



Research Article

Investigating the Impact of Subsurface Irrigation on the Quantity and Quality of Four Grape Cultivars

Mohsen Reyhani jabozi¹, Iman yousefi javan^{2*}, Mahboobeh Naseri²

1-Master's degree in Horticultural Sciences, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, University of Torbat Heydariyeh, Iran.

2-Assistant Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, University of Torbat Heydariyeh, Iran.

Received: October 29, 2024

Accepted: February 26, 2025

Revised: December 29, 2024

Published online: March 20, 2025

*Corresponding Author's Email: I.Javan@torbath.ac.ir

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Keywords:

Grapes,
Subsurfaceirrigation,
Sugar,
Acid,
Water use efficiency
Acidity.

Background and Objectives

Efficient use of water resources in agriculture is indeed vital for sustainability, especially in the face of climate change and increasing water scarcity. In regions with limited rainfall and high rates of evaporation, agricultural productivity can be severely impacted. This situation presents challenges but also opportunities for implementing effective strategies to mitigate losses and enhance resilience. Transitioning from surface to subsurface irrigation is indeed a highly effective solution for optimizing water management and improving irrigation efficiency, especially in regions facing water scarcity and high evaporation rates. Research indicates that grapevine flowering and fruit development are particularly sensitive to water availability. While numerous studies have explored subsurface irrigation for grape cultivation, there is a lack of research utilizing cement blocks to maintain optimal soil moisture in grape root zones. Subsurface irrigation not only mitigates the impact of water scarcity on crops but also reduces disease risk by maintaining lower humidity levels around plants. Subsurface irrigation is a powerful tool in modern agriculture that not only addresses the challenges of water scarcity but also contributes to healthier crop environments by reducing humidity levels and minimizing disease risks. By maintaining optimal soil moisture and preventing excessive leaf wetness, subsurface irrigation helps promote plant health and resilience, leading to improved yields and sustainable agricultural practices. As farmers increasingly adopt this method, they can better navigate the challenges posed by climate variability and water availability, ensuring a more sustainable future for agriculture. This study aims to examine the effects of subsurface irrigation on the yield of different grape cultivars, comparing it with traditional irrigation methods. The research was conducted using a complete block design in Khalil Abad city.

Methodology

The research was conducted between 2019 and 2021 and included both laboratory and field experiments. The laboratory part utilized a completely randomized factorial design with four replications at the Faculty of Agriculture, University of Torbat Heydariyeh. The study aimed to investigate the effects of subsurface irrigation on the growth performance of four grape cultivars: Pikani, Askari, Lal, and Torkaman4. The

How to cite:

Reyhani jabozi, M. yousefi javan, I. Naseri, M. *Investigating the Impact of Subsurface Irrigation on the Quantity and Quality of Four Grape Cultivars* (2025). *Journal of Hydraulics and Water Science*, 35 (1):39-44. <https://doi.org/10.22034/hws.2025.65973.1011>



This is an open-access article under the CC BY-NC license
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)



primary treatment involved implementing subsurface irrigation using cement blocks to assess its influence on the vegetative characteristics of the grapevines, with traditional irrigation serving as the control. A channel was dug to a depth of 50 cm to match the depth of the tree roots. During the fruit ripening stage, 10 uniform grape bunches were randomly selected from each experimental unit to evaluate physiological parameters, such as the number of bunches, bunch weight, number of berries per bunch, and weight of individual berries. Furthermore, assessments were made regarding sugar content, acidity, and water use efficiency.

Findings

The analysis of variance indicated that both the main effect of irrigation and the interaction between cultivar type and irrigation had a significant impact on the number of clusters per plant at the 5% probability level. Subsurface irrigation resulted in the highest average number of clusters per plant, with 22 clusters, in contrast to 14 clusters produced under traditional irrigation. This increase in cluster count is attributed to subsurface irrigation's effectiveness in reducing competition between the grapevines and nearby weeds. However, it was observed that traditional irrigation led to heavier clusters, suggesting that while subsurface irrigation enhances water efficiency and cluster quantity, it may not supply enough energy for optimal cluster weight. These results highlight the importance of understanding how different irrigation methods affect grapevine productivity and quality. While subsurface irrigation significantly boosts the number of clusters per plant by lessening weed competition, it may not create the ideal conditions for achieving maximum cluster weight. Therefore, it is crucial to carefully consider irrigation strategies, cultivar selection, and comprehensive vineyard management to strike a balance between quantity and quality in grape production. The highest grape production was also observed with subsurface irrigation, followed by traditional irrigation. Among the different cultivars, Asgari and Pikani yielded the most grapes. The balance between leaves and grapes is essential for maximizing both yield and quality. Subsurface irrigation boosted grape production by minimizing water evaporation, enhancing fertilizer effectiveness, reducing overall water requirements, inhibiting weed growth, and preventing the accumulation of surface salts. Additionally, subsurface irrigation improved the flavor quality of the grapes, as excessive watering from traditional methods can negatively impact color, sugar levels, and overall nutritional value. Furthermore, water use efficiency was significantly greater with subsurface irrigation compared to traditional approaches, which had an adverse effect on water flow.

Conclusion

The study's findings highlight the significant advantages of subsurface irrigation compared to traditional irrigation methods, particularly in terms of water conservation and the quality of grape fruit. Let's break down the key points and elaborate on the implications of these findings. The study concluded that subsurface irrigation resulted in a 73% reduction in water usage compared to traditional irrigation, which only accounted for 27% of the total water consumption. Given the preservation and enhancement of various quality characteristics of grape fruit, it is recommended to adopt subsurface irrigation methods over traditional approaches.



نشریه دانش آب و هیدرولیک

درگاه نشریه: hws.tabrizu.ac.ir



مقاله پژوهشی

مقایسه دو سیستم آبیاری سطحی و زیرسطحی بر برخی از ویژگی‌های کمی و کیفی چهار رقم انگور

محسن ریحانی جابوزی^۱، ایمان یوسفی جوان^{۱*}، محبوبه ناصری^۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۰۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۰۸

تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۴/۰۱/۰۱

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۱۰/۰۹

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد- علوم باغبانی، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، ایران.

۲-استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، ایران

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: L.Javan@torbath.ac.ir

چکیده

کلمات کلیدی

قند، اسید،
تعداد خوشه،
کارایی مصرف آب،
مواد جامد محلول

روش‌های نوین آبیاری، از مهمترین عواملی است که بر تولیدات کشاورزی، مصرف آب و بهره‌وری اثر می‌گذارد اما عملکرد این سامانه‌ها نیازمند پژوهش‌های دقیق است. بدین منظور پژوهشی با عنوان بررسی دو روش مختلف آبیاری شامل آبیاری زیرسطحی و غرقابی، بر برخی از ویژگی‌های کمی و کیفی چهار رقم انگور (پیکانی، عسگری، لعل و ترکمن ۴) بصورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در شهرستان خلیل‌آباد، استان خراسان رضوی در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ انجام شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که روش آبیاری بر برخی شاخص‌های میوه مانند تعداد خوشه در تاک، وزن خوشه، تعداد حبه و وزن هر حبه، میزان مواد جامد محلول، میزان اسید میوه، نسبت قند به اسید و بهره‌وری مصرف آب در سطح با احتمال یک درصد معنی‌دار بود و تمام این ویژگی‌ها غیر از میزان اسید میوه در روش آبیاری زیرسطحی نسبت به سنتی بیشتر بود. صفات‌های تعداد حبه در هر خوشه (۱۸۶) و تعداد خوشه (۲۲) در تاک در آبیاری زیر سطحی بیشتر بود. وزن هر حبه و وزن خوشه در روش آبیاری غرقابی ۵ درصد در مقایسه میانگین‌ها بیشتر بود. با اجرای این طرح، مقدار مصرف آب در روش زیر سطحی از ۴۹۵۰ متر مکعب (آبیاری غرقابی) به ۱۳۵۰ متر مکعب بر هکتار رسید. به عبارت دیگر، نتایج این پژوهش نشان داد که ۷۲ درصد در مصرف آب در روش آبیاری زیرسطحی نسبت به آبیاری غرقابی صرفه‌جویی شد. از این رو با توجه به حفظ و حتی بهبود بسیاری از ویژگی‌های کمی میوه انگور و صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری، تغییر روش آبیاری سنتی به زیرسطحی توصیه می‌شود.



