂ W ₁	F ₃ I ₁ W ₁	
F ₃ I ₁ W ₂	F ₂ I ₃ W ₁	F ₃ I ₂ W ₂	F ₁ I ₃ W ₁	F ₁ I ₁ W ₁	F ₃ I ₁ W ₁	
F ₃ I ₃ W ₂	F ₁ I ₂ W ₂	F ₁ I ₁ W ₂	F ₃ I ₂ W ₁	F ₂ I ₂ W ₁	F ₂ I ₁ W ₁	تکرار دوم
F ₂ I ₃ W ₂	F ₁ I ₂ W ₁	F ₃ I ₃ W ₁	F ₁ I ₃ W ₂	F ₂ I ₁ W ₂	F ₂ I ₂ W ₂	
F ₃ I ₃ W ₁	F ₂ I ₂ W ₂	F ₃ I ₁ W ₁	F ₂ I ₃ W ₁	F ₃ I ₁ W ₂	F ₂ I ₁ W ₂	
F ₁ I ₁ W ₁	F ₁ I ₃ W ₁	F ₂ I ₂ W ₁	F ₁ I ₁ W ₂	F ₃ I ₂ W ₂	F ₂ I ₃ W ₂	تکرار سوم
F ₁ I ₂ W ₁	F ₃ I ₂ W ₁	F ₁ I ₃ W ₂	F ₃ I ₃ W ₂	F ₂ I ₁ W ₁	F ₁ I ₂ W ₂	

درصد اسانس و عناصر ماکرو گیاه (فسفر، پتاسیم و ازت) اندازه گیری شدند. اندازه گیری های صفات رشد از تاریخ ۹۳/۴/۱۵ (یک ماه بعد از کاشت) آغاز و هر ۱۰ روز یک بار صورت گرفت. آخرین نمونه برداری در تاریخ ۹۳/۸/۱ انجام شد. شکل ۱ رشد گیاه ریحان را نشان می دهد.

نتایج و بحث

در این پژوهش میزان تغییرات رشد و نمو ریحان در اثر مقدار آب آبیاری، نانو کود و بافت خاک مورد بررسی قرار گرفت. صفات مورد بررسی در انتهای فصل کشت شامل خصوصیات زایشی گیاه ریحان از جمله: وزن بذر در بوته، تعداد بذر در بوته، وزن هزاردانه، تعداد شاخه جانبی، ارتفاع گل آذین و عملکرد دانه می باشد. همچنین میزان موسیلاژ، شاخص تورم،



شکل ۱- زمان رسیدن بذرهای گیاه ریحان جهت برداشت.

Figure 1. Time of seed ripening to harvest basil plant.

تعداد و ارتفاع گل آذین: نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که تیمار آبیاری روی تعداد و ارتفاع گل آذین اثر معنی‌داری داشته است، ولی بافت خاک و نانو کود روی ارتفاع گل آذین اثر معنی‌داری نداشته در حالی که اثر متقابل بافت خاک، نانو کود و آبیاری روی تعداد گل آذین معنی‌دار شده است ولی بر ارتفاع گل آذین اثر معنی‌داری نداشته (جدول ۴). بیش‌ترین میانگین تعداد گل آذین در تیمار $W_2I_1F_1$ به میزان $20/66$ به‌دست آمد و کم‌ترین مقدار آن در تیمار $W_1I_3F_3$ ($7/33$) به‌دست آمد که نشان می‌دهد کم آبیاری روی تعداد و ارتفاع گل آذین گیاه ریحان تأثیر زیادی داشته است (جدول ۵). بیش‌ترین و کم‌ترین میانگین ارتفاع گل آذین در تیمار $W_2I_1F_1$ ($10/66$) و تیمار $W_2I_3F_3$ (7) به‌دست آمد ولی از لحاظ آماری همه تیمارها در یک گروه قرار گرفتند. نتایج پژوهش فرزانه و همکاران (۲۰۱۰) بیانگر آن بود که هرچه تنش آبی ملایم‌تر باشد ارتفاع گل آذین بیش‌تر شده و گل‌دهی به تعویق می‌افتد بنابراین با تشدید تنش آبی تشکیل گل آذین تسریع شده و ارتفاع آن کاهش می‌یابد (۷).
عملکرد دانه: نتایج جدول آنالیز واریانس (جدول ۴) نشان می‌دهد که تیمار آبیاری و نانو کود اثر معنی‌داری روی عملکرد دانه داشته است در حالی که

وزن هزاردانه، وزن و تعداد بذر در بوته: نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که اثر آبیاری روی وزن بذر و تعداد بذر در بوته اثر معنی‌دار داشته است به‌طوری‌که در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار شده است. همچنین اثر متقابل بافت خاک، نانو کود و آبیاری در سطح $0/01$ معنی‌دار شده است به‌طوری‌که بیش‌ترین وزن و تعداد بذر در تیمار $W_2I_1F_1$ به‌دست آمد. در حالی که کم‌ترین میانگین وزن و تعداد بذر در تیمار $W_2I_3F_3$ به‌دست آمد (جدول ۵). نتایج تجزیه واریانس وزن هزاردانه نشان داد که اثر متقابل آن‌ها معنی‌داری ($P < 0/05$) است ولی میانگین‌ها در یک گروه قرار گرفتند. در پژوهشی دیگر کاربرد انواع کودهای آلی و بیولوژیک تأثیر نسبتاً مشابهی بر وزن کل بذر در گیاه و وزن هزاردانه گیاه ریحان داشت (۲۲).

