Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Water and Soil Conservation

Print ISSN: 2322-2069
Online ISSN: 2322-2794

The effect of wick and drip irrigation methods on yield and some growth traits of greenhouse cucumber in different soil textures

Jalal Jalili[1], Hamid Zare Abyaneh[*2]

1. Ph.D. Student of Irrigation and Drainage, Dept. of Water Engineering, University of Bu Ali Sina, Hamedan, Iran. E-mail: j.jalili@acecr.ac.ir
2. Corresponding Author, Professor, Dept. of Water Engineering, University of Bu Ali Sina. E-mail: zare@basu.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 02.04.2023
Revised: 06.27.2023
Accepted: 07.11.2023

Keywords:
Capillary,
Greenhouse ambiance,
Growth assessment,
Soil texture,
Sub-surface irrigation

ABSTRACT

Background and Objectives: The cucumber is one of the semi-tropic vegetables of economic importance that is widely cultivated worldwide. To optimally grow this plant in the greenhouse environment, the requirements for cucumber moisture should be fulfilled. Due to the high efficiency of the irrigation method, two methods of capillary wick irrigation and drip irrigation, among the different irrigation methods, are of interest for this purpose. Thus, the current research was undertaken to determine the effectiveness of the wick irrigation method compared to the drip irrigation method on the yield and some growth characteristics of greenhouse cucumber plants in three different soil textures under the conditions of pot cultivation in the greenhouse environment.

Materials and Methods: This study was conducted for two cultivation periods as a factorial, based on a complete randomized design with three replications in different soil textures including clay-loam (CL) marked with (S1), sandy-clay-loam (SCL) marked with (S2), and sandy-loam (SL) marked with (S3) on greenhouse cucumber Nagene cultivar with two methods of capillary wicking and drip irrigation as well as same nutrition program. The greenhouse used in this project was in the form of a tunnel with a plastic coating, with a height of 3 meters, and an opening width of 4.4 meters. The cultivation of the cucumber plant was carried out in the first half of March and the second half of August of the following year using a pot method with a soil culture bed. Several investigated characteristics, including plant height, stem dry weight, number of leaves, fruit weight, fruit number, main root length, number of root branches, root dry weight, and plant fresh weight were subjected to statistical analysis after sampling as well as measuring in SAS and Excel environment.

Results: The results revealed that the effect of irrigation method, soil texture, and their interactions on vegetative traits of cucumber, the effect of irrigation method on vegetative and reproductive traits, and the impact of soil texture on root organs were different at 0.01 significance level. In the vegetative part, the stem height, stem dry weight, total leaves, total plant weight; and in the reproductive part, the number of fruits and total fruit weight; and in the root section, the root length, number of root branches, and dry root weight in soil texture CL were affected by drip irrigation method. In wick irrigation, the reproductive traits and root organs in SL soil texture outperformed others. The effect of wick irrigation on fruit production and plant biomass was observed to increase in three soil textures of CL, SCL, and SL with values of 760.98, 782.58, and 995.56 g,

respectively; in drip irrigation, it was observed to increase with values of 1315.81, 1131.71, and 736.22 g respectively. In all three soil textures, the effect of wick irrigation on root organ traits was almost the same, while the influence of drip irrigation on root traits in CL, SCL, and SL textures diminished, respectively.

Conclusion: The results indicated that in the reproductive part and root organ, the wick method was not preferable to the drip method, while the opposite trend was observed in the vegetative part. Although the wick irrigation method was not superior to drip irrigation in the production of cucumber, being successful in its application due to the simple management of the system by eliminating pumping and advanced irrigation equipment, its self-irrigation and its superiority in the production of vegetative traits can be successful in plants with economic value in the vegetative sector.

Cite this article: Jalili, Jalal, Zare Abyaneh, Hamid. 2023. The effect of wick and drip irrigation methods on yield and some growth traits of greenhouse cucumber in different soil textures. *Journal of Water and Soil Conservation*, 30 (3), 67-86.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/jwsc.2023.21035.3616
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۶۹
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۹٤

اثر روش‌های آبیاری فتیله‌ای و قطره‌ای بر عملکرد و برخی صفات رشدی خیار گلخانه‌ای در بافت‌های مختلف خاک

جلال جلیلی[۱]، حمید زارع‌ابیانه*[۲]

۱. دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران. رایانامه: j.jalili@acecr.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران. رایانامه: zare@basu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۰۱/۱۱/۱۵
تاریخ ویرایش: ۰۲/۰٤/۰٦
تاریخ پذیرش: ۰۲/۰٤/۲۰

واژه‌های کلیدی:
آبیاری زیرسطحی،
ارزیابی رشد،
بافت خاک،
شرایط گلخانه‌ای،
موئینگی

چکیده

سابقه و هدف: خیار یکی از سبزی‌های جالیزی نیمه‌گرمسیری با اهمیت اقتصادی است که به‌طور گسترده در سراسر جهان کشت می‌شود. به‌منظور رشد بهینه این گیاه در محیط گلخانه تأمین نیاز رطوبتی خیار بسیار دارای اهمیت است. از بین روش‌های مختلف آبیاری، دو روش آبیاری فتیله‌ای موئینگی و قطره‌ای به دلیل راندمان بالای آبیاری موردتوجه هستند. بنابراین پژوهش حاضر با هدف اثربخشی روش آبیاری فتیله‌ای در مقایسه با روش آبیاری قطره‌ای بر عملکرد و برخی صفات رشدی گیاه خیار گلخانه‌ای در سه بافت مختلف خاک در شرایط کشت گلدانی در محیط گلخانه انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، آزمایشی با دو دوره کشت به‌صورت فاکتوریل، بر پایه طرح کامل تصادفی در سه خاک لوم‌رسی CL با نماد (S1)، لوم‌رسی‌شنی SCL، (S2) و لوم‌شنی SL، (S3) تحت کشت خیار گلخانه‌ای رقم ناگین با دو روش آبیاری فتیله‌ای و قطره‌ای با برنامه تغذیه‌ای یکسان در سه تکرار انجام شد. گلخانه مورداستفاده از نوع تونلی با روکش پلاستیکی دارای یک دهانه به ارتفاع ۳ متر، عرض دهانه ٤/٤ متر بود. کشت گیاه خیار در دو زمان نیمه اول اسفند و نیمه دوم مرداد سال بعد به‌روش گلدانی با بستر کشت خاکی، به‌صورت نشاکاری انجام شد. تحلیل آماری خصوصیات موردبررسی شامل ارتفاع گیاه، وزن خشک ساقه، تعداد برگ‌ها، وزن میوه، تعداد میوه، طول ریشه اصلی، تعداد انشعاب ریشه، وزن خشک ریشه و وزن تر گیاه بود که پس از نمونه‌برداری در محیط نرم‌افزار SAS و ترسیم شکل‌ها در محیط Excel انجام شد.

یافته‌ها: نتایج آماری نشان داد تأثیر روش آبیاری، بافت خاک و اثرات متقابل آن‌ها بر صفات رویشی گیاه خیار معنی‌دار بود. اثر روش آبیاری بر صفات زایشی و اثر بافت خاک بر اندام

ریشه‌ای در سطح یک درصد معنی‌دار بود. صفات رویشی ارتفاع ساقه، وزن خشک ساقه، مجموع برگ‌ها و صفات زایشی تعداد میوه، وزن کل میوه و صفات طول ریشه اصلی، تعداد انشعاب ریشه، وزن خشک ریشه و وزن کل گیاه در بافت خاک CL تحت‌تأثیر روش آبیاری قطره‌ای قرار گرفت. در آبیاری فتیله‌ای نیز عملکرد صفات زایشی و اندام ریشه در بافت خاک SL بهتر از سایر بافت‌ها بود. اثر آبیاری فتیله‌ای در صفت میوه تولیدی همانند زیست‌توده گیاهی در سه بافت خاک CL، SCL و SL از بافت خاک سنگین به سبک با مقادیر ۷۶۰/۹۸، ۷۸۲/۵۸ و ۹۹۵/۵۶ گرم، افزایشی و در آبیاری قطره‌ای با مقادیر ۱۳۱۵/۸۱، ۱۱۳۱/۷۱ و ۷۳۶/۲۲ گرم کاهشی بود. اثر آبیاری فتیله‌ای بر صفات اندام ریشه در هر سه بافت خاک تقریباً یکسان و تأثیر آبیاری قطره‌ای بر صفات ریشه در بافت‌های CL، SCL و SL به ترتیب کاهشی بود.

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش نشان داد که روش فتیله‌ای در بخش زایشی نسبت به‌روش قطره‌ای برتری نداشت، اما این روند در بخش رویشی برعکس بود. در روش آبیاری فتیله‌ای اگرچه نسبت به قطره‌ای در تولید خیار برتر نبود اما موفق بودن در کاربرد با توجه به مدیریت ساده سامانه با حذف تجهیزات پمپاژ و پیشرفته آبیاری، خودآبیار بودن و برتری آن در تولید صفات رویشی می‌تواند در گیاهان با ارزش اقتصادی در بخش رویشی موفق عمل نماید.

استناد: جلیلی، جلال، زارع‌ابیانه، حمید (۱۴۰۲). اثر روش‌های آبیاری فتیله‌ای و قطره‌ای بر عملکرد و برخی صفات رشدی خیار گلخانه‌ای در بافت‌های مختلف خاک. *پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، ۳۰ (۳)، ۸۶-۶۷.

