Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Improving green water productivity in rainfed grape orchards through rainwater harvesting systems under on-farm conditions

Ali Reza Tavakoli[*1], **Ahmad Asghari** [2]

[1] Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. ar.tavakoli@areeo.ac.ir
[2] Agricultural Expert, Agricultural Jihad Organization of North Khorasan Province, Bojnourd, Iran. ahmadasgharie@gmail.com

ARTICLE INFO.

Article type:
Research Paper

Article history
Received: 25 January 2026
Revised: 13 March 2026
Accepted: 21 March 2026
Published online: 27 July 2026

Keywords:
Contour trenching perpendicular to slope, Evaporation, Rainfed grape, Rainwater harvesting system

ABSTRACT

This study aimed to develop and evaluate a technical model for establishing rainfed grape orchards based on rainwater harvesting (green water) under local conditions. This method was designed as an alternative to prevailing practices, including annual rainfed wheat cultivation on sloping lands, which have contributed to soil degradation, erosion, and inefficient use of green water resources. The model sought to minimize soil disturbance, control erosion, enhance rainwater capture and storage, reduce evaporation losses, alleviate plant water stress, and improve green water productivity. A four-year field experiment was conducted from 2018-2021 in the Badranloo region (Mohammad-Ghaleh Village), Bojnourd County, North Khorasan Province, Iran, with the active participation of a local farmer. Two certified rainfed grape cultivars, Torkeman-4 and Rashe, were compared with the traditional local cultivar, Kolahdari. Climatic variables, including precipitation, temperature, and relative humidity, were analyzed using data from the nearest meteorological station. Mean annual rainfall during the study period was 188mm with a relatively favorable distribution. To address existing gaps in green water productivity and reduce non-beneficial water losses, an integrated rainwater harvesting package was implemented. The package included rainwater harvesting structures, contour trenching perpendicular to the slope, application of soil and plant mulches, mycorrhizal inoculation to enhance root establishment, and formative pruning. Its performance was evaluated against traditional rainfed agriculture and existing vineyards in the region. Results showed a vine establishment rate exceeding 98%, while annual vegetative growth ranged from 40-150 cm, indicating successful establishment and adaptation under rainfed conditions. Significant differences in maximum vegetative growth were observed between the improved cultivars and the local control cultivar at the 1% probability level ($p < 0.01$). Although the study period was insufficient to evaluate full economic yield, the project achieved vigorous vegetative growth, successful summer pruning, absence of drought stress, implementation of the Faraz (Rosimi) training system, and improved farmer adoption of recommended orchard establishment practices. Green water productivity (GWP) was estimated at 221.4 and 336.2 thousand IRR m^{-3} for surrounding rainfed wheat and existing Kolahdari grape, respectively, highlighting the considerable potential for enhancing GWP through rainwater harvesting and improved orchard management.

Citation: Tavakoli, A. R., & Asghari, A. (2026). Improving green water productivity in rainfed grape orchards through rainwater harvesting systems under on-farm conditions. *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, 14(2), 1-22.

DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.1.0

Publisher: Iranian Rainwater Catchment Systems Association
© Author(s)

***Corresponding author:** Ali Reza Tavakoli
Address: Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
Tel: +989024001970
Email: ar.tavakoli@areeo.ac.ir

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-27]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.1.0]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Improving green water productivity in rainfed grape orchards through rainwater harvesting systems under on-farm conditions

Ali Reza Tavakoli*[1], Ahmad Asghari[2]

[1] Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. ar.tavakoli@areeo.ac.ir
[2] Agricultural Expert, Agricultural Jihad Organization of North Khorasan Province, Bojnourd, Iran. ahmadasgharie@gmail.com

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Green water is the largest source of fresh water for rainfed agriculture and all life on land. Green water is the fraction of precipitation that infiltrates the soil and is available to plants. It includes the soil's water capacity and the continuous replenishment of reserves by rainfall. With more than 6.5 million ha of rainfed cultivation of croplands, orchards, and medicinal plants, alongside several million ha of rainfed fallow lands, improving green water productivity is essential for sustainable agricultural development. Globally, approximately 80% of agricultural land is rainfed and accounts for 60–70% of total food production. In Iran, rainfed orchards—including almond (81,000 ha), grape (70,000 ha), fig (47,000 ha), medicinal plants (43,000 ha), and other species—cover more than 355,000 ha, representing 13.1% of total orchard area but contributing only 5.9% of total orchard production (1.43 million tons). Rainwater harvesting systems, defined as techniques for collecting and storing rainfall in soil profiles or surface/underground reservoirs, are recognized as effective approaches in arid and semi-arid regions to reduce evaporation losses and enhance water productivity. This study aimed to (i) assess rainfall productivity in surrounding rainfed wheat fields and existing rainfed grape orchards (Kolahdari cultivar) and (ii) develop a technical model for constructing or improving rainfed grape orchards through rainwater harvesting and evaporation control to enhance green water productivity.

Methodology: The current status of green water in existing rainfed grape orchards and the problems and difficulties in improving productivity were examined. For green water exploitation in the farms of the operators, a questionnaire and field survey were defined to include the characteristics of the operator, the characteristics of the farm production, the amount and yield, and the amount of gross income. This four-year on-farm field study (2018–2022) was conducted in the Badranloo region of Bojnourd County, North Khorasan Province, Iran, with farmer participation. Two certified rainfed grape cultivars (Torkeman-4 and Rashe) approved by the provincial research center were compared with the conventional regional cultivar (Kolahdari). A comprehensive rainwater harvesting package was implemented, including contour trenching perpendicular to the slope (1.5 m depth, 0.9 m width), gradual partial backfilling for runoff management, soil and plant mulching, mycorrhizal inoculation, and formative pruning. Seedlings were planted at 3 m × 2.5 m spacing (1,333 vines ha^{-1}). The average annual rainfall during the study period was 188 mm with relatively favorable distribution. Climatic parameters and field data (including rainfall distribution, green water productivity, and vegetative growth) were recorded and analyzed.

Results and Discussion: Water capture efficiency exceeded 98%, and annual vegetative growth ranged from 40 to 150 cm, indicating successful establishment and adaptation under rainwater harvesting conditions. Significant differences ($p < 0.01$) were observed between improved cultivars and the conventional control in maximum growth rate. Although the study period did not allow for full economic yield assessment, results demonstrated favorable vegetative performance, absence of summer drought stress, successful summer green pruning, and progress toward implementation of the Faraz (Rosimi) training system. Importantly, farmer adoption of standard-based orchard establishment practices improved markedly. Based on field observations (research findings), one of the main reasons for the decline or insufficient growth of dryland almond trees was inappropriate substrate and lack of deep root development. The collection, conduction, and storage of moisture through the rainwater harvesting system in these canals, along with the deep development of grape roots, ensured that the water needs of grape seedlings were met without restriction. In addition, under dryland conditions, excessive vegetative growth is prevented, maintaining a balance between the amount of soil moisture absorbed by the roots and the amount of

***Corresponding author:** Ali Reza Tavakoli
Address: Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
Tel: +989024001970
Email: ar.tavakoli@areeo.ac.ir

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.1.0]

ISSN (Online): 2783-1531 - ISSN (Print): 2423-5970

transpiration by the foliage; an imbalance between absorption and transpiration will certainly cause damage and even decline in the trees.

Conclusion: The research successfully established a rainfed grape orchard model, as evidenced by an attraction rate exceeding 98% and annual tree growth of 40–150 cm. The new grape varieties exhibited a significantly higher maximum growth rate than the control grapevines (Kolahdari variety) at the 1% statistical level. Although the research timeframe did not allow for the measurement of economic yield, several key achievements were realized: favorable growth conditions, successful summer green pruning, and no signs of summer stress, progress in implementing the Faraz (Rosimi) plan, improved operator practices, and full compliance with established orchard establishment criteria. A comparison of green water productivity reveals substantial local potential. Gross productivity per cubic meter stands at 221,000 IRR for peripheral dryland wheat fields and 2,336,000 IRR for existing dryland grape orchards (Kolahdari variety). This tenfold difference underscores the opportunity for improvement. Given the superior growth rates observed under closed green water management—achieved through adherence to technical criteria, rainwater harvesting, and evaporation control—establishing or upgrading dryland vineyards with new varieties (Torqueman 4 and Rashe) promises to significantly enhance green water productivity and economic returns.

Ethical Considerations

Data availability statement: The datasets generated during the current study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Funding: This research was financially supported by the Agricultural Jihad Organization of North Khorasan Province and the Agricultural Engineering Research Institute.

Authors' contributions: **Tavakoli, A.R.:** Design, implementation, extension activities, conceptualization, software/statistical analyses, preparation of the initial and final draft of the Manuscript; **Asghari, A.:** Preparation of inputs and supplies, implementation, field monitoring, data collection, and extension activities.

Conflicts of interest: The authors declare no conflict of interest regarding the publication of this article.

Acknowledgment: The authors gratefully acknowledge the support of the Agricultural Jihad Organization of North Khorasan Province, the Agricultural Engineering Research Institute, the North Khorasan Agricultural Extension Coordination Management, the North Khorasan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, and the Agricultural Jihad Management of Bojnourd.

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.1.0]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران ایران
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۱۵۳۱ شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۵۹۷۰

ارتقاء بهره‌وری آب سبز در باغ انگور دیم از طریق استحصال آب باران در شرایط بهره‌بردار

علیرضا توکلی*[۱]، احمد اصغری[۲]

[۱] دانشیار پژوهشی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. ar.tavakoli@areeo.ac.ir
[۲] کارشناس مهندسی کشاورزی (باغبانی)، سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان شمالی، بجنورد، ایران. ahmadasgharie@gmail.com

مشخصات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله
دریافت: ۰۵ ابهمن ۱۴۰۴
بازنگری: ۲۲ اسفند ۱۴۰۴
پذیرش: ۰۱ فروردین ۱۴۰۵
انتشار برخط: ۰۵ مرداد ۱۴۰۵

واژه‌های کلیدی:
انگور جدید دیم، حفر کانال عمود بر شیب، سامانه استحصال آب باران، کاهش تبخیر

چکیده

هدف این پژوهش، ارائه و ارزیابی یک الگوی فنی برای احداث باغ انگور دیم مبتنی بر استحصال آب باران (آب سبز) در مقایسه با شرایط متداول منطقه شامل احداث غیراصولی باغ، شخم سالانه و کشت گندم در اراضی شیب‌دار بود. این الگو با هدف کاهش دست‌کاری خاک، کنترل فرسایش، افزایش ذخیره‌سازی آب باران، کاهش تلفات تبخیر، کاهش تنش آبی گیاه و ارتقاء بهره‌وری آب سبز طراحی شد. پژوهش به‌صورت مزرعه‌ای از سال زراعی ۱۳۹۷–۱۳۹۸ به مدت چهار سال در منطقه بدرانلو (روستای محمدقلعه) شهرستان بجنورد، استان خراسان شمالی و با مشارکت بهره‌بردار محلی اجرا شد .در این مطالعه، دو رقم انگور دیم مورد تأیید مرکز تحقیقات استان، شامل ترکمن ۴ و رشّه، دارای گواهی سلامت و اصالت، با رقم بومی و رایج منطقه (کلاه‌داری) مقایسه شدند. هم‌چنین، داده‌های اقلیمی شامل بارش، دما و رطوبت نسبی از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی دریافت و تحلیل شد. میانگین بارش سالانه طی دوره ۱۴۰۱–۱۳۹۷ برابر ۱۸۸ میلی‌متر با پراکنش نسبتاً مناسب بود. به‌منظور افزایش بهره‌وری آب سبز و کاهش تلفات غیرسودآور آن، یک بسته جامع استحصال آب باران شامل سازه‌های جمع‌آوری آب باران، استفاده از ارقام سالم و اصلاح شده، حفر کانال‌های عمود بر شیب، کاربرد مالچ‌های گیاهی و خاکی، تلقیح قارچ میکوریزا و هرس فرم اجرا و با شرایط موجود منطقه مقایسه شد. نتایج نشان داد درصد گیرایی نهال‌ها بیش از ۹۸ درصد بوده و رشد سالانه شاخه‌ها بین ۴۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر متغیر است. هم‌چنین، بین ارقام جدید و رقم شاهد کلاه‌داری از نظر حداکثر رشد، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده شد. اگرچه به دلیل محدودیت زمانی، دستیابی به عملکرد اقتصادی نهایی امکان‌پذیر نبود، اما رشد مطلوب، عدم بروز تنش تابستانه، اجرای هرس سبز و استقرار سیستم فراز (روسیمی) از دستاوردهای مهم طرح بود. بهره‌وری اقتصادی آب سبز (GWP) در گندم دیم و باغ‌های موجود رقم کلاه‌داری به‌ترتیب ۲۲۱/۴ و ۳۳۶/۲ هزار ریال بر مترمکعب برآورد شد که ظرفیت بالای منطقه برای ارتقاء بهره‌وری آب سبز از طریق استحصال آب باران و اصلاح باغات دیم را نشان می‌دهد.

استناد: توکلی، علیرضا، و اصغری، احمد (۱۴۰۵). ارتقاء بهره‌وری آب سبز در باغ انگور دیم از طریق استحصال آب باران در شرایط بهره‌بردار. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۴(۲)، ۱-۲۲.

DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.1.0

©نویسندگان

ناشر: انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران

* **نویسنده مسئول:** علیرضا توکلی
نشانی: موسسه تحقیقات فنی و مهندسی، کشاورزی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
تلفن: ۰۹۰۲۴۰۰۱۹۷۰
پست الکترونیکی: ar.tavakoli@areeo.ac.ir

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-27]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.1.0]

مقدمه

بارش دارای چرخه هیدرولوژیکی مستمری است که اجزای آن همواره دستخوش تغییر در مقیاس مکانی و زمانی است. در تعریف آب سبز چنین آمده است: آب سبز کسری از بارندگی است که به خاک نفوذ می‌کند و در دسترس گیاهان است. این شامل ظرفیت نگهداری آب خاک و تکمیل مداوم ذخایر با بارندگی است. آب سبز بزرگ‌ترین منبع آب شیرین، اساس کشاورزی دیم و تمام زندگی در خشکی است. با این حال در مقایسه با آب آبی (بخشی از آبی که مستقیماً به‌عنوان رواناب به رودخانه‌ها می‌رسد یا به‌طور غیرمستقیم از طریق زهکشی عمیق به آب های زیرزمینی و جریان پایه جریان می‌رسد)، توجه بسیار کمی به آن شده است (Ringersma et al., 2003; Xu and Zuo, 2014; Tavakoli et al., 2021).

