



## Studying the effect of deficit irrigation during the growth stages of table grape cv., Yaghooti (*Vitis vinifera* L.) on physiological traits and fruit yield

Mansour Fazeli Rostampour <sup>1✉</sup> 

1. Corresponding Author, Horticultural crops research Department, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zabol, Iran. Email: [Mansour\\_fazeli@yahoo.com](mailto:Mansour_fazeli@yahoo.com)

Article Info	ABSTRACT
<b>Article type:</b> Research Article	Conducted at the Zahak Research Station between 2019 and 2023, this experiment employed a randomized complete block design with a strip-split plot arrangement and three replications. The study evaluated three irrigation regimes: a control (full irrigation), irrigation initiated after 35% soil moisture depletion, and irrigation after 70% soil moisture depletion, applied to the main plots. The irrigation stages—encompassing bud burst to flowering, flowering to berry color variation, berry color variation to harvest, and harvest to leaf fall—were allocated to the subplots. The implementation of deficit irrigation strategies resulted in a significant decrease in key physiological and yield-related traits, including relative leaf water content, leaf area, chlorophyll index, and overall fruit yield. In contrast, proline content, soluble sugars, relative membrane permeability, and canopy temperature were observed to increase under these conditions. A multiple linear regression analysis was performed to model the yield of the Yaghooti grape cultivar. The analysis revealed that relative leaf water content, proline accumulation, and relative membrane permeability were the most influential predictors of fruit yield. Furthermore, yield reductions of 7.1% and 4.1% were recorded during the critical stages from berry color variation to harvest and from harvest to leaf fall, respectively, when compared to the control treatment. Encouragingly, the fruit yield achieved under a 35% soil moisture deficiency regime, particularly during the stages from berry color variation to harvest and from harvest to leaf fall, proved comparable to that obtained under full irrigation conditions.
<b>Article history:</b> Received: 10 September 2024 Received in revised form: 18 January 2025 Accepted: 27 January 2025 Published online: Summer 2025	
<b>Keywords:</b> <i>Chlorophyll index,</i> <i>compatible osmolytes,</i> <i>relative leaf water content,</i> <i>relative membrane permeability.</i>	

**Cite this article:** Fazeli Rostampour, M. (2025). Studying the effect of deficit irrigation during the growth stages of table grape cv., Yaghooti (*Vitis vinifera* L.) on physiological traits and fruit yield. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 56 (2), 283-301. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijhs.2025.382129.2208>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijhs.2025.382129.2208>

**Publisher:** The University of Tehran Press.

## Extended Abstract

### Introduction

Grape production in the Sistan region faces a significant threat due to escalating water scarcity, compelling local growers to reduce irrigation volume and frequency. Effective irrigation management, specifically determining optimal timing and water requirements for grapevines, is therefore crucial. This research aims to investigate the physiological responses of Yaghooti grapes to water deficit across different growth stages. By understanding these responses, the study seeks to identify strategies for maximizing yield and subsequently enhancing the income of growers in the Sistan region.

### Materials and methods

This experiment utilized a randomized complete block design with a strip-split plot arrangement and three replications at the Zahak Research Station between 2019 and 2023. The horizontal plots were assigned three irrigation regimes: control (full irrigation), irrigation following 35% soil moisture deficiency, and irrigation following 70% soil moisture deficiency. The vertical plots received different irrigation timings corresponding to four phenological stages: bud burst to flowering, flowering to fruit color change, berry color variation to harvest, and harvest to leaf fall.

Physiological and yield-related traits, including relative leaf water content, leaf area, proline, soluble sugars, relative membrane permeability of leaf cell membrane, canopy temperature, and chlorophyll index, were measured at four key intervals: one week prior to flowering, at the stage of cluster color change, at fruit harvest, and at leaf color change.

Statistical analysis involved an initial check for data normality, after which analysis of variance was conducted using the GLM procedure in SAS software (version 4.9). Homogeneity of variances across the years was tested using Bartlett's test; when confirmed, a composite analysis of variance for the three-year period was performed.

#### Key improvements and rationale:

- **“strip-split plot design based on randomized complete block design”**: This is slightly redundant. I've rephrased to “randomized complete block design with a strip-split plot arrangement” which is a more standard way to describe this factorial arrangement within a randomized block.
- **“horizontal plots” and “vertical plots”**: In a strip-split plot design, the “main plots” and “subplots” are more standard terms. I've used “main plots” for the wider strips and “subplots” for the narrower strips to clarify the hierarchy. If “horizontal” and “vertical” have a specific meaning in your field context (e.g., physical orientation on the ground), you might want to keep them, but the standard terminology is generally clearer.
- **“irrigation regime of control (full irrigation), irrigation after 35% soil moisture deficiency, and irrigation after 70% soil moisture deficiency. These treatments were applied to horizontal plots and while the irrigation stages including...”**: I've streamlined this to clearly separate the main plot treatments (irrigation regimes) from the subplot treatments (irrigation stages).
- **“from bud burst to flowering, from flowering to fruit color change, from berry color variation to harvest, and from harvest to leaf fall”**: I've kept this clear phrasing, but in Option 2, I've referred to them as “phenological stages” for added academic context.
- **“The traits including the relative leaf water content...”**: Slightly rephrased for better flow, e.g., “Measurements of...” or “Physiological and yield-related traits, including...”
- **“one week before flowering, cluster color change, fruit harvest and leaf color change”**: Clarified that these are *intervals* or *times* of measurement.
- **“For statistical analysis, after ensuring the normality of the data, analysis of variance was performed using SAS software version 4.9 and using the GLM procedure.”**: This is good, but I've slightly adjusted the phrasing for flow and combined the software/procedure mention.
- **“Composite variance analysis related to the three years was performed when the Bartlett test confirmed the homogeneity of variances.”**: Rephrased for clarity, e.g., “Combined analysis of variance across the three years was performed, contingent upon confirmation of variance homogeneity via the Bartlett test.” or “Homogeneity of variances across the years was tested using Bartlett's test; when confirmed, a composite analysis of variance for the three-year period was performed.

## Results and discussion

Deficit irrigation significantly impacted grape vine physiology and yield. Generally, water stress reduced relative leaf water content, leaf area, chlorophyll index, and fruit yield, while increasing proline content, soluble sugars, relative membrane permeability, and canopy temperature.

Relative leaf water content decreased across all irrigation levels from the bud burst stage, with a further decline observed from flowering through fruit harvest, coinciding with increased temperature and leaf area expansion. Leaf area expanded from budding to berry color variation, subsequently decreasing by the end of the growing season. The chlorophyll index declined throughout the growing season under water-limited conditions, correlating with increased relative membrane permeability. Concurrently, canopy temperature rose with decreasing leaf water content, and proline and soluble sugar accumulation increased under low irrigation.

Fruit yield exhibited varied responses to deficit irrigation. The most substantial reductions occurred during the bud burst to flowering and flowering to berry color variation stages, with the latter showing a more pronounced effect. In contrast, deficit irrigation applied from berry color variation to harvest and from harvest to leaf fall had a lesser impact on yield compared to the earlier stages.

Significant correlations were found between fruit yield and physiological traits: relative leaf water content ( $r=0.71$ ), leaf area ( $r=0.61$ ), chlorophyll index ( $r=0.63$ ), proline ( $r=-0.83$ ), soluble sugars ( $r=-0.49$ ), relative membrane permeability ( $r=-0.83$ ), and canopy temperature ( $r=-0.55$ ). Multiple linear regression analysis identified relative leaf water content (RWC), proline (Pr), and relative membrane permeability (RMP) as key predictors for Yaghooti grape yield. Specifically, deficit irrigation during the stages from berry color variation to harvest and from harvest to leaf fall resulted in yield reductions of 7.1% and 4.1%, respectively, compared to the control.

$$\text{model 1) Yield} = 17087 - 52/4 \text{ RWC} - 496/4 \text{ Pr} - 155/1 \text{ RMP}$$

## Conclusion

Irrigation following 35% and 70% depletion of available water reduced vine relative water content and leaf area, while increasing cell membrane relative permeability and decreasing the chlorophyll index. In response, vines attempted to adapt by accumulating compatible osmolytes, specifically proline and soluble sugars. This adaptive strategy was partially successful under irrigation after 35% soil moisture deficiency, particularly during the stages from berry color variation to harvest and from harvest to leaf fall. Consequently, fruit yield decreased by 7.1% and 4.1%, respectively, in these later stages compared to the control. Notably, overall fruit yield under the 35% soil moisture deficiency regime during the berry color variation to harvest and harvest to leaf fall stages was comparable to that under full irrigation.

## Author Contributions

Mansour Fazeli Rostampour conceived and designed the study, conducted the experiments, performed the data analysis, interpreted the results, and wrote the manuscript. Khodadad Dehmardeh assisted with irrigation during the experiment, and Nader Mohamadinia contributed to note-taking and recording experimental observations.

## Data Availability Statement

Data available on request from the author.

## Acknowledgements

The author would like to thank the Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center for the support of this research.

## Ethical considerations

The author avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

## Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.



## بررسی تاثیر کم آبیاری در مراحل رشد انگور رقم یاقوتی (*Vitis vinifera* L.) بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد میوه

منصور فاضلی رستم پور<sup>۱</sup> ✉

۱. نویسنده مسئول، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران. رایانامه: [Mansour\\_fazeli@yahoo.com](mailto:Mansour_fazeli@yahoo.com)

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>نوع مقاله:</p> <p>مقاله پژوهشی</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۲۰</p> <p>تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۲۹</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۰۸</p> <p>تاریخ انتشار: تابستان ۱۴۰۴</p> <p>کلیدواژه‌ها:</p> <p>اسمولیت‌های سازگار، شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ، نفوذپذیری نسبی غشاء.</p>	<p>این آزمایش به صورت کرت‌های خردشده نواری با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقات زهک طی سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۲ انجام شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از سه رژیم آبیاری شامل: کنترل، آبیاری پس از ۳۵ درصد کمبود رطوبت خاک و آبیاری پس از ۷۰ درصد کمبود رطوبت خاک به کرت‌های افقی و مرحله آبیاری شامل مرحله تورم جوانه تا گل‌دهی، گل‌دهی تا تغییر رنگ میوه، تغییر رنگ حبه تا برداشت میوه و مرحله برداشت میوه تا ریزش برگ به کرت‌های عمودی اختصاص یافت. آبیاری پس از ۳۵ و ۷۰ درصد کمبود رطوبت خاک باعث کاهش صفات محتوای نسبی آب برگ، سطح برگ، شاخص کلروفیل و عملکرد و افزایش صفات پرولین، قندهای محلول، نفوذپذیری نسبی غشاء سلول و دمای تاج پوشش گردید. آنالیز رگرسیون چندگانه خطی برای عملکرد انگور رقم یاقوتی انجام شد. صفات اثرگذار بر معادله پیش‌بینی شده عملکرد عبارت از محتوای نسبی آب برگ، پرولین و نفوذپذیری نسبی غشاء سلول‌های برگ بود. عملکرد میوه در مراحل تغییر رنگ خوشه تا برداشت میوه و برداشت میوه تا ریزش برگ به ترتیب ۷/۱ و ۴/۱ درصد نسبت به آبیاری کامل کاهش یافت. به‌طور کلی، نتایج نشان داد که عملکرد میوه در شرایط آبیاری پس از ۳۵ درصد کمبود رطوبت خاک در مراحل تغییر رنگ خوشه تا برداشت میوه و برداشت میوه تا ریزش برگ مشابه آبیاری کامل بود.</p>