DOI: 10.22069/jwsc.2023.21035.3616

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

تقاضای جهانی برای مواد غذایی در حال افزایش است و یکی از راه‌کارهای افزایش تولید، زیست‌توده گیاهی و عملکرد ناشی از بهبود کارایی فتوسنتز گیاهی است (۱). استفاده از هر ماده طبیعی یا مصنوعی تعدیل‌کننده محدودیت رطوبت، می‌تواند تحول بزرگی در تأمین آب و عناصر غذایی برای گیاه ایجاد نماید (۲). گیاه خیار یکی از سبزی‌های جالیزی نیمه‌گرمسیری با اهمیت اقتصادی است که بعد از گوجه‌فرنگی، پیاز و کلم به‌طور گسترده در سراسر جهان کشت می‌شود (۳). در ایران نیز سطح زیرکشت آبی و دیم گیاه خیار طی سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ به‌ترتیب ٤٦٥٠٣ و۷۹۰ هکتار با عملکردی معادل ۲۸٦۱٤/۷ و ۸٤٤۹/٤ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (٤). گیاه خیار تحت شرایط نور زیاد، رطوبت، دما و تغذیه مناسب در گلخانه رشد می‌کند (۵) که علاوه بر ارزش غذایی، دارای خواص آنتی‌اکسیدانی بالا و مواد معدنی زیاد است (٦). تمرکز حدود ۸۵ درصد حجم ریشه در ۳۰ سانتی‌متری لایه بالایی خاک بیانگر سطحی بودن ریشه گیاه خیار است که نشان‌دهنده اهمیت کمبود آب در کمیت و کیفیت خیار تولیدی و تغییرات فیزیولوژیکی گیاه مانند تغییر نسبت ریشه به ساقه، کاهش سطح برگ یا (تعداد برگ‌ها) و درنهایت کاهش رشد و عملکرد گیاه است (۷). آبیاری فتیله‌ای[1] (WI) یا آبیاری کاپیلاری[2] (CI) تلفیقی از دو روش آبیاری زیرسطحی و کوزه‌ای است که با صعود موئینگی، آب از طریق فتیله در اختیار ریشه گیاه قرار می‌گیرد. این روش آبیاری بدون نیاز به مهارت فنی برای بهره‌برداری و نگهداری، بدون نیاز به انرژی پمپ و فیلتراسیون پیشرفته، دارای قابلیت کودآبیاری است که آبی دائمی و پیوسته را به‌منظور جلوگیری از تنش خشکی و تنش آبیاری با حداقل هزینه و مدیریت آسان حتی در زمین‌های نامساعد با آب با کیفیت نامطلوب در اختیار گیاه قرار می‌دهد (۸). از دیگر ویژگی‌های آبیاری فتیله‌ای عدم سخت شدن خاک و توانمندی در بالا بردن آب، تا ارتفاع ۱۰ الی ۲۰ سانتی‌متر است (۹ و ۱۰).

لورن (۲۰۱۳) گزارش کرد که آبیاری فتیله‌ای با حذف سامانه پمپاژ از انرژی پتانسیل منفی خاک و ریشه جهت انتقال آب به مزرعه برای رفع نیاز گیاه بهره می‌گیرد که موجب کاهش هزینه‌های آبیاری می‌گردد (۱۱). از دیگر ویژگی‌های بارز این روش می‌توان به حذف تلفات تبخیر و نفوذ عمقی، افزایش عملکرد گیاه و کارایی مصرف آب اشاره کرد (۱۲). از معایب این روش آبیاری کارایی آن برای کشاورزی در مقیاس بزرگ و تأمین آب در تمام فصل رشد بدون توجه به نیاز طبیعی گیاه است (۸). درعین‌حال مواردی چون زمان خودتنظیمی سامانه، تغییرات جذب آب طی مراحل مختلف رشد گیاه، هزینه‌های اجرایی و ماندگاری سامانه، باید موردبررسی قرار گیرد. هم‌چنین، در ناحیه ریشه مجاور خروجی فتیله به‌دلیل تأمین مداوم آب از طریق موئینگی و رطوبت بالا ممکن است باعث بیماری‌های ریشه شود (۱۳). در مقابل برخی بررسی‌ها نشان‌دهنده کارایی آبیاری فتیله‌ای است. نتایج جدیری حیدری و لیاقت (۲۰۲۲) بیانگر برتری سامانه فتیله‌ای در مقایسه با روش آبیاری سطحی- شیاری برای کشت ذرت ازنظر عملکرد، کارایی مصرف آب و حجم آب آبیاری است که بیان‌گر اثربخشی این روش آبیاری برای کشت ذرت در نواحی نیمه‌خشک است (۱۲).

بهات و کانزاریا (۲۰۱۷) آب مصرفی و عملکرد دو محصول گوجه‌فرنگی و لوبیا سفید را با دو اندازه فتیله پنبه‌ای مورد آزمون قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که متوسط افزایش عملکرد در مقایسه با روش آبیاری سطحی برای فتیله‌های کوچک ۲۷/۳۰ درصد و برای فتیله‌های بزرگ ٥٤/٦ درصد بود. جهت حرکت رطوبت در خاک عمودی بوده و الگوی خیس‌شدگی

1- Wick irrigation
2- Capillary irrigation

خاک مشابه بادکنک تا فاصله افقی ۲۱ سانتی‌متر و عمق ٦٨ سانتی‌متر از محل نصب فتیله‌ها گسترش یافت که به‌عنوان منطقه مؤثر برای جذب رطوبت خاک توسط ریشه گیاهان است. نسبت سود به هزینه[1] در هر هکتار در مقایسه با روش آبیاری سنتی، برای فتیله‌های کوچک ۱/۹۳ درصد و برای فتیله‌های بزرگ ۲/۳٤ درصد افزایش را نشان داد (۸). محمدی‌اروجه و همکاران (۲۰۱۷) پژوهشی جهت بررسی تأثیر سامانه آبیاری فتیله‌ای بر کارایی مصرف آب و برخی صفات رشد فلفل دلمه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی با هشت تیمار فتیله کاموا، کتان + پنبه، قیطانی و شاهد آبیاری سطحی در دو بستر کشت خاک + ماسه + کود حیوانی و خاک + کوکوپیت + کود حیوانی + پرلیت در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد صورت دادند. نتایج نشان داد بیش‌ترین وزن تر اندام هوایی، کارایی مصرف آب و طول ساقه در تیمار فتیله کاموا با بستر کشت خاک + کوکوپیت + کود + پرلیت مشاهده شد. به همین ترتیب کم‌ترین مقادیر وزن تر اندام هوایی و کارایی مصرف آب به تیمار فتیله پنبه در بستر کشت خاک + ماسه + کود حیوانی تعلق داشت (١٤). زارعی و حیدری (۲۰۱۷) به‌منظور تعیین میزان آب مصرفی گیاه آفتابگردان در سامانه آبیاری فتیله‌ای در مقایسه با سامانه آبیاری سطحی، طرحی را در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه اجرا کردند. نتایج نشان داد که محتوای نسبی آب برگ، سطح برگ، ارتفاع بوته و ارتفاع ساقه اصلی در آبیاری فتیله‌ای نسبت به آبیاری سطحی بیش‌تر بود. از نظر وزن مخصوص برگ تفاوتی بین سامانه‌های آبیاری وجود نداشت و آبیاری فتیله‌ای نسبت به آبیاری سطحی از نظر مصرف آب ٤٦ درصد کاراتر و ٤٣ درصد ماده خشک بیش‌تری تولید کرد. علت این تفاوت احتمالاً در این است که در آبیاری فتیله‌ای نبود سله در سطح خاک، خیس‌شدگی کم‌تر سطح خاک، دسترسی دائمی به آب و عدم شرایط غرقابی سبب بهبود رشد گیاه، کارایی مصرف آب و تولید ماده خشک گیاه شده است (۱۵). سمانندا و همکاران (۲۰۱٦) در آدلاید استرالیا، عملکرد روش‌های آبیاری فتیله‌ای و سامانه آبیاری سطحی با عمق بستر خاک ۳۰ سانتی‌متر در گیاه گوجه‌فرنگی را مورد مقایسه قرار دادند. براساس نتایج این پژوهش سامانه آبیاری فتیله‌ای منجر به کاهش ۵۰ درصدی میزان آب آبیاری نسبت به‌روش آبیاری سطحی شد. عملکرد گوجه‌فرنگی در سامانه فتیله‌ای موئینگی ٦٢ تا ۷۳ درصد بیش‌تر از سامانه سطحی بود (١٦). هم‌چنین این پژوهش‌گران در گزارشی مروری در سال ۲۰۱۸، عملکرد بیش‌تر محصول و کاهش حجم زه‌آب‌ها در محیط خاک اطراف ریشه را از مزایای روش آبیاری فتیله‌ای و عدم امکان استفاده در زمین‌های بزرگ را از محدودیت‌های آن نسبت به‌روش‌های آبیاری معمولی دانستند. آنان بسترهای فتیله‌ای[2] (WBs) را نوعی روش فتیله‌ای می‌دانند که با وجود مزایای فوق، قابلیت استفاده در اراضی بزرگ را هم دارد (۱۷). نتایج پژوهش ریکاردو و دورس (۲۰۱۹) در بررسی عملکرد سامانه آبیاری فتیله‌ای در کشت بادمجان و فلفل نشان داد که روش فتیله‌ای نسبت به‌روش‌های آبیاری (قطره‌ای و سنتی) از نظر بهره‌وری مصرف آب عملکرد بهتری دارد. میزان بهره‌وری مصرف آب در کشت گیاه فلفل در روش آبیاری کاپیلاری فتیله‌ای ٣٦/٦ گرم بر لیتر و در روش آبیاری قطره‌ای ۹/۹ گرم بر لیتر بود. مشابه چنین نتایجی نیز در کشت گیاه بادمجان روش آبیاری کاپیلاری فتیله‌ای ۳/۱ گرم بر لیتر و در روش آبیاری قطره‌ای ۱/۵ گرم بر لیتر مشاهده شد (۱۸). ابیویه و همکاران (۲۰۲۰) به مقایسه عملکرد سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و فتیله‌ای در کشت گیاه طالبی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که آبیاری فتیله‌ای

