سال اول، شماره ۲، شهریور ۱۳۹۳، صفحات ۵۵ تا ۶۴
نشریه آب و توسعه پایدار

2014, Vol.1, No.2, Pages 55 to 64
Journal of Water and Sustainable Development

ارزیابی مدیریت آبیاری یکی از باغات پسته‌ی اردکان با کمك انعکاس‌سنجی بازه‌ی زمانی (TDR) و تکنیك سنجش از دور

محمدحسن رحیمیان[۱*]، عمادنشاط[۲]، مصطفی میرابزاده اردکانی[۳]، مهدی شیران تفتی[۴]، علی محمدقائمی نیا[۵]، مهدی اسدیان[۶]

۱- دانشجوی دکترای آبیاری و زهکشی، دانشگاه صنعتی اصفهان و کارشناس ارشد تحقیقاتی مرکز ملی تحقیقات شوری، یزد ۲- کارشناسی ارشد خاکشناسی، کارشناس مرکز ملی تحقیقات شوری، یزد ۳- کارشناسی ارشد زراعت، مسئول ایستگاه تحقیقات پسته‌ی اردکان ۴- کارشناسی آبیاری، کارشناس ارشد مرکز ملی تحقیقات شوری، یزد ۵- کارشناسی ارشد بیابان، کارشناس مرکز ملی تحقیقات شوری، یزد ۶- کارشناسی باغبانی، کارشناس ایستگاه تحقیقات پسته‌ی اردکان.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: mhrahimian@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۳
تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۳۰

چکیده

یکی از روش‌های شناخت و ارزیابی مدیریت آبیاری، اندازه‌گیری رطوبت خاك، تعیین شاخص‌های گیاهی و دمای تاج‌پوشش آن است. تحقیق حاضر به معرفی یکی از الگوهای سنّتی مدیریت آبیاری در باغات پسته (چرخش مداوم آب در درون یك محدوده‌ی تحت آبیاری) در شهرستان اردکان پرداخته و سپس اقدام به ارزیابی آن و بررسی نقاط قوّت و ضعف این الگو نموده است. به منظور بررسی تغییرات روزانه‌ی رطوبت خاك، از دستگاه انعکاس‌سنجی بازه‌ی زمانی (TDR) استفاده شد و در یك دوره‌ی یك ماهه، قرائت‌های روزانه‌ی رطوبت از چهار عمق مختلف خاك در ۲۵ نقطه از منطقه‌ی مطالعاتی صورت گرفت. علاوه بر این، از تصاویر ماهواره‌ای لندست برای تعیین شاخص گیاهی NDVI و دمای پوشش گیاهی باغات پسته در منطقه‌ی مطالعاتی استفاده و سپس منطقه‌ی مطالعاتی با باغات پسته‌ی مجاور آن مقایسه شد. نتایج این تحقیق نشان داد که میانگین رطوبت خاك منطقه‌ی مطالعاتی در نقاط ۲۵ گانه، در تمامی روزها نسبتاً یکسان بوده و در محدوده‌ی ۱۵ تا ۲۰ درصد حجمی قرار دارد (میانگین، ۱۷/۶ درصد و انحراف معیار، ۳/۶ درصد). این مساله به ایجاد شرایط میکروکلیمائی مطلوب و کاهش نسبی اثرات تنش خشکی در باغات پسته منجر شده که در مجموع به نفع گیاه است. مقایسه‌ی شاخص NDVI و دمای پوشش گیاهی منطقه‌ی مطالعاتی با باغات دیگر پسته نشان داد که باغات این منطقه در وضعیّت مناسبی قرار دارند که مویّد مطلوبیّت نسبی شرایط محیطی و مدیریتی حاکم بر درختان پسته‌ی منطقه‌ی مطالعاتی است. ترویج الگوی آبیاری مذکور (گردش مداوم آب در سطح منطقه‌ی مطالعاتی و آبیاری قطعات پراکنده و متمایز از هم) و اجرای آن در سایر باغات پسته – که آبیاری آنها از یك قطعه شروع شده و سپس قطعات مجاور آن به ترتیب و پشت سر هم آبیاری می‌شوند تا سرانجام کلّ منطقه، آبیاری گردد – از دستاوردهای این تحقیق به شمار می‌آید.

واژه‌های کلیدی: الگوی آبیاری، رطوبت خاك، NDVI، دمای پوشش گیاهی، پسته، تصاویر ماهواره‌ای.

Assessment of irrigation management of a pistachio garden in Ardekan using time-domain reflectometer (TDR) and remote sensing technique

M.H. Rahimiyan[1*], E. Neshat[2], M. Mirabzade Ardakani[3], M. Shiran Tafti[4], A.M. Ghaeminia[5], M. Asadiyan[6]

1-Ph.D Student in Irrigation and Drainage, Isfahan University of Technology & Research Msc in National Salinity Research Center, Yazd, Iran. 2- Msc in soil, National Salinity Research Center, Yazd, Iran.3- Msc in Agriculture, Pistachio Research Station of Ardakan, Iran. 4- Bachelor of Irrigation & Msc in National Salinity Research Center, Yazd, Iran. 5- Msc in Desert, National Salinity Research Center, Yazd, Iran. 6- Bachelor of Horticulture, Pistachio Research Station of Ardakan, Iran.
* (Corresponding author Email: mhrahimian@gmail.com)

Received:17-5-2014
Accepted: 21-7-2014

Abstract

One of the methods of understanding and evaluating the irrigation management is to measure soil moisture, plant indices and vegetation temperature. The present study aims to introduce a traditional pattern of irrigation management (continuous water rotation in an irrigation zone) in the pistachio gardens of Ardakan, and evaluate its strengths and weaknesses. A TDR device was used in a one-month period in order to study the daily changes of the soil moisture. To do this, soil moisture was measured on a daily basis in four different depths in 25 points of the studied land. Moreover, Landsat satellite images were used to determine the normalized difference vegetation index (NDVI), and vegetation coverage temperature, and the results were compared to those of the neighboring pistachio gardens. The results showed that the average soil moisture of the studied land in 25 points were approximately the same in all days and is in a range of 15 to 20 volumetric percent (with the average of 17.6 percent and the standard deviation of 3.6 percent). This pattern caused a favorable microclimatic condition and proportional reduction in drought effects in pistachio gardens which is beneficial to the plants. Furthermore, the NDVI and vegetation temperature indices showed a better condition in the studied Pistachio garden in comparison with the neighboring gardens which is a result of management pattern. Promoting the aforementioned method of irrigation, (continuous water rotation in an irrigation zone and irrigation of scattered and distinct parts) – and applying it in other pistachio gardens –where irrigation starts in one part and goes through adjacent parts in a row to irrigate all the land_ is one of the achievements of this study.

Keywords: Irrigation Pattern, Soil Moisture, NDVI, Vegetation Temperature, Pistachio, Satellite Images.