تدابیر هوشمندانه و عالمانه برای بهره‌مندی و بهبود بهره‌وری از آب سبز برای افزون بر ۶/۵ میلیون هکتار اراضی تحت کشت محصولات زراعی، باغی و گیاهان دارویی دیم همراه با چند میلیون هکتار اراضی دیم آیش، از ضروریات است. در سطح جهان ۸۰ درصد اراضی کشاورزی به‌صورت دیم بوده و ۷۰–۶۰ درصد غذای ساکنین جهان نیز از دیم تولید می‌شود (Falkenmark and Rockstro¨m, 2004). کشاورزی دیم در کشور هندوستان ۴۰ درصد از تولید غلات غذایی را تشکیل داده و نیمی از جمعیت انسانی و دو سوم جمعیت دام را پشتیبانی می‌کند (Panwar et al., 2023; Jinger, 2017). حدود ۷۰ درصد از مردم هندوستان به کشاورزی مشغول هستند که عمدتاً دیم است (Panwar et al., 2023). ضمن این‌که سرزمین‌های خشک تقریباً ۲۶ درصد از سطح زمین را دربر گرفته و جمعیت ۲ میلیارد نفری جهان را در خود جای می‌دهد (Vettera and Rieger, 2019). این مناطق نسبت به تغییرات اقلیمی، سطوح اقتصادی و سیاسی حساس و شکننده بوده و در واقع، رشد سریع جمعیت، بروز خشکسالی‌ها، عملکرد ضعیف مدیریت و حکمرانی بر منابع و وضعیت سیاسی ناپایدار، سبب شده است که فشار بر منابع طبیعی در سرزمین‌های خشک افزایش یابد (Vettera & Rieger, 2019; Sawalhah et al., 2018).

بارش سهم زیادی در تولیدات کشاورزی دارد و یکی از اهداف مبنایی در مدیریت آب سبز حفاظت از خاک (به‌عنوان بستر حیات و تولید ناشی از عملیات زراعی و شخم اراضی) است (García-Ruiz, 2010; Rodrigo-Comino, 2018).

سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران به فرآیند جمع‌آوری آب باران و ذخیره در خاک برای مصارف کشاورزی در زمان نیاز اطلاق می‌شود. آب جمع‌آوری شده حاصل از استحصال و جمع‌آوری آب باران در مناطق خشک و نیمه خشک در سراسر جهان، میزان دسترسی به آب را در این مناطق افزایش می‌دهد که عمدتا بر کاهش سهم تلفات تبخیری استوار است (Tavakoli, 2010; Tavakoli et al., 2021, Tavakoli & Ghadami-Firoozabadi, 2021). حوضه‌های کوچک استحصال و جمع‌آوری آب باران (میکروکچمنت) شامل دو بخش یعنی سطح رواناب و سطح نفوذ (پای نهال) هستند (Tavakoli, 2013). پارامترهای اصلی بیلان آب عبارت است از بارندگی (شدت – مدت – فراوانی)، رواناب، تبخیر، تبخیر – تعرق، تغییر ذخیره آب خاک و تلفات عمقی از پروفیل زیرین خاک (Boers et al., 1986). اندازه حوضه‌های جمع‌آوری آب از ۰/۵ متر مربع تا ۱۰۰۰ متر مربع متغیر است (Sharma, 1986). نسبت سطح رواناب به سطح نفوذ یک پارامتر کلیدی در طراحی حوضه‌های جمع‌آوری آب باران است و میزان سطح رواناب در تحقیق Boers et al. (1986) برابر ۴۰ تا ۸۰ متر مربع به دست آمد. مساحت حوضه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران برای درختان، بوته‌ها و گیاهان ردیفی از ۰/۵ متر مربع (Evenari et al., 1971) تا ۱۰۰۰ متر مربع متغیر گزارش شده است و متوسط بارش سالیانه نیز برای اجرای طرح‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران از ۱۰۰ میلی‌متر (Evenari et al., 1971) تا ۶۵۰ میلی‌متر (Anaja & Tovar., 1975) گزارش شده است. برخی گزارش‌ها حاکی از این است که حوضه‌های کوچک استحصال و جمع‌آوری آب باران باید در مناطقی که میانگین بارندگی سالیانه بیش‌تر یا حدود ۲۵۰ میلی‌متر در سال دارند، اجرا شود (Hasheminia, 2004; Boers et al., 1986).

احداث سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران بایستی در مکان‌های مناسب و نسبت‌های مناسب (طراحی صحیح) انجام شود تا بر جریان‌های زیست‌محیطی تأثیر منفی نداشته باشد (Panwar et al., 2023). شیوه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران، نتایج امیدبخشی را برای کاهش مخاطرات، افزایش عملکرد و ایجاد تاثیرات مثبت بر سایر بخش‌های بوم‌سازگان ایفا می‌کنند (Tadros et al., 2021). استفاده از روش‌های استحصال آب در محل، روانابی که از منطقه خارج می‌شود را کاهش، و آب ذخیره شده در پروفیل خاک را افزایش می‌دهد (Hami-Kocheh-Baghi et al., 2021; Tavakoli et al., 2025). عدم دستکاری در خاک، حذف شخم در جهت شیب که در راستای کاهش سهم تلفات تبخیری بارش و بهبود شرایط زیست‌بوم است، فاقد ارزش‌گذاری مالی است، لذا بایستی به فرسایش زمین و سوء مدیریت مرتبط با رواناب، مدیریت خاک و هدررفت مواد مغذی، توجه شود (Novara et al., 2018; Issaka & Ashraf, 2017).

مزیت‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران عبارتند از: جلوگیری از فرسایش خاک، تغذیه منابع آب زیرزمینی، اصلاح الگوی کشت، پایداری خاک، ارزش افزوده باغ نسبت به زراعت، امکان عملیاتی شدن در اراضی شیب‌دار و کم‌بازده و بهبود معیشت و سطح رفاه بهره‌برداران. البته با توجه به پراکنش بارش و در صورت وجود رگبارهای تابستانه، ممکن است نیازمند یک تادو نوبت آبیاری محدود باشد. اجزای اصلی این شیوه شامل سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران، افزایش ضریب رواناب و کاهش آستانه رواناب، کنترل تبخیر از سطح هدف و

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-27]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.1.0]

افزایش و بهبود ظرفیت آب خاک با استفاده از مواد افزودنی مثل کود دامی، بقایای گیاهی، پرلیت و ...و البته بدون استفاده از مواد سوپرجاذب (Tavakoli et al., 2021).

در شرایط دیم، هر آنچه که بتوان ظرفیت توسعه ریشه را افزایش داده و حجمی از خاک که رطوبت در آن ذخیره و توسط ریشه جذب شود را توسعه داد، سبب خواهد شد که اثرات منفی بازه‌های بدون بارش، کم‌رنگ و حتی بی‌تاثیر شود. انگور این قابلیت را دارد که در صورتی که خاک بستر آماده باشد، ریشه‌های خود را به‌طور عمقی (بیش از دو متر) توسعه دهد. این مهم از طریق تعبیه کانال‌های عمود بر شیب و کاشت نهال در داخل کانال میسر می‌شود. احداث باغ دیم تابع شرایط اقلیمی و محیطی و رعایت ضوابط و معیارهایی است (Tavakoli et al., 2018) که در صورت عدم هر یک از آن‌ها، مخاطرات جدی متوجه باغات دیم خواهد شد. انتخاب مکان مناسب و مستعد برای احداث باغ دیم روانابی، بسیار حائز اهمیت است، زیرا شناسایی بهتر مکان‌ها منجر به اجرای موفق تکنیک‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران می شود. به‌نحوی که یافته‌های تحقیقات نشان می‌دهد که مصداقا ۶۱ درصد از کل کرانه باختری به‌عنوان مناطق کم‌آب کشاورزی مرتفع تا بسیار بالا برای استحصال و جمع‌آوری آب باران طبقه‌بندی می‌شود (Shadeed et al., 2020).

انگور (*Vitis vinifera L.*) مو یا تاک به تیره تاکسانان (*Vitaceae*) تعلق دارد و یکی از مهم‌ترین گونه‌های ریز میوه در کشور ایران است که نقش بسزایی در اقتصاد خانوار در برخی از مناطق کشور دارد. انگور از خانواده انگورسانان بوده که دراین خانواده حدود ۱۱ جنس و بیش از ۶۰۰ گونه وجود دارد. براساس آخرین اطلاعات منتشره از سوی سازمان خوار و بار جهانی، مقدار تولید انگور در سال ۲۰۲۲ میلادی ۷۷/۵ میلیون تن بوده است که از بین ۱۶ کشور کشور جهان، چین با تولید بیش از ۱۴ میلیون تن در سطح بیش از ۸۰۰ هزار هکتار رتبه اول را دارد. کشورهای ایتالیا، آمریکا، فرانسه و اسپانیا در رتبه‌های بعدی و ایران با تولید بیش از ۲/۵ میلیون تن در سطح بیش از ۲۰۷ هزار هکتار رتبه نهم را دارا بوده است و با داشتن ۲۰ استان مستعد کاشت انگور، به لحاظ اقتصادی از معدود محصولاتی است که می‌تواند یکی از اقلام صادرات غیر نفتی را تشکیل دهد (Bayat Varkashi et al., 2018). اتحادیه اروپا ۳۹ درصد از تولید انگور جهان را بر عهده داشته و اسپانیا سومین تولیدکننده بزرگ فرآوری آن محسوب می‌شود (Anonymous, 2017). علی‌رغم اهمیت اقتصادی و مزیت نسبی آن، ممکن است مخاطراتی چون تخریب زمین و یا مدیریت نادرست، نابسامانی مدیریت رواناب، تخزیب خاک و تلفات مواد مغذی را به همراه داشته و رشد و عملکرد محصول را دچار آسیب می‌کند (Novara et al., 2018; Issaka & Ashraf, 2017). هرچند پرورش انگور در ایران هم به‌صورت آبی و هم به‌صورت دیم انجام می‌شود، اما قابلیت دسترسی به آب مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید این محصول در کشور است که این مشکل با تغییر اقلیم تشدید می‌شود. حتی اگر سطوح بارندگی ثابت نگه داشته شود، باز هم خطرات خشکی شدید به خاطر افزایش تقاضای تبخیر اتمسفری ناشی از گرم شدن زمین افزایش می‌یابد (Kavuosi & Hassanpour, 2018).

طبق گزارش رسمی سازمان جهانی انگور (International Organisation of Vine and Wine = OIV)، کل سطح زیر کشت تاکستان‌ها شامل در جهان انگورهای آبی و دیم برای کاربردهای مختلف: انگور تازه، انگور کشمش و انگور شرابی حدود ۷/۱ میلیون هکتار است. بخش عمده تاکستان‌ها و به‌ویژه در اروپا بدون آبیاری و تحت شرایط دیم کشت می‌شوند. ضمن این‌که حدود ۳/۲ میلیون هکتار تاکستان در اتحادیه اروپا وجود دارد که این ناحیه تقریباً ۴۵ درصد از کل تاکستان‌های جهان را دارد (OIV, 2024). در کشورهای منطقه مدیترانه و اروپای غربی نیز بیش‌تر تاکستان‌ها به‌دلیل مقررات تولید کیفیت، آب کافی و تجارب و دانش بومی در بسیاری موارد، بدون آبیاری یا با آبیاری محدود هستند.

ده کشور عمده تولید کننده انگور دنیا شامل چین، ایتالیا، ایالات متحده امریکا، فرانسه، اسپانیا، ترکیه، هند، شیلی، ایران، افریقای جنوبی و استرالیا که بیش از ۷۴ درصد تولید انگور و حدود ۶۸ درصد سطح زیر کشت آن را تشکیل می‌دهند. میزان متوسط عملکرد انگور در ایران، اگرچه نسبت به برخی کشورهای اروپایی بیش‌تر است، اما فقط ۶۷ درصد عملکرد انگور در چین و ۵۶ درصد عملکرد انگور در هند است. (Anonymous, 2021, OIV, 2024). ضمن این‌که هزینه تولید در شرایط دیم، نسبت به شرایط اراضی تحت آبیاری، بسیار کم‌تر است، هرچند که نیازمند توجه بیش‌تر برای بهبود شاخص بهره‌وری آب سبز است. حدود ۸۱ هزار هکتار باغات بادام دیم، حدود ۷۰ هزار هکتار باغ انگور دیم، افزون بر ۴۷ هزار هکتار باغات انجیر دیم، ۴۳ هزار هکتار گیاهان داروئی و هزاران هکتار فندق، زیتون، گل محمدی، گیاهان دارویی، زرشک، عناب، سماق، خارشتر، آنغوزه، وشا، باریجه و آویشن و در مجموع افزون بر ۳۵۵ هزار هکتار باغات و گیاهان دارویی دیم کشور، به‌عنوان آثار موجود و عینی دانش بومی محسوب می‌شوند (Anonymous, 2021). باغات دیم ۱۳/۱ درصد کل باغات کشور و با تولید ۱/۴۲۸ میلیون تن محصول، فقط ۵/۹ درصد کل تولیدات باغی را تامین می‌کند (Anonymous, 2021).