1- Benefit Cost

2- Wicking beds

هوشمند عملکرد مناسب‌تری در صرفه‌جویی آب مصرفی و کیفیت محصول با مقادیر ۱۹ کیلوگرم بر مترمکعب و ۱۳/۵ بریکس[1] نسبت به سامانه قطره‌ای با مقادیر ٤/۸۵ کیلوگرم بر مترمکعب و ۱۰ بریکس دارد (۱۹). بررسی منابع بیانگر پتانسیل مناسب روش آبیاری فتیله‌ای در تشویق کشاورزان خرده مالکیتی و گلخانه‌داران به استفاده از روش‌های کم‌هزینه بومی به‌عنوان جایگزین روش‌های آبیاری مرسوم سطحی و آبیاری قطره‌ای با فناوری بالا است. بنابراین، انجام پژوهش‌ها در مورد آبیاری فتیله‌ای به‌عنوان یک روش نو با کم‌ترین نیاز به فشار آب و مصرف انرژی، بدون استفاده از تجهیزات هوشمند و با اتصالات استاندارد آبیاری قطره‌ای برای اجرای عملی آن در مناطق کم‌آب مانند ایران برای محصول خیار که به‌صورت جالیزی و گلخانه‌ای کشت می‌گردد (٤) ضروری است. تمرکز اصلی این بررسی با اهداف شناسایی؛ نحوه کارکرد سامانه نوین آبیاری فتیله‌ای، مقایسه عملکرد سامانه آبیاری فتیله‌ای با آبیاری قطره‌ای در محیط گلخانه، مقایسه رشد صفات رویشی، زایشی و اندام‌های ریشه‌ای خیار گلخانه‌ای در روش جدید آبیاری فتیله‌ای در مقایسه با سامانه آبیاری قطره‌ای برای استفاده و تمرکز بر نتایج طرح برای تکمیل آن در پژوهش‌های آتی است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی تأثیر آبیاری فتیله‌ای بر خصوصیات گیاهی خیار گلخانه‌ای، آزمایش فاکتوریلی در گلخانه‌ای تونلی با روکش پلاستیکی دارای یک دهانه با ارتفاع ۳ متر، عرض دهانه ٤/٤ متر، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو دوره کشت و سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی جهاد دانشگاهی شهرستان کرمانشاه اجرا شد. گلخانه دارای تجهیزات گرمایش از کف با لوله‌های گرم‌کننده در کنار دیواره‌ها و دستگاه‌های خنک‌کننده آن کولر آبی، فن تهویه و چرخش‌گر هوا بود. در این آزمایش دو روش آبیاری قطره‌ای (T) و فتیله‌ای (C) و سه بافت خاک رسی‌لومی (S1)، شنی‌رسی‌لومی (S2) و شنی‌لومی (S3) مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این مطالعه اثر دو روش آبیاری در ترکیب با سه بافت خاک بر خصوصیات رویشی گیاه، زایشی گیاه و اندام‌های ریشه‌ای بررسی شد. برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورداستفاده و آب آبیاری در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

Table 1. Physical and chemical characteristics of soil.

خاک Soil	بافت خاک Soil Texture	کربن آلی (OC)	فسفر (P)	پتاسیم (K)	وزن مخصوص ظاهری (ρ_b)	درصد رطوبت حجمی Volumetric moisture percentage		
		(%)	(ppm)		($g.cm^{-3}$)	رطوبت اشباع Saturated Moisture	ظرفیت زراعی Field Capacity	نقطه پژمردگی Wilting Point
S1	Clay-Loam (لوم‌رسی)	1.15	15.18	211	1.3	50	39	22
S2	Sandy-Clay-Loam (لوم‌رسی‌شنی)	0.63	10.21	120	1.43	47	32	17
S3	Sandy-Loam (لوم‌شنی)	0.35	9.17	70	1.5	41	22	11

روش‌های اندازه‌گیری: بافت خاک با توزیع اندازه ذرات خاک به روش هیدرومتری - کربن آلی با روش اکسیداسیون تر- فسفر با استفاده از روش اولسن - وزن مخصوص ظاهری با روش کلوخه و پارافین (Clod Method) - رطوبت اشباع، ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی با روش وزنی و دستگاه صفحات فشاری

1- Brix

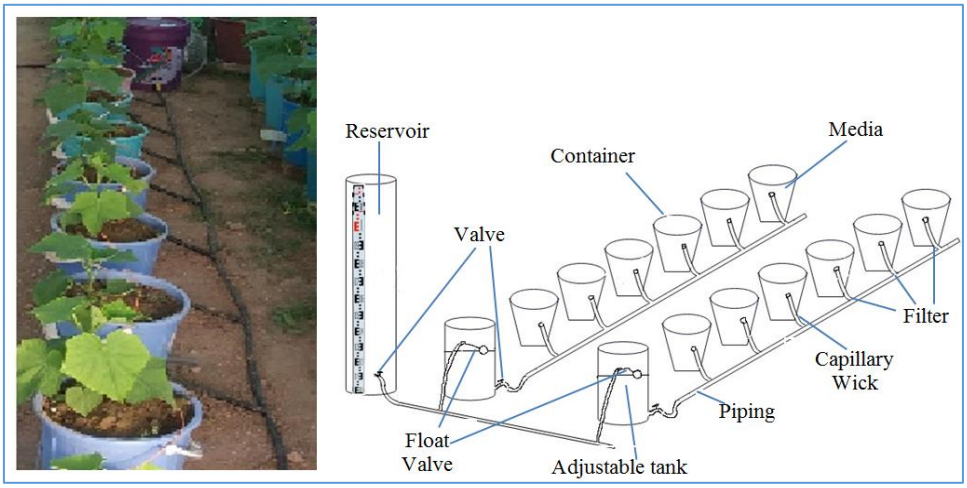
جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب آبیاری محل آزمایش.

Table 2. Physical and chemical characteristics of irrigation water.

SAR	فسفات (PO_4^{2-})	نیترات (NO_3^-)	بی‌کربنات (HCO_3^-)	کربنات (CO_3^{2-})	کلرید (Cl^-)	سولفات (SO_4^{2+})	پتاسیم (K^+)	سدیم (Na^+)	منیزیم (Mg^{2+})	کلسیم (Ca^{2+})	pH	EC
$(mg/L)^{0.5}$	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	-	(µs/cm)
1.66	0.137	0.118	300	80	100	48	4.2	22	150	200	7.1	260

روش‌های اندازه‌گیری: EC با دستگاه EC متر PH–Elmetrom CC-305 با دستگاه PH سنج Jenway 3510 – کلسیم، منیزیم، پتاسیم، سدیم با دستگاه کروماتوگرافی یونی (IC) نوع 930 Compact Flex، ستون کاتیونی Metrosep C4-150/4.0 – کلرید و نیترات با دستگاه کروماتوگرافی یونی (IC) ستون آنیونی Metrosep A Supp 5-150/4.0 – سولفات و فسفات با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر – کربنات، بی‌کربنات با روش تیتراسیون – SAR با استفاده از رابطه $SAR = \frac{Na+}{(\frac{Ca^{2+}+Mg^{2+}}{2})^{0.5}}$

کشت در دو زمان نیمه اول اسفند (۱۳۹۶/۱۲/۱۲) و نیمه دوم مرداد سال بعد (۱۳۹۷/۵/۲۴) به‌روش گلدانی با بستر کشت خاکی، به‌صورت نشاکاری انجام و برداشت نهایی محصول در تاریخ ۱۳۹۷/۴/۱۴ و ۱۳۹۷/۹/۲۶ صورت گرفت. نشاکاری بوته‌های ۱۴ روزه خیار رقم ناگین[1] در گلدان‌های پلاستیکی ۱۶ لیتری با قطر کف ۲۴، قطر دهانه ۲۸ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر صورت گرفت. شرایط مناسب زهکشی و تهویه منطقه ریشه، با نصب یک لوله در کف هر گلدان و ایجاد یک لایه ۵ سانتی‌متری از ماسه معمولی در اطراف آن برقرار شد. فتیله وظیفه هدایت پیوسته آب از مخزن به ریشه را از طریق یک جدار پلی‌اتیلن ۱۶ میلی‌متر منشعب از لوله فرعی (لترال) متصل به مخزن آب را داشت. در شکل ۱ نحوه انجام آبیاری در سامانه آبیاری فتیله‌ای نشان داده شده است.



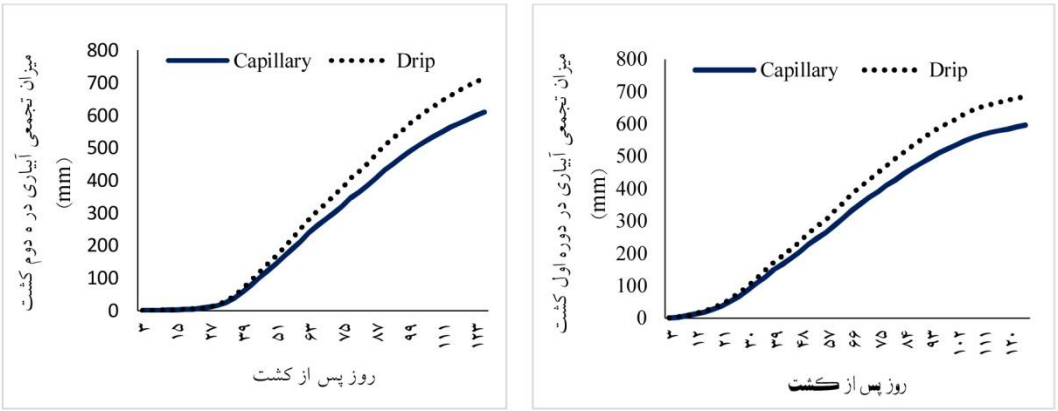
شکل ۱- نمای کلی طرح سامانه آبیاری فتیله‌ای (راست) و نمای اجرای واقعی آبیاری فتیله‌ای (چپ).

Figure 1. The schematic design of the wick irrigation system (right) and the view of the actual implementation of wick irrigation (left).

1- Nagene 792 F1

پوشش پلاستیکی فتیله علاوه بر رابط بودن مانع تبخیر آب از فتیله‌ها در مسیر انتقال به گلدان و هم‌چنین مانع از انتشار آب به خاک در مسیر داخل خاک تا رسیدن به نقطه مشخص کنار ریشه جهت توزیع یکنواخت رطوبت در خاک عمل می‌نماید. در محل اتصال پوشش پلاستیکی به لوله فرعی از ۵ سانتی‌متر الیاف پلی‌استر برای تصفیه جزئی آب و ارتباط جریان آب از لوله فرعی به درون پوشش استفاده شد. انتهای دیگر فتیله در عمق ۵ سانتی‌متری از سطح خاک درون گلدان جای گرفت و به صورت ممتد با شروع مکش آب توسط فتیله آبرسانی به خاک صورت پذیرفت. در سامانه آبیاری قطره‌ای از قطره‌چکان‌های کنترل‌شونده نتافیم با دبی چهار لیتر بر ساعت و فشار ۱۲ متر استفاده شد. فشار لازم برای سامانه آبیاری قطره‌ای ۱۵ متر بود که از طریق مخزن آب مستقر در ارتفاع تأمین شد.

برنامه‌ریزی آبیاری در سامانه آبیاری قطره‌ای با کنترل حجمی رطوبت خاک با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج دیجیتالی مدل PMS-714 در بالاتر از حد موردنظر ضریب تخلیه مجاز مدیریتی گیاه (۰/٤) و کنترل خصوصیات ظاهری برگ به نحوی که تنشی بر گیاه وارد نشود انجام شد. مقادیر آب آبیاری بر حسب میلی‌متر ارتفاع آب بر متوسط سطح گلدان ۵۳۱ (سانتی‌مترمربع) در دو دوره کشت در روش‌های آبیاری قطره‌ای و فتیله‌ای موئینگی طی دوره رشد محصول (دوره اول کشت ۱۲۰ و در دوره دوم کشت ۱۲۳ روز) اندازه‌گیری و به‌صورت تجمعی در شکل ۲ ارائه شده است.



