



دانشگاه یزد

خشک بوم

دو فصلنامه علمی- پژوهشی

جلد ۷، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۶

شاپا: ۲۰۰۸-۷۹۰X



Arid Biome

Scientific and Research Journal



Yazd University

Vol. 7, No. 1, 2017

ISSN: 2008-790X

فهرست

- ۱..... بررسی نقش عوامل توپوگرافی در پیش‌بینی مکانی گونه‌های گیاهی با استفاده از رگرسیون لجستیک (مطالعه موردی: جنگل باغ شادی، هرات، یزد) حمیدرضا عظیم‌زاد، مهین شجاعی، بهمن کیانی، احد ستوده
- ۱۳..... برای شبیه‌سازی هدررفت خاک در رخساره‌های گوناگون فرسایش بادی به کمک داده‌های دستگاه سنجش IRIFR ارزیابی مدل فرسایش بادی علی اصغر بسالت‌پور، حسین بشری، حسین شیرانی، عیسی اسفندیارپور بروجنی
- ۲۷..... تأثیر درازمدت مالچ نفتی بر شاخص‌های تنوع زیستی ماکروفون خاک و پوشش گیاهی در منطقه جاسک فرزانه جعفری، داود کر تولی نژاد، مجتبی امیری، معصومه شایان مهر، محمد اکبریان
- ۳۹..... ارزیابی تنش خشکی و دفن با ماسه بادی بر اجزاء عملکرد کلزای پاییزه و خصوصیات خاک مهدی دهمرده، مهرناز زرگری، عیسی خمیری
- ۵۱..... تحلیل فضایی و بررسی روابط الگوهای پیوند از دور با خشکسالی‌های ایران مرکزی مهران فاطمی، کمال امیدوار، احمد مزیدی، ابراهیم مسگری، حمیده دهقان
- ۶۷..... بررسی اثر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر عملکرد و اجزاء عملکرد بذر ژنوتیپ‌های برتر گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) لیلی صفائی، سعید دوازده امامی، غلام‌حسن رنجبر، داوود افیونی
- ۷۹..... ارزیابی کارایی شاخص‌های خشکسالی گیاهی (VDI) و دمایی (TDI) مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای در محدوده ایران مرکزی یعقوب نیازی، علی طالبی، محمد حسین مختاری، مجید وظیفه دوست
- ۹۵..... بررسی تاثیر پخش سیلاب بر تغذیه آبخوان با استفاده از شاخص‌های SDI، GRI و SPI (مطالعه موردی: آبخوان هرات یزد) محمدرضا فاضل پور، حسین ملکی نژاد، محمدرضا اختصاصی، جلال برخوردار

خشک بوم دو فصلنامه علمی- پژوهشی

جلد ۷

شماره ۱

بهار و تابستان ۱۳۹۶

Contents

- Investigating the role of topographic factors on spatial distribution of plant species.....1
M. Shojaee, B. Kiani, A. Setoodeh, H.R. Azimzadeh
- Assessment of IRIFR model capability in simulation of soil loss in different wind13
Kouchami Sardo, A.A. Besalatpour, H. Bashari, H. Shirani, I. Esfandiarpour Broujeni
- Long term effect of oil mulch on richness and biodiversity of soil macro-fauna and.....27
F. Jafari, D. Kartoolinejad, M. Amiri, M. Shayanmehr, M. Akbarian
- Evaluation of Drought Stress and Buried in Sand on Yield Components of Canola.....39
M. Dahmardeh, M. Zargari, I. Khammari
- Spatial analysis and study of Tele-connection patterns of drought in central Iran.....51
M. Fatemi, K. Omidvar, A. Mazidi, E. Mesghari, H. Dehghan
- The effect of water salinity on seed yield and seed yield components of miracle.....67
L. Safaei, S. Davazdahemami, G. H. Ranjbar, D. Afuni
- Assessing the Efficiency of Vegetation Drought Index (VDI) and Temperature.....79
Y. Niazi, A. Talebi, M. H. Mokhtari, M. Vazifedoust
- Effect of water spreading on aquifer recharge using GRI, SDI and SPI indicators.....95
M. R. Fazel Pouri, H. Malekinezhad, M. R. Ekhtesasi, J. Barkhordari

بسم الله الرحمن الرحيم



نشریه علمی - پژوهشی خشک بوم جلد ۷، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۶

صاحب امتیاز: دانشگاه یزد

سر دبیر: دکتر محمدرضا اختصاصی (استاد دانشگاه یزد)
مدیر مسئول: دکتر حمیدرضا عظیمزاده (دانشیار دانشگاه یزد)

اعضاء هیأت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا)

- دکتر حسین آذرنیوند، استاد دانشگاه تهران
- دکتر محمدرضا اختصاصی، استاد دانشگاه یزد
- دکتر ناصر باغستانی میبدی، دانشیار مرکز تحقیقات منابع طبیعی و کشاورزی استان یزد
- دکتر مجید کریم پورریحان، دانشیار مرکز تحقیقات بین المللی بیابان
- دکتر سیدجمال الدین خواجه الدین، استاد دانشگاه صنعتی اصفهان
- دکتر محمود حبیب نژاد، دانشیار دانشگاه مازندران
- دکتر حسن روحی پور، دانشیار مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع
- دکتر ایگور ساوین، دانشیار آکادمی علوم روسیه
- دکتر سادات فیض نیا، استاد دانشگاه تهران
- دکتر احمد قنبری، استاد دانشگاه زابل
- دکتر محمد گلوی، استاد دانشگاه زابل
- دکتر جهانگرد محمدی، استاد دانشگاه شهرکرد
- دکتر سید علی محمد میرمحمدی میبدی، استاد دانشگاه صنعتی اصفهان

ویراستار: دکتر محمد زارع

مدیر داخلی: دکتر محمدحسین مختاری

دبیر اجرایی: دکتر محمد امین اسدی

امور رایانه و صفحه آرایی: مهندس الهام اردکانی

ناظر چاپ: انتشارات دانشگاه یزد

پروانه انتشار این فصلنامه طبق مجوز شماره ۱۲۴/۳۶۵۰ مورخ ۱۳۸۷/۸/۱۹ وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی با روش پژوهشی در زمینه کشاورزی و به زبان فارسی و انگلیسی با گستره سراسر کشور صادر گردیده است.

این نشریه بر اساس تأییدیه شماره ۳/۱۱/۳۷۸۲ مورخ ۱۳۸۹/۳/۱۷ کمیسیون بررسی نشریات علمی کشور دارای اعتبار علمی - پژوهشی است.

شاپا: ۷۹۰-۲۰۰۸

این دو فصلنامه با حمایت انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران و هشت دانشکده و پژوهشکده مرتبط با موضوع انتشار یافته است.

نشانی: یزد، صفائیه، چهار راه پژوهش، دانشگاه یزد، پژوهشکده مناطق خشک و بیابانی، دفتر نشریه علمی - پژوهشی خشک بوم.

aridlandj@yazd.ac.ir

تلفاکس: ۰۳۵۱-۸۲۱۰۶۹۸

صندوق پستی: ۷۴۱-۸۹۱۹۵

اسامی داورانی که در این شماره با دو فصلنامه خشک بوم همکاری داشته‌اند:

- دکتر محمدرضا اختصاصی
- دکتر محمد امین اسدی
- دکتر آفاق تابنده
- دکتر روح الله تقی زاده
- دکتر زین العابدین حسینی
- دکتر محمدعلی حکیم زاده
- دکتر سیدجمال الدین خواجه الدین
- دکتر اصغر زارع چاهوکی
- دکتر محمد علی زارع چاهوکی
- دکتر جلیل سرهنگ زاده
- دکتر بهمن شمس اسفندآباد
- دکتر حمیدرضا عظیم زاده
- دکتر سمیه قاسمی
- دکتر کاظم کمالی
- دکتر محمدرضا کوثری
- دکتر هادی معماربان

بررسی نقش عوامل توپوگرافی در پیش‌بینی مکانی گونه‌های گیاهی با استفاده از رگرسیون لجستیک (مطالعه موردی: جنگل باغ شادی، هرات، یزد)

۱- مهین شجاعی، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشگاه یزد

۲- بهمن کیانی، استادیار گروه جنگلداری، دانشگاه یزد
bnkiani@yazd.ac.ir

۳- احد ستوده، استادیار گروه محیط زیست، دانشگاه یزد

۴- حمیدرضا عظیم‌زاده، دانشیار گروه محیط زیست، دانشگاه یزد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۲۶

چکیده

به منظور بررسی رابطه متغیرهای شیب، جهت و ارتفاع در پیش‌بینی مکانی گونه‌های درختی و درختچه‌ای در جنگل‌های خشک جنوب استان یزد، تعداد ۱۲۵ قطعه نمونه به صورت تصادفی بلوکی در پنج زیرحوضه منطقه مورد مطالعه برداشت شد. ضمن ثبت متغیرهای توپوگرافی، حضور یا عدم حضور گونه‌های مختلف به همراه فراوانی آنها بررسی شد. تحلیل رگرسیون لجستیک در مورد داده‌ها انجام و در مواردی که مدل معنی‌دار بود، معادله مناسب معرفی گردید. بر اساس احتمالات به دست آمده از رگرسیون لجستیک، نقشه توزیع مکانی برای گونه‌های مختلف ترسیم و با مشاهدات میدانی مقایسه گردید. برای بررسی صحت نقشه‌ها از ۲۰ درصد داده‌ها که به همین منظور کنار گذاشته شده بودند استفاده شد. بر این اساس، صحت برای گونه‌های مورد بررسی متفاوت بوده و در بازه ۸۵-۹۰ درصد به دست آمد. در آخر روابط میان متغیرهای توپوگرافی و حضور گونه‌ها تجزیه و تحلیل شد. نتایج نشان داد که ارتفاع از سطح دریا مهم‌ترین عامل در پیش‌بینی مکانی گونه‌های گیاهی در منطقه است و بین ۱۶ تا ۴۶ درصد تغییرات حضور گونه‌ها را پیش‌بینی می‌کند، هرچند شیب و جهت برای حضور در مدل‌ها مناسب نبودند. با توجه به آستانه‌های مشخص شده، گونه‌های کبکم و ارژن برای کاشت در ارتفاعات بالاتر و گونه تنگرس برای کاشت در ارتفاعات پایین منطقه می‌توانند مدنظر قرار گیرند.

واژگان کلیدی: ایران - تورانی؛ پیش‌بینی؛ توزیع مکانی؛ توپوگرافی؛ نمونه‌برداری.

مقدمه

گیاهی، پیش‌بینی پاسخ گونه‌ها (فراوانی، حضور و عدم حضور) به عوامل محیطی [۱۵].
خصوصیات کمی گونه‌های گیاهی تحت تاثیر روش اندازه‌گیری، عوامل درون گونه‌ای و بین گونه‌ای قرار می‌گیرد. بنابراین، در بررسی رابطه بین گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی، حضور و عدم حضور گونه‌های گیاهی در ارتباط با عوامل محیطی بررسی می‌شود. روش آماری که برای این هدف مناسب است، رگرسیون لجستیک است [۱۸]. در مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی به استفاده از دیگر اطلاعات پوشش گیاهی نظیر درصد تاج پوشش، تراکم و فراوانی که به شدت تحت تاثیر روش نمونه‌گیری، اندازه پلات و نوسانات بارندگی قرار می‌گیرد، نیازی نیست و فقط با تعیین حضور یا عدم حضور گونه‌ی گیاهی، رابطه آن با عوامل محیطی مشخص می‌شود و

ظهور هر گونه گیاهی تحت تاثیر عوامل محیطی و روابط بین گونه‌ای است و یک یا چند عامل محیطی بیشترین اثر را در استقرار یک گونه گیاهی خاص دارند. اگر به شیوه‌ای بتوان این عوامل را برای هر گونه گیاهی تعیین کرد و رفتار گونه را با متغیرهای محیطی و گونه‌های همراه بررسی نمود، می‌توان به مدل‌های پیش‌بینی توزیع گونه‌ای دست یافت. به منظور بررسی روابط بین گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی از روش‌های آماری مختلفی نظیر رگرسیون و رسته بندی استفاده می‌شود که انتخاب هر کدام از روش‌ها به هدف تحقیق و نوع داده‌ها بستگی دارد. در تجزیه رگرسیون می‌توان اطلاعات هر گونه گیاهی را به تفکیک بررسی نمود. در بوم‌شناسی، مدل‌های رگرسیونی به طور عمده برای اهداف زیر استفاده می‌شوند: تخمین مقدار بهینه و دامنه اکولوژیکی گونه‌های

می‌توان در صورت داشتن عوامل محیطی احتمال حضور گونه‌های گیاهی مورد مطالعه را تعیین نمود [۲۸].

تابع رگرسیون لجستیک احتمال حضور گونه‌ها را در رابطه سیگموئیدی با عوامل محیطی بررسی می‌کند که از روش حداکثر درست‌نمایی برای مدل‌سازی لگاریتم متغیرهای وابسته دوتایی حضور و عدم حضور در برابر متغیرهای مستقل (عوامل محیطی) استفاده می‌کند [۲۷]. در رگرسیون لجستیک فرض صفر این است که احتمال به دست آوردن ارزش خاصی از متغیر اسمی در ارتباط با متغیر اندازه‌گیری شده نیست یا در واقع شیب خطی که ارتباط بین متغیر اندازه‌گیری و احتمال متغیر اسمی را بیان می‌کند برابر صفر است. رگرسیون لجستیک به دنبال معادله‌ای است که ارزش متغیر Y را به ازای هر مقدار از متغیر X پیش‌بینی کند. در این جا متغیر وابسته (Y) به طور مستقیم اندازه‌گیری نمی‌شود، در عوض احتمال به دست آوردن ارزش خاصی از آن بررسی می‌شود. این احتمال بین صفر تا یک متغیر است، هرچند این مقدار به طور مستقیم نمی‌تواند در رگرسیون وارد شود.

در پژوهشی با استفاده از رگرسیون لجستیک آشیان اکولوژیکی پنج گونه‌ی اکالیپتوس را به صورت مدل در آوردند [۳]. نتایج نشان داد که فقط استفاده از عوامل محیطی برای مدل‌سازی رویشگاه برخی از گونه‌های گیاهی کافی نیست. در تحقیق دیگری رابطه بین حضور گونه‌ی گیاهی *Aphelocoma coerulescens* و عوامل رویشگاهی را با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک بررسی شد [۷]. در نواحی جنوبی سوئیس، اطلاعات ۱۱۷ گونه گیاهی را در ۲۵ سایت جمع‌آوری کردند [۱۶]. عوامل ارتفاع، شیب و جهت نیز برای سایت‌ها تعیین گردید. سپس با استفاده از روش رگرسیون لجستیک احتمال حضور گونه‌های گیاهی را پیش‌بینی کردند، نتایج نشان داد که متغیرهای شیب و جهت بیشترین همبستگی را با بیشتر گونه‌های گیاهی داشتند. رابطه بین حضور گونه‌های گیاهی با عوامل محیطی در مراتع پشتکوه استان یزد با بهره‌گیری از رگرسیون لجستیک تعیین شد [۲۷]. نتایج نشان داد که مهمترین خصوصیات خاک موثر در جداسازی تیپ‌های رویشی منطقه مورد مطالعه، آهک، سنگریزه، رطوبت اشباع، گچ و هدایت الکتریکی است.

به منظور مدل‌سازی کاهش گستره جنگل با استفاده از رگرسیون لجستیک تحقیقی در منطقه‌ی حوضه‌ی آبخیز چهل چای استان گلستان انجام شد [۴]. نتایج نشان داد که در طی ۱۹ سال، حدود ۲۴۰۰ هکتار از سطح جنگل‌های منطقه کاهش یافته است. نتایج مدل‌سازی کاهش گستره‌ی جنگل با رگرسیون لجستیک نشان دهنده توافق نسبی مدل به دست آمده با نقشه کاهش گستره جنگل است. در مراتع رینه کوه دماوند با استفاده از رگرسیون لجستیک، نقشه‌های پیش‌بینی مکانی گونه‌های گیاهی را تهیه کردند [۱۳]. نتایج نشان داد که بالاترین ضرایب همبستگی مربوط به مدل گونه‌های گراس چند ساله و *Acantholimon demawendicum* با ضریب ۱ است. در مرتبه بعدی مدل گونه *Onorychis corunata* با ضریب ۰/۱۷۹ قرار دارد و کمترین ضریب همبستگی نیز مربوط به مدل گونه *Astragalus ochrodeucus* با ضریب ۰/۰۷۶ است. به منظور پیش‌بینی احتمال حضور تیپ‌های جنگلی با استفاده از رابطه آنها با متغیرهای توپوگرافی در سری یک جنگل آموزشی شصت کلاته گرگان به مساحت ۱۷۱۴ هکتار، از رگرسیون لجستیک استفاده شد [۹]. نتایج نشان داد که ارتفاع از سطح دریا، پتانسیل تابش خورشید و جهت شیب با توجه به حضور آنها در مدل، مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده تیپ‌های جنگلی در منطقه مورد مطالعه هستند.

در این پژوهش رابطه‌ی بین حضور گونه‌های گیاهی با متغیرهای شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا در جنگل‌های باغ شادی هرات بررسی شد. نظر به این که اندازه‌گیری این متغیرها با استفاده از مدل‌های رقومی ارتفاع نیز بدون مراجعه به عرصه میسر است، در صورتی که بتوان بر اساس آنها حضور گونه‌های گیاهی را پیش‌بینی نمود، راهنمای مناسبی برای مدیران جنگل در خصوص توسعه گونه‌ها در منطقه مورد مطالعه با حداقل هزینه، خواهد بود.

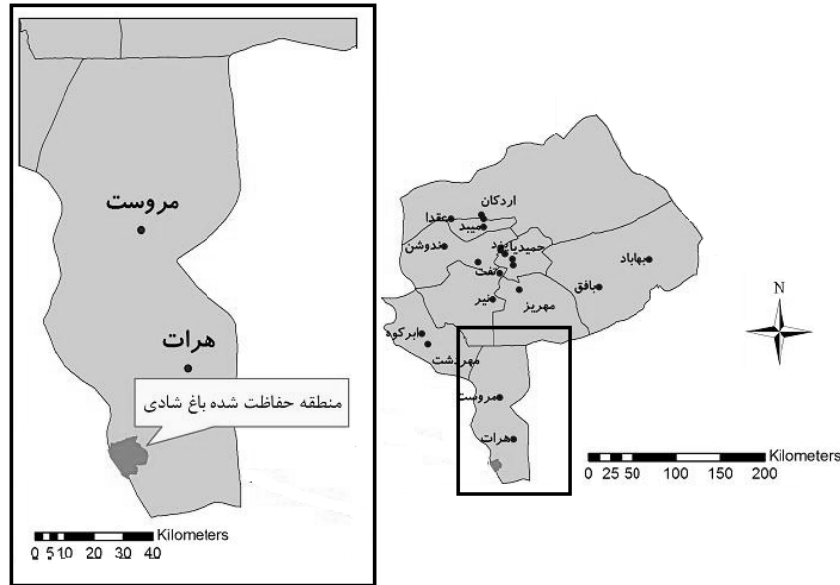
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه جنگلی باغ شادی در فاصله ۳۰ کیلومتری جنوب شهرستان خاتم واقع گردیده و از شهر هرات حدود

طور عمده کوهستانی و تپه ماهور و قسمتی به صورت دشت و دامنه‌ای می‌باشد. جهت کلی شیب منطقه شمال شرقی و حداکثر ارتفاع از سطح دریا ۲۵۰۰ متر است. حداقل ارتفاع ۲۰۰۰ متر و میانگین ارتفاع این منطقه ۲۱۰۰ متر از سطح دریا است.

۳۸ کیلومتر فاصله دارد. این منطقه با مساحتی بالغ بر ۳۴۰۰۰ هکتار در حد فاصل دو استان فارس و یزد، بین طول جغرافیایی ۳۵' و ۲۹° تا ۵۲' و ۲۹° شرقی و عرض جغرافیایی ۷' و ۵۴° تا ۱۸' و ۵۴° شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). منطقه مذکور شامل ۲۰۰۰۰ هکتار مشجر و ۱۴۰۰۰ هکتار مراتع غیر قابل مشجر است. این منطقه، به



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان یزد

روش تحقیق

تهیه و در هر یک از زیرحوزه‌های آبخیز منطقه، بسته به وسعت و اهمیت، تعدادی قطعه نمونه به صورت تصادفی بلوکی روی نقشه مشخص شد. در مجموع تعداد ۱۲۵ قطعه نمونه بر اساس بودجه و امکانات برای برداشت زمینی در نظر گرفته شد (شکل ۲).