حدود ۵۶۲۶ هکتار از باغات دیم خراسان شمالی را انگور دیم تشکیل می‌دهد و متوسط عملکرد آن ۴۷۰۷ کیلوگرم در هکتار است (Jahad e Keshavarzi of North Khorasan Organization, 2023). باغات انگور دیم استان خراسان شمالی عمدتا در شهرستان بجنورد واقع بوده و در یک بازه ۱۶ ساله (۱۳۹۹-۱۳۸۴) حداکثر، حداقل و متوسط عملکرد انگور دیم به‌ترتیب ۸۳۰۲، ۳۰۰۰ و ۵۹۷۲ کیلوگرم در هکتار و حداکثر، حداقل و متوسط عملکرد انگور آبی به‌ترتیب ۱۸۰۰۰، ۳۹۲۵ و ۱۱۰۱۵ کیلوگرم در هکتار است. متوسط عملکرد انگور دیم، ۵۴ درصد عملکرد در شرایط آبی بوده که کاملاً توجیه‌پذیر است (سازمان جهادکشاورزی خراسان شمالی، ۱۴۰۲). منطقه محمد قلعه (ممو) از بخش بدرانلو و روستای نوده چناران از توابع شهرستان بجنورد خراسان شمالی یکی از مناطق مستعد برای کشت انگور به‌صورت دیم است.

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.1.0]

میزان بارش سالانه در این منطقه بیش از ۳۰۰ میلی‌متر بوده و به‌طور سنتی، باغات انگور دیم عمدتا از رقم کلاه‌داری وجود دارد که در صورت رفع مشکلات می‌توان وضعیت تولید را بهبود بخشید. وجود باغ انگور دیم (رقم کلاه‌داری) در مناطق مجاور شهرستان بجنورد حاکی از شرایط مناسب اقلیمی و مشخصه‌های خاکی برای احداث باغ دیم می‌باشند ولی از آن‌جایی‌که شیوه مرسوم و فعلی دارای مشکلاتی بوده و نیز شیوه احداث باغ به‌درستی اجرا نمی‌شود ضرورت دارد تا به‌کارگیری تمهیداتی از نهاده‌های موثر بر باغ دیم (شرایط جغرافیایی، پارامترهای اقلیمی، خاک) استفاده بهینه شود. شخم‌های در جهت شیب در اراضی زراعی دیم (گندم دیم) و ایجاد فرسایش به‌شدت منابع بارش و خاک را تهدید می‌کند و اتخاذ تمهیداتی برای حفظ بارش و خاک در راستای ایجاد تولید مطلوب، به‌عنوان یک ضرورت فنی محسوب می‌شود. دانش بومی حاکی از وجود استعداد طبیعی در پرورش انگور دیم است، اما شیوه کاشت انگور در منطقه، دارای مشکلاتی است که نحوه تهیه بستر و شیوه کشت، در این پژوهش، اصلاح می‌شود.

نوآوری این پژوهش، برداشتن گام اولیه عرصه‌ای و مشارکتی برای اصلاح باغات انگور دیم، تبیین مزیت‌های آن نسبت به کشت گندم در اراضی شیب‌دار (و نیازمند شخم سالانه در جهت شیب)، ارائه الگویی برای تهیه بستر، استحصال آب باران، آزمون ارقام جدید، ذخیره بارش و حفظ رطوبت محسوب می‌شود که برای پژوهش‌های بعدی، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. هدف این تحقیق، انتقال دانش و بهبود مهارت بهره‌برداران در استفاده بهینه و حداکثری از زمین و بارش از طریق احداث و ایجاد باغ انگور دیم تحت سامانه‌های استحصال آب باران بوده است.

مواد و روش

منطقه مورد مطالعه

به‌منظور ارائه الگوی صحیح و فنی از احداث باغ انگور دیم، این پروژه از سال زراعی ۹۸-۹۷ در استان خراسان شمالی، حومه شهرستان بجنورد منطقه بدرانلو (روستای ممو = قلعه محمد) و در زمین بهره‌بردار و با مشارکت بهره‌بردار به مدت چهار سال اجرا شد (شکل ۱). محل اجرای پژوهش مزرعه‌ای (مزرعه بهره‌بردار آقای صفدر رحمانی) در روستای قلعه محمد (ممو) در موقعیت طول جغرافیایی ۵۷/۱ درجه تا ۵۷/۲ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷/۶ درجه تا ۳۷/۷ درجه شمالی و ارتفاع از سطح دریای ۱۲۸۷ متر واقع بوده است.

نمونه‌ای مرکب از خاک محل تهیه و در آزمایشگاه خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان شمالی تجزیه و تحلیل شد (جدول ۱) و بر مبنای آن اقدام شد. مطابق با تحلیل نمونه خاک در آزمایشگاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان شمالی، خاک مزرعه بدون محدودیت شوری و دارای عمق خاک مناسب بوده است.

شکل ۱- موقعیت مکانی اجرای پژوهش

Figure 1- Location of research implementation

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.1.0]

جدول ۱- نتیجه آزمون نمونه خاک

Table 1- Soil sample test results

Parameter	Unit	Soil sample results	Critical limit
Clay	%	36	-
Sand	%	40	-
Silt	%	24	-
Texture	-	CL	-
Soil pH	-	7.23	< 7.5
Soil electrical conductivity (EC)	ds m^{-1}	0.64	< 2
Total Neutralizing Value (TNV)	%	18.75	< 15
Organic carbon (OC)	%	0.78	> 1
nitrogen (N)	%	0.16	> 1

نحوه استقرار نهال و ارقام و مشخصات آن‌ها

زمینی با مساحت حدود یک هکتار انتخاب شد که ضوابط اختصاصی کار ترویجی (قابل دسترس بودن، علاقمندی و مشارکت بهره‌بردار، دارا بودن شرایط اختصاصی جغرافیایی و محیطی مانند میزان شیب) را دارد. پس از انتخاب مکان مورد نظر، ارقام جدید انگور رشه و ترکمن ۴ که مورد تایید مرکز تحقیقات و باغبانی استان از منظر گواهی سلامت و اصالت بوده، انتخاب و با رقم مرسوم و شاهد منطقه (انگور رقم کلاه‌داری) مقایسه شد. دلایل انتخاب این ارقام، حساسیت رقم محلی (شاهد) به بیماری سفیدک و عملکرد کم‌تر آن در مقابل وجود پتانسیل عملکردی بالاتر در ارقام جدید، و نیز قابلیت فرآوری، صادراتی و ماندگاری بیش‌تر ارقام جدید بوده و اساسا ایجاد تنوع رقم در شرایط دیم، یک مزیت محسوب می‌شود.

اقدامات مزرعه‌ای

مشخصات و فعالیت‌های صورت گرفته برای اجرای پژوهش به شرح جدول ۲ بوده است. لازم بذکر است که کل کانال ایجاد شده برای تیمارها، با خاک پر نشده و در طول سنوات بعدی، و به‌طور تدریجی کانال تا عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متری از سطح زمین، پر شد. قرار دادن ۳۰-۲۰ سانتی‌متری از سطح زمین، نقش مدیریت رواناب را بر عهده دارد تا فرصت نفوذ جریان روانابی بارش، پدید آید، ضمن ایجاد این کانال، نقش مهمی در توسعه عمقی ریشه دارد. لازم به‌ذکر است از آن‌جایی‌که در شرایط احداث باغ دیم روانابی، تسطیح یا همسان‌سازی شیب صورت نمی‌گیرد، لذا وجود نوسانات در شیب و نیز شیب‌های دو جهته، کاملاً طبیعی است و ذات همسوئی با شرایط طبیعی اقتضا می‌کند، دست‌کاری کم‌تری در طبیعت رخ دهد. لازم به‌ذکر است که در معدود باغات انگور دیم محلی (کلاه‌داری) که به شیوه کانال روی آورده بودند، به نادرست کانالی در جهت شیب احداث می‌شد که سبب هدرروی بارش می‌شد. علت انتخاب این شیوه (کانال در جهت شیب) به‌خاطر سهولت بیش‌تر در اجرا بوده است. ضمنا غالب کشت محصول زراعی دیم منطقه نیز به کشت گندم دیم اختصاص دارد که ویژگی اختصاصی آن شخم هر ساله (و عمدتا در جهت شیب) و هدرروی خاک و آب باران است.

یکی از دلایل انتخاب کانال‌های عمود بر شیب، قطع روند طبیعی جریان رواناب در جهت شیب و ایجاد فرصت نفوذ در کانال ایجاد شده و حفظ آن بوده است. از آن‌جایی‌که در طی سنوات اجرا و به‌ویژه پس از انتقال نهال به محل اجرا، بنا به دلایل مختلف، ممکن است تعدادی از نهال‌ها آسیب دیده و خشک شوند، در سال ۹۸ به تعداد ۱۰ تا ۱۵ نهال و اسفند ماه سال ۹۹ در حدود ۴۰ تا ۵۰ نهال واکاری صورت گرفت. یکی از اقدامات مدیریتی در انجام این پژوهش میدانی، حفظ رطوبت خاک بوده است و از آن‌جایی‌که استقرار نهال در کف کانال صورت گرفته، لذا تبخیر و تعرق کم‌تر شده و از طرفی شیب روی پشته‌ها، سبب هدایت روان‌آب باران به داخل کانال می‌شد.

بررسی متغیرهای اقلیمی

مدیریت باغ دیم بسیار وابسته به پارامترهای اقلیمی به ویژه بارش (میزان و پراکنش)، دما (حداقل، حداکثر، میانگین، حداکثر مطلق و حداقل مطلق)، رطوبت نسبی و ساعات آفتابی است. اطلاعات هواشناسی مربوط به ایستگاه هواشناسی بجنورد است.

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.1.0]

جدول ۲- بخشی از فعالیت‌های صورت گرفته برای اجرای پژوهش

Table 2- Some of research activities

No.	Parameter / Characteristic	Description
1	Slope of the implementation site	Slope of about 20 % (11.3 °C)
2	Planting arrangement and density	Row spacing was 3 m and row spacing was 2.5 m with a density of 1333 seedlings per ha. Grapes of the Turkman 4 variety were planted in 33 rows with 12 seedlings in each row, and for Rashe grapes, 28 rows with 28 seedlings in each row were planted.
3	Cultivation channel specifications	Creating a channel 1.5 m deep and 90 cm wide perpendicular to the slope using an excavator with the aim of crveating an opportunity for rainfall to infiltrate.
4	Grape varieties of treatment and control	The dominant dry-land grape variety in the region (Shahed), a local variety of Kolahdari In one hectare of the farm, the area is equal to 3 thousand square meters for the Turkman 4 grape variety and 7 thousand m^2 for the Rashe grape variety
5	Soil composition of the substrate in the treatment	High-quality topsoil (mixed with rotted manure and mycorrhizal fungi at a rate of about 70 gr per tree) was used to fill the holes.
6	Rainwater harvesting approach for greater runoff volume and storage at the foot of the seedling	Reducing the runoff threshold and increasing the runoff coefficient, plus improving the runoff surface condition
7	Other activities	Rooted cuttings of new grape varieties (Rashe and Turkman 4) were transferred to the implementation site in March 2018 and planted. These seedlings were one year old at the time of planting and their height was about 40 cm. For disinfection, the grape roots were placed in a pralinage solution. Since the soil moisture was not sufficient at the time of the transfer of standard rooted seedlings (provided from an authorized nursery) in late March, in order to prevent the roots from absorbing moisture into the soil, 20 L of water were applied per seedling.

وضعیت حاضر بهره‌وری آب سبز

وضعیت حاضر بهره‌وری آب سبز باغات انگور دیم موجود و مشکلات و موانع ارتقاء بهره‌وری بررسی شد. برای تعیین بهره‌وری سبز در مزارع بهره‌برداران اقدام به تعریف پرسشنامه‌ای و بررسی میدانی برای درج مشخصات بهره‌بردار، مشخصات مزرعه، میزان تولید و عملکرد و میزان درآمد ناخالص شد. در رابطه (۱) میزان بهره‌وری فیزیکی آب سبز که حاصل نسبت میزان عملکرد به میزان کل بارش سال زراعی بوده و در رابطه (۲) میزان بهره‌وری اقتصادی سبز که حاصل نسبت کل درآمد ناخالص به میزان کل بارش است، محاسبه شد.

$$F\text{-}GWP = \frac{Yield}{P} \quad (۱)$$

$$E\text{-}GWP = \frac{Income}{P} \quad (۲)$$

که در آن ضریب F-GWP، E-GWP، Yield، P و Income به‌ترتیب میزان بهره‌وری فیزیکی آب سبز (کیلوگرم بر متر مکعب)، میزان بهره‌وری اقتصادی سبز (ریال بر متر مکعب)، میزان عملکرد (کیلوگرم در هکتار)، میزان کل بارش سال زراعی (متر مکعب در هکتار) و کل درآمد ناخالص (ریال در هکتار) است. علاوه‌براین رشد رویشی و سنواتی نهال‌های انگور کشت شده در طرح نسبت به باغات انگور محلی شاهد بررسی شد. یکی از موارد مقایسه‌ای و اهداف این پژوهش، تبیین مزیت نسبی (بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب سبز) ایجاد باغ دیم روانابی نسبت به زراعت گندم دیمی است که متاسفانه همراه با شخم هر ساله و به‌دلیل شیب‌دار بودن، شخم‌ها در جهت شیب است که منجر به از دست دادن خاک مرغوب و رواناب بارش می‌شود. بر این اساس، این مقایسه نیز صورت گرفته است. در پایان بر اساس داده‌های به‌دست آمده مقایسه میانگین حداکثر میزان رشد شاخه نهال انگور هر یک از ارقام تیمار با انگور رقم شاهد (کلاه‌داری) بر اساس آزمون تی‌تست در سطوح احتمال آماری ۱ درصد انجام شد.

نتایج

وضعیت پارامترهای اقلیمی محل اجرای طرح

در شرایط دیم و برای طراحی احداث باغ دیم روانابی به‌نحوی که نیاز آبی انگور تامین شود، اطلاع و تحلیل مقدار بارش و پراکنش آن بسیار مهم بوده و موفقیت‌آمیز بودن باغ دیم روانابی، به این تحلیل بستگی دارد. پارامترهای دیگری که تاثیر بسیار مهمی در توفیق احداث باغ دیم روانابی دارند، اجزای دما (دمای حداقل، حداکثر، میانگین و مقادیر مطلق حداقل و حداکثر دما)، ساعات آفتابی و میزان رطوبت نسبی هستند که بر میزان تبخیر و تعرق انگور موثر هستند. برای تعدیل آن، تمهیداتی چون کاهش سهم تلفات تبخیری، افزایش عمق توسعه ریشه از طریق ایجاد کانال عمیق، افزایش سهم نگهداشت آب باران در ناحیه ریشه، تنظیم سطح تعرق از طریق هرس سبز و رعایت تراکم و .... بایستی به‌کار گرفته شود. بر این اساس، این آمار، به شرح ذیل، تحلیل می‌شود.