مقدمه

محدودیت‌های کمی و کیفی آب آبیاری در مناطق خشك باعث شده که زارعین و باغداران این مناطق، تجارب ارزشمندی را در زمینه‌ی مدیریت آبیاری در این شرایط، کسب و در عرصه‌های کشاورزی خود اجرا کنند. این تجارب که در درازمدت حاصل شده است، باعث تداوم و رونق کشاورزی در این مناطق بوده است؛ به‌طوری‌که علی‌رغم منابع آبی محدود در این مناطق، کشاورزان توانسته‌اند سال‌های متمادی در زمین‌ها و باغات خود فعالیت نموده و از طریق تولید اقتصادی محصولات خود، امرار معاش نمایند. لذا ضرورت دارد که شناخت بیشتری از دانش سنّتی مدیریت آبیاری در مناطق خشك صورت گرفته تا از آن در مدیریت و برنامه‌ریزی‌های آتی منطقه‌ای و یا در مواقع بروز خشکسالی‌ها استفاده و الگوبرداری شود. یکی از روش‌های شناخت وارزیابی دانش سنتی مدیریت آبیاری در مزارع مناطق خشک والگوبرداری ازاین دانش، اندازه‌گیری و پایش مستمر نهاده‌ها و ستاده‌های کشاورزان در این مناطق و توجّه به شاخص‌های مختلف ارزیابی مدیریت حاکم بر این مزارع است. در همین زمینه، شاخص‌های مختلفی نظیر رطوبت خاك، کمبود رطوبت خاک (SWDI)[1]، شاخص گیاهی تفاضل نرمال (NDVI)[2]، دمای سطح مزرعه (LST)[3]، شاخص سطح برگ (LAI)[4]، مقادیر خیسی خاک (SWI)[5]، شاخص گیاهی تنظیم شده برای خاك (SAVI)[6] و غیره معرّفی و استفاده شده‌اند که تعیین آنها از طریق ابزارهای دستی و نمونه‌برداری‌های مزرعه‌ای و یا از طریق تکنیك‌های دورسنجی (RS)[7] نظیر سنجش از دور ماهواره‌ای انجام شده‌است. در این زمینه می‌توان به تحقیقی که اکبری و همکاران (۱۳۸۷) انجام داده‌اند اشاره نمود که در شبکه‌های آبیاری حوزه‌ی زاینده‌رود با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای نوا و لندست انجام شده‌است. آنها با محاسبه‌ی نمایه‌های گیاهی LAI، SAVI، NDVI و تبخیر و تعرّق واقعی، شاخص سودمندی آب (نسبت عملکرد بیولوژیکی به تبخیر و تعرّق واقعی) در منطقه‌ی مطالعاتی را تعیین‌کرده و مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق آنهانشان داد که جریان تغییرات عملکرد بیولوژیکی، شاخص‌های گیاهی و تبخیر و تعرّق واقعی مشابه است. بررسی تغییرات رطوبت خاك ناحیه‌ی ریشه با کمك نمونه‌برداری مستمر از خاك و یا ابزارهای تعیین‌گر رطوبت از دیگر اقداماتی است که در پایش و ارزیابی مدیریت‌های آبیاری در مزرعه و همچنین برنامه‌ریزیآبیاری انجام می‌شود (فاضلی و همکاران، ۱۳۸۹؛ انصاری، ۱۳۸۴). باتوجه‌به تأثیر رطوبت خاک در فعل و انفعالات بیولوژیک و رشد و نمو گیاهان، تعیین رطوبت موجود در منطقه‌ی توسعه‌ی ریشه، اهمّیّت زیادی در پایش خشکسالی کشاورزی نیز خواهد داشت(کشاورز و همکاران، ۱۳۹۰). روش‌ها و ابزارهای متعدّدی برای بررسی تغییرات رطوبت خاك ناحیه‌ی ریشه موجودند که از جمله‌ی آنهامی‌توان به انعکاس‌سنجی بازه زمانی (TDR)[8] اشاره نمود. در تحقیق حاضر نیز از همین روش استفاده شده تا تغییرات رطوبت خاك در یکی از باغات سنّتی پسته در استان یزد، پایش شده و از این طریق، نحوه‌ی مدیریت آبیاری حاکم بر این باغات مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد.

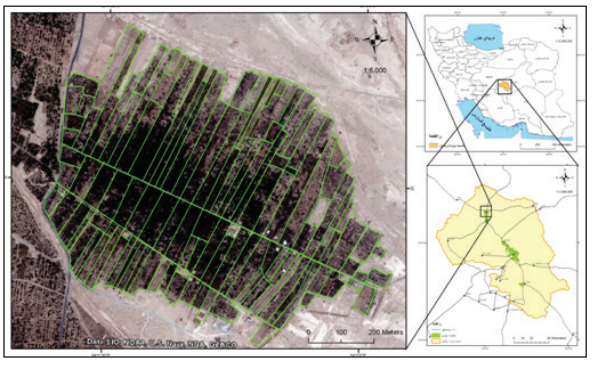
مواد و روش‌ها

این مطالعه، در قسمتی از باغات پسته‌ی شمال اردکان در غرب استان یزد انجام شده است.

وسعت منطقه‌ی مورد مطالعه، ۶۲ هکتار است که در بین طول‌های جغرافیائی ۰۱′E–۵۴° تا ۰۳′E–۵۴° و عرض‌های جغرافیائی ۲۰′N–۳۲° تا ۲۲′N–۳۲° واقع شده است (شکل ۱).

بافت غالب خاك در نقاط مختلف این منطقه لوم شنی، لوم رسی و لوم است (جدول ۱).

منبع آب آبیاری در این منطقه یك حلقه چاه عمیق است که در مجاورت همین منطقه قرار گرفته است. دبی تقریبی این چاه، ۲۵ لیتر در ثانیه و هدایت الکتریکی آن، ۱۲ دسی‌زیمنس برمتر است.