مقدمه

انگور با نام علمی *Vitis vinifera* L. گیاهی دائمی از تیره Vitaceae است. این میوه یکی از مهمترین میوه‌هایی است که کشت و تولید آن در کشور ما از سابقه بسیار طولانی برخوردار است (ربیعی و همکاران، ۲۰۰۳). انگور یکی از محصولات مهم تجاری در ایران است که ارزش اقتصادی آن، سبب شده که کشاورزان به دنبال راهکارهای متعددی برای افزایش تولید و بهره‌وری آن باشند (باقرآبادی، ۲۰۲۲) بر اساس آمار منتشر شده در سال ۲۰۲۳ ایران با تولید بیش از دو میلیون تن انگور یازدهمین کشور تولید کننده در جهان محسوب می‌شود (فائو، ۲۰۲۳). در خراسان رضوی حدود ۲۹ هزار هکتار سطح زیر کشت باغات، انگور است که به لحاظ سطح و تولید این استان رتبه سوم را در کشور دارد. ۷۰ درصد انگور استان خراسان رضوی در چهار شهرستان خلیل‌آباد، قوچان، کاشمر و جغتای تولید می‌شود. کمبود آب، به عنوان یکی از مهمترین عوامل محدودکننده تولید انگور بیان شده است (ایزهائونی و همکاران، ۲۰۰۷). آمارها نشان می‌دهد که در هر هکتار اراضی آبی در کشور حدود ۱۰۰۰ مترمکعب آب مصرف می‌شود که این مقدار دو برابر عرف جهانی است. براساس آخرین آمار موجود ۹۵ درصد از منابع آبی کشور برای آبیاری محصولات کشاورزی مصرف می‌شود (اسکوئی و همکاران، ۲۰۱۷). اهمیت استفاده بهینه از منابع آب با توجه به وضعیت اقلیمی کشور بر کسی پوشیده نیست. محدودیت منابع آب شیرین، استفاده بهینه از آن‌ها را ضروری ساخته است. برای رسیدن به این هدف علاوه بر انتخاب سامانه آبیاری مناسب باید راندمان و عملکرد آن نیز افزایش یابد (محمود خانی و همکاران، ۲۰۲۰). در کشورهای در حال توسعه، مانند ایران که اقتصاد روستایی آن عمدتاً به کشاورزی وابسته است، کشاورزی مسئول مصرف بیش از ۹۰ درصد آب شیرین است (نظری و همکاران، ۲۰۱۸). اما راندمان مصرف آب کشاورزی در ایران بسیار پایین است. میانگین راندمان سیستم‌های آبیاری در ایران حدود ۳۵ درصد است (نظری و همکاران، ۲۰۱۸) که به مراتب کمتر از راندمان سیستم‌های آبیاری (۷۰ تا ۹۰ درصد) نسبت به کشورهای توسعه یافته است (فائو، ۲۰۱۸). با توجه به محدودیت منابع، استفاده بهینه از آب موجود ضروری است و افزایش کارایی مصرف آب با برنامه‌ریزی صحیح و به کارگیری روش‌های مناسب آبیاری دو راهکار مناسب استفاده از آب است (قربانی و همکاران، ۲۰۱۵). یکی از راهکارهای تاثیرگذار بر افزایش بهره‌وری مصرف آب کاربرد روش‌های نوین آبیاری و جایگزینی آن با روش‌های سنتی می‌باشد (حسینی، ۲۰۱۹).

با توجه به اتلاف بیشتر آب و کمبود راندمان در اکثر سیستم‌های آبیاری سطحی، سیستم آبیاری موضعی به ویژه نواری سطحی و زیرسطحی با توجه مزایایی که دارد، می‌تواند جایگزین مناسبی باشد و برای بسیاری از گیاهان و محصولات زراعی استفاده می‌شود (محمدخانی و همکاران، ۲۰۲۰). آبیاری قطره‌ای زیر سطحی از جمله روش‌های آبیاری است که در دهه‌های اخیر، در نقاط مختلف گسترش یافته است. در این روش که نوعی آبیاری قطره‌ای است، قطره چکان‌ها در زیر سطح خاک قرار می‌گیرند. از مزایای این روش می‌توان به کاهش تبخیر، رواناب سطحی، نفوذ عمقی و همچنین کنترل بهتر علف‌های هرز، افزایش راندمان علفکش‌ها و در نتیجه آن کاهش آلودگی منابع آب و خاک، در شرایط استفاده از منابع غیرمترعارف آب اشاره کرد (توکلی و بصیرت، ۲۰۲۰). آبیاری زیرسطحی در مواردی که کمبود آب بر کشاورزی تأثیر می‌گذارد سودمند است، علاوه بر این که با حفظ رطوبت کم در اطراف محصولات، احتمال بروز بیماری‌ها را کاهش می‌دهد (مندونکا و همکاران، ۲۰۲۰).

نتایج تحقیقات چهار ساله صداقتی و همکاران (۲۰۲۰) در کرمان برای مقایسه سیستم آبیاری سطحی و زیرسطحی نیز نشان دهنده کاهش حداقل ۹۵ تا ۵۵ درصد در مصرف آب کاربردی، در روش آبیاری زیرسطحی در مقایسه با آبیاری سطحی است. همچنین سیستم آبیاری زیرسطحی علاوه بر افزایش کارایی و صرفه جویی در مصرف آب، باعث افزایش کمی و کیفی عملکرد درختان پسته شد. آبیاری زیر سطحی با لوله‌های سیمانی مشابه روش آبیاری قطره‌ای زیر سطحی است. با این تفاوت که در روش آبیاری قطره‌ای، آب از محل قطره چکان نشت می‌کند، اما در سیستم آبیاری سیمانی آب با عبور کم فشار از درون منافذ موجود بر روی لوله‌های سیمانی و درزهای موجود بین قطعات لوله‌ها به طور مستقیم در منطقه ریشه توزیع می‌شود. در این سیستم هیچ گونه پمپاژ و تصفیه آبی وجود ندارد و آب بصورت ثقلی و بدون هر گونه فشار اضافی وارد لوله‌های آبدار کنار ردیف درختان می‌شود. معمولاً در این روش، سطح خاک خشک نگه داشته می‌شود، بنابراین تلفات مربوط به تبخیر از سطح خاک کاهش یافته و مقدار آب مصرفی تقلیل می‌یابد و در نتیجه بخش اعظم آب به مصرف تعلق و رشد گیاه می‌رسد (صداقتی و همکاران، ۲۰۲۰). بطور کلی مزایای آبیاری زیر سطحی با لوله‌های سیمانی به شرح ذیل است: کاهش تبخیر سطحی آب، قابلیت استفاده در سطوح زیر کشت کوچک، عدم نیاز به برق، عدم نیاز به استخر، کاهش شدید رشد علف هرز، همراه بودن آب آبیاری با اکسیژن و در نتیجه تهویه‌ی

خاک بر اساس عمق توسعه ریشه درختان انگور قرار داده شد. کارگذاری عمق مناسب لوله‌های سیمانی بر اساس نتایج تحقیقات قربانی واقعی و همکاران (۲۰۱۹) بود. عمق کانال‌ها ۵۰ سانتی‌متر و عرض کانال‌ها ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و کف کانال گراول (شن نخودی) ریخته شد. روی کانال ایجاد شده ۱۰ سانتی-متر گراول و سپس توسط پلاستیک پوشیده شد (شکل ۱).