برای شناخت منطقه و بررسی عوارض و تیپ‌های گیاهی و وضعیت پراکنش گونه‌ها ابتدا جنگل گردشی انجام شد. مساحت قطعات نمونه بر اساس تراکم پوشش گیاهی ۱۰۰۰ متر مربع و شکل آنها دایره‌ای در نظر گرفته شد. سپس نقشه توپوگرافی منطقه با مقیاس ۱:۸۰۰۰۰



شکل ۲- نقشه پراکنش قطعات نمونه در زیرحوزه‌های منطقه مورد مطالعه

نتایج

نتایج نشان داد که متغیرهای توپوگرافی شامل شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا برای پیش بینی حضور گونه-های بنه (*Pistacia atlantica* F.&M.)، بادام (*Amygdalus scoparia* Spach)، دافنه (*Daphne mucronata* C.koch) مناسب نیستند. مقدار ضریب تعیین برای مدل‌های مربوط به این گونه‌ها نیز به ترتیب ۰/۱۶۲، ۰/۱۸۸ و ۰/۱۷۷ بود که قابل توجه نیست. در مورد گونه افدرا (*Ephedra spp*)، مدل رگرسیون لجستیک معنی‌دار بوده اما تنها متغیر ارتفاع از سطح دریا نقش تعیین کننده (با ضریب تعیین ۰/۲۶۱) داشت. همچنین مشخص شد که مدل با حضور متغیرهای مستقل مورد بررسی بهتر از مدل فقط با مقدار ثابت است. مدل رگرسیون برای پیش بینی حضور این گونه به صورت زیر بود:

$$Y = \frac{\text{Exp}(-32/162 + 0/015 \text{ Elevation})}{1 + \text{Exp}(-32/162 + 0/015 \text{ Elevation})} \quad (1)$$

با توجه به مقدار $\text{Exp}(B)$ می‌توان گفت با هر یک متر افزایش ارتفاع از سطح دریا، احتمال حضور گونه افدرا ۱/۵ درصد افزایش می‌یابد اما شیب و جهت اثر تعیین کننده ندارند (شکل ۳).

همان طور که ملاحظه می‌شود، احتمال حضور گونه افدرا در قسمت‌های مرتفع منطقه (غرب و شمال غرب) بیشتر است. صحت نقشه برای این گونه ۸۰ درصد به دست آمد و حد آستانه برای حضور این گونه نیز ارتفاع ۲۰۴۶ متر از سطح دریا بود. در مورد گونه تنگرس (*Amygdalus lycioedes* spach) مدل رگرسیون لجستیک معنی‌دار بوده اما فقط متغیر ارتفاع از سطح دریا نقش تعیین کننده ($F=0/169$) داشت. بر اساس نتایج، مدل رگرسیون برای پیش بینی حضور این گونه به صورت زیر بود:

$$Y = \frac{\text{Exp}(-14/047 + 0/006 \text{ Elevation})}{1 + \text{Exp}(-14/047 + 0/006 \text{ Elevation})} \quad (2)$$

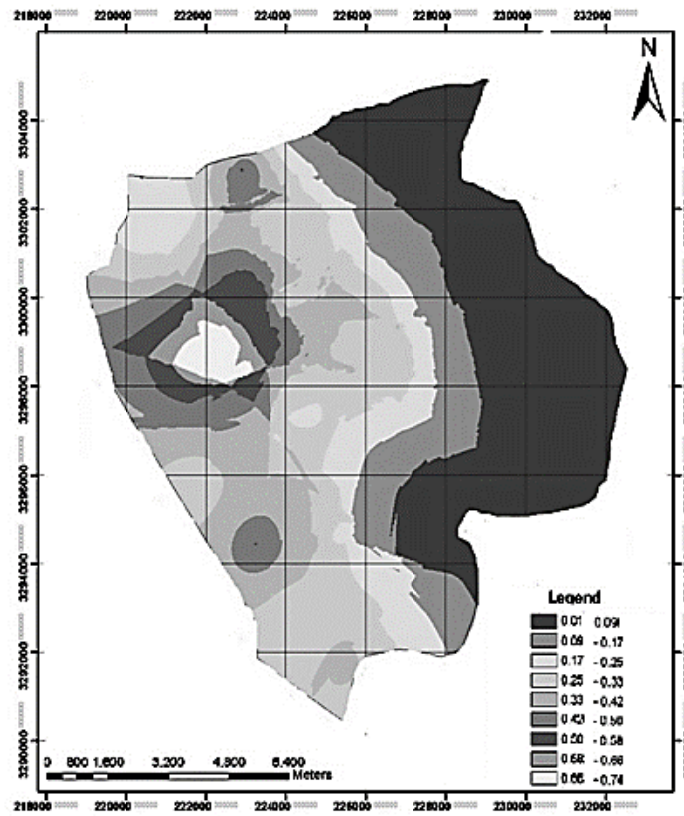
با توجه به مقدار $\text{Exp}(B)$ می‌توان گفت، هر یک متر افزایش ارتفاع از سطح دریا، احتمال حضور را تنها ۰/۶

به کمک دستگاه مکان‌یاب، تمامی قطعات نمونه در عرصه مورد بازیابی قرار گرفته و با مراجعه به محل قطعه نمونه، حضور هر گونه و تعداد آن ثبت شد. همچنین مشخصات توپوگرافی از قبیل شیب، جهت شیب و ارتفاع از سطح دریا اندازه‌گیری شد. برای تعیین شیب در قطعات نمونه از دستگاه شیب‌سنج سونتو و برای ثبت موقعیت قطعات نمونه و ارتفاع از سطح دریا از دستگاه مکان‌یاب استفاده شد. جهت شیب نیز با قطب‌نما مشخص و ثبت گردید.

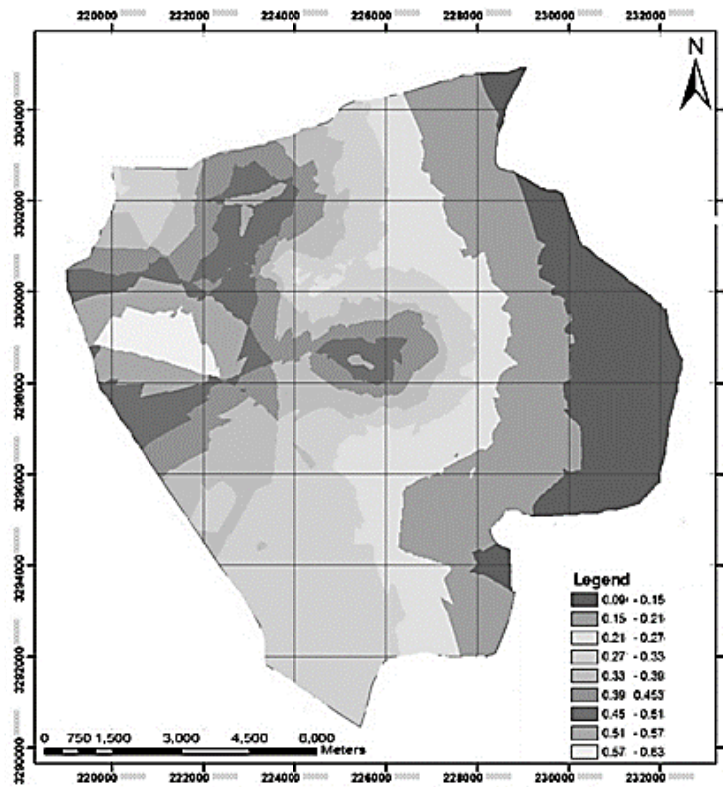
در این تحقیق احتمال حضور گونه‌های بنه (*Pistacia atlantica* F. & M.)، بادام (*Amygdalus scoparia* Spach)، کیکم (*Acer monspessulanum* L.)، افدرا (*Ephedra spp*)، تنگرس (*Amygdalus lycioedes*)، ارژن (*Amygdalus elaeagnifolia* Spach) و دافنه (*Daphne mucronata* C.Koch) در قسمت‌های مختلف منطقه به عنوان متغیر وابسته و متغیرهای شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد. روش مورد استفاده رگرسیون لجستیک دو جمله‌ای بود. متغیرهای شیب و ارتفاع از سطح دریا متغیرهای کمی و جهت قطعه نمونه، متغیر طبقه دار بوده که جهت شمال به عنوان مرجع معرفی شد. برای انجام رگرسیون لجستیک از نرم افزار SPSS 21 استفاده شد.

در رگرسیون لجستیک پیش فرض خاصی از قبیل نرمال بودن داده‌ها و خطی بودن رابطه متغیرهای مستقل و وابسته وجود ندارد. برای کنترل هم‌خطی چندگانه نیز از اشتباه معیار استفاده شد. در صورتی که برای هیچ کدام از متغیرها مقدار اشتباه بیش از ۲ نباشد، از عدم وجود هم‌خطی چندگانه اطمینان به عمل خواهد آمد [۲۵]. تحلیل همبستگی بین متغیرهای مستقل نیز انجام شد تا عدم وجود همبستگی معنی‌دار بین متغیرهای مستقل کنترل گردد. در مورد متغیرهایی که مدل رگرسیون لجستیک معنی‌دار بود اقدام به ارائه مدل و مشخص کردن ضریب تعیین شد. در آخر، بر اساس مقادیر احتمال حضور به دست آمده در رگرسیون لجستیک، نقشه توزیع احتمال برای گونه‌های مختلف با نرم افزار ArcGIS 10.1 ترسیم و صحت نقشه‌ها با کمک ۲۰ درصد داده‌ها که کنار گذاشته شده بودند مورد بررسی قرار گرفت.

درصد افزایش می‌دهد. نقشه توزیع احتمال برای گونه تنگرس در شکل ۴ دیده می‌شود.



شکل ۳- نقشه پیش‌بینی مکانی برای حضور گونه افدرا

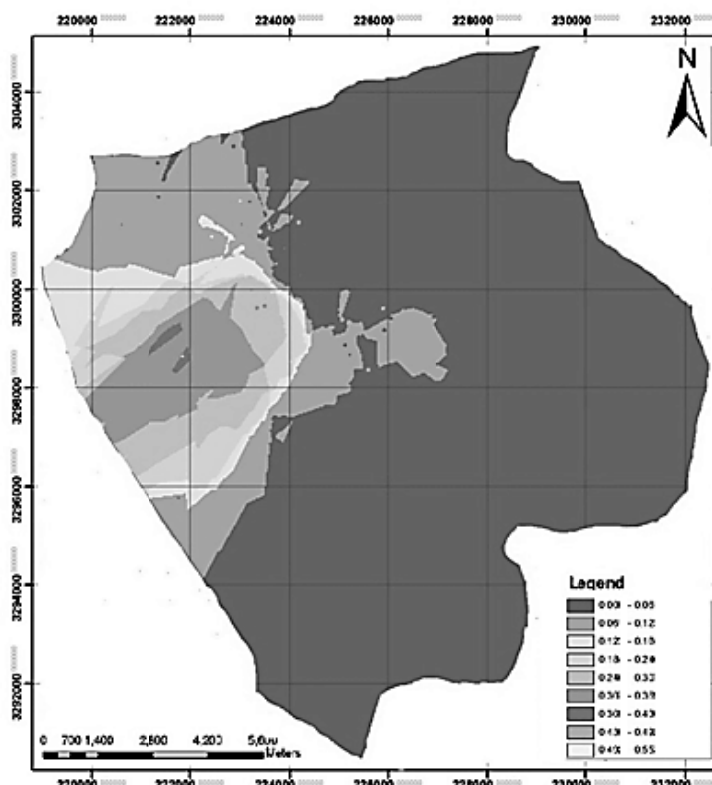


شکل ۴- نقشه توزیع مکانی برای حضور گونه تنگرس

همان گونه در شکل ۴ مشخص است در قسمت‌های شمال غرب تراکم بسیار بالا از تنگرس دیده می‌شود. که این نتایج با مشاهدات میدانی تطبیق داشت. صحت نقشه برای این گونه ۸۴ درصد بوده و حد آستانه برای حضور گونه مورد نظر ارتفاع ۲۰۰۸ متر از سطح دریا بود. در مورد گونه ارژن (*Amygdalus elaeagnifolia* Spach) نیز مدل رگرسیون لجستیک معنی‌دار بوده اما تنها متغیر ارتفاع از سطح دریا نقش تعیین کننده ($r^2=0/46$) داشت که خیلی قابل توجه است. مدل رگرسیون برای پیش بینی حضور این گونه به صورت زیر بود:

$$Y = \frac{\text{Exp}(0/38 \text{ Elevation} + 83/884)}{1 + \text{Exp}(0/38 \text{ Elevation} + 83/884)} \quad (3)$$

با توجه به مقدار $\text{Exp}(B)$ می‌توان گفت با هر یک متر افزایش ارتفاع از سطح دریا، احتمال حضور را ۳/۹ درصد افزایش می‌دهد. مدل مذکور توانست ۹۳/۵ درصد داده‌ها را درست طبقه‌بندی کند. نقشه توزیع احتمال برای گونه ارژن در شکل ۵ نشان داده شده است.

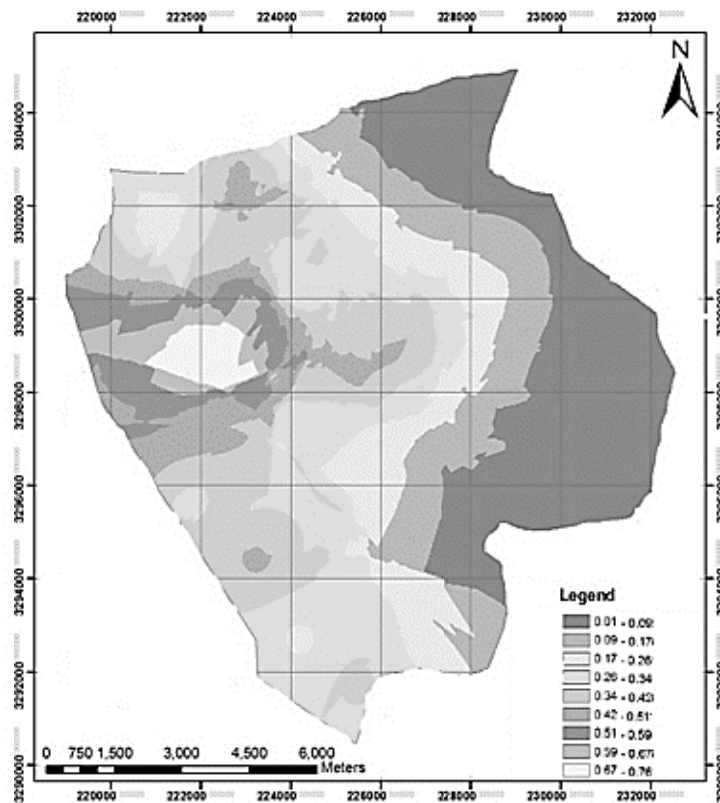


شکل ۵- نقشه توزیع مکانی برای حضور گونه ارژن

$$Y = \frac{\text{Exp}(0/16 \text{ Elevation} + 34/624)}{1 + \text{Exp}(0/16 \text{ Elevation} + 34/624)} \quad (4)$$

با توجه به مقدار $\text{Exp}(B)$ می‌توان گفت هر یک متر افزایش ارتفاع از سطح دریا، احتمال حضور را ۱/۶ درصد افزایش می‌دهد. مدل توانست ۷۸/۲ درصد داده‌ها را درست طبقه‌بندی کند. نقشه توزیع احتمال برای گونه کیکم در شکل ۶ نشان داده شده است.

با توجه به شکل ۵، گونه ارژن بیشتر در ارتفاعات بالا و غرب منطقه حضور دارد که این با مشاهدات میدانی تطبیق دارد. صحت نقشه برای گونه ارژن ۹۰ درصد به دست آمد و حد آستانه برای حضور این گونه نیز ارتفاع ۲۱۵۰ متر بود. در مورد گونه کیکم (*Acer L.*) مدل رگرسیون لجستیک معنی‌دار بوده اما تنها اثر ارتفاع معنی‌دار بود ($r^2=0/336$). براساس نتایج، مدل رگرسیون برای پیش بینی حضور این گونه به صورت زیر بود:



شکل ۶- نقشه پیش‌بینی مکانی برای حضور گونه کیکم

مکانی گونه‌های مرتعی در منطقه دماوند مناسب نیستند [۱۴].

در این پژوهش مشخص شد که افزایش ارتفاع در افزایش احتمال حضور کیکم اثر معنی‌داری دارد و مدل رگرسیون لجستیک بر اساس این متغیر معنی‌دار بوده است. این مسئله می‌تواند مربوط به نیازهای اکولوژیکی گونه کیکم باشد که نسبت به بنه نیاز به رطوبت بیشتر و دمای کمتر دارد. در حالی که بنه دارای انعطاف‌پذیری اکولوژیکی و سازگاری زیادی بوده و در گستره‌ای به وسعت تقریبی یک سوم مساحت کشور قابلیت زیست دارد [۸]. بر این اساس در ارتفاعات بالاتر احتمال حضور گونه کیکم بیشتر است. نقشه‌های تولید شده نیز به خوبی این مسئله را تایید و مشاهدات میدانی نویسندگان با نتایج به دست آمده تطبیق داشت.

افزایش ارتفاع در افزایش احتمال حضور ارژن نیز اثر معنی‌داری داشته و مدل رگرسیون لجستیک بر اساس این متغیر معنی‌دار بوده است. در مقایسه با بادامک که بیشتر کف دره‌ها را به خود اختصاص می‌دهد، این گونه بیشتر در ارتفاعات بالا حضور یافته است. افدرا بیشتر در مناطق

همان گونه که در شکل فوق مشخص است حضور کیکم با افزایش ارتفاع از سطح دریا بیشتر می‌شود. مشاهدات میدانی نیز وجود کیکم را در ارتفاعات بالا تایید می‌کند. صحت نقشه برای این گونه ۷۵ درصد و حد آستانه برای حضور آن، ارتفاع ۲۰۲۵ متر از سطح دریا بود.

بحث

آگاهی از ویژگی‌های محیطی رویشگاه هر گونه گیاهی نقش موثری در پیشنهاد گونه‌های سازگار با شرایط محیط در مناطق مشابه دارد. نتایج این پژوهش نشان داد که از بین ویژگی‌های محیطی، ارتفاع از سطح دریا بهترین متغیر موثر در مدل‌سازی برای حضور گونه‌های گیاهی منطقه مورد مطالعه است. در پژوهش دیگری نیز مشخص شد که ارتفاع از سطح دریا، پتانسیل تابش خورشید و جهت شیب با توجه به حضور آن‌ها در مدل، مهمترین عوامل کنترل‌کننده تیپ‌های جنگلی در منطقه سری یک جنگل شصت کلاته گرگان هستند [۹]. این در حالی است که در تحقیق دیگری نشان داده شد که هیچ کدام از متغیرهای توپوگرافی شامل شیب، جهت و ارتفاع در پیش‌بینی

تمامی قسمت‌های آن رشد می‌کند و جهات جغرافیایی تنوع کمی دارند.

نتایج تحقیقی که در منطقه سبز کوه استان چهارمحال و بختیاری انجام شد، نشان می‌دهد که عوامل فیزیوگرافی در پیش بینی پوشش گیاهی در جنگل‌های متراکم دقت پایین و برای جنگل‌های تنک دقت متوسط دارد اما به طور کلی همبستگی آن‌ها با تیپ‌های مختلف گیاهی بالا است [۲۲]. در این پژوهش همبستگی قابل توجه بین متغیر ارتفاع با حضور گونه‌ها به ویژه در مورد ارژن و کیکم وجود داشت. ضرایب تعیین به دست آمده در تحلیل رگرسیون برای این دو گونه به خوبی این مووع را نشان می‌دهند.

در این پژوهش برای مدل‌سازی پراکنش گونه‌های منطقه مورد مطالعه از روش رگرسیون لجستیک استفاده شد. پژوهشگران دیگری [۲۸، ۲۶، ۵، ۱۶، ۱۷، ۷، ۲۱ و ۱۹] از این روش در مدل‌سازی حضور گونه‌ها استفاده کرده و عده‌ای [۱۶، ۷، ۲۱، ۱۹] نیز آن را روش قدرتمندی برای تهیه نقشه پیش‌بینی گونه‌ها مطرح کرده‌اند. از بین روش‌های تحلیل تناظر و رگرسیون لجستیک برای مدل‌سازی پیش‌بینی گونه‌های گیاهی، رگرسیون لجستیک مدل ویژه بهتری برای هر گونه گیاهی ارائه می‌کند [۲۷ و ۱۱].

نتایج چند پژوهش [۶، ۲۰ و ۱۲] به نقش مهم نمونه‌برداری و تولید داده‌های با دقت مناسب در مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه تاکید دارند. در این تحقیق از داده‌های ۱۲۵ قطعه نمونه در مدل‌سازی استفاده شد. با توجه به حضور سه متغیر مستقل در مدل و این که طبق قواعد معمول به ازای هر متغیر مستقل تعداد ۱۰ مشاهده کافی است [۱]، در تحقیق حاضر به ازای هر متغیر تقریباً ۴۰ داده وجود داشت که حاکی از کافی بودن تعداد نمونه است. مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه دارای کاربردهای متعددی هستند که عمده‌ترین آن‌ها استفاده در مدیریت پوشش‌های گیاهی است. می‌توان از مدل‌ها و نقشه‌های پیش‌بینی گونه‌های گیاهی، برای برنامه‌ریزی جهت احیای جنگل‌ها و همچنین مدیریت گونه‌های نادر، دارویی و صنعتی استفاده کرد. نتایج این تحقیق اعم از مدل‌ها و نقشه‌های پیش‌بینی مکانی می‌توانند در تعیین رویشگاه

کوهستانی حضور دارد اما نسبت به ارژن پراکنش وسیع‌تری دارد و در بیشتر قسمت‌های منطقه حضور دارد که این با مشاهدات میدانی مطابقت دارد، هرچند فراوانی آن زیاد نیست. در مورد گونه تنگرس می‌توان گفت در بیشتر بخش‌های منطقه حضور دارد اما بیشترین تراکم آن در بخش غربی منطقه که کوهستانی است و قسمت شمال غرب که توپوگرافی شدیدی دارد دیده می‌شود. در قسمت شمال غرب تراکم بسیار بالا از تنگرس در حین عملیات صحرایی مشاهده شد که با بخشی از نقشه که احتمال حضور را زیاد نشان می‌داد تطبیق داشت.