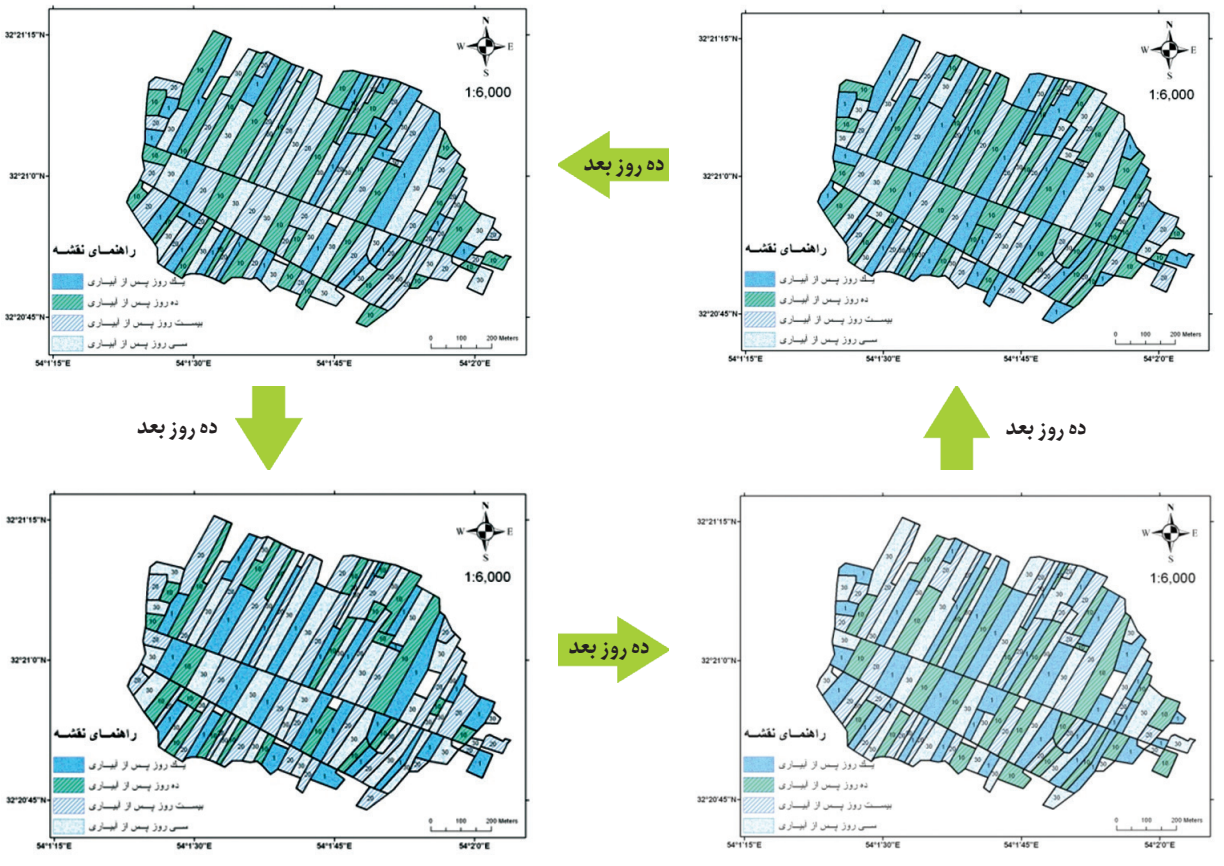


شکل ۱– موقعیت منطقه‌ی مطالعاتی در دشت یزد– اردکان و تصویر ماهواره‌ای از باغات پسته‌ی مورد مطالعه (خطوط کشیده شده بر روی تصویر ماهواره‌ای، مرز هر یك از قطعات تحت آبیاری در منطقه‌ی مطالعاتی را نشان می‌دهند)

جدول ۱- خلاصه آماری از درصد شن، سیلت و رس خاك منطقه‌ی مطالعاتی در اعماق مختلف

عمق خاك/ نام پارامتر	۰-۳۰ سانتیمتر			۳۰-۶۰ سانتیمتر			۶۰-۹۰ سانتیمتر			۹۰-۱۲۰ سانتیمتر		
	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین
درصد شن	۳۰/۴	۵۰/۸	۴۲/۴	۲۹/۴	۴۹/۶	۴۰/۸	۲۲/۸	۵۸/۸	۳۸/۰	۲۴/۰	۶۴/۴	۴۰/۴
درصد سیلت	۲۲/۴	۴۴/۰	۳۰/۸	۱۸/۸	۳۹/۰	۳۰/۱	۱۵/۴	۴۵/۴	۳۲/۰	۱۶/۴	۴۸/۴	۳۲/۳
درصد رس	۲۱/۶	۳۳/۶	۲۶/۸	۲۵/۰	۳۵/۶	۲۹/۱	۲۰/۸	۳۵/۶	۳۰/۰	۱۲/۸	۳۷/۶	۲۷/۳

نحوه‌ی مدیریت باغات پسته در منطقه‌ی مطالعاتی، عمدتاً به‌صورت خرده‌مالکی است؛ به‌طوری‌که در حال حاضر، حدود یک‌صد بهره‌بردار در منطقه‌ی اصیل‌آباد، در حال فعالیت‌اند. وسعت باغات تحت‌اختیار هر یك از این بهره‌برداران، بین ۰/۳ تا ۱۰ هکتار، متغیر است. باغ‌های بهره‌بردارانی که دارای وسعت قابل توجهی از باغات پسته‌اند، از نظر مکانی در مجاورت هم قرار نگرفته و همین مساله باعث چرخش مداوم آب در تمامی منطقه‌ی مطالعاتی می‌شود. باغات مذکور به‌روش غرقابی آبیاری می‌شوند و دور آبیاری برای هر بهره‌بردار متفاوت است. به‌طور میانگین، دور آبیاری پسته در منطقه‌ی مطالعاتی حدود ۳۰ روز است. این، در حالی است که دور آبیاری برخی باغات، ۱۴ روز و برای برخی دیگر تا ۶۰ روز هم گزارش شده است. ابعاد نوارهای آبیاری نیز در این منطقه متغیّر بوده که عرض آن‌ها به ۱۵ متر و طول آن‌ها به ۱۰۰ متر هم می‌رسد. شکل (۲) تصویری شماتیك از الگوی مدیریت آبیاری و چرخش آب در منطقه‌ی مطالعاتی را نشان می‌دهد. خطوط سیاه‌رنگ در این نقشه‌ها مرز قطعات (باغات) پسته را نشان می‌دهد. فواصل زمانی هر یك از این نقشه‌ها ده روزه بوده و اعداد درج شده روی هر کدام از قطعات (۱، ۱۰، ۲۰ و ۳۰)، بیانگر روزهای سپری شده از تاریخ آبیاری هر قطعه است. دور آبیاری در این تصویر، یك ماه در نظر گرفته شده که تقریباً معادل دور آبیاری متوسط در منطقه‌ی مطالعاتی است.

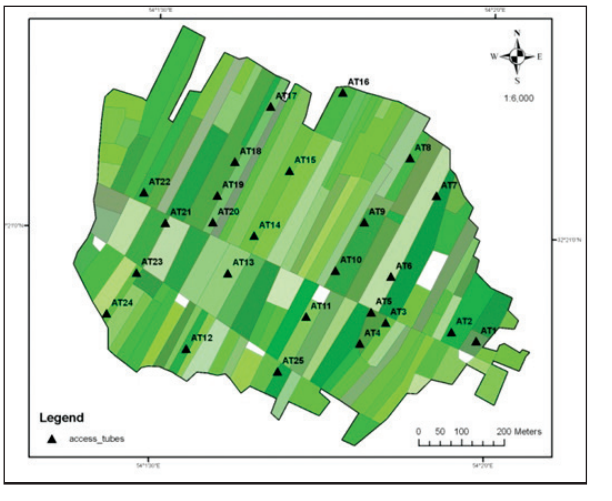


شکل ۲- تصویری شماتیك از نحوه‌ی گردش آب آبیاری در منطقه‌ی مطالعاتی با فواصل زمانی ده روزه (اعداد روی نقشه‌ها، بیان‌گر روزهای سپری شده از زمان آبیاری هر قطعه است)

در پژوهش حاضر که با هدف بررسی نقاط قوت و ضعف این الگوی مدیریتی آبیاری (گردش مداوم آب در سطح منطقه‌ی مطالعاتی و آبیاری قطعات پراکنده و متمایز از هم) انجام گرفت، ابتدا اقدام به بررسی تغییرات زمانی و مکانی رطوبت خاك ناحیه‌ی ریشه شد.

برای تعیین رطوبت خاك از روش انعکاس‌سنجی بازه زمانی (TDR) استفاده گردید. دستگاه TDR مورد نظر از نوع TRIME-T3 است که بدلیل دارابودن لوله‌ی دسترسی[9]، امکان قرائت رطوبت اعماق مختلف خاك در یك زمان مشخص وجود دارد. این دستگاه دارای یك پروب[10] است که با قرارگیری درون لوله‌ی دسترسی و در عمق مورد نظر، امکان قرائت رطوبت حجمی خاك در آن عمق وجود دارد. برای قرائت رطوبت با TDR نیاز به انتخاب نقاط مناسب برای نصب لوله‌های دسترسی در منطقه‌ی مطالعاتی بود.