الف ب

شکل ۲- مقادیر آبیاری در دوره اول (الف) و دوره دوم (ب) کشت در دو روش آبیاری قطره‌ای و فتیله‌ای موئینگی.

Figure 2. Amounts of irrigation in the first period (a) and the second period (b) of cultivation in two methods of drip and capillary wick irrigation.

مقدار ناخالص آب آبیاری طی دوره کشت اول در روش آبیاری فتیله‌ای ۵۹٦ میلی‌متر و در روش آبیاری قطره‌ای ٦۸۵ میلی‌متر و در دوره دوم کشت به‌ترتیب مقادیر ٦۰۸ و ۷۱۵ میلی‌متر طی ٤۲ نوبت آبیاری بود.

برای تغذیه بوته‌ها از مخزن کود در اجزاء سامانه آبیاری قطره‌ای و از مخزن تنظیم کننده سطح آب برای کوددهی در سامانه آبیاری فتیله‌ای استفاده شد. اصول تهیه محلول کود با استفاده از دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصل‌خیزی خاک و تغذیه گیاه خیار گلخانه‌ای و جدول پاپادوپلوس (۲۰) با رعایت غلظت محلول ۰/۵ تا ۱/۲ گرم در لیتر برای ممانعت از افزایش بیش از حد EC انجام شد. تمامی بوته‌ها با

ترکیب ۲۰، ۲۰، ۲۰ کود نیتروژن، فسفر و پتاسیم (NPK) ۶۳۰ کیلوگرم و ریزمغذی‌ها ۲۲۰ لیتر در طول دوره رشد و کود اوره ۱۰۰ کیلوگرم و پتاسیم ۵۰ کیلوگرم در ایام میوه‌دهی در سطح هکتار به‌صورت کود آبیاری تغذیه شدند. مبارزه با علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها و سایر مراقبت‌های زراعی‌در تمام تیمارها به‌صورت یکسان صورت گرفت.

خصوصیات گیاهی مورد بررسی شامل صفات ارتفاع گیاه، وزن خشک ساقه، تعداد برگ‌ها، وزن میوه، تعداد میوه، طول ریشه اصلی، تعداد انشعاب ریشه، وزن خشک ریشه و وزن تر گیاه (زیست‌توده) گیاه بود. در دوره اول کشت برداشت خیارها از اوایل اردیبهشت تا آخر خرداد و در دوره دوم از اوایل آبان تا آخر آذرماه انجام شد. تعداد میوه‌های برداشتی شمارش، طول میوه با خط‌کش اندازه‌گیری و وزن میوه‌های هر بوته به‌کمک ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم تعیین شد.

در انتهای دوره رشد، بخش هوایی بوته‌ها از هر گلدان کف‌بر و وزن تر آن‌ها با ترازوی دقیق اندازه‌گیری و یادداشت گردید. هم‌چنین طول ساقه اصلی و ارتفاع بوته‌ها با متر نواری اندازه‌گیری شد. برگ‌های هر بوته پس از جدا نمودن شمارش و وزن گردیدند. در نهایت اندام هوایی گیاه به‌مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و وزن خشک هر بخش به‌تفکیک اندازه‌گیری شد. در خصوص مؤلفه‌های ریشه، ابتدا ریشه کامل هر بوته با اشباع نمودن گلدان‌ها از خاک جدا، سپس با آب شسته و طول ریشه اصلی اندازه‌گیری شد. تعداد انشعاب ریشه با شناورسازی در ظرف آب شمارش شدند و وزن خشک ریشه هم با ترازوی آزمایشگاهی دقیق اندازه‌گیری شد. در انتها تحلیل آماری تمامی داده‌ها در محیط نرم‌افزار SAS و ترسیم شکل‌ها در محیط Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر تیمارهای خاک بر خصوصیات رویشی و زایشی خیار و اثرات متقابل صفات مورد بررسی طی دو دوره کشت در جدول ۳ آمده است.

نتایج جدول ۳ نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثرات ساده دوره‌های کشت آزمایش و سامانه آبیاری بر اکثر صفات رویشی و زایشی و وزن تر کل گیاه در سطح احتمال یک درصد است. معنی‌داری اثر دوره کشت در وزن خشک ریشه و اثر سامانه آبیاری در طول ریشه اصلی مشاهده نشد ولی در سایر صفات رشد ریشه نیز در سطح یک درصد معنی‌دار است. زارعی و حیدری (۲۰۱۷) نیز در پژوهش خود معنی‌دار بودن تأثیر دو روش آبیاری فتیله‌ای و سطحی بر برخی صفات رشد گیاه آفتابگردان در سطح احتمال پنج درصد را بیان نمودند (۱۵).

در بررسی اثرات خاک نیز نتایج نشان داد که به‌جز صفات تعداد برگ‌ها و تعداد میوه، سایر صفات رشدی گیاه در سطح احتمال یک درصد و وزن خشک ساقه اصلی در سطح پنج درصد معنی‌دار هستند. اخوان و همکاران (۲۰۱۲)، تأثیر معنی‌داری بافت خاک در سطح یک درصد را بر وزن تر و وزن کل اندام هوایی گیاه گندم گزارش نمودند (۲۱). هم‌چنین نتایج به‌دست آمده از پژوهش قائمی و همکاران (۲۰۰۹) بیانگر تأثیر معنی‌دار بستر کشت در سطح یک درصد بر افزایش عملکرد خیار گلخانه‌ای رقم ناگین است (۲۲). نتایج بررسی اثر متقابل سامانه آبیاری × دوره کشت بر صفات ارتفاع ساقه، وزن خشک ساقه و اندام ریشه در سطح یک درصد و در صفت کل تعداد میوه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. براساس نتایج حاصل از پژوهش موسوی فضل و همکاران (۲۰۱۹) اثرات آبیاری در دوره کشت بر میزان عملکرد محصول گیاه گوجه‌فرنگی در سطح

یک درصد معنی‌دار است (۲۳)، که با نتایج پژوهش حاضر هم‌سو می‌باشد.

در بررسی نتایج اثر متقابل خاک × دوره کشت صفات ارتفاع ساقه، وزن خشک ساقه، تعداد انشعاب ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار و بقیه صفات تحت‌تأثیر خاک و دوره کشت قرار نگرفتند. در بررسی اثرات متقابل سامانه‌آبیاری × خاک نیز نتایج نشان داد به غیر از معنی‌داری صفت تعداد انشعاب ریشه در سطح پنج درصد، سایر صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند.

در بررسی اثر متقابل سه‌گانه سامانه آبیاری × دوره کشت × خاک نیز تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد در تمام صفات رویشی و زایشی و وزن کل گیاه مشاهده شد و در صفات اندام‌های ریشه‌ای فاقد اثر معنی‌دار بود. در همین راستا مقایسه میانگین تک و دو دوره‌ای کشت صفات رویشی، زایشی و اندام‌های ریشه‌ای خیار در سه تیمار خاکی (S1) لوم‌رسی، (S2) لوم‌رسی‌شنی و (S3) لوم‌شنی، دو تیمار روش آبیاری فتیله‌ای و قطره‌ای و هم‌چنین میانگین دو دوره کشت اثر متقابل روش آبیاری×خاک در جدول ٤ آورده شده است.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات رشد خیار گلخانه‌ای.

Table 3. Combined variance analysis of greenhouse cucumber growth traits.

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean squares								
		صفات رویشی Vegetative traits		صفات زایشی Reproductive traits		صفات ریشه Root traits				
		ساقه اصلی Main stem		میوه Fruit						
		ارتفاع Height	وزن خشک Dry weight	تعداد برگ Leaves number	تعداد Number	وزن کل Total weight	طول ریشه اصلی Main root length	تعداد انشعاب Branches number	وزن خشک Dry weight	وزن تر گیاه Plant fresh weight
دوره کشت Cultivation Period	1	14440.2**	63.14**	10795.2**	237.7**	2864420.9**	117.36**	836.17**	0.016ns	3936653**
تکرار Replication	2	511.7ns	0.97ns	42.9ns	4.18ns	2591.6ns	16.33ns	1.02ns	0.014ns	5112.07ns
سامانه آبیاری Irrigation system	1	16171.4**	3.69**	212.2**	60.1**	415539.2**	4.69ns	203.0**	1.06**	310037**
خاک Soil	2	14899.7**	18.53*	34.9ns	11.9ns	89371.5**	90.58**	315.2**	0.09**	17029.7**
سامانه × دوره کشت System × C. Period	1	8311.4**	3.48**	34.8ns	16.7*	13.9ns	3.36ns	377.00**	0.164**	17999.80ns
خاک × دوره کشت Soil × C. Period	2	4457.0**	3.34**	35.4ns	3.8ns	307.7ns	13.37ns	148.0**	0.001ns	3771.45ns
سامانه × خاک System × Soil	2	3049.4**	5.86**	219.7**	49.4**	537718.9**	89.19**	27.58*	0.23**	698555**
سامانه × خاک × دوره کشت System × Soil × C. Period	2	1652.7**	5.55**	147.3**	25.5**	345973.8**	12.86ns	13.86ns	0.046ns	340639**
خطا Error	22	163.75	0.39	13.7	3.73	4016.4	6.21	7.15	0.015	4910.95
ضریب تغییرات Coefficient of variations	--	6.42	9.29	8.27	13.14	6.64	10.72	10.50	14.03	5.87

* و ** به‌ترتیب معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد را نشان می‌دهند

*, ** show significance at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای دوره کشت × خاک، دوره کشت × سامانه آبیاری و خاک × سامانه آبیاری بر صفات رشد خیار.

Table 4. Average comparison of mutual effects of treatments of Cultivation period×soil, Cultivation period × irrigation system and Irrigation system × soil on cucumber growth traits.