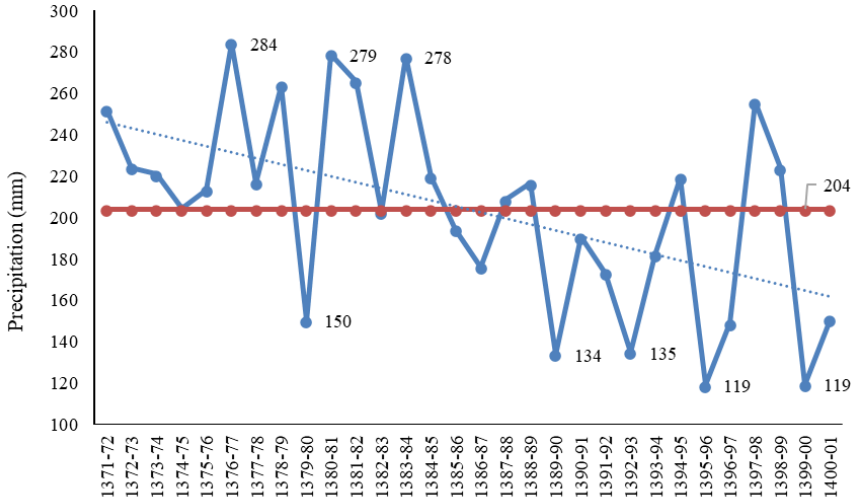
[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.1.0]

وضعیت بارش بازه ۳۰ ساله ۱۴۰۱-۱۳۷۱ در شکل‌های ۲ تا ۴ نشان داده شده است. میانگین بارش ۲۰۴ میلی‌متر است، درحالی‌که میانگین بارش ۱۵ ساله ابتدایی ۲۳۱ میلی‌متر، ۱۵ ساله منتهی به ۱۴۰۱، برابر ۱۷۷ میلی‌متر و میانگین ۵ سال اخیر ۱۸۰ میلی‌متر بوده است (شکل ۳). بیش‌ترین میزان بارش (۲۷۸ تا ۲۸۴ میلی‌متر) در نیمه اول بازه ۳۰ ساله واقع بوده و کم‌ترین میزان بارش ۱۱۹ میلی‌متر که در سنوات اخیر رخ داده است. تابع نزولی بارش سنوات ۳۰ ساله در رابطه (۳) نشان داده شده است:

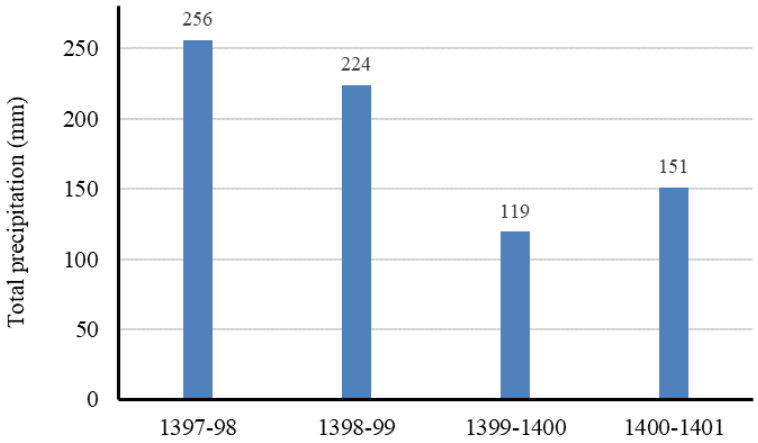
$$Prec. = -2.91\,X + 249.2 \qquad R^2 = 0.28 \qquad R^2\text{adj} = 0.25 \qquad \text{F} = 11.1 \qquad (۳)$$

که در آن ضریب X بیانگر میزان کاهش سالانه بارش (Prec.) نسبت به سال قبل است. با توجه به ضریب تعیین (تشخیص R^2)، ضریب تعیین اصلاح شده (R^2adj) و مقدار F، رابطه مذکور از نظر آماری کاملاً معنی‌دار است. دو برداشت مهم از روند بارشی منطقه قابل دریافت است، الف) روندی نزولی کل بارش و ب) نوسانات بارشی در طی سنوات.



شکل ۲- میزان سالانه بارش طی سنوات ۱۴۰۱-۱۳۷۱ و مقایسه هر یک نسبت به میانگین بلندمدت

Figure 2- Annual precipitation during the years 1992-2022 and comparison of each with the long-term



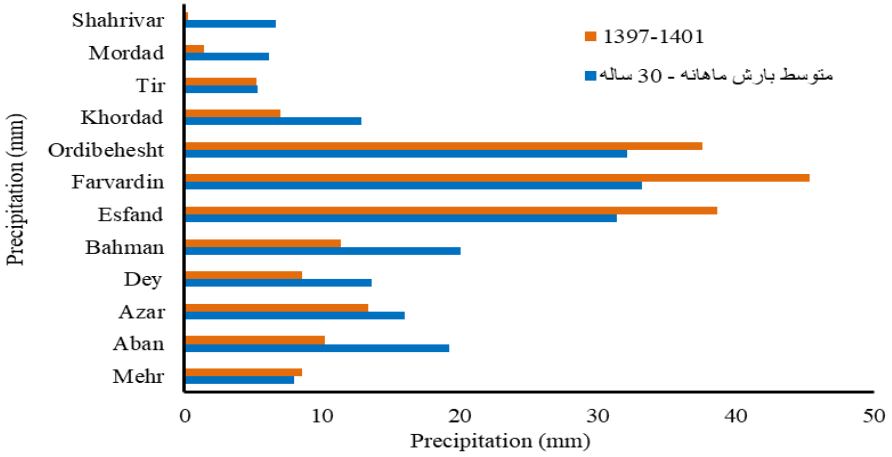
شکل ۳- میزان سالانه بارش طی سنوات ۱۴۰۱-۱۳۹۷

Figure 3- Yearly precipitation distribution in Bojnord, 2018-2022

روند تغییرات متوسط ماهانه بارش ایستگاه بجنورد، در شکل ۴ نشان داده شده است. بدیهی است پراکنش بارش پارامتر مهمی در طراحی باغ دیم و توفیق آن محسوب می‌شود. عمدتا، بارش‌ها در ماه‌های غیر فصل رشد بوده و در زمان رشد و نمو گیاهان، بارش‌ها به حداقل می‌رسد. هرچه بازه‌های بدون بارش بیش‌تر باشد، ریسک احداث باغ انگور دیم، افزایش می‌یابد. دو برداشت مهم از روند بارشی منطقه قابل دریافت است، الف) روندی نزولی کل بارش و ب) نوسانات بارشی در طی سنوات. در شرایط دیم هر دو این موضوعات، اثرات مهمی بر تولید در شرایط دیم دارد.

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.1.0]



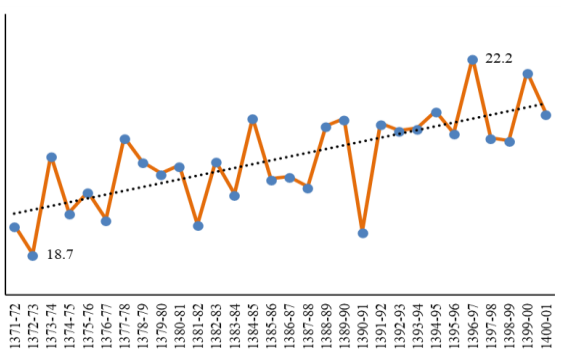
شکل ۴- پراکنش ماهانه بارش در بجنورد

Figure 4- Monthly precipitation distribution in Bojnord

یکی از پارامترهای مهم در تحلیل شرایط، میانگین تغییرات دما (دمای حداکثر، دمای حداقل، متوسط دما، حداکثر مطلق دما و حداقل مطلق دما) است که در شکل ۵ این تغییرات برای ماه‌های مختلف سال نشان داده شده است. دمای حداکثر مطلق و دمای حداقل مطلق به‌ترتیب ۴۱/۸ و ۲۱- درجه سانتی‌گراد بوده است. دمای حداکثر به‌طور نگران‌کننده‌ای افزایشی است (شکل ۶) به‌نحوی که از ۱۸/۷ درجه سانتی‌گراد در سال ۱۳۷۳ به ۲۲/۲ درجه سانتی‌گراد در سال ۱۳۹۶ رسید. روند صعودی دمای حداکثر طی سنوات ۳۰ ساله در رابطه (۴) نشان داده شده است:

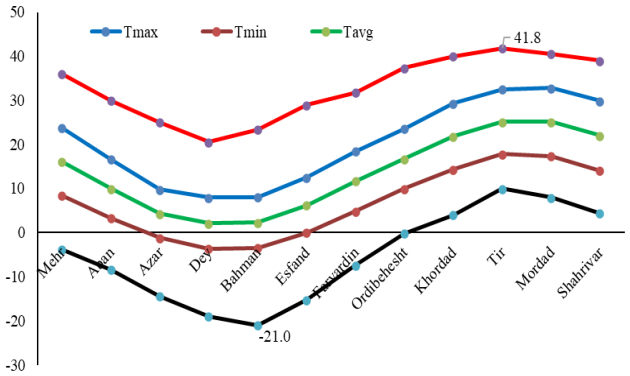
$$Tmax. = 0.068\,X + 19.38 \qquad R^2 = 0.50 \qquad R^2\text{adj} = 0.48 \qquad \text{F} = 27.7 \qquad (۴)$$

که در آن ضریب X بیانگر میزان افزایش سالانه دمای حداکثر (Tmax) است. با توجه به ضریب تعیین (تشخیص R^2)، ضریب تعیین اصلاح شده (R^2adj) و مقدار F، رابطه مذکور از نظر آماری کاملاً معنی‌دار است. دمای حداقل دارای نوسانات طی بازه ۳۰ ساله است (شکل ۷)؛ به‌نحوی که در محدوده ۵/۸ تا ۷/۷ درجه سانتی‌گراد نوسان داشته است. روند تغییرات دمای حداقل طی سنوات ۳۰ ساله، به‌دلیل این‌که از نظر آماری، رابطه معنی‌داری وجود نداشته، لذا رابطه استخراجی نیز ذکر نشد.



شکل ۶- تغییرات دمای میانگین حداکثر سالانه

Figure 6- Changes in average annual maximum temperature

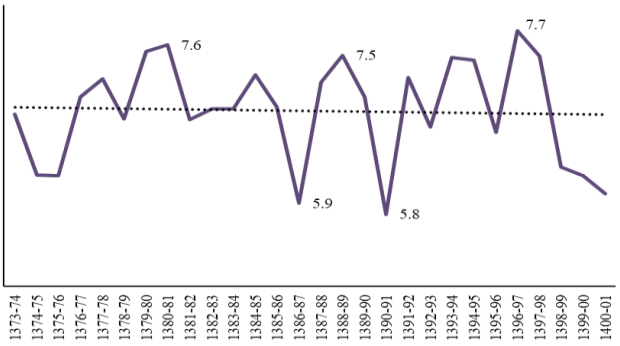


شکل ۵- تغییرات دمای ماهانه (میانگین، حداقل، حداکثر و مقادیر مطلق)

Figure 5- Monthly temperature changes (average, minimum, maximum, absolute minimum and absolute maximum)

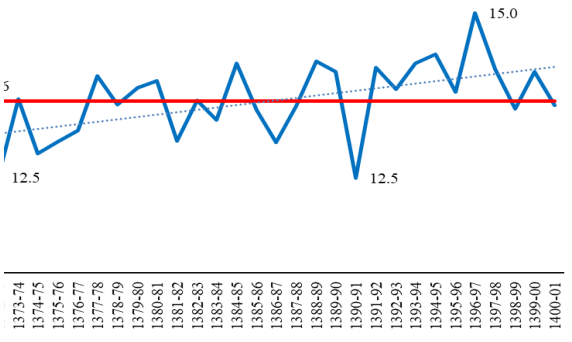
[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.1.0]



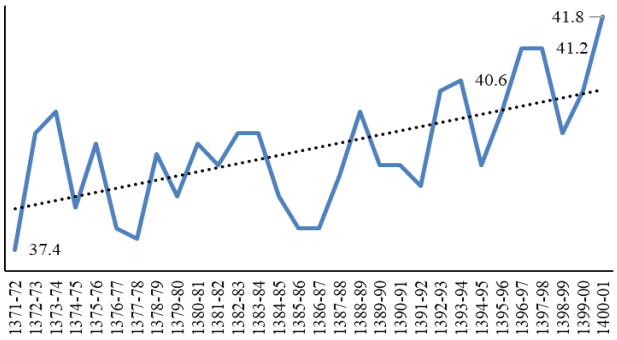
شکل ۷- تغییرات دمای میانگین حداقل سالانه

Figure 7- Changes in average annual minimum temperature



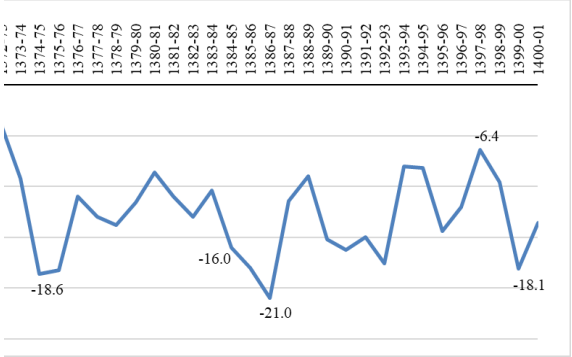
شکل ۸- تغییرات متوسط دمای سالانه

Figure 8- Average annual temperature changes



شکل ۹- تغییرات دمای حداکثر مطلق طی سنوات مختلف

Figure 9- Changes in absolute maximum temperature over different years



شکل ۱۰- تغییرات دمای حداقل مطلق طی سنوات مختلف

Figure 10- Changes in absolute minimum temperature over different years

اگرچه روند تغییرات متوسط دما که حاصل میانگین وزنی دمای حداکثر و حداقل است، افزایشی است (شکل ۸) اما از آن‌جایی‌که دمای حداکثر، افزایشی و دمای حداقل، کاهشی بوده و تبخیر نیز کاهشی است، روند افزایشی متوسط دمای طی سنوات ۳۰ ساله در رابطه (۵) نشان داده شده است:

$$Tavg. = 0.036\,X + 13.2 \qquad R^2 = 0.29 \qquad R^2\text{adj} = 0.26 \qquad F = 11.4 \qquad (۵)$$

که در آن ضریب X بیانگر میزان افزایش سالانه متوسط دما (Tavg.) است. با توجه به ضریب تعیین (تشخیص R^2)، ضریب تعیین اصلاح شده (R^2adj) و مقدار F، رابطه مذکور از نظر آماری کاملاً معنی‌دار است.