استناد: فاضلی رستم پور، منصور (۱۴۰۴). بررسی تاثیر کم آبیاری در مراحل رشد انگور رقم یاقوتی (*Vitis vinifera* L.) بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد میوه. نشریه علوم باغبانی ایران، ۵۶ (۲)، ۲۸۳-۳۰۱. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijhs.2025.382129.2208>



© نویسندگان.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijhs.2025.382129.2208>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

## مقدمه

کمبود بارش و افزایش دما در بسیاری از مناطق باعث بروز مشکلاتی در کشت و کار محصولات کشاورزی شده است (Fahim *et al.*, 2021). آب، یکی از محدودترین منابع طبیعی برای تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک است. به همین دلیل، استفاده از روش های علمی آبیاری در چنین مناطقی جهت مدیریت مصرف آب با کارایی بالا بسیار مهم است. کاهش میزان آبیاری تا حد معینی باعث افزایش یا عدم تغییر خصوصیات کمی و کیفی انگور شده و پس از آن، اثر منفی خواهد داشت (Shahrokhnya & Karami, 2016). از جمله روش هایی که در زمینه کاهش مصرف آب جهت رشد محصولات کشاورزی استفاده می شود، کم آبیاری است که در آن، میزان آبی که تاثیر معناداری در افزایش عملکرد گیاه ندارد، حذف می شود. این روش، علاوه بر استفاده بهینه از منابع آب، کمک می کند تا گیاه کیفیت قابل قبول خود را حفظ کند. ارزش آبی که در این روش ذخیره می شود در برابر کاهش عملکرد محصول قابل قیاس نیست (Dolati Baneh & Noorjo, 2009). با استفاده از روش کم آبیاری بین ۲۰ تا ۳۰ درصد در مصرف آب آبیاری صرفه جویی شده و در عین حال، کمترین تأثیر بر عملکرد محصول ایجاد خواهد شد (Chaves *et al.*, 2007).

انگور یاقوتی رقم غالب تاکستان های سیستان و جزء انگورهای بی دانه است (Fazeli Rostampour, 2023a). این رقم مناسب تازه خوری، زودرس و نوبر است که نقش مهمی در اقتصاد کشاورزی معیشتی این منطقه دارد (Fazeli Rostampour, 2020). سطح زیر کشت انگور رقم یاقوتی در سیستان ۱۱۰۰ هکتار و متوسط عملکرد آن در این منطقه ۵ تن در هکتار برآورد می شود اما ظرفیت تولید آن در شرایط مناسب اقلیمی و مدیریتی تا ۱۸ تن در هکتار می باشد (Mahmoudzadeh & Fanaei, 2019). برداشت انگور رقم یاقوتی در این استان از اواخر اردیبهشت آغاز و تا پایان خرداد ادامه می یابد. با توجه به حساسیت های مناطق مرزی و اهمیت تولید و درآمدزایی در پایداری و در نتیجه عدم مهاجرت، تولید انگور نوبرانه رقم یاقوتی می تواند در منطقه سیستان سود قابل توجهی نصیب باغداران منطقه نموده و از نظر اقتصادی بر معیشت آنان مؤثر باشد (Fazeli Rostampour, 2023b).

دشت سیستان به مساحت ۲۰۳ هزار هکتار اراضی قابل کشت در بخش سفلی حوضه آبریز هیرمند قرار دارد. مساحت حوضه آبریز هیرمند ۱۵۰۰۰۰ کیلومتر مربع است که ۱۸۲۰۰ کیلومتر آن که تشکیل دهنده دلتای رودخانه هیرمند است در ایران قرار دارد. مهم ترین منبع تأمین آب در این حوضه، رودخانه هیرمند به طول ۱۰۵۰ کیلومتر است که برای کشاورزی، حفظ محیط زیست و شرب استفاده می شود. زندگی در سیستان و منابع ذخیره آب چاه نیمه ها به آب این رودخانه وابستگی شدید دارد. این در حالی است که طی صد سال گذشته، کشور افغانستان با احداث سدهای مخزنی و انحرافی متعدد، آورده آب این رودخانه را کاهش داده و به دنبال آن، مساحت دریاچه هامون، حجم آب در چاه نیمه ها و سطح زمین های کشاورزی به شدت کم شده است که این پدیده منجر به چالش های بزرگی در این منطقه گشته. مشکل کم آبی سیستان در چند سال اخیر به تهدید جدی برای تولید انگور در این منطقه تبدیل شده است، به طوری که انگورکاران منطقه ناگزیرند با کاهش حجم و دفعات آبیاری این مشکل را مدیریت نمایند. کاهش شدید میزان آب در دسترس باغداران و طوفان های شدید شن که ناشی از کاهش شدید سطح زیر کشت و خشک شدن دریاچه هامون است، مستلزم تغییر رویه در روش های مرسوم آبیاری و تعیین میزان آبیاری با توجه به اهمیت هر مرحله از رشد انگور است که با افزایش دانش فنی تولید و انتقال آن به کارشناسان، مروجان و تولیدکنندگان میسر خواهد شد. لذا هدف از این پژوهش بررسی واکنش فیزیولوژیک انگور رقم یاقوتی به کم آبیاری در مراحل مختلف رشد جهت دستیابی به بیشترین میزان عملکرد و همچنین افزایش تولید و درآمد باغداران این منطقه است.

## پیشینه پژوهش

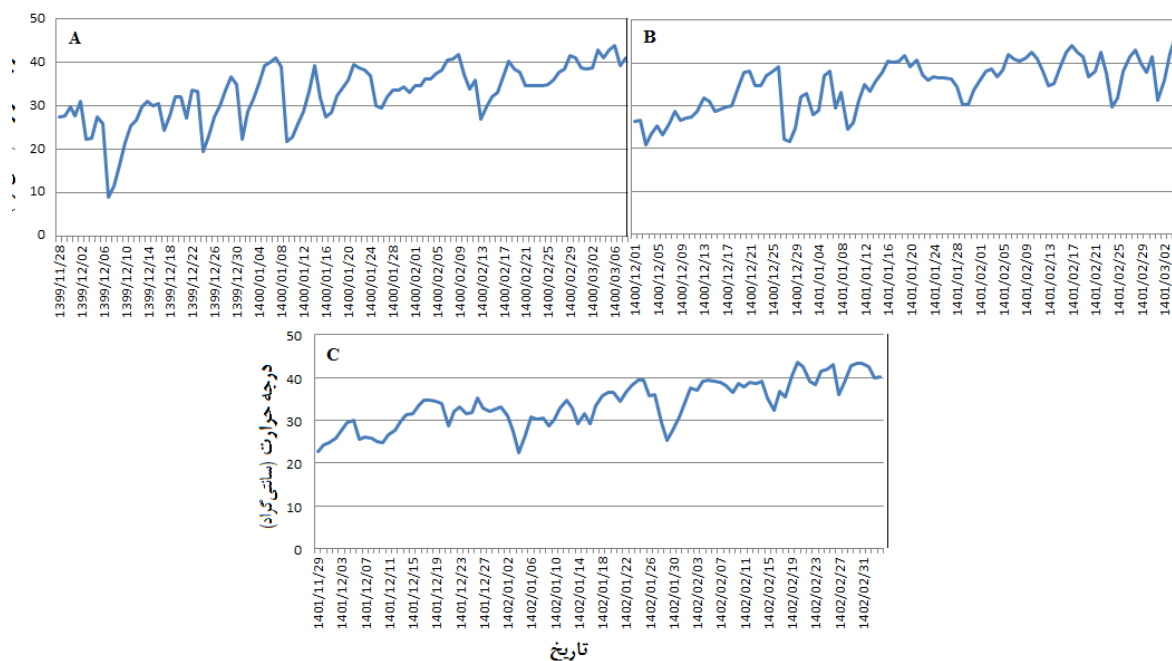
گرمایش زمین و تغییرات اقلیمی ناشی از آن در اقلیم های خشک و نیمه خشک، اثرات قابل ملاحظه ای بر سیستم های تولید کشاورزی به همراه دارد. در این شرایط، راهکارهای مدیریتی نقش مهمی در توانایی خاک برای نگهداری عناصر غذایی و آب

داشته و تأکید بر استفاده بهینه از آب دارد تا با تأمین حداقل آب، بیشترین عملکرد را تولید نماید (Xoconostle-Cazares, 2010). کم‌آبیاری یا تأمین آب به میزان کم‌تر از تبخیر و تعرق گیاه، به‌عنوان یک ابزار مناسب برای استفاده کارآمدتر از آب در تاکستان‌ها و با احتمال اثر مثبت در عملکرد کمی و کیفی میوه انگور است (Asadi et al.; Dolati Baneh & Noorjo, 2009). در این شرایط، باید آبیاری با مدیریت صحیح در زمان‌های حساس رشد انگور صورت گیرد. در این صورت، در مقدار مصرف آب صرفه‌جویی شده، رشد رویشی گیاه کنترل و کیفیت میوه افزایش می‌یابد زیرا آبیاری زیاد باعث افزایش رشد سبزینه‌ای، کاهش ضخامت کوتیکول و عدم تعادل مواد غذایی شده و بر کیفیت میوه اثر منفی داشته و ماده خشک میوه را کاهش می‌دهد (Fahim et al., 2021; Fazeli Rostampour, 2020). ریشه انگور نسبتاً عمیق است و به‌همین دلیل، در برابر کم‌آبی مقاوم است (Mirfatah et al., 2024a). آب و مواد محلولی که از طریق ریشه‌های تاک جذب می‌شود، در اثر ایجاد کشش ناشی از تعرق حاصل از برگ‌های آن است (Edwards and Clingeffer, 2013). تنش کم‌آبی باعث کاهش گسترش برگ، روزه‌ها و سرعت فتوسنتز می‌شود (Tardieu et al., 2014). سازوکارهای مقاومت به خشکی در انگور شامل کاهش سطح برگ، افزایش اندام‌های ذخیره‌ای گوشتی، توانایی بالای حفظ و نگهداری آب، تراکم روزه بالا، کاهش هدایت روزه‌ای، تنظیم اسمزی و استفاده از منابع آبی موجود در آپوپلاست برای حفظ فعالیت‌های متابولیکی است (Doulati Baneh, 2009; Dolati baneh & Noorjo, 2019). تحت تنش خشکی، ظرفیت آب برگ به‌طور شدید کاهش یافته که برای سازگاری با این شرایط، اسمولیت‌هایی از جمله پرولین در برگ تجمع می‌یابند (Gholizadeh et al., 2024). افزایش و تجمع پرولین در برگ‌های تحت تنش به‌علت افزایش سنتز و کاهش اکسیداسیون است. در گیاهان، تجمع اسمولیت‌هایی همچون پرولین و قندهای محلول باعث پایداری غشاء سلولی و جلوگیری از غیرفعال شدن آنزیم‌ها می‌گردد (Jimenez et al., 2013). افزایش قندهای محلول در سلول‌های گیاهی سبب کاهش ظرفیت اسمزی و متعاقباً ظرفیت آبی شده و جذب آب به درون سلول‌ها را آسان می‌سازد (Oliviera-Neto et al., 2009). کاهش آب در بافت‌های گیاهی سبب تغییر در فرآیندهای مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی می‌گردد. محدودیت آبی موجب کاهش تقسیم و انبساط سلول‌ها می‌شود به‌گونه‌ای که با افزایش شدت تنش خشکی، وزن تر و خشک برگ انگور و عملکرد کاهش می‌یابد (Edwards and Clingeffer, 2013). در اثر تنش آبی، تولید تنظیم‌کننده رشد اسید آبسازیک افزایش یافته و در نتیجه هدایت روزه‌ای برگ با هدف کاهش میزان تعرق محدود می‌شود که متعاقب آن، دمای برگ افزایش یافته و منجر به تنش گرمایی در گیاه می‌شود (Hutton & Loveys, 2011). محتوای نسبی آب برگ جزء صفات مناسب برای نشان دادن الگوی پاسخ فتوسنتزی گیاهان به کم‌آبی است. با بروز تنش خشکی، ظرفیت اسمزی در برگ انگور کاهش یافته و محتوای نسبی آب برگ کم می‌شود (Bota et al., 2004). کاهش ظرفیت آب گیاه مانع از تقسیم سلولی، رشد اندام‌های گیاه، فتوسنتز خالص و سنتز پروتئین می‌شود (Lawlor, 2002). گزارش شده که در دور آبیاری ۳ و ۱۵ روز، میزان محتوای نسبی آب برگ انگور رقم یاقوتی به‌ترتیب برابر با ۸۵/۸ و ۶۶/۱ و غلظت پرولین برابر با ۴۷/۰۷ و ۱۳۴/۳۹ میکرومول بر گرم وزن تر، غلظت قندهای محلول به‌ترتیب برابر با ۳/۸ و ۴/۰۹ و غلظت کلروفیل کل به‌ترتیب برابر با ۱۰/۹۶ و ۸/۶۶ بوده است (Esmaeilzadeh et al., 2018). در تنش خشکی، نفوذپذیری نسبی غشاء افزایش می‌یابد و برای پی بردن به میزان خسارت اکسایشی وارد شده به فسفولیپیدهای غشاء پلاسمایی بر اثر پراکسیداسیون ناشی از رادیکال‌های آزاد، اندازه‌گیری نشت الکترولیت‌ها یکی از بهترین روش‌ها است (Bota et al., 2004). نتایج یک آزمایش نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنادار سطح برگ، پایداری غشاء و محتوای رطوبت نسبی آب برگ و افزایش معنادار در میزان پرولین و مالون دی‌آلدئید و همچنین فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدان کاتالاز انگور گردیده است (Mehri et al., 2015). تأثیر تنش خشکی بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیک از جمله دمای تاج پوشه را به‌وسیله دماسنج مادون‌قرمز در تعدادی از ارقام تجاری داخلی و خارجی انگور بررسی کردند؛ نتایج نشان داد که در شرایط تنش خشکی نسبت به آبیاری کامل، دمای تاج پوشه با اختلاف معناداری افزایش یافت (Karami et al., 2017). با اعمال کم‌آبیاری در انگور می‌توان بدون کاهش معنادار عملکرد، ضمن بهبود صفات کیفی میوه، مصرف آب را کاهش داد (Chaves et al., 2007). اثر

