



Spatial Distribution of Pomegranate Aril Paleness and Its Relationship with Some Environmental and Non-Environmental Factors Using Geographic Information System (GIS)

Sakine Faraji¹ , Soraya Karami² 

1. Crop and Horticultural Science Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Arak, Iran. E-mail: s.faraji@areeo.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Agriculture, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran. E-mail: soraya.karami@pnu.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
<p>Article type: Research Article</p> <p>Article history: Received: 17 February 2024 Received in revised form: 12 July 2024 Accepted: 22 July 2024 Published online: Autumn 2024</p> <p>Keywords: <i>Distribution,</i> <i>Climate changes,</i> <i>Irrigation water quality,</i> <i>Soil properties.</i></p>	<p>The aim of this research was to prepare a map of the spatial distribution of aril paleness, soil texture, climate, rain gauge centers and salinity of irrigation water and soil of 19 pomegranate orchards in Saveh region to investigate the relationship between these factors with the occurrence and severity of paleness. The results showed that in all orchards, paleness occurred with different severity during two years of study and the severity of the complication was higher in the second year. Also, 68% of the orchards had unsuitable irrigation water and salty soil. According to the meteorological data in the whole region, the average air temperature in the second year was higher than the first year. The results of overlapping the maps with gardens layers showed that 60% of the studied orchards are located in the area with sandy-loam soils; all the gardens are situated in the area with dry climate, and the precipitation center. Generally, the occurrence of aril paleness is not affected by the geographical location of the orchards; but the factors of temperature, salinity of irrigation water and soil and soil texture play a role in the occurrence/severity of this complication in Saveh region. Temperature was directly identified as the main factor in the occurrence and severity of this complication. The salinity of irrigation water and soil together with temperature or each alone has a significant role in the incidence and severity of paleness. Regarding the soil texture, it seems that the role of this factor in the severity of the complication can be considered during the salinity of the soil or irrigation water.</p>

Cite this article: Faraji, S. & Karami, S. (2024). Spatial Distribution of Pomegranate Aril Paleness and Its Relationship with Some Environmental and Non-Environmental Factors Using Geographic Information System (GIS). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 55 (3), 495-513. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijhs.2024.372626.2156>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijhs.2024.372626.2156>

Publisher: The University of Tehran Press.

Extended Abstract

Introduction

In recent years, due to the occurrence of aril paleness in pomegranate orchards of Iran, the export of the produce has decreased significantly. Therefore, this study was performed in two phases, the first phase aimed to prepare a map of the spatial distribution of aril paleness, soil texture, climate and rain gauge centers in Saveh region using differential Global Positioning System (GPS) and Geographic Information System (GIS) approaches and the second phase aimed to investigate the relationship between the temperature (environmental factor), rainfall (environmental factor), soil texture (non-environmental factor), based on the overlap of the distribution maps prepared in the initial phase, and the electrical conductivity coefficient of soil and irrigation water (non-environmental factors) with the occurrence and severity of pomegranate aril paleness in Saveh region.

Materials and Methods

Nineteen pomegranate orchards of 'Malase Saveh' cultivar were selected and their geographic coordinates were recorded with a GPS device. The fruits were harvested at the commercial mature stage and sorted based on the severity of the complication using a 5-point scale, then the percentage of aril paleness was calculated for each orchard. Electrical conductivity coefficient of soil and irrigation water of each orchard was also determined and data were analyzed in a completely randomized design with ten replications during two years. Meanwhile, soil texture layer, climate layer, rain gauge points, and orchards layer were prepared in GIS environment using a digital model. Then overlaying of layers was done in order to investigate the relationship between environmental factors and soil texture with the distribution and severity of pomegranate aril paleness.

Results and Discussion

The results showed that in all the selected orchards, paleness occurred with different severity during two consecutive years; So that the severity of the paleness was higher in the second year than the first year in all orchards. On the other hand, the results showed that 68% of the selected orchards had unsuitable irrigation water and salty soil, based on the measured electrical conductivity coefficient. Three groups of soil texture, including sandy-loam, loam-clay-sand and clay-loam were identified based on the soil test. Also, based on meteorological data, the average and maximum air temperature in the second year was higher than the first year throughout the region in the period of May to mid-October. The results of overlapping the orchard layer with the soil texture layer, temperature and rainfall showed that about 60% of the investigated orchards were in the range of soils with sandy-loam texture (coarse texture), all the gardens were in the dry climate and also all the orchards were located in the area of the Markazi province's rain center.

Conclusion

In total, the results of the spatial distribution study showed that the geographical location of the orchards probably did not affect the occurrence of aril paleness; but factors such as temperature, irrigation water salinity, soil salinity and soil texture play a role in the occurrence/severity (or both) of pomegranate aril paleness in Saveh region. Temperature was directly identified as the main factor in the occurrence and severity of this physiological complication in Saveh region. Also, the quality of irrigation water and soil from the point of view of electrical conductivity coefficient together with temperature or each alone has a significant role in the incidence and severity of paleness in this region. Regarding the soil texture, it seems that the role of this factor in the severity of the complication can be considered during the salinity of the soil or irrigation water.



پراکنش مکانی عارضه سفیدشدگی آریل انار و ارتباط آن با برخی عوامل محیطی و غیر محیطی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)

سکینه فرجی^۱ | ثریا کرمی^۲ ✉

۱. بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران. رایانامه: s.faraji@areeo.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. رایانامه: soraya.karami@pnu.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>نوع مقاله:</p> <p>مقاله پژوهشی</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۸</p> <p>تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۴/۲۲</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۰۱</p> <p>تاریخ انتشار: پاییز ۱۴۰۳</p> <p>کلیدواژه‌ها:</p> <p>آب آبیاری، پراکنش، تغییرات اقلیمی، کیفیت ویژگی‌های خاک.</p>	<p>هدف از این پژوهش تهیه نقشه پراکنش مکانی عارضه سفیدشدگی آریل انار، بافت خاک، اقلیم و مراکز باران سنجی و همچنین شوری آب آبیاری و خاک ۱۹ باغ در منطقه ساوه و بررسی ارتباط آنها با وقوع و شدت عارضه سفیدشدگی آریل بود. نتایج نشان داد که عارضه سفیدشدگی با شدت‌های متفاوت در طول دو سال در تمامی باغ‌های انتخابی رخ داد، به طوری که شدت عارضه در سال دوم بیشتر بود. همچنین، ۶۸ درصد باغ‌ها آب آبیاری نامناسب و خاک شور داشتند. بر اساس داده‌های هواشناسی در کل منطقه میانگین دمای هوا در سال دوم بالاتر از سال اول بود. نتایج همپوشانی نقشه‌ها با لایه باغ‌ها نشان داد که ۶۰ درصد باغ‌ها در محدوده خاک‌هایی با بافت شنی-لومی، تمامی باغ‌ها در محدوده اقلیم خشک و در محدوده مرکز بارش قرار دارند. در مجموع نتایج نشان داد که موقعیت جغرافیایی باغ‌ها احتمالاً بر وقوع عارضه سفید شدگی تأثیری نداشته است، اما چهار عامل دما، شوری آب آبیاری و خاک و همچنین بافت خاک در وقوع/شدت عارضه در منطقه ساوه نقش دارند. دما به عنوان اصلی‌ترین عامل محیطی به طور مستقیم در وقوع و شدت این عارضه شناسایی شد. شوری آب آبیاری و خاک (عوامل غیر محیطی) به صورت توأم با دما یا هر یک به تنهایی نقش معنی‌داری در بروز و شدت عارضه سفیدشدگی دارند. در خصوص بافت خاک (عامل غیر محیطی)، به نظر می‌رسد که در صورت شوری خاک یا آب آبیاری، نقش این عامل در شدت عارضه قابل تامل خواهد بود.</p>

استناد: فرجی، سکینه و کرمی، ثریا (۱۴۰۳). پراکنش مکانی عارضه سفیدشدگی آریل انار و ارتباط آن با برخی عوامل محیطی و غیر محیطی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). نشریه علوم باغبانی ایران، ۵۵ (۳)، ۴۹۵-۵۱۳. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijhs.2024.372626.2156>



© نویسنده‌گان.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijhs.2024.372626.2156>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

انار یکی از قدیمی‌ترین و محبوب‌ترین میوه‌های خوراکی است که به صورت گسترده در کشورهای دارای آب و هوای گرمسیری و نیمه گرمسیری کشت می‌شود (Holland *et al.*, 2009). در ایران، علیرغم حاکم بودن شرایط آب و هوایی خشک و نیمه گرمسیری که کشت اکثر محصولات باغی از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشد بخش قابل توجهی از سطح زیر کشت استان‌های مختلف، بخصوص استان مرکزی به انار اختصاص دارد. بر اساس آمارنامه کشاورزی سال ۱۴۰۰، استان مرکزی با تولید ۱۷۰ هزار تن انار به عنوان دومین تولیدکننده انار معرفی شده است و در این میان، شهرستان ساوه به‌عنوان یکی از بزرگترین مناطق تولید انار در استان مرکزی، دارای ارقام متعدد از جمله رقم معروف 'ملس ساوه' می‌باشد. میوه انار رقم 'ملس ساوه' با تمرکز تولید بالا در این منطقه با ویژگی‌هایی مانند پوست نازک، مشخص بودن دانه‌های انار روی پوست، گردن نازک، تاج باز و دانه‌های درشت آبدار ملس و سرخ رنگ در زمره ارقام مهم صادراتی کشور است و دارای ارزش و جایگاه خاصی می‌باشد (Agricultural statistic, 2021).