دوره کشت Cultivation period	عامل Factor	تیمار Treatment	صفات رویشی Vegetative traits		صفات زایشی (میوه) Reproductive traits (Fruit)		صفات ریشه Root traits			وزن تر گیاه Plant fresh weight (g)
			ارتفاع ساقه Stem height (cm)	وزن خشک ساقه Stemdry weight (g)	تعداد برگ‌ها Leaves Number	وزن کل Total weight (g)	تعداد Number	طول متوسط Average length (cm)	تعداد انشعاب Branches number	وزن خشک Dry weight (g)	
اول First	خاک Soil	S1	203.0^{c}	6.53^{d}	28.33^{e}	752.60^{g}	13.75^{d}	24.00^{cd}	24.75^{cd}	0.98^{a}	976.28^{g}
		S2	158.66^{e}	4.64^{h}	29.16^{e}	673.02^{h}	11.33^{e}	23.00^{de}	40.16^{a}	0.96^{ab}	836.76^{h}
		S3	175.66^{d}	5.13^{g}	24.83^{f}	589.58^{i}	11.33^{e}	17.33^{g}	25.91^{c}	0.81^{c}	772.86^{i}
دوم Second	خاک Soil	S1	276.0^{a}	9.82^{a}	64.83^{a}	1324.19^{a}	17.83^{a}	25.33^{b}	20.50ef	0.91^{b}	1662.39^{a}
		S2	208.16^{c}	7.87^{c}	59.83^{b}	1241.75^{b}	17.66^{a}	27.00^{a}	22.58^{de}	0.93^{b}	1513.42^{b}
		S3	173.33^{de}	6.56^{d}	61.56^{b}	1142.20^{c}	16.33^{b}	22.83^{e}	18.83^{f}	0.78^{c}	1393.70^{c}
میانگین دو دوره کشت Two-period average	خاک Soil	S1	239.50^{b}	8.17^{b}	46.58^{c}	1038.39^{d}	15.79^{b}	24.66^{bc}	22.62^{de}	0.95^{ab}	1319.33^{d}
		S2	183.41^{d}	6.25^{e}	44.49^{cd}	957.38^{e}	14.49^{c}	25.00^{bc}	31.37^{b}	0.946^{ab}	1175.09^{e}
		S3	174.49^{de}	5.84^{f}	43.19^{d}	865.89^{f}	13.83^{d}	20.08^{f}	22.37^{de}	0.80^{c}	1083.28^{f}
اول First	سامانه‌آبیاری Irrigation system	T	173.11^{d}	5.42^{e}	26.00^{f}	778.55^{e}	14.11^{c}	22.11^{b}	24.66^{c}	1.15^{a}	977.13^{e}
		C	185.11^{c}	5.44^{e}	28.88^{e}	564.92^{f}	10.16^{d}	25.11^{a}	21.50^{d}	0.98^{b}	746.80^{f}
دوم Second	سامانه‌آبیاری Irrigation system	T	182.77^{cd}	7.45^{b}	58.66^{b}	1343.95^{a}	17.88^{a}	20.77^{b}	35.88^{a}	0.68^{e}	1593.77^{a}
		C	255.55^{a}	8.71^{a}	65.48^{a}	1127.83^{b}	16.66^{ab}	25.00^{a}	19.77^{d}	0.77^{d}	1452.89^{b}
میانگین دو دوره کشت Two-period average	سامانه‌آبیاری Irrigation system	T	177.94^{cd}	6.44^{d}	42.33^{d}	1061.25^{c}	15.99^{b}	21.44^{b}	30.27^{b}	0.91^{bc}	1285.46^{c}
		C	220.33^{b}	7.08^{c}	47.18^{c}	864.37^{d}	13.41^{c}	25.5^{a}	20.63^{d}	0.87^{c}	1099.85^{d}
میانگین دو دوره کشت Two-period average	سامانه آبیاری قطره‌ای (T) Drip irrigation system(T)	S1	236.66^{a}	8.61^{a}	46.50^{ab}	1315.81^{a}	19.00^{a}	27.00^{a}	19.41^{c}	1.19^{a}	1616.24^{a}
		S2	154.16^{c}	5.80^{d}	44.66^{b}	1131.71^{b}	16.00^{b}	17.33^{d}	19.08^{c}	0.80^{b}	1330.42^{b}
		S3	143.00^{c}	4.90^{e}	35.83^{c}	736.22^{d}	13.00^{c}	23.50^{abc}	32.00^{a}	0.67^{b}	909.70^{c}
	سامانه آبیاری فتیله‌ای (W) Wick irrigation system(W)	S1	242.33^{a}	7.74^{b}	46.66^{ab}	760.98^{d}	12.58^{c}	26.50^{ab}	30.75^{a}	1.21^{a}	1022.93^{c}
		S2	212.66^{b}	6.70^{c}	44.33^{b}	782.58^{d}	13.00^{c}	22.33^{c}	25.83^{b}	0.71^{b}	1019.76^{c}
		S3	206.00^{b}	6.79^{c}	50.56^{a}	995.56^{c}	14.66^{bc}	22.83^{bc}	25.66^{b}	0.78^{b}	1256.8^{6b}

در هر ستون، تیمارهایی که میانگین آن‌ها حداقل در یک حرف مشترک هستند، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند

In each column, the treatments which mean is at least one letter in common are not significantly different from each other

نتایج جدول ٤ بیانگر برتری بافت خاک لوم‌رسی با نماد S1 برای تمامی صفات رویشی و زایشی است و روند مقادیر صفات رویشی و زایشی در میانگین حاصل از دو دوره کشت، از خاک S3، به S1 افزایشی است. در خاک S1 و براساس روش آماری دانکن بیش‌ترین ارتفاع ساقه گیاه و بیش‌ترین وزن تر گیاه در دوره دوم کشت، به‌ترتیب برابر ٢٧٦ سانتی‌متر و ١٦٦٢/٣٦ گرم، و بیش‌ترین وزن و تعداد میوه خیار معادل ١٣٢٤/١٩ گرم و ١٧/٨٣ عدد به‌دست آمد (جدول ٤). به‌همین ترتیب نتایج جدول ٤ نشان می‌دهد که کم‌ترین مقادیر در صفات رشد رویشی و زایشی در دو بافت خاک لوم‌رسی‌شنی (S2) و لوم‌شنی (S3)، مربوط به دوره اول کشت می‌باشد. در همین راستا کم‌ترین مقدار ارتفاع گیاه برابر ١٥٩/٥ سانتی‌متر و کم‌ترین وزن میوه ٥٨٩/٥٨ گرم به ازای ١١/٣٣ عدد میوه حاصل شد. به‌طورکلی رشد طولی ساقه خیار علاوه بر تأثیرپذیری از خصوصیات ژنتیکی، دمای مناسب و کافی بودن طول دوره رشد و نمو گیاه، به وجود رطوبت مستمر و مناسب در خاک نیز بستگی دارد.

براساس مقایسه میانگین صورت گرفته عملکرد صفات زایشی در دوره دوم کشت بیش‌تر از دوره اول است. میانگین حاصل از دو دوره کشت بین تیمارهای خاکی نشان می‌دهد که، عملکرد صفات تعداد و وزن کل میوه در تیمار خاکی S1 (لوم‌رسی) بیش‌تر از دو تیمار خاکی دیگر است. با توجه به تأثیر کشت در بافت خاک‌های S1، S2 و S3 نتایج بیانگر برتری بافت لوم‌رسی تیمار S1 می‌باشد و براساس نتایج دو صفت موردبررسی در گروه‌های آماری متفاوت قرار گرفتند. پتانسیل بالای ذخیره آب در خاک S1 مطابق مقادیر رطوبت اندازه‌گیری شده در جدول ١، و غنی بودن آن ازنظر نگهداشت مواد غذایی موجب بیش‌تر بودن عملکرد میوه در این نوع خاک نسبت به دو خاک دیگر S2 و S3 بود. مطالعات گذشته نشان می‌دهد که اندازه و عملکرد میوه در گیاهانی که مقدار مناسبی آب دریافت می‌کنند، در مقایسه با محصولات گیاهان دارای محدودیت مقدار آب آبیاری، بیش‌تر است (٢٤، ٢٥، ٢٦).

در صفات مربوط به ریشه نیز میانگین عملکرد در دو دوره کشت در صفات حجم و وزن خشک ریشه، نشان‌دهنده عملکرد یکسان در دو تیمار خاک S1 و S2 بود که ازلحاظ آماری در یک گروه مشترک قرار گرفتند. دو خاک S1 و S2 که از رطوبت بیش‌تری برخوردار هستند (جدول ١) سبب کاهش مقاومت مکانیکی خاک و درنتیجه عدم محدودیت رشد عمقی ریشه، توسعه انشعابات و افزایش وزن خشک ریشه می‌شود. نتایج این پژوهش نشان داد که تعداد انشعاب ریشه رابطه مستقیمی با مقدار آب مصرفی، ظرفیت نگهداری و تخلخل خاک دارد. پیاز رطوبتی در خاک‌های با بافت متوسط به دلیل بهینه بودن تخلخل از شکل مناسبی برخوردار است و ریشه در این نوع خاک‌ها محدودیتی ازلحاظ رشد افقی و عمودی ندارد. پژوهش‌گران نیز نقش و اهمیت بافت خاک در توزیع ریشه و ظرفیت نگهداری آب خاک را گزارش کرده‌اند (٢٧). در همین ارتباط نتایج پژوهش رضاشاطری و همکاران (٢٠١٧) نشان داد بیش‌ترین میزان عملکرد حجم ریشه در گیاه جو دوسر از بین دو بافت خاک لومی و لوم‌شنی به سطح آبیاری ١٠٠ درصد بافت خاک لوم‌شنی تعلق دارد (٢٨). نتایج پژوهش مسکینی ویشکایی و همکاران (٢٠١٦) نیز بیانگر فزونی حجم ریشه گیاهان گندم و کلزا در بافت خاکی لوم‌شنی در مقایسه با بافت لوم‌رسی است (٢٩)، که با نتایج طرح حاضر هم‌سو می‌باشد. براساس مقایسه میانگین صورت گرفته در جدول ٣، عملکرد اکثر صفات مورد بررسی در دور دوم کشت بیش‌تر از دوره اول بود که می‌تواند ناشی از تجربه دوره اول و مدیریت مناسب‌تر سامانه آبیاری در دوره دوم باشد.