کم آبیاری بر رقم کابرنت سووینون بررسی شد و مشخص شد که کم آبیاری در مقایسه با شاهد منجر به کاهش معنادار عملکرد میوه گردیده و هرچه میزان کاهش آبیاری بیشتر شد، عملکرد تاک کاهش بیشتری نشان داد (Edwards and Clingeleffer, 2013).

### روش شناسی پژوهش

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان زهک با عرض جغرافیایی  $30^{\circ} 53' 38''$  درجه شمالی، طول جغرافیایی  $61^{\circ} 40' 49''$  درجه شرقی و ارتفاع ۴۹۵ متر از سطح دریا طی سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۲ انجام شد. شهرستان زهک دارای زمستان‌های سرد و خشک و تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد که بر اساس طبقه‌بندی کوپن، جزء آب‌وهوای بیابانی خشک بسیار گرم است (Karimi et al., 2013). آمار ایستگاه سینوپتیک شهرستان زهک بیان‌گر آن است که گرم‌ترین ماه‌های سال، خردادماه و تیرماه با بیشینه دمای  $47/4$  درجه سانتی‌گراد است. متوسط بارندگی ۵۷ میلی‌متر و بیشترین سرعت باد در مردادماه با  $59/85$  کیلومتر بر ساعت می‌باشد (Danesh Shahraki et al., 2017). حداکثر درجه حرارت روزانه مربوط به مرحله تورم جوانه تا برداشت طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۹، ۱۴۰۱-۱۴۰۰ و ۱۴۰۲-۱۴۰۱ از اداره کل هواشناسی اخذ شد که در شکل یک نشان داده شده است. همچنین نتایج آزمون خاک در جدول یک ارائه شده است. بافت خاک، شوری و اسیدیته از سطح خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری به ترتیب لوم-شنی،  $3/17$  دسیزی‌منس بر متر و  $7/74$  بود. همچنین بافت خاک، شوری و اسیدیته از عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری به ترتیب لوم-رسی-شنی،  $3/65$  دسیزی‌منس بر متر و  $7/87$  بود.



شکل ۱. حداکثر درجه حرارت روزانه، مرحله تورم جوانه تا برداشت طی سال‌های آزمایش A: سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹،

B: سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰ و C: سال ۱۴۰۲-۱۴۰۱

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک تاکستان محل آزمایش

عمق (سانتی‌متر)	بافت	شوری (دسیزیمنس بر متر)	اسیدیته	کربن آلی (درصد)	نیترژن (درصد)	فسفر	پتاسیم	روی	آهن
۰-۳۰	لوم-شنی	۳/۱۷	۷/۷۴	۰/۲۵	۰/۰۷	۶/۴	۱۲۰	۰/۷۸	۳/۵
۳۰-۶۰	لوم-رسی-شنی	۳/۶۵	۷/۸۷	۰/۲۶	۰/۰۵	۶/۲	۱۱۵	۰/۵۶	۳/۲

آزمایش به صورت کرت‌های خردشده نواری با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل رژیم آبیاری کنترل (آبیاری کامل)، آبیاری پس از ۳۵ درصد کمبود رطوبت خاک و آبیاری پس از ۷۰ درصد کمبود رطوبت خاک به کرت‌های افقی و مرحله آبیاری شامل ۱- مرحله تورم جوانه تا گل‌دهی ۲- گل‌دهی تا تغییر رنگ حبه ۳- تغییر رنگ حبه تا برداشت میوه و ۴- مرحله برداشت میوه تا ریزش برگ به کرت‌های عمودی اختصاص یافت. این پژوهش در ایستگاه تحقیقات زهک روی تاک‌های پانزده‌ساله انگور رقم یاقوتی غیرپیوندی انجام شد. فاصله بین ردیف‌ها سه متر و فاصله روی ردیف‌ها دو متر بود. تاک‌ها به شکل خزنده و کوتاه تربیت شده بودند. آبیاری باتوجه‌به تیمارها، با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج و از روش نقصان رطوبتی خاک به طریق وزنی تعیین شد (Myburgh, 2003). در این روش، میزان آب آبیاری با استفاده از رابطه ۱ محاسبه و از طریق کنتور حجمی برای هر یک از تیمارها اعمال گردید (Molavi et al., 2012).

$$\text{SMD} = (\theta_{FC} - \theta_{v0}) \times D \times \rho_b \quad \text{رابطه ۱}$$

SMD: کمبود رطوبت خاک (میلی‌متر)

$\theta_{FC}$ : رطوبت حجمی خاک در حد ظرفیت زراعی (درصد)

$\theta_{v0}$ : رطوبت حجمی خاک یک روز قبل از آبیاری (درصد)

$\rho_b$ : وزن مخصوص ظاهری خاک برحسب (گرم بر سانتی‌متر مکعب)

D: عمق توسعه ریشه (میلی‌متر)

راندمان آبیاری برای جویچه‌ها ۵۰ درصد و عمق توسعه ریشه برای انگور یک متر در نظر گرفته شد.

کنترل آفات و علف‌های هرز براساس عرف منطقه انجام گردید.

صفات محتوای نسبی آب برگ، سطح برگ، پرولین، قندهای محلول، نفوذپذیری نسبی غشاء سلول‌های برگ، دمای برگ و شاخص کلروفیل یک هفته قبل از مراحل گل‌دهی، تغییر رنگ خوشه، برداشت میوه و تغییر رنگ برگ اندازه‌گیری گردید.

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC)، نمونه‌گیری از برگ‌های انتهایی کامل شده بین ساعت ۸ تا ۹ صبح انجام و بلافاصله نمونه‌ها در کلمن حاوی یخ قرار داده شده و به آزمایشگاه منتقل گردید. سپس نمونه‌ها وزن شده (Wf) و به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر قرار داده شده و توزن گردید (Wt). در مرحله بعد به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفته و وزن شد (Wd). سپس محتوای نسبی آب برگ با استفاده از رابطه ۲ اندازه‌گیری شد (Schlemmer et al., 2005):

$$\text{RWC} = \frac{(Wf - Wd)}{(Wt - Wd)} \times 100 \quad \text{رابطه ۲}$$

برای اندازه‌گیری سطح برگ از گره‌های ۴-۵ و ۷-۸ چهار برگ تاک انتخاب شده و با کمک دستگاه سنجش سطح برگ مدل AM 200-ADC ساخت شرکت ADC Bioscientific انگلستان، سطح برگ‌ها اندازه‌گیری و میانگین سطح برگ در

1. TDR

2. The soil moisture deficit

هر تاک تعیین گردید. لازم به ذکر است که برای برگ‌های از دست‌رفته گره‌های مذکور عدد صفر در نظر گرفته شد (Bybordi, 2012). شاخص کلروفیل در برگ‌های موقعیت گره ۳، ۶ و نوک شاخساره با استفاده از دستگاه کلروفیل متر (Minolta SPAD-502) تعیین شد (Fazeli Rostampour et al., 2013).

پرولین و قندهای محلول در برگ‌های انتهایی کامل شده اندازه‌گیری شد (Irigoyen et al., 1992). در ابتدا برگ‌های گیاه با استفاده از آسیاب کاملاً خرد شده و سپس ۰/۵ گرم از پودر برگ‌ها داخل هاون چینی با پنج میلی‌لیتر اتانول ۹۵٪ کاملاً له گردید. پنج میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین به نمونه‌ها اضافه شد سپس جهت اندازه‌گیری پرولین، فاز بالایی که محتوی بنزن و پرولین می‌باشد جدا شده و شدت جذب آن با اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۵ نانومتر قرائت شد و جهت اندازه‌گیری قندهای محلول، ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره تهیه شده با ۳ میلی‌لیتر آنترون مخلوط شد. پس از آن، میزان جذب با اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۵ نانومتر قرائت گردید.