دمای حداکثر مطلق، همانند دمای حداکثر روند افزایشی را نشان می‌دهد (شکل ۹)، روند صعودی دمای حداکثر مطلق طی سنوات ۳۰ ساله در رابطه (۶) نشان داده شده است:

$$Tmax - abs. = 0.078\,X + 38.1 \qquad R^2 = 0.37 \qquad R^2\text{adj} = 0.55 \qquad F = 16.4 \qquad (۶)$$

که در آن ضریب X بیانگر میزان افزایش سالانه دمای حداکثر مطلق (Tmax-abs) است. با توجه به ضریب تعیین (تشخیص R^2)، ضریب تعیین اصلاح شده (R^2adj) و مقدار F، رابطه رابطه مذکور از نظر آماری کاملاً معنی‌دار است.

تغییرات دمای حداقل مطلق، همانند تغییرات دمای حداقل بوده است (شکل ۱۰) و رسیدن به دمای ۱۸/۱- و ۲۱- اثرات خاص خود را از منظر بروز خسارات سرمازدگی به شاخه‌ها و حتی تنه درختان خواهد داشت. به‌دلیل عدم وجود رابطه معنی‌دار آماری در روند تغییرات حداقل دمای مطلق، از ذکر رابطه استخراجی صرف‌نظر شد. ساعات آفتابی نیز روندی افزایشی دارد که بیانگر کاهش ساعات ابرناکی است. روند صعودی ساعات آفتابی طی سنوات ۳۰ ساله در رابطه (۷) نشان داده شده است:

$$n = 0.0293\,X + 7.722 \qquad R^2 = 0.45 \qquad R^2\text{adj} = 0.43 \qquad \text{F} = 23.1 \qquad (۷)$$

که در آن ضریب X بیانگر میزان افزایش سالانه ساعات آفتابی (n) است. با توجه به ضریب تعیین (تشخیص R^2)، ضریب تعیین اصلاح شده (R^2adj) و مقدار F، رابطه مذکور از نظر آماری کاملاً معنی‌دار است.

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.1.0]

کاهش رطوبت نسبی با روند کاهشی دما، همسو است. البته کاهش رطوبت نسبی در کاهش میزان بروز بیماری‌های قارچی، موثر است. روند تغییرات رطوبت نسبی طی سنوات ۳۰ ساله، به‌دلیل این‌که رابطه معنی‌داری وجود نداشته، لذا رابطه استخراجی نیز ذکر نشد.

بررسی احتمال وقوع بارش در تحلیل رشد و نمو باغات دیم و تحلیل برخی مخاطرات ناشی از بارش، موثر است. احتمال وقوع بارش از رابطه (۸) به‌دست آمده است.

$$\mu. = \frac{i}{(n+1)} \qquad (۸)$$

که در آن i و n به‌ترتیب شماره سال بارش (تنظیم نزولی بارش) و تعداد سال‌ها است. بر اساس آمار ۳۰ ساله ایستگاه بجنورد، احتمال وقوع بارشی به میزان ۲۸۴ میلی‌متر، تنها ۳/۲ درصد است، احتمال وقوع بارش به میزان ۲۵۶ میلی‌متر برابر ۱۹/۴ درصد، احتمال وقوع بارش به میزان ۲۰۹ میلی‌متر برابر ۵۱/۶ درصد و احتمال بارش به میزان ۱۷۳ میلی‌متر، حدود ۷۵ درصد است.

بهره‌وری آب سبز محصولات دیم

یکی از ابعاد این پژوهش، بررسی وضعیت شاخص بهره‌وری آب سبز در ۱) مزارع گندم دیم پیرامونی یا در سطح منطقه، ۲) باغات انگور دیم رقم کلاه‌داری با مدیریت سنتی و ایجاد شده در سنوات قبل بوده است. مقادیر بهره‌وری آب سبز در تعدادی از مزارع گندم دیم پیرامونی در سطح منطقه در جدول ۳ همراه با مشخصات مزرعه (مساحت مزرعه، رقم و تراکم بذر) آمده است.

از آن‌جایی‌که ایستگاه هواشناسی بجنورد در محل شهرستان واقع بوده و باغات دیم در ارتفاعات و مناطق روستائی قرار دارند، برای تعیین شاخص بهره‌وری آب سبز از داده‌های باران‌سنجی محلی (میانگین سه ایستگاه باران‌سنجی) استفاده شد که میانگین بارش سال ۱۴۰۰ در آن‌ها برابر ۲۷۱ میلی‌متر بوده و بر همین اساس اطلاعات شاخص بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب سبز محاسبه شد. در شرایط منطقه، اقدام به کشت گندم دیم در اراضی شیب‌دار می‌شود که ضمن پایین بودن سنجه عملکرد و بهره‌وری آب سبز، سبب از دست رفتن خاک در اثر شخم و فرسایش می‌شود. نتیجه تبیین مزیت نسبی ایجاد باغ دیم روانابی نسبت به زراعت گندم دیم در جدول ۳ خلاصه شده است.

نتایج نشان می‌دهد که ارقام جدید دارای عملکرد بالاتری نسبت به رقم محلی دارند و به تبع، بهره‌وری آب سبز بالاتری نیز خواهند داشت. درحالی‌که بهره‌وری فیزیکی آب سبز گندم آذر۲ در بازه ۰/۲۲ تا ۰/۳۳ کیلوگرم بر مترمکعب قرار دارد، بهره‌وری فیزیکی آب سبز برای ارقام جدید، ۰/۲۹ تا ۰/۴۴ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد (جدول ۳).

جدول ۳- بهره‌وری آب سبز در شرایط حاضر در ۷ مزرعه گندم دیم بهره‌برداران

Table 3- Current indicators of rainfed agricultural lands in the research area (wheat fields in two modes of conventional cultivation and superior crop management)

	Wheat Farm							
	1	2	3	4	5	6	7	
WV	Aza2	kohdasht	Local	Local	Local	Aza2	Local	Mean
SR	150	150	200	220	200	200	200	186
CR	barley	fallow	fallow	wheat	wheat	barley	wheat	–
A	15000	40000	20000	15000	10000	10000	10000	14286
P	1500	3200	1800	1500	800	1200	600	-
Y	1000	800	900	750	800	1200	600	864
F-GWP	0.37	0.29	0.33	0.27	0.29	0.44	0.22	0.32
GI *	130	104	117	97.5	104	156	78	112
SI	20	20	15	20	15	10	10	16
TGI	150	124	132	99.5	119	166	79	128
E-GWP	55350	45756	48708	36716	43911	61254	29151	

WV= Wheat variety, SR=Seed rate (kg ha^{-1}), CR= Crop rotation, A= Area (ha), P= Production (ton), Y=Yield (kg ha^{-1}), F-GWP= Physical Green Water Productivity (kg m^{-3}), GI= Gross income (10^6 IRR ha^{-1}), SI= Second income (Straw) (10^6 IRR ha^{-1}), TGI= Total gross income (10^6 IRR), E-GWP= Economical Green Water Productivity (IRR ha^{-1}), *= The price of 1401

بهره‌وری آب سبز انگور دیم

در بررسی بهره‌وری آب سبز باغات انگور دیم که به شیوه سنتی ایجاد شده و بسیاری فاقد سامانه جمع‌آوری آب باران هستند، نتایج بررسی ۱۲ باغ در جداول ۳ نشان داده شده است. باغاتی که دارای ارقام محلی بوده و دارای تراکم زیاد، ناموفق بوده و در نتیجه عملکرد اندکی داشته یا اصلا عملکردی نداشتند، اما باغاتی که دارای ارقام اصلاح شده بوده و فواصل لازم را رعایت کردند، دارای عملکرد نسبتا مطلوبی هستند. برای باغات انگور دیم، اگر سامانه جمع‌آوری آب باران ایجاد و تمهیدات لازم برای ذخیره آب باران صورت گرفته و از تلفات تبخیری جلوگیری شود، می‌توان شاهد افزایش و تثبیت عملکرد و ارتقاء بهره‌وری آب سبز بود. مقادیر بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب سبز نیز حاکی

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-27]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.1.0]

از مزیت باغات انگور دیم دارای ارقام اصلاح شده و رعایت تراکم کشت است. اما باغات انگور با رقم محلی (کلاه‌داری) که فاقد رعایت تراکم کشت هستند (و فاقد سامانه استحصال آب باران نیز هستند) به‌دلیل نداشتن عملکرد، فاقد شاخص بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی بوده یا بسیار اندک است (جدول ۴).

متوسط عملکرد انگور دیم در شرایط بهره‌برداران، ۷/۸ تن در هکتار است که اگرچه برای این شرایط مناسب است، اما می‌توان با اصلاح ارقام (سرشاخه‌کاری رقم محلی کلاه‌داری توسط ارقام جدید مانند رشه و ترکمن ۴، و نیز احیا و ایجاد باغ جدید (به‌جای زراعت در اراضی شیب‌دار) ضمن افزایش تولید، پایداری آن را نیز دنبال کرد. متوسط درآمد باغات انگور دیم برابر ۹۱۱ میلیون ریال در هکتار (بر مبنای قیمت سال ۱۴۰۱) است که نسبت به درآمد زراعت دیم بسیار بهره‌ورتر بوده و بهره‌وری اقتصادی آب سبز نیز حاکی از برتری کشت انگور نسبت به زراعت دیم است (جدول ۴).

جدول ۴- بهره‌وری آب سبز در شرایط حاضر در باغات انگور دیم بهره‌برداران

Table 4- Indicators for existing old and newly constructed rainfed grape orchards

GV	Kolahdari - Razeghi		Kolahdari				
	1	2	3	4	5	6	7
YGB	1380	1370	1358	1358	1357	1357	1355
GA	1850	1000	1600	2500	1600	1500	1200
Y	9	4	6	7.5	12	11	5
F-GWP	3.32	1.48	2.21	2.77	4.43	4.06	1.85
GI *	1080	480	720	900	1440	1320	600
E-GWP	398524	177122	265683	332103	531365	487085	221402

	Kolahdari					Mean
	8	9	10	11	12	
YGB	1369	1383	1360	-	1365	-
GA	2500	2500	2000	2500	1300	1838
Y	5.6	10	7	4	10	7.8
F-GWP	2.07	3.69	2.58	1.48	3.69	2.88
GI *	672	1200	840	480	1200	911
E-GWP	247970	442804	309963	177122	442804	336162

GV= Grape variety, YGB= Year the garden was built, GA= Garden density, Y = Yield (kg ha^{-1}), F-GWP= Physical Green Water Productivity (kg m^{-3}), GI= Gross income (10^6 IRR ha^{-1}), ERWP= Economical Green Water Productivity (IRR ha^{-1}), *= The price of 1401

درصد گیرایی

بدیهی است در شرایط بهره‌بردار، اگرچه متغیرهای طبیعی بیش‌تر هستند، اما نتایج حاصله به واقعیت، نزدیک‌ترند. برای این‌که داده رشدی انگور به واقعیت نزدیک‌تر باشد، ۱۰۰ نهال انگور از هر یک از تیمارها (رشه و ترکمن ۴) انتخاب و با ۲۰ نمونه شاهد (کلاه‌داری) مقایسه شد. مقادیر سنجه‌های آماری مربوط به دو رقم انگور (رشه و ترکمن ۴) و شاهد (کلاه‌داری) به شرح جدول ۵ است که حاکی از برتری رقم ترکمن ۴ است. از آن‌جایی‌که کل بارش قابل دسترس برای منطقه یکسان بوده، وضعیت رشدی مطلوب‌تر ارقام تیمار، حاکی از اثربخشی الگوی پیاده شده در ارتقاء بهره‌وری آب سبز است. بدیهی است که در بهبود رشد، عملیات مربوط به احداث باغ دیم همراه با رقم نقش داشتند و از آن‌جایی‌که همه‌ی عملیات برای دو رقم رشه و ترکمن ۴، یکسان بوده، تفاوت رشدی بین این دو رقم، صرفا مربوط به ویژگی‌های این ارقام است.

جدول ۵- مقادیر سنجه‌های آماری مربوط به دو رقم انگور و شاهد بر اساس حداکثر میزان رشد انگور

Table 5- Statistical indices for treatments and check

Grape variety	N	Mean	SD	RMS	CV
Rashe	100	96.76	28.95	100.96	0.299
Torkman 4	100	102.93	30.0	107.17	0.299
Check (Kolahdari)	20	48.9	16.8	51.57	0.344

انگور ارقام رشه و ترکمن ۴ به‌ترتیب با میانگین حداکثر میزان رشد ۹۶/۷۶ و ۱۰۲/۹۳ سانتی‌متر نسبت به شاهد انگور محلی، به مراتب وضعیت رشدی بهتری داشتند. از نظر حداکثر میزان رشد، هر دو رقم ترکمن ۴ و رشه با شاهد (کلاه‌داری) بر اساس آزمون تی–تست و در سطح آماری ۱درصد، اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۶). به‌دلیل محدودیت زمانی اجرای پژوهش، دستیابی به عملکرد اقتصادی میسر نشد، اما وضعیت رشدی مطلوب و انجام هرس سبز تابستانه، عدم مواجهه با تنش تابستانه، اقدام برای اجرای طرح فراز (روسیمی) و مهم‌تر از همه، اصلاح رفتار بهره‌برداران و احداث باغ بر اساس ضوابط و معیارها از جمله دستاوردهای این پژوهش عرصه‌ای بوده است.