تعداد شاخه جانبی و تعداد گره روی بوته: نتایج نشان داد که آبیاری اثر معنی‌داری روی تعداد شاخه جانبی و تعداد گره روی بوته دارد ($P < 0/01$) در حالی که اثر بافت خاک و نانو کود معنی‌دار نشد ولی اثر متقابل بافت خاک، نانو کود و آبیاری روی تعداد شاخه جانبی معنی‌دار شد به‌طوری‌که بیش‌ترین میانگین آن در تیمار $W_1I_1F_3$ و کم‌ترین آن در نیز در تیمار $W_1I_3F_1$ به‌دست آمد (جدول ۵).

آبیاری ناقص (I_2) اختلاف معنی داری وجود نداشت و در یک گروه قرار گرفتند.

درصد اسانس گیاه: نتایج تجزیه واریانس، بیانگر تفاوت معنی دار بین تیمارها از لحاظ درصد اسانس بود (جدول ۶). تیمارهای کم آبیاری که کمترین عملکرد در آن‌ها حاصل شده است، سبب تولید بیشترین درصد اسانس بودند (شکل ۳) و از این نظر با بقیه تیمارها تفاوت معنی دار داشتند. بیشترین درصد اسانس در تیمار $F_1I_3W_1$ و $F_1I_3W_2$ به دست آمد که نشان می‌دهد که نانو کود تأثیر مثبتی بر درصد اسانس گیاه ریحان داشته است. تهامی زرنندی (۲۰۱۰) نیز گزارش کرد که بیشترین درصد اسانس گیاه ریحان در تیمار شاهد که دارای کمترین عملکرد برگ بودند به دست آمده است که علت آن به افزایش متابولیت‌های ثانویه که اسانس نیز جزو آن‌ها می‌باشد تحت شرایط تنش مربوط می‌باشد (۲۲). سدیکا و همکاران (۲۰۰۷) نیز گزارش کردند که بیشترین عملکرد اسانس (۱/۱٪) در سطح آبیاری ۵۰ درصد به دست آمد (۲۳). همچنین نتایج آن‌ها بیانگر آن بود که تنش آبی اثر منفی روی ارتفاع گیاه و عملکرد ریحان دارد ولی از طرفی با کاهش میزان آب آبیاری میزان اسانس ریحان افزایش یافته است که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد.

درصد عناصر ماکرو گیاه: پس از هر برداشت میزان ازت (N)، فسفر (P) و پتاسیم (K) اندازه‌گیری شد. در شکل ۳ میانگین این عناصر تحت تأثیر کم آبیاری و غلظت نانو در چین‌های مختلف کشت نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که اثر متقابل نانو کود، کم آبیاری و بافت خاک بر روی درصد عناصر پرمصرف گیاه ریحان اثر معنی داری دارد. در بین چین‌ها نیز بیشترین میزان عناصر در چین سوم مشاهده شد که علت آن می‌تواند به خاطر کود آبیاری قبل از برداشت آخر و یا تجمع عناصر باشد.

بافت خاک اثر معنی داری نداشته ولی اثر متقابل بافت خاک، نانو کود و آبیاری روی عملکرد دانه معنی دار شده است، به طوری که بیشترین میانگین عملکرد بوته در تیمار با بافت خاک لومی، آبیاری کامل و نانو کود با غلظت ۱۰۰ درصد ($W_1I_1F_1$) به میزان ۶۱/۲۶ گرم بر مترمربع به دست آمد. همچنین کمترین میزان عملکرد بوته در تیمار $W_2I_3F_3$ (۱۷/۹۷) گرم بر مترمربع به دست آمد. لطفی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که افزودن ۴۰ تن در هکتار کود دامی به زمین باعث افزایش معنی دار عملکرد دانه در گیاه اسفرزه شده است (۱۳).

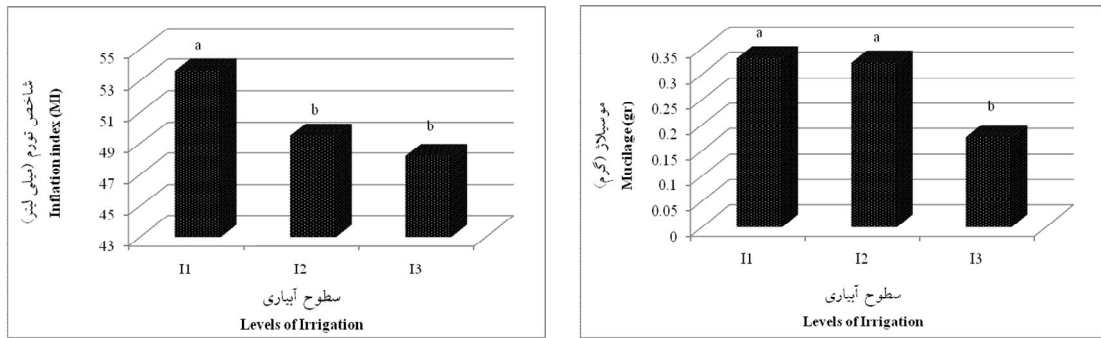
بررسی تغییرات موسیلاژ و شاخص تورم: در جدول ۶ به بررسی میانگین مربعات خصوصیات ریشه، موسیلاژ و شاخص تورم پرداخته شده است. نتایج نشان می‌دهد که آبیاری، بافت خاک و نانو کود اثر معنی داری روی موسیلاژ و شاخص تورم دارد به طوری که در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی دار شده است. همچنین اثر متقابل بافت خاک، نانو کود و کم آبیاری نیز معنی دار شده است به طوری که بیشترین میزان موسیلاژ در تیمار $F_2I_2W_1$ به میزان ۰/۴ گرم به دست آمد. همچنین کمترین میزان موسیلاژ نیز در تیمار $F_2I_1W_2$ (۰/۱۹) گرم به دست آمد که نشان می‌دهد کم آبیاری بر روی تغییرات موسیلاژ اثر مثبتی داشته است. نتایج جدول ۷ نشان می‌دهد که بیشترین میزان شاخص تورم در تیمارهای $F_1I_2W_2$ ، $F_1I_1W_2$ و $F_3I_3W_2$ به دست آمده است. همچنین کمترین میزان موسیلاژ نیز در تیمارهای $F_2I_2W_1$ و $F_2I_3W_1$ به دست آمده است. در شکل ۲ نیز میانگین موسیلاژ و شاخص تورم در تیمارهای آبیاری نشان داده شده است که نشان می‌دهد بیشترین میزان موسیلاژ و شاخص تورم در تیمار آبیاری کامل به دست آمده است. هر چند که برای موسیلاژ بین تیمار آبیاری کامل (I_1) و