پیشینه پژوهش

مطالعات میدانی نشان دادند که خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی میوه انار بر کیفیت و بازار پسندهای انار تاثیر بسزایی دارد و در این خصوص رنگ پوست، سلامت فیزیکی، مقدار قند، مقدار اسید، طعم میوه و بخصوص رنگ آریل مورد توجه می‌باشد (Al-Said *et al.*, 2009). شدت رنگ آریل‌ها در میوه‌های با کیفیت، به مقدار و نسبت مشتقات تشکیل دهنده رنگدانه‌های آنتوسیانین و اسیدیته بستگی دارد (Borochoy-Neori *et al.*, 2009). آنتوسیانین غالب در مراحل اولیه رسیدن میوه انار، دلفینیدین-۳ و ۵-دی گلوکوزاید و سیانیدین-۳ و ۵-دی گلوکوزاید و در مراحل انتهایی رسیدگی^۲ میوه انار، سیانیدین-۳-گلوکوزاید و سپس دلفینیدین-۳-گلوکوزاید هستند (Herrández *et al.*, 1999). هر چه مشتقات گلوکوزیدی آنتوسیانین‌ها در آریل بیشتر باشد، میوه‌ها از کیفیت و بازار پسندهای بالاتری برخوردار خواهند بود (Borochoy-Neori *et al.*, 2009). با این وجود محتوای رنگدانه و نوع مشتقات آنتوسیانین‌ها در میوه انار تحت تاثیر نوع رقم، شرایط اقلیمی منطقه رویش درخت، تنش‌های محیطی، عملیات فنی باغداری، زمان برداشت و شرایط انبارداری میوه متفاوت است (Ghasemi-Solokloui *et al.*, 2013; Fawole *et al.*, 2013; Jafari *et al.*, 2014; *et al.*, 2023). کاهش نزولات آسمانی و تغییر اقلیم به همراه افزایش دما، عوامل دخیل در کاهش کیفیت اکثر محصولات باغی و زراعی معرفی شده‌اند (Bonyanpour, 2024). با این وجود، در یک دهه اخیر بروز عارضه سفیدشدگی آریل انار، عامل جدید و فراگیر در کاهش کیفیت میوه انار گزارش شده است و رقم ملس ساوه نیز از این قاعده مستثنی نیست.

عارضه سفیدشدگی آریل انار در ایران برای نخستین بار بر روی دو رقم تجاری "شیشه کپ فردوس" و "بجستانی" در منطقه فردوس خراسان جنوبی در سال ۱۳۸۵ گزارش شد (Meighani *et al.*, 2014). در میوه‌های دچار عارضه سفیدشدگی، میوه هیچ‌گونه علائم ظاهری قابل مشاهده‌ای ندارد ولی پس از برش میوه، اختلالات داخلی مشاهده می‌شود. در این عارضه، آریل‌ها بد شکل شده و شفافیت خود را از دست می‌دهند و مانند کریستال دارای ترک‌های فراوان شده و رنگ آن‌ها بستگی به شدت عارضه از قرمز اناری شفاف به سفید کرمی تا قهوه‌ای سوخته تغییر می‌نماید (Meighani *et al.*, 2014). اگرچه این عارضه نوعی اختلال فیزیولوژیک است که در طول دوره رشد و نمو میوه آغاز می‌گردد، این عارضه را می‌توان در زمان برداشت محصول یا پس از نگهداری در سردخانه نیز مشاهده نمود (Wasker & Roy, 2000). دلایل متنوعی برای سفیدشدگی آریل

1. *Punica granatum* L.
2. Delphinidin -3,5-diglucoside
3. Cyanidin-3,5-diglucoside
4. Cyanidin-3-glucoside
5. Delphinidin -3-glucoside
6. Paleness

انار از جمله آفتاب سوختگی، کم آبی، خشکسالی (Meighani et al., 2014)، سرمای شدید (Mohseni et al., 2020)، شوری آب آبیاری و خاک (Asadi et al., 2019; Sedaghat et al., 2021)، کاهش اسیدیته و تغییر در میزان اسکوربیک اسید، آنتوسیانین (Narjesi, 2021)، عناصر غذایی و مواد فنلی (Asadi et al., 2019) گزارش شده است. مطالعه Sedaghat et al. (2021) نشان داد که بین میزان آنتوسیانین و درصد سفیدشدگی آریل انار رابطه منفی وجود دارد. همچنین، Borochoy-Neori et al. (2009) گزارش کردند که مقدار آنتوسیانین‌ها در پوست و آریل میوه انار پرورش یافته در آب و هوای خنک به‌طور معنی‌داری بیشتر از میوه‌های رشد یافته در منطقه گرم‌تر است. همچنین، تحقیقات نشان داده است که شکل غالب رنگدانه آنتوسیانین‌ها در میوه‌های مبتلا به عارضه سفیدشدگی از نوع دی گلوکوزیدی است که از پایداری بیشتر ولی از شدت رنگ قرمز کمتری برخوردار است (Tabar et al., 2009). در مطالعه Borochoy-Neori et al. (2009) نیز اثر شوری آب بر کاهش محتوای آنتوسیانین و مشتقات آن تایید شد.

پراکنش مکانی/فضایی هر عارضه (بیماری، خشکسالی، میکروارگانیزم ...) منعکس کننده میزان فشارهای محیطی یا غیر محیطی بر وقوع یا شدت عارضه است. از آنجا که عارضه‌ها معمولاً در سطح وسیع ظاهر می‌شوند، محققین در صدد هستند تا با استفاده از روش‌های مبتنی بر سیمای سرزمین برای ارزیابی و مدل‌سازی پراکنش عارضه، فاکتورهای تاثیرگذار را معرفی نمایند. موفقیت استفاده از روش GIS^۱ در مطالعات مختلف به‌عنوان یکی از تکنیک‌های کارآمد آمایش سرزمین در حوزه کشاورزی و منابع طبیعی گزارش شده است. (Azimi et al., 2017) با ارزیابی پراکنش مکانی و ارتباط وقوع خشکسالی با کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، نقشه خشکسالی مربوط به ۶۰۹ دشت کشور را ترسیم نمودند و عامل مهم خشکسالی را برداشت بی رویه از چاه‌هایی با کاربری کشاورزی معرفی کردند. (Jannati Ataie et al., 2018) با استفاده از GIS توانستند نقشه پراکنش علف‌های هرز مزارع کلزا در شهرستان گرگان را به‌منظور پیشبرد راه‌کارهای مدیریتی مزارع کلزا، تعیین نمایند. در حوزه باغبانی، (Singh et al., 2017) با استفاده از فناوری جغرافیایی (سنجش از دور، GIS، سیستم‌های موقعیت‌یابی جهانی (GPS) و فناوری اطلاعات یا مدیریت داده)، پروژه نقشه برداری از باغ‌های میوه در سطح روستاها و تهیه اطلس باغبانی ایالت گجرات در کشور هند را انجام دادند. (Alimaghani et al., 2023) نیز با استفاده از نقشه مدل تخصیص تولید فضایی، مبادرت به تهیه نقشه‌های پراکنش سطح زیرکشت ۳۳ گیاه مهم زراعی و باغی از جمله زردآلو، خرما، انجیر، انگور، پرتقال، هلو، پسته و انار به تفکیک شرایط دیم و آبی در سطح کشوری ایران و با هدف استفاده از این نقشه‌ها در ترکیب با نقشه‌های پهنه‌بندی اقلیمی و نقشه‌های خاک برای انتخاب ایستگاه هواشناسی در مطالعات شبیه‌سازی تولید گیاهی، پیش بینی عملکرد محصولات کشاورزی و بررسی تولید محصولات کشاورزی در ارتباط با امکان تغییر سطح زیر کشت، نمودند. موفقیت استفاده از GIS به منظور تعیین و تخصیص بهینه محصولات کشاورزی (نیشکر، ذرت و برنج) در کشور تایلند با در نظر گرفتن محدودیت بودجه دولتی و حداقل نیازهای تولید نیز گزارش شده است (Kritiyakierne et al., 2024). اگرچه در یک دهه اخیر بخش قابل توجهی از محصول انار رقم 'ملس ساوه'، مهمترین رقم با قابلیت بالای صادرات، به علت عارضه سفیدشدگی کیفیت لازم جهت صادرات را از دست داده است، در خصوص بررسی نقشه پراکنش مکانی این عارضه و تعیین عوامل تاثیرگذار بر این عارضه بر اساس تکنیک‌های آمایش سرزمین تا کنون مطالعه‌ای انجام نشده است. بنابراین، این مطالعه با هدف (۱) تهیه نقشه پراکنش مکانی عارضه سفیدشدگی آریل انار در ۱۹ باغ مناطق مختلف شهرستان ساوه و همچنین تهیه نقشه پراکنش دمایی، بارش و بافت خاک منطقه ساوه با استفاده از رهیافت‌های GIS و GPS و (۲) بررسی کیفیت خاک و آب آبیاری (ضریب هدایت الکتریکی) باغ‌های انتخابی، به منظور بررسی ارتباط این عوامل با وقوع و شدت عارضه سفیدشدگی آریل در انار رقم ملس ساوه، اجرا شد.