درختان انگور مورد آزمایش (در هر بلوک ۱۰ درخت) از لحاظ شرایط سنی، حجم و قدرت بوته بر اساس ظاهر بوته در وضعیت تقریباً یکسان قرار داشتند. فرم تربیت بوته‌ها پاجراغی بود و بر روی هر درختچه ۱۵ شاخه بارده و روی هر شاخه بارده ۳ تا ۴ جوانه نگهداری شد. اعمال تغذیه با استفاده از توصیه کودی با عنصر پر مصرف و کم مصرف به صورت محلول در آب بود و برای کاربرد کود دامی، عصاره کود دامی در آب آبیاری استفاده شد. روش کشت تاکستان به صورت جوی و پشته بود که به روش زیر سطحی تغییر یافت. برای تامین آب آبیاری گیاهان از آب چاه غیر شرب استفاده شد (جدول ۱). در این پژوهش گیاهان تحت تنش آبی قرار نگرفتند و مدار آبیاری ۱۲ روز در تمام طول فصل رشد تا یک ماه بعد از برداشت بود. برداشت، پس از رسیدن حبه‌ها به شاخص قند مناسب (بریکس ۱۷) و رنگ‌گیری کامل صورت گرفت. در هر دو روش آبیاری از ۱۰ درختچه انگور همسان و یکنواخت، به طور تصادفی خوشه‌ها را جدا کرده و در هر واحد آزمایشی عملیات توزین و اندازه‌گیری صفاتی مانند تعداد خوشه، وزن خوشه، تعداد حبه در خوشه و وزن هر حبه در بوته، میزان مواد جامد محلول، میزان اسیددیده قابل تیتراسیون و بهره‌وری آب مصرفی^۱ انجام شد. برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل از گوشت میوه آب‌گیری شده و سپس آب میوه‌ها و میزان مواد جامد محلول کل با دستگاه رفاکتومتر دیجیتالی (اتاگو ژاپن مدل DA-AL) اندازه‌گیری شد. میزان اسیدهای قابل تیتراسیون به روش تیتراسیون با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال اندازه‌گیری شد و به صورت میلی گرم اسیدتارتاریک در ۱۰۰ میلی لیتر عصاره بیان شد (محمدی و همکاران، ۲۰۱۷).

با توجه به اینکه میزان آب مصرفی از دیدگاه‌های مختلف متفاوت است، بهره‌وری آب تحت عناوین مختلف بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب مورد استفاده در تبخیر-تعرق گیاه تعریف می‌شود. ساده‌ترین روشی که در مزارع کشاورزان برای بهره‌وری آبیاری یک گیاه می‌توان بکار برد اندازه‌گیری دو عامل است: عملکرد و مقدار آب آبیاری در طول فصل کاشت است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴):

$$WP_p = Y / I$$

مناسب تر خاک در محل فعالیت ریشه (صداقتی و همکاران، ۲۰۲۰).

گیاه انگور در شرایط کم‌آبی با تولید ریشه‌های عمیق با شرایط محیط پیرامون سازگار می‌شود اما تنش شدید خشکی باعث کندی رشد، تاخیر در رسیدگی میوه، کاهش کیفیت میوه، به هم خوردن تناسب تعداد برگ و میوه و در نهایت کاهش رشد شاخه می‌شود و به طور کلی در مناطقی که تولید انگور وابسته به سیستم‌های آبیاری است آب عمده‌ترین عامل کنترل‌کننده کمیت و کیفیت میوه به‌ویژه در فصل تابستان تلقی می‌شود (متنو و نوزو، ۲۰۰۷). در پژوهشی پژوهشگران بیان داشتند که مرحله تولید و تکامل گل و گل‌آذین انگور حساسیت زیادی به کمبود آب دارد. اگر درختان انگور در مرحله قبل از شروع به رسیدن میوه تحت تأثیر تنش خشکی قرار گیرند، عملکرد آنها کاهش می‌یابد (دولتی بانه و نورجو، ۲۰۱۲). پژوهش‌های متعددی روی آبیاری زیرسطحی در راستای مدیریت صحیح آب آبیاری باغ‌های انگور انجام شده است (زونیکا و همکاران، ۲۰۱۸). اما پژوهشی با استفاده از آبیاری زیر سطحی با بلوکه‌های سیمانی برای تأمین رطوبت بهینه خاک در محدوده‌ی رشد ریشه گیاه انگور انجام نشده است در همین راستا این پژوهش به منظور بررسی اثر سیستم آبیاری زیرسطحی بر برخی از ویژگی‌های کمی و کیفی چهار رقم انگور انجام شد.

مواد و روش

این پژوهش به منظور تاثیر آبیاری زیرسطحی بر عملکرد ارقام متفاوت انگور (پیکامی، عسگری، لعل سیاه و ترکمن ۴) در سال ۱۳۹۹-۱۴۰۰ در تاکستان ۱۵ ساله انگور واقع در کاشمر انجام شد. کاشمر در ۲۲۰ کیلومتری جنوب غربی مشهد با طول جغرافیایی ۵۷،۲۷ و عرض جغرافیایی ۳۵،۱۱، با ارتفاع ۱۰۹۰ متر از سطح دریا قرار دارد.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار بود. فاصله بین تاک‌های کشت شده در باغ ۱/۸ متر و فاصله بین ردیف‌ها ۲/۵ متر بود. تیمار اصلی آزمایش نحوه آبیاری به صورت زیرسطحی با کاربرد بلوکه سیمانی بود و آبیاری بصورت غرقایی به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. با توجه به عمق ریشه درخت کانالی به عمق ۵۰ سانتی‌متر ایجاد شد. برای اجرا لوله‌های سیمانی در انتهای سایه‌انداز در دو طرف ردیف درختان به فاصله ۱۵۰ سانتی‌متر از تنه درختان و در عمق ۵۰ سانتی‌متری از سطح

تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹.۱ برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. رسم نمودارها با نرم‌افزار اکسل انجام شد

که در آن، $Wp_p =$ بهره وری فیزیکی آب آبیاری (کیلوگرم بر متر مکعب)
 $Y =$ عملکرد (کیلوگرم بر هکتار) و $I =$ عمق آب آبیاری (متر مکعب بر هکتار)



شکل ۱- نمایی از باغ و کانال های زیر سطحی
 جدول ۱- مشخصات شیمیایی آب

شوری ($ds m^{-1}$)	اسیدیته pH	پتاسیم K^+ (mg/L)	کل املاح محلول TDS (mg/L)	سولفات So_4^{-2} (mg/L)	SAR Sodium Adsorption Ratio	کلر Cl^-
۵۷۸	۸/۶	۳/۱	۲۶۵	۲/۳۹	۳/۷۲	۱/۴۸

نشان داد که آبیاری قطره‌ای زیرسطحی از آبیاری قطره‌ای سطحی تأثیر بهتری بر رشد و عملکرد درختان انار دارد. در صورت طراحی و اجرای مناسب آبیاری زیرسطحی رطوبت خاک در طول دوره رشد گیاه نزدیک به رطوبت ظرفیت زراعی بوده و گیاه بدون صرف انرژی زیاد آب مورد نیاز خود را دریافت می‌کند و این سبب افزایش کمیت و کیفیت محصول شد (مقبلی دامنه و همکاران، ۲۰۱۸).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده آبیاری زیرسطحی و نیز اثر متقابل آبیاری زیرسطحی و رقم بر صفت وزن خوشه معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر ساده آبیاری زیرسطحی نشان داد بیشترین وزن خوشه (۴۶۵ گرم) در آبیاری غرقابی بدست آمد (شکل ۴). پژوهشگران گزارش کردند نتایج میانگین وزن خوشه انگور در دو روش آبیاری نشان داد که وزن خوشه در آبیاری کپسول رسی متخلخل زیر سطحی در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف آماری معنی‌داری با روش آبیاری قطره‌ای سطحی نداشت که با نتایج پژوهش حاضر متفاوت بود. البته

