

Spatial distribution of pomegranate aril paleness and its relationship with some environmental and non-environmental factors using geographic information system (GIS)

ABSTRACT

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; and the severity of the complication was higher in the second year. Also, 68% of the orchards had unsuitable irrigation water and salty soil and in the second year, a higher average temperature was recorded compared to the first year. In addition, 60% of the orchards were in the range of soils with sandy-loam texture, all the gardens were in the dry climate and in the area of the rain center. Generally, the geographical location of the orchards probably did not affect the occurrence of aril paleness; but the factors of temperature, salinity of irrigation water and soil and soil texture play a role in the occurrence/severity of complication. 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.

Keywords: Distribution, Climate changes, Irrigation water quality, Soil properties

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

چکیده

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 این فاکتورها با وقوع و شدت عارضه سفیدشدگی آریل بود. نتایج نشان داد که در تمامی باغ‌های انتخابی عارضه سفیدشدگی با شدت‌های متفاوت در طول دو سال رخ داد؛ به طوریکه شدت عارضه در سال دوم بیشتر بود. همچنین ۶۸ درصد باغ‌ها دارای آب آبیاری نامناسب و خاک شور بودند. بر اساس داده‌های هواشناسی میانگین دمای هوا در سال دوم بالاتر از سال اول در کل منطقه 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؛ 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.

واژه‌های کلیدی: پراکنش، تغییرات اقلیمی، کیفیت آب آبیاری، ویژگی‌های خاک

مقدمه

انار (*Punica granatum* L.) 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 کشور ایران نیز، 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 پسندی 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 می‌باشد. در مراحل انتهایی رسیدگی میوه انار، سیانیدین-۳-گلوکوزاید و سپس دلفینیدین-۳-گلوکوزاید، ترکیبات آنتوسیانینی غالب می‌باشند (Hernandez *et al.*, 1999). هر چه مشتقات گلوکوزیدی آنتوسیانین‌ها در آریل بیشتر باشد، میوه‌ها از کیفیت و بازار پسندی بالاتری برخوردار می‌باشند (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-Soloklui *et al.*, 2023; Jafari *et al.*, 2014; Fawol *et al.*, 2013). کاهش نزولات آسمانی و تغییر اقلیم به همراه افزایش دما به‌عنوان عوامل دخیل در کاهش کیفیت اکثر محصولات باغی و زراعی معرفی شده است (Bonyanpour, 2024). با این وجود در یک دهه اخیر بروز عارضه سفیدشدگی آریل انار به‌عنوان عامل جدید و فراگیر در کاهش کیفیت میوه انار گزارش شده است که رقم ملس ساوه نیز از این قاعده مستثنی نگردد.

عارضه سفیدشدگی^۱ 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 هیچ گونه 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 بوده و رنگ آن‌ها از قرمز اناری شفاف با توجه به شدت عارضه به سفید کرمی تا قهوه‌ای سوخته تغییر می‌نماید (Meighani *et al.*, 2014). این عارضه در واقع نوعی اختلال فیزیولوژیک است که در طول دوره رشد و نمو میوه آغاز می‌گردد. با این وجود این عارضه را می‌توان در زمان برداشت محصول یا پس از نگهداری در سردخانه نیز مشاهده نمود (Waskar & Roy, 2000). در ارتباط با سفیدشدگی آریل انار دلایل متنوعی 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 دادند 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 داد که 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). مطالعه Borochoy-Neori *et al.* (2009) نیز تایید نمودند که شوری آب سبب کاهش محتوای آنتوسیانین و مشتقات آن می‌گردد.

پراکنش مکانی/فضایی هر عارضه (بیماری، خشکسالی، میکروارگانیزم‌ها...) 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 از روش‌هایی که اساس سیمای سرزمین دارند برای ارزیابی و مدلسازی پراکنش عارضه استفاده نموده و فاکتورهای تاثیرگذار را معرفی نمایند. موفقیت استفاده از روش GIS^۲ در مطالعات مختلف به‌عنوان یکی از تکنیک‌های کارآمد آمایش سرزمین در حوزه کشاورزی و منابع طبیعی گزارش شده است. به عنوان مثال (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