روش شناسی پژوهش

این مطالعه طی سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ در باغ‌های انار مناطق مختلف ساوه (درختان انار هفت ساله رقم ملس ساوه با فاصله کشت ۵ × ۵ متر) اجرا شد. شهرستان ساوه در شمال استان مرکزی، بین عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵۶ دقیقه طول شرقی واقع شده است. منطقه ساوه به دلیل مجاورت با کویر و ارتفاع کم در شرق دارای آب و هوای گرم و نیمه خشک و در غرب به دلیل مشرف بودن به مناطق کوهستانی دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های معتدل است. میانگین دمای سالانه در ایستگاه ساوه ۱۸/۲ درجه سلسیوس و میزان بارندگی کم و حدود ۲۱۶ میلی‌متر در سال و بیشتر بارش بصورت باران است. متوسط رطوبت شهر ساوه ۳۹ درصد می‌باشد که ماه دی با میانگین ۵۸ درصد مرطوبترین ماه و ماه‌های تیر و مرداد با میانگین ۲۶ درصد خشکترین ماه‌های سال می‌باشند.



شکل ۱. نقشه پراکنش باغ‌های انتخابی در منطقه ساوه بر اساس طول و عرض جغرافیایی و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) (منبع: یافته‌های تحقیق).

با بازدید از منطقه مورد مطالعه اطلاعات مورد نیاز ارقام کشت شده انار جمع‌آوری گردید ۱۹ باغ انار رقم 'ملس ساوه' انتخاب شد و طول و عرض جغرافیایی هر باغ با استفاده از دستگاه GPS (با پایین‌ترین ضریب خطا) در بهترین حالت دریافت فرکانس ثبت گردید و به فرمت رستری تبدیل شد. همچنین سه نقطه (تقاطع جوی آب، تقاطع جاده قدیمی و موتور آب قدیمی) برای تطابق تصویر هوایی به عنوان نقاط کنترلی انتخاب شدند (شکل ۱).

متغیرهای مورد بررسی

به منظور اندازه‌گیری شدت و درصد سفیدشدگی ابتدا از هر باغ تعداد ۲۰۰ میوه (۱۰ درخت و از هر درخت ۲۰ میوه و در مجموع ۱۰ تکرار) در مرحله بلوغ تجاری (باغبانی) و حاصل از گل‌های مرحله اول، برداشت و به آزمایشگاه بخش علوم باغبانی موسسه تحقیقات علوم باغبانی، مرکز تحقیقات، آموزش ترویج کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی انتقال داده شدند. به منظور گروه‌بندی اولیه و تعیین شدت عارضه، یک مقیاس ۵ رتبه‌ای (۱-۵) در نظر گرفته شد (شکل ۲) و متوسط درصد سفیدشدگی در هر باغ بر اساس رابطه ۱ تعیین شد (Kavand et al., 2020).

رابطه ۱)

$$PP = \frac{\sum (n \times b) \times 100}{\sum (N \times Maxb)}$$

PP: درصد سفید شدگی؛ N: تعداد کل میوه‌های هر ژنوتیپ؛ n: تعداد میوه‌های هر ژنوتیپ که که امتیاز ثبت شده مشابهی دارند؛ b: رتبه داده شده بر اساس شدت عارضه؛ Maxb: حداکثر رتبه داده شده به شدت عارضه که برابر با ۵ بود.



شکل ۲. شدت عارضه سفیدشدگی آریل انار در رقم 'ملس ساه'. ۱: امتیاز ۱: سالم و بدون عارضه؛ ۲: عارضه با شدت کم؛ ۳: عارضه با شدت متوسط؛ ۴: عارضه با شدت زیاد؛ ۵: عارضه با شدت بسیار زیاد (منبع: یافته‌های تحقیق).

علاوه بر این با شروع گل‌دهی تا پایان مرحله برداشت هر سه هفته یکبار با نمونه برداری از خاک (عمق ۳۰-۶۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متر) و آب آبیاری، ضریب هدایت الکتریکی بر اساس روش غیر مستقیم (Rhoades, 1996) تعیین گردید. بافت خاک هر باغ نیز بر اساس روش هیدرومتری (Gee & Bauder, 1986) تعیین شد. بر اساس اطلاعات اداره هواشناسی میزان بارش باران و دمای هوا در طول دوره شروع گل‌دهی تا پایان فصل برداشت در طی سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ نیز استخراج شد.

تهیه نقشه پراکنش

تهیه نقشه پراکنش باغ‌های انتخابی، عوامل محیطی (دما و بارش) و بافت خاک (عامل غیر محیطی) بعد از ایجاد لایه‌های رقومی و همپوشانی لایه‌ها با استفاده از نرم افزار اطلاعات جغرافیایی (GIS (arc map10.3)، انجام گردید. ابتدا نقاط برداشت شده توسط دستگاه GPS برای هر باغ (مختصات باغ‌های انتخابی) به‌عنوان داده‌های ورودی اولیه به نرم افزار ver.7.3 Google Earth pro در نظر گرفته شد. به منظور بروزرسانی اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای، سه نقطه کنترلی برداشت شده در فاز اول با مختصات تصویر ماهواره‌ای ارائه شده توسط نرم افزار تطابق داده شد که از خطای بسیار ناچیزی برخوردار بود، سپس با استفاده از نرم افزار اشاره شده محدوده تمامی باغ‌ها رسم گردید و تصویر ماهواره‌ای نهایی از آن استخراج شد و با استفاده از نرم افزار GIS (arc map10.3) اطلاعات تبدیل به لایه وکتور شد. در ادامه به منظور تلفیق اطلاعات جغرافیایی با توصیفات آماری بافت خاک باغ‌های انتخابی و همچنین داده‌های هواشناسی مربوط به میزان بارش باران و دما اقدام به تهیه شیپ فایل‌های مورد نیاز برای طراحی لایه محدوده کشور، لایه استان‌ها، لایه شهرستان‌های استان مرکزی، لایه بافت خاک، لایه اقلیم و نقاط باران سنجی گردید. بعد از انجام مراحل فوق، به منظور تهیه نقشه‌های خروجی، همپوشانی (روی هم اندازی) لایه‌ها با لایه پراکنش باغ‌های انار صورت گرفت.

آنالیز داده‌های کمی

تجزیه واریانس داده‌ها برای متغیرهای درصد سفیدشدگی و ضریب هدایت الکتریکی آب آبیاری و خاک (عوامل غیر محیطی) باغ‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با ده تکرار و با استفاده از رویه GLM اجرا شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال $p < 0.05$ با استفاده از نرم افزار SAS ver.9.4 انجام گردید.

یافته‌های پژوهش

شدت عارضه سفیدشدگی آریل انار

نتایج بررسی کیفیت میوه انار نشان داد که در کل منطقه و در تمامی باغ‌های انتخابی عارضه سفیدشدگی با شدت‌های متفاوت در طول دو سال رخ داده است. همچنین شدت عارضه در سال دوم نسبت به سال اول بیشتر بوده است (جدول ۱). در سال اول ۶۸/۴۲ درصد باغ‌ها دارای عارضه با شدت متوسط (مقیاس ۳) و ۱۰/۵۲ درصد باغ‌ها دارای عارضه با شدت زیاد (مقیاس ۴) بودند و سهم باغ‌هایی با شدت عارضه کم (مقیاس ۲)، ۲۱/۰۵ درصد بود. در سال دوم بیش از ۶۳ درصد باغ‌ها

عارضه را با شدت زیاد و بسیار زیاد (مقیاس ۴ و ۵) نشان دادند، درحالیکه سهم باغ‌هایی با شدت عارضه متوسط و کم به ترتیب ۳۱/۵۷ و ۵/۲۶ درصد بود (جدول ۱).

کیفیت آب آبیاری و خاک

نتایج بررسی کیفیت آب آبیاری بر اساس حد آستانه تحمل به شوری آب آبیاری رقم ملس ساوه (۳/۲۵) دسی‌زیمنس بر متر (Momenpour et al., 2020) نشان داد که کیفیت آب آبیاری ۶۸/۵۰ درصد باغ‌های انتخابی در وضعیت نامناسب قرار دارد (جدول ۲). نتیجه مشابهی نیز در خصوص کیفیت خاک باغ‌های انتخابی بر اساس حد آستانه تحمل به شوری خاک ارقام انار (۴/۰۰) دسی‌زیمنس بر متر (Soltani et al., 2017) بدست آمد، به طوری که حدود ۶۸/۵۰ درصد باغ‌های انتخابی دارای خاک شور بودند (جدول ۲).

مقایسه میانگین صفات کمی

نتایج تجزیه واریانس صفات کمی نشان داد که بین باغ‌های انتخابی از نظر درصد سفیدشدگی آریل و ضریب هدایت الکتریکی آب آبیاری و خاک در طول دو سال (به تفکیک) تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($p < 0.05$). نتایج مقایسه میانگین درصد سفیدشدگی آریل نشان داد که در سال اول باغ‌های شماره ۱۴ و ۱۷ بیشترین درصد سفیدشدگی (به ترتیب ۷۸ و ۶۰ درصد) و باغ‌های شماره ۱، ۳، ۶ و ۱۹ (۱۳/۱۳ درصد) کمترین درصد سفیدشدگی را به خود اختصاص دادند. در سال دوم باغ‌های ۱۷، ۱۴، ۸، ۱۵ و ۱۰ بیشترین درصد سفیدشدگی و باغ شماره ۱۹ کمترین درصد سفیدشدگی را داشتند (جدول ۳). همچنین، نتایج نشان داد که درصد سفیدشدگی آریل انار تمام باغ‌های انتخابی در سال دوم در مقایسه با سال اول روند صعودی داشته است (جدول ۳). درخصوص آب آبیاری، باغ‌های انتخابی دارای ضریب هدایت الکتریکی در محدوده ۶/۶۹ - ۱/۴۵ دسی‌زیمنس بر متر بودند و باغ شماره ۴ و ۱۳ به ترتیب بیشترین و کمترین ضریب هدایت الکتریکی را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). در خصوص خاک باغ‌های انتخابی، بیشترین ضریب هدایت الکتریکی برای باغ‌های شماره ۱، ۴ و ۱۷ (در محدوده ۱۰/۰۰ دسی‌زیمنس بر متر) و کمترین ضریب برای باغ شماره ۱۹ (۳/۱ دسی‌زیمنس بر متر) ثبت گردید (جدول ۳).