نتایج و بحث

نتایج مقایسه میانگین اثر ساده آبیاری نشان داد بیشترین تعداد خوشه در آبیاری زیرسطحی به کار برده شده بدست آمد (شکل ۲). همچنین اثرات ساده رقم نشان داد بین ارقام مورد بررسی که شامل عسگری، پیکامی، لعل و ترکمن ۴ بود، تفاوت معنی‌داری دیده نشد (شکل ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر آبیاری زیر سطحی بر تعداد خوشه در هر درختچه نشان داد که بیشترین تعداد خوشه در هر بوته (۲۲ خوشه) در آبیاری زیرسطحی بدست آمد و کم‌ترین آن (۱۴ خوشه) در آبیاری غرقابی بدست آمد (شکل ۱). نتایج این پژوهش با نتایج عروجیان مشهدی و همکاران (۱۴۰۰) مطابقت دارد. در این پژوهش آبیاری زیرسطحی تأثیر معنی‌داری بر رقم نداشت، همچنین افزایش تعداد خوشه نسبت به شاهد بیشتر بود و در صرفه‌جویی در مصرف آب بسیار تأثیرگذار بود. در این راستا با نتایج پژوهشگران دیگر مطابقت داشت (زونجئات و همکاران، ۲۰۱۶). نتایج پژوهش ال دسوکی و عبدالحمید (۲۰۱۴)

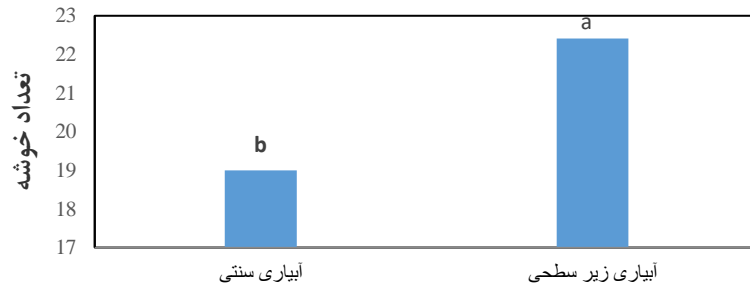
به دلیل راندمان بهتر مصرف آب تعداد خوشه‌های درخت افزایش پیدا کرده اما از طرف دیگر درخت انرژی کافی برای پرکردن کامل خوشه‌ها و افزایش وزن آنها را نداشته است.

این شاخص به تنهایی نمی‌تواند ملاک انتخاب روش آبیاری باشد و لازم است موارد دیگر مانند شاخص‌های اقتصادی، نوع گونه‌ی گیاهی و میزان توسعه‌ی ریشه گیاه در انتخاب و عدم انتخاب آن مورد توجه قرار گیرد (قربانی واقعی و همکاران، ۲۰۱۵).

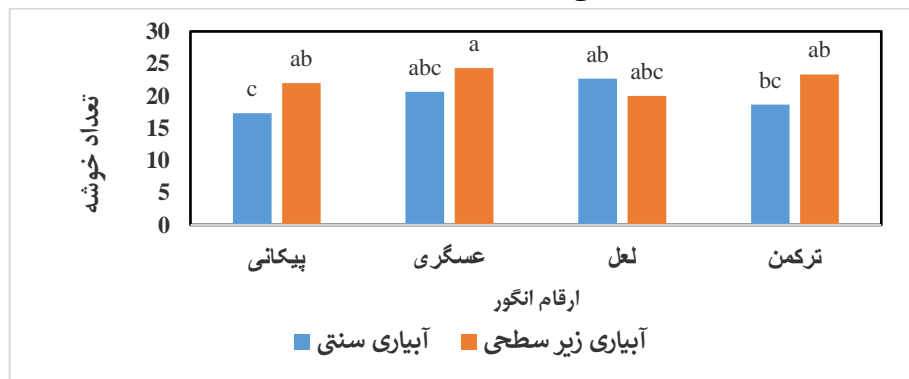
در انتخاب روش آبیاری، قیمت نهاده آب و نحوه

استفاده آن دارای اهمیت است (حسینی ششتمد و

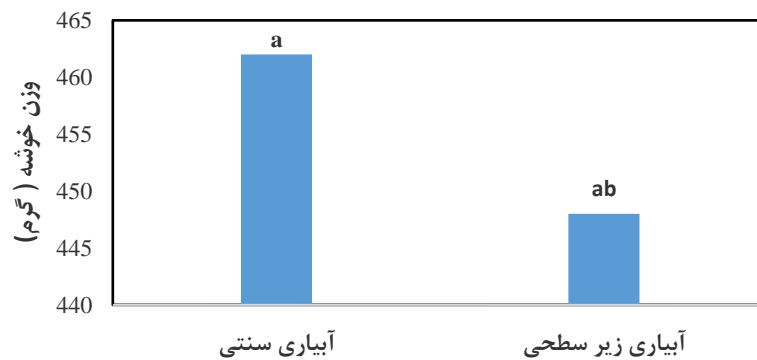
همکاران، ۲۰۱۹). به نظر می‌رسد در آبیاری زیرسطحی



شکل ۲- بررسی اثر آبیاری بر تعداد خوشه در هر بوته



شکل ۳- اثر متقابل آبیاری، رقم بر تعداد خوشه در بوته



شکل ۴- اثر نوع آبیاری بر وزن خوشه

تعداد حبه (۱۸۶ حبه) در آبیاری زیر سطحی بدست آمد که ۲۵ تا بیشتر از شاهد بود (شکل ۵). آبیاری غرقابی در این صفت در مرتبه بعد قرار گرفت. مقایسه میانگین اثرات ساده رقم نشان

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده آبیاری، رقم و نیز اثر متقابل آبیاری و رقم بر صفت تعداد حبه معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر ساده آبیاری نشان داد بیشترین

پژوهش با اجرای آبیاری زیرسطحی با بلوکه سیمانی تبخیر ناشی از آبیاری سطحی کاهش یافت و باعث بهره‌وری بیشتر آب شد که با پژوهش محمدی و همکاران (۲۰۲۱) مطابقت دارد.