در تحقیقی مشخص شد که درجه شیب در تعیین رویشگاه پتانسیل گونه‌گون پیش‌بینی کننده مناسبی است، در حالی که در این پژوهش شیب در پیش‌بینی حضور هیچ یک از گونه‌های مورد بررسی نقش تعیین کننده نداشت [۲۳]. در تحقیق دیگری مشخص شد که متغیرهای توپوگرافی در پیش‌بینی رویشگاه بالقوه گون زرد (*Astragalus Verus*) اثر معنی‌داری نداشته و متغیرهای خاک در این زمینه مهم‌تر هستند [۲۴]. بر این اساس مطالعات خاک و بررسی اثر آنها در حضور گونه‌های گیاهی در منطقه باغ شادی توصیه می‌شود. در منطقه مورد مطالعه تنوع متغیرهای شیب زمین و جهت در مقیاس کلی خیلی کم بوده و تغییرات در مقیاس خرد دیده می‌شوند. همچنین پراکنش نقاط نمونه اهمیت زیادی دارد و با توجه به مخروطه بودن منطقه ممکن است در یک درجه شیب یا جهت خاص، مقادیر متفاوتی از حضور گونه‌ها مشاهده شود که این امر معنی‌داری مدل‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد. ممکن است مونه‌بندی بتواند تاحدی این مشکل را حل کند که برای تحقیقات آینده توصیه می‌شود.

در تحقیقی بیان شد که عامل جهت جغرافیایی نقش بسیار مهمی در پراکنش گونه بادام کوهی ایفا می‌کند به طوری که این گونه بیشتر در جهت‌های جنوبی، شرقی و جنوب شرقی که آفتابگیر هستند ظاهر می‌شود [۲]. این درحالی است که جهت جغرافیایی برای مدل‌سازی حضور بادام کوهی در این تحقیق معنی‌دار نبود. علت را به این صورت می‌توان بیان کرد که در منطقه مورد مطالعه جهت کلی جنوب شرقی است که آفتاب‌گیر بوده و بادام کوهی در

توسعه گونه‌های کیکم و ارژن در ارتفاعات بالاتر (بیش از ۲۰۲۵ متر برای کیکم و ۲۱۵۰ متر برای ارژن) انجام شود. کاشت تنگرس از ارتفاع ۲۰۰۸ متر به بالا توصیه شده و برای بادام کوهی اگرچه مدل‌های به‌دست آمده معنی‌دار نبود، اما بر اساس مشاهدات میدانی باید در ارتفاعات پایین و کف دره‌های پایین دست انجام شود. لازم به ذکر است که در مناطق خشک عوامل متعدد دیگری نیز در حضور و گسترش گونه‌ها موثر هستند که از جمله می‌توان به عمق و رطوبت خاک، میکروتوپوگرافی و غیره اشاره نمود. از آن‌جا که هدف مدل‌سازی کاهش هزینه‌ها است، در این تحقیق تنها قابلیت متغیرهای توپوگرافی (که از روی نقشه‌ها نیز قابل استخراج هستند)، برای پیش‌بینی احتمال حضور گونه‌های جنگلی بررسی شد. در پایان باید گفت متغیرهای توپوگرافی ارتفاع از سطح دریا بین ۱۶ تا ۴۶ درصد تغییرات حضور را برای گونه‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه پیش‌بینی می‌نماید.

بالمقوه گونه‌های گیاهی کمک کرده و راهنمای مناسبی برای اجرای طرح‌های جنگلکاری و احیای جنگل‌های مخروبه در مناطق جنگلی باشند.

بررسی تاثیر عوامل فیزیوگرافی و خاک بر مشخصات کمی و کیفی گونه بادام کوهی (*A. scoparia*) نشان می‌دهد که صفات این گونه به نحو متفاوتی تحت تاثیر عوامل ذکر شده قرار می‌گیرند [۱۰]. از جمله، بیشترین تراکم در شیب جنوبی بود اما متغیر حضور همانند آنچه در این تحقیق بررسی شد مد نظر قرار نگرفت. نتایج بررسی عوامل موثر در پراکنش گونه‌های پسته وحشی در استان زنجان مشخص نمود که در شیب ۴۵ درصد و جهت جنوب غربی بیشترین پراکنش دیده می‌شود [۸].

بر این اساس باید گفت کاشت و توسعه گونه‌های مورد مطالعه می‌تواند در جهات مختلف انجام شود و محدودیتی از این نظر وجود ندارد. همچنین شیب عامل محدود کننده نخواهد بود. اما در خصوص ارتفاع از سطح دریا لازم است

References

- [1]. Agresti A. (2007). An introduction to categorical data analysis (Second Edition). John Wiley & Sons, 400 p.
- [2]. Alvani Nezhad, S. (1999). Investigation of effective factors for distribution of *Amygdalus scoparia* in two regions of Fars province, Master of Science Dissertation, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Tehran, 134p (in Farsi).
- [3]. Austin, M.P., Nicholls, A.O., and Margules, C.R., (1990). Measurement of the realized qualitative niche: Environmental niches of five eucalyptus species. *Journal of Ecological Monographs*, 60 (2): 161-177.
- [4]. Bagheri, R., Shataee, Sh. (2010). Modeling forest areas decreases, using logistic regression (case study: Chehl-Chay catchment, Golestan province). *Iranian Journal of Forest*, 3(2): 243-252, (in Farsi).
- [5]. Bio, A.M.F., Becker, P.D., Bie, E.D., Huybrechts, W., & M. Wassen. (2002). Prediction of plant species distribution in lowland river valleys in Belgium: Modeling species response of site conditions. *Journal of Biodiversity and Conservation*, 11: 2189-2216.
- [6]. Barry, S., & Elith, J., (2006). Error and uncertainty in habitat models. *Journal of Applied Ecology*, 43 (3): 413-423.
- [7]. Carter G.M., Stolen, E.D., & Breininger, D.R. (2006). A rapid approach to modeling species-habitat relationships. *Journal of Biological Conservation*, 127: 237-244.
- [8]. Davarpanah, G., Fattahi, M., Golmohammadi, M., Aghajanlu, F., Hajighaderi T., Tarasi, J. (2009). Investigation on effective factors influencing distribution of wild pistachio species at Zanjan province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 1(17): 33-50, (in Farsi).
- [9]. Ghanbari, F., Shataee Joybari Sh., Azim Mohseni, M., Habashi, H. (2011). Application of topography and logistic regression in forest type spatial prediction. *Application of Topography and Logistic Regression in Forest Type Spatial Prediction*, 1(19): 27-41, (in Farsi).
- [10]. Goodarzi, Gh.R., Sagheb-Talebi, Kh. and Ahmadloo, F. (2012). The study of effective factors on Almond (*Amygdalus scoparia* Spach.) distribution in Markazi province. *Iranian Journal of Forest*, 4(3): 209-220 (in Farsi).

- [11]. Guisan, A., & Zimmermann, N.E. (2000). Predictive Habitat Distribution Models in Ecology. *Ecological Modeling*, 135: 147-186.
- [12]. Guisan A., Weiss, S.B., & Weiss, A.D. (1999). GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution (abstract-GEOBASE). *Plant Ecology*, 143(1): 107-122.
- [13]. Jafarian, Z., Arzani, H., Jafari, M., Zahedi, G.H., and Azarnivand, H. (2012). Etermination of relationships between dominant plant species with environmental factors and satellite data using logistic regression (case study: Rineh Rangeland, Mazandaran province). *Iranian journal of Range and Desert Reseach*, 3(19): 371-383, (in Farsi).
- [14]. Jafarian Z., Arzani H., Jafari M., Zahedi GH., Azarnivand H. (2012). Mapping Spatial Prediction of Plant Species Using Logistic Regression (Case Study: in Rineh Rangeland; Damavand Mountain), *Natural Geography Researches*, 79: 1-18, (in Farsi).
- [15]. Jongman R.H.G.; Ter. Break, C.J.F., & Van Tongeren, O.F.R. (1987). Data analysis in community and landscape ecology. Cambridge University Press, Wageningen, 86-212.
- [16]. Lassueur T., Joost, S., Randin, C.F. (2006). Very high resolution digital elevation models: Do they improve models of plant species distribution. *Journal of Ecological Modeling*, 198: 139-153.
- [17]. Latimer A.M., Shanshan, Wu., Gelfand, A.E., & Silander, J.A. (2005). Building statistical models to analyze species distributions. Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Connecticut, 16:33-50.
- [18]. McCune B. (2004). Nonparametric multiplicative for habitat modeling. *Oregon state university, USA*, 17:819-830.
- [19]. Miller, J., & Franklin, J. (2002). Modeling the distribution of four vegetation alliances using generalized linear models and classification trees with spatial dependence. *Journal of Ecological Modelling*, 157(2-3): 227-247.
- [20]. Miller, J., (2005). Incorporating spatial dependence in predictive vegetation models: Residual Interpolation Methods. *The Professional Geographer*, 57(2): 169-184.
- [21]. Miller, J., & Franklin, J. (2006). Explicitly incorporating spatial dependence in predictive vegetation models in the form of explanatory variables: a Mojave Desert case study. *Journal of Geographical Systems*, 8 (4): 411-435.
- [22]. Rahmani, Sh., Ebrahimi, A., Davoodian Dehkordi, A. (2013). Producing the map for predicting vegetattion cover in mountain areas of Sabz-Kooh, using digital elevation model. *Journal of Rangeland and Veterinary*, 1(66): 89-109, (in Farsi).
- [23]. Safaee M., Tarkesh M., Basiri, M., Bashari, H. (2013). Determining the potential habitat of *Astragalus verus* Olivier using the geostatistical and logistic regression methods. *Arid Biome*, 1(3): 42-55, (in Farsi).
- [24]. Saki M., Tarkesh M., Vahhabi, M.R. (2011). Aplication of tree logistic regression model in determining proper site for *Astragalus verus*. *Applied Ecology*, 1(2): 27-37, (in Farsi).
- [25]. Schwab, A.J. (2007). Solving standard binary logistic regression problems, The University of Texas at Austin, School of Social Work, 25 p.
- [26]. Wu, H., & Huffer, F.W. (1997). Modeling the distribution of plant species using the autologistic regression model. *Journal of Ecological Statistics*, 4:49-64
- [27]. Zare Chahouki, M.A., Jafari, M., Azarnivand, H., Shafizadeh, M. (2007). Comparison of modelling techniques for predicting the probability of species presence in arid and semi-arid rangelands (Case study: Poshtkouh region of Yazd province). *Journal of Rangelands*, 1(4): 342-356, (in Farsi).
- [28]. Zare Chahouki, M.A., Jafari, M., Azarnivand H., Moghadam M., Farahpoor M., Shafizadeh, M. (2007). Application of logistic regression to study the relationship between presence of plant species and environmental factors. *Pajouhesh & Sazandegi*, 76: 136-143, (in Farsi).

Investigating the role of topographic factors on spatial distribution of plant species using logistic regression (Case study: Baghe-Shadi forest, Harat, Yazd)

1- M. Shojaee, MSc Graduated of Forestry, Yazd University, Yazd, Iran

2- B. Kiani, Assistant Professor, Department of Forestry, Yazd University, Yazd, Iran

bnkiani@yazd.ac.ir

3- A. Setoodeh, Assistant Professor, Department of Environmental Sciences, Yazd University, Yazd, Iran

4- H.R. Azimzadeh, Associate Professor, Department of Environmental Sciences, Yazd University, Yazd, Iran

Received: 10 Mar 2016

Accepted: 16 May 2017

Abstract

To investigate relation of slope, aspect and elevation in predicting spatial distribution of tree and shrub species in arid forests of south Yazd, 125 sampling plots were selected in randomized block pattern in five sub-district of study area. In addition to topographic factors, presence of plant species and their frequency were measured and recorded. Logistic regression was conducted and in the case of significance, suitable model was provided. Distribution map of species was drawn according to probabilities derived from logistic regression analysis. To determine accuracy of maps we used 20 percent of primary data. According to these data the rate of accuracy was in range of 90-75 percent. Finally relations between topographic factors and presence of species were interpreted. Results found that elevation is the most important factor for predicting spatial distribution of plant species in study area and predicts from 16 to 46 percents of variations in presence. But slope and aspect were not suitable to be included in the models. According to thresholds determined in the results it can be said that *Acer cinerascens* and *Amygdalus eleagnifolia* can be regarded for planting in higher elevations but *Amygdalus lycioides* is suitable for planting in lower elevations.

Keywords: Iran-Touran; Prediction; Sampling, Spatial Distribution; Topography.

ارزیابی مدل IRIFR برای شبیه‌سازی هدررفت خاک در رخصاره‌های گوناگون فرسایش بادی به کمک داده‌های دستگاه سنجش فرسایش بادی

۱- ایرج کوچمی ساردو، دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

۲- علی اصغر بسالت‌پور، استادیار گروه علوم خاک، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

a.besalatpour@vru.ac.ir

۳- حسین بشری، استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه صنعتی اصفهان

۴- حسین شیرانی، دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

۵- عیسی اسفندیارپور بروجنی، دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۲۶

چکیده

اندازه‌گیری شدت فرسایش بادی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌منظور تعیین راهکارهای صحیح و مناسب برای کنترل و یا کاهش اثرات آن، از موارد ضروری جهت حفاظت خاک در این مناطق به‌شمار می‌آید. روش‌ها و مدل‌های گوناگونی برای برآورد شدت فرسایش بادی وجود دارد که هر کدام دارای نقاط ضعف و قوت خاصی می‌باشند. در این پژوهش، کارایی مدل تجربی IRIFR برای شبیه‌سازی شدت فرسایش بادی در رخصاره‌های فرسایش بادی گوناگون در بخشی از دشت رفسنجان با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده به‌وسیله‌ی دستگاه سنجش فرسایش بادی به‌عنوان یک روش فیزیکی - صحرایی، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از اندازه‌گیری شدت فرسایش بادی (میزان بادبردگی) با استفاده هر دو روش نمایان‌گر آن بود که ۱۳ و ۳۷ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه، به ترتیب در کلاس زیاد و خیلی زیاد از نظر شدت فرسایش بادی قرار می‌گیرد. همچنین میزان فرسایش بادی شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل مزبور، به ترتیب در رخصاره‌های تلماسه (تپه‌های ماسه‌ای) و اراضی باغی، دارای بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار بود؛ به‌گونه‌ای که در رخصاره تلماسه، میزان هدررفت خاک به بیش از هشت هزار تن در کیلومتر مربع در سال، می‌رسد. مقادیر نسبتاً مناسب شاخص‌های آماری نظیر ضریب خطای مطلق ($AEP=0/37$)، ضریب تبیین ($R^2=0/85$) و به‌ویژه شاخص کارایی مدل ($MEF=0/97$)، نمایان‌گر آن بودند که با وجود تفاوت در مقادیر اندازه‌گیری شده هدررفت خاک به‌وسیله‌ی دستگاه سنجش فرسایش بادی و مدل IRIFR در برخی از رخصاره‌های فرسایش بادی مورد مطالعه، مدل در مجموع شبیه‌سازی مناسبی از فرسایش بادی در بخش قابل ملاحظه‌ای از منطقه‌ی مورد مطالعه داشته است. با این وجود به نظر می‌رسد که مدل IRIFR، در شبیه‌سازی شدت فرسایش بادی در رخصاره‌های با کلاس خطر فرسایش بادی خیلی زیاد (کلاس V) با نقص‌هایی روبه‌رو بوده و نیاز به اصلاح دارد.

واژگان کلیدی: مدل‌سازی؛ مدل تجربی؛ خطر فرسایش بادی؛ تونل باد؛ رفسنجان.

مقدمه

باعث می‌گردد که شدت هدررفت خاک و میزان رسوب دهی در چنین مناطقی گاه تا چندین برابر فرسایش آبی باشد. اگرچه فرسایش بادی در مناطق خشک و نیمه‌خشک بسیار معمول است، اما پژوهش‌ها نشان می‌دهد نواحی مرطوبی که همه بارش سالانه آن‌ها در قسمتی از سال تمرکز یافته و بقیه سال خشک و بدون باران هستند، نیز دارای فرسایش بادی خواهند بود. همچنین ماسه‌های بدون ساختمان ساحلی و خاک‌های سبک آلی باتلاقی نیز نسبت به فرسایش بادی حساس می‌باشند [۱۱].

در قرن حاضر، فرسایش بادی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های موجود در راستای دستیابی به توسعه‌ی پایدار و مدیریت بهینه زمین‌های کشاورزی در اراضی خشک و نیمه‌خشک مطرح است [۱۱]. فرسایش بادی یکی از جنبه‌های مهم تخریب اراضی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌آید [۳]. به‌گونه‌ای که حدود یک ششم مساحت اراضی دنیا را تحت تأثیر خود قرار داده است [۱۴]. باد به علت نیروی زیاد و عملکرد در سطح وسیع، با مساعد بودن شرایط مناطق خشک و نیمه‌خشک برای فرسایش بادی (نبود موانع و شرایط خاکی خاص)

لزوم توسعه مدل بومی برای کشور ایران به منظور برآورد شدت فرسایش بادی، متخصصان ایرانی دو مدل تجربی تحت عنوان‌های IRIFR.1^۱ و IRIFR.2^۲ را با توجه به شرایط اقلیمی و خاک ایران به ترتیب برای برآورد مقدار فرسایش بادی برای زمین‌های غیر زراعی و اراضی کشاورزی تهیه و تدوین کرده‌اند. در هر دو مدل، ۹ مولفه مؤثر در فرسایش بادی تعریف و طبقه‌بندی شده و پس از امتیازدهی به هر کدام از این عوامل توسط کارشناس، در آخر پتانسیل فرسایش بادی اراضی به دست می‌آید [۸].

تاکنون پژوهشگران گوناگونی از این دو مدل برای شبیه‌سازی فرسایش بادی در کشور استفاده نموده‌اند. برای مثال نتایج برآورد شدت فرسایش بادی با استفاده از مدل IRIFR در منطقه جمز طبس نشان می‌دهد که رخساره شوره‌زار با رسوب‌دهی ۳۵۱۰/۷ تن بر کیلومتر مربع در سال دارای بیشترین و رخساره دشت ریگی با رسوب‌دهی ۱۱۷/۲ تن در کیلومتر مربع در سال دارای کمترین میزان رسوب‌دهی است [۱۸]. نتایج اندازه‌گیری سرعت آستانه فرسایش بادی با استفاده از روش زاخار^۳ در هر یک از رخساره‌ها بیان‌گر این بود که رخساره‌های شوره‌زار و دشت ریگی درشت در منطقه، به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار رسوب‌دهی بودند. [۱۲]، برآورد پتانسیل رسوب‌دهی فرسایش بادی در منطقه بیابانی شهرستان اسفراین با استفاده از مدل IRIFR، ۴/۶۵ تن بر هکتار در سال می‌باشد که در مقایسه با مناطق مشابه، میزان رسوب‌دهی برآوردی این منطقه نزدیک به واقعیت است.