¹ . Paleness

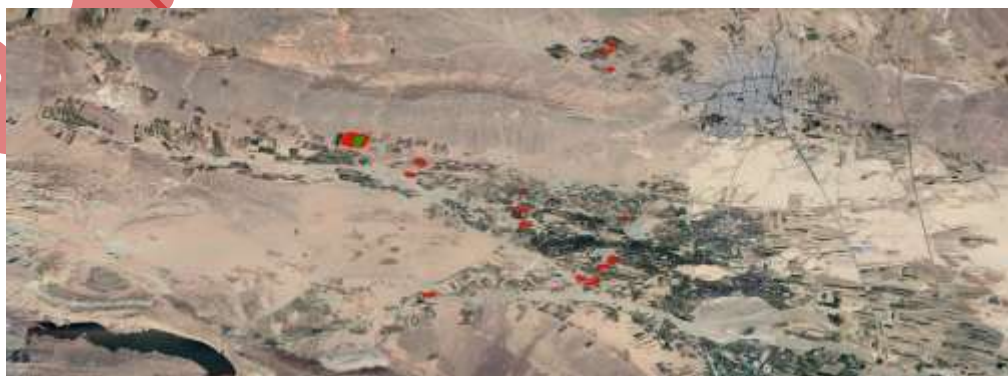
² . Geographic Information System

برداشت بی رویه از چاه هایی با کاربری کشاورزی معرفی کردند. (Jannati Ataie et al. 2018) با استفاده از GIS توانستند نقشه پراکنش علف های هرز مزارع کلزا در شهرستان گرگان را به منظور پیشبرد راه کارهای مدیریتی مزارع کلزا، تعیین نمایند. در حوزه باغبانی، Singh et al. (2017) با استفاده از فناوری جغرافیایی (سنجش از دور، GIS، سیستم های موقعیت یابی جهانی (GPS) و فناوری اطلاعات یا مدیریت داده)، پروژه نقشه برداری از باغ های میوه در سطح روستاها و تهیه اطلس باغبانی ایالت گجرات در کشور هند را انجام دادند. (Alimagham et al. 2020) نیز با استفاده از نقشه مدل تخصیص تولید فضایی، مبادرت به تهیه نقشه های 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 با هدف استفاده از این نقشه ها در ترکیب با نقشه های پهنه بندی اقلیمی و نقشه های خاک برای انتخاب ایستگاه هواشناسی در مطالعات شبیه سازی 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 گردید (Krityakierne et al., 2024).

با توجه به اینکه در یک دهه اخیر بخش قابل توجهی از محصول انار رقم "ملس ساوه" به عنوان 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 تکنیک های آمایش سرزمین تا کنون مطالعه ای انجام نشده است. بنابراین مطالعه حاضر با هدف (۱) تهیه نقشه پراکنش مکانی عارضه سفیدشدگی آریل انار در ۱۹ باغ مناطق مختلف شهرستان ساوه و همچنین تهیه نقشه پراکنش دمای، بارش و بافت خاک منطقه ساوه با استفاده از رهیافت های GIS و GPS و (۲) بررسی کیفیت خاک و آب آبیاری (ضریب هدایت الکتریکی) باغ های انتخابی، به منظور بررسی ارتباط این عوامل با وقوع و شدت عارضه سفیدشدگی آریل در انار رقم ملس ساوه، اجرا گردید.

روش شناسی پژوهش

مطالعه حاضر طی سال های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ در باغ های انار مناطق مختلف ساوه (درختان انار هفت ساله رقم ملس ساوه با فاصله کشت ۵ × ۵) اجرا گردید. 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 زمستان های سرد و تابستان های معتدل است. میانگین دمای سالانه در ایستگاه ساوه ۱۸/۲ درجه سانتی گراد و میزان بارندگی کم و حدود ۲۱۶ میلی متر در سال می باشد و بیشتر بارش بصورت باران است. متوسط رطوبت شهر ساوه ۳۹ درصد می باشد که ماه دی با میانگین ۵۸ درصد مرطوبترین ماه و ماه های تیر و مرداد با میانگین ۲۶ درصد خشکترین ماه های سال می باشند.



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

در فاز ابتدایی مطالعه، با بازدید از منطقه مطالعاتی در خصوص ارقام کشت شده انار اطلاعاتی جمع آوری گردید. بر اساس اطلاعات بدست آمده ۱۹ باغ با درختان 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 ۳ نقطه (تقاطع جوی آب، تقاطع جاده قدیمی و موتورآب قدیمی) برای تطابق تصویر هوایی به عنوان نقاط کنترلی برداشت 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 شد و سپس میوه‌ها شکافته و مورد بررسی قرار گرفتند. به منظور گروه‌بندی اولیه و تعیین شدت عارضه، یک مقیاس ۵ رتبه‌ای (۱-۵) در نظر گرفته شد (شکل ۲) و سپس متوسط درصد سفیدشدگی در هر باغ بر اساس رابطه زیر تعیین گردید (Kavand et al., 2020):

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

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 ساوه با مقیاس 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. برای این منظور، ابتدا نقاط برداشت شده توسط دستگاه GPS برای هر باغ (مختصات باغ‌های انتخابی) به‌عنوان داده‌های ورودی اولیه به نرم افزار Google Earth pro ver.7.3 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 (Shape file) 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 با استفاده از رویه GLM، 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 $68/42$ درصد باغ‌ها دارای عارضه با شدت متوسط (مقیاس ۳) و $10/52$ درصد باغ‌ها دارای عارضه با شدت زیاد (مقیاس ۴) بودند و سهم باغ‌هایی با شدت عارضه کم (مقیاس ۲)، $21/05$ درصد بود. در سال دوم بیش از 63 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 $31/57$ و $5/26$ درصد در سال دوم بوده است (جدول ۱).