اثر ساده آبیاری، رقم بر صفت میزان مواد جامد محلول معنی-دار بود. آنالیز اثرات متقابل آبیاری و رقم تحت تاثیر قرار نگرفت و به لحاظ آماری معنی‌دار نشد. نتایج مقایسه میانگین اثر ساده آبیاری نشان داد بالاترین میزان مواد جامد محلول در آبیاری زیر سطحی بدست آمد (شکل ۹). آبیاری غرقابی در این صفت در مرتبه بعد قرار گرفت. همچنین بیشترین میزان مواد جامد محلول در ارقام عسگری و پیکانی بدست آمد. مقدار آب آبیاری در تیمار آبیاری زیرسطحی در مدت زمان بیشتری نسبت به تیمار آبیاری غرقابی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و تیمار آبیاری غرقابی همان میزان آب را در طول زمان کمتر دریافت کرده است. طولانی و تدریجی بودن مدت زمان آبیاری در تیمار آبیاری زیرسطحی و همچنین نفوذ آب به صورت عمقی باعث شده است که گیاه فرصت بیشتری برای دریافت آب داشته باشد. بنابراین تیمار آبیاری زیر سطحی درصد اسید کل کمتر و مواد جامد محلول بیشتری نسبت به تیمار آبیاری سنتی داشته باشد. بنابراین نتایج نشان می‌دهد با تغییر سیستم فعلی به سیستم زیرسطحی مطلوبیت میوه انگور از لحاظ کیفیت طعم میوه افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد وقتی در آبیاری غرقابی آب زیاد در اختیار گیاه به یکباره قرار می‌گیرد، همین افزایش آب سبب کاهش رنگ، قند و کیفیت غذایی میوه می‌شود (نیکانفر و رضایی، ۲۰۱۵). مقدار آب آبیاری تیمار آبیاری سطحی در مدت زمان کمتری نسبت به تیمار آبیاری قطره‌ای در اختیار گیاه قرار می‌گیرد اما تیمار قطره‌ای همان میزان آب را در طول چند ساعت دریافت کرده است. طولانی و تدریجی بودن مدت زمان آبیاری در تیمار آبیاری زیرسطحی و همچنین نفوذ آب به صورت عمقی باعث شده است که گیاه فرصت بیشتری برای دریافت آب داشته باشد (نیکانفر و رضایی، ۲۰۱۵). اثر ساده آبیاری، رقم و نیز اثر متقابل آبیاری و رقم بر صفت اسید آب میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). همچنین میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که اسید کل تیمار شاهد (آبیاری غرقابی) بیشترین مقدار (۵/۱۶) گرم بر لیتر) و تیمار آبیاری زیر سطحی کمترین مقدار (۳/۷۲) گرم بر لیتر) را به خود اختصاص دادند (شکل ۱۰). همچنین اختلاف بین این دو تیمار ۱/۴۴ گرم بر لیتر بدست آمد. این نتایج نشان می‌دهد که درختانی که به روش متداول آبیاری شدند

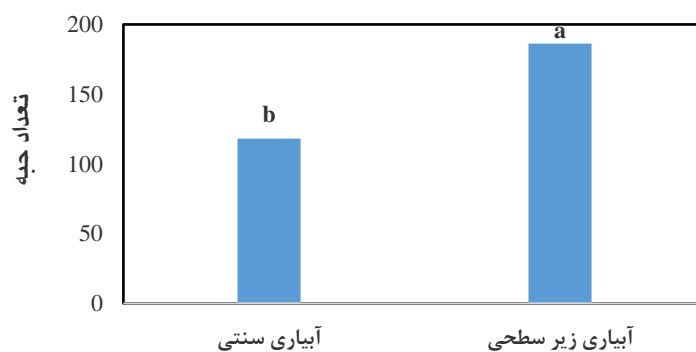
داد بیشترین تعداد حبه در ارقام عسگری و پیکانی بدست آمد، مطابقت دارد. در این پژوهش بیشترین تعداد حبه در آبیاری زیرسطحی بدست آمد (شکل ۶ و ۵). به نظر می‌رسد آبیاری زیرسطحی به کاربرده شده در این پژوهش نیز به تولید و مصرف آب در کشاورزی کمک کرده است. این روش آبیاری به دلیل کاهش تبخیر آب، بهبود راندمان مصرف کود، کاهش کل آب موردنیاز، کاهش جمعیت علف‌های هرز و تجمع نمک در سطح باعث افزایش تعداد حبه در خوشه انگور می‌شود (مندونکا و همکاران، ۲۰۲۰). طبق تحقیقات انجام شده (دولتی بانه و نورجو، ۲۰۱۲) کم آبیاری باعث کاهش عملکرد میوه می‌شود و تأثیر منفی کم آبیاری بر کاهش عملکرد می‌تواند به واسطه کاهش ظرفیت فتوسنتزی برگ‌ها و به دنبال آن کاهش دسترسی حبه‌های انگور به آسیمپلات‌ها باشد. در مقایسه با سایر سیستم‌های آبیاری، آبیاری قطره‌ای زیرسطحی منجر به افزایش تولید و صرفه‌جویی در مصرف آب شده است. در پژوهش بررسی دور آبیاری مورد نیاز انگور پیکانی و تأثیر آن بر خواص کیفی و کمی انگور مشخص شد که اثر تیمارهای آبیاری بر ویژگی‌های فیزیکی میوه انگور در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود و بیشترین طول، عرض حبه، مواد جامد محلول و همچنین کمترین میزان اسیدیته در تیمار، یک آبیاری در زمستان، یک آبیاری قبل از گل، آبیاری پس از گلدهی و آبیاری پس از آن به فاصله ۲۰ روز تا قبل از برداشت با عملکرد محصول ۳۰/۱ تن در هکتار مشاهده شد (آذرپژوه و زبیج، ۲۰۰۶). نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده آبیاری زیرسطحی و نیز اثر متقابل آبیاری زیرسطحی و رقم بر صفت وزن خوشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر ساده آبیاری زیرسطحی نشان داد بالاترین وزن خوشه در آبیاری غرقابی بدست آمد (شکل ۸ و ۷). گزارش شده است که وزن خوشه انگور در آبیاری کپسول رسی متخلخل زیر سطحی در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف آماری معنی‌داری با روش آبیاری قطره‌ای سطحی نداشت که با پژوهش ما در تضاد است. البته این پارامتر به تنهایی نمی‌تواند ملاک انتخاب روش آبیاری باشد و لازم است دیگر پارامترهای اقتصادی در انتخاب و عدم انتخاب آن مورد توجه قرار گیرد. به نظر می‌رسد ریشه‌های عمیق درختان انگور در آبیاری زیرسطحی نسبت به آبیاری غرقابی فقط توانسته تعداد حبه را با توجه به بهره‌وری بالای آب افزایش دهد بنابراین تغذیه درختان در روش آبیاری زیرسطحی باید در پژوهشی بررسی شود. با این حال در این

مرتبه بعدی قرار گرفتند و به لحاظ آماری تفاوت معنی داری باهم نداشتند (شکل ۱۲). یکی از علت‌هایی که باعث تفاوت این اعداد می‌شود، تفاوت اقلیم، نوع رقم و نحوه کشت می‌باشد (فتاحی ناغانی و همکاران، ۱۳۹۷). مقایسه میانگین اثرات ساده آبیاری نشان داد بیشترین بهره‌وری

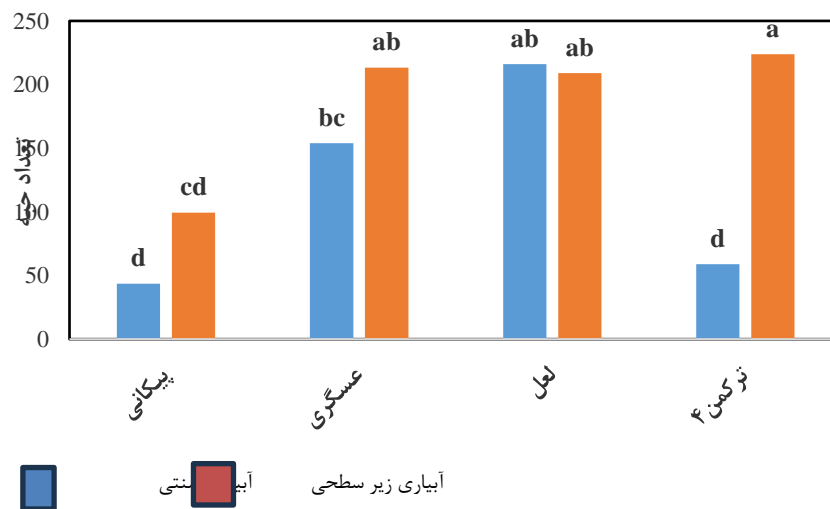
آب مصرفی از آبیاری زیرسطحی و کمترین بهره‌وری آب مصرفی از آبیاری غرقایی بدست آمد. پژوهشگران با بررسی تاثیر آبیاری زیرسطحی و جویچه‌ای بر بهره‌وری آب مصرفی در دو سیستم کشت داربستی و خزنده انگور به این نتیجه رسیدند که بهره‌وری آب مصرفی در روش آبیاری زیرسطحی بیشتر است (عروجیان مشهدی، ۲۰۲۱) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. این پژوهشگران گزارش کردند آبیاری زیر سطحی به دلیل راندمان بالا و تبخیر کم از سطح خاک منجر به افزایش بهره‌وری آب مصرفی به طور کلی کاهش مصرف آب می‌شود