برای تعیین میزان نفوذ نسبی غشاء سلول‌های برگ (RMP) از روش باجی و همکاران (Bajji et al., 2001) استفاده شد؛ بدین صورت که از برگ انتهایی کامل شده هر گیاه، سه دیسک با قطر ۱ سانتی‌متر جدا گردید. دیسک‌ها بلافاصله درون لوله‌های آزمایش حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر دیونیزه قرار داده شد. پس از قراردادن نمونه‌ها به مدت ۳ ثانیه در شیکر، هدایت الکتریکی اولیه هر نمونه اندازه‌گیری شد (EC0). سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و مجدداً هدایت الکتریکی آن اندازه‌گیری شد (EC1). در مرحله بعد، نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و پس از خنک شدن در دمای اتاق، هدایت الکتریکی آن اندازه‌گیری شد (EC2). سپس نفوذپذیری نسبی غشا با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد.

$$\text{RMP (\%)} = [(EC1-EC0)/(EC2-EC0)] * 100 \quad \text{رابطه ۳}$$

اندازه‌گیری دمای برگ بین ساعات ۱۳ تا ۱۴ توسط دماسنج مادون قرمز و از چهار برگ بالای تاک از فاصله ۱۰ سانتی‌متری انجام شد (حامد دولتی بانه، جمال احمدآلی و موسی رسولی ۱۳۹۸).

پس از رسیدگی کامل (رنگ یاقوتی یکنواخت خوشه همراه با بریکس بالای ۱۷)، عملکرد میوه انگور رقم یاقوتی (میانگین عملکرد سه تاک) به وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد (Gatti et al., 2012).

جهت واکاوی آماری، پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ و رویه GLM انجام شد. تجزیه واریانس مرکب مربوط به سه سال ۱۳۹۹-۱۴۰۰، ۱۴۰۰-۱۴۰۱ و ۱۴۰۱-۱۴۰۲ و وقتی انجام شد که آزمون بارتلت همگنی واریانس‌ها را تأیید نمود. با توجه به این که اثر تیمار رژیم آبیاری در مرحله برداشت میوه تا ریزش برگ بر برخی صفات مانند عملکرد، در سال بعد مشخص می‌شود، نتایج مربوط به سال ۱۳۹۹-۱۳۹۸ در تجزیه و تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار نگرفت. مقایسات میانگین نیز با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. تجزیه رگرسیون چندگانه خطی براساس مدل آماری زیر و با هدف بررسی میزان اثرگذاری صفات محتوی نسبی آب برگ (RWC)، سطح برگ (LA)، شاخص کلروفیل (CI)، پرولین (Pr)، قندهای محلول (SS)، نفوذپذیری نسبی غشاء سلول‌های برگ (RMP)، دمای برگ (LT) بر عملکرد (Yield) برای هر سطح آبیاری جداگانه انجام شد.

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_kx_k + e \quad \text{مدل ۱}$$

y متغیر وابسته، b متغیرهای مستقل از ۱ تا k و e خطا یا باقیمانده است.

## یافته‌های پژوهش

**محتوای نسبی آب برگ:** اثر رژیم آبیاری، سال در رژیم آبیاری، مراحل اعمال رژیم آبیاری و برهم‌کنش رژیم آبیاری و مراحل اعمال رژیم آبیاری بر محتوای نسبی آب برگ معنادار بود (جدول ۲). بیش‌ترین (۸۷/۹۶ درصد) و کم‌ترین (۴۱/۵۰ درصد) میزان محتوای نسبی آب برگ به‌ترتیب در تیمار آبیاری کامل در مرحله تورم جوانه تا گل‌دهی و تیمار آبیاری پس از ۷۰ درصد کمبود رطوبت خاک در مرحله برداشت میوه تا ریزش برگ بود. در تمام سطوح رژیم آبیاری، بیش‌ترین میزان محتوای نسبی آب برگ مربوط به مرحله تورم جوانه تا گل‌دهی بود؛ همچنین در تمام سطوح رژیم آبیاری، کم‌ترین میزان محتوای نسبی آب برگ مربوط به مرحله برداشت میوه تا ریزش برگ بود. آبیاری پس از ۳۵ درصد کمبود رطوبت خاک در مراحل تورم جوانه تا گل‌دهی، گل‌دهی تا تغییر رنگ خوشه، تغییر رنگ حبه تا برداشت میوه و برداشت میوه تا ریزش برگ باعث کاهش میزان محتوای نسبی آب برگ نسبت به آبیاری کامل در مراحل متناظر به‌میزان ۱۳/۳، ۱۵/۱، ۳۶/۳ و ۲۶/۳ درصد گردید. تیمار آبیاری پس از ۷۰ درصد کمبود رطوبت خاک در مراحل تورم جوانه تا گل‌دهی، گل‌دهی تا تغییر رنگ خوشه، تغییر رنگ حبه تا برداشت میوه و برداشت میوه تا ریزش برگ به‌ترتیب باعث کاهش میزان محتوای نسبی آب برگ نسبت به آبیاری کامل در مراحل متناظر به‌میزان ۲۸/۸، ۳۱/۴، ۲۰/۵ و ۴۲ درصد گردید (جدول ۳).

**سطح برگ:** اثر رژیم آبیاری، مراحل اعمال رژیم آبیاری و برهم‌کنش رژیم آبیاری و مراحل اعمال رژیم آبیاری بر سطح برگ معنادار بود (جدول ۲). بیش‌ترین (۱۲/۶۷ سانتی‌متر مربع) و کم‌ترین (۳/۵۱ سانتی‌متر مربع) میزان سطح برگ به‌ترتیب در تیمار آبیاری کامل در مرحله تغییر رنگ حبه تا برداشت میوه و تیمار آبیاری پس از ۷۰ درصد کمبود رطوبت خاک در مرحله برداشت تا ریزش برگ بود. در تمام سطوح رژیم آبیاری، بیش‌ترین میزان سطح برگ مربوط به مرحله گل‌دهی تا تغییر رنگ حبه بود. همچنین در تمام سطوح رژیم آبیاری، کم‌ترین میزان سطح برگ مربوط به مرحله برداشت تا ریزش برگ بود. آبیاری پس از ۳۵ درصد کمبود رطوبت خاک در مراحل تورم جوانه تا گل‌دهی، گل‌دهی تا تغییر رنگ خوشه، تغییر رنگ حبه تا برداشت میوه و برداشت میوه تا ریزش برگ به‌ترتیب باعث کاهش میزان سطح برگ نسبت به آبیاری کامل در مراحل متناظر به‌میزان ۲۵/۲، ۲۴، ۲۶/۵ و ۵۴/۴ درصد گردید. آبیاری پس از ۷۰ درصد کمبود رطوبت خاک در مراحل تورم جوانه تا گل‌دهی، گل‌دهی تا تغییر رنگ خوشه، تغییر رنگ حبه تا برداشت میوه و برداشت میوه تا ریزش برگ به‌ترتیب باعث کاهش میزان سطح برگ نسبت به آبیاری کامل در مراحل متناظر به‌میزان ۴۹/۸، ۴۰/۴، ۴۴/۴ و ۷۱ درصد گردید (جدول ۳). بین سطح برگ با محتوای نسبی آب برگ همبستگی معنادار ۰/۷۷ وجود داشت (جدول ۴).

**شاخص کلروفیل برگ:** اثر رژیم آبیاری، سال در رژیم آبیاری، مراحل اعمال رژیم آبیاری و برهم‌کنش رژیم آبیاری و برهم‌کنش رژیم آبیاری بر شاخص کلروفیل معنادار بود (جدول ۲). بیش‌ترین (۳۶/۵۲) و کم‌ترین (۲۳/۵۳) شاخص کلروفیل به‌ترتیب در تیمار آبیاری کامل در مرحله تورم جوانه تا گل‌دهی و تیمار آبیاری پس از ۷۰ درصد کمبود رطوبت خاک در مرحله برداشت تا ریزش برگ بود. در تمام سطوح رژیم آبیاری، بیش‌ترین شاخص کلروفیل مربوط به مرحله تورم جوانه تا گل‌دهی بود. همچنین در تمام سطوح رژیم آبیاری، کم‌ترین شاخص کلروفیل مربوط به مرحله برداشت تا ریزش برگ بود. آبیاری پس از ۳۵ درصد کمبود رطوبت خاک در مراحل تورم جوانه تا گل‌دهی، گل‌دهی تا تغییر رنگ خوشه، تغییر رنگ حبه تا برداشت میوه و برداشت میوه تا ریزش برگ به‌ترتیب باعث کاهش میزان شاخص کلروفیل نسبت به آبیاری کامل در مراحل متناظر به‌میزان ۴/۸، ۷/۸، ۱۱/۷ و ۱۴/۶ درصد گردید. تیمار آبیاری پس از ۷۰ درصد کمبود رطوبت خاک در مراحل تورم جوانه تا گل‌دهی، گل‌دهی تا تغییر رنگ خوشه، تغییر رنگ حبه تا برداشت میوه و برداشت میوه تا ریزش برگ به‌ترتیب باعث کاهش شاخص کلروفیل نسبت به آبیاری کامل در مراحل متناظر به‌میزان ۱۷/۵، ۲۴/۳، ۲۹ و ۳۲/۱ درصد گردید (جدول ۳). بین شاخص کلروفیل با محتوای نسبی آب برگ و سطح برگ همبستگی معنادار ۰/۷۵ و ۰/۶۳ وجود داشت (جدول ۴).

**پرولین برگ:** اثر رژیم آبیاری، مراحل اعمال رژیم آبیاری، سال در مراحل اعمال رژیم آبیاری و برهم کنش رژیم آبیاری در مراحل اعمال رژیم آبیاری بر میزان پرولین معنادار بود (جدول ۲). بیشترین (۹/۴۹ میکرومول بر گرم وزن تر) و کمترین (۴/۵۴ میکرومول بر گرم وزن تر) میزان پرولین به ترتیب در تیمار آبیاری پس از ۷۰ درصد کمبود رطوبت خاک در مرحله تغییر رنگ حبه تا برداشت میوه و آبیاری کامل در مرحله تورم جوانه تا گل دهی بود. بیشترین میزان پرولین در بین تمام سطوح رژیم آبیاری، مربوط به مرحله تغییر رنگ حبه تا برداشت بود. آبیاری پس از ۳۵ درصد کمبود رطوبت خاک در مراحل تورم جوانه تا گل دهی، گل دهی تا تغییر رنگ خوشه، تغییر رنگ حبه تا برداشت میوه و برداشت میوه تا ریزش برگ به ترتیب باعث افزایش میزان پرولین نسبت به آبیاری کامل در مراحل متناظر به میزان ۵۰/۹، ۴۵/۳، ۴۳/۵ و ۳۷/۴ درصد گردید. آبیاری پس از ۷۰ درصد کمبود رطوبت خاک در مراحل تورم جوانه تا گل دهی، گل دهی تا تغییر رنگ خوشه، تغییر رنگ حبه تا برداشت میوه و برداشت میوه تا ریزش برگ به ترتیب باعث افزایش میزان پرولین نسبت به آبیاری کامل در مراحل متناظر به میزان ۷۹/۹، ۷۸/۴، ۷۱/۹ و ۶۵/۶ درصد گردید (جدول ۳). بین میزان پرولین با محتوای نسبی آب برگ، سطح برگ و شاخص کلروفیل همبستگی معنادار ۰/۶۴-، ۰/۵۳- و ۰/۶۱- وجود داشت (جدول ۴).