در این انتخاب عواملی نظیر پراکنش مکانی، معرّف بودن نقاط از نظر نحوه‌ی مدیریت باغات پسته (دور آبیاری، عمق آب آبیاری، ابعاد نوارهای آبیاری و سایر ویژگی‌ها)، همکاری و رضایت صاحبان باغ‌ها برای نصب لوله نقش‌داشتند. با در نظر گرفتن این عوامل، ۲۵ نقطه برای نصب لوله‌ی دسترسی در منطقه‌ی مطالعاتی انتخاب‌گردید. شکل (۳) نشان‌دهنده‌ی نقاط مذکور است که برای تعیین رطوبت حجمی اعماق مختلف خاك با TDR انتخاب شده‌اند.



شکل ۳- موقعیت نصب لوله‌های دسترسی برای پایش روزانه‌ی رطوبت با TDR

قرائت‌های رطوبت خاك به‌صورت روزانه و در یك دوره‌ی یك‌ماهه (از ۸ مرداد تا ۶ شهریور۱۳۹۱) و در چهار عمق مختلف خاك (۳۰-۰، ۶۰-۳۰، ۹۰-۶۰ و ۱۲۰-۹۰ سانتیمتر) انجام‌شده‌است. لازم به ذکر است که در این پژوهش، به جای لوله‌ی تکانات[11] (جنس لوله‌ی اصلی دستگاه TDR)، از لوله‌ی PVC به عنوان لوله‌ی دسترسی TDR استفاده‌شده‌است. به همین‌دلیل، به واسنجی این دستگاه نیاز بود که برای این کار، از اعماق مختلف خاك، نمونه‌برداری شد و پس از تعیین رطوبت وزنی و چگالی ظاهری خاك در هر عمق (به کمک نمونه‌برداری دست‌خورده از خاك)، رطوبت حجمی خاك، محاسبه و ارتباط رگرسیونی آن با قرائت‌های TDR در هر عمق، مورد بررسی قرار گرفت.

باتوجه‌به‌اینکه نقاط ۲۵گانه‌ی نصب TDR در یك محدوده‌ی ۶۲ هکتاری از باغات پسته قرار گرفته و با یك منبع آب واحد (چاه اصیل‌آباد) آبیاری می‌شوند، با فرض تمامی این محدوده به عنوان یك باغ بزرگ پسته و با در نظر گرفتن نقاط مذکور به عنوان نماینده‌ی تغییرات رطوبتی خاك محدوده‌ی مطالعاتی، از قرائت‌های روزانه‌ی رطوبت خاك در نقاط ۲۵گانه، میانگین‌گیری شد؛ به‌طوری‌که برای هر روز، یك عدد به عنوان میانگین رطوبت خاك منطقه‌ی مطالعاتی بدست آمد.

بدین ترتیب، تاثیر مدیریت آبیاری درختان پسته بر تغییرات زمانی رطوبت خاك بررسی شد. علاوه‌براین، از تکنیك سنجش از دور ماهواره‌ای نیز استفاده شد تا شاخص گیاهی NDVI و همچنین دمای پوشش گیاهی باغات پسته در منطقه‌ی مطالعاتی، تعیین و با باغات پسته‌ی مجاور آن مقایسه گردد.

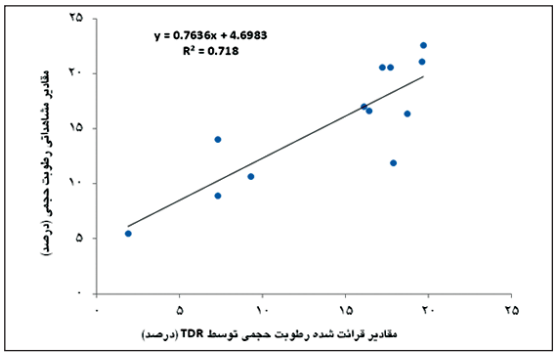
الگوی مدیریت آبیاری در برخی از این باغات متفاوت است؛ به‌طوری‌که آبیاری آن‌ها از یك قطعه شروع شده و سپس قطعات مجاور آن به ترتیب و پشت سر هم، آبیاری می‌شوند تا نهایتاً کل منطقه، تحت آبیاری قرار گیرد. تصاویر استفاده شده برای این کار مربوط به سه زمان مختلف و از ماهواره‌ی لندست انتخاب شدند (جدول ۲).

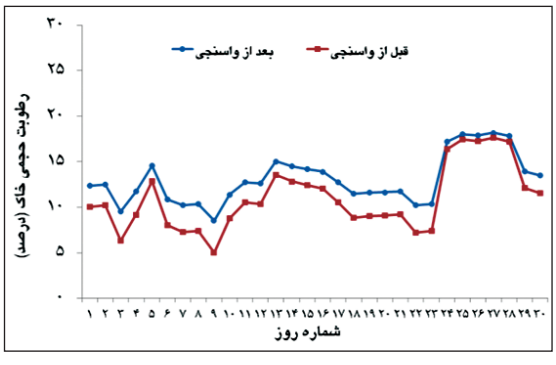
جدول۲- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده‌شده در این پژوهش

شماره	تاریخ شمسی	تاریخ میلادی	باندهای استفاده‌شده
۱	۱ مهر ۱۳۷۹	22-Sep-2000	۳، ۴ و ۶
۲	۱۹ تیر ۱۳۸۱	10-Jul-2002	۳، ۴ و ۶
۳	۱۵ مرداد ۱۳۸۵	06-Aug-2006	۳، ۴ و ۶

نتایج و بحث

بدلیل استفاده از لوله‌ی پی‌وی‌سی به جای لوله‌ی تکانات (جنس لوله اصلی دستگاه TDR)، نیاز به واسنجی قرائت‌های دستگاه TDR در شرایط مزرعه‌ای بود که با نمونه‌برداری مستقیم از خاک و تعیین رطوبت حجمی آنها صورت پذیرفت. در کالیبراسیون، ارتباط بین مقادیر مشاهداتی رطوبت حجمی با قرائت‌های دستگاه TDR و مناسب‌ترین خط برازش شده بر نقاط آن بررسی شده است. ضریب تعیین این خط (R2) ۰/۷۲ و میانگین خطای مجذور مربعات (RMSE) ۱/۴۷ درصد به‌دست‌آمده است (شکل ۴).