جدول ۱. گروه بندی باغ‌های انار بر اساس کیفیت میوه در طول دو سال در منطقه ساوه

شماره باغ		مقیاس	شدت عارضه سفید شدگی
سال دوم	سال اول		
-	-	۱	بدون عارضه
۱۹	۱۳، ۶، ۱۹	۲	عارضه با شدت کم
۱، ۲، ۴، ۵، ۹، ۱۱	۱۱، ۸، ۷، ۴، ۱۳، ۱۸، ۱۶، ۱۵، ۱۲، ۱۰، ۹، ۵، ۲	۳	عارضه با شدت متوسط
۳، ۱۶، ۱۳، ۱۲، ۷، ۶	۱۷، ۱۴	۴	عارضه با شدت زیاد
۱۷، ۱۴، ۱۸، ۱۵، ۱۰، ۸	-	۵	عارضه با شدت بسیار زیاد

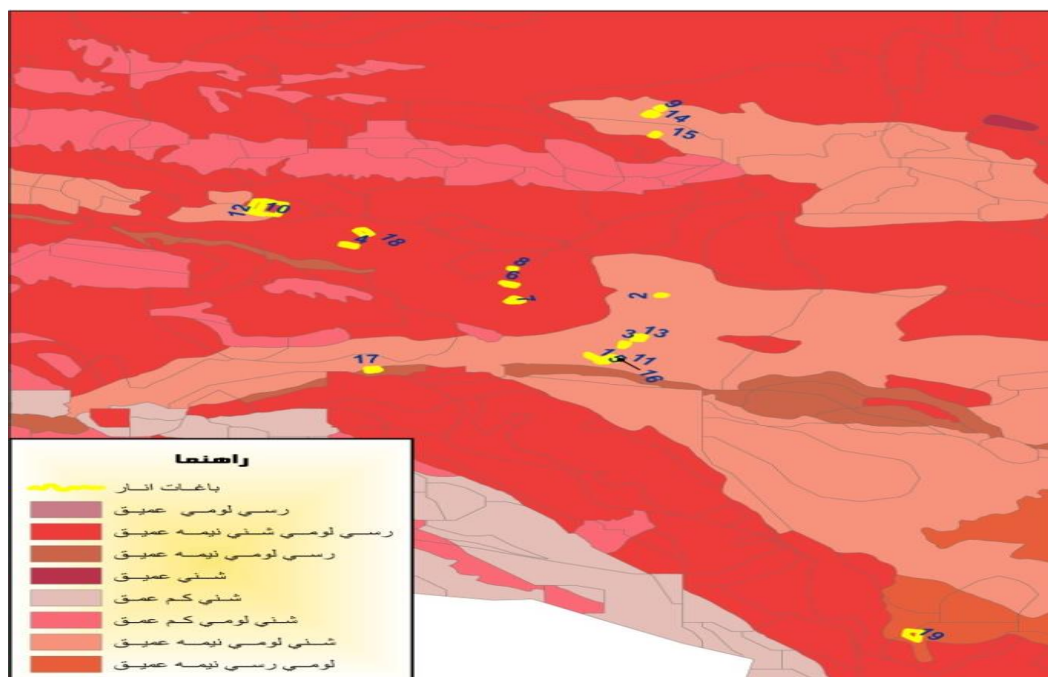
جدول ۲. گروه بندی کیفیت آب آبیاری و خاک باغ‌های انتخابی بر اساس ضریب هدایت الکتریکی در طول دو سال در منطقه ساوه

شماره باغ	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	
کیفیت آب آبیاری	نامناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب
کیفیت خاک	شور	شور	شور	شور	شور	شور	شور	شور	شور	شور	شور	شور	شور	شور	شور	شور	شور	شور	شور	شور

جدول ۳. مقایسه میانگین درصد سفیدشدگی آریل و ضریب هدایت الکتریکی آب آبیاری و خاک باغ‌های انتخابی در طول دو سال

شماره باغ	درصد سفیدشدگی آریل سال اول	درصد سفیدشدگی آریل سال دوم	ضریب هدایت الکتریکی خاک (دسی زیمنس بر متر)	ضریب هدایت الکتریکی آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر)
۱	۱۳/۳ ^f	۲۹/۰ ^f	۱۰/۷ ^c	۵/۵۷ ^b
۲	۴۲/۳ ^c	۴۶/۰ ^e	۳/۲۶ ^e	۲/۱۸ ^e
۳	۱۳/۳ ^f	۷۳/۰ ^c	۷/۷۵ ^c	۴/۰۸ ^c
۴	۲۲/۰ ^f	۴۲/۰ ^e	۱۰/۵۵ ^a	۶/۶۹ ^a
۵	۴۳/۳ ^e	۴۶/۰ ^e	۷/۰۴ ^c	۳/۰۴ ^d
۶	۱۳/۳ ^f	۷۲/۶ ^c	۳/۴۳ ^c	۲/۰۶ ^e
۷	۳۲/۳ ^d	۶۲/۶ ^d	۳/۳ ^e	۱/۸۰ ^f
۸	۳۹/۰ ^d	۹۳/۳ ^a	۲/۹۶ ^e	۱/۸۰ ^f
۹	۴۲/۳ ^c	۴۹/۶ ^e	۶/۵۰ ^۵	۳/۸۳ ^d
۱۰	۴۵/۳ ^c	۸۰/۶۰ ^b	۷/۷۵ ^c	۴/۰۹ ^c
۱۱	۳۹/۳ ^c	۴۶/۰ ^e	۷/۲۳ ^c	۳/۵۶ ^d
۱۲	۴۶/۶ ^{۳c}	۷۶/۳ ^c	۷/۷۵ ^c	۴/۰۹ ^c
۱۳	۲۱/۳ ^e	۷۱/۳ ^c	۲/۹۶ ^e	۱/۴۵ ^f
۱۴	۶۰/۰ ^b	۹۱/۳ ^{۰a}	۸/۸۱ ^b	۴/۷۰ ^c
۱۵	۴۶/۶ ^c	۸۳/۶ ^b	۸/۸۱ ^b	۴/۶۱ ^c
۱۶	۴۸/۰ ^c	۶۱/۰ ^d	۷/۷۵ ^c	۴/۰۸ ^c
۱۷	۷۸/۰ ^a	۹۴/۰ ^a	۱۰/۲۳ ^a	۴/۱۶ ^c
۱۸	۵۲/۳ ^c	۸۴/۶ ^b	۵/۶۰ ^d	۳/۶۳ ^d
۱۹	۱۳/۳ ^f	۱۷/۷ ^۵	۳/۱۰ ^e	۲/۰۰ ^e

در هر ستون میانگین‌هایی با حرف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.



شکل ۳. نقشه پراکنش باغ‌های انتخابی و همپوشانی بافت خاک باغ‌ها با لایه بافت خاک منطقه ساوه (منبع: یافته‌های تحقیق).

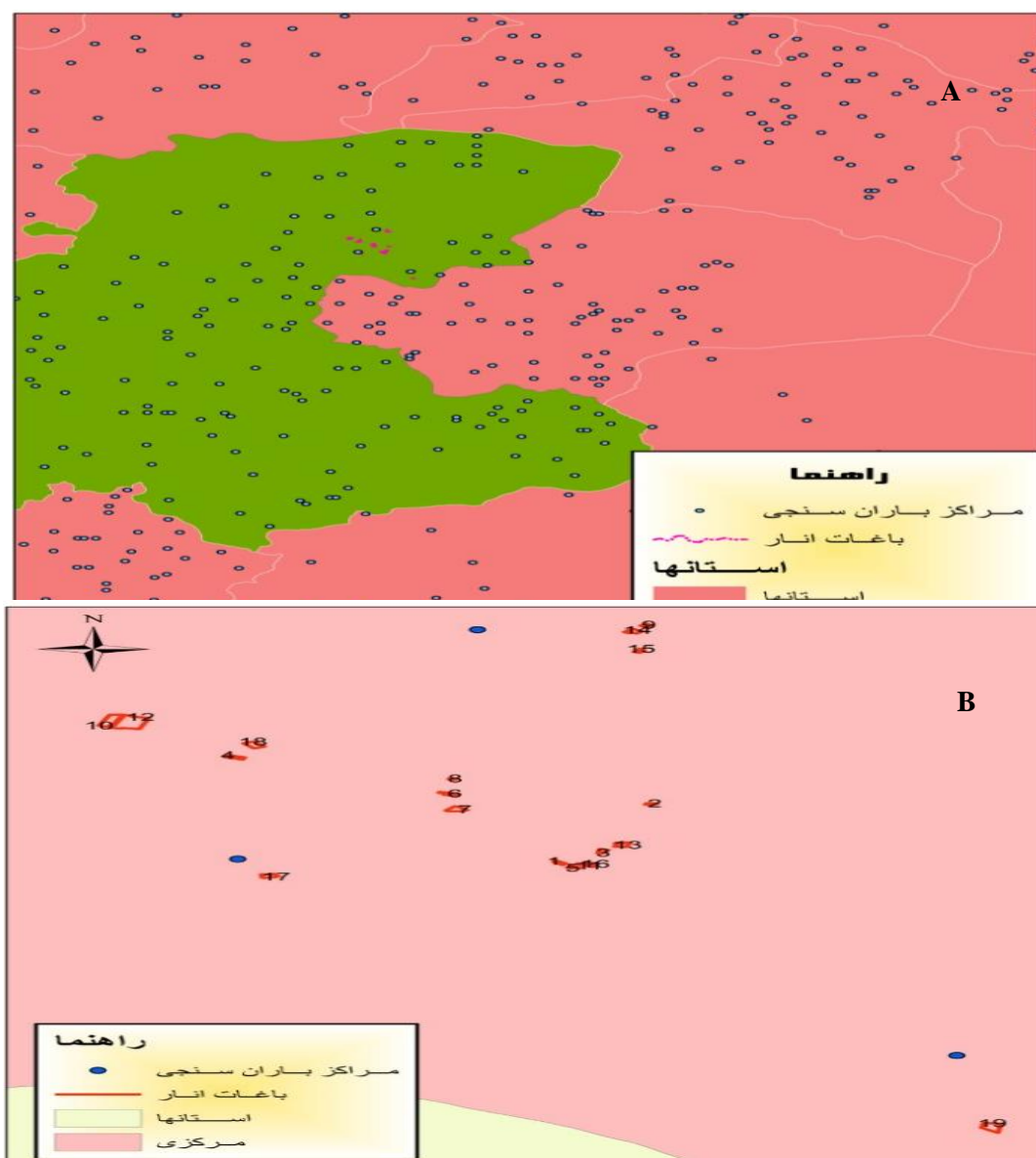
همپوشانی نقشه پراکنش باغ‌های انتخابی با نقشه بافت خاک و عوامل محیطی (دما، بارش)