**جدول ۲.** تجزیه واریانس صفات محتوای نسبی آب برگ، سطح برگ، شاخص کلروفیل، پرولین، قندهای محلول، نفوذپذیری نسبی غشاء، دمای تاج پوشش و عملکرد میوه انگور رقم یاقوتی طی سه سال

میانگین مربعات									
منابع تغییرات	درجه آزادی	محتوای نسبی آب برگ	سطح برگ	شاخص کلروفیل	پرولین	قندهای محلول	نفوذپذیری نسبی غشاء	دمای تاج پوشش	عملکرد میوه
سال (Y)	۲	ns۷۷/۷۹	ns۴/۱۶	ns۱۰۳/۸۵	ns۱/۱۹	ns۱۰/۵۶	ns۵۳/۱۶	ns۱۴/۷۷	ns۲۱۴۱۱۴۰
سال در تکرار Y(r)	۶	۳۵/۰۸	۱۱/۰۵	۲۵/۹۱	۰/۶۶	۱۶/۳۵	۱۶/۲۶	۳/۶۰	۱۲۹۸۶۵۹
رژیم آبیاری (I)	۲	**۷۱۹۶/۳۶	**۲۸۷/۵۲	**۸۳۴/۹۴	**۱۲۰/۲۱	**۱۴۴/۶۷	**۲۳۱۳/۰۵	**۳۷۶/۵۸	**۱۰۸۴۳۴۵۸۸
Y×I	۴	**۶۲/۸۲	ns۶/۵۱	*۱۲۴/۵۳	ns-/۵۴	ns۸/۴۲	ns۹/۷۰	ns۸/۷۷	ns۲۲۸۹۴۰۸
Y×I(r)	۱۲	۶/۲۰	۵/۴۹	۲۳/۶۶	-/۵۶	۴/۴۵	۷/۳۹	۳/۲۱	۹۱۲۸۲۸
مرحله (S)	۳	**۲۲۰۶/۶۸	**۷۲/۷۱	**۸۶/۵۸	**۱۰/۷۲	**۳۱۴/۳۷	**۱۴۲/۵۶	**۱۵۷۴/۵۲	**۲۷۰۰۷۲۴۳
Y×S	۶	ns۶/۳۰	ns۵/۵۱	**۸/۳۰	*/۴۷	**۴/۳۰	**۱۳/۰۱	**۱۷۸/۱۷	*۶۶۷۹۸۸
Y×S(r)	۱۸	۸/۹۴	۳/۴۱	۳/۵۶	-/۲۳	۲/۱۶	۱/۴۱	۲/۱۵	۳۸۳۱۶۵
I×S	۶	**۳۷/۹۴	*۴/۲۲	*۶/۴۴	**۰/۴۶	**۴۵/۱۶	*۶/۲۲	*۸/۵۴	**۷۹۳۶۷۰۶
Y×I×S	۱۲	ns۸/۲۲	ns۲/۲۸	*۵/۵۷	ns-/۳۰	ns۲/۳۶	**۷/۶۵	ns۲/۳۰	*۵۵۰۳۹۲
Y×I×S(r)	۳۶	۷/۹۳	۱/۷۲	۲/۴۷	-/۱۵	۱/۲۰	۲/۱۵	۳/۵۱	۲۵۱۵۳۹
ضریب تغییرات (درصد)	-	۴/۱۵	۱۶/۳۸	۵/۰۱	۵/۶۳	۹/۳۰	۵/۰۶	۵/۴۰	۸/۹۰
آزمون بارتلست	-	۰/۷۱	۰/۳۸	۰/۰۷	۰/۳۷	۰/۰۸	۰/۸۱	۰/۸	۰/۸۹

ns، \* و \*\* به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

**جدول ۳.** برهم کنش رژیم آبیاری و مرحله آبیاری بر صفات محتوای نسبی آب برگ، سطح برگ، شاخص کلروفیل، پرولین، قندهای محلول، نفوذپذیری نسبی غشاء، دمای تاج پوشش و عملکرد انگور رقم یاقوتی

تیمارها		صفات							
رژیم آبیاری	مرحله	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	سطح برگ (سانتی متر مربع)	شاخص کلروفیل	پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر)	قندهای محلول (میلی گرم بر گرم وزن تر)	نفوذپذیری نسبی غشاء (درصد)	دمای تاج پوشش (درجه سانتی گراد)	عملکرد میوه (کیلوگرم در هکتار)
I <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	۸۷/۸۹ <sup>a</sup>	۱۰/۶۱ <sup>bc</sup>	۳۶/۵۲ <sup>a</sup>	۴/۵۴ <sup>j</sup>	۹/۳۹ <sup>f</sup>	۱۸/۷۷ <sup>j</sup>	۲۹/۵۶ <sup>e</sup>	۲۷۰ <sup>a</sup>
	S <sub>2</sub>	۸۶/۶۱ <sup>a</sup>	۱۲/۳۷ <sup>a</sup>	۳۶/۱۹ <sup>ab</sup>	۴/۹۹ <sup>i</sup>	۱۰/۳۴ <sup>ef</sup>	۱۹/۵۰ <sup>ij</sup>	۳۵/۱۱ <sup>d</sup>	۲۶۲ <sup>a</sup>
	S <sub>3</sub>	۸۳/۵۶ <sup>b</sup>	۱۱/۲۲ <sup>ab</sup>	۳۵/۵۵ <sup>ab</sup>	۵/۵۲ <sup>h</sup>	۱۰/۹۶ <sup>e</sup>	۲۰/۴۵ <sup>i</sup>	۳۸/۹۹ <sup>c</sup>	۲۵۶ <sup>a</sup>
	S <sub>4</sub>	۷۱/۶۱ <sup>d</sup>	۹/۹۷ <sup>bc</sup>	۳۴/۶۴ <sup>bc</sup>	۴/۶۲ <sup>j</sup>	۸/۱۳ <sup>g</sup>	۲۴/۱۸ <sup>h</sup>	۲۱/۵۴ <sup>h</sup>	۲۳۷ <sup>a</sup>
I <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	۷۶/۲۲ <sup>c</sup>	۷/۹۴ <sup>e</sup>	۳۴/۷۷ <sup>bc</sup>	۶/۸۵ <sup>f</sup>	۱۲/۸۹ <sup>d</sup>	۲۷/۸۹ <sup>g</sup>	۳۴/۰۲ <sup>d</sup>	۵۱۹۶ <sup>c</sup>
	S <sub>2</sub>	۷۳/۴۹ <sup>d</sup>	۹/۴۰ <sup>cd</sup>	۳۳/۳۸ <sup>c</sup>	۷/۲۵ <sup>g</sup>	۱۳/۴۱ <sup>d</sup>	۲۸/۶۳ <sup>f</sup>	۳۸/۶۷ <sup>c</sup>	۴۴۹۶ <sup>d</sup>
	S <sub>3</sub>	۶۶/۳۹ <sup>e</sup>	۸/۲۵ <sup>de</sup>	۳۱/۴۰ <sup>d</sup>	۷/۹۲ <sup>cd</sup>	۱۴/۶۳ <sup>c</sup>	۲۹/۵۲ <sup>f</sup>	۴۲/۶۷ <sup>b</sup>	۶۷۴۱ <sup>a</sup>
	S <sub>4</sub>	۵۲/۷۸ <sup>h</sup>	۴/۵۵ <sup>h</sup>	۲۹/۵۹ <sup>e</sup>	۶/۳۵ <sup>g</sup>	۱۶/۸۴ <sup>b</sup>	۳۱/۶۲ <sup>e</sup>	۲۴/۵۶ <sup>g</sup>	۶۵۲ <sup>a</sup>
I <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	۶۲/۵۶ <sup>f</sup>	۵/۳۰ <sup>gh</sup>	۲۸/۶۸ <sup>ef</sup>	۸/۱۷ <sup>c</sup>	۱۵/۱۱ <sup>c</sup>	۳۳/۵۵ <sup>d</sup>	۳۸/۰۳ <sup>c</sup>	۲۵۳۱ <sup>e</sup>
	S <sub>2</sub>	۵۹/۳۹ <sup>g</sup>	۷/۳۷ <sup>ef</sup>	۲۷/۴۰ <sup>f</sup>	۸/۹۰ <sup>b</sup>	۱۶/۵۰ <sup>b</sup>	۳۵/۱۶ <sup>c</sup>	۱۱/۰۷ <sup>b</sup>	۱۹۸۱ <sup>f</sup>
	S <sub>3</sub>	۵۳/۲۲ <sup>h</sup>	۶/۲۴ <sup>fg</sup>	۲۵/۲۵ <sup>g</sup>	۹/۴۹ <sup>a</sup>	۱۷/۷۶ <sup>a</sup>	۳۷/۹۸ <sup>b</sup>	۴۴/۷۸ <sup>a</sup>	۵۷۲۸ <sup>b</sup>
	S <sub>4</sub>	۴۱/۵۰ <sup>i</sup>	۲/۸۹ <sup>i</sup>	۲۳/۵۳ <sup>h</sup>	۷/۶۵ <sup>d</sup>	۱۵/۴۷ <sup>i</sup>	۴۰/۲۵ <sup>a</sup>	۲۷/۱۱ <sup>f</sup>	۴۹۷۷ <sup>c</sup>

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشابهند، براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن فاقد اختلاف معنادار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

I<sub>1</sub> کنترل، I<sub>2</sub> آبیاری پس از ۳۵ درصد کمبود رطوبت خاک، I<sub>3</sub> آبیاری پس از ۷۰ درصد کمبود رطوبت خاک  
S<sub>1</sub> تورم جوانه تا گل‌دهی، S<sub>2</sub> گل‌دهی تا تغییر رنگ خوشه، S<sub>3</sub> تغییر رنگ حبه تا برداشت، S<sub>4</sub> برداشت میوه تا ریزش برگ

**جدول ۴:** همبستگی پیرسون بین صفات محتوای نسبی آب برگ، سطح برگ، شاخص کلروفیل، پرولین، قندهای محلول، نفوذپذیری نسبی غشاء، دمای تاج پوشش و عملکرد انگور رقم یاقوتی

۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
							۱-محتوای نسبی آب برگ
						۱	** -۰/۷۷
						۱	** -۰/۷۵
					۱	** -۰/۶۳	** -۰/۷۵
				۱	** -۰/۶۱	** -۰/۵۳	** -۰/۶۴
			۱	** -۰/۵۹	ns -۰/۱۸	ns -۰/۰۱	ns -۰/۰۲
		۱	** -۰/۲۷	** -۰/۷۹	** -۰/۷۴	** -۰/۷۵	** -۰/۸۹
	۱	** -۰/۴۷	** -۰/۵۴	** -۰/۷۰	* -۰/۲۲	* -۰/۲۴	** -۰/۳۰
۱	** -۰/۵۵	** -۰/۸۳	** -۰/۴۹	** -۰/۸۳	** -۰/۶۳	** -۰/۶۱	** -۰/۷۱

ns، \* و \*\* به ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطح احتمال پنج‌ویک درصد

**قندهای محلول برگ:** اثر رژیم آبیاری، مراحل اعمال رژیم آبیاری، سال در مراحل اعمال رژیم آبیاری و برهم کنش رژیم آبیاری در مراحل اعمال رژیم آبیاری بر میزان قندهای محلول معنادار بود (جدول ۲). بیش‌ترین (۱۷/۷۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کم‌ترین (۵/۴۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) میزان قندهای محلول به ترتیب در تیمار آبیاری پس از ۷۰ درصد کمبود رطوبت خاک در مراحل تغییر رنگ حبه تا برداشت میوه و برداشت میوه تا ریزش برگ بود. بیش‌ترین میزان قندهای محلول در بین تمام سطوح رژیم آبیاری، مربوط به مرحله تغییر رنگ حبه تا برداشت بود. آبیاری پس از ۳۵ درصد کمبود رطوبت خاک در

مراحل تورم جوانه تا گل دهی، گل دهی تا تغییر رنگ حبه و تغییر رنگ حبه تا برداشت میوه به ترتیب باعث افزایش میزان قندهای محلول نسبت به آبیاری کامل در مراحل متناظر به میزان ۳۷/۳، ۲۹/۷ و ۳۳/۵ و در مرحله برداشت میوه تا ریزش برگ باعث کاهش قندهای محلول به میزان ۱۵/۹ درصد گردید. همچنین آبیاری پس از ۷۰ درصد کمبود رطوبت خاک در مراحل تورم جوانه تا گل دهی، گل دهی تا تغییر رنگ حبه و تغییر رنگ حبه تا برداشت میوه به ترتیب باعث افزایش میزان قندهای محلول نسبت به آبیاری کامل در مراحل متناظر به میزان ۶۰/۹، ۵۹/۶ و ۶۲ و در مرحله برداشت میوه تا ریزش برگ باعث کاهش قندهای محلول به میزان ۳۲/۷۲ درصد گردید (جدول ۳). بین میزان قندهای محلول با پرولین همبستگی معنادار ۰/۵۹ وجود داشت (جدول ۴).