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده بخش زایشی ریحان.
Table 4. The results of analysis variance (Mean Squares) measured reproductive traits basil.

عملکرد دانه (gr/m ²) Seed yield (gr/m ²)	تعداد گره در بوته Number of nodes per plant	ارتفاع کل آذین Inflorescence height	تعداد گل آذین Number of inflorescences	تعداد شاخه‌جایی Number of branches	وزن هزاردانه 1000-seed weight	تعداد بذر در بوته Number of seeds per plant	وزن بذر در بوته (gr) Seed weight per plant (gr)	درجه آزادی df	منابع تغییر Change resources
0.3 ^{ns}	27.4 ^{ns}	2.34 ^{ns}	160.16**	2.08 ^{ns}	0.018*	344990 ^{ns}	0.413 ^{ns}	1	W
5410.9**	5933.8**	18.39**	181.16**	29.03**	0.029 ^{ns}	3416380**	5.80**	2	I
654.4**	1393.9*	1.06 ^{ns}	27.26**	2.93 ^{ns}	0.022 ^{ns}	870504**	1.90**	2	F
50.1 ^{ns}	696.1 ^{ns}	1.73 ^{ns}	31.50**	6.37*	1.014 ^{ns}	121898 ^{ns}	0.20 ^{ns}	2	W*I متقابل
57 ^{ns}	2016.1**	0.23 ^{ns}	69.12**	11.62**	0.009 ^{ns}	858710**	1.13*	2	W*F متقابل
34.1 ^{ns}	412.1 ^{ns}	2.54 ^{ns}	34.63**	13.26**	0.052*	157201 ^{ns}	0.107 ^{ns}	4	I*F متقابل
406.9*	254.1 ^{ns}	2.87 ^{ns}	18.33*	4.20*	0.046*	446746**	0.421 ^{ns}	4	W*I*F متقابل
112	289.3	1.84	4.71	1.49	0.017	147884	2.245	36	خطا (Error)
18139.6	33187.9	133.30	1159.83	225.71	0.634	18619603	29.46	53	خطای کل (Total error)

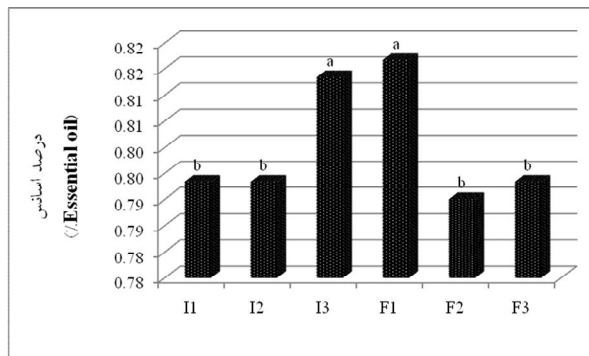
جدول ۵- بررسی اثر متقابل عملکرد و اجزای عملکرد ریحان.