نقشه بافت خاک

شکل ۳، نقشه پراکنش بافت خاک باغ‌های انتخابی و بافت خاک منطقه بر اساس مدل رقومی زمین منطقه را نشان می‌دهد. نتایج تلفیق این لایه‌ها نشان داد که باغ‌های انتخابی در سه کلاس درشت بافت، متوسط بافت و ریز بافت قرار دارند. در این میان حدود ۶۰ درصد باغ‌های مورد بررسی (۱۶، ۱۵، ۱۴، ۱۲، ۱۱، ۹، ۵، ۳، ۲، ۱) در محدوده خاک‌های دارای بافت شنی-لومی و نیمه عمیق (درشت بافت) قرار دارند (شکل ۳) و باغ شماره ۱۹ و ۱۷ که در طول دو سال، به ترتیب کمترین و بیشترین شدت و درصد عارضه سفیدشدگی را نشان داده بودند، به ترتیب دارای بافت لومی رسی نیمه عمیق (متوسط بافت) و ریز بافت (رسی-لومی) بودند. بافت خاک سایر باغ‌ها نیز از نوع لومی-رسی-شنی (متوسط بافت) بود (شکل ۳).

نقشه اقلیم و بارش

همپوشانی نقشه پراکنش باغ‌های انتخابی با نقشه اقلیم منطقه نشان داد که باغ‌های انتخابی همگی در منطقه خشک قرار دارند (شکل ۴). همچنین، بررسی تغییرات دمایی در طول دو سال بر اساس داده‌های هواشناسی نشان داد که میانگین و حداکثر دمای هوا در بازه اردیبهشت ماه تا نیمه مهرماه در سال دوم بالاتر از سال اول در کل منطقه بوده است (جدول ۴). اگرچه بررسی موقعیت باغ‌های انتخابی نسبت به مراکز باران سنجی استان مرکزی با استفاده از داده‌های پراکنش و میزان بارش در طول دو سال نشان داد که همه باغ‌های انتخابی در محدوده مرکز بارش استان مرکزی قرار دارند (شکل A ۵)، نتایج همپوشانی نشان داد که باغ شماره ۱۷ با بیشترین درصد سفیدشدگی آریل (به ترتیب با ۷۸ و ۹۴ درصد) و باغ شماره ۱۹ با ۱۳/۳ و ۱۷/۷ درصد عارضه سفیدشدگی در طول دو سال نزدیک ترین باغ‌ها به مراکز بارش بودند (شکل B ۵).



شکل ۵. نقشه همپوشانی پراکنش باغ‌های انتخابی و مراکز باران سنجی استان مرکزی (A) و منطقه ساوه (B) در طول دو سال (منبع: یافته‌های تحقیق).

بحث

ترسیم باغات و تجزیه و تحلیل فضایی با استفاده از فناوری مکانی می‌تواند اطلاعات بیشتری را در خصوص تعیین عملکرد، تعیین کمیت و زمان‌بندی دقیق و مناسب کود، تعیین نیازهای آبیاری و استفاده از آفت‌کش‌ها برای مدیریت آفات و بیماری‌ها و همچنین تصمیم‌گیری برای مدیریت بهتر مزارع و باغ‌ها فراهم نماید و در نهایت، منجر به بهبود سود حاصل از محصولات باغی و زراعی برای تولیدکنندگان گردد (Panda *et al.*, 2009). با این وجود در خصوص پراکنش عارضه سفیدشدگی آریل انار و عوامل موثر بر این عارضه با توجه به خسارات فراوانی که در حوزه باغبانی و صادرات انار ایجاد نموده است، اطلاعات مدونی در دسترس نمی‌باشد. تاثیرگذاری موقعیت مکانی اعم از طول و عرض جغرافیایی، شیب زمین، نزدیکی به جاده، جهت جغرافیایی و دیگر عوامل توپوگرافی در میزان پراکنش یک عارضه/بیماری در چندین مطالعه گزارش شده است. تهیه نقشه پراکنش

درختان خشکیده ناشی از آفات در جنگل‌های بارانی ناحیه رویشی هیرکانی کوئیزلند با استفاده از GIS و تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که جهت جغرافیایی اصلی‌ترین عامل در پراکنش لکه‌های خشکیده بوده است (Nepstad *et al.*, 2007). از سوی دیگر تهیه نقشه پراکنش قارچ‌ها در جنگل‌های نکا در ایران با استفاده از GIS نشان داد که بیشترین پراکنش در جهت شمالی و دامنه ارتفاعی ۴۰۰ الی ۸۰۰ متر قابل رویت است (Musazadeh, 2003). در خصوص درختان راش آلوده به قارچ، نتایج نقشه پراکنش نشان داد که جهت جغرافیایی (شمالی و غربی) بیشترین همبستگی را با پوسیدگی ناشی از قارچ به دلیل رطوبت بیشتر و دریافت نور کمتر داشته است (Heilmann-Clausen, 2001). در خصوص بیماری سوختگی شمشاد نیز اسماعیلی و همکاران (Esmaili *et al.*, 2016) سه عامل جهت جغرافیایی، میزان نمناکی و سایه (ناشی از پستی و بلندی‌های سطح زمین) را مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر میزان پراکنش این بیماری گزارش دادند. در خصوص تاثیر فاکتورهای محیطی بر ویژگی‌های کیفی میوه انار (Ghasemi-Soloklui *et al.*, 2023) ارتباط مثبت معنی‌داری بین فاکتورهای محیطی شامل سرعت باد، ارتفاع از سطح دریا و بارش سالیانه با قرمزی رنگ پوسته و آریل انار، وزن میوه و آریل، محتوای فنل و محتوای آنتوسیانین گزارش دادند. با این وجود در مطالعه حاضر بررسی پراکنش عارضه سفیدشدگی آریل انار در ۱۹ باغ منطقه ساوه در طول دو سال نشان داد که صد در صد باغ‌های مورد مطالعه آلوده به این عارضه بودند و موقعیت جغرافیایی باغ‌های منطقه بر وقوع پراکنش تاثیرگذار نبوده است. اما در خصوص تاثیر احتمالی موقعیت جغرافیایی باغ‌ها بر شدت عارضه سفیدشدگی آریل انار به مطالعات تکمیلی نیاز است.

حدآستانه تحمل شوری می‌تواند در یک گونه و حتی ژنوتیپ‌های یک گونه نیز متفاوت باشد. بر همین اساس اساس Momenpour *et al.* (2020) حد آستانه تحمل شوری آب آبیاری برای رقم ملس ساوه را ۳/۲۵ دسی زمینس بر متر گزارش نمودند اما حد آستانه تحمل شوری خاک برای رقم ملس ساوه گزارش نشده است. در مطالعه حاضر خاک و آب آبیاری حدود ۶۸ درصد باغ‌های مورد مطالعه به ترتیب در کلاس خاک‌های شور و آب نامناسب قرار داشت و بین کیفیت آب آبیاری و خاک باغ‌های انتخابی (جدول ۲) هماهنگی قابل توجهی مشاهده شد (آب آبیاری نامناسب - خاک شور؛ آب آبیاری مناسب - خاک غیر شور). گزارش سایر محققین نشان داده است که بین درصد سفیدشدگی آریل انار و شوری آب و خاک رابطه مستقیم و معنی‌داری وجود دارد (Sedaghat *et al.*, 2021; Asadi *et al.*, 2019) و احتمالاً یکی از دلایل این رابطه مستقیم، نسبت بالای کلر و سدیم است که سبب عدم تعادل سایر عناصر غذایی از جمله آهن و روی شده و این امر منجر به تشدید عارضه می‌شود (Asadi *et al.*, 2019). در واقع جذب آهن و روی از طریق افزایش فتوسنتز و تولید قند دخیل در تشکیل آنتوسیانین، میزان آنتوسیانین را در آب میوه افزایش می‌دهد (Asadi *et al.*, 2019) و با شور شدن خاک و آب آبیاری، میزان این عناصر کاهش یافته و به موازات آن میزان آنتوسیانین هم کاهش می‌یابد (Sedaghat *et al.*, 2021; Borochoy-Neori *et al.*, 2009; Tabar *et al.*, 2009). در میوه‌های دارای عارضه سفیدشدگی به دلیل تخریب و تغییر در ترکیب آنتوسیانین به‌عنوان عامل مهم شدت رنگ در میوه انار، رنگ آریل‌ها از قرمز تیره به سفید کرمی تا قهوه‌ای تغییر می‌یابند (Jalikop *et al.*, 2010). با این توصیفات به نظر می‌رسد که در مطالعه حاضر شوری آب آبیاری و خاک می‌تواند عاملی برای وقوع عارضه سفیدشدگی در باغ‌های انار منطقه ساوه باشد.