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.1.0]

جدول ۶- معنی‌دار بودن تیمارها از نظر میزان حداکثر رشد شاخه با شاهد
Table 6- Statistically significant between treatments and check

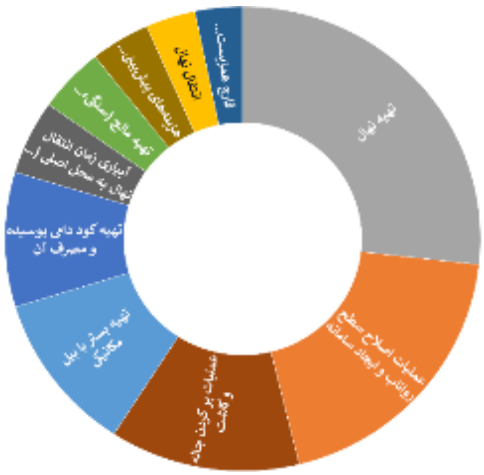
	t	df	P value	standard error of difference	99 %confidence interval of this difference	
					Max	Min
Rashe - Check	7.18	118	0.0001	6.7	34.6	61.1
Torkman 4 - Check	7.80	118	0.0001	6.93	40.3	67.8

توسعه عمقی ریشه

کانال‌های ایجاد شده برای بستر انگور به عمق ۱/۵ متر و عرض ۹۰ سانتی‌متر و خاک آن، تماما از خاک زراعی سطحی پر شده بود، لذا ضمن این‌که شرایط را برای ذخیره سازی رطوبت پدید آورده، بلکه همراه با کاربرد قارچ همزیست مایکوریزا که سبب ریشه‌زایی می شود، سبب تو سعه عمقی و حجمی ریشه‌ها شد که نتیجه آن افزایش حجم بزرگ‌تری از بستر خاک برای جذب رطوبت تو سط ریشه‌ها بود. بر اساس مشاهدات میدانی (یافته‌های پژوهش) یکی از دلایل اصلی زوال یا رشد ناکافی درختان بادام بذری دیم، بستر نامناسب و عدم توسعه عمقی ریشه بوده ا ست. جمع‌آوری، هدایت و ذخیره سازی رطوبت از طریق سامانه ا ستح صال آب باران در این کانال‌ها، همراه با تو سعه عمقی ریشه انگور باعث شد که نیاز آبی نهال‌های انگور بدون محدودیت، تامین شود. ضمن این‌که در شرایط دیم از هرگونه رشد رویشی بی‌رویه، جلوگیری می شود تا توازن بین میزان جذب رطوبت خاک تو سط ریشه با میزان تعرق شاخ و برگ برقرار بوده و قطعا ناترازی بین جذب و تعرق، سبب آسیب و حتی زوال درختان خواهد شد.

هزینه‌های احداث باغ دیم روانابی

ایجاد باغ دیم تحت سامانه استحصال آب باران مستلزم تامین نهاده‌هایی خواهد بود که برای هر مورد، هزینه متفاوتی نیاز است. مهم‌ترین موارد هزینه‌ای احداث باغ دیم روانابی عبارتست از کندن چاله با بیل مکانیکی، عملیات اصلاح سطح رواناب و ایجاد سامانه، تهیه نهال، انتقال نهال، تهیه کود دامی پوسیده و مصرف آن، تهیه مالچ (سنگی، گیاهی و ....)، قارچ همزیست میکوریزا، عملیات پر کردن چاله و کاشت، آبیاری زمان انتقال نهال به محل اصلی (در صورت نیاز) و هزینه‌های پیش‌بینی نشده (شکل ۱۱). بر اساس سهم هر یک از این موارد هزینه‌ای، بیش‌ترین به تهیه نهال مناسب و اصلاح شده و تهیه نهال به میزان ۴۶ درصد کل هزینه اختصاص دارد. عملیات پر کردن چاله و کاشت و نیز تهیه بستر با بیل مکانیکی در رتبه‌های بعدی قرار دارند.



شکل ۱۱- موارد هزینه‌ای احداث باغ دیم روانابی
Figure 11– Costs of constructing a rainfed runoff garden

نتایج تصویری

این پژوهش میدانی مبتنی بر احداث باغ انگور دیم بوده و پیش‌بینی می‌شد که به عملکرد اقتصادی نرسد، در ادامه نتایج تصویری حاصل از اجرای این پروژه نشان داده می‌شود. نمایی از باغ انگور دیم رقم کلاه‌داری (شکل ۱۲) که فاقد هرگونه سامانه جمع‌آوری آب باران بوده و

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-27]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.1.0]

اقدامات لازم برای حفظ رطوبت و کاهش تبخیر صورت نمی‌گیرد. اما آنچه که در این تحقیق از منظر تهیه بستر و محل کاشت مدنظر بوده، تعبیه کانال عمود بر شیب بوده که در شکل ۱۳ نشان داده شده است.

شکل ۱۲- باغ انگور دیم رقم کلاه‌داری با مدیریت سنتی – منطقه بدرانلو

Figure 12- Rainfed grape (*Kolahdari var*.) under traditional management

نمایی از محل قرارگیری نهال و پشته مربوطه و مالچ خاکی برای حفظ رطوبت ذخیره شده و میزان رشد سالانه که در شکل ۱۳ نشان داده شده است. یکی از اقدامات تکمیلی در این پروژه، داربستی نمودن انگور بوده که با استفاده از ظرفیت‌های مالی طرح فراز، اجرا شد و نمایی از آن در شکل ۱۴ نشان داده شده است.

شکل ۱۳- میزان رشد سالانه انگور و وضعیت محل قرارگیری نهال انگور

Figure 13- Annual growth of rainfed grape (Rashe & Torkman4 var.) under water harvesting management

شکل ۱۴- میزان رشد سالانه انگور و وضعیت محل قرارگیری نهال انگور

Figure 14- Annual growth of rainfed grape (Rashe & Torkman4 var.) and their planting place

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.1.0]

شکل ۱۵- برگزاری روز مزرعه و بازدید بهره‌برداران
Figure 15- Extensional activity and field day for farmers

برگزاری روز مزرعه و بازدید بهره‌برداران از باغ انگور احداث شده و سامانه استحصال آب باران در شیوه کاشت انگور در کانال عمود بر شیب و کنترل تبخیر که در شکل ۱۵ نشان داده شده است. فعالیت‌های ترویجی تعریف شده در کنار این پروژه در دو مقیاس اجرا شد، ۱) در سطح مزرعه بهره‌بردار که با حضور و مشارکت بهره‌بردار و مجریان ترویجی برای بهره‌برداران انجام می‌شد و ۲) در سطح شهرستان بجنورد و سایر شهرستان‌ها و برای بهره‌برداران و کارشناسان انجام می‌شد.

بحث

بارش و استحصال آن، تنها منبع تامین آب مورد نیاز برای استمرار رشد، باردهی و بقای محصولات در شرایط دیم محسوب می‌شود. نتایج بررسی فناوری‌های مختلف جمع‌آوری آب باران در کشاورزی دیم منطقه صحرای آفریقا نشان داد که سامانه‌های استحصال آب باران، می توانند بهره‌وری آب را ۳۰ تا ۱۰۰ درصد افزایش دهند، به‌ویژه زمانی که با مدیریت خاک و بهبود حاصلخیزی ترکیب شوند (Temesgen et al., 2009)، موضوعی که در این پژوهش نیز بدان توجه جدی شد و نتیجه پژوهش صورت گرفته در زیمباوه (Mwenge Kahinda et al., 2007) نیز موید نتایج پژوهش حاضر است و البته در ادامه کاهش تنش خشکی در مراحل بحرانی رشد را مهم‌ترین دستاورد می‌داند (Mwenge Kahinda et al., 2007). ضمن این‌که در بررسی بیش‌ترین حساسیت مدل بیلان آب خاک گیاه انگور دیم در ریزحوضه‌های کشت، مقادیر ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی لایه‌های متفاوت نیمرخ خاک است، که استحصال آب باران، سهم مهمی در تامین رطوبت متناسب با این دو وضعیت رطوبتی دارد (Fouladmand & Sepaskhah, 2007). هم‌چنین مطالعه‌ای در تاکستان‌های مدیترانه‌ای (ایتالیا و پرتغال) نشان داد که مدیریت خاک بین ردیف‌ها و حفظ رطوبت با شیوه‌های حفاظتی باعث افزایش ذخیره آب خاک، کاهش تبخیر و بهبود تعادل آب در سیستم‌های دیم انگور می‌شود که به‌طور غیرمستقیم مرتبط با برداشت و استفاده بهتر از بارش است (Darouich et al., 2022). در تاکستان‌های شیب‌دار مدیترانه‌ای، نصب سازه‌های کوچک ذخیره آب باران باعث کاهش رواناب و افزایش ظرفیت ذخیره آب برای استفاده در دوره‌های خشکی شده و مقاومت در برابر نوسانات اقلیمی را افزایش داد (Wang et al., 2023). مطالعه در تاکستان‌هایی دراسپانیا نشان داد که مدیریت پوشش گیاهی بین ردیف‌ها می‌تواند ظرفیت رطوبت خاک را افزایش داده، رواناب سطحی را کاهش و به‌طور غیرمستقیم باعث بهبود بهره‌وری آب و حفاظت از منابع آب و خاک در کشاورزی دیم انگور شود (Ben-Salem et al., 2018). استحصال آب باران آن‌قدر اهمیت و ارزش دارد که با ترکیب «سامانه جمع‌آوری آب باران» با «سامانه آبیاری قطره‌ای»، باعث افزایش کارایی مصرف آب و کاهش مصرف منابع آب زیرزمینی شده و نتایج ان بیانگر افزایش بهره‌وری آب و بهبود رشد رویشی و زایشی در شرایط محدودیت آب بوده است (Zhang et al., 2021).

در بررسی بهبود ارتقاء بهره‌وری آب سبز بایستی به الف) شیوه کاشت، ب) تدارک سطح رواناب و تراکم کاشت توجه کرد.

الف) شیوه کاشت

یکی از اقدامات صورت گرفته، شیوه کاشت انگور در کانال (به شرحی که توضیح داده شد) بوده که همراه با ایجاد مالچ (خاکی و گیاهی) سبب کنترل رواناب و ایجاد فرصت نفوذ شد. اساسا ایجاد مالچ در کاهش تلفات تبخیری بسیار موثر است، استفاده از مالچپاشی به همراه شیارهای فرعی (مشابه خطوط تراز) و پشته‌ها، روشی مؤثر برای بهبود عملکرد رشدی محصول در کشاورزی دیم بوده و باید به‌طور گسترده در این مناطق به‌کار گرفته شود (Min Zhou et al., 2015).

ب) تدارک سطح رواناب و تراکم کاشت

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-27]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.1.0]

علاوه‌براین یکی از عامل‌های مهم در حصول موفقیت، تدارک سطح رواناب مناسب برای هر نهال انگور بوده است، سطحی که برای هر درخت انتخاب شد، برابر ۷/۵ متر مربع بود که بر اساس رخدادهای بارشی تعیین شده بود. سطح رواناب می‌تواند بدون دستکاری، صاف کردن، غلطک زدن، پوشش نایلون و سنگ‌فرش کردن باشد (Tayefeh Rezaee et al., 2020) که در پژوهش حاضر، به صاف و تمیز کردن، بسنده شد. بر اساس پژوهش صورت گرفته، و بر اساس نتیجه تجزیه و تحلیل داده با یک مدل رگرسیون چندگانه، نشان داده شد که یک منطقه ریزآبگیر (سطح رواناب) ۹ متر مربعی (۳ در ۳ متر مربع) برای هر گیاه (انگور) مناسب‌ترین سطح برای تاکستان‌ها بوده است. نتایج هم‌چنین نشان داد که با استفاده از این مساحت برای هر تاکستان، عملکرد (کیلوگرم در هکتار) ۴۰ درصد بیش‌تر از عملکرد تاک‌ها در تاکستان بدون ریزآبگیرها بود. هم‌چنین تحلیل اقتصادی و هزینه و درآمد نشان داد که مساحت ۹ متر مربع از نظر اقتصادی، مقرون به صرفه است (Fooladmand & Sepaskhah, 2004). بر اساس نتیجه تحقیق مذکور و با توجه به نتایج این پژوهش (وضعیت رشد و گیرایی)، می توان افزایش عملکرد مطلوبی را انتظار داشت. میانگین تراکم بوته انگور دیم در سطح بهره‌برداران، ۱۸۳۸ بوته در هکتار بوده که زیاد است و در شرایط رطوبتی بالا، احتمال بروز بیماری قارچی (سفیدک انگور) افزایش می‌یابد. این تراکم در شرایط کمبود بارش نیز سبب رقابت بوته‌ها شده و آسیب وارده، شدید خواهد شد.

درصد گیرایی (افزون بر ۹۸ درصد) و وضعیت رشد درختان (۱۵۰–۴۰ سانتی‌متر سالیانه) حاکی از توفیق پژوهش است که نتیجه مشابه برای درصد گیرایی بادام دیم تحت سامانه نیم‌دایره‌ای استحصال آب باران در همین منطقه گزارش شده است (Tavakoli & Fatemi Motlagh, 2025). از نظر درصد گیرایی، نتایج دیگر محققین، نتیجه به‌دست آمده را تائید می‌کنند، به‌طوری‌که، پس از پژوهشی چهار ساله در حوزه عون بن علی تبریز، گزارش شد که درصد زنده‌مانی کلیه گونه‌های درختی بسیار بالا بوده و از ۹۲/۶ درصد تا ۵۸ درصد متغیر بود (Barzegar Qazi et al., 2001). آن‌ها علت این توفیق را انتخاب گونه‌های مناسب و مقاوم به شرایط سخت اقلیمی و خاک و استفاده از بانکت‌های هلالی و مالچ پلاستیکی بر روی چاله نسبت دادند. آرایش حوضه‌ها و طراحی آن‌ها اهمیت فراوانی دارد، گاهی با ایجاد یک پشته به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر دور هر نهال، سطح آبگیر کوچکی فراهم می‌شود یا با استفاده از شیارهای نیم‌دایره‌ای برای مهار آب باران، نهال‌ها در وسط شیارها کشت می‌شوند. کاربرد این تکنیک‌ها موجب افزایش میزان رشد و درصد زنده‌مانی نهال‌ها می‌شود (Barzegar Qazi et al., 2001). با کشت چهار گونه درخت در محل تلاقی فاروهای متقاطع (سطوح آبگیر کوچک) گزارش شد که با این روش درصد زنده‌مانی و میزان رشد گونه‌ها افزایش می‌یابد (Kaarakka, 1996)، هم‌چنین موثر بودن روش تراس‌بندی در جمع‌آوری و استحصال آب باران در تجدید حیات مناطق خشک و نیمه خشک عربستان مورد تأکید قرار گرفت (Abdulaziz & Turbak, 2000).