عملکرد دانه (gr/m ²)	تعداد گره در بوته	ارتفاع گل‌آذین	از تعداد گل‌آذین	تعداد شاخه جانبی	تعداد بوته در بوته	وزن هزاردانه	وزن 1000-seed weight	تعداد بوته در بوته	تعداد بذرها در بوته	وزن بذر در بوته (gr)	سطوح مورد بررسی		
											Number of nodes per plant	Inflorescence height	Number of inflorescences
61.26 ^a	82.50 ^{abc}	9.33 ^a	7.50 ^d	10 ^{abcdef}	1.27 ^a	1978 ^{abc}	2.46 ^{abcd}	1	1	1			
57.40 ^{ab}	84.67 ^{abc}	10.33 ^a	8.67 ^{cd}	13 ^{abc}	1.47 ^a	1834 ^{abcd}	2.82 ^{ab}	2	1	1			
51.45 ^{ab}	75.33 ^{abc}	10.66 ^a	17.66 ^{ab}	13.67 ^a	1.13 ^a	2099 ^{abc}	2.50 ^{abcd}	3	3	3			
51.90 ^{ab}	67 ^{bc}	9 ^a	10 ^{cd}	10 ^{abcdef}	1.52 ^a	1627 ^{abcd}	2.41 ^{abcd}	1	1	1			
46.40 ^{abcd}	98 ^{ab}	8.66 ^a	8 ^{cd}	13 ^{abc}	1.26 ^a	2111 ^{ab}	2.65 ^{abc}	2	2	2			1
41.60 ^{abcd}	54 ^{bc}	8.66 ^a	11.33 ^{abcd}	8.67 ^{def}	1.42 ^a	1071 ^{bcd}	1.54 ^{bcd}	3	3	3			
28.50 ^{bcd}	48	9 ^a	7.66 ^d	7.33 ^f	1.27 ^a	1034 ^{bcd}	1.30 ^{cd}	1	1	1			
32.08 ^{abcd}	62.67 ^{bc}	9.33 ^a	7.33 ^d	7.86 ^{ef}	1.32 ^a	1196 ^{bcd}	1.61 ^{bcd}	2	2	3			
19.67 ^{cd}	48.33 ^{bc}	8 ^a	7.33 ^d	10.33 ^{abcdef}	1.25 ^a	1015 ^{bcd}	1.34 ^{bcd}	3	3	3			
55.22 ^{ab}	125 ^a	10.66 ^a	20.66 ^a	9.83 ^{bcd}	1.33 ^a	2712 ^a	3.36 ^a	1	1	1			
53.22 ^{ab}	75.50 ^{abc}	9.25 ^a	14.50 ^{abc}	11 ^{abc}	1.51 ^a	1646 ^{abcd}	2.46 ^{abcd}	2	1	1			
52.99 ^{ab}	78.33 ^{abc}	10.66 ^a	18 ^a	11.16 ^{abcde}	1.34 ^a	1300 ^{bcd}	1.68 ^{bcd}	3	3	3			
48.64 ^{abc}	72.67 ^{bc}	7 ^a	17.66 ^{ab}	12.33 ^{abcd}	1.42 ^a	1546 ^{bcd}	2.16 ^{abcd}	1	1	1			
29.60 ^{bcd}	54 ^{bc}	9.66 ^a	10.66 ^{cd}	9.33 ^{cd}	1.53 ^a	1060 ^{bcd}	1.63 ^{bcd}	2	2	2			2
41.67 ^{abcd}	76.33 ^{bc}	9 ^a	8.33 ^{cd}	9 ^{def}	1.36 ^a	1161 ^{bcd}	1.58 ^{bcd}	3	3	3			
41.18 ^{abcd}	59 ^{bc}	7.66 ^a	8.66 ^{cd}	9.33 ^{cd}	1.45 ^a	1253 ^{bcd}	1.83 ^{bcd}	1	1	1			
31.68 ^{abcd}	48 ^{bc}	8.33 ^a	9.66 ^{cd}	8.67 ^{def}	1.32 ^a	980 ^{cd}	1.28 ^{cd}	2	2	3			
17.97 ^d	38.33 ^c	7 ^a	8.33 ^{cd}	10 ^{abc}	1.51 ^a	730 ^d	1.10 ^d	3	3	3			



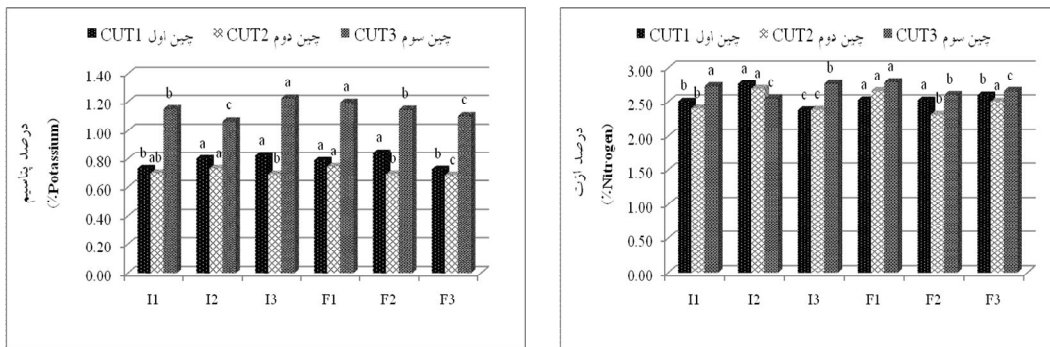
شکل ۲- شاخص تورم و موسیلاژ اندازه‌گیری شده در سطوح مختلف آبیاری ($I_1=100\%$, $I_2=75\%$, $I_3=50\%$).

Figure 2. Swelling index and measured mucilage at different levels of irrigation ($I_1=100\%$, $I_2=75\%$, $I_3=50\%$).



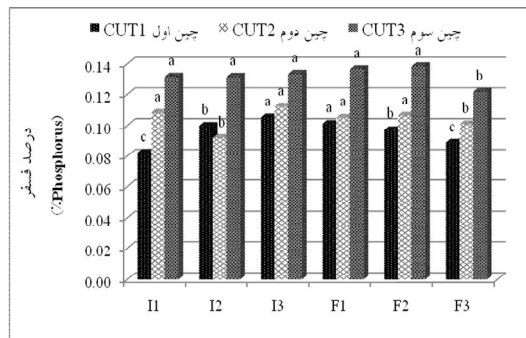
شکل ۳- درصد اسانس اندازه‌گیری شده در سطوح مختلف آبیاری و نانو کود.