براساس مقایسه میانگین صورت گرفته در جدول ٤ و نتایج به‌دست‌آمده از میانگین عملکرد دو دوره در تمام صفات رویشی موردبررسی می‌توان اظهار داشت که عملکرد روش آبیاری فتیله‌ای در بخش رویشی گیاه نسبت به‌روش آبیاری قطره‌ای بهتر است. علت این امر را می‌توان دسترسی گیاه به رطوبت دانست. در آبیاری قطره‌ای نوسانات رطوبت خاک ناحیه ریشه بین حد تخلیه مجاز رطوبتی تا حد ابتدا اشباع و سپس ظرفیت زراعی بوده که وجود نوسانات رطوبتی در طول دوره رشد می‌تواند سبب تنش‌های محدود رطوبتی شود درحالی‌که دامنه رطوبتی خاک در روش آبیاری فتیله‌ای در محدوده نزدیک و کم‌تر از ظرفیت زراعی خاک بوده و تغییرات آن ناچیز است. نوسان محدود دامنه رطوبتی در آبیاری فتیله‌ای در مقایسه با روش آبیاری قطره‌ای، سبب رشد رویشی کامل‌تر گیاه است اما دامنه نوسانات بیش‌تر رطوبتی خاک تا حد تنش محدود رطوبتی در روش آبیاری قطره‌ای در افزایش رشد زایشی (گل‌دهی) نقش دارد که این نتایج با نتایج توماس و استاوب (۱۹۹۲) انطباق دارد (۳۰). مصلحی و همکاران (۲۰۱۸) نیز بالاترین میزان عملکرد خیار را در تنش خفیف ارزیابی نمودند (۳۱)، و در تنش رطوبتی شدید، رشد رویشی و زایشی خیار کاهش می‌یابد (۳۲). در بخش صفات اندام ریشه‌ای نیز سامانه آبیاری قطره‌ای نسبت به فتیله‌ای وضعیت متفاوتی داشت. مطابق نتایج جدول ٤ میانگین دو دوره کشت در تعداد انشعابات ریشه و وزن خشک ریشه در آبیاری قطره‌ای به‌ترتیب ۳۰/۲۷ و ۰/۹۱ و در آبیاری فتیله‌ای ۲۰/٦۳ و ۰/۸۷ اندازه‌گیری شد. در این بخش نیز نوسانات رطوبت در آبیاری قطره‌ای، منجر به کاهش طول ریشه اصلی و افزایش انشعاب‌ها و گسترش ریشه‌های فرعی در خاک شد و در آبیاری فتیله‌ای، به‌غیر از ریشه اصلی تعداد انشعاب‌ها و گسترش ریشه‌های فرعی به‌دلیل وجود رطوبت کافی و نوسانات کم‌تر آن نیازمند توسعه بیش‌تر نبوده است. این نتایج با نتایج آیهوا و همکاران (۲۰۰۸) و هم‌چنین قیصری و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت دارد که بیان نموده‌اند ریشه گیاه ذرت در مواجهه با تنش رطوبتی آمادگی پیدا می‌کند که در شرایط آبیاری کافی تعداد انشعابات ریشه و نیز ریشه‌های مویین خود را به مقدار بیش‌تری توسعه دهد و تنش رطوبتی حداقلی موجب افزایش وزن خشک ریشه‌های گیاه می‌شود (۳۳ و ۳٤).

مطابق نتایج جدول ٤ در اکثر صفات رویشی موردبررسی می‌توان چنین بیان نمود که بررسی میانگین دو دوره کشت در برهم‌کنش سامانه آبیاری در خاک نشان‌دهنده برتری تیمار CS1، یعنی عمل آمدن گیاه خیار در خاک لوم‌رسی (S1) تحت روش آبیاری فتیله‌ای (C) بود. به‌طوری‌که در بخش صفات رویشی ارتفاع گیاه و تعداد برگ در تیمارCS1 به‌ترتیب ۲٤۲/۳۳ سانتی‌متر و ٤٦/٦٦ عدد به دست آمد. این امر می‌تواند ناشی از نوسانات رطوبتی کم‌تر خاک ناحیه ریشه در روش آبیاری فتیله‌ای باشد. نتایج پژوهش زارعی و حیدری (۲۰۱۷) در بررسی اثر آبیاری فتیله‌ای بر صفات رشد گیاه آفتابگردان در مقایسه با روش آبیاری سطحی نشان داد که ارتفاع بوته و ارتفاع ساقه اصلی در آبیاری فتیله‌ای نسبت به آبیاری سطحی عملکرد مناسب‌تری داشته است که با نتایج پژوهش حاضر مبنی بر عملکرد مناسب روش آبیاری فتیله‌ای در رشد صفات رویشی هماهنگی دارد (۱۵). به همین ترتیب بیش‌ترین مقادیر از صفات زایشی شامل وزن کل میوه ۱۳۱۵/۸۱ گرم، تعداد میوه ۱۹/۰ عدد و صفات ریشه شامل طول متوسط ریشه ۲۷/۰ سانتی‌متر، وزن خشک ریشه ۱/۱۹ گرم و وزن تر گیاه ۱٦۱٦/۲٤ در تیمار TS1 اندازه‌گیری شد. هم‌چنین عملکرد مربوط به تیمار TS3 در روش آبیاری قطره‌ای برای صفات رویشی و زایشی در ۷۷

درصد از موارد نسبت به مقادیر سایر تیمارها کم‌تر است (جدول ٤). ازآن‌جایی‌که آبیاری در روش فتیله‌ای، ممتد و پیوسته است درنتیجه، گیاه رشد رویشی مطلوب‌تری را در تیمار CS1 داشته است و ازنظر رشد زایشی تیمار TS1 به دلیل غیرممتد بودن آبیاری در روش قطره‌ای و به‌تبع رخ‌دادن تنش‌های محدود رطوبتی در طول دوره رشد، مناسب‌تر بود. از طرفی مصرف آب کم‌تر در روش آبیاری فتیله‌ای (٥٩٦ و ٦٠٨ میلی‌متر) در دو دوره کشت در مقایسه با روش آبیاری قطره‌ای (٦٨٥ و ٧١٥ میلی‌متر) سبب میانگین کم‌تر محصول تولیدی در هر سه بافت خاک (٨٤٦/٣٧ گرم) از روش آبیاری فتیله‌ای نسبت به مقدار متناظر آن در آبیاری قطره‌ای (١٠٦١/١٤ گرم) است. نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش عابدی کوپایی و مسفروش (٢٠٠٩) در بررسی اثر متقابل بافت خاک و میزان آبیاری نیز بیانگر کاهش میزان عملکرد خیار با تقلیل آب آبیاری است (٣٥). درمجموع در اکثر موارد مقادیر صفات رویشی و زایشی در خاک لومی‌رسی تیمار S1 تحت روش آبیاری قطره‌ای و یا فتیله‌ای بیش از مقادیر متناظر با دو خاک S2 و S3 دارد. علت کلی این امر بافت نسبتاً سنگین‌تر خاک S1 در مقایسه با دو خاک دیگر است که توانایی حفظ رطوبت بیش‌تر را دارد و در سامانه آبیاری قطره‌ای به‌دلیل نوسانات رطوبتی (١٨ تا ٤٥ درصد) ناشی از آبیاری غیرممتد، نسبت به دو بافت دیگر خاک عملکرد مناسب‌تری را در بخش رشد زایشی و ریشه‌ای دارد. در روش آبیاری فتیله‌ای نیز تیمار CS1 از عملکرد رویشی بهتری برخوردار بود که می‌تواند به‌دلیل تأمین مقدار ممتد آب، افزایش تورژسانس سلول‌های گیاهی و به‌تبع افزایش تقسیم سلولی، تعداد و حجم سلول‌ها باشد که درنهایت موجب افزایش رشد رویشی و وزن کل گیاه می‌شود. کوک و اسکات (١٩٩٣) نیز کاهش وزن برگ‌های گیاه در اثر کاهش آماس سلولی گیاه را گزارش نموده‌اند (٣٦).

در خصوص میوه تولیدی که یکی از اهداف اصلی کشت خیار است، می‌توان بیان نمود که میانگین بیش‌ترین تعداد هر میوه برابر ١٧/٨٣ عدد بود که نتیجه کشت دوره دوم در خاک S1 بود که با تعداد میوه در خاک S2 طی دوره دوم کشت ١٧/٦٦ عدد، در یک گروه آماری مشترک قرار دارند. در مقابل، کم‌ترین مقدار تعداد میوه تولیدی به میزان ١١/٣٣ است که بدون تفاوت آماری به دو تیمار خاک S2 و S1 تعلق دارد. میانگین عملکرد دو دوره کشت نشان داد بیش‌ترین مقدار تعداد میوه تولیدی معادل ١٥/٧٩ عدد در تیمار خاک S1 اندازه‌گیری شد که تفاوت معنی‌داری نسبت به مقدار میوه دو تیمار خاکی S2 و S3 دارد (جدول ٤). به همین ترتیب بیش‌ترین وزن میوه در دوره دوم کشت برابر ١٣٢٤/١٩ گرم بود که از تیمار خاکی S1 اندازه‌گیری شد که با توجه به بزرگ‌تر بودن ارتفاع بوته‌ها، بیش‌تر بودن تعداد برگ‌ها و بیش‌تر بودن وزن تر و خشک بوته‌ها منطقی است (جدول ٤). نتایج جدول ٤ بیانگر همین روند در میانگین حاصل از دو دوره کشت در وزن میوه خیار و تعداد میوه تولیدی برای تیمار خاکی S1 است که به‌ترتیب برابر ١٠٣٨/٣٩گرم و ١٥/٧٩ عدد است که بیش از مقادیر متناظر با دو خاک S2 و S3 است. بیش‌تر بودن میانگین دوره‌های کشت در صفات وزن میوه و تعداد میوه در تیمار خاک S1 می‌تواند نتیجه بیش‌تر بودن ارتفاع گیاه (٢٣٩/٥ سانتی‌متر)، وزن تر و خشک گیاه (١٣١٩/٣٣ و ٨/١٧ گرم) و تعداد برگ (٤٦/٥٨ عدد) باشد. بیش‌تر بودن بخش هوایی گیاه سبب فعالیت سبزینه‌ای بیش‌تر، فتوسنتز و ماده‌سازی بیش‌تر گیاه و به‌تبع تعداد میوه و وزن میوه بیش‌تر می‌گردد که اودهیامبو و اگویو (٢٠٢٢) نیز مشابه چنین شرایطی را برای محصول تولیدی گیاه خیار در خصوص تأثیر تنش‌های رطوبتی بر گیاه گزارش نمودند (٣٢). در خصوص تأثیر روش آبیاری بر