کیفیت آب آبیاری و خاک

نتایج بررسی کیفیت آب آبیاری بر اساس حد آستانه تحمل به شوری آب آبیاری رقم ملس ساوه ($3/25$ دسی زیمنس بر متر) (Momenpour et al., 2020) نشان داد که کیفیت آب آبیاری $68/50$ 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 ($4/00$ دسی زیمنس بر متر) (Soltani, 2017) بدست آمد؛ بطوریکه حدود $68/50$ درصد باغ‌های انتخابی دارای خاک شور بودند (جدول ۲).

مقایسه میانگین صفات کمی

نتایج تجزیه واریانس 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 (۷۸ و ۶۰ درصد به ترتیب) و باغ‌های شماره ۱، ۳، ۶ و ۱۹ ($13/13$ 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 به خود اختصاص دادند (جدول ۳). همچنین نتایج نشان داد که درصد سفیدشدگی آریل انار کلیه باغ‌های انتخابی در سال دوم در مقایسه با سال اول روند صعودی داشته است (جدول ۳). در خصوص آب آبیاری، باغ‌های انتخابی دارای ضریب هدایت الکتریکی در محدوده $1/45 - 6/69$ (ds/m) 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 $10/00$ ds/m) و کمترین ضریب برای باغ شماره ۱۹ ($3/1$ ds/m) 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 اول	سال دوم		
-	-	۱	بدون عارضه
۱۹	۱،۳۶،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

(منبع: یافته‌های تحقیق).

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

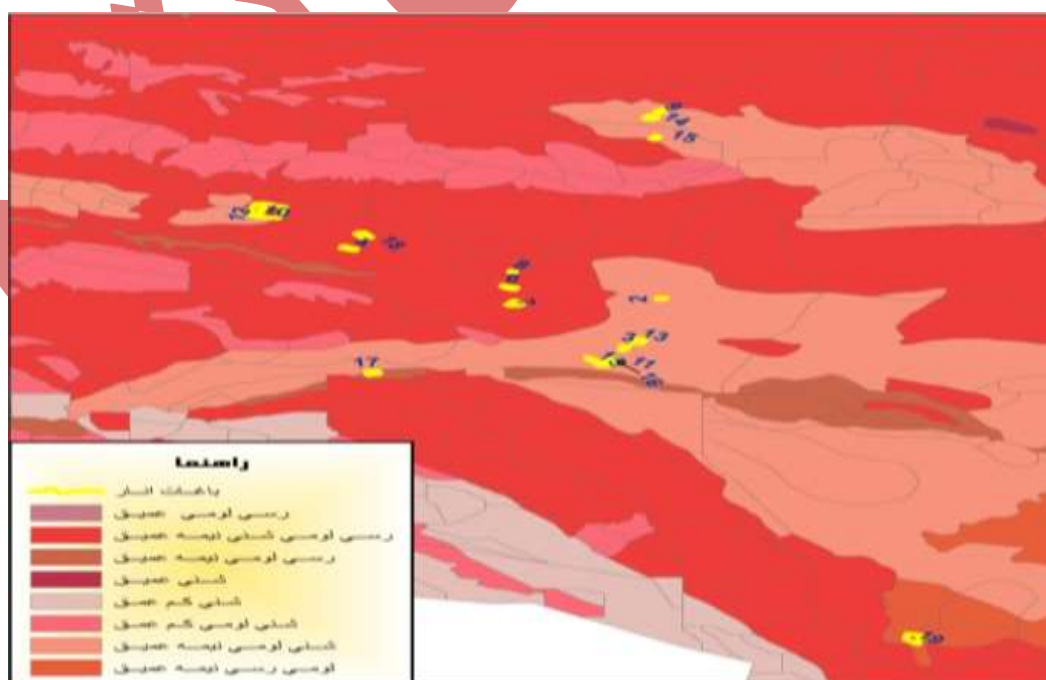
شماره باغ	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹
کیفیت آب آبیاری	نامناسب	مناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	مناسب	مناسب	مناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	مناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب
کیفیت خاک	شور	غیر شور	شور	شور	شور	غیر شور	غیر شور	غیر شور	شور	شور	شور	شور	غیر شور	شور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

(منبع: یافته‌های تحقیق).