ترش تر بوده و مقدار اسید کل بالایی دارند. نتایج مقایسه میانگین اثر ساده رقم نشان داد بیشترین اسید میوه از رقم عسگری بدست آمد و بقیه ارقام در مرتبه بعدی قرار گرفتند و به لحاظ آماری تفاوت معنی داری باهم نداشتند. قابل ذکر است در شرایطی که گیاه آب کمتری در دسترس داشته باشد و همچنین با تغییر میزان آبیاری و تحریک ریشه‌های موئین در گیاه و جذب بهتر آب، شرایط تنش موجب می‌شود این صفت در گیاه افزایش یابد. با اعمال کم آبیاری در انگور می‌توان بدون کاهش معنی دار عملکرد ضمن بهبود صفات کیفی میوه با کاهش ۵۰ درصدی مصرف آب کارایی مصرف آب را دو برابر افزایش داد (فتاحی و همکاران، ۲۰۱۹).

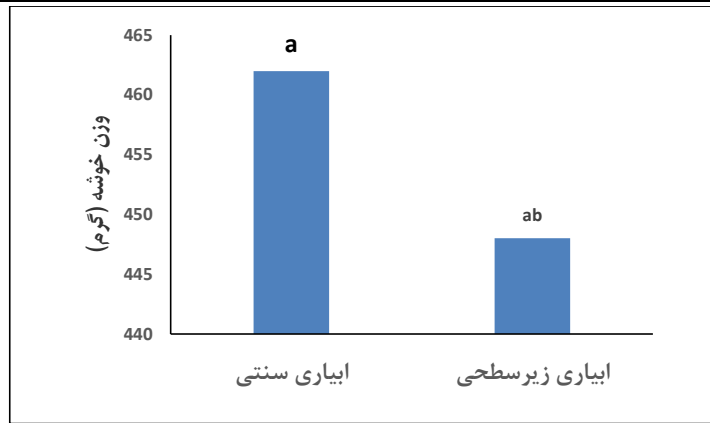
نتایج مقایسه میانگین اثر ساده رقم نشان داد بیشترین بهره‌وری آب مصرفی (۷/۲۳ کیلوگرم بر متر مکعب) در رقم عسگری مشاهده شد (شکل ۱۱) که از سایر تیمارها برتر بود و این مقدار از مقادیر گزارش شده در پژوهش‌های دیگر (۹/۴ کیلوگرم بر متر مکعب) کمتر بود (یولقونولو و همکاران، ۲۰۱۸). و بقیه ارقام در



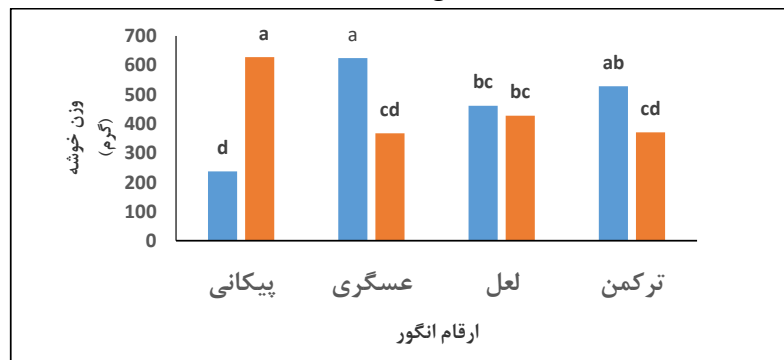
شکل ۵- بررسی اثر نوع آبیاری بر تعداد جبه



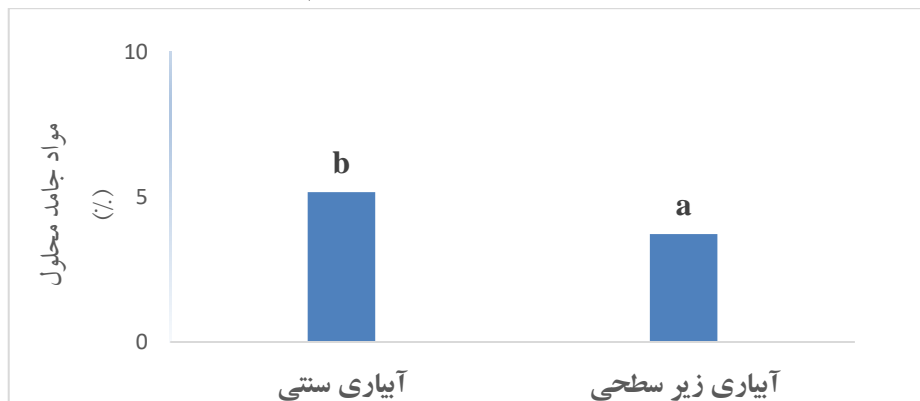
شکل ۶ - مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری، رقم بر تعداد جبه



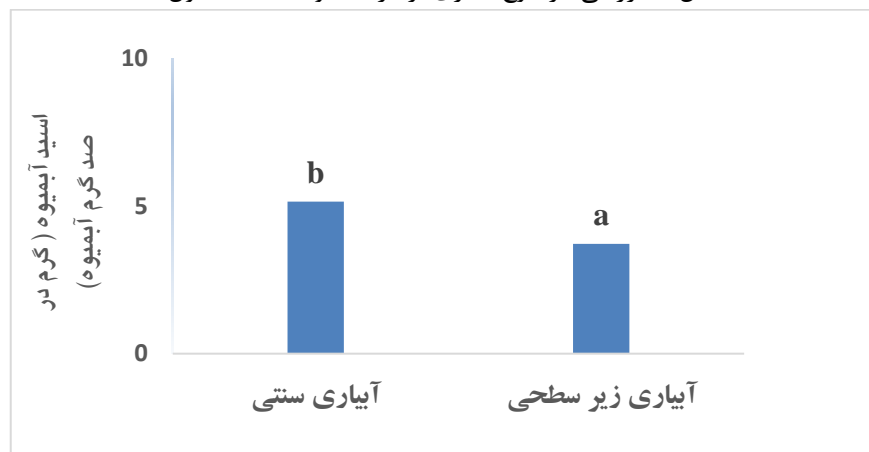
شکل ۷- اثر نوع آبیاری بر وزن خوشه



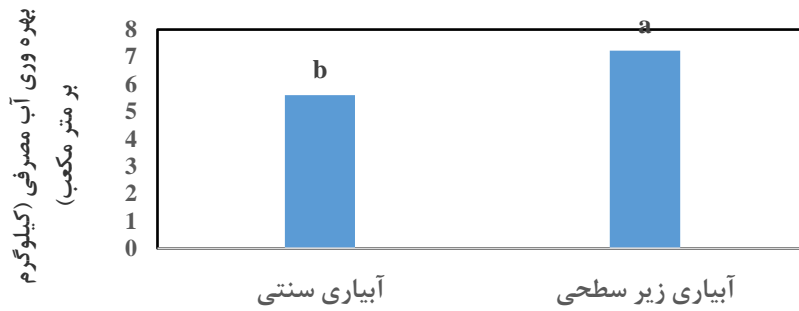
شکل ۸- مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری، رقم بر وزن هر حبه