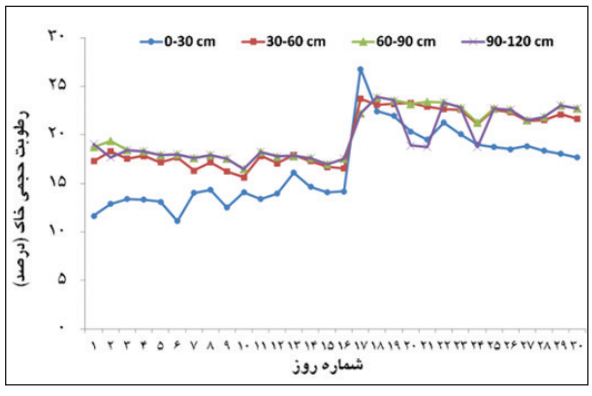
شکل ۴- نمودار واسنجی قرائت‌های TDR در شرایط استفاده از لوله‌ی پی‌وی‌سی به جای لوله‌ی تکانات (الف) و مقایسه‌ی رطوبت حجمی خاک قبل و بعد از واسنجی در یکی از نقاط پایش رطوبت (نقطه AT2) (ب)

سپس از معادله‌ی خط، یعنی؛

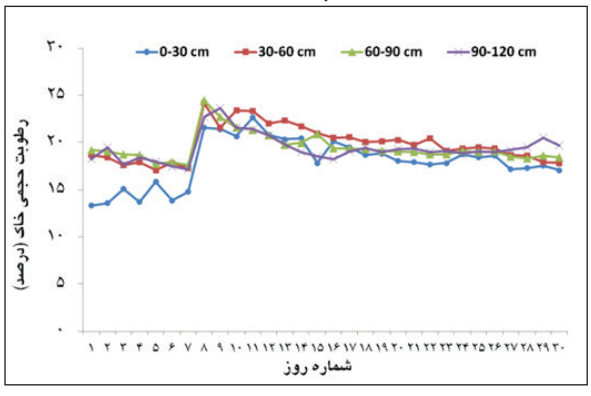
$$W_{cal}=(0.7639*WTDR)+4.6983$$

استفاده و تمامی رطوبت‌های قرائت شده توسط TDR واسنجی گردید. پس از واسنجی، مشخص شد که قرائت‌های اولیه‌ی دستگاه TDR اندکی کمتر از مقادیر واسنجی شده‌ی رطوبت خاك است. کمتر بودن قرائت‌های TDR در شرایط استفاده از لوله‌ی پی‌وی‌سی به جای لوله‌ی تکانات، توسط محققین دیگر نظیر ستوده‌نیا و همکاران (۱۳۸۰) نیز گزارش شده است. در تحقیق آنان، ضریب تعیین برای لوله‌های پی‌وی‌سی، ۰/۷۵ به دست‌آمده بود. پس از واسنجی TDR، رطوبت روزانه‌ی خاك در اعماق و نقاط مختلف منطقه‌ی مطالعاتی بررسی شد. شکل (۵) تغییرات زمانی رطوبت خاك در اعماق ۳۰-۰، ۶۰-۳۰، ۹۰-۶۰ و ۱۲۰-۹۰ سانتیمتری در نقاط AT14، AT9، AT7 و AT24، که به عنوان نمونه انتخاب شده است را نمایش می‌دهد. جریان تغییرات رطوبت در هر یك از این نقاط با نحوه‌ی مدیریت (عمق آب آبیاری) و زمان آبیاری (دور) آن نقطه ارتباط داشته و قابل تفسیر است. به عنوان مثال، در نقطه‌ی AT7 (شکل ۵-الف) و در روز هفدهم از شروع اندازه‌گیری‌ها، افزایش ناگهانی رطوبت خاك مشاهده شده که بیان‌گر وقوع آبیاری در انتهای روز شانزدهم (مصادف با ۲۴ مرداد ۱۳۹۱) است. قبل از آبیاری، رطوبت اعماق زیرین (۶۰-۳۰، ۹۰-۶۰ و ۱۲۰-۹۰ سانتیمتر) بیشتر از رطوبت خاك لایه‌ی سطحی (۳۰-۰ سانتیمتر) گزارش شده است. با انجام آبیاری در روز شانزدهم، رطوبت خاك تمامی لایه‌ها افزایش یافته و از روز هفدهم به بعد، جریان کاهشی رطوبت خاك آغاز می‌شود. نکته‌ی قابل توجه در این نمودار، کاهش رطوبت خاك لایه‌ی سطحی نسبت به سایر لایه‌ها است که در یك روز، بعد از آبیاری مشاهده شده است. تبخیر از سطح خاك و شرایط زهکشی مناسب این لایه را می‌توان عامل اصلی خروج آب لایه‌ی سطحی و حرکت سریع رطوبت به لایه‌های زیرین بیان نمود. بافت خاك لایه‌ی سطحی، لوم تا لوم شنی است (جدول ۱) که به عنوان یك خاك میان‌بافت با زهکشی طبیعی مناسب، شناخته شده و ظرفیت نگهداری رطوبت در نقاط ظرفیت زراعی (FC) و پژمردگی دائم (PWP) آن به ترتیب حدود ۲۷ و ۱۲ درصد حجمی است (بای‌بوردی، ۱۳۸۲). این جریاندر سایر نقاط نیز مشاهده می‌شود که آبیاری نقطه‌ی AT9 (شکل ۵-ب) در انتهای روز هفتم (مصادف با ۱۴ مرداد ۱۳۹۱)، آبیاری نقطه‌ی AT14 (شکل ۵-ج) در انتهای روز نوزدهم (مصادف با ۲۷ مرداد ۱۳۹۱) و آبیاری نقطه‌ی AT24 (شکل ۵-د) در انتهای روز هفتم (مصادف با ۱۴ مرداد ۱۳۹۱) تعیین‌کننده‌ی آن است.

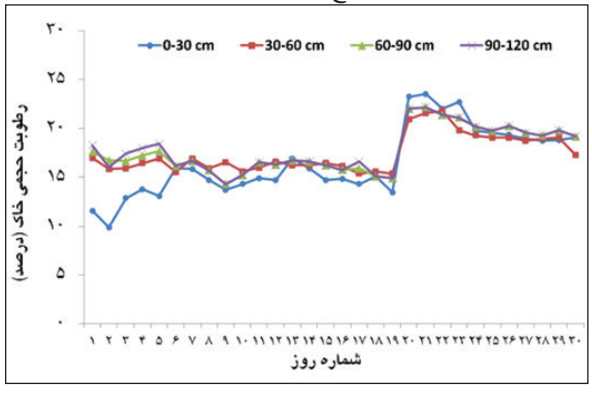
(الف–AT7)



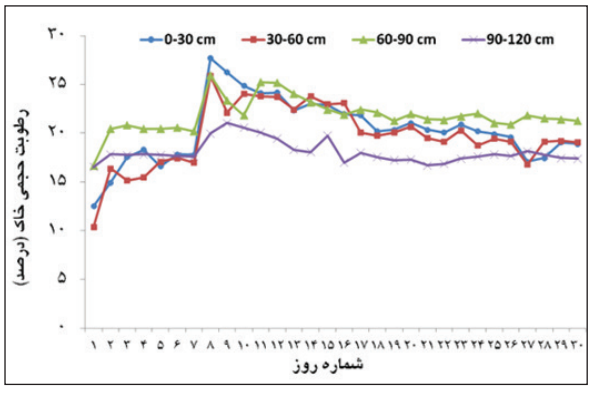
(ب–AT9)



(ج–AT14)



(د–AT24)