Figure 3. The essential oil content measured at different levels of irrigation and nano fertilizer.



(b)

(a)



(c)

شکل ۴- درصد عناصر پرمصرف گیاه ریحان a: ازت b: پتاسیم c: فسفر.

Figure 4. Macro element percentage of basil.

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) موسیلاژ، شاخص تورم، وزن تر و خشک ریشه و درصد اسانس اندازه‌گیری شده.

Table 6. The results of analysis variance (Mean Squares) Mucilage, swelling index, fresh and dry root weight and essential oil percentage.

وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	شاخص تورم Swelling index	موسیلاژ Mucilage	درصد اسانس Essential oil	درجه آزادی df	منابع تغییر Change resources
0.056 ^{ns}	1.243 ^{ns}	707.78**	0.059**	0.00036 ^{ns}	1	W
0.350**	2.719**	159.76**	0.003**	0.0058**	2	I
0.051 ^{ns}	1.093*	1684.76*	0.005**	0.0033**	2	F
0.186*	2.323**	266.62**	0.0004 ^{ns}	0.0035**	2	اثر متقابل W*I
0.336**	3.038**	2017.23**	0.139**	0.00059 ^{ns}	2	اثر متقابل W*F
0.091 ^{ns}	1.477**	430.99**	0.006**	0.00063 ^{ns}	4	اثر متقابل I*F
0.012 ^{ns}	0.088 ^{ns}	230.81**	0.151**	0.0010*	4	اثر متقابل W*I*F
0.055	0.359	5.73	0.0002	0.00029	36	خطا (Error)
4.308	38.79	11817.21	0.202	0.0444	53	خطای کل (Total error)

جدول ۷- بررسی اثر متقابل میانگین موسیلاژ، شاخص تورم، وزن تر و خشک ریشه و درصد اسانس اندازه‌گیری شده.

Table 7. The interaction effects of Mucilage, swelling index, fresh and dry root weight and essential oil percentage.

وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	شاخص تورم Swelling index	موسیلاژ Mucilage	درصد اسانس % Essential oil%	سطوح مورد بررسی Treatment		
					F	I	W
2.944	0.702	51.83 ^{cd}	0.23 ^{ef}	0.773 ^{bcd}	1		
4.083	1.029	32.33 ^e	0.38 ^{ab}	0.766 ^{cde}	2	1	
3.250	0.790	63.67 ^{ab}	0.35 ^{bc}	0.750 ^{de}	3		
2.142	0.526	51.67 ^d	0.23 ^e	0.788 ^{abcde}	1		
2.667	0.801	28 ^e	0.40 ^a	0.793 ^{abcd}	2	2	1
3.500	0.852	52.33 ^{cd}	0.35 ^{bc}	0.796 ^{abcd}	3		
2.500	0.618	50 ^d	0.38 ^{ab}	0.833 ^a	1		
3.625	0.914	27 ^e	0.31 ^{cd}	0.800 ^{abcd}	2	3	
3.583	0.951	62.33 ^{ab}	0.34 ^{bc}	0.803 ^{abc}	3		
3.833	1.507	67.67 ^a	0.31 ^{bc}	0.801 ^{abc}	1		
3.581	0.859	48 ^d	0.19 ^f	0.796 ^{abcd}	2	1	
2.097	0.446	29.33 ^e	0.24 ^e	0.788 ^{abcde}	3		
2.083	0.760	68 ^a	0.26 ^{de}	0.806 ^{abc}	1		
2.933	0.665	59 ^{bc}	0.31 ^{cd}	0.740 ^e	2	2	2
2.958	0.596	30 ^e	0.25 ^e	0.77 ^{cde}	3		
3.722	1.158	67.67 ^a	0.27 ^{de}	0.833 ^a	1		
3.583	1.081	46.67 ^d	0.31 ^{cd}	0.823 ^{ab}	2	3	
3.583	1.144	68 ^a	0.25 ^e	0.783 ^{abcde}	3		

* این میزان موسیلاژ از یک گرم بذر به دست آمده است.

تورم و موسیلاژ روابط مثبت و منفی وجود دارد که بسته به سطح تنش در پژوهش‌های مختلف و نوع زنوتیپی که مورد بررسی قرار می‌گیرد دارد. به‌طوری‌که پژوهش‌های رحیمی و همکاران (۱۳۹۳) بیانگر آن بود که با افزایش درصد موسیلاژ فاکتور تورم افزایش یافته است در حالی‌که سایر پژوهشگران نتایج متفاوتی به‌دست آوردند (۱۸).

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش‌ها بیانگر آن بود که تیمار آبیاری اثر معنی‌داری روی خصوصیات رشد گیاه ریحان داشته است و با افزایش تنش بر گیاه ریحان به‌علت کمبود رطوبت لازم برای رشد مطلوب گیاه منجر به کاهش صفات مورد بررسی و حصول نامطلوب شاخص‌های رشد شده است. در حالی‌که با افزایش تنش آبی درصد اسانس گیاه ریحان افزایش یافته است، به‌طوری‌که بیش‌ترین درصد اسانس در تیمار $F_1I_3W_1$ و $F_1I_3W_2$ به‌دست آمد که نشان می‌دهد که نانو کود تأثیر مثبتی بر درصد اسانس گیاه ریحان داشته است. نتایج نشان می‌دهد که آبیاری، بافت خاک و نانو کود اثر معنی‌داری روی موسیلاژ و شاخص تورم دارد به‌طوری‌که در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار شده است. همچنین اثر متقابل بافت خاک، نانو کود و کم‌آبیاری نیز معنی‌دار شده است به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان موسیلاژ در تیمار $F_2I_2W_1$ به‌میزان ۰/۴ گرم به‌دست آمد. همچنین کم‌ترین میزان موسیلاژ نیز در تیمار $F_2I_1W_2$ (۰/۱۹ گرم) به‌دست آمد که نشان می‌دهد کم‌آبیاری بر روی تغییرات موسیلاژ اثر مثبتی داشته است.