صفات وزن و تعداد میوه هم نتایج جدول ٤ نشان می‌دهد که عملکرد روش آبیاری قطره‌ای موجب کسب بیش‌ترین مقدار وزن میوه و تعداد میوه در دوره دوم کشت به‌میزان ۱۳٤۳/۹۵ گرم و ۱۷/۸۸ عدد و در مقیاس میانگین دو دوره کشت نیز ۱۰٦۱/۲۵ گرم و ۱۵/۹۹ عدد خیار شد که دارای تفاوت معنی‌دار نسبت به مقادیر متناظر خود در روش آبیاری فتیله‌ای بود. بخشی از این نتیجه می‌تواند در اثر استفاده بیش‌تر آب آبیاری در روش آبیاری قطره‌ای باشد که حدود ۷۰۰ میلی‌متر در مقابل ٦۰۰ میلی‌متر در روش فتیله‌ای باشد. در عین‌حال کم‌تر بودن عملکرد میوه در روش آبیاری فتیله‌ای با وجود رشد رویشی بیش‌تر گیاه در این روش آبیاری می‌تواند ناشی از شورتر بودن خاک در سامانه آبیاری فتیله‌ای به‌دلیل آبشویی کم‌تر خاک به‌واسطه مصرف آب کم‌تر و گسترش بیش‌تر ریشه و به‌تبع استفاده از آب و مواد غذایی بیش‌تر در سامانه آبیاری قطره‌ای به‌واسطه تنش ملایم رطوبتی باشد. کاهش عملکرد ناشی از تنش شوری در گیاه خیار با نتایج زمانی و همکاران (۲۰۲۰)، (۳۷) و فزونی شاخص برداشت در گیاه ذرت به‌دلیل تنش ملایم رطوبتی نسبت به تیمار آبیاری مطلوب با نتایج قبادی و همکاران (۲۰۱٤) هم‌خوانی دارد (۳۸). بنابراین علی‌رغم وضعیت بهتر پارامترهای رشد رویشی در آبیاری فتیله‌ای مطابق نتایج جدول ٤، می‌توان چنین بیان نمود که تأثیر توام عامل شوری خاک در سامانه آبیاری فتیله‌ای و تنش‌های ملایم رطوبتی در سامانه آبیاری قطره‌ای، موجب کاهش عملکرد نسبی در آبیاری فتیله‌ای شده است.

نتایج جدول ٤ در بررسی اثر متقابل روش آبیاری در خاک نشان داد بیش‌ترین وزن میوه برابر ۱۳۱۵/۸۱ گرم و بیش‌ترین تعداد میوه برابر ۱۹ عدد با اختلاف معنی‌دار آماری به تیمار بوته‌های رشد یافته به‌روش آبیاری قطره‌ای (T) در خاک لوم‌رسی (S1) تعلق دارد. همان‌گونه‌که قبلاً هم اشاره شد بیش‌تر بودن صفات زایشی می‌تواند ناشی از بیش‌تر بودن ارتفاع گیاه، تعداد بیش‌تر برگ‌ها و بیش‌تر بودن وزن تر و خشک بوته خیار در تیمار TS1 باشد. در حالی‌که مقادیر وزن میوه و تعداد میوه در هر سه تیمار CS1، CS2 و CS3 با اختلاف معنی‌داری کم‌تر از مقادیر متناظرشان در تیمار TS1 است. بدین‌ترتیب می‌توان بیان نمود که روش آبیاری فتیله‌ای در افزایش عملکرد میوه گیاه خیار در مقایسه با روش آبیاری قطره‌ای موفق نبود. یکی از دلایل عدم موفقیت روش آبیاری فتیله‌ای، می‌تواند تجربه کم‌تر آن باشد که افزایش شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده در دوره دوم کشت نسبت به دوره اول بیانگر این مطلب است. هم‌چنین مصرف آب کم‌تر در روش آبیاری فتیله‌ای در مقایسه با روش آبیاری قطره‌ای که از یک‌سو نقطه قوت این روش آبیاری محسوب می‌گردد، سبب کاهش معنی‌دار وزن و تعداد خیارها شده است که با نتایج پیری و راشکی (۲۰۱۹) مبنی بر کاهش تولید به‌موازات کاهش مصرف آب آبیاری در گیاه خیار گلخانه‌ای هم‌خوانی دارد (۳۹). از دیگر نتایج این پژوهش می‌توان به تمرکز رطوبت در محدوده کوچکی از خاک در روش آبیاری قطره‌ای اشاره داشت که سبب تجمع ریشه در محدوده خیس شده خاک می‌شود. این امر در تغییر بافت خاک سنگین به سبک باعث کاهش نگه‌داشت رطوبت خاک و کاهش عملکرد اندام ریشه‌ای گیاه به‌دلیل عدم دسترسی مناسب به آب می‌شود که هم‌راستا با نتایج محمدزاده و همکاران (۲۰۱٤) مبنی بر محدودیت رشد ریشه در شرایط محدودیت رطوبتی خاک‌های سبک است (٤۰). در مجموع مطابق نتایج جدول ۳، وزن تر (زیست‌توده) گیاه و وضعیت رشد گیاه در سامانه آبیاری قطره‌ای، بر عکس روش آبیاری فتیله‌ای از بافت خاک سبک به بافت سنگین بهتر است. دلیل این امر در روش آبیاری فتیله‌ای

به‌دلیل شرایط مساعد استفاده از آب و کود در خاک با بافت سبک نسبت به بافت سنگین است که در هر دو دوره رشد در روش آبیاری فتیله‌ای بهتر از روش آبیاری قطره‌ای بود. با مقایسه تجهیزات مورد نیاز و نیروی کار روش آبیاری فتیله‌ای در مقایسه با قطره‌ای علی‌رغم مباحث و نتایج آماری می‌توان؛ عدم نیاز به فشار و دستگاه تصفیه آب و کنترل‌کننده‌های هوشمند در سامانه فتیله‌ای را ذکر نمود. هم‌چنین مدیریت آسان آبیاری و خودآبیار بودن سامانه آبیاری فتیله‌ای در طول دوره موجب آرامش خاطر و کاهش هزینه‌های کارگری می‌گردد. عوامل ایجاب هزینه بیش‌تر سامانه آبیاری فتیله‌ای در مقایسه با سامانه آبیاری قطره‌ای استفاده از مخازن ساده کنترل‌کننده سطح آب در هر ردیف و نازل‌های فتیله‌دار به طول ۰/٤٥ متر داخل جدار لوله ١٦ میلی‌متری پلی‌اتیلن به‌جای استفاده از قطره‌چکان‌ها و هزینه کارگری نصب فتیله‌ها در جدار لوله و کنار ریشه گیاه نسبت به سامانه آبیاری قطره‌ای می‌باشد که این هزینه‌ها بسیار کم‌تر از هزینه‌های سامانه قطره‌ای است و از نظر اقتصادی و کارایی سامانه فتیله‌ای می‌تواند اقتصادی‌تر و کاراتر خصوصاً در گلخانه‌های کوچک باشد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج پژوهش نشان داد که در صفات رویشی تأثیر روش آبیاری و بافت‌های مختلف خاک و اثرات متقابل آن‌ها و در صفات زایشی و اندام‌های ریشه‌ای نیز تأثیر روش آبیاری و بافت‌های مختلف خاک در سطح یک درصد معنی‌دار هستند. در بررسی اثرات متقابل دوره کشت در خاک نتایج بیانگر برتری بافت خاک CL تیمار S1 در اکثر صفات رویشی (ارتفاع ساقه، وزن خشک ساقه، تعداد برگ‌ها) و زایشی (تعداد میوه و وزن کل میوه) و وزن کل گیاه بود. در صفات مربوط به اندام‌های ریشه‌ای (طول ریشه، تعداد انشعاب ریشه و وزن خشک ریشه) با در نظر گرفتن میانگین عملکرد در دو دوره کشت در پارامترهای طول متوسط ریشه و وزن خشک ریشه نتایج بیانگر عملکرد یکسان در دو بافت خاک CL و SCL تیمارهای S1 و S2 است. در بررسی مقایسه میانگین اثرات متقابل سیستم آبیاری در دوره کشت بر خصوصیات رشد گیاه خیار، نتایج نشان داد که؛ میانگین عملکرد در دو دوره کشت گیاه در تمام صفات رویشی موردبررسی در روش آبیاری فتیله‌ای نسبت به قطره‌ای بهتر بود. ولی وضعیت عملکرد صفات زایشی و اندام‌های ریشه‌ای، در روش آبیاری قطره‌ای نسبت به‌روش آبیاری فتیله‌ای مناسب‌تر بود. در صفات مربوط به اندام‌های ریشه‌ای نیز میانگین عملکرد تمامی صفات به‌جز طول متوسط ریشه در دوره اول کشت بیش‌تر از دوره دوم بود. بررسی تأثیر روش‌های آبیاری در بافت‌های مختلف خاک نشان داد که در روش آبیاری قطره‌ای عملکرد صفات رویشی، زایشی و اندام ریشه‌ای در بافت خاک CL تیمار S1 و در سیستم آبیاری فتیله‌ای نیز عملکرد صفات زایشی و اندام‌های ریشه‌ای در بافت خاک SL تیمار S3 بهتر از سایر بافت‌ها بود. با توجه به هدف اصلی کشت یعنی تولید خیار می‌توان چنین بیان داشت که ازنظر وزن کل میوه در روش آبیاری قطره‌ای در تیمار خاکی S1 با بافت لوم‌رسی و در تیمار خاکی S3 با بافت لوم‌شنی تحت روش آبیاری فتیله‌ای به ترتیب با میزان ۱۳۱٥/۸۱ و ۹۹٥/٥٦ گرم نسبت به سایر بافت‌ها برتری دارد. مقایسه نتایج مربوط به بافت خاک سبک SCL تیمار S3 در دو روش آبیاری فتیله‌ای و قطره‌ای نشان داد که در بخش رویشی عملکرد روش آبیاری فتیله‌ای نسبت به‌روش آبیاری قطره‌ای بهتر بود. به نظر می‌رسد تأمین مواد آلی و معدنی موردنیاز گیاهان در آبیاری فتیله‌ای اجراشده در خاک‌های با بافت سبک می‌تواند سبب افزایش کارایی این روش آبیاری شود.

عملکرد زایشی و تولید محصول در روش آبیاری فتیله‌ای را می‌توان با اعمال مدیریت آبیاری بهتر به‌واسطه کسب تجربه با اصلاح عوامل تأثیرگذار بر تولید مانند ممانعت از شور شدن خاک، اعمال تنش‌های خفیف رطوبتی و استفاده از بسترهای غیرخاکی بهبود بخشید که نیازمند پژوهش‌های بیش‌تر در این زمینه است.

تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله از سازمان جهاد دانشگاهی استان کرمانشاه جهت همکاری در اجرای طرح در گلخانه تحقیقاتی و از دانشگاه بوعلی‌سینا جهت در اختیار قرار دادن آزمایشگاه تحقیقاتی کمال تشکر را دارند.