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 آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر)	ضریب هدایت الکتریکی خاک (دسی زیمنس بر متر)
۱	۱۳/۳ ^f	۲۹/۰ ^f	۵/۵۷ ^b	۱۰/۷ ^a
۲	۴۲/۳ ^c	۴۶/۰ ^e	۲/۱۸ ^e	۳/۲۶ ^e
۳	۱۳/۳ ^f	۷۳/۰ ^c	۴/۰۸ ^c	۷/۷۵ ^c
۴	۲۲/۰ ^f	۴۲/۰ ^e	۶/۶۹ ^a	۱۰/۵۵ ^a
۵	۴۳/۳ ^c	۴۶/۰ ^e	۳/۰۴ ^d	۷/۰۴ ^c
۶	۱۳/۳ ^f	۷۲/۶ ^c	۲/۰۶ ^e	۳/۴۳ ^e
۷	۳۲/۳ ^d	۶۲/۶ ^d	۱/۸۰ ^f	۳/۳۰ ^e
۸	۳۹/۰ ^d	۹۳/۳ ^a	۱/۸۰ ^f	۲/۹۶ ^e
۹	۴۲/۳ ^c	۴۹/۶ ^e	۳/۸۳ ^d	۶/۵۰ ^د
۱۰	۴۵/۳ ^c	۸۰/۶ ^b	۴/۰۹ ^c	۷/۷۵ ^c
۱۱	۳۹/۳ ^c	۴۶/۰ ^e	۳/۵۶ ^d	۷/۲۳ ^c
۱۲	۴۶/۶۳ ^c	۷۶/۳ ^c	۴/۰۹ ^c	۷/۷۵ ^c
۱۳	۲۱/۳ ^e	۷۱/۳ ^c	۱/۴۵ ^f	۲/۹۶ ^e
۱۴	۶۰/۰ ^b	۹۱/۳ ^a	۴/۷۰ ^c	۸/۸۱ ^b
۱۵	۴۶/۶ ^c	۸۳/۶ ^b	۴/۶۱ ^c	۸/۸۱ ^b
۱۶	۴۸/۰ ^c	۶۱/۰ ^d	۴/۰۸ ^c	۷/۷۵ ^c
۱۷	۷۸/۰ ^a	۹۴/۰ ^a	۴/۱۶ ^c	۱۰/۲۳ ^a
۱۸	۵۲/۳ ^c	۸۴/۶ ^b	۳/۶۳ ^d	۵/۶۰ ^d
۱۹	۱۳/۳ ^f	۱۷/۷ ^g	۲/۰۰ ^e	۳/۱۰ ^e

در هر ستون میانگین‌هایی با حرف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند (منبع: یافته‌های تحقیق).



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)