در این پژوهش قابلیت استفاده از مدل IRIFR برای شبیه‌سازی فرسایش بادی در رخساره‌های بادی گوناگون در بخشی از دشت رفسنجان (هشت رخساره) بررسی شده است و دقت شبیه‌سازی این مدل تجربی در هر واحد با داده‌های حاصل از اندازه‌گیری مستقیم در صحرا با استفاده از دستگاه سنجش فرسایش بادی ارزیابی گردیده است. تعیین سرعت آستانه فرسایش بادی در رخساره‌های فرسایش بادی گوناگون و نیز رخساره‌های با بیشترین و کمترین خطر فرسایش بادی با استفاده از مدل IRIFR و

اندازه‌گیری مستقیم مقدار و شدت فرسایش بادی با وجود دارا بودن نتایج با دقت بالا در بسیاری از کشورها از جمله ایران به دلیل نبود ایستگاه‌های اندازه‌گیری رسوبات فرسایش بادی انجام نگرفته و یا در سطح بسیار محدود انجام می‌شود، بنابراین برای برآورد مقدار و شدت فرسایش بادی، باید به مدل‌سازی روی آورد [۱۲]. سیستم پیش‌بینی فرسایش بادی (WEPS)^۱، مدل فنی تجزیه و تحلیل فرسایش بادی (TEAM)^۲، شبیه‌ساز تغییرپذیری فرسایش بادی (WESS)^۳ و معادله بازنگری شده فرسایش بادی (RWEQ)^۴، نمونه‌هایی از مدل‌هایی هستند که تا کنون برای پژوهش‌های مربوط به فرسایش بادی ارائه شده است [۱۶]. با این وجود، مدل‌های فیزیکی - فرآیندی مزبور برای ورودی‌ها، فرآیندها، فرضیه‌ها و شرایط مربوط به مناطق محل تولید آنها به‌ویژه آمریکا، توسعه‌یافته‌اند [۱۳ و ۱۷]. به‌طور کلی، کاربرد این مدل‌های فرآیند محور در سایر کشورها از جمله ایران، به دلیل دارا بودن متغیرهای نسبتاً زیاد و نیاز به داده‌های متنوع، از خطای قابل توجهی برخوردار بوده و گاهی دقت آن‌ها در حدود ۶۰ درصد مقادیر واقعی است [۲]. هم‌چنین این مدل‌ها به‌طور عمده برای مناطق نسبتاً کوچک کاربرد داشته و استفاده از آن‌ها برای شناسایی خطر فرسایش بادی در مناطق وسیع با سیمای اراضی گوناگون، با نقاط ضعف فراوانی روبه‌رو است [۱۶]. مدل‌های معرفی شده در زمینه فرسایش بادی برای زمین‌های کشاورزی تدوین شده‌اند و بنابراین در عرصه‌های غیر زراعی که بخش وسیعی از کشور پهناور و خشک ایران را شامل می‌شود، قابل استفاده نمی‌باشند. از سوی دیگر، مدل‌های موجود در زمینه برآورد فرسایش بادی دارای ضرابی هستند که دستیابی به آن‌ها، مستلزم پژوهش‌های جدیدی در هر منطقه و یا واسنجی این مدل‌ها با توجه به شرایط منطقه‌ای است [۷]. هم‌چنین کاربرد تعدادی از مدل‌های موجود، مستلزم در دسترس بودن اطلاعات پایه و داده‌های آماری است که این اطلاعات در ایران به دلیل عدم وجود یا کمبود ایستگاه‌ها در دسترس نمی‌باشند [۱۲]. با توجه به موارد ذکر شده و

1- Wind Erosion Prediction System

2- Tech Erosion Analysis Model

3- Wind Erosion Stochastic Simulator

4- Revised Wind Erosion Equation

سر و تیپ دشت پوشیده قرار دارند (جدول ۱). پس از تفکیک واحدهای ژئومرفولوژی (رخصاره‌ها)، با توجه به مساحت، توپوگرافی، پوشش گیاهی و موقعیت راه‌ها، در هر رخصاره به طور میانگین سه نقطه، برای انجام مطالعات مربوط به فرسایش بادی، تعیین گردید (شکل ۱).

به سبب مساحت زیاد و عدم یکنواختی تعدادی از رخصاره‌ها (از جمله رخصاره تل‌ماسه)، به منظور افزایش دقت، بیش از سه نقطه در این نوع از رخصاره‌ها برای انجام مطالعات، مشخص و در مجموع ۳۰ نقطه تعیین و مشخص گردید.

برآورد شدت فرسایش بادی و میزان رسوب‌دهی به کمک مدل IRIFR

در هر یک از رخصاره‌های موجود در منطقه مورد مطالعه، امتیازدهی به هر یک از ۹ متغیر مؤثر در فرسایش بادی موجود در مدل (جدول ۲)، با توجه به شدت و ضعف اثر هر عامل بر فرسایش بادی و تأثیر آن بر رسوب‌زایی، با استفاده از نقشه‌های پایه مانند سازندهای زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، شکل اراضی و پستی و بلندی، خاک‌شناسی و قابلیت اراضی و نیز مطالعات صحرایی و جمع‌آوری سایر اطلاعات از جمله رطوبت، باد و وضعیت فرسایش سطح خاک صورت گرفت. در آخر، پتانسیل فرسایش بادی و میزان رسوب‌دهی در هر واحد کاری (رخصاره) و کل عرصه مطالعاتی، با استفاده از معادله (۱) محاسبه گردید.

$$Q_s = 41 [EXP (0.05R)] \quad \text{معادله (۱)}$$

که در آن:

Q_s ، میزان رسوب‌دهی بر حسب تُن بر کیلومتر مربع در سال و R ، مجموع امتیازهای ۹ عامل مؤثر در فرسایش خاک به روش IRIFR است.

مقایسه نتایج با داده‌های مشاهده‌ای حاصل از اندازه‌گیری مستقیم در صحرا نیز از دیگر اهداف این پژوهش بوده است.

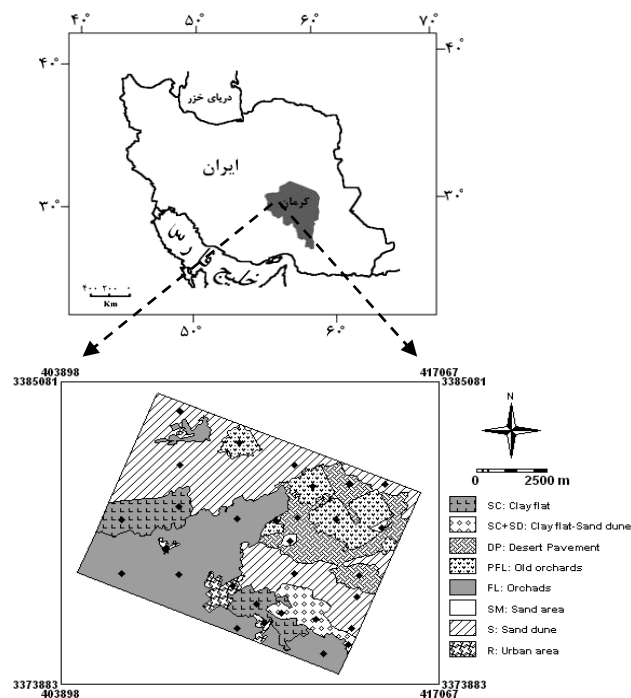
مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، بخشی از دشت داوران در محدوده جغرافیایی $14^{\circ} 00' 56''$ تا $41^{\circ} 07' 56''$ طول شرقی و $29^{\circ} 53' 30''$ تا $30^{\circ} 35' 30''$ عرض شمالی، در ۱۵ کیلومتری شرق شهرستان رفسنجان با مساحتی معادل ۷۰۹۰ هکتار واقع شده است (شکل ۱). دشت داوران به واسطه حاکم بودن شرایط کویری که ناشی از تأثیر اقلیم نامناسب از جمله تبخیر بسیار بالا، بارندگی کم (کم‌تر از ۱۰۰ میلی‌متر در کل شهرستان و ۶۰ میلی‌متر در مناطق دشتی)، و نامنظم، رطوبت نسبی پایین، اختلاف زیاد بین دمای شب و روز، طولانی بودن فصل خشک و فقر شدید پوشش گیاهی، می‌باشد؛ منجر به تخریب خاک و فرسایش شدید بادی تا حد تشکیل تپه‌های ماسه‌ای در بعضی از مناطق از جمله منطقه داوران (محدوده مورد مطالعه) و هم‌چنین گسترش کویرهای نمک، شن و ریگ شده است. بر اساس مطالعات شناسایی کانون‌های بحرانی فرسایش بادی، چهار کانون بحرانی فرسایش بادی کبوتر خان، ناصریه، لاهیجان و جوادیه نوق در شهرستان رفسنجان شناسایی گردیده است که منطقه مورد مطالعه در کانون بحرانی لاهیجان قرار دارد [۴].

تعیین و تفکیک واحدهای کاری

به منظور بررسی وضعیت فرسایش بادی در عرصه مورد مطالعه، از رخصاره‌های فرسایش بادی (محدوده‌های مشخص و نسبتاً همگن با شرایط اداپیکتی، بیولوژیکی و ژئومرفولوژیکی یکسان) براساس روش پیشنهادی احمدی [۱]، به عنوان واحد کاری استفاده شد. بر این اساس، در منطقه مورد مطالعه، یک واحد، یک تیپ و ۸ رخصاره شناسایی و تفکیک شدند. این رخصاره‌ها در واحد دشت



شکل ۱- منطقه‌ی مورد مطالعه و رخساره‌های فرسایش بادی موجود در آن

جدول ۱- کد و نام واحدها، تیپ‌ها و رخساره‌های موجود در منطقه مورد مطالعه

واحد	تیپ	نام و مساحت رخساره		مساحت (هکتار)
		نام	کد	
		دشت ریگی متوسط دانه	۱-۳-۲	۸۴۱/۹
		پهنه رسی	۲-۳-۲	۶۱۶/۵
		اراضی باغی رهاشده	۳-۳-۲	۶۵۶/۸
۲	دشت سر	محل قرصه شن	۴-۳-۲	۴۱/۷
	۳-۲	پهنه ماسه‌ای	۵-۳-۲	۲۴۴۲
		اراضی باغی	۶-۳-۲	۲۰۴۷
		اراضی مسکونی	۷-۳-۲	۱۵۵/۵
		پهنه رسی همراه با تپه‌های ماسه‌ای	۸-۳-۲	۲۶۹/۱

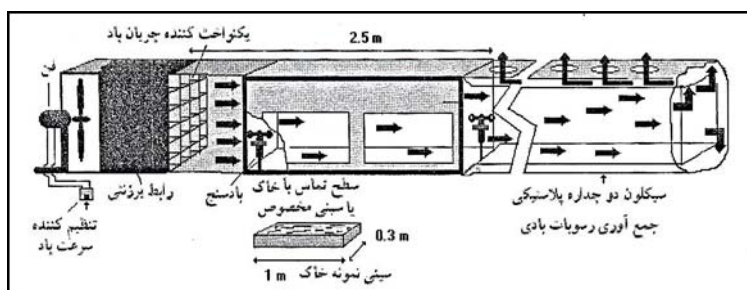
جدول ۲- مولفه‌های مؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوب و امتیازات مربوط به آن‌ها در مدل IRIFR

شماره	عوامل مورد بررسی در ارزیابی فرسایش بادی	حدود امتیازات
۱	سنگ‌شناسی	۰-۱۰
۲	شکل اراضی و پستی و بلندی	۰-۱۰
۳	سرعت و وضعیت باد	۰-۲۰
۴	خاک و پوشش سطح آن	۵-۱۵
۵	انبوهی پوشش گیاهی	۵-۱۵
۶	آثار فرسایشی سطح خاک	۰-۲۰
۷	رطوبت خاک	۰-۱۰
۸	نوع و پراکنش نهشته‌های بادی	۰-۱۰
۹	مدیریت و استفاده از زمین	۵-۱۵

اندازه‌گیری شدت فرسایش بادی و میزان رسوب‌دهی با استفاده از تونل باد قابل حمل

در این روش، دستگاه‌های شبیه‌ساز که قادر به ایجاد شرایط فرسایشی مشابه طبیعت هستند، شدت فرسایش بادی را مورد آزمون قرار می‌دهند. سرعت عمل بالا، هزینه کم، دقت نسبتاً بالا و عدم دست‌کاری شرایط طبیعی خاک از ویژگی‌های این روش است [۱۱]. تونل باد قابل حمل صحرایی استفاده‌شده در این پژوهش، یک نمونه از دستگاه سنجش فرسایش بادی است [۵]. کف این تونل، دارای یک سطح مقطع تماس با خاک با ابعاد 100×30 سانتی‌متر است (شکل ۲). با مماس نمودن کف تونل با

سطح خاک طبیعی می‌توان بدون هیچ تغییری در ساختمان خاک، به سهولت متغیرهای مورد نظر را اندازه‌گیری کرد. در این پژوهش، در هر یک از رخصاره‌های مورد مطالعه، میزان رسوب‌دهی برای سرعت باد $10/8$ متر بر ثانیه (باد غالب فرسایش‌زا در منطقه) در مدت زمان ۱۵ دقیقه و نیز سرعت آستانه فرسایش بادی در نقاط تعیین شده با استفاده از دستگاه سنجش فرسایش بادی، اندازه‌گیری شد (جدول ۳).



شکل ۲- نمایی از دستگاه سنجش فرسایش بادی مورد استفاده [۵]

که در آن:

WE : شدت فرسایش بادی، T^n : تداوم سرعت باد در کلاس سرعت بزرگ‌تر از سرعت آستانه و E_i : مقدار فرسایش بادی (بادبردگی) به ازای یک سرعت مشخص می‌باشد.

پس از اندازه‌گیری میزان رسوب‌دهی در هر یک از رخصاره‌ها به‌وسیله دستگاه سنجش فرسایش بادی، شدت فرسایش سالانه بادی، با استفاده از معادله (۲) و از ترکیب این داده‌ها با داده‌های طولانی مدت باد به‌دست آمده از ایستگاه سینوپتیک موجود در منطقه، محاسبه شد [۶].

$$WE = \sum_{V=1}^n T^n * E_i \quad (2)$$

جدول ۳- مختصات نقاط مورد مطالعه به کمک دستگاه تونل باد

شماره نقطه	نوع رخساره	طول جغرافیایی (متر)	عرض جغرافیایی (متر)
۱	پهنه ماسه‌ای	۴۱۲۰۱۰	۳۳۸۲۰۷۱
۲	پهنه ماسه‌ای	۴۰۸۰۱۸	۳۳۸۲۰۱۶
۳	پهنه ماسه‌ای	۴۰۸۰۲۰	۳۳۸۴۰۰۰
۴	پهنه ماسه‌ای	۴۱۱۹۹۷	۳۳۷۷۹۸۹
۵	پهنه ماسه‌ای	۴۱۴۰۰۶	۳۳۷۶۰۰۵
۶	پهنه ماسه‌ای	۴۱۵۱۵۰	۳۳۸۱۳۰۲
۷	اراضی باغی	۴۱۰۰۰۱	۳۳۸۰۰۲۸
۸	اراضی باغی	۴۰۸۰۰۵	۳۳۷۷۹۸۳
۹	اراضی باغی	۴۰۵۹۹۷	۳۳۷۸۰۰۷
۱۰	اراضی باغی	۴۱۰۰۰۱	۳۳۷۵۹۸۷
۱۱	اراضی باغی	۴۱۲۹۹۵	۳۳۷۵۰۵۱
۱۲	اراضی باغی	۴۰۸۵۹۶	۳۳۸۳۳۰۲
۱۳	اراضی مسکونی	۴۰۷۵۴۳	۳۳۷۸۹۵۸
۱۴	اراضی مسکونی	۴۰۹۸۶۸	۳۳۷۷۵۵۸
۱۵	اراضی مسکونی	۴۱۰۹۶۳	۳۳۷۶۱۸۳
۱۹	پهنه رسی همراه با تپه‌های ماسه‌ای	۴۰۵۹۹۷	۳۳۷۹۹۹۲
۱۷	پهنه رسی همراه با تپه‌های ماسه‌ای	۴۰۷۹۹۳	۳۳۸۰۴۶۷
۱۸	پهنه رسی همراه با تپه‌های ماسه‌ای	۴۱۰۷۰۷	۳۳۷۶۸۶۴
۱۹	پهنه رسی	۴۱۱۵۴۷	۳۳۷۶۵۶۰
۲۰	پهنه رسی	۴۱۲۷۵۲	۳۳۷۶۳۲۹
۲۱	پهنه رسی	۴۱۳۸۸۴	۳۳۷۵۳۹۲
۲۲	محل قرضه شن	۴۱۱۳۵۲	۳۳۷۹۹۶۸
۲۳	محل قرضه شن	۴۱۱۸۵۱	۳۳۷۹۲۱۳
۲۴	محل قرضه شن	۴۱۵۰۲۸	۳۳۷۹۶۷۶
۲۵	اراضی باغی رهاشده	۴۱۰۰۸۷	۳۳۸۲۸۱۶
۲۶	اراضی باغی رهاشده	۴۱۲۶۳۰	۳۳۸۱۲۰۹
۲۷	اراضی باغی رهاشده	۴۱۳۴۴۶	۳۳۸۰۰۰۴
۲۸	دشت ریگی متوسط دانه	۴۱۳۱۲۴	۳۳۷۸۷۵۰
۲۹	دشت ریگی متوسط دانه	۴۱۴۱۴۶	۳۳۷۷۸۲۶
۳۰	دشت ریگی متوسط دانه	۴۱۴۱۲۲	۳۳۸۱۱۳۶

ارزیابی نتایج مدل IRIFR به کمک داده‌های

دستگاه سنجش فرسایش بادی

به منظور بررسی کارایی و صحت سنجی نتایج مدل IRIFR در مقایسه با داده‌های به دست آمده از دستگاه سنجش فرسایش بادی، از برخی شاخص‌های آماری نظیر ضریب همبستگی (r)، شاخص کارایی مدل (MEF^۱) و درصد خطای مطلق (AEP^۲) استفاده شد که معادله دو شاخص آخر به صورت زیر است:

$$MEF = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n [P(x_i) - M(x_i)]^2}{\sum_{i=1}^n [M(x_i) - \bar{M}(x_i)]^2} \quad (۳)$$

$$AEP = \frac{\sum_{i=1}^n |P(x_i) - M(x_i)|}{\sum_{i=1}^n M(x_i)} \times 100 \quad (۴)$$

که در آن:

$M(x_i)$ و $P(x_i)$ به ترتیب، مقادیر مشاهده‌ای و برآورد شده، $\bar{M}(x_i)$ متوسط مقادیر مشاهده‌ای و n تعداد کل مشاهدات می‌باشند.

1- Model Efficiency Factor, MEF
2- Absolute Error Percentage, AEP

نتایج

برآورد شدت فرسایش بادی و میزان رسوبدهی با

استفاده از مدل IRIFR

جدول ۴، نتایج حاصل از برآورد شدت فرسایش بادی در رخصاره‌های گوناگون با استفاده از مدل IRIFR را نشان می‌دهد. بر اساس این نتایج، میزان فرسایش بادی در منطقه‌ی مورد مطالعه در رخصاره‌های، تلماسه بیش‌ترین و در اراضی باغی (بدون در نظر گرفتن اراضی مسکونی روستایی) کمترین مقدار بود. بر اساس نتایج مدل، در رخصاره تلماسه، شدت فرسایش بادی بیش از ۸ هزار تُن بر کیلومترمربع در سال و در اراضی باغی، حدود ۶۱۰ تُن بر کیلومترمربع در سال بود. ارزیابی شدت فرسایش بادی با استفاده از مدل IRIFR در منطقه‌ای نشان داد که رخصاره تلماسه دارای بیش‌ترین مقدار فرسایش بادی هستند چراکه این رخصاره به علت مساعدبودن شرایط برای وقوع فرسایش بادی، به‌ویژه عدم چسبندگی بین ذرات خاک، دارای میزان رسوبدهی بیش از ۶۰۰۰ تُن بر کیلومترمربع در سال است [۱۰]. مهم‌ترین عوامل مؤثر در

تشدید فرسایش بادی و به‌شمار آمدن منطقه مورد مطالعه به‌عنوان یکی از کانون‌های بحرانی فرسایش بادی، وزش باد با سرعت زیاد و حساسیت ذاتی خاک به فرسایش (فراوانی ذرات شن ریز) در منطقه دانست، به‌گونه‌ای که عامل باد در بعضی از رخصاره‌ها از جمله رخصاره تلماسه، امتیاز ۱۵ را از ۲۰ امتیاز ممکن کسب نموده است که نشان از طوفان‌های سهمگین و فرساینده با شدت و مدت طولانی در منطقه مورد مطالعه دارد، که با توجه به حساسیت ذاتی خاک منطقه به فرسایش، نقش اصلی را در تشدید فرسایش بادی و هدررفت خاک، ایفا می‌کند. در بیشتر اراضی باغی موجود در منطقه، وجود درختان با تراکم متوسط تا زیاد باعث کاهش سرعت باد و تنش برشی حاصل از آن و در نتیجه کاهش شدت فرسایش بادی در این رخصاره می‌گردند. از طرف دیگر، پوشیده شدن سطح خاک تعدادی از اراضی باغی از شن‌های ریز، در اثر هجوم ماسه‌های روان منشأ گرفته از تپه‌های ماسه‌ای فعال، سبب افزایش در رسوبدهی ناشی از فرسایش بادی در این رخصاره می‌گردد.