داده‌ها، اطلاعات و دسترسی

این مقاله بخشی از رساله دکتری نویسنده اول در رشته مهندسی آبیاری و زهکشی بوده و مطالعات مزرعه‌ای و آزمایشگاهی این پژوهش در گلخانه تحقیقلتی جهاد دانشگاهی کرمانشاه و با استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی گروه مهندسی آب در دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینا انجام شده است.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافعی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید نویسندگان است.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، انجام آزمایش و داده‌برداری، انجام محاسبات، آنالیز و تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیش‌نویس مقاله، اصلاح و نهایی مقاله
نویسنده دوم: استاد راهنمای رساله، طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آن‌ها است.

حمایت مالی

این پژوهش از حمایت مالی مستقیم برخوردار نبوده است.

منابع

1. Singh, S. K., Badgujar, G., Reddy, V. R., Fleisher, D. H., & Bunce, J. A. (2013). Carbon dioxide diffusion across stomata and mesophyll and photo-biochemical processes as affected by growth CO_2 and phosphorus nutrition in cotton. *Journal of Plant Physiology*. 170, 801-813.
2. Flanagan, D. C., Chaudhari, K., & Norton, D. L. D. (2002). Polyacrylamide soil amendent effects on runoff and sediment yield on steep slopes. Part I. Simulated rainfall conditions. Transactions of the ASAE. 45, 1327-1337.
3. Crosby, L. (2008). Growth and consumer evaluation of *Cucumissativus* L. cultivated in controlled environments. Texas Tech University. 44, 1-70.
4. Ahmadi, K., Ebadzadeh, H. R., Hatami, F., Mohammadnia Afroozi, Sh., Esfandiaripour, A., & Abbas Taghani, R. A. (2021). Agricultural Statistics of 2019-2020 cropping season. Volume 1. Ministry of Agriculture-Jahade. 97p. [In Persian]
5. El-Aidy, F., El-Zawely, A., Hassan, N., & El-Sawy, M. (2007). Effect of plastic tunnel size onproduction of cucumber in delta of Egypt. *Applied Ecology and Environmental Research*. 5, 11-24.
6. Chu, Y. F. J., Sun, X. Z., & Wu, L. R. H. (2002). Antioxidant and anti-proliferative activities of common vegetables. *Journal of agricultural and food chemistry*. 50, 6910-6916.

7. Hashem, F. A., Medany, M. A., El-Moniem, E. A., & Abdallah, M. M. F. (2011). Influence of greenhouse cover on potential evapotranspiration and cucumber water requirements. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*. 19, 205-215.
8. Bhatt, N.J., & Kanzariya, B.R. (2017). Experimental Investigations on Wick Irrigation: An Indigenous Irrigation Technique to suit Small-land holders. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*. 4, 138-144.
9. Lee, C., So, I., Jeong, S., & Huh, M. (2010). Application of Subirrigation Using Capillary Wick System to Pot Production. *Journal of Agriculture and Life*. 44, 7-13.
10. Wesonga, J. M., Wainaina, C., Ombwara F. K., Masinde, P. W., & Home, P. G. (2014). Wick Material and Media for Capillary Wick Based Irrigation System in Kenya. *International Journal of Science and Research*. 3, 613-617.
11. Lauren, B. (2013). Wick irrigation systems for subsistence farming. Bachelor of Science in mechanical engineering. 20-23 Jon. Massachusetts, US. 61 p.
12. Jodeyri Heydari, N., & Liaghat, A. (2022). Effectiveness of Wick Irrigation Method on Yield and Water Use Efficiency on Maize in Semi-Arid Area. *Environment and Water Engineering*. 8 (1), 122-132. [In Persian]
13. Muhammed, H. H. (2015). Modeling of capillary wick irrigation system for potted plant and small scale plantation. MSc thesis, University Putra Malaysia, Selangor.
14. Mohammadi Oroja, R., Nouri, M., Ghasemi, A., & Mohammadkhani, A. (2017). The effect of wick irrigation system on the efficiency of water consumption and some growth traits of sweet pepper, the first international conference of applied researches in agricultural sciences, natural resources and environment. 1-7.
15. Zarei, Z., & Heidari, H. (2017). Investigating water use efficiency in sunflower under furrow and wick irrigation methods. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 10 (4), 521-530. [In Persian]
16. Semananda, N. P. K., Ward, J. D., & Myers, B. R. (2016). Evaluating the efficiency of wicking bed irrigation systems for small-scale urban agriculture. *Horticulturae*. 2, 1-13.
17. Semananda, N. P. K., Ward, J. D., & Myers, B. R. (2018). A Semi-Systematic review of capillary irrigation: the benefits, limitations, and opportunities. *Horticulturae*. 4, 1-15.
18. Ricardo, F. O., & Derose, A. S. (2019). Field performance of the capillary wick irrigation (capillarigation) system for rice-based crops. *International Journal of GEOMATE*. 17, 41-49.
19. Abioye, A. E., Zainal Abidin, M. S., & Azimi Mahmud, M. S. (2020). Performance comparison of experimental IoT based drip and fibrous capillary irrigation systems in the cultivation of cantaloupe plants. *Advances in Agricultural and Food Research Journal*. 1, 1-12.
20. Basirat, M., Ghafarinejad, S. A., Salispor, M., Molahosaini, H., & Tehrani, M. M. (2017). Guidelines for integrated management of soil fertility and greenhouse cucumber plant nutrition. Publications of Soil and Water Research Institute, 69 p. [In Persian]
21. Akhavan, S., Shabanpour, M., & Esfahani, M. (2012). Soil Compaction and Texture Effects on the Growth of Roots and Shoots of Wheat. *Water and Soil*. 26 (3), 727-735. [In Persian]
22. Ghaemi, M., Bakhsh Kalarsetaghi, K., & Nabawi, S. M. (2009). Comparison of several planting beds in the quantitative properties of Nagin cultivar greenhouse cucumber in water culture method. *New findings of agriculture*. 4 (2), 158-166. [In Persian]
23. Mousavi Fazl, S. H., Ziaolhagh, S., Mohammadi, A. R., & Faeznia, F. (2019). Effects of Water and N Fertilizer on the Yield and Fruit Quality of Tomatoes under Drip (Tape) Irrigation System. *Irrigation Sciences and Engineering*. 42 (4), 107-119. [In Persian]

24.Mao, X., Liu, M., Wang, X., Liu, C., Hou, Z., & Shi, J. (2002). Effects of deficit irrigation on yield and water use of greenhouse grown cucumber in the north China plain. *Agricultural water management*. 61, 219-228.
25.Kumar, S., Imtiyaz, M., Kumar, A., & Singh, R. (2007). Response of onion (*Allium cepa* L.) to different levels of irrigation water Agricultural water management. 89, 161-166.
26.Zeng, C. Z., Bie, Z. L., & Yuan, B. Z. (2009). Determination of optimum irrigation water amount for drip: Irrigated muskmelon (*Cucumis melo* L.) in plastic greenhouse. *Agricultural Water Management*. 96 (4): 595-602. **Doi: 10.1016/j.agwat.2008.09.019.**
27.Salgado, E., & Cautin, R. (2008). Avocado root distribution in fine and coarse-textured soils under drip and micro sprinkler irrigation. *Journal of Agricultural Water Management*. 95 (7), 817-824.
28.Rezashateri, M., Khajeddin, S. J., Matinkhah, S. M., & Majidi, M. M. (2017). The Effects of Soil Ameliorating Hydrogels on Root System Characteristics of Avena fatua in Two Different Soil Textures. *Journal of Hydrology and Soil Science*. 21 (2), 151-164. [In Persian]
29.Meskini-Vishkaee, F., Mohammadi, M. H., Neishaboori, M. R., & Shekari, F. (2016). Effect of soil moisture on Wheat and Canola root respiration rates in two soil textures. *Journal of Plant Process and Function.* 4 (14), 177-188. [In Persian]
30.Thomas, R. S., & Staub, J. E. (1992). Water stress and storage environment affect pillowy fruit disorder in cucumber. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117, 394-399.
31.Moslehi, S., Najafi, P., Tabatabai, S. H., & Noormahnad, N. (2018). The effect of moisture stress on the growth and performance indicators of greenhouse cucumber. *Water and Soil Journal Agricultural Sciences and Industries*. 25 (4), 770-775. [In Persian]
32.Odhiambo, J. A., & Aguyoh, J. N. (2022). Soil moisture levels affect growth, flower production and yield of cucumber. Agricultura Tropica Et Subtropica. 55, 1-8.
33.Aihua, L., Fuyu, M., & Zongsuo, L. (2008). Studies on the physiological mechanism of functional compensation effect in maize root system induced by re-watering after draught stress. *Journal of North Science Technology*. 36, 58-64.
34.Gheysari, M., Majidi, M. M., Zareian, M. J., Mirlatifi, S. M., Dokoohaki, H., & Amiri, S. (2013). Investigation of the Effects of Drought Stress on Top and Root Weight of Corn at Different Growth Stages. *Iranian Journal of Soil and Water Research*. 44 (4), 339-346. [In Persian]
35.Abedi Koupai, J., & Mesforoush, M. (2009). Evaluation of Superabsorbent Polymer Application on Yield, Water and Fertilizer Use Efficiency in Cucumber (Cucumis sativus). *Iranian Journal of irrigation and drainage*. 2 (3), 100-111. [In Persian]
36.Cooke, D. A., & Scott, R. K. (1993). The sugar beet crop. London. Chapman and Hall, World Crop Series. 675 p.
37.Zamani, E., Kamali Aliabad, K., & Ramin, A. A. (2020). An investigation of Salinity Stress Effects on Vegetative and Physiological Characteristics of Cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Journal of Crop Breeding.* 12 (33), 110-118. [In Persian]
38.Ghobadi, R., Shirkhani, A., & Jalilian, (2014). Effects of Water stress and nitrogen fertilizer on yield, its components, water and nitrogen use efficiency of corn (*Zea mays* L.) cv. SC. 704. *Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi).* 106 (4), 79-87. [In Persian]
39.Piri, H., & Rashki, P. (2019). Effect of vermicompost and tea compost on cucumber greenhouse under water stress, Water and Irrigation Management, 9 (1), 55-68. [In Persian]
40.Mohamadzade, F., Gheysari, M., Landi, E., & Zolfaghary, P. (2014). Effect of Different Irrigation Systems on Root Distribution of Mature Olive trees in Gravel soils. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 8 (4), 726-734. [In Persian]