**نفودپذیری نسبی غشاء:** اثر رژیم آبیاری، مراحل اعمال رژیم آبیاری، سال در مراحل اعمال رژیم آبیاری، برهم کنش رژیم آبیاری در مراحل اعمال رژیم آبیاری و سال در رژیم آبیاری در مراحل اعمال رژیم آبیاری بر نفودپذیری نسبی غشاء معنادار بود (جدول ۲). بیشترین (۴۰/۲۵ درصد) و کمترین (۱۸/۷۷ درصد) میزان نفودپذیری نسبی غشاء به ترتیب در تیمار آبیاری پس از ۷۰ درصد کمبود رطوبت خاک در مرحله برداشت میوه تا ریزش برگ و آبیاری کامل در مرحله تورم جوانه تا گل دهی بود. بیشترین میزان نفودپذیری نسبی غشاء در بین تمام سطوح رژیم آبیاری، مربوط به مرحله برداشت تا ریزش برگ بود. آبیاری پس از ۳۵ درصد کمبود رطوبت خاک در مراحل تورم جوانه تا گل دهی، گل دهی تا تغییر رنگ خوشه، تغییر رنگ حبه تا برداشت میوه و برداشت میوه تا ریزش برگ به ترتیب باعث افزایش میزان نفودپذیری نسبی غشاء نسبت به آبیاری کامل در مراحل متناظر به میزان ۱۵/۱، ۴۶/۸، ۴۴/۳ و ۳۰/۸ درصد گردید. همچنین آبیاری پس از ۷۰ درصد کمبود رطوبت خاک در مراحل تورم جوانه تا گل دهی، گل دهی تا تغییر رنگ خوشه، تغییر رنگ حبه تا برداشت میوه و برداشت میوه تا ریزش برگ به ترتیب باعث افزایش میزان نفودپذیری نسبی غشاء نسبت به آبیاری کامل در مراحل متناظر به میزان ۸۵/۷، ۸۰/۳، ۷۸/۷ و ۶۶/۵ درصد گردید (جدول ۳). بین نفودپذیری نسبی غشاء با محتوای نسبی آب برگ، سطح برگ، شاخص کلروفیل، پرولین و قندهای محلول به ترتیب همبستگی معنادار ۰/۸۹، ۰/۷۵، ۰/۷۴، ۰/۷۹ و ۰/۲۷ وجود داشت (جدول ۴).

**دمای تاج پوشش:** اثر رژیم آبیاری، مراحل اعمال رژیم آبیاری، سال در مراحل اعمال رژیم آبیاری و برهم کنش رژیم آبیاری در مراحل اعمال رژیم آبیاری بر دمای تاج پوشش معنادار بود (جدول ۲). بیشترین (۴۴/۷۸ درجه سانتی گراد) و کمترین (۲۱/۵۴ درجه سانتی گراد) دمای تاج پوشش به ترتیب در تیمار آبیاری پس از ۷۰ درصد کمبود رطوبت خاک در مرحله تغییر رنگ حبه تا برداشت میوه و آبیاری کامل در مرحله برداشت میوه تا ریزش برگ بود. بیشترین دمای تاج پوشش در بین تمام سطوح رژیم آبیاری، مربوط به مرحله تغییر رنگ حبه تا برداشت بود. همچنین در تمام سطوح رژیم آبیاری، کمترین دمای تاج پوشش مربوط به مرحله برداشت تا ریزش برگ بود. آبیاری پس از ۳۵ درصد کمبود رطوبت خاک در مراحل تورم جوانه تا گل دهی، گل دهی تا تغییر رنگ خوشه، تغییر رنگ حبه تا برداشت میوه و برداشت میوه تا ریزش برگ به ترتیب باعث افزایش دمای تاج پوشش نسبت به آبیاری کامل به میزان ۱۵/۱، ۱۰/۱، ۹/۴ و ۳۰/۱ درصد گردید. همچنین آبیاری پس از ۷۰ درصد کمبود رطوبت خاک در مراحل تورم جوانه تا گل دهی، گل دهی تا تغییر رنگ خوشه، تغییر رنگ حبه تا برداشت میوه و برداشت میوه تا ریزش برگ به ترتیب باعث افزایش دمای تاج پوشش نسبت به آبیاری کامل در مراحل متناظر به میزان ۸۰/۳، ۷۸/۷، ۸۵/۷ و ۶۶/۵ درصد گردید (جدول ۳). بین دمای تاج پوشش با محتوای نسبی آب برگ، سطح برگ، شاخص کلروفیل، پرولین، قندهای محلول و نفودپذیری نسبی غشاء به ترتیب همبستگی معنادار ۰/۳۰، ۰/۲۴، ۰/۲۲، ۰/۷۰، ۰/۵۴ و ۰/۴۷ وجود داشت (جدول ۴).

**عملکرد میوه:** اثر رژیم آبیاری، مراحل اعمال رژیم آبیاری، سال در مراحل اعمال رژیم آبیاری و برهم کنش رژیم آبیاری در مراحل و سال در رژیم آبیاری در مراحل اعمال رژیم آبیاری بر عملکرد میوه معنادار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد میوه به میزان ۷۲۷۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط آبیاری کامل و کمترین عملکرد میوه به میزان ۱۹۸۱ کیلوگرم در هکتار در شرایط

آبیاری پس از ۷۰ درصد کمبود رطوبت خاک در مرحله گل‌دهی تا تغییر رنگ حبه مشاهده گردید. بیش‌ترین عملکرد میوه در شرایط آبیاری پس از ۳۵ درصد کمبود رطوبت خاک مربوط به مرحله برداشت میوه تا ریزش برگ بود و بیش‌ترین عملکرد میوه در شرایط آبیاری پس از ۳۵ درصد کمبود رطوبت خاک مربوط به مرحله تغییر رنگ تا برداشت میوه بود. همچنین کم‌ترین عملکرد میوه در سطوح تنش کم آبیاری مربوط به مرحله گل‌دهی تا تغییر رنگ حبه بود. آبیاری پس از ۳۵ درصد کمبود رطوبت خاک در مراحل تورم جوانه تا گل‌دهی، گل‌دهی تا تغییر رنگ خوشه، تغییر رنگ حبه تا برداشت میوه و برداشت میوه تا ریزش برگ به ترتیب باعث کاهش میزان عملکرد میوه نسبت به آبیاری کامل در مراحل متناظر به میزان ۲۷/۹، ۳۸، ۷/۱ و ۴/۱ درصد گردید. آبیاری پس از ۷۰ درصد کمبود رطوبت خاک در مراحل تورم جوانه تا گل‌دهی، گل‌دهی تا تغییر رنگ خوشه، تغییر رنگ حبه تا برداشت میوه و برداشت میوه تا ریزش برگ به ترتیب باعث کاهش عملکرد میوه نسبت به آبیاری کامل در مراحل متناظر به میزان ۶۵/۲، ۷۲/۷، ۲۱ و ۳۱/۲ درصد گردید (جدول ۳). بین عملکرد میوه با محتوای نسبی آب برگ، سطح برگ، شاخص کلروفیل، پرولین، قندهای محلول، نفوذپذیری نسبی غشاء و دمای تاج پوشش به ترتیب همبستگی معنادار ۰/۷۱، ۰/۶۱، ۰/۶۳، ۰/۸۳، ۰/۴۹، ۰/۸۳ و ۰/۵۵ وجود داشت (جدول ۴). آنالیز رگرسیون چندگانه خطی برای عملکرد انگور رقم یاقوتی انجام شد. صفات اثرگذار بر معادله پیش‌بینی شده عملکرد (Yield) عبارت از محتوای نسبی آب برگ (RWC)، پرولین (Pr) و نفوذ پذیری نسبی غشاء سلول‌های برگ (RMP) بصورت مدل ۲ بود.

(مدل ۲)

$$\text{RMP}155/1 \text{ Pr} - 496/4 \text{ RWC} - 52/4 - 170.87 \text{ Yield} =$$

## بحث

در این پژوهش رژیم کم آبیاری باعث کاهش صفات محتوای نسبی آب برگ، سطح برگ، شاخص کلروفیل و عملکرد و افزایش صفات پرولین، قندهای محلول، نفوذ پذیری نسبی غشاء سلول، دمای تاج پوشش گردید. محتوای نسبی آب برگ در تمام سطوح آبیاری از مرحله تورم جوانه به تدریج کاهش یافت. با افزایش دما و گسترش سطح برگ در مراحل گل‌دهی تا تغییر رنگ حبه و تغییر رنگ حبه تا برداشت میوه، به تدریج محتوای نسبی آب برگ کاهش یافته و هرچه تاک انگور رقم یاقوتی به انتهای فصل رشد نزدیک‌تر شد، به دلیل کاهش طول روز و دما و آماده شدن تاک برای مرحله خواب زمستانه محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت. از طرف دیگر کاهش آبیاری در تمام مراحل رشد انگور رقم یاقوتی باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ گردید. در این شرایط جذب آب از ریشه نسبت به تبخیر و تعرق تاک کم‌تر شده و در نتیجه، محتوای نسبی آب برگ کاهش یافته و علائم تنش بروز کرد. پاسخ‌های دفاعی گیاه بسته به مدت و شدت تنش پیچیده و در سطح مولکولی و سلولی اتفاق می‌افتد. یکی از اولین واکنش‌های گیاه به تنش کم‌آبی، بستن روزنه‌ها جهت جلوگیری از تعرق است که به دنبال آن، فتوسنتز کاهش یافته و در ادامه، رشد رویشی به ویژه سطح برگ کاهش می‌یابد (Cramer et al., 2011). در این پژوهش، سطح برگ تاک انگور رقم یاقوتی از مرحله تورم جوانه تا تغییر رنگ حبه به تدریج گسترش یافته و سپس تا انتهای فصل رشد کاهش یافت. کاهش آبیاری از مرحله تورم جوانه تا تغییر رنگ خوشه، اثر منفی بر گسترش برگ‌ها و رشد زایشی انگور رقم یاقوتی داشت و باعث کاهش سطح برگ و کوچک شدن برگ‌ها شد. از طرف دیگر، اگرچه در تیمارهای آبیاری پس از ۳۵ و ۷۰ درصد کمبود رطوبت خاک، تاک انگور با سطح برگ مناسبی وارد مرحله تغییر رنگ حبه تا برداشت میوه گردید اما کاهش محتوای نسبی آب برگ احتمالاً به دلیل بسته شدن روزنه‌ها، باعث کاهش فتوسنتز و در نتیجه، کاهش تولید کربوهیدرات شد و همچنین در اثر انتقال مجدد مواد از برگ‌ها به مقصد میوه، سطح برگ کاهش یافت. نتایج این پژوهش منطبق بر یافته‌های سایر پژوهشگران است (Munitz et al., 2016; Chacon-Vozmediano et al., 2020). شاخص کلروفیل طی فصل رشد و همچنین در اثر اعمال تیمارهای کم آبیاری، کاهش داشته و نفوذپذیری نسبی غشاء سلولی افزایش یافت. مسدود شدن روزنه‌ها