جدول ۴- مقادیر برآورد شده فرسایش بادی در رخصاره‌های مورد مطالعه با استفاده از مدل IRIFR

نام رخصاره	کد رخصاره	مجموع امتیازات	کلاس فرسایشی	رسوب (تُن بر کیلومترمربع در سال)
دشت ریگی متوسط دانه	۱-۳-۲	۵۶	III	۶۷۴/۲۳
پهنه رسی	۲-۳-۲	۵۵	III	۶۴۱/۳۵
اراضی باغی رهاشده	۳-۳-۲	۸۴	IV	۲۷۳۴/۱۴
محل قرصه شن	۴-۳-۲	۷۳	III	۱۵۷۷/۴۶
تلماسه	۵-۳-۲	۱۰۶	V	۸۲۱۳/۸۱
اراضی باغی	۶-۳-۲	۵۴	III	۶۱۰/۰۷
پهنه رسی همراه با تپه شنی	۷-۳-۲	۹۴	IV	۴۵۰۷/۸۳
اراضی مسکونی	۸-۳-۲	۵۳	III	۵۸۰/۳۲

اندازه‌گیری شدت فرسایش بادی و میزان رسوبدهی

با استفاده از تونل باد

نتایج حاصل از اندازه‌گیری فرسایش بادی (میزان بادبردگی) و سرعت آستانه فرسایش بادی با استفاده از دستگاه سنجش فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه، نمایان‌گر شدت بالای فرسایش بادی در بیش‌تر واحدهای ژئومورفولوژی بادی مورد مطالعه بود؛ به‌گونه‌ای که با رسیدن سرعت باد به ۶/۸ متر بر ثانیه (سرعت آستانه)، فرسایش بادی در رخصاره تلماسه شروع می‌شود (شکل

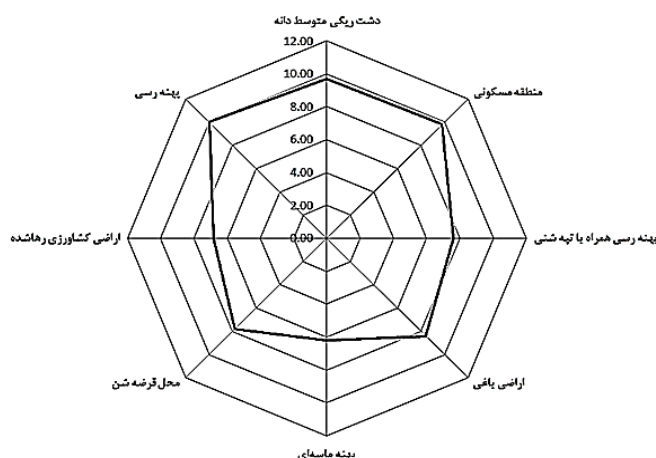
۳). از آن‌جا که در بیش‌تر مواقع سال سرعت باد، در این رخصاره بسیار شدیدتر از سرعت آستانه فرسایش بادی می‌باشد، بخش عمده رسوبات تولیدی در منطقه مورد مطالعه به این رخصاره مربوط می‌شود. در واقع توانمندی بالای این رخصاره برای وقوع فرسایش بادی سبب شده است که دشت داوران جزء کانون‌های بحرانی فرسایش بادی (کانون بحرانی لاهیجان) به‌شمار آید (جدول ۵).

شده به وسیله دستگاه سنجش فرسایش بادی در این رخساره‌ها، کم است. در رخساره پهنه رسی همراه با تپه ماسه‌ای، با وجود اینکه سرعت آستانه در این رخساره به سبب وجود پوشش رسی، تقریباً بالا است ولی در صورت تداوم طولانی مدت باد (بیشتر از سرعت آستانه) و در نتیجه آن از بین رفتن پوشش سطح و ظاهر شدن خاک زیرین، فرسایش بادی در این رخساره به شدت افزایش می‌یابد.

سرعت آستانه در رخساره‌های دشت ریگی و پهنه رسی به علت اثر عواملی همچون زبری سطح خاک، سله سطحی، استحکام پیوندی عوامل سیمانی‌کننده و غیره، بالا است. بنابراین، در این رخساره‌ها نیروی برشی باد باید به حد قابل توجهی برسد تا باعث به حرکت درآوردن و جابجایی اولین ذرات خاک در این رخساره‌ها شود. بنابراین به علت مقاومت ذرات خاک در برابر جدا شدن و از هم گسیختگی در اثر نیروی برشی باد، میزان رسوب تولیدی اندازه‌گیری

جدول ۵- مقدار فرسایش بادی اندازه‌گیری شده با استفاده از دستگاه سنجش فرسایش بادی

نام رخساره	کد رخساره	کلاس فرسایشی	رسوب (تن بر کیلومتر مربع در سال)
دشت ریگی متوسط دانه	۱-۳-۲	II	۴۵۴/۱۸
پهنه رسی	۲-۳-۲	II	۲۹۵/۰۰
اراضی باغی رها شده	۳-۳-۲	IV	۳۲۱۳/۳۳
محل قرصه شن	۴-۳-۲	III	۱۰۹۰/۳۶
تلماسه	۵-۳-۲	V	۱۰۱۶۸/۳۳
اراضی باغی	۶-۳-۲	III	۷۶۷/۳۷
پهنه رسی همراه با تپه شنی	۷-۳-۲	IV	۱۵۴۹/۷۸
منطقه مسکونی	۸-۳-۲	II	۴۲۷/۸۷



شکل ۳- مقادیر سرعت آستانه فرسایش بادی (متر بر ثانیه) اندازه‌گیری شده به وسیله دستگاه سنجش فرسایش بادی در رخساره‌های مورد مطالعه

مقایسه نتایج مدل IRIFR با داده‌های مشاهده‌ای

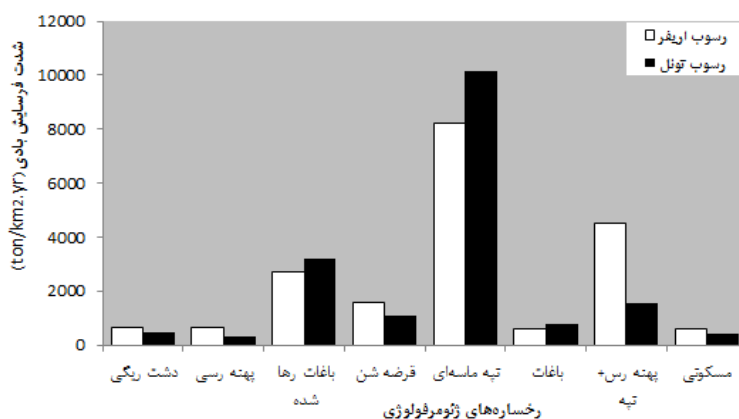
دستگاه سنجش فرسایش بادی

بود. در رخساره تلماسه، شدت فرسایش بادی شبیه‌سازی شده با مدل IRIFR به‌طور قابل توجهی کمتر از میزان اندازه‌گیری شده به وسیله دستگاه سنجش فرسایش بادی (حدود ۲۰ درصد) بود (شکل ۴). به نظر می‌رسد که مدل IRIFR، در شبیه‌سازی شدت فرسایش بادی برای رخساره‌هایی با کلاس فرسایش خیلی زیاد (کلاس V) با مشکل روبه‌رو باشد. نتایج ارزیابی فرآیند فرسایش بادی در

شدت فرسایش بادی شبیه‌سازی شده به وسیله مدل IRIFR در رخساره‌های، اراضی باغی رها شده، تلماسه و اراضی باغی کم‌تر از میزان اندازه‌گیری شده با استفاده از دستگاه سنجش فرسایش بادی بود (شکل ۴). این در حالی است که در سایر رخساره‌ها، میزان رسوب شبیه‌سازی شده به وسیله مدل IRIFR بیش‌تر از میزان اندازه‌گیری شده به وسیله دستگاه سنجش فرسایش بادی

به رخصاره‌ایی که دارای تپه‌های ماسه‌ای فعال است، به شدت کاهش یافته است. بنابراین به نظر می‌رسد که متغیرها و عوامل مورد بررسی در مدل IRIFR در برخی از رخصاره‌ها ناکافی بوده و باید مولفه‌های بیشتری به مدل وارد شوند تا مدل قادر به شبیه‌سازی بهتر شدت فرسایش بادی در این رخصاره‌ها باشد. مقایسه پتانسیل رسوب‌دهی فرسایش آبی و بادی با استفاده از مدل‌های MPSIAC و IRIFR در حوزه آبخیز آب بخش‌های کرمان نیز نشان می‌دهد که مدل IRIFR برای برآورد فرسایش بادی در مناطق خشک و نیمه خشک ایران مناسب است [۱۵]. هرچند این مدل دارای نقص‌هایی است که برای دستیابی به نتیجه‌ی مطلوب‌تر باید با توجه به شرایط اقلیمی، پوشش گیاهی و خاک هر منطقه، مورد بازنگری و اصلاح قرار گیرد. برآورد پتانسیل رسوب‌دهی فرسایش بادی در منطقه بیابانی شهرستان اسفراین به کمک مدل IRIFR نشان می‌دهد هر چند این مدل برای برآورد فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه، کارآمد بود ولی برای عامل رطوبت خاک به جزء مسئله عمق و سطح سفره آب زیرزمینی، باید بارندگی منطقه و تعداد ماه‌های خشک سال نیز مورد توجه قرار گیرند [۱۲].

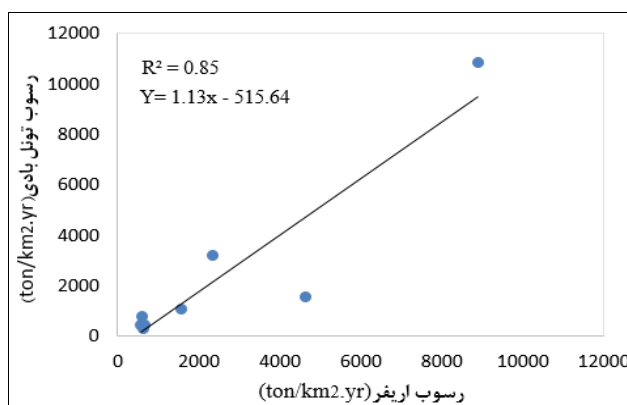
شرق اصفهان به کمک مدل IRIFR نشان داد که باید به این روش شاخص‌های بیش‌تری اضافه نمود تا بتوان مناطق خیلی حساس به فرسایش و یا دارای فرسایش شدید و خیلی شدید را شناسایی کرد [۹]. تفاوت قابل توجه دیگر در میزان برآورد شدت فرسایش بادی به دو روش ذکر شده، در رخصاره پهنه رسی همراه با تپه ماسه‌ای دیده شد. در این رخصاره، میزان رسوب شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل IRIFR خیلی بیش‌تر از میزان اندازه‌گیری شده به‌وسیله دستگاه سنجش فرسایش بادی بود (شکل ۴). با توجه به بازدیدهای صحرائی صورت گرفته از رخصاره پهنه رسی همراه با تپه ماسه‌ای و استفاده از پرسش‌نامه‌های محلی، این رخصاره در سال‌های نه‌چندان دور، از تپه‌های ماسه‌ای فعال پوشیده است که با ایجاد جنگل مصنوعی در منطقه مورد نظر (نهال‌کاری تاغ)، تپه‌های ماسه‌ای موجود در این رخصاره به حالت پایدار در آمده‌اند. همچنین از آن‌جا که خاک اطراف منطقه مورد مطالعه رسی است، به تدریج یک لایه خاک رسی (انتقال توسط باد)، تپه‌های ماسه‌ای موجود در این واحد را پوشانده و تپه‌های ماسه‌ای به حالت پایدار رسیده و بنابراین شدت فرسایش بادی در آن، نسبت



شکل ۴- مقایسه مقادیر شدت فرسایش بادی شبیه‌سازی شده به‌وسیله مدل IRIFR و دستگاه سنجش فرسایش بادی

شده به دست آمد (شکل ۵). مقادیر نسبتاً مناسب دیگر شاخص آماری مانند ضریب خطای مطلق ($APE=0/37$) و به‌ویژه شاخص کارایی مدل ($MEF=0/97$)، نیز نمایان‌گر آن است که در مجموع مدل به‌خوبی توانسته شدت فرسایش بادی را در بخش قابل ملاحظه‌ای از منطقه مورد مطالعه شبیه‌سازی کند.

با این وجود، رگرسیون خطی ایجادشده بین مقادیر شبیه‌سازی شده رسوب و اندازه‌گیری شده آن در کل منطقه مورد مطالعه، نشان داد که تفاوت در مقادیر اندازه‌گیری شده شدت فرسایش بادی با استفاده از این دو روش ناچیز بوده و ضریب تبیین نسبتاً مناسبی ($R^2=0/84$) بین مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی



شکل ۵- رگرسیون خطی ایجادشده بین مقادیر اندازه‌گیری شده شدت فرسایش بادی به وسیله مدل IRIFR و تونل باد

بحث و نتیجه‌گیری

بادی در مقایسه با رخساره‌های تلماسه و باغ‌های رهاشده می‌شود. اما در صورت تداوم بادهای فرساینده، پوشش رسی سطح این رخساره از بین رفته و فرسایش بادی به شدت افزایش می‌یابد. از آنجایی که در این رخساره مقدار فرسایش بادی شبیه‌سازی شده به وسیله مدل به میزان قابل ملاحظه‌ای بیشتر از مقدار فرسایش بادی مشاهده‌ای به وسیله تونل باد بود به نظر می‌رسد که باید اهمیت نقش رسوبات دانه‌ریز رسی و سله سطحی در نمرده‌دهی به متغیرهای مؤثر در فرسایش بادی موجود در مدل بیشتر مورد توجه قرار گیرد.

سطح اراضی باغی رهاشده نیز در اثر هجوم ماسه‌های روان کاملاً از ماسه ریز پوشیده شده به طوری که مشابه رخساره تلماسه حساس به فرسایش بادی می‌باشند، با این تفاوت که وجود بقایای درختان بر روی سطح خاک و عدم پوشش یکنواخت ماسه‌های روان در رخساره باغ‌های رهاشده تا حدی از حساسیت این رخساره نسبت فرسایش بادی در مقایسه با رخساره تلماسه می‌کاهد. در این رخساره نیز مانند رخساره تلماسه باید مولفه‌های مؤثر بر فرسایش بادی بیشتری مورد بررسی قرار گیرد تا شبیه‌سازی فرسایش بادی به وسیله مدل با دقت بیشتری در این نوع از رخساره‌ها صورت بپذیرد.

ماسه‌های موجود در رخساره قرضه ماسه به طور عمده به‌منظور استفاده‌های کشاورزی برداشت گردیده‌اند به گونه‌ای که در بعضی از نقاط، خاک زیرین (خاک دارای رس زیاد) ظاهر گشته است. از سوی دیگر تردد ماشین‌آلات در این رخساره سبب افزایش تراکم خاک

نتایج حاصل از شبیه‌سازی شدت فرسایش بادی با استفاده از مدل IRIFR و نیز اندازه‌گیری‌های صحرایی نشان داد که عوامل گوناگونی بر شدت و ضعف فرسایش بادی و تفاوت در مقدار اندازه‌گیری شده آن به وسیله تونل باد و میزان شبیه‌سازی شده به وسیله مدل در هر یک از رخساره‌های فرسایش بادی مورد بررسی اثرگذارند. در رخساره دشت ریگی متوسط دانه که سطح خاک از سنگریزه‌های متوسط دانه پوشیده شده است، ذرات ریز خاک توسط باد، برداشت و ذرات درشت دانه در سطح باقی مانده‌اند. این پوشش سنگریزه ای توانسته سطح خاک را از فرسایش بادی در امان نگه داشته و بنابراین تفاوت چندانی در مقدار فرسایش بادی شبیه‌سازی شده به وسیله مدل و مقدار مشاهده‌ای به وسیله تونل باد در این رخساره وجود نداشت. در اراضی تلماسه‌ای که شامل تپه‌های ماسه‌ای فعال هستند، شدت فرسایش بادی شبیه‌سازی شده توسط مدل به‌طور قابل توجهی کم‌تر از مقدار اندازه‌گیری شده بود. به نظر می‌رسد که مولفه‌های مؤثر بر فرسایش بادی بیشتری از قبیل عدم چسبندگی ذرات خاک و اندازه ذرات شن برای شبیه‌سازی شدت فرسایش بادی در رخساره‌هایی با کلاس فرسایش خیلی زیاد (کلاس V) نظیر رخساره فرسایش بادی اراضی تلماسه‌ای می‌بایست مورد بررسی قرار گیرند. در پهنه رسی همراه با تپه‌های ماسه‌ای، سطح رخساره فرسایشی به وسیله رسوبات دانه ریز رسی پوشیده شده که این پوشش رسی به همراه پوشش گیاهی با تراکم متوسط (تاغزار)، باعث کاهش شدید حساسیت این رخساره نسبت به فرسایش

به وسیله مدل، به مانند رخصاره پهنه رسی همراه با تپه ماسه‌ای، به نظر می‌رسد که باید به نقش رسوبات دانه‌ریز رسی و سله سطحی در میزان شدت فرسایش بادی و در نتیجه امتیازدهی مناسب به پارامترهای مدل بیشتر توجه نمود.

از سوی دیگر شدت فرسایش بادی اندازه‌گیری شده در بخش عمده‌ای از منطقه مورد مطالعه با استفاده از هر دو روش مدل IRIFR و دستگاه شبیه‌ساز فرسایش بادی، نشان از وضعیت بحرانی دشت داوران از نظر شدت فرسایش بادی داشت. نتایج ارزیابی مدل IRIFR با داده‌های دستگاه سنجش فرسایش بادی و تجزیه و تحلیل‌های انجام گرفته، نشان داد که علی‌رغم تجربی بودن مدل IRIFR (تعیین‌کننده بودن نقش تجربه کارشناس در نتایج)، به علت هم‌خوانی داشتن این مدل و شاخص‌های مورد بررسی در آن با شرایط طبیعی، ژئومرفولوژی، اقلیمی و خاکی کشور، می‌تواند یکی از روش‌های مناسب برای برآورد توان رسوب‌دهی ناشی از فرسایش بادی در کشور محسوب گردد. با این وجود به نظر می‌رسد که مدل IRIFR، در شبیه‌سازی شدت فرسایش بادی در برخی از رخصاره‌ها، دارای کمبودهایی است که باید با توجه به شرایط اقلیمی، پوشش گیاهی و خاک، مورد بازنگری و اصلاح قرار گیرد. با توجه به عمومیت نداشتن بیش‌تر مدل‌های فیزیکی - فرآیندی موجود در رابطه با شبیه‌سازی شدت فرسایش بادی (از جمله مدل TEAM)، و کمبود ایستگاه‌های رسوب‌سنجی در ایران، می‌توان با استفاده از مدل IRIFR ولی با اصلاح شاخص‌ها و افزودن عامل‌های بیش‌تر برای دستیابی به نتیجه مطلوب‌تر و برآورد دقیق‌تر از شدت فرسایش بادی، مناطق حساس به فرسایش یا دارای فرسایش بادی شدید و خیلی شدید را شناسایی نموده و در نتیجه، با اعمال روش‌های حفاظتی و پیشگیرانه مناسب مربوط به هر منطقه، از هدررفت بیشتر خاک در مناطق در معرض خطر فرسایش بادی، به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک، جلوگیری نمود یا میزان هدررفت خاک را به کمترین مقدار ممکن کاهش داد.

زیرین گشته که این عوامل، کاهش شدت فرسایش بادی در این رخصاره را در پی داشته‌اند. بنابراین در این رخصاره نیز مدل، تخمین بیشتری از مقدار مشاهده‌ای فرسایش بادی نسبت به تونل بادی داشت، اگرچه این تفاوت چندان قابل توجه نبود. همچنین در مناطق مسکونی مورد مطالعه، خاک موجود دارای بافت تقریباً ریزدانه بود که به علت چسبندگی ذرات خاک زیاد و تشکیل سله در سطح فرسایش بادی شدید در این رخصاره دیده نشد. این در حالی است که در بعضی نقاط از این رخصاره به علت به هم‌خوردگی سطح خاک در اثر فعالیت‌های انسانی و در نتیجه آن تخریب سله سطحی و ساختمان خاک زیرین، افزایش قابل توجهی در شدت فرسایش بادی اندازه‌گیری شده، دیده شد. کم‌ترین تفاوت در مقدار فرسایش بادی شبیه‌سازی شده به وسیله مدل و مقدار فرسایش بادی اندازه‌گیری شده به وسیله تونل باد در بین رخصاره‌های مورد بررسی، در این اراضی مشاهده شد که نشان از دقت بالای مدل در شبیه‌سازی شدت فرسایش بادی در این رخصاره داشت.