رابطه بین اجزای عملکرد ریحان: ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد دانه ریحان در جدول ۸ ارائه شده است. به‌طوری‌که بیش‌ترین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه با وزن دانه و تعداد کل دانه به‌میزان $R=0/98$ به‌دست آمده است. همچنین وزن هزاردانه با سایر اجزای عملکرد از همبستگی منفی و کمی برخوردار است. نتایج توشیح (۲۰۰۴) نیز نشان داد عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد سنبله بارور، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در بوته، عملکرد بیولوژیک دارد (۲۳). دلیل این موضوع را می‌توان این‌گونه ذکر نمود که عملکرد دانه در واحد سطح که تابع اجزای عملکرد است، تحت تأثیر ژنوتیپ تغییر یافته و باعث کاهش و یا افزایش عملکرد می‌شوند. توشیح (۲۰۰۴) نیز گزارش کردند که وزن دانه در تنظیم عملکرد جزء فعال می‌باشد، اما نسبت به سایر اجزای عملکرد از حساسیت کم‌تری برخوردار است (۲۴).

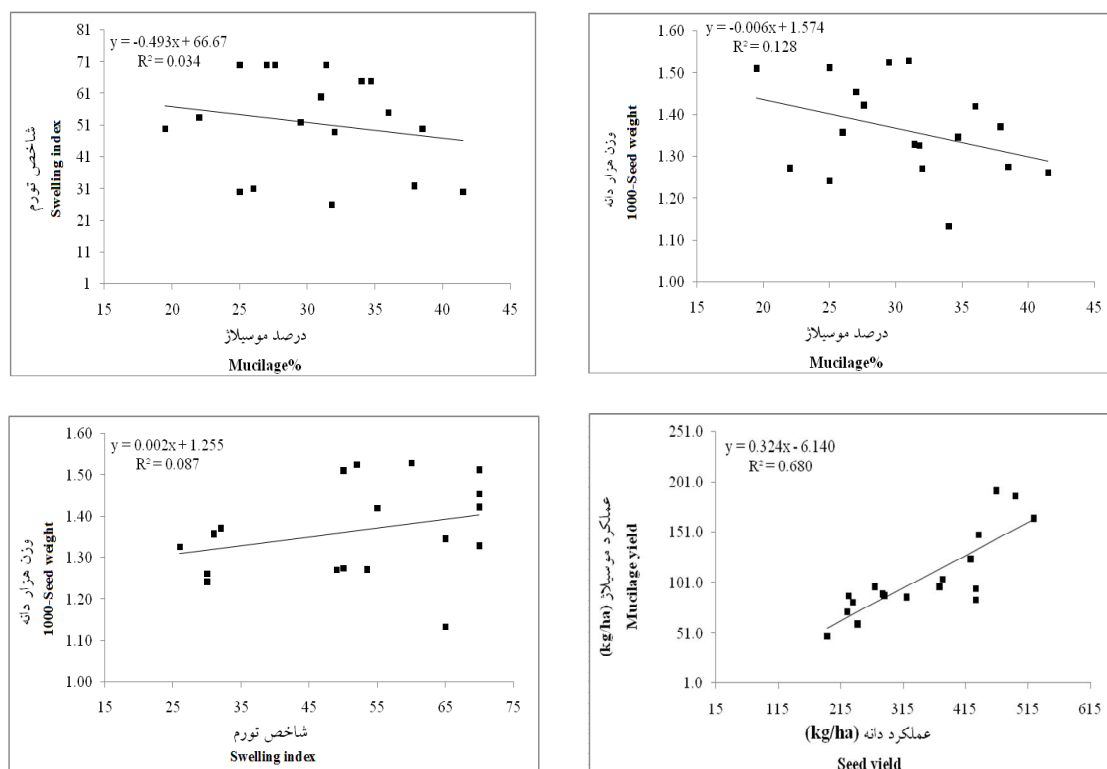
شکل ۵ نشان‌دهنده رابطه مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با عملکرد موسیلاژ می‌باشد ($R^2=0/68$). به‌طوری‌که با افزایش عملکرد دانه، عملکرد موسیلاژ نیز روند افزایشی داشت. این همبستگی مثبت عملکرد دانه با عملکرد موسیلاژ توسط پژوهشگران دیگری نیز گزارش شده است (۱۸). همچنین با افزایش وزن هزاردانه شاخص تورم نیز افزایش یافته است ولی این همبستگی بسیار ضعیف می‌باشد.

نتایج نشان می‌دهد که بین شاخص تورم و درصد موسیلاژ رابطه منفی برقرار است به‌طوری‌که شاخص تورم که خود نیز معرف کیفیت بذر می‌باشد با افزایش درصد موسیلاژ، کاهش یافته است. هر چند پژوهش‌های مختلف بیانگر آن است که بین شاخص

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد دانه ریحان.