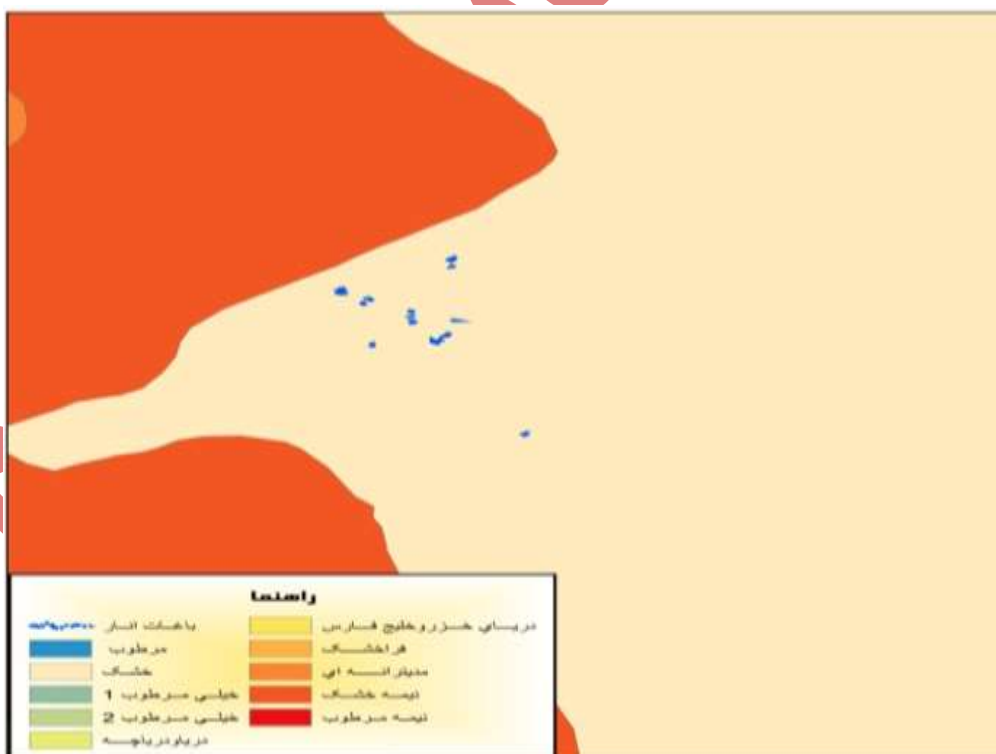
نقشه بافت خاک

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

شکل ۴، همپوشانی نقشه پراکنش باغ‌های انتخابی با نقشه اقلیم منطقه را نشان می‌دهد. نتایج هم پوشانی نشان داد که باغ‌های انتخابی همگی در منطقه خشک قرار دارند. 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).

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 ۵، A)؛ با این وجود، 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 ۵، B).

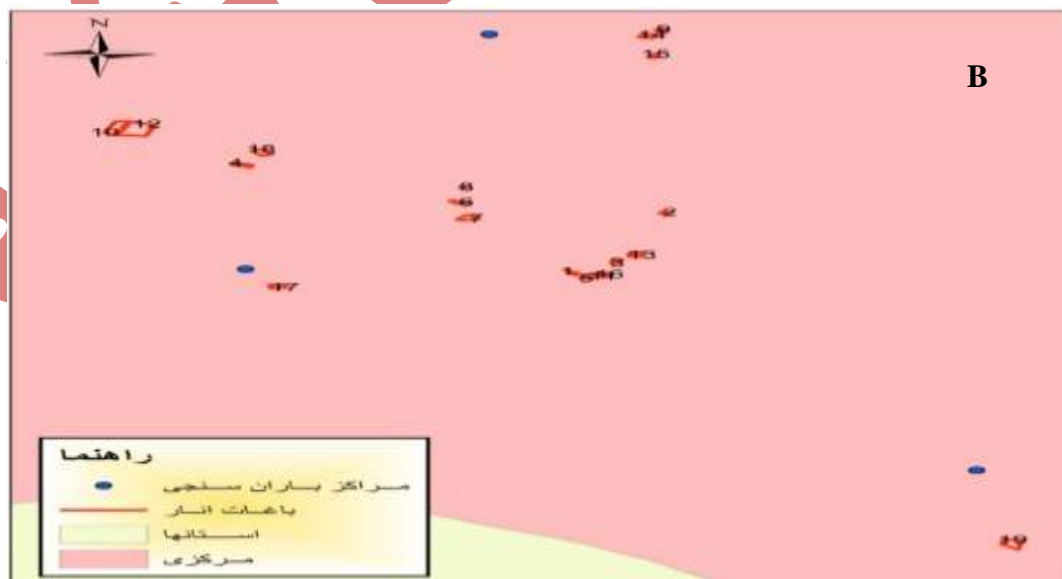
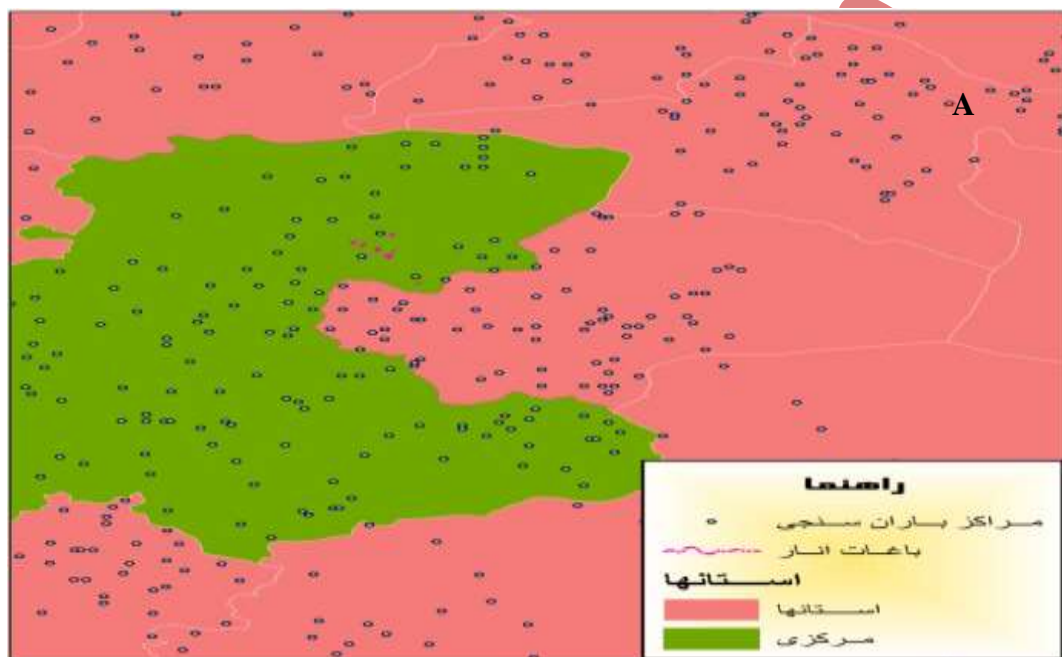