بافت خاک یکی از عوامل تاثیرگذار بر بسیاری از ویژگی‌های مدیریتی، شیمیایی و تغذیه‌ای خاک است. بر اساس مطالعه Mohseni *et al.* (2020) خاکی با بافت متوسط به شرط زهکشی مطلوب، بهترین شرایط را برای کشت درختان انار فراهم می‌کند. با در نظر گرفتن نوع بافت خاک، تنها ۳۷ درصد باغ‌های انتخابی (۱۰، ۴، ۱۸، ۸، ۶، ۷ و ۱۹) در مطالعه حاضر دارای بافت خاک مناسب می‌باشند. در واقع در شرایط عادی (عدم شوری و تنش گرمایی) در خاک‌هایی با بافت سبک به دلیل پایین بودن ظرفیت تبادل کاتیونی و بالابودن آبشویی برخی از عناصر غذایی موجود در محلول خاک، امکان بروز کمبود عناصر غذایی وجود دارد (Salehi *et al.*, 2009). از سوی دیگر در خاک‌هایی با ذرات رس بیشتر (بافت سنگین) میزان نگهداری آب و مصرف آب توسط گیاه بهبود می‌یابد و با افزایش جذب آب توسط گیاه، میزان حرکت عناصر معدنی و میزان فتوسنتز در گیاه

بالا رفته و در نتیجه میزان مواد قندی و تولید متابولیت‌های ثانویه در میوه افزایش می‌یابد. عناصر غذایی و متابولیت‌های ثانویه (مواد فنلی و فلاونوئیدها) در اکثر میوه‌ها نقش مهمی در حفظ کیفیت میوه و تعیین ارزش غذایی میوه دارند (Sedaghat *et al.*, 2021). بنابراین، با در نظر گرفتن این مساله انتظار بر این بود که در مطالعه حاضر میزان عارضه سفیدشدگی آریل به ترتیب در باغ‌هایی با خاک دارای بافت درشت (شنی-لومی) بیشتر از باغ‌هایی با خاکی با بافت متوسط (لومی رسی و رسی-لومی-شنی) و ریز بافت (رسی-لومی) باشد. واقعیت اخیر در مواردی از جمله مشاهده درصد سفیدشدگی و شدت عارضه بیشتر در باغ‌هایی با خاک درشت بافت (۱، ۲، ۳، ۵، ۹، ۱۱، ۱۲، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۳) در مقایسه با باغ شماره ۱۹ (خاک با بافت متوسط) و ۱۷ (ریز بافت)، صادق بود. اما در برخی موارد نتایج متفاوتی مشاهده شد. به عنوان مثال باغ شماره ۱۷ و ۱۹ که به ترتیب در طول دو سال بیشترین و کمترین درصد خسارت میوه را نشان دادند دارای بافت رسی-لومی و لومی-رسی (به ترتیب ریز بافت و متوسط بافت) بودند. همچنین، با وجود داشتن بافت خاک یکسان (متوسط بافت)، شدت و درصد سفیدشدگی بیشتری در باغ‌های ۱۰، ۴ و ۱۸ در مقایسه با باغ شماره ۱۹ مشاهده شد. به نظر می‌رسد که یکی از دلایل این تناقضات مشاهده شده، نادیده گرفتن وضعیت شوری خاک و آب آبیاری باغ‌های مورد مطالعه باشد. با در نظر گرفتن نقش کیفیت آب آبیاری و خاک در کنار بافت خاک دو فرضیه محتمل است: الف) شوری خاک و آب آبیاری در مواردی همگام با تاثیر بافت خاک شدت عارضه را تشدید می‌نماید که این وضعیت در مقایسه باغ‌های با بافت درشت (شنی-لومی)، خاک شور، آب آبیاری نامناسب و شدت عارضه بیشتر با باغ شماره ۱۹ با خاک سنگین‌تر، خاک و آب آبیاری غیر شور و شدت عارضه کمتر، قابل تایید است؛ ب) در برخی موارد تاثیر شوری خاک و آب آبیاری در مقایسه با اثر بافت خاک از اهمیت بیشتری برخوردار است. در مورد اخیر، باغ شماره ۱۷ با بیشترین درصد سفیدشدگی، خاک بسیار شور (۱۰/۲۲ دسی زیمنس بر متر) و آب آبیاری نامناسب و بالاتر از حد آستانه تحمل به شوری (۳/۲۵ دسی زیمنس بر متر) علیرغم داشتن خاکی با بافت ریز و درصد رس بالا در مقایسه با باغ شماره ۱۹ با بافت خاک سبک‌تر، اما درصد سفیدشدگی کمتر، خاک غیر شور (۳/۱۰ دسی زیمنس بر متر) و آب آبیاری مناسب (۲/۰۰ دسی زیمنس بر متر)، قابل توجیه است. بنابراین، به نظر می‌رسد بافت خاک می‌تواند بر شدت عارضه سفیدشدگی آریل انار تاثیر مستقیم یا غیر مستقیم (به‌خصوص در شرایط نامناسب کیفیت آب آبیاری و خاک) داشته باشد. همگام با فرضیه اخیر (Salehi *et al.*, 2009) به تاثیر بیشتر (مستقیم و غیر مستقیم) بافت خاک بر گیاهان در اراضی شور اشاره نمود. همچنین، بر اساس گزارش‌های موجود کیفیت آب آبیاری و خاک ارتباط معنی‌داری با عارضه سفیدشدگی انار در ارقام مختلف انار نشان داده است، بطوریکه در خاک‌هایی با بافت سنگین و شور به دلیل تجمع آب شور در اطراف ریشه علاوه بر عدم تعادل جذب مواد غذایی، میزان آنتوسیانین به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یابد (Asadi *et al.*, 2019; Sedaghat *et al.*, 2021) زیرا در تنش‌های شوری بیان ژن *pgUFGT* که عامل گیرنده مولکول گلوکز به آنتوسیانیدین و تشکیل آنتوسیانین (مسئول رنگ قرمز در آریل و پوست انار) است، کاهش می‌یابد (Asadi *et al.*, 2019). بنابراین، شوری آب آبیاری و خاک نه تنها بر وقوع عارضه سفیدشدگی آریل انار بلکه بر شدت عارضه نیز تاثیرگذار خواهد بود.

علاوه بر بافت خاک و کیفیت آب آبیاری و خاک، به‌نظر می‌رسد که عوامل دیگری نیز در بروز یا تغییر شدت عارضه سفیدشدگی موثر باشند، زیرا در برخی از باغ‌ها علیرغم داشتن کیفیت مناسب آب آبیاری، خاک غیر شور و همچنین بافت خاک متوسط (باغ‌های شماره ۸، ۶ و ۷)، شدت و میزان عارضه سفیدشدگی در سال اول کم تا متوسط اما در سال دوم به‌طور چشمگیری افزایش داشت. به‌طوری‌که برای باغ شماره ۶ افزایش ۶/۵ برابری و برای باغ‌های شماره ۷ و ۸ افزایش ۲ برابری در میزان درصد سفیدشدگی در طی دو سال مشاهده شد (جدول ۱ و ۲). از سوی دیگر، تغییر افزایشی در میزان درصد سفیدشدگی در تمام باغ‌های انتخابی در طی دو سال صرف نظر از تفاوت در نوع بافت خاک و کیفیت آب آبیاری و خاک، احتمال تاثیر عوامل محیطی از جمله تغییرات در میزان بارش و دما را قوت بخشید. بر اساس نتایج همپوشانی نقشه پراکنش باغ‌ها و نقشه پراکنش میزان بارندگی به نظر می‌رسد که تاثیر این عامل در وقوع عارضه سفیدشدگی محسوس نیست. از سوی دیگر اگرچه بر اساس همپوشانی نقشه پراکنش باغ‌ها و داده‌های دمایی همه باغ‌های انتخابی در اقلیم خشک قرار دارند، اما