Table 8. Correlation coefficient between basil seed yield and yield component.

تعداد گل آذین Number of inflorescences	تعداد کل گره Total number node	وزن هزار دانه 1000-seed weight	تعداد کل دانه Total number seed	وزن کل دانه Total weight seed	عملکرد دانه Seed yield	موسیلاژ Mucilage	تورم Swelling
							1
						1	0.30*
					1	0.32*	0.15
				1	0.99**	0.32*	0.15
			1	0.97**	0.98**	0.36**	0.11
		1	-0.04	0.15	0.15	-0.13	0.28*
	1	-0.03	0.97**	0.95**	0.95**	0.33*	0.07
1	0.77**	0.15	0.69**	0.72**	0.73**	0.13	0.27*



شکل ۵- رابطه بین اجزای عملکرد گیاه ریحان.

Figure 5. The relationship between yield components of basil.

منابع

1. Alizadeh, A. 2005. Relationship between soil and plant. Fifth Edition. Astan Quds Razavi Pub. 472p. (In Persian)
2. Alkire, B.H., Simon, J.E., Palevitch, D., and Putievsky, E. 1993. Water management for Midwestern peppermint (*Mentha piperita* L.) growing in highly organic soils. *Acta Hort.* 344: 544-556.
3. Arabaci, D., and Bayram, E. 2004. The Effect of Nitrogen Fertilization and Different Plant Densities on some Agronomic and Technologic Characteristic of *Ocimum basilicum* L. (Basil). *J. Agro.* 3: 4. 255-62.
4. Dadvand Sarab, M., Naghdi Badi, H., Nasri, M., Makkizadeh, M., and Omid, H. 2008. Changes in Essential Oil Content and Yield of Basil in Response to Different Levels of Nitrogen and Plant Density. *JMP.* 3: 27. 60-70. (In Persian)
5. Charles, D.J., and Simon, J.E. 1990. Effects of osmotic stress on the essential oil content and composition of peppermint. *Phytochem.* 29: 2837-2840.
6. Faker, B.Z. 2000. Effect of drought stress on germination and some aspects of quality and quantity of *Satureja hortensis* essential oil. M.Sc. Thesis in Plant Science, Tarbiat-moallem University of Tehran, 110p.
7. Farzane, A., Ghani, A., and Azizi, M. 2010. The effect of water stress on morphological characteristic and essential oil content of improved sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *J. Plant Prod. Res. (JOPPR).* 17: 1. 103-111. (In Persian)
8. Forouzandeh, M., Fanoudi, M., Arazmjou, E., and Tabiei, H. 2012. Effect of drought stress and types of fertilizers on the quantity and quality of medicinal plant Basil (*Ocimum basilicum* L). *Ind. J. Innov. Dev.* 1: 10. 2277-5390.
9. Hassani, A., and Omidbaigi, R. 2006. Effect of Water stress on some morphological and biochemical characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum*). *J. Biol. Sci.* 6: 4. 763-767.
10. Keshavarz, A., and Sadeghzadeh, K. 2000. Management of water use in agriculture, estimates of future demand, the economic crisis current situation, future prospects and strategies for optimizing water use. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). 29p. (In Persian)
11. Khalid, A.Kh., Hendawy, S.F., and El-Gezawy, E. 2006. *Ocimum basilicum* L. Production under Organic Farming. *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 2: 1. 25-32.
12. Letchamo, W., and Gosseline, A. 1996. Transpiration, essential oil glands, epicuticular wax and morphology of *Thymus vulgaris* are influenced by light intensity and water supply. *J. Hort. Sci.* 71: 123-134.
13. Lotfi, A., Vahabi Sedehi, A., Ghanbari, A., and Heidari, M. 2008. Evaluation of irrigation deficit and animal fertilizer effects on quantity and quality properties of *Plantago ovate* Forssk in Sistan region. *Research of Iranian Medicinal and Aromatic Plants.* 24: 4. 506-518. (In Persian)
14. Mishra, A., Rajani, S., and Dube, R. 2002. Flocculation of textile wastewater by *Plantago psyllium* mucilage. *Macromolecular Material Engineering.* 287: 9. 592-596.
15. Nazari, M., Mehrafarin, A., Naghdi Badi, H., and Khalighi-Sigaroodi, F. 2012. Morphological traits of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) as influenced by foliar application of methanol and nano-iron chelate fertilizers. *Annals of Biological Research.* 3: 12. 5511-5514.
16. Omidbaigi, R. 1997. Approaches to Production and Processing of Medicinal Plants. Vol two. Tarrahane Nashr Publication. Tehran.
17. Peyvandi, M., Parande, H., and Mirza, M. 2011. Comparison of Nano Fe Chelate with Fe Chelate Effect on Growth Parameters and Antioxidant Enzymes Activity of *Ocimum Basilicum*. *NCMBJ.* 1: 4. 89-98. (In Persian)
18. Rahimi, A., Jahansoz, M.R., and Rahimian Mashhadi, H. 2014. Effect of Drought Stress and Plant Density on Quantity and Quality Characteristics of Isabgol (*Plantago ovata*) and French Psyllium. *JCPP.* 4: 12. 143-156. (In Persian)