یکی از عواملی که در بهبود رشد نقش داشته، کاربرد قارچ میکوریزا بوده است. میکورزا قارچی است که تقریبا در تمامی خاک‌ها، وجود دارد و با ریشه گیاهان ارتباط برقرار می‌نماید. در همزیستی این قارچ با ریشه انگور، جذب مواد غذایی توسط قارچ افزایش یافته و در عوض تاک نیز مواد فتوسنتزی را در اختیار قارچ قرار می‌دهد. مطالعات نشان داده که نهال‌های انگور دارای میکوریزا در شرایط دیم و در خاک‌های نامساعد از رشد بهتری برخوردار بوده و قادر به جذب آب و عناصری مانند فسفر و آهن بیش‌تری در مقایسه با شاهد بدون قارچ هستند (Doulati Baneh et al., 2020).

مهم‌ترین ویژگی پژوهش مزرعه‌ای حاضر، ذخیره بارش در بستر خاک و کنترل تبخیر همراه با اقدامات تکمیلی است که به‌کارگیری مالچ برای کنترل تبخیر از جمله این اقدامات است. در همین راستا ایجاد بستر مناسب (کانال) برای نفوذ بارش و ذخیره‌سازی آن، ایجاد سطوح روانابی برای افزایش ضریب رواناب و کاهش آستانه رواناب، استفاده از قارچ‌های هم‌زیست به‌منظور توسعه ریشه‌زایی عمقی گیاه به‌کار گرفته شد. استفاده از ارقام جدید انگور دیم و مقاوم به خشکی، مدیریت سطح تعرق (هرس خشک و هرس سبز)، استفاده از کودهای پتاسه و فسفانه و نیز استفاده از بقایای گیاهی و موارد نگهدارنده طبیعی رطوبت خاک (مثل پرلیت و کود دامی پوسیده)، پرهیز از به‌کارگیری موارد مشهور به سوپرجاذب (به هر قسم و میزان) و نیز پرهیز از به‌کارگیری کودهای با منشا ازته از جمله راهکارهای مدیریت آب سبز بوده که مدنظر قرار گرفت. در راستای تاکید بر جامعیت پژوهش که در این تحقیق نیز لحاظ شده، مطالعه یک مدل یکپارچه کشاورزی مبتنی بر جمع‌آوری آب باران در مناطق نیمه‌خشک نشان داد که ترکیب میکروکچمنت‌ها، مدیریت رواناب و بهبود شرایط خاک می‌تواند رطوبت قابل‌دسترس گیاه را افزایش داده و عملکرد محصولات دیم را به‌طور معنی‌داری بهبود دهد ضمن این‌که کاهش تبخیر سطحی و افزایش نفوذ آب از مهم‌ترین عوامل افزایش بهره‌وری آب سبز معرفی شد (Li et al., 2000).

نتیجه محاسبات و بررسی‌های انجام شده در خراسان شمالی و حتی سایر نقاط مختلف جهان حاکی از آن است که استحصال و جمع‌آوری آب باران یک سیستم سودمند، کارآ و اقتصادی است. با توجه به رویکرد پایداری تولیدات کشاورزی، کشاورزان باید از سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران برای تامین نیاز آبی درختان آگاه شده تا استفاده از آن‌ها گسترش یابد. می‌توان فرض کرد که با استفاده گسترده از سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران می‌توان تداوم دسترسی به آب را حفظ کرد، به توسعه پایدار دست یافت و از منابع آب به نحو

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-27]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.1.0]

احسن استفاده کرد (Tavakoli et al., 2021; Ertop et al., 2023). نتایج پژوهش صورت گرفته در هندوستان در بررسی روش‌های مختلف جمع‌آوری آب باران نشان داد که اجرای این روش‌ها می‌تواند عملکرد محصولات دیم را ۲۰ تا ۵۰ درصد افزایش دهد و پایداری تولید را در مناطق خشک بهبود بخشد (Prasad et al., 2013).

شرط موفقیت و بقای اقتصادی باغات و گیاهان دارویی دیم، «احداث سامانه‌ها با هدف جمع‌آوری، هدایت و ذخیره رواناب در پای هدف» است. بسته به شرایط جغرافیایی (جهت و میزان شیب)، میزان و پراکنش بارش و نوع محصول، «شکل و ابعاد سامانه» تغییر خواهد کرد. اگرچه عملکرد به‌دست آمده به‌دلیل نرسیدن به عملکرد اقتصادی، مدنظر این تحقیق نبوده، اما وضعیت رشدی مطلوب، عدم مواجه با تنش تابستانه، انجام هرس سبز به خاطر رشد رویشی مناسب، اقدام برای طرح فراز (روسیمی) کردن که ضمن بهبود شرایط از بروز بیماری‌ها (به ویژه سفیدک) جلوگیری می‌کند و مهم‌تر از همه، اصلاح رفتار بهره‌برداران و احداث باغ بر اساس ضوابط و معیارها از جمله دستاوردهای این پژوهش عرصه‌ای بوده و در همین راستا تأکید شده است که موفقیت این سامانه‌ها وابسته به پذیرش کشاورزان و انطباق با شرایط محلی است (Temesgen et al., 2009).

نتیجه‌گیری

درصد گیرایی (افزون بر ۹۸ درصد) و وضعیت رشد درختان (۱۵۰–۴۰ سانتی‌متر سالیانه) حاکی از توفیق پژوهش در ارائه یک مدل اجرایی برای احداث باغ انگور دیم روانابی است. از نظر میزان حداکثر رشد، بین ارقام جدید انگور با شاهد کلاه‌داری، در سطح آماری ۱ درصد، تفاوت معنی‌داری وجود داشت. به‌دلیل محدودیت زمانی اجرای پژوهش، دستیابی به عملکرد اقتصادی میسر نشد، اما وضعیت رشدی مطلوب و انجام هرس سبز تابستانه، عدم مواجه با تنش تابستانه، اقدام برای اجرای طرح فراز (روسیمی) و مهم‌تر از همه، اصلاح رفتار بهره‌برداران و احداث باغ بر اساس ضوابط و معیارها از جمله دستاوردهای این پژوهش عرصه‌ای بوده است. مقایسه میزان بهره‌وری اقتصادی آب سبز در مزارع گندم دیم پیرامونی برابر ۲۲۱/۴ هزار ریال (ناخالص) بر متر مکعب و برای باغات انگور دیم موجود (رقم کلاه‌داری) برابر ۳۳۶/۲ هزار ریال (ناخالص) بر متر مکعب، حاکی از وجود ظرفیت‌ها و توان محلی در ارتقاء بهره‌وری آب سبز برای احداث یا اصلاح باغات دیم انگور ارقام جدید (ترکمن ۴ و رشه) با رعایت ضوابط، تعبیه سامانه استحصال آب باران و کنترل تبخیر است. مقایسه پایین بودن میزان بهره‌وری آب سبز در مزارع گندم دیم پیرامونی و باغات انگور دیم موجود (رقم کلاه‌داری) و نیز میزان بالای رشد ارقام انگور تحت شرایط بسته مدیریت آب سبز، حاکی از وجود ظرفیت‌ها و توان محلی در ارتقاء بهره‌وری آب سبز برای احداث یا اصلاح باغات دیم انگور با رعایت ضوابط و تعبیه سامانه استحصال آب باران و کنترل تبخیر است.

ملاحظات اخلاقی

دسترسی به داده‌ها: داده‌ها و نتایج استفاده شده در این پژوهش (و در صورت امکان) از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.

حمایت مالی: این پژوهش در قالب پژوهش آزاد و بخشی از داده‌های طرح تحقیقاتی انجام شده و از موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و سازمان جهادکشاورزی خراسان شمالی حمایت مالی دریافت نموده است.

مشارکت نویسندگان: **توکلی، ع.ر.:** طراحی، اجرا، فعالیت ترویجی، مفهوم‌سازی، انجام تحلیل‌های نرم‌افزاری/آماری، تهیه نسخه اولیه و نهایی مقاله؛ **اصغری، ا.:** تهیه نهاده‌ها و لوازم، اجرا، نظارت میدانی، جمع‌آوری داده‌ها و فعالیت ترویجی.

تضاد منافع: نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

سپاس‌گزاری: اجرای این پروژه با حمایت سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان شمالی و موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی انجام شده است. لذا از آن‌ها و نیز مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی خراسان شمالی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان شمالی و مدیریت جهادکشاورزی شهرستان بجنورد تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

برزگرقاضی، اکبر، عبدی قاضی‌جهانی، اکبر، جوانشیر، عزیز و مقدم، محمد (۱۳۸۰). جنگل‌کاری با آب باران و ارزیابی گونه‌های مختلف در کوه عون بن علی تبریز. دانش کشاورزی، ۴(۱۱)، ۵۶–۳۹.

بیات ورکشی، مریم و نوری، حمید (۱۳۹۷). بررسی تأثیر پدیده انسو بر عملکرد انگور آبی و دیم ایران. کشاورزی بوم‌شناختی، ۸(۱)، ۶۰–۴۵.

بی‌نام (۱۴۰۰). آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۹–۱۳۹۸. وزارت جهادکشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، ۱۶۴ص.

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.1.0]

توکلی، علیرضا (۱۳۸۶). بررسی عکس‌العمل درختان بادام دیم نسبت به شیوه‌های مختلف جمع‌آوری و استحصال آب باران در حوضه‌های کوچک (MCWH) در منطقه آذربایجان‌شرقی. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم، شماره ثبت ۸۶/۱۴۲۳.

توکلی، علیرضا (۱۳۹۲). تعیین مشخصه‌های فنی سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران برای بادام دیم. تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۱۴(۲)، ۱۶-۱. https://idser.areeo.ac.ir/article_102072.html

توکلی، علیرضا و فاطمی امین، سیدرضا (۱۴۰۴). الزامات عملیاتی احداث باغ بادام دیم از طریق استحصال آب باران در شرایط بهره‌بردار و توسعه آن. سامانه‌های سطوح آبگیر باران، ۱۳(۳)، ۷۳-۹۰.

توکلی، علیرضا و قدمی‌فیروزآبادی، علی (۱۴۰۰). مدیریت آب سبز و بهره‌وری آن در بخش کشاورزی. شماره فروست: ۶۱۱۲۷، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

توکلی، علیرضا، توکلی، محمدحسین و دماوندی، علی‌اکبر (۱۴۰۱). عوامل و اجزای موثر بر شاخص بهره‌وری آب سبز. یازدهمین همایش سطوح آبگیر باران ایران، بجنورد، ۱۵ اسفند ۱۴۰۱.

توکلی، علیرضا، رمضانی‌اعتدالی، هادی و سرائی‌تبریزی، مهدی (۱۴۰۰). بهره‌وری آب سبز و روش‌های بهبود آن در کشاورزی. انتشارات دانشگاه بین‌المللی امام خمینی قزوین، ۴۲۹ ص.

توکلی، علیرضا، کاووسی، بیژن و حاجی‌وند، شکراله (۱۳۹۷). راهنمای کاربردی و فنی احداث باغ‌های دیم. موسسه آموزش و ترویج کشاورزی.

حامی کوچه‌باغی، محمدرضا.، سهرابی، تیمور.، نازی قمشلو، آرزو و توکلی، علیرضا (۱۴۰۰). معرفی مدلی برای استحصال آب با توجه به ساختارهای متناسب با شرایط طبیعی. دانش آب و خاک، ۳۱(۳)، ۱۲۵-۱۱۱. **doi**:10.22034/ws.2021.12340

دولتی‌بانه، حامد.، غنی شایسته، فرخ و نورجو، امیر (۱۳۹۹). اثرات تیمار قارچ میکوریزا بر رشد و جذب برخی از عناصر غذایی انگور دیم رقم رشه تحت شرایط تنش کم‌آبیاری. علوم باغبانی ایران، ۵۱(۱)، ۱۲۱-۱۰۹، **doi**:10.22059/ijhs.2019.267525.1520

سازمان جهادکشاورزی خراسان شمالی (۱۴۰۲). سیمای کشاورزی استان خراسان شمالی، سازمان جهادکشاورزی خراسان شمالی.

طایفه‌رضایی، حیدر.، رنجبری، کیوان.، رحیمی، مینا و رضاوردی‌نژاد، وحید. (۱۳۹۹). بررسی تاثیر انواع سطوح آبگیر باران در تولید رواناب و عملکرد باغات انگور. سامانه‌های سطوح آبگیر باران، ۸(۱)، ۱۳-۲۴. jircsa.ir/article-1-356-fa.html,

فولادمند، حمیدرضا و سپاسخواه، علیرضا (۱۳۸۶). تجزیه و تحلیل حساسیت مدل بیلان آب خاک برای انگور دیم در ریزحوضه‌های کشت. علوم کشاورزی، ۱۳(۱)، ۹۳-۸۵.