تغییرات دما در طی دو سال روند صعودی در کل منطقه داشته است. بررسی حداکثر دما در دو ماه تیر و مرداد (گرمترین ماه های سال در این منطقه)، دمای بالای ۴۰ درجه سلسیوس را نشان داد که این افزایش در سال دوم بیشتر از سال اول بود. بنابراین، صرف نظر از تمامی عوامل بررسی شده در مطالعه حاضر به نظر می‌رسد که دمای محیط مهم‌ترین یا احتمالاً عامل اصلی در بروز و شدت پدیده سفیدشدگی آریل انار در این منطقه بوده است. (Meighani *et al.* (2014). دمای بالای ۴۰ درجه سلسیوس در اواخر تیر تا اواسط مردادماه را در باغ‌های انار عامل افزایش دمای سطح میوه (بالا تر از حد آستانه تحمل) و وقوع پدیده فیزیولوژیکی آفتاب سوختگی میوه انار معرفی نمودند. از سوی دیگر (Mohseni *et al.* (2020). دمای هوای بیش از ۳۵ درجه سلسیوس و دمای سطح میوه بین ۴۵-۵۰ درجه سلسیوس را دمای مساعد برای وقوع پدیده‌های فیزیولوژیکی مانند آفتاب سوختگی، ترکیدگی و سفیدشدگی در انار گزارش کردند. (Narjesi *et al.* (2021). در بررسی (Yazici & Kaynak (2006) نیز گرمای بالای محیط، عامل اختلال در روند سوخت و ساز گیاه و ایجاد اختلالات فیزیولوژیکی و در نهایت اثرات منفی بر تمام ویژگی‌های کیفی میوه انار بیان شد. هم راستا با نتایج مطالعه حاضر، (Ghasemi-Soloklui *et al.* (2023) با بررسی ویژگی‌های فیزیکی، بیوشیمیایی و کیفیت آب میوه دو رقم انار در ناحیه اصلی رویش (مناطق گرم و خشک) و تغییر ناحیه رویش (آب و هوای کوهستانی) در طی دو فصل رشد گزارش کردند که شرایط آب و هوایی بر تمامی خصوصیات مورد اشاره اثر معنی‌داری داشته است، به طوری‌که در شرایط آب و هوایی کوهستانی در مقایسه با آب و هوای گرم و خشک، میوه‌ها از محتوی فنل کل و آنتوسیانین بالاتری برخوردار می‌باشند. همچنین، نتایج آن‌ها نشان داد که کولتیوارهایی با حداکثر قرمزی در پوست و آریل انار مخصوص رویشگاه‌هایی با آب و هوای کوهستانی هستند. با توجه به تاثیر منفی گرما بر کیفیت میوه انار، (Treder *et al.* (2016) و (Shahak (2006) استفاده از پوشش سایبان را یک راه حل در کاهش دمای سطح برگ، کاهش تنش گرمایی و کم آبی، کاهش سطح تبخیر و تعرق درختان و در نتیجه افزایش میزان فتوسنتز، تولید بیشتر کربوهیدرات و افزایش کیفیت محصول معرفی نمودند. اثرات مفید سایبان به عنوان یک راه حل در کاهش تنش گرمایی و کاهش دما بین ۱/۵ تا ۶ درجه در سطح برگ و میوه و کاهش بروز عارضه‌های فیزیولوژیکی از جمله آفتاب سوختگی و سفیدشدگی توسط (Narjesi *et al.* (2021) و (Sedaghat *et al.* (2021) در انار گزارش شده است. همچنین، تحقیقات نشان داده است که بیوسنتز آنتوسیانین و مشتقات آن تحت تاثیر تنش‌های شوری، دمای بالا، اشعه فرابنفش و شدت زیاد تابش نور خورشید قرار دارد (Mena *et al.*, 2011). اثرات توأم شوری، خشکی و دمای بالا منجر به تغییر ماهیت در حجم سلول، کاهش فشار آماس، تغییر غشای اندامک‌ها و پروتئین‌ها و افزایش غلظت مواد جامد محلول می‌شود (Wahid *et al.*, 2007). بالا بودن مواد جامد محلول شرایط را برای فعالیت آنزیم‌های اکسیدکننده ترکیبات فنلی و تغییر رنگ بافت آریل‌ها از قرمز تیره به سفید کرمی تا قهوه ای مساعد می‌نماید (Jalikop *et al.*, 2010)

نتیجه گیری و پیشنهادها

استفاده از نقشه پراکنش عوامل مختلف به همراه داده‌های آماری می‌تواند جزئیات بیشتر و دقیق‌تری از شرایط حاکم بر یک منطقه را نمایان کند. با تکیه بر همین فرضیه مشخص شد که چهار عامل دما، شوری آب آبیاری، شوری خاک و بافت خاک در وقوع/شدت (یا هر دو) عارضه سفیدشدگی آریل انار در منطقه ساوه نقش دارند. دما به عنوان اصلی‌ترین عامل به طور مستقیم در وقوع و شدت این عارضه فیزیولوژیکی در منطقه ساوه شناسایی شد. همچنین، کیفیت آب آبیاری و خاک از نقطه نظر ضریب هدایت الکتریکی به صورت توأم با دما یا هر یک به تنهایی نقش معنی‌داری در بروز و شدت عارضه سفیدشدگی در این منطقه دارد. در خصوص بافت خاک، به نظر می‌رسد که به عنوان یک عامل انفرادی در وقوع (نه شدت) عارضه سفیدشدگی نقش قابل توجهی نخواهد داشت، با این وجود در صورت شوری خاک یا آب آبیاری نقش این عامل در شدت عارضه قابل تامل خواهد بود. در مجموع تاثیر تمام عوامل معرفی شده در وقوع و شدت عارضه سفیدشدگی آریل انار در مطالعه حاضر با شناسایی و مدیریت صحیح سایر عوامل ثانویه تاثیر گذار (مستقیم یا غیر مستقیم) بر این عوامل قابل تعدیل خواهد

بود. از این رو بررسی و تهیه نقشه عوامل ثانویه محیطی و توپوگرافی منطقه از جمله میزان نمناکی، تابش خورشید، طبقات ارتفاعی، سایه ناشی از پستی بلندی، فاصله از رودخانه، طبقات شیب، جهات جغرافیایی و شوری خاک با استفاده از فنون زمین آمار، برای مدیریت پایدار و بهتر باغ‌های انار این منطقه توصیه می‌شود.

سیاسگزار

پژوهش حاضر در قالب طرح تحقیقاتی مصوب به شماره ۹۲۱۹۸-۰۳-۶۱-۲، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی مرکز تحقیقات، آموزش ترویج کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی انجام گردید.

منابع

- آمار نامه کشاورزی (۱۴۰۱). وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، تهران، ایران. قابل دسترسی در آدرس: <http://www.maj.ir>
- اسماعیلی، روح اله؛ سوسنی، جواد، شتابی جویباری، شعبان، نقوی، حامد و پورشکوری، فرخ (۱۳۹۵). پراکنش بیماری سوختگی درختان شمشاد و ارتباط آن با برخی عوامل محیطی (مطالعه موردی: ذخیره‌گاه جنگلی شمشاد خیوس و انجیل سی-مازندران). نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۳ (۲)، ۱۶۸-۱۴۷.
- عالی‌مقام، سید مجید؛ سلطانی، افشین؛ دادرسی، امیر و نهبندانی، علیرضا (۱۴۰۲). تهیه نقشه پراکنش سطح زیر کشت گیاهان باغی و زراعی در سطح کشوری برای ایران. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۵ (۱)، ۸۸-۷۵.
- عظیمی، سعید؛ اژدری مقدم، مهدی و هاشمی منفرد، سید آرمان (۱۳۹۶). ارزیابی پراکنش مکانی و ارتباط وقوع خشکسالی با کاهش کیفیت آب‌های زیر زمینی بر پایه شاخص‌های GRI در محیط GIS (مطالعه موردی: ۹۰۶ دشت ایران). نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۲۹، ۸۸-۷۳.
- بنیان پور، علیرضا (۱۴۰۳). تاثیر استفاده از سایبان در بهبود وضعیت محیطی و کاهش میزان ترکیب‌گی، آفتاب سوختگی و دانه سفیدی انار. نشریه علمی علوم باغبانی، ۸۸ (۱)، ۱۷۹-۱۷۳.
- جنتی عطائی، سحر؛ پیردشتی، همت اله، کاظمی، حسین و یونس آبادی، معصومه (۱۳۹۶). تهیه نقشه پراکنش و گیاهان علف هرز مزارع کلزا در شهرستان گرگان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). نشریه حفاظت گیاهان، ۴، ۶۱۶-۶۰۵.
- مومن پور، علی؛ دهستانی اردکانی، مریم، سلطانی گرد فرامرزی، ولی، هادی راد، محمد، وظیفه شناس، رضا، آنالقی، امین، احمدی، فاطمه و جماعتی، زهرا (۱۳۹۹). تعیین آستانه تحمل شوری ژنوتیپ‌های مختلف انار. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۳۴، ۱۵-۱.
- نرجسی، وحیده (۱۴۰۰). تاثیر تیمارهای مختلف سایه‌دهی بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی میوه انار (رقم ملس ساوه). نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۱، ۲۹۳-۲۷۵.
- صالحی، محمد حسن؛ حیدری، مزده، محمدخانی، عبدالرحمان و حسینی فرد، سید جواد (۱۳۸۸). تاثیر برخی از ویژگی‌های خاک بر رشد و خندانی پسته در منطقه انار رفسنجان. مجله پژوهش‌های خاک، ۲۳، ۴۷-۳۵.
- صداقت، سحر؛ راحمی، مجید و جعفری، مسلم (۱۴۰۰). اثرات آب و خاک شور بر دانه سفیدی انار. پژوهش‌های میوه‌کاری، ۱، ۱۲۸-۱۲۱.
- سلطانی، ولی؛ جعفری، اعظم، کمالی، کاظم و وظیفه شناس، محمد رضا (۱۳۹۶). اثر آب شور رقیق شده توسط پساب بر برخی خصوصیات رویشی و فیزیولوژیکی نهال انار، رقم ملس یزدی. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی، ۳، ۱۱-۱.