19. Reffat, A.M., and Saleh, M.M. 1997. The combined effect of irrigation intervals and foliar nutrition on sweet basil plants. Bulletin of Faculty of Agriculture University of Cairo, 48: 515-527.
20. Sepaskhah, A.R., Tavakoli, A.R., and Mousavi, S.F. 2006. Principles and application of deficit irrigation. National Committee on Irrigation and Drainage of Iran, 288p. (In Persian)
21. Simon, J.E., Bubenheim, R.D., July, R.J., and Charles, D.J. 1992. Water stress-induced alternations in essential oil content and composition of sweet basil. J. Essent. Oil Res. 4: 71-75.
22. Tahami Zarandi, M.K., Rezvan Moghaddam, P., and Jahan, M. 2010. Comparison the effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil percentage of Basil (*Ocimum basilicum* L.). J. Ecol. Agric. 2: 1. 63-74. (In Persian)
23. Siddiqui, B.S., Aslam, H., Ali, S.T., Begum, S., and Khatoon, N. 2007. Two new triterpenoids and a steroidal glycoside from the aerial parts of *Ocimum basilicum*. Chem. Pharm. Bull. 55: 516-519.
24. Toushieh, V. 2004. Effect of dryland wheat straw on yield and protein content at dryland wheat. Iran. J. Soil Water Sci. 17: 151-162. (In Persian with English Abstract)
25. Vömel, A., and Ceylan A. 1977. The cultivation of some medicinal plants in Aegean region. J. Natur. Sci. 1: 69-73.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 25(4), 2018

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2018.14361.2910

Effect of deficit irrigation and nano fertilizer on reproductive characteristics of basil (*Ocimum basilicum* L.)

*M. Naderianfar¹, H. Karimi², H. Ansari³ and M. Azizi⁴

¹Assistant Prof., Dept. of Water Engineering Sciences, University of Jiroft,

²M.Sc. Graduate, Dept. of Water Engineering Sciences, University of Tarbiat Modarres,

³Professor, Dept. of Water Engineering Sciences, Ferdowsi University of Mashhad,

⁴Professor, Dept. of Horticultural Science, Ferdowsi University of Mashhad

Received: 05.17.2017; Accepted: 08.15.2018

Abstract

Background and Objectives: Basil (*Ocimum basilicum* L.) is one of the most important plants belonging to the genus Lamiaceae, which is used as herbs, spices and as well as fresh vegetables. Today with increasing population, lowering of water resources, as well as rising prices for agricultural land, mechanized agriculture is of particular importance, at this time, with the introduction of nanotechnology into the production of fertilizers, on the one hand, the ability to absorb them by plant is dramatically increased, because of lowering the pH of products as well as degradation of fertilizer particles as much as an iodine particles. On the other hand, economic justification and production cost per unit area has been very suitable for farmers due to lower fertilizer requirements.

Materials and Methods: The present study was investigate the interaction of deficit irrigation, soil texture and nano-fertilization on yield components of Keshkeni luvellou basil varieties. Therefore, in order to compare the interaction of deficit irrigation, nano-fertilization and the effects of soil texture in the amount of irrigation water in light soil texture (W_1) and medium (W_2) on of Keshkeni luvellou basil varieties, factorial experiment was done based on randomized complete block design (RCBD) with 18 treatments and 3 replications. Deficit irrigation treatments consisted of three levels of irrigation ($I_1=100\%$ ET), ($I_2=75\%$ ET), ($I_3=50\%$ ET) and done on the plant, 3 level of fertilizer contains nano-fertilizer with full concentration (F_1), 70% (F_2) and No nano-fertilizer (F_3).

Results: The results of ANOVA (Analysis of Variance) showed that irrigation has a significant effect on the mucilage, swelling index, essential oil content, seed weight in plant, number of seed in plant, number of branches, number of the inflorescence height, number of nodes in plant and seed yield. The results an interaction of soil, fertilizer and irrigation on the parameters showed that the significant at 0.01 level, so that the maximum amount of mucilage (0.40 mg) in the treatment $F_2I_2W_1$, swelling index (67.67 mL) treated $F_1I_1W_2$, Essential oil content (0.833) in the treatment $F_1I_3W_1$, number of nodes in plant (125), the inflorescence height (10.66 cm), number of seeds per plant (2712), seed weight in plant (3.36 g) in the treatment $F_1I_1W_2$ and was lowest in the treatment $W_2I_3F_3$. Also, the maximum seed yield (61.26 gr/m^2) was obtained in the sandy loam soils treatment, full irrigation and nano-fertilizer with concentration of %100 ($W_1I_1F_1$) which is represents of Nano fertilization on yield improvement of basil.

* Corresponding Author; Email: naderian.mohamad@ujirot.ac.ir

Conclusion: The results showed that irrigation treatment had a significant effect on the growth characteristics of *Ocimum basilicum* and with increasing stress on basil plant due to lack of moisture necessary for optimum plant growth has led to a decrease in traits and getting undesirable growth indices. While the percentage of essential oil of Basil plant increases with increasing water stress, so that the highest percentage of essential oil was obtained in F₁I₃W₁ and F₁I₃W₂ treatments and it illustrates that nano-fertilizer has a positive effect on essential oil content of basil plant. The results showed that irrigation, soil texture and nano-fertilizer have a significant effect on mucilage and swelling index, so that it was significant at 99% probability level.

Keywords: Essential oil, Mucilage, Seed yield, Swelling index