برخی از باغ‌های رخصاره اراضی باغی، به شدت مورد هجوم ماسه‌های روان قرار گرفته‌اند و بنابراین از توانمندی فرسایش بادی بالایی برخوردار هستند، در حالی که برخی دیگر (اطراف منطقه مسکونی) به دلیل شرایط مناسب از نظر خاک‌شناسی و پوشش گیاهی، غیر حساس به فرسایش بادی بودند. شدت فرسایش بادی در این رخصاره به‌طور میانگین، در کلاس متوسط قرار گرفت. تفاوت قابل ملاحظه‌ای در مقدار فرسایش بادی شبیه‌سازی شده به وسیله مدل و مقدار فرسایش بادی مشاهده‌ای به وسیله تونل باد دیده نشد. وجود رسوبات دانه ریز و رسی در سطح و همچنین چسبندگی ذرات رسی و تشکیل سله سخت سطحی در رخصاره پهنه رسی، باعث افزایش مقاومت ذرات خاک در برابر تنش‌های وارده از جمله نیروی برشی باد شد به‌گونه‌ای که در این رخصاره، بالاترین سرعت آستانه و کمترین مقدار فرسایش بادی اندازه‌گیری گردید. در این رخصاره نیز با توجه به کم‌تر بودن مقدار مشاهده‌ای فرسایش بادی نسبت به مقدار شبیه‌سازی شده

References

- [1]. Ahmadi, H. (2006). Applied geomorphology (Wind erosion). Tehran University Publication, 706 p. (in Farsi).
- [2]. Azimzadeh, H.R. (2007). Study on application of wind erosion prediction system WEPS and IRIFR2 on fallow lands of Ardakan plain-Yazd. PhD. thesis, University of Tehran, (in Farsi).
- [3]. Coppinger, K.D., Reiners, W.A., Burke, I.C., & Olson, R.K. (1991). Net erosion on a sagebrush steppe landscape as determined by cesium 137 distribution. *Soil Science Society of America Journal*, (55), 254-258.
- [4]. Department of natural resources Kerman. (2007). Breeding and management of forests in the davaran plain, 44 p. (in Farsi).
- [5]. Ekhtesasi, M.R. (1991). Report design and construction of wind erosion meter. Publication of Science and Technology Research Organization of Yazd, (in Farsi).
- [6]. Ekhtesasi, M.R. (1993). Mapping susceptibility to wind erosion in the ardakan plain-Yazd by using wind erosion meter. Master thesis, University of Tehran, (in Farsi).
- [7]. Ekhtesasi, M.R., & Ahmadi, H. (1997). Quantity and quality evaluation of wind erosion and estimate of sedimentation potential (case study: yazd-ardakan plain). *Natural Resource Journal of Iran*, 50(2), 5-14, (in Farsi).
- [8]. Faraji, M., Mohammadan Behbehani, A., Ahmadi, H., Ekhtesasi, M. R., Faiznia, S., & Jafari, M. (2011). Assessing the intensity of wind erosion in maroon- molasani basin with IRIFR.1 method. The second national conference of wind erosion and dust storms, Yazd University, (in Farsi).
- [9]. Khnamani, A., Karimzadeh, H.R., Jafari, R., & Safaei, A.R. (2011). Evaluation of the wind erosion process by using IRIFR.E.A model to determine the state of desertification in east area of Esfahan. The second national conference of wind erosion and dust storms, yazd University, (in Farsi).
- [10]. Mesbahzadeh, T., Ahmadi, H., Zahtabian, Gh.R., & Sarmadian, F. (2010). Assessing the intensity of wind erosion by using IRIFR.E.A model (case study: abouzeiydabad Kashan). *Natural Resource Journal of Iran*, 63(3), 399-415, (in Farsi).
- [11]. Refahi, H.G. (2008). Wind erosion and its control. University of Tehran Publication, 320 p. (in Farsi).
- [12]. Rezaee Rad, N., Hatefi, A.H., Saberi, M., & Barghamadi, M. (2011). The estimated wind erosion sedimentation potential in the desert area of esfarayen city by using IRIFR model. The second national conference of wind erosion and dust storms, University of Yazd, (in Farsi).
- [13]. Sadeghi Ravesh, M., Reyahi Khoram, M., & Khosravi, H. (2012). Zoning wind erosion potential risk in central Iran using modified numerical taxonomy model. *Journal of Agriculture and Environment*, 12(1), 91-99.
- [14]. Skidmore, E.L. (2000). Air-soil, and water quality as influenced by wind erosion and strategies for mitigation. Second International Symposium of New Technologies for Environmental Monitoring and Agro-Applications Proceedings, 216-221.
- [15]. Tahmasebi Birgani, A.M., Ahmadi, H., Rafahi, H., & Ekhtesasi, M.R. (2000). Comparison between sedimentation potention of wind and water erosion by using MPSIAC and IRIFR.E.A models in desert region of Iran (case study: ab-bakhsha basin in the Kerman zone). *Natural Resources Journal of Iran*, 53(1), 53-65, (in Farsi).
- [16]. Webb, N.P., McGowan, H.A., Phinn, S.A., & McTainsh, G. (2006). AUSLEM (AUStralian Land Erodibility Model): A tool for identifying wind erosion hazard in Australia. *Journal of Geomorphology*, (78), 197-200.
- [17]. Webb, N., McGowan, H.A., Phinn, S.A., leys, J., & McTainsh, G. (2009). A model to predict land susceptibility to wind erosion western queen's land Australia. *Journal of Environmental Modeling and Software*, (24), 214-227.
- [18]. Zarei Mahmoodabadi, H., Chabok Boldaji, M., Ebrahimi Khosfi, Z., & Tabatabai zadeh, M. (2011). Calculation the intensity of wind erosion by using IRIFR model (Case study: Jamz area of Tabas). The second national conference of wind erosion and dust storms, University of Yazd, (in Farsi).

Assessment of IRIFR model capability in simulation of soil loss in different wind geomorphology landforms using wind erosion meter

- 1- I. Kouchami Sardo, Department of Soil Sciences, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran
- 2- A.A. Besalatpour, Department of Soil Sciences, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran
a.besalatpour@vru.ac.ir
- 3- H. Bashari, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Iran
- 4- H. Shirani, Department of Soil Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran
- 5- I. Esfandiarpour Broujeni, Department of Soil Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran

Received: 29 Sep 2016

Accepted: 16 May 2017

Abstract

Measuring intensity of wind erosion in arid and semi-arid regions is vital for determining the appropriate strategies to control or reduce its effects. There are various methods and models for estimating wind erosion intensity. In this study, potential of an empirical model named, IRIFR (Iran's Research Institute of Forest and Rangelands), for the estimating of wind erosion intensity in different wind geomorphology landforms in Rafsanjan plain was evaluated by comparing the measured data obtained from the wind erosion meter as a physical – insitu method. Results of both methods showed that 13 and 37% of the study area are classified as high and very high, respectively. Furthermore, wind erosion simulated using the model was highest in sand dune, and orchard landforms had the lowest values. Soil loss in sand dune landform was estimated more than 8000 tons km⁻² year⁻¹. Obtained statistical criterion values such as absolute error percentage (AEP=0.37), coefficient of determination ($R^2=0.85$), and particularly the model efficiency factor (MEF=0.97), indicated that despite the differences in measured amounts of soil loss using wind erosion meter and the IRIFR model in some studied geomorphology landforms, the model had a suitable estimation of the wind erosion intensity in the study area. However, the IRIFR model is faced with error in estimating of wind erosion intensity in landforms with high wind erosion risk (class V) and needs to be revised.

Keywords: Modelling; Emperical model; Wind erosion risk; Wind erosion meter; Rafsanjan.

تأثیر درازمدت مالچ نفتی بر شاخص‌های تنوع زیستی ماکروفون خاک و پوشش گیاهی در منطقه جاسک

۱- فرزانه جعفری، دانشجوی کارشناسی ارشد رشته بیابان‌زدایی، دانشگاه سمنان

۲- داود کرتولی نژاد، استادیار گروه جنگلداری دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان، دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان
kartooli58@semnan.ac.ir

۳- مجتبی امیری، استادیار گروه جنگلداری دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان، دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان

۴- معصومه شایان مهر، استادیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران

۵- محمد اکبریان، استادیار جغرافیای طبیعی، دانشگاه هرمزگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۲۷

چکیده

بخش وسیعی از کشور ایران در ناحیه خشک و نیمه‌خشک قرار دارد؛ از این نظر استان‌های متعددی در معرض هجوم ماسه‌های روان به هنگام وزش بادهای دائمی و فصلی هستند. یکی از روش‌های تثبیت ماسه‌های روان استفاده از مالچ نفتی است. در این پژوهش، تأثیر مالچ نفتی بر شاخص‌های تنوع، غنا و یکنواختی ماکروفون خاک و پوشش گیاهی در شهرستان جاسک استان هرمزگان مطالعه شد. داده‌های تحقیق شامل تراکم، تاج پوشش و غنای پوشش گیاهی و غنا و تنوع ماکروفون خاک است. پوشش گیاهی با استفاده از ۶۰ پلات ۵×۵ مترمربعی و ماکروفون خاک نیز ۸۰ تله گودالی (شیشه‌های حاوی پلی‌اتیلن گلایکول ۵۰٪) نمونه‌برداری شد. شاخص‌های غنا و تنوع زیستی نیز با استفاده از نرم‌افزار Past محاسبه شد. نتایج مقایسه شاخص‌های تنوع ماکروفون خاک نشان داد که غنای منطقه مالچ پاشی شده در دو فصل پاییز و بهار به ترتیب ۲/۹ و ۱۶/۵ برابر منطقه شاهد است. شاخص تنوع شانون و سیمپسون در منطقه مالچ پاشی شده نیز در فصل پاییز، به ترتیب ۳/۶ و ۳/۱ برابر منطقه شاهد بود. شاخص‌های تنوع منطقه مالچ پاشی شده در فصل بهار ۱۵ برابر منطقه شاهد بود که بیانگر بیشتر بودن گونه‌های نادر ماکروفون خاک منطقه مالچ پاشی شده نسبت به منطقه شاهد است. نتایج تأثیر مالچ نفتی بر شاخص‌های غنا و تنوع زیستی پوشش گیاهی در دو منطقه مالچ‌پاشی شده و شاهد نیز بیانگر یکسان بودن تنوع پوشش گیاهی پس از گذشت ۱۰ تا ۱۴ سال از زمان مالچ پاشی در مناطق مورد مطالعه است.

واژگان کلیدی: تعداد گونه؛ تنوع؛ شاخص یکنواختی؛ ماکروفون خاک؛ مالچ نفتی.

مقدمه

بیابان‌زایی را افزایش داده است که این عامل شدت فرسایش بادی در کانون‌های بحرانی را در پی داشته است [۲۷]. بخش عمده این کانون‌ها و مناطق تحت تأثیر فرسایش بادی در جلگه‌های شرقی استان، به ویژه شهرستان جاسک تمرکز یافته است [۱].

یکی از روش‌های تثبیت ماسه‌های روان استفاده از مالچ نفتی است [۱۸]. مالچ نفتی از فرآورده‌های سنگین نفت است که پس از ذوب به‌صورت امولسیون با وسایل مخصوص روی زمین موردنظر پاشیده می‌شود [۱۹]. در ایران سال ۱۳۴۸ استفاده از مالچ‌های نفتی برای تثبیت ماسه‌های روان آغاز گردید [۱۲]. علاوه بر این مالچ نفتی

خاک به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بخش منابع طبیعی، نقش بسیار عمده‌ای در زندگی انسان دارد [۲۷]. فرسایش خاک، یکی از عمده‌ترین انواع تخریب سرزمین در مناطق مختلف جهان شناخته می‌شود [۱۳]. بنابراین، یافتن راه‌هایی که بتواند این فرآیند را به حداقل ممکن کاهش دهد، امری جدی به شمار می‌آید [۲۳]. بخش وسیعی از کشور ایران در ناحیه خشک قرار دارد، از این نظر استان‌های متعددی در معرض هجوم ماسه‌های روان به هنگام وزش بادهای دائمی و فصلی قرار دارند [۱۹]. خشکسالی‌های چند سال اخیر در استان هرمزگان پوشش گیاهی فقیر موجود در بیابان را از بین برده و روند

اکوسیستم به تعیین شاخص های تنوع، غنا و فراوانی این جانداران نیاز است [۲۰].

با توجه به مطالعات انجام شده، برخی از پژوهشگران به اثرات منفی و برخی دیگر نیز به اثرات مثبت مالچ های نفتی اشاره نموده اند. به عنوان مثال کرمی خانیکی [۱۸] اظهار نمود که مالچ نفتی باعث کاهش تنوع پوشش گیاهی می شود؛ از طرف دیگر، غلامی طبسی و همکاران [۱۲] بیان می کنند که مالچ نفتی ضمن نداشتن اثر سوء بر گیاهان، موجب بازگشت طبیعی گونه های بومی و بهبود وضعیت پوشش گیاهی و خاک می شود. همچنین نتایج پژوهشی نشان داد که مالچ نفتی به دلیل فراهم کردن گرمای بیشتر در لایه رویی خاک، تنها تأثیر مثبت در سریع تر جوانه زدن بذرها دارد ولی به دلیل اینکه اصولاً مانعی فیزیکی برای خروج جوانه از خاک ایجاد می کند موجب کاهش درصد سبز شدن بذرها می شود [۲۹].

هاوارد [۱۴] با مقایسه اثرهای مالچ های نفتی، اظهار داشت که مالچ نفتی موجب حفاظت بستر کاشت در مقابل فرسایش شده است. همین طور بررسی اثرات مالچ نفتی و پلی لاتیس بر روی قلمه ها و نهال ها نشان می دهد که به علت قیراندود شدن سطح قلمه ها توسط مالچ نفتی، سبز شدگی آن ها با مشکل مواجه می گردد [۲]. بنابراین، با توجه به نتایج ضدونقیض در زمینه تأثیر مالچ های نفتی بر اکوسیستم موجودات زنده، هدف از انجام این تحقیق، ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی و جانوران خاک در چهار روستا در اطراف منطقه جاسک پس از مالچ پاشی بوده است. در واقع تأثیر مالچ نفتی بر تنوع، غنا و یکنواختی ماکروفون خاک و پوشش گیاهی در این مناطق بررسی گردیده است.

مواد و روش ها

محدوده مطالعاتی

منطقه مورد مطالعه برای بررسی تأثیر مالچ نفتی روی پوشش گیاهی و ماکروفون خاک بیاهی، پی بشک، ونک، سدیج از روستاهای اطراف شهرستان جاسک، استان هرمزگان ایران است (شکل ۱، جدول ۱). روستاهای بیاهی، سدیج، پی بشک و ونک از توابع بخش لیردف شهرستان جاسک در استان هرمزگان ایران هستند.

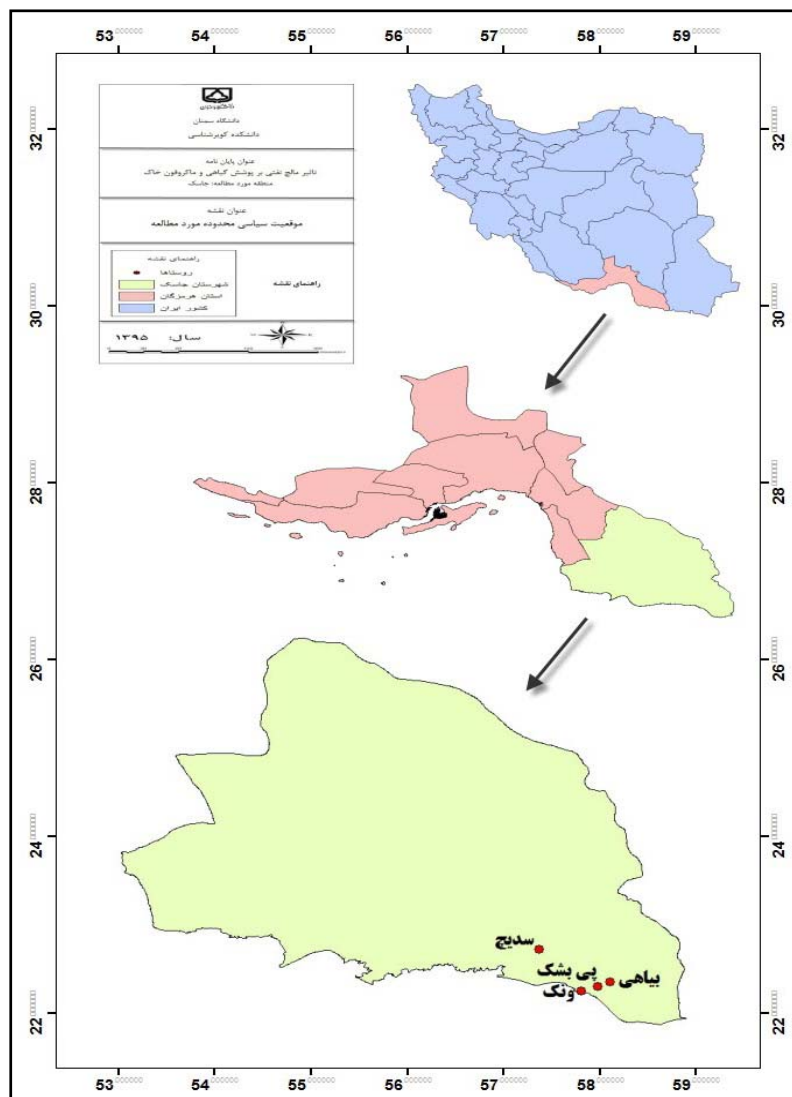
با اهداف افزایش جذب آب، حفاظت از خاک در مقابل فرسایش، کاهش گردوغبار، بهبود شرایط برای تقویت پوشش گیاهی، محافظت از ریشه گیاهان در مقابل جابجایی خاک استفاده شده است [۱۸].

به طور کلی تأثیر مالچ نفتی در تثبیت ماسه های روان، به دلیل افزایش پایداری خاک سطحی و پیوسته نمودن ذرات ماسه و در نتیجه افزایش مقاومت سطوح فوقانی ماسه زارها در مقابل فرسایش بادی است. هدف ایجاد شرایطی است که استقرار پوشش گیاهی، از طریق نهال کاری، بذرپاشی، قلمه کاری و به خصوص به صورت طبیعی فراهم شده و گیاهان بتوانند مستقر شوند و در نتیجه این عملکردها، تثبیت ماسه های روان به خوبی انجام گردد [۱۲].

بیش از یک چهارم موجودات زنده زمین ساکن خاک و بقایای مواد آلی موجودات در سطح خاک هستند [۹]. چرخه عناصر غذایی، از خدمات اکوسیستمی است که به وسیله موجودات زنده خاکزی و لاشبرگزی ارائه می شود [۵]. جانوران خاکزی نقش مهمی را در تجزیه مواد آلی خاک و در نتیجه آسان سازی چرخه عناصر معدنی ایفا می کنند [۲۴]. موجودات خاکزی با توجه به اندازه و نوع به چند گروه تقسیم شده اند که ماکروفون ها یکی از این گروه ها هستند [۷]. ماکروفون های خاک بر اساس تعریف، موجوداتی با اندازه طول بدن بیش از ۲ میلی متر [۱۷ و ۴] را شامل می شوند که در ایجاد هوموس [۲۶]، آزادسازی عناصر غذایی مهم برای گیاهان طی فرآیند معدنی کردن مواد آلی [۸ و ۲۶] نقش دارند و موجودات کلیدی مؤثر در تجزیه و تخریب زیستی بقایای مواد آلی، خاک برگ سازی، انتشار و توزیع مواد مغذی در پیکره خاک و بهبود ویژگی های فیزیکی خاک هستند [۳۰]. تنوع زیستی این موجودات خاکزی منشأ خدمات قابل توجهی در حفظ سلامت اکوسیستم و زیستگاه سایر گونه های گیاهی و جانوری است [۲۱]. از آن جا که کاهش بی مهرگان خاک می تواند اثرات منفی بر روی ساختار خاک، روند تجزیه، فرآیند نفوذ و تبادل گازها و رشد گیاهان داشته باشد، در اکولوژی و برنامه های حفاظت، مدیریت زیستگاه و ارزیابی

جاسک بخش لیردف است [۱]. ونک، روستایی از توابع بخش لیردف شهرستان جاسک در استان هرمزگان ایران است.

پی‌بشک با مساحتی بالغ بر ۱۰۸۵۲ هکتار، در سواحل دریای عمان در شرق جاسک است. منطقه‌ای مسطح و از نظر تقسیمات کشوری جزو استان هرمزگان، شهرستان



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی مناطق مالچ‌پاشی مورد مطالعه

منطقه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	متوسط ارتفاع از سطح دریا (متر)	سال مالچ پاشی	وسعت مالچ پاشی شده (هکتار)
بیاهی	۲۵° ۲۷' ۶۳"	۵۹° ۰۰' ۲۶"	۹	۱۳۸۱	۷۰۰
ونک	۲۵° ۳۲' ۱۵"	۵۸° ۵۲' ۲۹"	۷	۱۳۸۲	۳۰۰
پی‌بشک	۲۵° ۳۲' ۷۵"	۵۸° ۵۵' ۲۹"	۱۸	۱۳۸۳	۹۰۰
سدیج	۲۵° ۴۲' ۳۳"	۵۸° ۴۱' ۸۲"	۱۶	۱۳۸۵	۹۰۰

عنوان شاهد و دیگری عرصه مالچ پاشی شده بود. سپس تنوع و غنای گونه‌ای پوشش گیاهی در دو محدوده نام‌برده اندازه‌گیری گردید.

در این تحقیق ابتدا دو محدوده در هر یک از چهار روستا (جدول ۱)، جهت نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه مشخص شد که شامل عرصه مالچ پاشی نشده به

روش نمونه برداری از پوشش گیاهی

برای بررسی پوشش گیاهی در دو منطقه مالچ پاشی شده و شاهد، تعداد ۳۰ پلات در منطقه مالچ پاشی و ۳۰ پلات دیگر در منطقه شاهد پیاده شد. پلات‌ها بر روی ترانسکت‌های ۱۰۰ متری و در طول هر ترانسکت ۵ پلات (۵×۵ مترمربعی) در فواصل ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ متری پیاده شد. پوشش گیاهی درون پلات‌ها شناسایی و تعداد آن‌ها در هر پلات شمارش گردید. نمونه برداری از منطقه مورد مطالعه در آبان ۱۳۹۴ انجام شد.