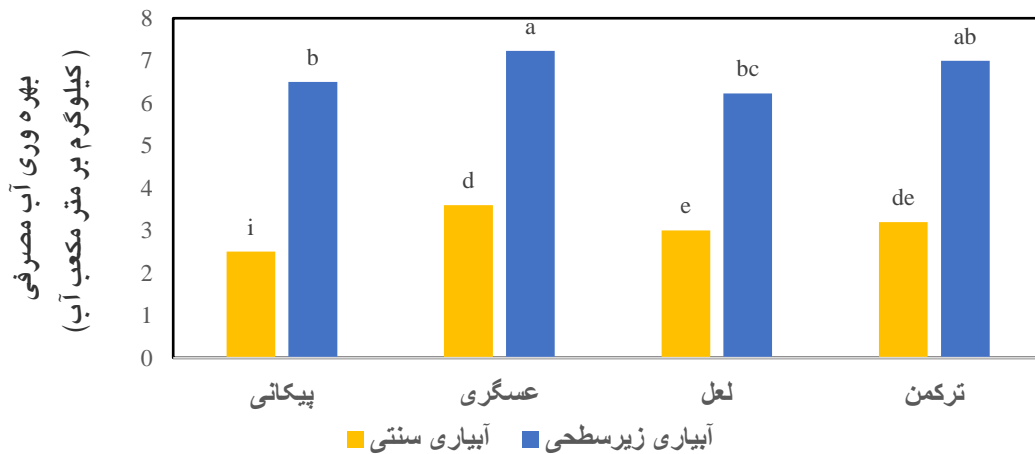
شکل ۹- بررسی اثر نوع آبیاری بر درصد مواد جامد محلول



شکل ۱۰- بررسی اثر نوع آبیاری بر میزان اسید آب میوه (گرم در صد گرم آبمیوه)



شکل ۱۱- بررسی اثر ساده آبیاری بر بهره وری آب مصرفی



شکل ۱۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری، رقم بر صفت بهره وری آب مصرفی

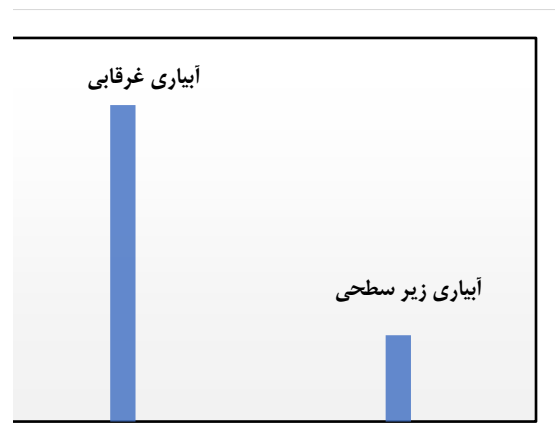
طور گسترده‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. در یک مطالعه نتایج نشان داد که تامین رطوبت برای گیاه پرتقال به روش کپسول رسی متخلخل نسبت به روش آبیاری قطره ای سطحی با ۴۲ درصد کاهش مصرف آب همراه بوده است. هم چنین نتایج مشاهدات میدانی حاکی از تاخیر مدت زمان آبیاری در روش آبیاری زیرسطحی در مرداد ماه از شش روز به نه روز در مقایسه با روش آبیاری سطحی داشت. به طور کلی، با علم به محدودیت منابع آبی در کشور استفاده از کپسول رسی متخلخل یکی از موثرترین روش های بهینه سازی و مدیریت در مصرف آب اراضی باغی خواهد بود (قربانی واقعی & بهرامی، 2021). نتایج این پژوهش نشان‌دهنده اهمیت استفاده از تکنولوژی‌های نوین در مدیریت منابع آب و بهینه‌سازی مصرف آن در کشاورزی است.

بهره‌وری مصرف آب در روش آبیاری زیرسطحی نسبت به آبیاری غرقابی افزایش یافت و میزان مصرف آب که رابطه عکسی با بهره‌وری مصرف آب دارد کاهش پیدا نمود (شکل ۱۳). با اجرای طرح آبیاری زیرسطحی با استفاده از لوله‌های سیمانی در باغ انگور ۱۵ ساله، حجم مصرف آب از ۴۹۵ متر مکعب به ۱۳۵ متر مکعب کاهش یافت. به عبارت دیگر، میزان صرفه‌جویی در مصرف آب در این باغ به 72 درصد رسید. باغ مورد بررسی در این پژوهش دارای بافت خاک لومی بود. اجرای سیستم آبیاری زیرسطحی در این نوع خاک، با بهبود بهره‌وری آب، توانست به کاهش چشمگیر مصرف آب کمک کند. این روش آبیاری به دلیل توزیع یکنواخت و بهینه آب در لایه‌های زیرین خاک، از تبخیر و رواناب جلوگیری کرده و ریشه‌های درختان را به طور مؤثرتری تغذیه می‌کند. حجم مصرف آب به مقدار آبی گفته می‌شود که برای آبیاری گیاهان استفاده می‌شود. در سیستم‌های آبیاری زیرسطحی، آب به طور مستقیم به ریشه‌های گیاهان منتقل می‌شود که این امر باعث کاهش تبخیر و نشت آب می‌شود. این روش به ویژه در مناطق با کمبود آب یا در باغات و مزارع با بافت خاک مناسب، بسیار مؤثر است. در مقالات علمی مختلف، نتایج مربوط به حجم مصرف آب در سیستم‌های آبیاری زیرسطحی به

Journal of Animal and Plant Sciences, 30: 702-712.

<http://dx.doi.org/10.36899/JAPS.2020.3.0083>.

- Azar Pazhuh A, and Zabihi HR, 2006. Determination of irrigation water duration of grape and its effect on quantitative and quality of Grapevine and Rasins. The 16nd national congress of Iranian food science and technology, 2-13.
- Bagherabadi R, 2022. Investigation of Climate Change on the kermanshah city using the of de martoune, ambrothermic and embereger in 1991-2021. Geography and Human Relationships 4(4): pp.173-185.
- Baumgartner K, Smith RF, and Bettiga L, 2005. Weed control and cover crop management affect mycorrhizal colonisation of grape vine roots and arbuscular mycorrhizal fungal spore population in a California vineyard Mycorrhiza, 15: 111-119.
- Doulati Baneh H, & Noorju A, 2012. Effect of Deficit Irrigation on Quantitative and Quality Traits of Fruit and Water Productivity of Three Grapevine Cultivars. Seed and Plant Production Journal 27(4): 435-450.
<http://dx.doi.org/10.22092/sppj.2017.110447>.
- El-Desouky M I, & Abd El-Hamied S A, 2014. Improving growth and productivity of pomegranate fruit trees planted on sandy dunes slopes at Baloza District (N. Sinai) using different methods of drip irrigation, organic fertilization, and soil mulching. Journal of Agriculture and Veterinary Science, 7(12): 86-97.
- FAOSTAT, 2018. Agriculture data available on <http://fao.org/statistics/en>
- Fattahi-Naghani F, Ghobadinia M, Mohammadkhani A, & Nori Emamzadeie M R, 2019. Effect of Irrigation Management (System Type and Water Stress) on Yield and Physiological Indices of Grapes (Case Study: Naghang Region). Water and Soil 32(6): 1069-1080.
- Ghorbani Vaghei, H., & Bahrami, H. A. (2021). Application of porous clay capsule technique in optimizing water consumption of citrus orchard. Water and Soil Management and Modelling, 1(3), 15-24.