REFERENCES

- Alimaghani, S.M., Soltani, A., Dadras, A., & Nehbandani, A. (2023). Spatial distribution maps of horticultural and agricultural crops land generating at the country scale for Iran. *Journal of Agroecology*, 15(1), 75-88. (In Persian) <https://doi.org/10.22067/agry.2021.69619.1033>
- Al-Said, F. A., Opara, L. A., & Al-Yahyai, R. A. (2009). Physico-chemical and textural quality attributes of pomegranate cultivars (*Punica granatum* L.) grown in the Sultanate of Oman. *Journal of Food Engineering*, 90(1), 129-134. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.06.012>

- Agricultural statistics. (2022). Ministry of Jihad and Agriculture, Planning and Economic Deputy, Information and Communication Technology Center, Tehran, Iran. (In Persian)
- Asadi, E., Ghehsareh, A. M., Moghadam, E. G., Hodaji, M., & Zabihi, H. R. (2019). Improving of pomegranate aril paleness disorder through application of Fe and Zn elements. *Indian Journal of Horticulture*, 76(2), 279-288. <https://doi.org/10.5958/0974-0112.2019.00043.4>
- Azimi, S., Azhdari Moghaddam, M., & Hashemi Monfared, S. A. (2017). Assessment and spatial distribution of drought Contact with reduced quality of groundwater based on GRI indicators in GIS. *Journal of Climate Research*, 1396(29), 73-89. . (In Persian)
- Bonyanpour, A. (2024). The effect of net shading in improving environmental conditions and reducing fruit cracking, sunburn and aril paleness of pomegranate fruit (Rabbab). *Journal of Horticultural Science*, (in press). (In Persian) <https://doi.org/10.22067/jhs.2023.83640.1278>
- Borochoy-Neori, H., Judeinstein, S., Tripler, E., Harari, M., Greenberg, A., Shomer, I., & Holland, D. (2009). Seasonal and cultivar variations in antioxidant and sensory quality of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(3), 189-195. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.10.011>
- Esmaili, R., Soosani, J., Shataee, J. S., Naghavi, H., & Poorshakori, F. (2016). Spatial distribution of buxus blight and its relation with some environmental factors (Case study: Khiboos Anjilsi protected area). *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 23(2), 146-168. (In Persian) <https://doi.org/10.22069/jwfst.2017.10761.1561>
- Fawole, O. A., & Opara, U. L. (2013). Fruit growth dynamics, respiration rate and physico-textural properties during pomegranate development and ripening. *Scientia Horticulturae*, 157, 90-98. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.04.004>
- Ghasemi-Soloklui, A. A., Kordrostami, M., & Gharaghani, A. (2023). Environmental and geographical conditions influence color, physical properties, and physiochemical composition of pomegranate fruits. *Scientific Reports*, 13(1), 15447. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-42749-z>
- Gee, G. W., & Bauder, J. W. (1986). Particle-size Analysis. p 383-411 In A. Klute (ed.) *Methods of Soil Analysis Part 1*. Soil Science Society of America Book Series, 5.
- Heilmann-Clausen, J. (2001). A gradient analysis of communities of macro fungi and slime moulds on decaying beech logs. *Journal of Mycologia Research*, 105, 575-596. <https://doi.org/10.1017/S0953756201003665>
- Hernandez, F., Melgarejo, P., Tomas-Barberan, F. A., & Artes, F. (1999). Evolution of juice anthocyanins during ripening of new selected pomegranate (*Punica granatum*) clones. *European Food Research and Technology*, 210, 39-42. <https://doi.org/10.1007/s002170050529>
- Holland, D., Hatib, K., & Bar-Ya'akov, I. (2009). Pomegranate: botany, horticulture, breeding. *Horticultural Reviews*, 35, 127-191.
- Jafari, A., Arzani, K., Fallahi, E., & Barzegar, M. (2014). Optimizing fruit yield, size, and quality attributes in 'Malase Torshe Saveh' pomegranate through hand thinning. *Journal of the American Pomological Society*, 68(2), 89-96.
- Jalikop, S. H., Venugopalan, R., & Kumar, R. (2010). Association of fruit traits and aril browning in pomegranate (*Punica granatum* L.). *Euphytica*, 174, 137-141. <https://doi.org/10.1007/s10681-010-0158-3>
- Jannati Ataie, S., Pirdashty, H., Kazemi, H., & Younesabadi, M. (2018). Mapping the distribution and flora of the weeds in canola fields of Gorgan township by geographic information system (GIS). *Journal of Iranian Plant Protection Research*, 31(4), 605-616. (In Persian) <https://doi.org/10.22067/jpp.v31i4.57968>
- Kavand, M., Arzani, K., Barzegar, M., & Mirlatifi, M. (2020). Pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit quality attributes in relation to aril browning disorder. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 22(4), 1053-1065. <https://doi.org/20.1001.1.16807073.2020.22.4.7.9>
- Krityakierne, T., Sinpayak, P., & Khiripet, N. (2024). GIS spatial optimization for agricultural crop allocation using NSGA-II. *Information Processing in Agriculture*, 12. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2024.04.005>

- Meighani, H., Ghasemnezhad, M., & Bakshi, D. (2014). Evaluation of biochemical composition and enzyme activities in browned arils of pomegranate fruits. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 1(1), 53-65. <https://doi.org/10.22059/ijhst.2014.50518>
- Mena, P., García-Viguera, C., Navarro-Rico, J., Moreno, D. A., Bartual, J., Saura, D., & Martí, N. (2011). Phytochemical characterisation for industrial use of pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars grown in Spain. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(10), 1893-1906.
- Mohseni, A., Farazmand, H., Tabatabai Ardakani, S. D., Askari, M., Asgari Khakzad, S., Eshghi, M., Ghazanfari, S., Hasanpour Onji, S.R., & Angabi, H. (2020). Pomegranate guide (Planting, Growing, Harvesting). Institute of Agricultural Education and Extension, Tehran, Iran, p: 268. (In Persian)
- Momenpour, A., Dehestani, M., Soltani GerdFaramarzi, V., Hadirad, M., Vazifeshenas, M., Anagholi, A., Ahmadi, F., & Jamaati, Z. (2020). Evaluation of salinity tolerance threshold of selected pomegranate genotypes. *Journal of Water Research in Agriculture*, 34(1), 1-14. (In Persian) <https://doi.org/10.22092/JWRA.2020.121904>
- Musazadeh, (2003). *Ecosystemial investigation on Polypore's Fungies in Mazandaran Forests*. (Master of science thesis, Gorgan Azad Islamic University). (In Persian)
- Narjesi, V. (2021). Effects of different shade netting treatments on some quantitative and qualitative characteristics of pomegranate fruits cv. Malas-e-Saveh. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 31(1), 275-293. (In Persian) <https://doi.org/10.22034/SAPS.2021.12815>
- Nepstad, D. C., Tohver, I. M., Ray, D., Moutinho, P., & Cardinot, G. (2007). Mortality of large trees and lianas following experimental drought in an Amazon forest. *Ecology*, 88(9), 2259-2269.
- Panda, S. S., Hoogenboom, G., & Paz, J. (2009). Distinguishing blueberry bushes from mixed vegetation land use using high resolution satellite imagery and geospatial techniques. *Computers and Electronics in Agriculture*, 67(1-2), 51-58. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2009.02.007>
- Rhoades, J. D. (1996). Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. *Methods of soil analysis: Part 3 Chemical methods*, 5, 417-435.
- Salehi, M. H., Heydari, M., Mohammadkhani, A., & Hosseinifard, J. (2009). Impacts of some soil properties on growth, yield, and splitting of pistachio in Anar area, Rafsanjan. *Iranian Journal of Soil Research*, 23(1), 35-47. (In Persian) <https://doi.org/10.22092/ijsr.2009.126654>
- Sedaghat, S., Rahemi, M., & Jafari, M. (2021). Effects of soil and water salinity on aril whitening in pomegranate. *Research in Pomology*, 6(1), 121-128. (In Persian) <https://doi.org/10.30466/rip.2021.121091>
- Shahak, Y. (2006). Photo-selective netting for improved performance of horticultural crops. A review of ornamental and vegetable studies carried out in Israel. In *XXVII International Horticultural Congress-IHC2006: International Symposium on Cultivation and Utilization of Asian*, 770 (pp. 161-168). <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.770.18>
- Singh, V., Patel, A. N., Dalwadi, A., Kathota, J., Suthar, J., & Kalubarme, M. H. (2017). Horticultural fruit crop plantations mapping using geo-informatics technology in Gujarat state India. *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, 6(2), 2033-2049.
- Soltani, V., Jafari, A., Kamali, K., & Vazifeshenas, M.R. (2017). Effect of diluted saline water on some vegetative and physiological traits of pomegranate rooted cutting cv. Malas-e Yazdi. *Journal of Plant Production Research*, 24(3), 1-11. (In Persian) <https://doi.org/10.22069/jopp.2017.11193.2038>
- Tabar, S. M., Tehranifar, A., Davarynejad, G. H., Nemati, S. H., & Zabihi, H. R. (2009). Aril paleness, new physiological disorder in pomegranate fruit (*Punica granatum*): Physical and chemical changes during exposure of fruit disorder. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 50(4), 300-307.
- Treder, W., Mika, A., Buler, Z., & Klamkowski, K. (2016). Effects of hail nets on orchard light microclimate, apple tree growth, fruiting and fruit quality. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 15(3), 17-27.
- Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M., & Foolad, M. R. (2007). Heat tolerance in plants: an overview. *Environmental and experimental botany*, 61(3), 199-223.

<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2007.05.011>

Wasker, D. P., & Roy, S. K. (2000). Postharvest technology of pomegranate fruit-A review. *Indian Food Packer*, 54(5), 78-84.

Yazici, K., & Kaynak, L. (2006, October). Effects of air temperature, relative humidity and solar radiation on fruit surface temperatures and sunburn damage in pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Hicaznar). In *I International Symposium on Pomegranate and Minor Mediterranean Fruits 818* (pp. 181-186). <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.818.26>