روش نمونه برداری از ماکروفون خاک

برای بررسی اثر مالچ نفتی بر ماکروفون خاک منطقه مورد مطالعه از روش تله‌های گودالی استفاده شد. ظروف شیشه‌ای در گودال‌هایی به عمق ۱۵ سانتیمتر قرار داده شد و سطح شیشه‌ها هم‌سطح با خاک بوده و درون آن‌ها محلول پلی‌اتیلن گلاکول ۵۰٪ ریخته شد. علت ریختن محلول فوق این بود که ماکروفون‌های وارد شده به آن نتوانند خارج شوند و از طرفی دیگر جهت شناسایی، سالم باقی بمانند. تعداد ۲۰ تله گودالی در منطقه مالچ پاشی شده و ۲۰ تله گودالی در منطقه بدون مالچ قرار داده شد. نمونه برداری در دو فصل پاییز (آبان) و بهار (اردیبهشت) انجام شد و ۷ روز پس از قرار دادن تله‌ها، اقدام به جمع‌آوری آن‌ها گردید. ماکروفون‌ها پس از جمع‌آوری، شناسایی و جهت محاسبه شاخص‌های غنا، تنوع و یکنواختی، شمارش شدند. از آنجا که برخی از تله‌ها در اثر هجوم ماسه‌های روان مدفون شده بود، به ترتیب ۶ و ۴ تله در فصل پاییز و بهار یافت نشد.

پس از جمع‌آوری داده‌ها، جهت تعیین شاخص تنوع از شاخص‌های شانون و سیمپسون^۱، غنای گونه‌ای از شاخص مارگالف^۲، یکنواختی از شاخص یکنواختی اکوئیت ابیلیتی^۳ استفاده شد. همچنین تعداد گونه^۴ (تعداد تاکسون‌های منحصربه‌فرد در هکتار)، فراوانی^۵ (تعداد کل ماکروفون خاک در هر پلات) و غالبیت^۶ (فراوانی جمعیت گونه‌ها

نسبت به یکدیگر) نیز برآورد شد (۱۰). تمامی شاخص‌ها با استفاده از نرم‌افزار Past محاسبه گردید. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، همگنی واریانس‌ها از آزمون لون، مقایسه چندگانه میانگین‌ها از آزمون t با نمونه‌های مستقل استفاده گردید.

نتایج

تنوع زیستی ماکروفون خاک در دو فصل پاییز و بهار

بررسی شاخص‌های غنا، تنوع، یکنواختی، وفور و تعداد گونه‌های ماکروفون خاک در منطقه مورد مطالعه بیانگر وجود اختلاف آماری معنی‌دار در میان تیمارهای مورد بررسی بود (جدول ۳). قابل ذکر است که وفور تنها در فصل بهار معنی‌دار بوده است.

نتایج بررسی غنای گونه‌ای نشان می‌دهد که مقدار شاخص غنای مارگالف گونه‌های ماکروفون خاک در منطقه مالچ پاشی شده بیشتر از منطقه شاهد است. همچنین نتایج مقایسه تنوع زیستی ماکروفون خاک با استفاده از شاخص‌های شانون و سیمپسون، در دو فصل پاییز و بهار ارائه شده است، نتایج این بررسی نشان می‌دهد که هر دو شاخص تنوع شانون و سیمپسون در منطقه مالچ پاشی شده بیشتر از منطقه شاهد است. مطالعه یکنواختی ماکروفون خاک با استفاده از شاخص یکنواختی اکوئیت ابیلیتی در دو منطقه مالچ پاشی و شاهد در دو فصل بهار و پاییز بیانگر یکنواختی بیشتر منطقه مالچ پاشی شده، نسبت به شاهد است. شاخص غالبیت نیز در منطقه مورد مطالعه در دو فصل پاییز و بهار نشان‌دهنده نبود تفاوت آماری معنی‌دار بین دو منطقه است. نتایج بررسی وفور ماکروفون خاک در فصل پاییز و بهار در دو منطقه مالچ پاشی شده و شاهد، بیانگر بیشتر بودن وفور منطقه مالچ پاشی در فصل بهار و پاییز نسبت به منطقه شاهد است که البته در مورد پاییز به دلیل واریانس زیاد نمونه‌ها، اختلاف معنی‌دار نشد. بررسی تعداد گونه‌های ماکروفون خاک موجود در دو فصل پاییز و بهار در دو منطقه نشان‌دهنده این است که تعداد گونه‌های موجود در منطقه مالچ پاشی شده بیشتر از منطقه شاهد است (شکل ۲).

جدول ۴ نیز ماکروفون‌های خاک شناسایی شده در عرصه‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد.

- 1- Shannon and Simpson
- 2- Margalef
- 3- Equitability
- 4- Taxa
- 5- Abundance
- 6- Dominance

جدول ۲- فرمول‌های به‌کاربرده شده در برای محاسبه شاخص‌های تنوع زیستی

شماره رابطه	رابطه	شاخص
(۱)	شاخص غنای مارگالف رابطه (۱) به دست آمد (جدول ۲) که در آن S تعداد تاکسون‌ها و n تعداد افراد است.	Margalef
(۲)	رابطه (۲) نیز بیانگر شاخص تنوع شانون که n_i بیانگر تعداد پایه‌های تاکسون و i نیز تعداد کل افراد است.	Shannon
(۳)	Simpson index 1-D همچنین شاخص غلبه سیمپسون از طریق رابطه (۳) به دست آمد که این شاخص عبارت است از: شاخص تنوع سیمپسون - ۱ = غالبیت (یا D).	Simpson
(۴)	1- Simpson index $D = \sum_i \left(\frac{n_i}{n}\right)^2$ شاخص غالبیت (رابطه ۴) نیز برابر با یک منهای شاخص سیمپسون است که در آن n_i تعداد افراد تاکسون i است	Dominance

جدول ۳- نتایج آماری مقایسه شاخص‌های غنا و تنوع زیستی ماکروفون خاک در دو فصل پاییز و بهار در مناطق مالچ پاشی شده و شاهد با استفاده از آزمون t

فصل	شاخص	درجه آزادی	T	Sig.
بهار	شاخص غنا مارگالف	۳۲	۲/۶۷	۰/۰۱۲*
	شاخص تنوع شانون	۳۲	۳/۲۶	۰/۰۰۳**
	شاخص تنوع سیمپسون	۳۲	۲/۹۱	۰/۰۰۶**
	شاخص یکنواختی اکوئیت ابیلیتی	۳۲	۲/۹۵	۰/۰۰۶**
	شاخص غالبیت	۱۸/۳۰	۱/۱۰	۰/۲۸۵ ^{ns}
	وفور	۱۸/۰۲	۱/۸۲	۰/۰۸۶ ^{ns}
	تعداد گونه	۳۲	۴/۵۰	۰/۰۰۰**
پاییز	شاخص غنا مارگالف	۱۹/۶۲	۴/۶۰	۰/۰۰۰**
	شاخص تنوع شانون	۲۲/۴۶	۴/۵۳	۰/۰۰۰**
	شاخص تنوع سیمپسون	۲۳/۲۷	۴/۵۱	۰/۰۰۰**
	شاخص یکنواختی اکوئیت ابیلیتی	۲۵/۵۵	۴/۵۷	۰/۰۰۰**
	شاخص غالبیت	۲۸/۷۷	۰/۳۶	۰/۷۲۲ ^{ns}
	وفور	۲۰/۲۳	۳/۲۸	۰/۰۰۴**
	تعداد گونه	۲۷/۳۸	۳/۸۰	۰/۰۰۱**

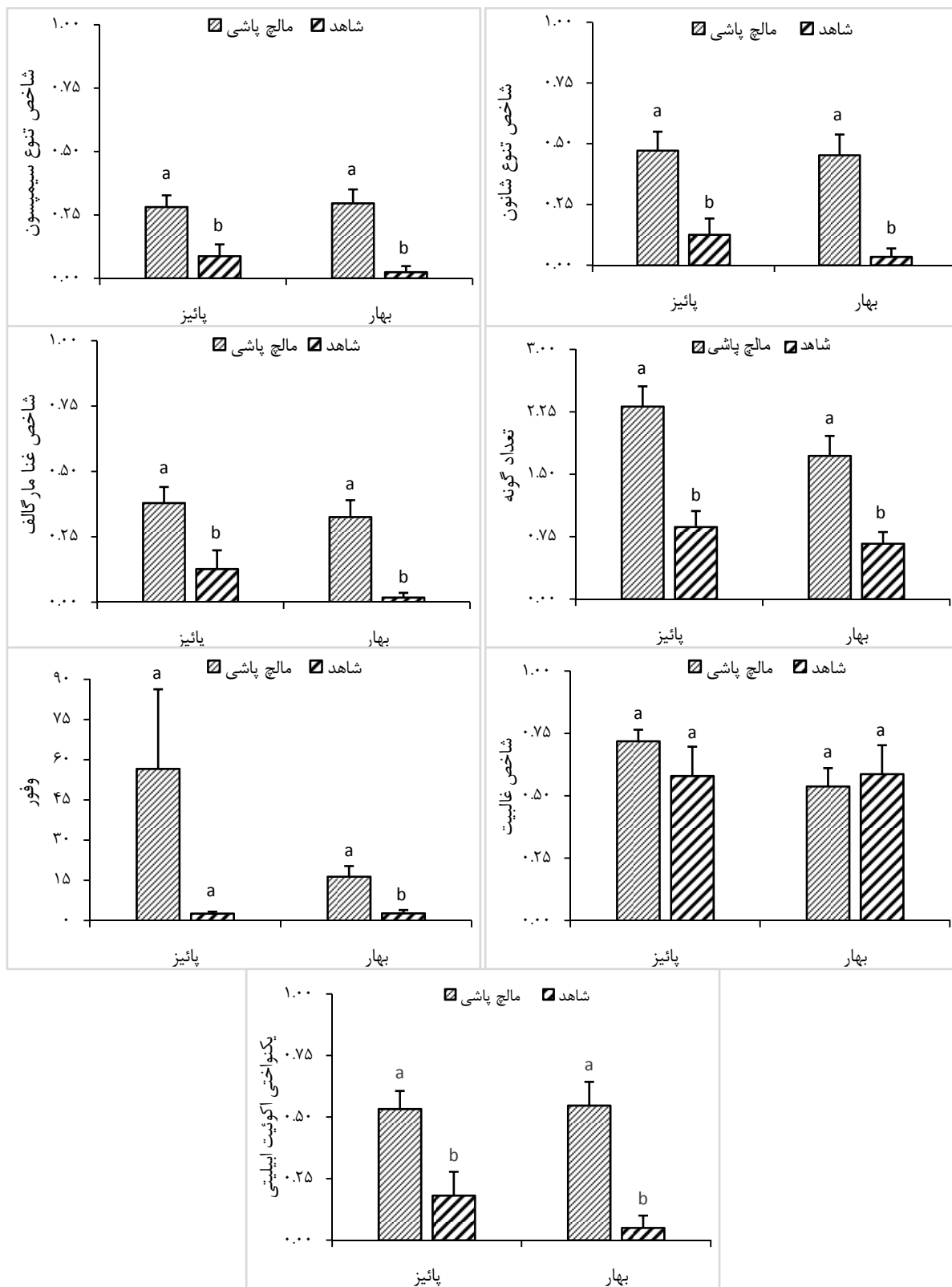
**معنی‌داری در سطح ۱ درصد، *معنی‌داری در سطح ۵ درصد، ^{ns}عدم معنی‌داری

تنوع زیستی پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه

نتایج مقایسه میانگین‌های پوشش گیاهی در دو منطقه مالچ‌پاشی شده و شاهد بیانگر این است که دو منطقه از نظر شاخص‌های غنا، تنوع، یکنواختی، غالبیت، وفور و تعداد گونه‌های پوشش گیاهی موجود در منطقه مالچ

پاشی شده و شاهد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (جدول ۵).

جدول ۶، فهرست گونه‌های گیاهی شناسایی‌شده در عرصه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۲- بررسی شاخص‌های غنا، تنوع، یکنواختی، غالبیت، وفور و تعداد گونه‌های میکروبیوم خاک دو منطقه مالچ پاشی شده و شاهد در دو فصل پائیز و بهار

جدول ۴- فهرست ماکروفون‌های خاک شناسایی شده در عرصه

ردیف	شاخه	رده	راسته	خانواده	گونه	توضیحات
۱	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Scarabaidae	۲ گونه	سوسک‌های سخت بالپوش
۲	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Tenebrionidae	۲ گونه	سوسک‌های سخت بالپوش
۳	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Curcurionidae	۱ گونه	سرخرطومی‌ها
۴	Arthropoda	Insecta	Hymenoptera	Formicidae	۳ گونه	مورچه‌ها
۵	Arthropoda	Insecta	Diptera	Sarcophagidae	۱ گونه	مگس‌ها
۶	Arthropoda	Arachnida	Araneae	Unknown	۱ گونه	عنکبوتیان
۷	Arthropoda	Malacostrata	Isopoda	Unknown	۱ گونه	خرخاکی‌ها

جدول ۵- نتایج آماری مقایسه شاخص‌های غنا و تنوع زیستی پوشش گیاهی در مناطق مالچ پاشی شده و شاهد با استفاده از آزمون t

شاخص	df	t	Sig.
شاخص غنا مارگالف	۵۷	۰/۲۴	۰/۸۱۳ ^{ns}
شاخص تنوع شانون	۵۷	۰/۰۸	۰/۹۳۹ ^{ns}
شاخص یکنواختی اکوئیت ابیلیتی	۵۷	۰/۰۸	۰/۹۳۹ ^{ns}
شاخص غالبیت	۵۷	۰/۶۲	۰/۵۳۶ ^{ns}
شاخص وفور	۵۷	۰/۸۶	۰/۳۹۶ ^{ns}
تعداد گونه	۵۷	۰/۴۳	۰/۶۶۶ ^{ns}

ns به معنی عدم وجود اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۹۵ درصد است.

جدول ۶- فهرست گونه‌های گیاهی شناسایی شده در سطح عرصه

نام فارسی	نام علمی
ترات	<i>Hammada salicornica</i>
علف شور	<i>Salsola rigida</i>
اسکنبیل	<i>Calligonum comosum</i>
آفتاب پرست	<i>Heliotropium bacciferum</i>
تُزک	<i>Cyperus conglomeratus</i>

بحث و نتیجه‌گیری

تنوع زیستی ماکروفون خاک در فصل پاییز و بهار نتایج شاخص غنای مارگالف ماکروفون خاک منطقه در فصل‌های پاییز و بهار تفاوت معنی‌داری را بین دو منطقه

مالچ پاشی شده و شاهد نشان می‌دهد. غنای مارگالف ماکروفون خاک در فصل پاییز در منطقه مالچ پاشی شده، ۲/۹ برابر منطقه شاهد است. در فصل بهار این شاخص در

منطقه شاهد بسیار کمتر شده و غنای منطقه مالچ پاشی شده ۱۶/۵ برابر این مقدار شده است (شکل ۱ و جدول ۳). نتایج تنوع زیستی ماکروفون خاک با استفاده از شاخص‌های تنوع شانون و سیمپسون نشان‌دهنده آن است که هر دو شاخص در دو منطقه دارای تفاوت معنی‌دار در فصل‌های پاییز و بهار هستند. شاخص تنوع شانون و سیمپسون منطقه مالچ پاشی شده در فصل پاییز، به ترتیب ۳/۶ و ۳/۱ برابر منطقه شاهد است. مقدار این دو شاخص در فصل بهار در منطقه شاهد، کاهش چشم‌گیری داشته و شاخص‌های تنوع منطقه مالچ پاشی شده ۱۵ برابر این منطقه شاهد است. در منطقه مالچ پاشی شده شاخص تنوع شانون دارای اختلاف بیشتری نسبت به شاخص تنوع سیمپسون می‌باشد (شکل ۱ و جدول ۳). با توجه به اینکه شاخص شانون به گونه‌های نادر و شاخص سیمپسون به گونه‌هایی با وفور بیشتر وزن بیشتری می‌دهند [۳۱]، از این رو با مقایسه شاخص‌های تنوع ماکروفون خاک می‌توان ادعان نمود که در منطقه مالچ پاشی شده گونه‌های نادر بیشتری نسبت به منطقه شاهد وجود دارد. همچنین شاخص تنوع سیمپسون، منطقه مالچ پاشی شده را از نظر ماکروفون خاک متنوع‌تر نشان می‌دهد، هرچه شاخص سیمپسون به عدد ۱ نزدیک شود تنوع منطقه بیشتر می‌شود [۲۵] که می‌توان نتیجه گرفت منطقه مالچ پاشی شده، از تنوع گونه‌ای بیشتری نسبت به منطقه شاهد برخوردار است.

شاخص اکوئیت ایلیتی حاکی از این است که در فصل پاییز یکنواختی منطقه مالچ پاشی شده، ۲/۹۴ برابر منطقه شاهد است. همچنین در فصل بهار شاخص یکنواختی منطقه مالچ پاشی شده ۱۱ برابر منطقه شاهد است (شکل ۱ و جدول ۳). از آنجا که شاخص یکنواختی عبارت است از توزیع افراد در میان گونه‌های موجود [۲۲]، هر چه توزیع گونه‌ها یکنواخت‌تر باشد میزان پایداری و ثبات بیشتر بوده، در نتیجه تنوع زیستی منطقه مالچ پاشی شده بیشتر است [۱۰].

بررسی شاخص غالبیت ماکروفون خاک در منطقه مالچ پاشی شده و شاهد در دو فصل پاییز و بهار ثابت می‌کند که دو منطقه با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند. از آنجا که غالبیت و تنوع سیمپسون با یکدیگر نسبت عکس

دارند، با کاهش غالبیت تنوع ماکروفون‌های خاک در منطقه مالچ پاشی شده افزایش می‌یابد. در فصل پاییز گونه‌های غالب منطقه مالچ پاشی شده از خانواده مورچه و سوسک‌ها بوده‌اند و باعث افزایش غالبیت این منطقه شده‌اند. در فصل بهار سوسک سیاه در منطقه شاهد گونه غالب بوده و شاخص غالبیت این منطقه را نسبت به منطقه مالچ پاشی افزایش داده است (شکل ۱، جدول‌های ۳ و ۴). نتایج بررسی شاخص وفور ماکروفون خاک در دو منطقه مالچ پاشی شده و شاهد نشان می‌دهد که بر اساس این شاخص، در فصل پاییز دو منطقه باهم اختلاف معنی‌داری ندارند. در فصل بهار شاخص وفور منطقه مالچ پاشی شده، شش برابر منطقه شاهد است و دو منطقه با یکدیگر تفاوت معنی‌دار دارند (شکل ۱ و جدول ۳). تعداد گونه‌های موجود در منطقه مالچ پاشی شده در فصل‌های پاییز و بهار بیشتر از منطقه شاهد است و نشانگر غنای بیشتر منطقه مالچ پاشی شده است (شکل ۱ و جدول ۳).

به‌طور کلی نتایج تحقیق نشان‌دهنده آن است که مالچ نفتی باعث افزایش غنا، تنوع و یکنواختی ماکروفون خاک نسبت به منطقه شاهد شده است. تنوع ماکروفون خاک در منطقه شاهد در دو فصل بیانگر این نکته است که تنوع بسیار کاهش یافته که علت آن می‌تواند این باشد که در فصل بهار بیشینه درجه حرارت خاک منطقه مالچ پاشی نشده بیشتر از مالچ پاشی شده است و قابلیت نگهداری آب در منطقه مالچ پاشی شده بیشتر است. بر اساس نتایج سایر پژوهشگران، کاهش تنوع زیستی بی‌مهرگان بزرگ خاک، به دلیل اهمیت آن‌ها در حفظ ساختار خاک، نقش مهمی در سیر قهقرایی خاک دارد [۳].

مالچ نفتی با حفظ رطوبت خاک، بازده احیا، ایجاد و توسعه پوشش گیاهی را افزایش داده و باعث افزایش فون خاک به‌خصوص موربانه‌ها در مناطق مورد مطالعه (نرماشیر بم، زابل و اهواز) شده است [۲۸]. بررسی تأثیر سیستم بذریاشی مستقیم بر پایه مالچ بر ذخیره‌سازی کربن و ماکروفون خاک در برزیل مرکزی نشان داد ماکروفون خاک در مقایسه با پوشش گیاهی طبیعی، در نظام‌های دست‌خورده به‌شدت تغییر یافته و با افزایش مدت‌زمان مالچ‌پاشی، تراکم ماکروفون کل افزایش و پس‌از آن کاهش یافته است [۶].

نتایج بررسی تأثیر مالچ نفتی بر شاخص‌های غنا، تنوع، یکنواختی، غالبیت، وفور و تعداد گونه پوشش گیاهی دو منطقه مالچ‌پاشی شده و شاهد بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در دو منطقه است (جدول ۵) در پژوهشی با بررسی مقدار جوانه‌زنی تحت تأثیر مالچ نفتی و برخی مواد جذب‌کننده رطوبت به این نتیجه رسیدند که استفاده از مالچ نفتی بهترین روش برای بسترسازی جوانه‌زنی گیاهان است [۱۱] در حالی که این موضوع مغایر با نتایج بدست آمده در این تحقیق است. با توجه به اینکه این پژوهش حدود ۱۰ تا ۱۴ سال پس از مالچ‌پاشی در مناطق اطراف چهار روستای نام برده انجام شده است می‌توان دلیل این امر را کم بودن تأثیر دراز مدت مالچ‌پاشی (گذشت بیش از ۱۰ سال) بر استقرار پوشش گیاهی در عرصه‌های مزبور نسبت داد. هرچند می‌بایست در مناطق دیگری نیز چنین مطالعاتی انجام گیرد. از طرف دیگر قابل ذکر است که چنین مطالعه‌ای در کوتاه مدت نیز انجام نشده تا نتایج حاصل از تأثیر آن مورد مقایسه قرار گیرد.