شکل ۱۳- حجم آب مصرفی در دو روش آبیاری

زیرسطحی و غرقابی

نتیجه گیری کلی

این پژوهش به منظور ارزیابی جایگزینی روش آبیاری زیرسطحی با شیوه آبیاری غرقابی انجام شد. نتایج نشان داد که تیمار آبیاری زیرسطحی با تامین نیاز آبی درختان انگور منجر به افزایش صفات کیفی میوه های انگور و بهره‌وری آب بیشتری نسبت به تیمار شاهد شود. به طور کلی تحت روش آبیاری زیرسطحی محصولی با طعم مناسب‌تر، کیفیت و بازار پسندی بیشتری نسبت به آبیاری شاهد تولید گردید. با توجه شرایط منطقه کاشمر و کاهش سهم منابع آب موجود برای کشاورزی، یک برنامه‌ریزی دقیق در خصوص آبیاری تاکستان نیاز است. نتایج این پژوهش نشان داد که ۷۳ درصد در مصرف آب در روش آبیاری زیرسطحی نسبت به آبیاری غرقابی صرفه‌جویی شد. از این رو با توجه به حفظ و حتی بهبود بسیاری از ویژگی‌های کیفی میوه انگور تغییر روش آبیاری سنتی به زیرسطحی توصیه می‌شود.

۱- منابع مورد استفاده

- Afzal M, Cheema M, Shahid M, Arshad M, & Khaliq T, 2020. Optimization of subsurface drip lateral depths and irrigation levels for best yield response of onion (*Allium cepa* L.).

- Surface (Flooding) to Subsurface Method with PVC Pipes on Soil salinity, Growth and Yield of Pistachio Trees. *Journal of Pistachio Science and Technology* 4(8): 28-42.
- Mohammed M, Riad K, & Alqahtani N, 2021. Efficient iot-based control for a smart subsurface irrigation system to enhance irrigation management of date palm. *Sensors* 21(12): 3942. <https://doi.org/10.3390/s21123942>.
- Mohammadkhani A, Pourgholam-Amiji M, Sohrabi T, & Liaghat A, 2020. The Effect of Different Levels of Water Stress in Two Surface and Subsurface Drip Irrigation Systems on Yield and Water Productivity of Maize. *Water and Irrigation Management* 10(2): 247-264. <http://doi:10.22059/jwim.2020.298096.767>.
- Mohammadi H, Kashefi B, & Khosh Ghalb H, 2017. Investigation of Salicylic acid effect in different growth stages on quality and quantity of Grape varieties rish baba in Shahrood. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)* 29(4):886-895.
- Moghbeli Damaneh E, Fatahi R, Ghorbani B, Rabiei G, & Esfandyari S, 2018. Assessment of Effect of deficit irrigation under surface and subsurface irrigation conditions on vegetative development and yield of Citrus. *Journal of Plant Production Research* 25(3): 69-82.
- Nazari B, Liaghat A, Akbari M R, & Keshavarz M, 2018. Irrigation water management in Iran: Implications for water use efficiency improvement. *Agricultural water management* 208: 7-18. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.06.003>.
- Nikanfar R, and Rezaei R, 2015. Responses of old grape vines to switch irrigation system from surface to drip or babbler. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology* 16 (2): 161-170. <http://journal-irshs.ir/article-1-67-en.html>. (in Persian with English abstract).
- Orojian Mashhadi O, Mirlatifi SM, & Dehghanisanij H, 2021. Effects of Furrow and Subsurface Drip Irrigation Systems on Water Productivity of Vine yard in Bowed trellis and Creeping Plantation Systems. <http://dx.doi.org/10.22098/mmws.2021.9140.1024>.
- Ghorbani vaghei H, Bahrami H, Mazhari R, & Heshmatpour A, 2015. Effect of Subsurface Irrigation with Porous Clay Capsules on Quantitative and Quality of Grape Plant. *Water and Soil* 29(1): 58-66. <http://dx.doi.org/10.22067/jsw.v0i0.28243>.
- Hosseini Sheshtamad F S, Abedi Sarvestani A, & Keramatzadeh A, 2019. Farmers' Views on Rules Observance in Water Governance (Case Study: Farmers in Sabzevar County, Khorasan Razavi Province). *Journal of Water and Sustainable Development* 6(1): 95-102. <https://doi.org/10.22067/jwsd.v6i1.74035>.
- Hoseini Y, 2019. Use fuzzy interface systems to optimize land suitability evaluation for surface and trickle irrigation. *Information processing in agriculture* 6(1): 11-19. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2018.09.003>.
- Jolaini M, 2006. Investigating the effect of drip irrigation method of water and on yield and water use efficiency of Grape. *Journal of agricultural and Engineering Research* 7(28):69-78.
- Lamm F R, 2016. Cotton, tomato, corn, and onion production with subsurface drip irrigation: A review. *Transactions of the ASABE* 59(1): 263-278. <http://dx.doi.org/10.13031/trans.59.11231>.
- Zoebl D, 2006. Is water productivity a useful concept in agricultural water management?. *Agricultural Water Management* 84(3): 265-273. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2006.03.002>.
- Matthews M.A., and Nuzzo V. 2007. Berry size and yield paradigms on grapes and wines quality. *Acta Horticulturae*, 754: 423-435
- Mendonça T G, Silva M B D, Pires R C D M, & Souza C F, 2020. Deficit irrigation of subsurface drip-irrigated grape tomato. *Engenharia Agrícola* 40: 453-461. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v40n4p453-461/2020>.
- Sedaghati N, Hosseinifard SJ, Abdolahi Ezzatabadi M, Mohammadi Mohammad-Abadi A. and Nikooei Dastjerdi MR, 2020. Effect of Changing Irrigation System from

- Irrigation and Drainage Structures Engineering Research 22(84): 19-36. <https://doi.org/10.22092/idser.2021.353769>. 1461.
- SepaskhahAR, Tavakoli A, Mousavi F, 2006. The principles and application of low irrigation. Publisher: Tehran: National Irrigation and Drainage Committee of Iran, 1384.
- Skouhey F, Skouhey M, and Mohd Mohammadi H, 2017. The strategy of influencing factors in the participation of education and promotion of agriculture on the management of water resources. 8th National Congress of Agricultural Extension and Education Sciences, Natural Resources and Sustainable Environment.
- Tahami Pour Zarandi M, Khazaei A, & Kolivand F, 2020. Analysing the Tariff System and Economic Value of Water in Iran's Industry Sector. Journal of Water and Sustainable Development, 6(3): 19-30.
- Tavakoli A, and Basirt M, 2020. The use of potash in the irrigation of modified adapted subsurface diameters of pistachio orchards. Publication of agricultural education 7-22. trickle irrigation. Information Processing In Agriculture 6(1): 11-19..
- Yulghonolu S G, Abyaneh H Z, Nejatian M A, Maleki M, & Karimi R, 2018. Effects of altering furrow to drip irrigation systems on physiological traits and yield of sultana grapevine (*Vitis vinifera* L.). Iranian Journal of Horticultural Science 49(3): 743-753. <https://doi.org/10.22059/ijhs.2017.235307.1270>.
- Zarei GH, & Shahperi SA, 2014. Hydraulic characteristics of clay capsules of subsurface irrigation system in three soil textures. Engineering Research of Irrigation and Drainage Structures 14(4): 57-72. <https://doi.org/10.22092/aridse.2014.102100>.
- Zúñiga M, Ortega-Farías S, Fuentes S, Riveros-Burgos C, & Poblete-Echeverría C, 2018. Effects of three irrigation strategies on gas exchange relationships, plant water status, yield components and water productivity on grafted Carménère grapevines. Frontiers in Plant Science 9: 992. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00992>.