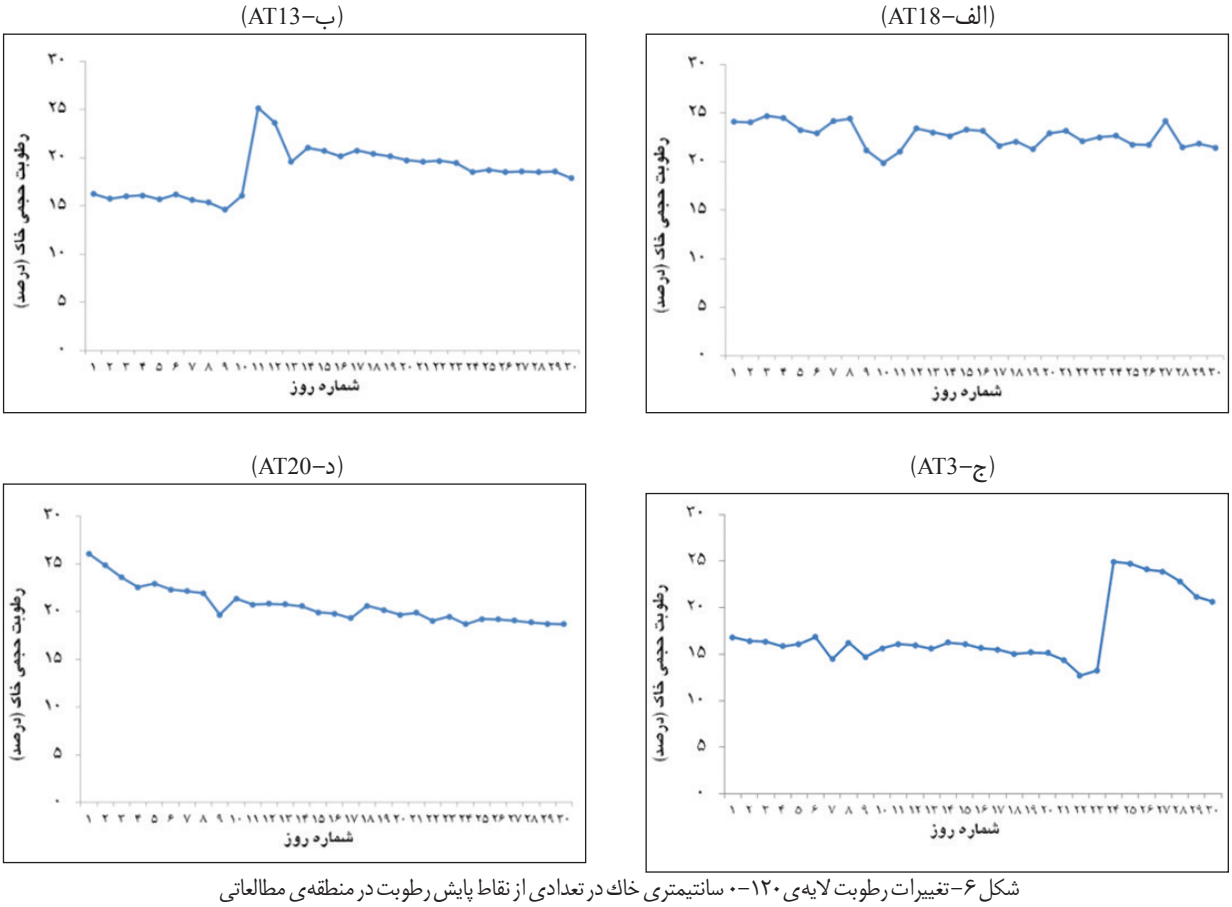
شکل ۵–تغییرات رطوبت خاک اعماق ۳۰–۰، ۶۰–۳۰، ۹۰–۶۰ و ۱۲۰–۹۰ سانتیمتری در تعدادی از نقاط پایش رطوبت

برای مقایسه‌ی تغییرات رطوبتی نقاط مذکور، از مقادیر رطوبت خاک اعماق مختلف میانگین‌گیری شد و متوسط رطوبت خاک (مربوط به لایه ۱۲۰–۰ سانتیمتر)، برای هر روز منظور گردید (شکل ۶). مقایسه‌ی نمودارها با یکدیگر حاکی از تفاوت‌هایی در رطوبت خاک نقاط مختلف است که به تفاوت در مدیریت آبیاری (عمق، دور و تاریخ وقوع آبیاری‌ها) مرتبط است؛ به‌طوری‌که در دوره‌ی زمانی مورد بررسی، در نقاط AT3 و AT13 یک رویداد آبیاری به ثبت رسیده و در سایر نقاط (AT18و AT20)، آبیاری‌ها قبل و یا بعد از این دوره صورت گرفته است. رطوبت خاک نقطه‌ی AT18(شکل ۶–الف)، در تمامی روزها در محدوده‌ی ۲۰ تا ۲۵ درصد حجمی قرار دارد، در حالی که رطوبت خاک نقاط AT13 (شکل ۶–ب) و AT3 (شکل ۶–ج) در روزهای قبل از آبیاری، بین ۱۳ تا ۱۶ درصد و در روزهای بعد از آبیاری، بین ۲۰ تا ۲۵ درصد است. کاهش تدریجی رطوبت خاک در نقطه‌ی AT20(شکل ۶–د) – که آبیاری آن سه روز قبل از شروع قرائت‌ها بوده است– از دیگر موارد مشاهده شده در پایش روزانه‌ی رطوبت خاک است.

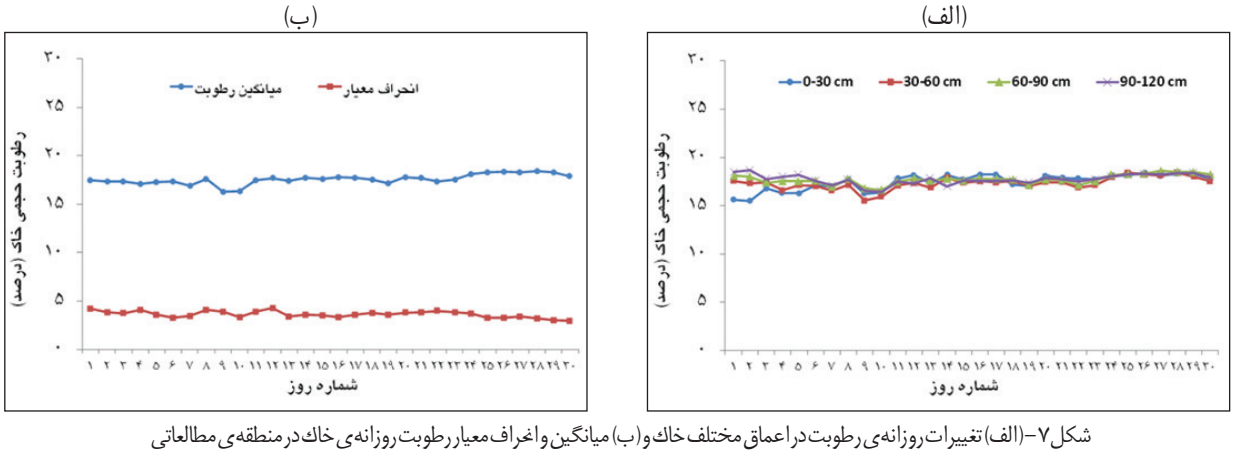
با فرض تمامی محدوده‌ی مطالعاتی به عنوان یک باغ بزرگ پسته و با در نظر گرفتن نقاط ۲۵گانه به عنوان نماینده‌ی تغییرات رطوبت خاک در این منطقه، از قرائت‌های روزانه‌ی رطوبت در نقاط ۲۵گانه، میانگین‌گیری شد؛ به‌طوری‌که برای هر روز، یک عدد به عنوان میانگین رطوبت خاک منطقه‌ی مطالعاتی به‌دست آمد.