کاووسی، بیژن و حسن‌پور، بهروز (۱۳۹۷). اثر زمان سرزنی شاخه و قطع آبیاری قبل از برداشت بر برخی از ویژگی‌های کمی و کیفی انگور عسکری. تولیدات گیاهی، ۴۱(۱)، ۹۶-۸۳. **doi:**10.22055/ppd.2018.13552

هاشمی‌نیا، سیدمجید (۱۳۸۳). مدیریت آب در کشاورزی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. شماره ۳۹۹، ۵۱۹ ص.

References

Abdulaziz, S., & Turbak, A. L. (2000). Efficient use of rain water in irrigation in southwestern Soudi Arabia. Abstracts of the congress. Kenya Strategic Water Development, Kenya. https://www.researchgate.net/publication/238085011_INTRODUCTION_EFFICIENT_USE_OF_RAINWATER_IN_IRRIGATION_IN_SOUTHWESTERN_SAUDI_ARABIA

Anaja, M. G., & Tovar, J. S. (1975). Different soil treatments for harvesting for radish production in the Mexico valley. In: G.W., Frasier (ed), Symp. Water harvesting, 26-28 March, 1975, Phoenix, AR, ARSW22, US, Department of Agriculture, Washington, DC, pp: 315-320.

Anonymous (2001). Agricultural Statistics for the year 2019-2020. Ministry of Agricultural Jihad, Deputy for Planning and Economy, Information and Communication Technology Center, 164 p. [In Persian]

Anonymous. (2017). OIV—L'Organisation Internationale de la Vigne et du Vin. World Vitiviniculture Situation, Statistical Report on World Vitiviniculture. Available online: http://www.oiv.int/public/medias/5479/oiv-en-bilan-.pdf.

Anonymous. (2021). Research and data to make progress against the world's largest problems. https://ourworldindata.org/grapher/grapes-production.

Barzegar Qazi, A., Abdi Qazi Jahani, A., Javanshir, A. & Moghadam, M. (2001). Rainwater afforestation and evaluation of different species in Mount Aun-Ebne Ali, Tabriz. *Agricultural Science*, 4(11), 39-56. [In Persian]

Bayat Varkashi, M. Mohammadi, K. & Nouri, H. (2018). Effect of ENSO phenomenon on irrigated and rain-fed grape yield of Iran. *Journal of Agroecology*, 8(1), 45-60. [In Persian]

Ben-Salem, N., Álvarez, S., & López-Vicente, M. (2018). Soil and water conservation in rainfed vineyards with common sainfoin and spontaneous vegetation under different ground conditions. *Water*, 10(8), 1058. **doi:**10.3390/w10081058

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.1.0]

Boers, T. M., Graaf, D. E., Feddes R. A., & Ben-Asher, J. 1986. A linear regression model combined with soil water balance model to design Micro – Catchments for water harvesting in arid zones. *Agricultural Water Management*, 11, 187-206. **doi:**10.1016/0378-3774(86)90038-7.

Darouich, H., Romero, P., Conejero, W., & Intrigliolo, D. S. (2022). Water use and soil water balance of Mediterranean vineyards under rainfed and irrigated management: evapotranspiration partition and soil management modelling for resource conservation. *Water*, 14(4), 554. **doi:**org/10.1016/j.agwat.2025.109911.

Doulati Baneh, H., Ghanishayeste, F. & Nourjou, A. (2019). Effect of arbuscular mycorrhizal fungus treatments on growth and some nutrient elements uptake of grapevine cv Rasha (Vitis vinifera L.) under deficit irrigation stress condition. *Iranian Horticultural Sciences*, 51(1), 121-109. **doi:**10.22059/ijhs.2019.267525.1520. [In Persian]

Ertop, H., Koci¸ecka, J., Atilgan, A., Liberacki, D., Niemiec, M., & Rolbiecki, R. (2023). The Importance of Rainwater Harvesting and Its Usage Possibilities: Antalya Example (Turkey). *Water*, 15, 2194. **doi:**10.3390/w15122194.

Evenari, M., Shanan, L., & Tadmor, N. H. (1971). The Negev: The challenge of a desert. Harvard University Press. Cambridge, MA, 345 p. https://books.google.com/books/about/The_Negev.html?id=Weqy__d__xAC.

Falkenmark, M., & Rockstro¨m, J. (2004). Balancing water for humans and nature, Earthscan Publications, London.

Fooladmand, H. R., & Sepaskhah, A. R. (2004). Economic analysis for the production of four grape cultivars using microcatchment water harvesting systems in Iran. *Journal of Arid Environments*, 58, 525–533. **doi:**10.1016/j.jaridenv.2004.01.001.

Fouladmand, H. R. & Sepaskhah, A. R. (2007). Sensitivity analysis of soil water balance model for rainfed grapes in micro-basins. *Agricultural Sciences*, 13(1), 93-85. [In Persian]

García-Ruiz, J. M. (2010). The effects of land uses on soil erosion in Spain: A review. *Catena*, 81, 1–11. **doi:**10.1016/j.catena.2010.01.001.

Hami-Kocheh-Baghi, M. R., Sohrabi, T., Nazi-Ghomshloo, A. & Tavakoli, A. R. (1400). Development of a model for the water harvesting according to natural conditions appropriate structures. *Journal of Soil and Water Science*, 31(3), 125-111. **doi:**10.22034/ws.2021.12340. [In Persian]

Hashemi nia, S. M. (2004). Water Management in Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad Press. No. 399, 519 pp. [In Persian]

International Organization of Vine and Wine (OIV). 2024. State of the World Vine and Wine Sector in 2024. Paris: OIV Publications.

Issaka, S., & Ashraf, M. A. (2017). Impact of soil erosion and degradation on water quality: A review. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 1, 1–11. **doi:**10.1080/24749508.2017.1301053.

Jahad e Keshavarzi of North Khorasan Organization (2023). Agricultural Outlook of North Khorasan Province, North Khorasan Agricultural Jihad Organization. [In Persian]

Jinger, D. (2017). Problems and prospects of rainfed agriculture in Rajasthan. Agric. World, 3, 26–34. https://www.researchgate.net/publication/316561680_problems_and_prospects_of_rainfed_agriculture_in_rajastahn.

Kaarakka, V. (1996). Management of bushland vegetation using rainwater harvesting in eastern Kenya. Acta Forestalia FEnnica. 93pp. **doi:**10.14214/aff.7515

Kavuosi, B. & Hassanpour, B. (2018). Effects of Topping Date and Preharvest Irrigation Cut-Off on Some Qualitative and Quanitative Characteristics of Table Grapes (Vitis Vinifera L.) Cv. Askari. *Plant Production*, 41(1), 96-83. **doi:**10.22055/ppd.2018.13552. [In Persian]

Li, F., Cook, S., Geballe, G. T., & Burch Jr, W. R. (2000). Rainwater Harvesting Agriculture: An integrated system for water management on rainfed land in semiarid areas. *AMBIO*, 29(8), 477-483. **doi:**10.1639/0044-7447(2000)029[0477:RHAAIS]2.0.CO;2

Min Zhou, L., Zhang, F., & Liu, C. A. (2015). Improved yield by harvesting water with ridges and subgrooves using buried and surface plastic mulches in a semiarid area of China. *Soil & Tillage Research*, 150, 21-29. **doi:**10.1016/j.still.2015.01.006.

Mwenge Kahinda, J. M., Rockstro¨m, J., Taigbenu, A. E., & Dimes, J. (2007). Rainwater harvesting to enhance water productivity of rainfed agriculture in the semi-arid Zimbabwe. *Physics and Chemistry of the Earth*, 32(15-18): 1068-1073.

Novara, A., Pisciotta, A., Minacapilli, M., Maltese, A., Capodici, F., Cerdà, A., & Gristina, L. (2018). The impact of soil erosion on soil fertility and vine vigor. A mustidisciplinary approach based on field, laboratory and remote sensing approaches. *Science of The Total Environment*, 622–623, 474–480. **doi:**10.1016/j.scitotenv.2017.11.272

Panwar, P., Machiwal D., Kumari, V., Kumar, S., Dogra, P., Manivannan, S., Bhatnagar, P. R., Tomar, J. M. S., Kaushal, R., Jinger, D., Sarkar, P. K., Baishya, L. K., Devi, N. P., Kakade, V., Singh, G., Singh, N. R., Singh, S. G., Patel, A., Renjith, P. S., Pal, S., Bhatt, V. K., Sharma, N. K., Khola, O. P. S., Radhakrishnan, S. K., Thilagam, V. K., Bhutia, P. L., Nath, K., Das, R., Daschaudhuri, D., Kumar, A., Panwar, G. S., Dwivedi, S. V.,

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.1.0]

Kumar, S., & Singh, B. K. (2023). Sustainable Water Harvesting for Improving Food Security and Livelihoods of Smallholders under Different Climatic Conditions of India. *Sustainability*, 15, 9230. **doi:**10.3390/su15129230.

Prasad, D., Ram, A., Babu, S., & Pal, S. (2013). Rain water harvesting techniques to improve crop productivity in rainfed areas. *Indian Farming*, 63(10): 62-66.

Ringersma, J, Batjes, N. H., & Dent, D. L. (2003). Green Water: definitions and data for assessment. https://www.researchgate.net/publication/40120223_Green_Water_Definitions_and_Data_for_Assessment

Rodrigo-Comino, J. (2018). Five decades of soil erosion research in "terroir". The State-of-the-Art. *Earth-Science Reviews*, 179, 436–447. **doi:**10.1016/j.earscirev.2018.02.014

Sawalhah M., Al-Kofahi S., Othman Y. A., & Cibils A. (2018). Assessing rangeland cover conversion in Jordan after the Arab spring using a remote sensing approach. *Journal of Arid Environment*, 157, 97–102. **doi:**10.1016/j.jaridenv.2018.07.003.

Shadeed, S., Judeh, T., & Riksen, M. (2020). Rainwater Harvesting for Sustainable Agriculture in High Water-Poor Areas in the West Bank, Palestine. *Water*, 12-380, 1-16, **doi:**10.3390/w12020380.

Sharma, K. D. (1986). Run off behavior of water harvesting micro catchments. *Agricultural Water Management*, 11: 137-144. **doi:**10.1016/0378-3774(86)90026-0.

Tadros, M. J., Al-Mefleh, N. K., Othman, Y. A., & Al-Assaf, A. (2021). Water harvesting techniques for improving soil water content, and morpho-physiology of pistachio trees under rainfed conditions. *Agricultural Water Management*, 243, 106464. **doi:**10.1016/j.agwat.2020.106464.

Tavakoli, A. R. (2007). Study of the response of dry-irrigated almond trees to different methods of collecting and harvesting rainwater in small watersheds (MCWH) in the East Azerbaijan region. Final Report of the Research Project of the Institute of Rainfed Agricultural Research, No. 1423/86. [In Persian]

Tavakoli, A. R. (2013). Determining the Technical Characteristics of Rainwater Harvesting and Collection Systems for Rainfed Almonds. *Agricultural Engineering Research*, 14(2), 1-16. **doi:** idser.areeo.ac.ir/article_102072.html. [In Persian]

Tavakoli, A. R., & Fatemi Motlagh, S. R. (2015). Implementation requirements for establishing rainfed almond orchard and developing it through a rainwater harvesting system at on-farm conditions. *Journal of Rainwater Catchment Systems*, 13(3), 73-90. **doi:** jircsa.ir/article-۵۹۵-۱-fa.html. [In Persian]

Tavakoli, A. R., & Ghadami-Firoozabadi, A. (2021). Green Water Management and Its Productivity in the Agricultural. No. 61127, Agricultural Engineering Research Institute. [In Persian]

Tavakoli, A. R., Kavousi, B. & Hajivand, Sh. (2018). Practical and Technical Guide to Establishing Rainfed Gardens. Agricultural Education and Extension Institute. [In Persian]

Tavakoli, A. R., Oweis, T., Sepaskhah, A.R., Mahdavi Moghadam, M., & Farayedi Y. (2021). Growing fruit trees with rainwater harvesting in arid environments: the case of almond in Northwest Iran. *Water Harvesting Research*, 4(1), 55-68. doi:10.22077/jwhr.2020.3340.1034.

Tavakoli, A. R., Ramezani-Etidali, H., & Saraei-Tabrizi, M. (2021). Green Water Productivity and Methods of Improving It in Agriculture. Imam Khomeini International University of Qazvin Publications, 429 PP. [In Persian]

Tavakoli, A. R., Tavakoli, M. H., & Damavandi, A. A. (2012). Factors and Components Affecting Green Water Productivity Index. The 11th Iranian Rainwater Catchment Catchments Conference, Bojnourd, March 15, 2012. [In Persian]

Tayefeh Rezaee, H., Ranjbari, K., Rahimi M., & Rezaverdinejad, V. (2019). Studying the effect of different catchment surfaces on runoff production and grape orchard performance. *Catchment Surface Systems*, 8(1), 13-24, **doi:** jircsa.ir/article-۳۵۶-۱-fa.html, [In Persian]

Temesgen, B. B., Sterk, G., Temesgen, M., Abdulkadir, A., & Stroosnijder, L. (2009). Rainwater harvesting and management in rainfed agricultural systems in sub-Saharan Africa – A review. *Physics and Chemistry of the Earth*, 34(13-16), 946-970.

Vettera, T., & Rieger, A. (2019). Ancient water harvesting in the Old-World Dry Belt synopsis and outlook. *Journal Arid Environment*, 169, 42–53. **doi:**10.1016/j. jaridenv.2019.103996.

Wang, W., Straffelini, E., & Tarolli, P. (2023). Steep-slope viticulture: The effectiveness of micro-water storage in improving the resilience to weather extremes. *Agricultural Water Management*, 286, 108398. **doi:**10.1016/j.agwat.2023.108398.

Xu, Z. X., & Zuo, D. P. (2014). Simulation of blue and green water resources in the Wei River basin, China, Proceedings of IAHS, 364: 486-491. **doi:**10.5194/piahs-364-486-2014.

Zhang, W., Zhao, P., Zhang, H., Cao, L., & Wang, Y. (2021). Integrating rainwater harvesting and drip irrigation for water use efficiency improvements in apple orchards. *Scientia Horticulture*, 289, 110456. **doi:**10.1016/j.scienta.2020.109728.

[Downloaded from mail.jircsa.ir on 2026-09-27]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.1.0]