شکل ۴. نقشه همپوشانی پراکنش باغ‌های انتخابی و لایه اقلیم منطقه ساوه بر اساس داده‌های دمایی دو سال (منبع: یافته‌های تحقیق).

جدول ۴- میانگین و حداکثر درجه حرارت ماهیانه منطقه ساوه در طول دو سال

اسفند	بهمن	دی	اذر	ابان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	سال
متوسط دمای ماهیانه (سانتی‌گراد)												
۱۵/۳	۱۱/۲	۷/۳	۵/۶	۱۳/۲	۲۰/۵	۲۸/۶	۳۶/۶	۳۴/۵	۳۱/۱	۲۴/۱	۱۹/۷	۱۳۹۹
۱۴/۱	۶/۲	۵/۷	۸/۷	۱۱/۲	۲۲/۷	۳۲/۴	۳۹/۶	۳۷/۴	۳۳/۸	۲۷/۳	۲۰/۱	۱۴۰۰
حداکثر دمای ماهیانه (سانتی‌گراد)												
۲۸	۲۱	۱۸/۸	۱۹	۳۳	۳۳	۳۸	۴۱/۷	۴۳	۳۹	۳۳	۳۰	۱۳۹۹
۳۴/۸	۱۹/۲	۱۸/۴	۱۸	۱۸/۸	۳۵	۴۱/۸	۴۵/۸	۴۵	۴۱	۳۵	۳۳	۱۴۰۰

(منبع: یافته‌های تحقیق).



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 زمان بندی 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 ریشی 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.*, 2017) سه عامل جهت جغرافیایی، میزان نمناکی و سایه (ناشی از پستی و بلندی‌های سطح زمین) را به عنوان 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 زیمنس بر متر گزارش نمودند اما در خصوص حد آستانه تحمل شوری خاک برای رقم ملس ساوه گزارشی منتشر نگردید. 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 داد 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 می‌باشد 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 می‌دهند (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). 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 (Jalikoop *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 می‌باشد. بر اساس مطالعات Mohseni *et al.* (2020) خاکی با بافت متوسط به شرط زهکشی مطلوب، بهترین شرایط را برای کشت درختان انار

دارا می‌باشد. با در نظر گرفتن نوع بافت خاک، تنها ۳۷ درصد باغ‌های انتخابی (۱۰، ۴، ۱۸، ۸، ۶ 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 آب‌سویبی 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 متفاتی 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 شدت و درصد سفیدشدگی بیشتری در باغ‌های ۱۰، ۴ و ۱۸ در مقایسه با باغ شماره ۱۹ با وجود داشتن بافت خاک یکسان (متوسط بافت)، 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) احتمالاً شوری خاک و آب آبیاری در مواردی همگام با تاثیر بافت خاک شدت عارضه را تشدید می‌نماید؛ که این وضعیت در مقایسه باغ‌هایی با بافت درشت (شنی-لومی)، خاک شور، آب آبیاری نامناسب و شدت عارضه بیشتر در مقایسه با باغ شماره ۱۹ که دارای خاک سنگین‌تر اما خاک و آب آبیاری غیر شور و شدت عارضه کمتر، قابل تایید است؛ ب) در برخی موارد احتمالاً 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 سبک تر، 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 (بخصوص 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 به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد (Asadi *et al.*, 2019; Sedaghat *et al.*, 2021; Kavand *et al.*, 2017)؛ 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) می‌باشد، کاهش می‌یابد (Asadi *et al.*, 2019). بنابراین در تکمیل نتایج بخش قبل در خصوص تاثیر شوری، شوری آب آبیاری و خاک نه تنها بر وقوع عارضه سفیدشدگی آریل انار بلکه بر شدت عارضه نیز تاثیرگذار خواهند بود.