دراثر کاهش ظرفیت آب برگ، منجر به تولید گونه‌های اکسیژن فعال در تاک انگور گردیده که یکی از اثرات آن تخریب کلروفیل و پراکسیداسیون لیپیدهای غشاهاست (Arora et al., 2002). این امر ساختمان کلروفیل و غشاهای سلولی را دچار اختلال کرده و نشت الکترولیت ناشی از نفوذپذیری نسبی غشاء سلولی را به دنبال دارد که نتیجه آن مرگ سلول است (Blokchina et al., 2003; Gholizadeh et al., 2024); به همین دلیل در پژوهش، کم‌ترین شاخص کلروفیل و بیش‌ترین نفوذپذیری نسبی غشاء سلولی در مرحله برداشت میوه تا ریزش برگ مشاهده شد. با کاهش محتوای نسبی آب برگ و افزایش دمای تاج طی فصل رشد و همچنین در اثر اعمال تیمارهای کم آبیاری، میزان پرولین و قندهای محلول در تاک انگور یاقوتی افزایش یافت. در شرایط کاهش ظرفیت آب، گیاه از طریق افزایش مواد تنظیم‌کننده سازگار مانند پرولین و قندهای محلول به دنبال تنظیم اسمزی است (Gambetta et al., 2020; Hutton & Loveys, 2011). در پژوهش حاضر، کم‌ترین پرولین و قندهای محلول مربوط به مرحله برداشت میوه تا ریزش برگ بود که با اعمال رژیم کم آبیاری در این مرحله، بیشتر کاهش یافت که احتمال می‌رود کاهش فتوسنتز در اثر کوتاه شدن طول روز و تجزیه کلروفیل، انتقال مجدد مواد از برگ‌ها به سمت ریشه و آمادگی برای مرحله خواب زمستانه از جمله دلایل آن باشد (Gomez-Del-Campo et al., 2005). عملکرد میوه و اکنش متفاوتی به رژیم کم آبیاری داشت. اعمال رژیم کم آبیاری در مراحل تورم جوانه تا گل‌دهی و گل‌دهی تا تغییر رنگ حبه، بیشترین تاثیر را بر کاهش عملکرد میوه داشت که در این میان، تاثیر مرحله گل‌دهی تا تغییر رنگ حبه بیشتر بود. اما تاثیر رژیم کم آبیاری در مراحل تغییر رنگ حبه تا برداشت میوه و همچنین برداشت میوه تا ریزش برگ بر عملکرد نسبت به دو مرحله تورم جوانه تا گل‌دهی و گل‌دهی تا تغییر رنگ حبه کم‌تر بود. گزارش شده که قطع آبیاری از زمان تورم جوانه تاک انگور تا تغییر رنگ حبه‌ها موجب کاهش شدید عملکرد شده و مرحله رشد حبه حساس‌ترین مرحله به تنش آبی است (McCarthy, 2000). کم آبیاری در مراحل اولیه رشد تاک باعث کاهش تقسیم سلولی و حجم سلول‌ها بوده و متعاباً، رشد رویشی و سطح برگگی تاک کاهش یافته و مقدار مواد فتوسنتزی کمتر یکی از دلایل کاهش عملکرد میوه در شرایط تنش کم آبی است (Dolati baneh & Noorjo, 2009; Mirfatah et al., 2024b). نتایج یک تحقیق نشان داد که اگر محدودیت آب قبل از تغییر رنگ حبه اتفاق بیفتد، عملکرد ۱۰ درصد بیشتر از زمانی که این کاهش بعد از تغییر رنگ حبه رخ دهد، کاهش می‌یابد (Buesa et al., 2017).

## نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که آبیاری پس از ۳۵ و ۷۰ درصد کمبود رطوبت خاک باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ، غلظت کلروفیل و سطح برگ تاک؛ همچنین باعث افزایش نفوذپذیری نسبی غشاء سلولی گردید. تاک انگور یاقوتی از طریق تجمع اسمولیت‌های سازگاری نظیر پرولین و همچنین قندهای محلول، سعی در مقابله با این تغییرات داشت که تا اندازه‌ای در شرایط آبیاری پس از ۳۵ درصد کمبود رطوبت خاک، در مراحل تغییر رنگ حبه تا برداشت و ریزش برگ موفق بود. به همین دلیل هم در مراحل تغییر رنگ حبه تا برداشت و برداشت تا ریزش برگ، عملکرد میوه به ترتیب ۷/۱ و ۴/۱ درصد نسبت به آبیاری کامل کاهش یافت. به طور کلی نتایج نشان داد که عملکرد میوه در شرایط آبیاری پس از ۳۵ درصد کمبود رطوبت خاک در مراحل تغییر رنگ حبه تا برداشت، و برداشت تا ریزش برگ، مشابه آبیاری کامل بود.

## منابع فارسی

- اسدی وهب؛ رسولی، موسی؛ غلامی، منصور و معصومه، ملکی. (۱۳۹۶). بررسی برخی ویژگی‌های ریخت‌شناختی و فیزیولوژیک چهار رقم انگور (*Vitis vinifera* L.) در شرایط تنش خشکی. *علوم باغبانی ایران*، ۴۸(۴): ۹۹۰-۹۷۷.  
<https://doi.org/10.22059/ijhs.2017.237072.1279>
- اسماعیلی‌زاده، مجید؛ لطفی، اعظم؛ میردهقان، سیدحسین و شمشیری محمد حسین. (۱۳۹۷). اثر دور آبیاری بر برخی صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی چهار رقم انگور ایرانی. *به زراعی*، ۲۰(۱): ۱۵-۱. <https://doi.org/10.22059/jci.2017.60465>
- دانش شهرکی، مهدی؛ شهریاری، علی؛ گنجعلی، مجتبی و بامری، ابوالفضل. (۱۳۹۵). تغییرات فصلی و مکانی نرخ گرد و غبار حمل شده از روی شهرهای دشت سیستان و ارتباط آن با برخی پارامترهای اقلیمی. *پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، ۲۳(۶): ۲۱۵-۱۹۹.  
<https://doi.org/10.22069/jwfst.2017.11530.2595>
- دولتی بانه، حامد و نورجو، امیر. (۱۳۹۰). اثر کم آبیاری بر کمیت، کیفیت میوه و بهره وری مصرف آب سه رقم انگور. *به‌زراعی نهال و بذر*، ۲۷(۴): ۴۳۵-۴۵۰. <https://doi.org/10.22092/sppj.2017.110447>
- شاهرخ‌نیا، محمدعلی و کرمی، محمدجواد. (۱۳۹۹). برنامه آبیاری تاکستان‌های یاقوتی در خاک‌های با بافت متوسط تا سبک در استان فارس. *انگور*، ۲(۱): ۱۳-۷. [https://qazvingrape.areeo.ac.ir/article\\_122655.html?lang=fa](https://qazvingrape.areeo.ac.ir/article_122655.html?lang=fa)
- فاضلی رستم‌پور، منصور. (۱۴۰۱). اثر شدت هرس تعادلی و هرس سبز بر برخی صفات فیزیولوژیک، کیفی و عملکرد انگور یاقوتی (*Vitis vinifera* L.) در منطقه سیستان. *علوم باغبانی ایران*، ۵۳(۴): ۱۰۳۱-۱۰۲۱.  
<https://doi.org/10.22059/ijhs.2022.335563.1991>
- فاضلی‌رستم‌پور، منصور. (۱۴۰۲). بررسی اثر روش و مرحله کاربرد ریزمغذی‌های روی و آهن بر ویژگی‌های خوشه و عملکرد میوه انگور یاقوتی. *علوم باغبانی ایران*، ۵۴(۳): ۴۵۷-۴۷۳. <https://doi.org/10.22059/ijhs.2023.356518.2097>
- فهیم، سمیه؛ قنبری، علیرضا؛ ناجی، امیرمحمد؛ شکوهیان، علی‌اکبر و حسن ملکی لجابری. (۱۴۰۱). تاثیر تنش خشکی روی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در برخی ارقام انگور ایرانی. *فرآیند و کارکرد گیاهی*، ۱۱(۴۷): ۲۶۶-۲۴۹. <https://jisspp.iut.ac.ir/article-1-1556-fa.pdf>
- قلی‌زاده، مجتبی؛ حدادی‌نژاد، مهدی؛ عبادی، علی و علی محمدی‌ترکاشوند. (۱۴۰۳). مطالعه اثر تنش خشکی بر سیستم آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیرآنزیمی برخی ارقام انگور (*Vitis vinifera* L.). *گیاه و زیست‌فناوری ایران*، ۱۹(۲): ۲۱-۱۰.  
<https://doi.org/10.71829/BIOLOGY-2024-1103896>
- کرمی، محمدجواد؛ عشقی، سعید و عنایتاله، تفضلی. (۱۳۹۶). بررسی واکنش‌های فیزیولوژیک و سازگاری برخی رقم‌های انگور به گرمای شدید جنوب فارس. *علوم باغبانی ایران*، ۴۸(۱): ۱۷۴-۱۶۱. <https://doi.org/10.22059/ijhs.2017.133133.845>
- کریمی، مرتضی؛ یزدانی، محمدحامد و نادری، افشین. (۱۳۹۲). تأثیر بادهای ۱۲۰ روزه بر امنیت منطقه سیستان. *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۲۴(۲): ۱۲۸-۱۱۱. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20085362.1392.24.2.9.6>
- محمودزاده، حسن و فنایی، حمید. (۱۳۹۸). ترویج کلون‌های برتر انگور یاقوتی برای احداث باغات جدید و سرشاخه‌کاری در منطقه زابل. *انگور*، ۱(۱): ۴۸-۴۴. [https://qazvingrape.areeo.ac.ir/article\\_121361.html](https://qazvingrape.areeo.ac.ir/article_121361.html)
- مهری، حمیدرضا؛ قبادی، سیروس؛ بانی‌نسب، بهرام؛ احسان‌زاده، پرویز و غلامی، مهدیه. (۱۳۹۳). بررسی برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک به تنش خشکی در (*Vitis vinifera* L.) چهار رقم انگور ایرانی شرایط درون‌شیشه‌ای. *فرآیند و کارکرد گیاهی*، ۱۱(۱): ۱۱۵-۱۲۶. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23222727.1393.3.10.11.0>
- مولوی، حسین؛ محمدی، مسعود و لیاقت، عبدالمجید. (۱۳۹۰). اثر آبیاری کامل و یک در میان جویچه ای بر عملکرد، اجزای عملکردی و کارایی مصرف آب گوجه فرنگی (Super Strain B). *دانش آب و خاک*، ۲۱(۳): ۱۲۶-۱۱۵. [https://water-soil.tabrizu.ac.ir/article\\_1214.html](https://water-soil.tabrizu.ac.ir/article_1214.html)