شکل (۷–الف) تغییرات زمانی رطوبت خاک منطقه‌ی مطالعاتی به تفکیک اعماق مختلف (۳۰–۰، ۶۰–۳۰، ۹۰–۶۰ و ۱۲۰–۹۰ سانتیمتری) را نشان می‌دهد که از میانگین رطوبت‌های ۲۵ نقطه، حاصل شده است. همان‌طوری که ملاحظه می‌گردد، رطوبت لایه‌های مختلف خاک در تمامی روزها نسبتاً یکسان بوده و در محدوده‌ی ۱۵ تا ۲۰ درصد حجمی قرار دارد. با توجه به بافت خاک (لوم شنی تا لوم رسی) و ظرفیت نگهداری این خاک‌ها در نقاط مهم رطوبتی – که برای FC بین ۲۰ تا ۳۲ و برای PWP بین ۹/۵ تا ۲۰ درصد حجمی است (بای‌بوردی، ۱۳۸۲)– می‌توان گفت که به‌طور میانگین، رطوبت خاک منطقه‌ی مطالعاتی، پائین‌تر از محدوده‌یظرفیت زراعی قرار داشته و بین ۵ تا ۱۰ درصد خشک‌تر است. متوسّط رطوبت در لایه‌ی ۱۲۰–۰ سانتیمتری خاک نیز محاسبه و در شکل (۷–ب) نشان داده شده است.

در این شکل، انحراف معیار رطوبت خاك در نقاط ۲۵گانه نیز نمایش داده شده است؛ به‌طوری‌که در منطقه‌ی مطالعاتی و در یك دوره‌ی یك‌ماهه، متوسّط رطوبت حجمی خاك ۱۷/۶ درصد و انحراف معیار آن ۳/۶ درصد بوده است. شکل، انحراف معیار رطوبت خاك در نقاط ۲۵گانه نیز نمایش داده شده است؛ به‌طوری‌که در منطقه‌ی مطالعاتی و در یك دوره‌ی یك‌ماهه، متوسّط رطوبت حجمی خاك ۱۷/۶ درصد و انحراف معیار آن ۳/۶ درصد بوده است.

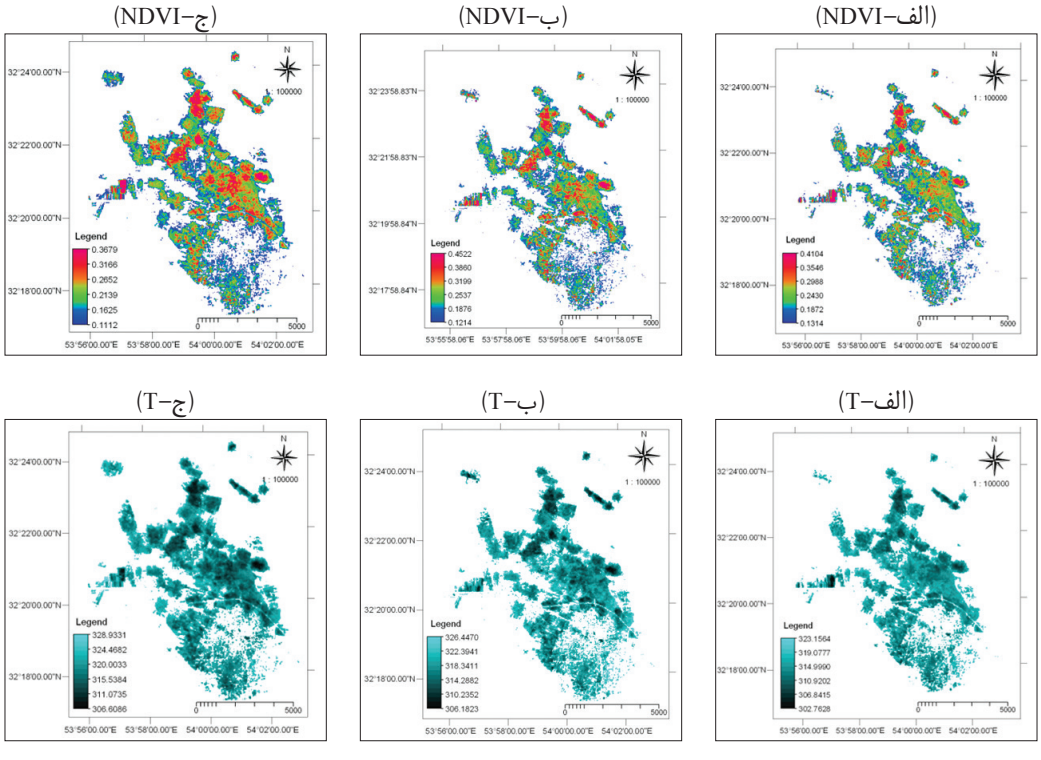


شکل ۶–تغییرات رطوبت لایه‌ی ۱۲۰–۰ سانتیمتری خاك در تعدادی از نقاط پایش رطوبت در منطقه‌ی مطالعاتی



شکل ۷–(الف) تغییرات روزانه‌ی رطوبت در اعماق مختلف خاك و (ب) میانگین و انحراف معیار رطوبت روزانه‌ی خاك در منطقه‌ی مطالعاتی

عدم نوسان رطوبت روزانه‌ی خاك در منطقه‌ی مطالعاتی به کاهش نسبی اثرات تنش خشکی منجر شده و ضمن ایجاد شرایط میکروکلیمائی مطلوب در منطقه، شرایط در مجموع به نفع گیاه رقم خواهد خورد. برای بررسی بیشتر این موضوع، از سه تصویر ماهواره‌ای مربوط به تاریخ‌های مختلف استفاده و شاخص‌های دمای سطحی و پوشش گیاهی پسته در این تاریخ‌ها محاسبه گردید (شکل ۸). در این نقشه‌ها تمامی باغات پسته‌ی اردکان نشان داده شده‌اند که به صورت بصری از مناطق مسکونی و بیابانی جدا شده‌اند. مقایسه‌ی دمای سطحی و پوشش گیاهی منطقه‌ی مطالعاتی –که بصورت دایره‌ی سیاه‌رنگ روی تمامی نقشه‌های شکل (۸) نشان داده شده است– با سایر باغات پسته شهرستان اردکان نشان می‌دهد که منطقه ی مطالعاتی، دارای دمای سطحی کمتر (خنک‌تر) و شاخص پوشش گیاهی بیشتری (شاداب‌تر) نسبت به بسیاری از باغات مجاور است. جدول (۳) مقادیر دمای سطحی و پوشش گیاهی کل باغات پسته‌ی اردکان و همچنین باغات پسته‌ی واقع در درون منطقه‌ی مطالعاتی را به تفکیک نشان می‌دهد. مقایسه‌ی میانگین دما و پوشش گیاهی باغات پسته‌ی منطقه‌ی مطالعاتی (۴۱/۴۵ درجه‌ی سانتیگراد و ۰/۲۷) با میانگین دما و پوشش گیاهی سایر باغات پسته‌ی اردکان (۴۴/۳۵ درجه سانتیگراد و ۰/۲۲) بیانگربهتر بودن شرایط محیطی باغات پسته‌ی منطقه‌ی مطالعاتی، نسبت به برخی از باغات مجاور است. آبیاری‌های پراکنده‌ی قطعات پسته در منطقه‌ی مطالعاتی (اصیل آباد) و گردش آب از طریق کانال‌های آبیاری (عمدتاً خاکی و بدون پوشش هستند) باعث می‌شود تا درختان پسته‌ی مجاور کانال‌ها و قطعات تحت آبیاری نیز از این آب بهره برده و از طریق ریشه‌های عمیق و گسترده‌ی خود اقدام به جذب آب نمایند و تا حدودی در برابر تنش‌های خشکی وارد آینده به خودمقاومت نمایند. از طرفی دیگر، در برخی از باغات منطقه‌ی اردکان، آبیاری از یك قطعه شروع شده و سپس قطعات مجاور آن به ترتیب و پشت سر هم، آبیاری می‌شوند تا نهایتاً کل منطقه، آبیاری گردد. این موضوع باعث می‌شود تا دو قطعه ی مجاور هم، از نظر زمانی نیز بصورت پی در پی (تقریباً همزمان) آبیاری شوند و هیچ‌کدام از قطعات مجاور آن نیز تا زمان وقوع آبیاری بعدی (مثلاً پس از ۳۰ روز)، تحت آبیاری قرار نگیرند. بنابراین؛ بدلیل طولانی بودن دور آبیاری، تمامی این ناحیه وبه پیروی از آن، میانگین دمای پوشش گیاهی تحت تاثیر تنش شدید خشکی قرار خواهد گرفت. تجارب باغداران این منطقه نیز موید این امراست.