علاوه بر بافت خاک و کیفیت آب آبیاری و خاک، به نظر می‌رسد عوامل دیگری نیز در بروز یا تغییر شدت عارضه سفیدشدگی موثر باشند؛ زیرا در برخی از باغ‌ها علیرغم 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 شدت و میزان عارضه به طور چشمگیری افزایش داشت. به طوریکه 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 احتمالاً تاثیر این عامل در وقوع عارضه سفیدشدگی محسوس نمی‌باشد. 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 - به عنوان گرمترین ماه‌های سال در این منطقه دمای بالای ۴۰ درجه سانتیگراد 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 سانتیگراد 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 سانتیگراد و دمای سطح میوه بین ۴۵-۵۰ درجه سانتیگراد را به عنوان دمای مساعد برای وقوع پدیده‌های فیزیولوژیک مانند آفتاب سوختگی، ترکیدگی و سفیدشدگی در انار معرفی نمود. (Narjesi et al., 2021) و همچنین (Yazici & Kaynak, 2009) نیز گرمای بالای محیط را به عنوان عامل اختلال در روند سوخت و ساز گیاه و ایجاد اختلالات فیزیولوژیک و نهایتاً اثرات منفی بر تمام ویژگی‌های کیفی میوه انار گزارش نمودند. هم راستا با نتایج مطالعه حاضر، -Ghasemi Soloklui et al. (2023) نیز 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 دادند که شرایط آب و هوایی بر تمامی خصوصیات مورد اشاره اثر معنی‌داری داشته است؛ به‌طوری‌که در شرایط آب و هوایی کوهستانی در مقایسه با آب و هوای گرم و خشک، میوه‌ها از محتوی فنل کل و آنتوسیانین بالاتری ($p < 0.05$) برخوردار می‌باشند. همچنین نتایج آن‌ها نشان داد که کالتیوارهایی با حداکثر قرمزی در پوست و آریل انار مربوط به رویشگاه‌هایی با آب و هوای کوهستانی می‌باشند. با توجه به تاثیر منفی گرما بر کیفیت میوه انار، (Treder et al., 2016)، (Amarante et al., 2010) و (Shahak, 2006) استفاده از پوشش سایبان را به عنوان یک راه حل در کاهش دمای سطح برگ، کاهش تنش گرمایی و کم آبی و 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 فیزیولوژیک از جمله آفتاب سوختگی و سفیدشدگی توسط (Narjesi et al., 2021) و (Sedaghat et al., 2021) در انار گزارش شد. 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 توام 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 (Jalikoop 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 فیزیولوژیک در منطقه ساوه شناسایی شد. همچنین کیفیت آب آبیاری و خاک از نقطه نظر ضریب هدایت الکتریکی به صورت توامان 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.

سیاسکزاری

پژوهش حاضر در قالب طرح تحقیقاتی مصوب به شماره ۹۳۱۹۸-۰۳-۶۱-۲، 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). آمارنامه کشاورزی سال ۱۴۰۰ جلد: سوم. گزارش محصولات باغبانی و گلخانه ای. معاونت آمار مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. وزارت جهاد کشاورزی، تهران.

عالی مقام، س. ج؛ سلطانی، ا؛ دادرسی، ا و نه‌بندانی، ع (۱۴۰۲). تهیه نقشه پراکنش سطح زیر کشت گیاهان باغی و زراعی در سطح کشوری برای ایران. *نشریه بوشناسی کشاورزی*، ۱۵ (۱)، ۷۵-۸۸.

عظیمی، س؛ اژدری مقدم، م و هاشمی منفرد، آ (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 اقلیم شناسی*، ۲۹، ۷۳-۸۸.

بنیان پور، ع (۱۴۰۳). تاثیر استفاده از سایبان در بهبود وضعیت محیطی و کاهش میزان ترکیدگی، آفتاب سوختگی و دانه سفیدی انار. *نشریه علمی علوم باغبانی*، ۸۸ (۱)، ۱۷۹-۱۷۳.

جنتی عطائی، س؛ پیردشتی، ه، کاظمی، ح و یونس آبادی، م (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، ع؛ دهستانی اردکانی، م، سلطانی گرد فرامرزی، و، هادی راد، م، وظیفه شناس، م، آنقلی، ا، احمدی، ف و جماعتی، ز (۱۳۹۹). تعیین آستانه تحمل شوری ژنوتیپ‌های مختلف انار. *نشریه پژوهش آب در کشاورزی*، ۳۴، ۱۵-۱.

نرجسی، و (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، م.ح؛ حیدری، م، محمدخانی، ع و حسینی فرد، س.ج (۱۳۸۸). تاثیر برخی از ویژگی‌های خاک بر رشد و خندانی پسته در منطقه انار رفسنجان. *مجله پژوهش‌های خاک*، ۲۳، ۴۷-۳۵.

صداقت، س؛ راحمی، م و جعفری، م (۱۴۰۰). اثرات آب و خاک شور بر دانه سفیدی انار. *پژوهش‌های میوه‌کاری*، ۱، ۱۲۸-۱۲۱.