## REFERENCES

- Arora, A.; Sairam, R.K. and Srivastava, G.C. (2002). Oxidative stress and antioxidative systems in plants. *Current Science*, 82: 1227–1238. <http://doi.org/10.3389/fpls.2020.552969>
- Asadi, W., Rasouli, M., Gholami, M., Maleki, M. (2018). Study of some morphological and physiological traits of four varieties grapes (*Vitis vinifera L.*) under water stress. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 48(4): 977-990. <https://doi.org/10.22059/ijhs.2017.237072.1279> [in Persian]
- Bajji, M.; Kinet, J.M. and Lutts, S. (2001). The use of electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance in durum wheat. *Plant Growth Regulation*, 1: 1-10. <http://doi.org/10.1023/A:1014732714549>
- Blokhina, O.; Violainen, E. and Fagerstedt, K.V. (2003). Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. *Annal Botany*, 91(2): 179–194. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf118>
- Bota, J.; Stasyk, O.; Flexas, J. and Medrano, H. (2004). Effect of water stress on partitioning of <sup>14</sup>C-labelled photosynthates in *Vitis vinifera*. *Functional Plant Biology*, 31(7): 697–708. <https://doi.org/10.1071/FP03262>
- Bybordi, A. (2012). Study effect of salinity on some physiologic and morphologic properties of two grape cultivars. *Life Science Journal*, 9(4): 1092-1101. <https://doi.org/10.1515/lij.2012.009>
- Buesa, I.; Perez, D.; Castel, J.; Intrigliolo, D.S. and Castel, J.R. (2017). Effect of deficit irrigation on vine performance and grape composition of *Vitis vinifera L.* cv. Muscat of Alexandria. *Australian Journal Grape Wine Research*, 23: 251–259. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12280>
- Cramer, G.R.; Urano, K.; Delrot, S.; Pezzotti, M. and Shinozaki, K. (2011). Effects of abiotic stress on plants: A systems biology perspective. *BMC Plant Biol*, 11(163): 2-14. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-11-163>
- Chacon-Vozmediano, J.; Martinez-Gascuena, L.; Francisco, J.; Garcia-Navarro, J. and R, Jimenez-Ballesta. (2020). Effects of water stress on vegetative growth and ‘Merlot’ grapevine yield in a semi-arid mediterranean climate. *Horticulturae*, 6(95): 1-16. <https://doi.org/10.3390/horticulturae6040095>
- Chaves, M.M.; Santos, T.P.; Souza, C.R.; Ortun, M.F.; Rodrigues, M.L.; Lopes, C.M.; Maroco, J.P. and Pereira, J.S. (2007). Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality. *Annual Applied Biology*, 150: 237–252. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2006.00123.x>
- Danesh Shahraki, M.; Shahriari, A.; Gangali, M. and Bameri, A. (2017). Seasonal and spatial variability of airborne dust loading rate over the Sistan plain cities and its relationship with some climatic parameters. *Journal of Water and Soil Conservation*, 23(6): 199-215. <https://doi.org/10.22069/JWFST.2017.11530.2595> [in Persian]
- Doulati Baneh, H.; Ahmadali, J. and Rasouli, M. (2019). Effects of drought stress on some morphophysiological traits of some Iranian and foreign commercial grape varieties. *Research in Pomology*, 4(2): 127-142. [https://rip.urmia.ac.ir/article\\_120912.html?lang=en](https://rip.urmia.ac.ir/article_120912.html?lang=en) [in Persian]
- Edwards, E.J. and Clingeffer, P.R. (2013). Inter seasonal effects of regulated deficit irrigation on growth, yield, water use, berry composition and wine attributes of Cabernet Sauvignon grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 19: 261-276. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12027>
- Esmailizadeh, M.; Lotfi, A.; Mirdehghan, S.H. and Shamshiri, M.H. (2018). Effects of irrigation intervals on some physiological and biochemical characteristics in four Iranian grapevine cultivars. *Journal of Crops Improvement*, 20(1): 1-15. <https://doi.org/10.22059/jci.2017.60465> [in Persian]
- Fahim, S.; Ghanbari, A.; Naji, A.M.; Shokohian; A.A. and Maleki Lajayer, H. (2021). Impact of drought stress on morphological and physiological traits in some Iranian grape cultivars. *Plant Process and Function*, 11(47): 249-266. <https://doi.org/20.1001.1.23222727.1401.11.47.11.0> [in Persian]
- Fazeli Rostampour, M. (2020). The effect of irrigation regime and green pruning on some physiologic traits and yield of Yaghooti grape. *Journal of Horticultural Science*, 34(1): 185-196. <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v34i1.83688> [in Persian]
- Fazeli Rostampour, M. (2023a). The Effect of the method and stage of zinc and iron micronutrients

- application on bunch characteristics and fruit yield of Yaghouti grapes. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 54(3): 457-473. <https://doi.org/10.22059/IJHS.2023.356518.2097> [in Persian]
- Fazeli Rostampour, M. (2023b). Effect of severity of balance pruning and green pruning on some physiological, qualitative and yield traits of table grape (*Vitis vinifera* L. cv. Yaghouti) in the Sistan region. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 53(4): 1021-1031. <https://doi.org/10.22059/ijhs.2022.335563.1991> [in Persian]
- Gambetta, G.A.; Herrera, J.C.; Dayer, S.; Feng, Q.; Hochberg, U. and Castellarin, S.D. (2020). The physiology of drought stress in grapevine: towards an integrative definition of drought tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 71(16): 4658-4676. <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa245>
- Gatti, M.; Bernizzoni, F.; Civardi, S. and Poni, S. (2012). Effects of cluster thinning and preflowering leaf removal on growth and grape composition in cv. Sangiovese. *American Journal of Enology and Viticulture*, 63(3): 325-332. <https://doi.org/10.5344/ajev.2012.11118>
- Gholizadeh, M.; Hadadinezhad, M.; Ebadi, A. and Torkashvand, A.M. (2024). Studying the effect of drought stress on enzymatic and non-enzymatic antioxidant system of some grape cultivars (*Vitis vinifera* L.). *Iranian Journal of Plant & Biotechnology*, 19(2): 10-21. <https://doi.org/https://doi.org/10.71829/BIOLOGY-2024-1103896> [in Persian]
- Gomez-Del-Campo, M.; Baeza, P.; Ruiz C. and Lissarrague, J.R. (2005). Effects of water stress on dry matter content and partitioning in for grapevine cultivars (*Vitis Vinifera* L.): *Journal International des Sciences*; 39(1): 1-10. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2005.39.1.905>
- Hutton, R.J. and Loveys, B.R. (2011). A partial root zone drying irrigation strategy for citrus effects on water use efficiency and fruit characteristics. *Agriculture Water Management*, 98: 1485-1496. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.04.010>
- Irigoyen, J.J.; Emerich, D.W. and Sanchez, D.M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiologia Plantarum*, 84: 55-60. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1992.tb08764.x>
- Karami, M.J.; Eshghi, S. and Tafazoli, E. (2017). Study on physiological responses and adaptation of some grapevine cultivars against severe heat stress condition in south of Fars province. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 48(1): 161-174. <https://doi.org/10.22059/ijhs.2017.133133.845> [in Persian]
- Karimi, M.; Yazdani, M.H. and Naderi, A. (2013). The effect of 120-day winds on the safety of Sistan region. *Geography and Environmental Planning Journal*, 50(2): 111-128. <https://doi.org/20.1001.1.20085362.1392.24.2.9.6> [in Persian]
- Lawlor, D. W. (2002). Limitation to photosynthesis in water stressed leaves: stomata vs. metabolism and the role of ATP. *Annals of Botany*, 89(7): 871-885. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf110>
- Mahmoudzadeh, H. and Fanaei, H.R. (2019). Promoting the best clones of Yaghouti grape for the construction of new orchards and top working method in Zabol region. *ANGOUR [Grape Extension Magazine]*, 1: 48-44. [https://qazvingrape.areeo.ac.ir/article\\_121361.html](https://qazvingrape.areeo.ac.ir/article_121361.html) [in Persian]
- McCarthy, M.G. (2000). Developmental variation in sensitivity of *Vitis Vinifera* L. (Shiraz) berries to soil water deficit. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6(2): 136-140. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2000.tb00172.x>.
- Mehri, H.; Ghobadi, C.; Baninasab, B.; Ehsanzadeh, P. and Gholami, M. (2015). Evaluation of some physiological and morphological responses of four Iranian grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars to drought stress under in vitro conditions. *Journal of Plant Process and Function*, 3(10): 115-126. <https://doi.org/20.1001.1.23222727.1393.3.10.11.0> [in Persian]
- Mirfatah, S.M.M.; Rasouli, M.; Gholami, M. and Mirzakhani, A. (2024a). Phenotypic diversity of some Iranian grape cultivars and genotypes (*Vitis vinifera* L.) using morpho-phenological, bunch and berry traits. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, 7(2): 115-140. <https://doi.org/10.22077/jhpr.2024.7165.1355> [in Persian]
- Mirfatah, S.M.M.; Rasouli, M.; Gholami, M. and Mirzakhani, A. (2024b). Physiochemical and Molecular Response of the Grafted 'Bidaneh Ghermez' Grape Cultivar on Native Rootstocks to Identify Tolerant Combination to Drought Stress in Vineyard Conditions. *Russian Journal*

- of *Plant Physiology*, 71: 124, 1-13. <https://doi.org/10.1134/S1021443724605688> [in Persian]
- Molavi, H.; Mohammadi, M. and Liaghat, A.M. (2012). Effect of full irrigation and alternative furrow irrigation on yield, yield components and water use efficiency of tomato (Super Strain B). *Journal of Water and Soil Science*, 21(3): 115-126. [https://water-soil.tabrizu.ac.ir/article\\_1214.html](https://water-soil.tabrizu.ac.ir/article_1214.html) [in Persian]
- Munitz, S.; Netzer, Y. and Schwartz, A. (2016). Sustained and regulated deficit irrigation of field-grown Merlot grapevines. *Australian Journal Grape Wine Research*, 23: 87-94. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12241>
- Myburgh P.A. (2003). Responses of *Vitis vinifera L.* cv. Sultanina to level of soil water depletion under semiarid conditions. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 24(1): 16-24.
- Schlemmer, M.R.; Francis, D.D.; Shanahan, J.F. and Schepers, J.S. (2005). Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. *Agronomy Journal*, 97: 106-112. <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0106>
- Shahrokhnya, M.A. and Karami, M.J. (2016). Investigation of the effect of different amounts of irrigation water on the yield of Yaghouti grape. *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 28(7): 122-108. [in Persian]
- Tardieu, F.; Parent, B.; Caldeira, C.F. and Welcker, C. (2014). Genetic and physiological controls of growth under water deficit. *Plant Physiology*, 164(4): 1628-1635. <https://doi.org/10.1104/pp.113.233353>
- Xoconostle-Cazares, B.; Ramirez-Ortega, F.A.; Flores-Elenes, L. and Ruiz-Medrano, R. (2010). Drought tolerance in crop plants. *American Journal Plant Physiology*, 5(5): 1-16. <https://doi.org/10.3923/ajpp.2010.241.256>