شکل ۸– نقشه‌های شاخص پوشش گیاهی (NDVI) و دمای سطحی (T) باغات پسته در تاریخ‌های مختلف: (الف) ۱ مهر ۱۳۷۹،
(ب) ۱۹ تیر ۱۳۸۱ و (ج) ۱۵ مرداد ۱۳۸۵ (درنقشه‌ها، منطقه‌ی مطالعاتی با دایره مشخص شده است)

جدول ۳- دمای سطحی T و شاخص پوشش گیاهی (NDVI) پسته در تاریخ‌های مختلف تصاویر ماهواره‌ای

پارامتر	منطقه‌ی مورد نظر	۳۰-۰ سانتیمتر			میانگین
		۱ مهر ۱۳۷۹	۱۹ تیر ۱۳۸۱	۱۵ مرداد ۱۳۸۵	
دمای سطحی (T)، سانتی‌گراد	کل باغات پسته اردکان	۴۱/۸۸	۴۵/۱۶	۴۵/۸۸	۴۴/۳۵
	باغات پسته منطقه‌ی مطالعاتی	۳۹/۷۵	۴۲/۰۹	۴۲/۴۲	۴۱/۴۵
شاخص پوشش گیاهی (NDVI)	کل باغات پسته‌ی اردکان	۰/۲۲	۰/۲۳	/۲۰	۰/۲۲
	باغات پسته‌ی منطقه‌ی مطالعاتی	۰/۲۷	۰/۳۰	۰/۲۵	۰/۲۷

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که میانگین رطوبت خاك منطقه‌ی مطالعاتی در نقاط ۲۵گانه، در تمامی روزها نسبتاً یکسان بوده و نوسانات کمی داشته است. این مساله به ایجاد شرایط میکروکلیمائی مطلوب و کاهش نسبی اثرات تنش خشکی در باغات پسته منجر شده که به نفع گیاه بوده است. مقایسه‌ی دما و NDVI درمنطقه‌ی مطالعاتی با باغات دیگر پسته نیز نشان داد که باغات این منطقه در وضعیت مناسبی قرار دارند که مویّد مطلوبیت نسبی شرایط محیطی و مدیریتی حاکم بر درختان پسته در منطقه‌ی مطالعاتی است. بنابراین؛ می‌توان گفت:

– پراکنده‌بودن قطعات تحت آبیاری در هر نوبت و چرخش روزانه‌ی آب در درون باغات پسته، علاوه بر تأمین نیاز آبی درختان واقع در قطعات تحت آبیاری، منجر به افزایش نسبی رطوبت خاك قطعات مجاور و کاهش شدت تنش‌های خشکی واردآینده بر درختان مجاور خواهد شد.

– بدلیل مسن بودن درختان پسته‌ی منطقه‌ی مطالعاتی و آسمانه‌ی متراکم آن‌ها در تابستان و قرارگیری بخش زیادی از کانال‌های انتقال آب در سایه‌انداز درختان، حرکت مداوم آب در این کانال‌ها با تبخیر جزئی از سطح آزاد آب همراه بوده که این امرسبب کاهش دما، افزایش رطوبت نسبی هوا و ایجاد شرایط میکروکلیمائی مطلوب برای درختان می‌شود.

– تجارب باغداران و مشاهدات صورت گرفته در باغات پسته‌ی اردکان نشان می‌دهد که تغییر الگوی متداول آبیاری در منطقه‌ی مطالعاتی (چرخش روزانه‌ی آب در درون باغات پسته) و کنارهم قرارگرفتن باغات تحت آبیاری در هر نوبت، منجر به ایجاد تنش بیشتری به درختان شده و همانند شرایط فعلی، نخواهد توانست وضعیت مناسبی را برای درختان پسته ایجاد نماید. تحقیقات و بررسی‌های بیشتری در این زمینه پیشنهاد می‌شود.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله از آقایان مهندس بابایی، سنایی و حسن زارع که در قرائت دستگاه TDR و نمونه‌برداری‌های خاك همکاری داشته‌اند و همچنین از آقای مهندس فتوحی کارشناس جهاد کشاورزی اردکان، تشکّر و قدردانی می‌شود.

پی نوشت

1- Soil Wetness Deficit Index
2 -Normalized Difference Vegetation Index
3 -Land Surface temperature
4 -Leaf Area Index
5 -Soil Wetness Index
6 -Soil Adjusted Vegetation Index
7 -Remote Sensing
8 -Time Domain Reflectometery
9 - Accesstube
10 -Probe
11 -TECANAT

منابع

اکبری، م.،دهقانی سانیج، ح. و حیدری، ن. ۱۳۸۷.کاربرد سنجش از دور در برآورد سطح زیر کشت، تبخیر و تعرّق و مدیریت شبکه‌های آبیاری. مجله‌ی آبیاری و زهکشی ایران، ۲ (۱): ۵۴-۴۳.

انصاری ح.۱۳۸۴.مدیریت بهینه‌ی آبیاری فضای سبز با پایش داده‌های رطوبت خاک.دومین همایش ملی فضای سبز شهری، مشهد، ایران.

بای‌بوردی، م. ۱۳۸۲. فیزیك خاك. انتشارات دانشگاه تهران.

ستوده‌نیا، ع.، میرلطیفی،س.م.، مهدیان، م.ح. و رزّاقی، ج، ۱۳۸۰، مقایسه‌ی لوله‌های پی‌وی‌سی و تکانات در رطوبت‌سنجی توسّط دستگاه بازتاب زمانی امواج (TDR)، مجلّه‌ی تحقیقات فنّی و مهندسی کشاورزی، ۲ (۷): ۷۹-۸۹.

فاضلی، م.، شرفا،م.و سرمدیان، ف.۱۳۸۹.درون‌یابی و پهنه‌بندی میزان رطوبت حد ظرفیت مزرعه و نقطه‌ی پژمردگی دائم. مجلّه‌ی آبیاری و زهکشی ایران، ۴ (۲):۲۶۲-۲۵۱.

کشاورز، م.ر.،وظیفه‌دوست،م. وعلیزاده، ا.۱۳۹۰.توسعه‌ی شاخص کمبود رطوبت خاک با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای مادیس. مجله‌ی آبیاری و زهکشی ایران، ۴ (۳): ۴۷۷-۴۶۵.