سلطانی گردفرامرزی، و؛ جعفری، ا، کمالی، ک و وظیفه شناس، م.ر (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., Dadrasi, 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)
- 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.
- Agricultural statistics (2022). Agricultural statistics for the year 2021, Volume 3: Report of Horticultural and Greenhouse products. Vice President of Statistics of Information and Communication Technology Center Information and Communication Technology Center. Ministry of Agriculture Jihad, Tehran.

- Amarante, C. D., Steffens, C. A., & Argenta, L. C. (2010, August). Radiation, yield, and fruit quality of Gala apples grown under white hail protection nets. In *XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on 934* (pp. 1067-1074).
- 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.
- 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)
- 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.
- Esmaili, R., Soosani, J., Shataee, J. S., Naghavi, H., & Poorshakori, F. (2017). 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 Since*, 23(2), 146-168.
- 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.
- 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.
- 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. Manion, P.D. 1991. *Tree Disease concepts*, seconded. Prentice Hall, New Jersey.
- 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.
- 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.
- Jalilop, S. H., Venugopalan, R., & Kumar, R. (2010). Association of fruit traits and aril browning in pomegranate (*Punica granatum* L.). *Euphytica*, 174, 137-141.
- 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)
- Kavand, M., Arzani, K., Barzegar, M., & Mirlatifi, M. (2017, September). Orchards management for reducing pomegranate aril browning disorder. In *I International Conference and X National Horticultural Science Congress of Iran (IrHC2017) 1315* (pp. 503-512).
- 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.
- Krityakierne, T., Sinpayak, P., & Khiripet, N. (2024). GIS spatial optimization for agricultural crop allocation using NSGA-II. *Information Processing in Agriculture*, 12.

- 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.
- 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 Gerdafamarzi, V., Hadirad, M., Vazhfeshenas, M., Anaghali, A., ... & Jamaati, Z. (2020). Evaluation of salinity tolerance threshold of selected pomegranate genotypes. *Journal of Water Research in Agriculture*, 34(1), 1-14. (in Persian)
- Musazadeh, 2003. Ecosystemial investigation on Polypore's Fungies in Mazandaran Forests. Msc. Thesis in Gorgan Azad Islamic University. 217p. (in Persian)
- Naghavi, H. (2010). Investigating the physical and chemical characteristics and the formation and transformation of the soils of the pistachio farming areas of Rafsanjan. Msc. Thesis in Isfahan University of Technology. 275p. (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)
- 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.
- 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. O. Z. H. D. E. H., Mohammadkhani, A., & Hosseinfard, 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)
- 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)
- 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).
- 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. (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)
- 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.
- 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 *International Symposium on Pomegranate and Minor Mediterranean Fruits 818* (pp. 181-186).

Spatial distribution of pomegranate aril paleness and its relationship with some environmental and non-environmental factors using geographic information system (GIS)

Introduction

In recent years, due to the occurrence of pomegranate aril paleness, the export of the produce has decreased significantly. Therefore, in the initial phase, the aim of this research was 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. In the second phase, the purpose was to investigate the relationship between the temperature (environmental factor), rainfall (environmental factor) and soil texture (non-environmental factor) (based on the overlap of the distribution maps prepared in the initial phase) as well as the electrical conductivity coefficient of irrigation water and soil (non-environmental factors) with the occurrence and severity of pomegranate aril paleness in Saveh region.

Materials and Methods

For this purpose, 19 pomegranate orchards with the cultivated area of "Malas Saveh" cultivar were selected and the position of each orchard including longitude and latitude was recorded with a GPS device. In the commercial mature stage, the fruits were harvested and after splitting, based on a 5-point scale, the severity of the complication and then the percentage of pomegranate aril paleness were calculated for each orchard. Next, by taking samples of irrigation water and soil, soil texture and electrical conductivity coefficient of soil and irrigation water of each orchard were determined. The aril paleness percentage and electrical conductivity coefficient of irrigation water and soil of selected orchards were analyzed and compared separately in completely randomized design with ten replications during two years. Also, using a digital model, soil texture layer, climate layer and rain gauge points, and orchards layer were prepared in GIS environment, and 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 of the pomegranate fruit quality investigation showed that in all the selected orchards, paleness occurred with different severity during two years; So that the severity of the complication was higher in the second year than the first year in all orchards. On the other hand, the results showed that 68% of the orchards selected based on the electrical conductivity coefficient had unsuitable irrigation water and salty soil. Three groups of soil texture, 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 period from May to mid-October in the second year was higher than the first year in the entire region. The results of overlapping the soil texture layer, temperature and rainfall with the orchard layer respectively 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 the four factors of 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.

Keywords: Distribution, Climate changes, Irrigation water quality, Soil properties