بررسی اثرات کاربرد مالچ نفتی بر روی جوانه‌زنی گونه‌های دست کاشت مناطق بیابانی در جاسک و جازموریان نشان داد که مالچ نفتی در افزایش بذرهای سبز شده تأثیر معنی‌داری داشته و افزایش دما زیر لایه مالچ‌پاشی موجب تسریه جوانه‌زنی بذرها شده است [۱۶].

مالچ‌های نفتی در کنار اثرات سودمند از نظر تثبیت ماسه‌های روان، دارای اثرات زیان‌باری مانند ضریب جذب حرارتی بالا، آلودگی محیط زیست، مشکلات در رشد و نمو گیاهان و تهدید برای سفره‌های آب زیرزمینی و برای سلامتی انسان و جانوران را خواهند داشت [۳۲]. جعفری و همکاران [۱۵]، نیز تحقیقی با موضوع بررسی تأثیر گونه‌های گیاهی تاغ و اسکنبیل بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی تپه‌های ماسه‌ای در منطقه ریگ بلند کاشان انجام دادند، بر اساس نتایج آن‌ها دریافتند که به لحاظ تأثیرگذاری گونه‌های دست کاشت تاغ و اسکنبیل بر پوشش گیاهی بومی منطقه، درصد پوشش بومی در ناحیه مورد تثبیت (مالچ‌پاشی) بیشتر از منطقه شاهد (بدون مالچ) بوده است.

References

- [1]. Akbarian, M., Nohegar, A., (2014). Assessing effect of forestry in reducing wind erosion in Pipeshk district in Jask city. *Quarterly Geographical Research*, 29(3), 179-190, (in Farsi).
- [2]. Asgari, M., Aghaie Moghadam, M., & Poorasghar Sangachin, F., (2014). Using poly lattice in soil conversation and stabilization of shifting sounds and dust. *Special Issue of Environmental Researches*, 1, 119-128, (in Farsi).
- [3]. Barros, E., Neves, A., Blanchart, E., Fernandes, E. C., Wandelli, E. & Lavelle, P., (2003). Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. *Pedobiologia*, 47(3), 273-280.
- [4]. Bautista, F., Díaz Castelazo, C. & García Robles, M., (2009). Changes in soil macrofauna in agroecosystems derived from low deciduous tropical forest on leptosols from karstic zones. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(2), 185-197.
- [5]. Becker, J., Makus, P. & Schrader, S., (2001). Interactions between soil micro-and mesofauna and plants in an ecofarming system. *European Journal of Soil Biology*, 37(4), 245-249.
- [6]. Blanchart, E., Bernoux, M., Sarda, X., Siqueira Neto, M., Cerri, C. C., Piccolo, M. & Feller, C. (2007). Effect of direct seeding mulch-based systems on soil carbon storage and macrofauna in Central Brazil. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 72(1), 81-87.
- [7]. Crecchio, C., Gelsomino, C.A., Ambrosoil, R., Minati, J.L. & Ruggiero, P., (2004). Functional and molecular responses of soil microbial communities under differing soil management practices. *Soil Biology and Biochemistry*, 3, 1873-1883.
- [8]. De Aquino, A. M., da Silva, R. F., Mercante, F. M., Correia, M. E. F., de Fátima Guimarães, M., & Lavelle, P. (2008). Invertebrate soil macrofauna under different ground cover plants in the no-till system in the Cerrado. *European Journal of Soil Biology*, 44(2), 191-197.
- [9]. Decaens, T., Jiménez, J.J., Gioia, C., Measey, G.J. & Lavelle, P., (2006). The value

- of soil animals for conservation biology. *European Journal of Soil Biology*, 42, 23-38.
- [10]. Esmaeilzadeh, O., Hosseini, S. M., (2007). The Relationship between plants ecological groups and plant biodiversity indices in Afratakhteh Yew (*Taxus baccatal*) reseeded area. *Journal of Environmental Studis*, 43(33), 21-30, (in Farsi).
- [11]. Farahpour, M., Ghayour, F. A., Sherbaf, H., & Yousefzadeh, A. (2005). Comparison of water absorbent and non-oil mulch with oil mulch on seed germination and sand dune stabilization. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 12(2), 121-134, (in Farsi).
- [12]. Gholami Tabasi, J., Jafary, M., Azarnivand, H., & Sarparast, M. (2015). Studying the Effect of Petroleum Mulch on the Vegetation and Soil Attributes of Sandy Deserts (Samad Abad of Sarakhs). *Desert Management*, 4, 43-50, (in Farsi).
- [13]. Gholami Tabasi, J., Jafary, M., Azarnivand, H. & Sarparast, M. (2014). Vegetation and Soil Properties of a Sandy Desert Affected by Shrub (*Haloxylon aphyllum*) Plantation and Oil Mulching. *Environmental Resources Research*, 2(1), 67-76.
- [14]. Howard, L.H., (1964). A comparison of petroleum, sand and Pine straw mulches on Eucalyptus seedbeds. *Tree Planters Notes*, 66, 35-42.
- [15]. Jafari, M., Azarinivand, H., Tavakkoli, H., Zehtabian, Gh., & Esmailzadeh, H. (2006). Investigation on different vegetation effects on sand dunes stabilization and improvement in Kashan. *Pajouhesh & Sazandegi*, 64, 16-21, (in Farsi).
- [16]. Jafarian, V., (2008). The effects of oil on seed germination of mulch planted in desert areas (case study in Kerman and Hormozgan). Master of Science Thesis, Tehran University, (in Farsi).
- [17]. Kalisa, P. J., & Powell, J. E. (2000). Invertebrate macrofauna in soils under old growth and minimally disturbed second growth forests of the Appalachian mountains of Kentucky. *The American Midland Naturalist*, 144(2), 297-307.
- [18]. Karami khaniki, A., (2009). Regulations, Standards and technical criteria's of using oil mulch. Tehran's Poone publication, Iran, (in Farsi).
- [19]. Kardavani, P., Alaei, E., Moshiri, S.r., & Rahimi, N. (2014). Investigating the application of petroleum mulch in stabilization of sand and sand dunes in the development of vegetation in Aran and Bidgol region. *Quarterly Plant and Ecosystem*, 37(9), 101-112, (in Farsi).
- [20]. Kheiri, M., Habashi, H., VaezMoosavi, S. M., & Moghimian, N., (2012). Effects of canopy gap on soil macrofouna in mixed been stand (case study in Shast- Kalate forest). *Quarterly Human and Environment*, 34(10), 101-108, (in Farsi).
- [21]. Khodashenas, A., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., & Lakzian, A., (2012). Evaluation of Structural Biodiversity in Natural Systems of Arid and Semiarid Regions: 1- Soil Characteristic and Biodiversity. *Journal of Natural Environment, Iranian Journal of Natural Resources*, 2, 163-179, (in Farsi).
- [22]. Mahmoudi, J., (2008). The study of species diversity in plant ecological groups in Kelarabad protected forest. *Iranian Journal of Biology*, 20(4), 353-362, (in Farsi).
- [23]. Majdi, H., Karimian Eghbal, M., Karimzadeh, H. R., & Jalalian, A. (2006). Effect of different clay mulches on the amount of wind eroded materials. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 10(3), 137-149, (in Farsi).
- [24]. Merlim, A. D. O., Guerra, J. G. M., Junqueira, R. M. & Aquino, A. M. D., (2005). Soil macrofauna in cover crops of figs grown under organic management. *Scientia Agricola*, 62(1), 57-61.
- [25]. Mohebi, A., Mirzaie, M. A., (2013). Comparing the diversity, dominance, richness and evenness indices of vegetation under the conditions of grazed and non-grazed vegetation (Case study of zarand shahriyar's 4th block). *Quarterly Forest and Range*, 97, 33-39, (in Farsi).
- [26]. Morón-Ríos, A. & Huerta-Lwanga, E., (2006). Soil macrofauna of two successional evergreen cloud forest stages from the Cerro Huitepec nature reserve, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. *Interciencia Caracas*, 31(8), 611.
- [27]. Nohegar, A., Abbaszadeh, F., Akbarian, M., & Hatami Gourbandi, H., (2011). Investigation of Poly latis Polymer Capability

- in Soil Conservation Against Wind Erosion (case study: Gahrdo Sirik). *Journal Environmental Erosion Researches*, 3(1), 5-15, (in Farsi).
- [28]. Pooyafar, A., Asgari Moghadam, z., (2006). Study of environmental effects of oil mulch usage. *Forest and Range*, 70, 36-41, (in Persian).
- [29]. Rezaie, S. A., (2009). Comparison between Polyatice polymer and petroleum mulch on seed germination and plant establishment in sand dune fixation. *Iranian journal of Range and Desert Reseach*, 1, 124-136, (in Farsi).
- [30]. Sileshi, G. & Mafongoya, P. L., (2006). Long-term effects of improved legume fallows on soil invertebrate macrofauna and maize yield in eastern Zambia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 115(1), 69-78.
- [31]. Tolera, M., Asfaw, Z., Lemenih, M. & Karlun, E., (2008). Woody species diversity in a changing landscape in the south-central highlands of Ethiopia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 128(1), 52-58.
- [32]. Vaezi, A., (2012). Wind erosion control mulch oil and sand dune stabilization. Second national conference on wind erosion Yazd University, Yazd, Iran, (in Farsi).

Long term effect of oil mulch on richness and biodiversity of soil macro-fauna and vegetation in Jask, Iran

- 1- F. Jafari, Department of Arid Land Forestry, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Semnan, Iran
2- D. Kartoolinejad, Department of Arid Land Forestry, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Semnan, Iran
kartooli58@semnan.ac.ir
3- M. Amiri, Department of Arid Land Forestry, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Semnan, Iran
4- M. Shayanmehr, Department of Plant Protection, Faculty of Crop Sciences, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran
5- M. Akbarian, Assistant professor of Physical Geography, University of Hormozgan, Bandarabbas, Iran

Received: 09 Nov 2016

Accepted: 18 Jul 2017

Abstract

Several provinces in Iran are subjected to the invasion of moving sands during permanent and seasonal wind blowing. In this research, effect of oil mulch on biodiversity, richness and evenness indices of soil macrofauna and vegetation has been investigated in Jask region. The research data were including density, canopy and richness of vegetation and the richness and biodiversity of soil macrofauna. Vegetation was sampled using 60 plots with the area of $5 \times 5 \text{ m}^2$ and soil macrofauna investigated using 80 pit traps (glasses containing poly ethylene glycol 50%). Richness and biodiversity indices were calculated using Past software. Results of compared biodiversity indices for macrofauna showed that richness of soil macrofauna of mulched areas in autumn and spring, were 2.9 and 16.5 times than the control area, respectively. Shannon's and Simpson's biodiversity indices related to autumn were 3.6 and 3.1 times than the control area in mulched areas, respectively. Results of oil mulch effect on richness and biodiversity of vegetation in mulched and control areas indicating similar plant diversity after 10 to 14 years than the mulching process in the studied areas.

Keywords: Number of taxa; Diversity; Evenness index; Soil macrofauna; Oil mulch.

ارزیابی تنش خشکی و دفن با ماسه بادی بر اجزاء عملکرد کلزای پاییزه و خصوصیات خاک

۱- مهدی دهمرده، دانشیار، دانشگاه زابل

dahmard@gmail.com

۲- مهرناز زرگری، کارشناسی ارشد، دانشگاه زابل

۳- عیسی خمیری، استادیار، دانشگاه زابل

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۲۷

چکیده

خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که رشد گیاه و تولید محصول را مختل می‌کند. این پژوهش با هدف ارزیابی تاثیر تنش خشکی و ماسه بادی بر عملکرد، اجزاء عملکرد و خصوصیات خاک در کلزای پاییزه در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه آموزشی-پژوهشی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل انجام شد. آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی تنش خشکی در سه سطح شامل ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر و عامل فرعی سطوح مختلف ماسه بادی شامل شاهد، ۱۰۰ و ۲۰۰ تن در هکتار در نظر گرفته شد. بیشترین عملکرد دانه (۴۶۰/۸۷ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۲۰۰ تن در هکتار ماسه بادی بدست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد در حدود ۲۹/۶۱ درصد، افزایش نشان داد. بر این اساس بیشترین دمای خاک در تیمارهای ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر به ترتیب با ۲۷/۵ و ۲۸/۳ °C و کمترین افزایش دما در تیمار ۵۰ میلی‌متر تبخیر با دمای ۲۵/۳ °C بدست آمد. با کاربرد ماسه بادی، میزان دمای خاک کاهش یافت و بیشترین دمای خاک (۲۸/۲۳ °C) در تیمار شاهد مشاهده شد که نسبت به تیمار ۲۰۰ تن در هکتار ماسه بادی، حدود ۸/۵ درصد افزایش داشت. برهمکنش تنش خشکی و ماسه بادی نشان داد که بیشترین میزان عملکرد دانه در تنش خشکی ۵۰ میلی‌متر تبخیر و با کاربرد ۲۰۰ تن در هکتار ماسه بادی دیده می‌شود. که نشان دهنده اثر مثبت ماسه بادی در کاهش تبخیر است.

واژه‌های کلیدی: تبخیر؛ دفن ماسه؛ دمای خاک؛ عملکرد دانه.

مقدمه

دشت‌های مناطق بیابانی ایران، ناشی از فرسایش آبی در اراضی کوهستانی بالادست، بستر رودخانه‌ها و خشک رودهای منشعب از آنهاست. دانه‌های رسوبی از نظر اندازه بسیار متنوع و در اندازه‌های مختلف قابل مشاهده هستند [۱۷].

رسوبات بادی به دلیل تشکیل در یک محیط اکسیداسیونی ممکن است دارای رنگ قرمز باشند [۱۷]. انواع مالچ‌ها با خصوصیات متفاوت بسته به هدف، شرایط اقتصادی، نوع محصول و زمان مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲۴]. شن و ماسه هزینه اقتصادی کمی داشته و در صورت استفاده دراز مدت می‌تواند باعث تعدیل بافت خاک‌های رسی گردد [۲۴]. همراه با اثرات مستقیم تنش خشکی که ناشی از کاهش فراهمی آب محیط رشد گیاه است، تغییر غلظت عناصر غذایی نیز دارای اهمیت است،

کلزا با نام علمی *Brassica napus* L. با کمتر از ۲ درصد اسید اروسیک در روغن و کمتر از ۳۰ میکرومول گلوکوزینولات در هر گرم وزن خشک کنجاله، نوع خاصی از کلزای روغنی بوده و به کانولا معروف است [۲۵]. به طور کلی، به هر عامل خارجی که نتیجه‌اش نرخ رشد کمتر از حد معمول باشد، تنش گفته می‌شود. یعنی هر عاملی که مراحل متابولیک طبیعی یک گیاه را به وقفه می‌اندازد، محدود می‌کند یا به طور زیان‌آوری تسریع می‌کند [۲۷]. بیش از ۴۵ درصد از زمین‌های کشاورزی به طور دائم در معرض خشکی قرار دارند و ۳۸ درصد جمعیت دنیا، در آن مکان‌ها ساکن هستند [۲]. بنابراین، در آینده، بیشترین تلاش‌ها در جهت تولید بیشتر محصول در شرایط کم آبی خواهد بود [۳۰]. طهماسبی بیرگانی [۳۱]. نشان داد که منشاء رسوبات بادی در بسیاری از

شده، ولی بر خردل تاثیر چندانی نداشته است [۱۴]. کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی در آفتابگردان ثابت شده است. علت این امر را کاهش تعداد دانه و وزن هزار دانه می‌دانند [۲۰]. وزن دانه با سرعت و مدت پر شدن دانه ارتباط دارد. تنش خشکی در طی پر شدن دانه معمولاً وزن دانه را کاهش می‌دهد [۵]. هدف از این پژوهش، بررسی تاثیر دفن با ماسه بادی در کاهش تبخیر و افزایش عملکرد تحت تنش خشکی است.

مواد و روش‌ها

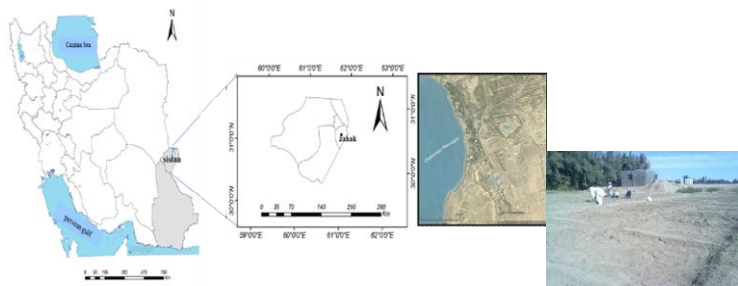
به منظور ارزیابی اثر تنش خشکی و سطوح مختلف ماسه بادی بر عملکرد، اجزاء عملکرد و خصوصیات خاک در کلزای پاییزه آزمایشی در سال ۱۳۹۳-۱۳۹۲ به صورت طرح اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آموزشی - پژوهشی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل به اجرا در آمد (شکل ۱). موقعیت جغرافیایی این منطقه $31^{\circ}15'45''$ شمالی است (شکل ۲). ارتفاع ۴۸۳ متر بالاتر از سطح دریا و اقلیم آن خشک و بسیار گرم است.

حفظ تعادل در عناصر غذایی گیاه ضروری است. عناصر غذایی از قبیل نیتروژن، فسفر، منیزیم برای حفظ کارایی مصرف آب، و عنصری چون پتاسیم برای کنترل تلفات آبی از گیاه مهم هستند [۲۶]. در شرایط تنش اغلب سرعت پیر شدن افزایش می‌یابد و این به خصوص در مقادیر بالاتر نیتروژن شدیدتر است. بنابراین، بین تنش خشکی و نیتروژن رابطه متقابل وجود دارد و مصرف نیتروژن در شرایط خشک دارای اثر منفی بر عملکرد دانه است [۲۲].

ویژگی‌های گیاه کلزا به ویژه از نظر سازگاری آن با شرایط مختلف آب و هوایی، اهمیت این محصول را برای کشت در ایران بیشتر نموده است [۹]. خشکی به عنوان مهم‌ترین عامل کنترل کننده عملکرد محصولات، تقریباً روی همه فرآیندهای رشد گیاه تاثیر گذار است [۲۹]. نتایج بررسی عملکرد دانه دو گونه *B. napus* و *B. juncea* تحت تنش خشکی نشان داد که وقوع خشکی در مراحل رویشی و طویل شدن ساقه تاثیر کمی بر رشد و عملکرد دانه دو گونه دارد، اما تنش خشکی در مراحل زایشی گیاه، نمو خورجین و پر شدن دانه، باعث کاهش شدید تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین و عملکرد دانه در کلزا

شکل ۱- نقشه آزمایش اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی

تکرار	۱۰۰ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر			۵۰ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر			۱۵۰ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر		
	شاهد	۲۰۰ تن در هکتار	۱۰۰ تن در هکتار	۱۰۰ تن در هکتار	شاهد	۲۰۰ تن در هکتار	۲۰۰ تن در هکتار	۱۰۰ تن در هکتار	شاهد
تکرار ۱	۱۰۰ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر			۵۰ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر			۱۵۰ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر		
	شاهد	۲۰۰ تن در هکتار	۱۰۰ تن در هکتار	۱۰۰ تن در هکتار	شاهد	۲۰۰ تن در هکتار	۲۰۰ تن در هکتار	۱۰۰ تن در هکتار	شاهد
تکرار ۲	۱۰۰ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر			۵۰ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر			۱۵۰ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر		
	شاهد	۲۰۰ تن در هکتار	۱۰۰ تن در هکتار	۲۰۰ تن در هکتار	شاهد	۱۰۰ تن در هکتار	۱۰۰ تن در هکتار	شاهد	۲۰۰ تن در هکتار
تکرار ۳	۱۰۰ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر			۵۰ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر			۱۵۰ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر		
	شاهد	۲۰۰ تن در هکتار	۱۰۰ تن در هکتار	شاهد	۱۰۰ تن در هکتار	۲۰۰ تن در هکتار	۲۰۰ تن در هکتار	شاهد	۱۰۰ تن در هکتار



شکل ۲- موقعیت مکانی اجرای طرح

کشت کلزا تعیین شد. توصیه کودی برای نیتروژن ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و برای فسفر و پتاسیم به ترتیب ۵۰ و

با داشتن مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک مورد آزمایش و مراجعه به توصیه کودی، نیاز کودی خاک برای

۱۰۰ کیلوگرم در هکتار است (۱۵). آب آبیاری مورد استفاده در این طرح دارای هدایت الکتریکی ۱۱۴۳ میکروموس بر سانتیمتر و اسیدیته خاک ۸/۴ بود. به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قطعه آزمایش قبل از کاشت از پنج نقطه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک نمونه برداری انجام شد. نمونه‌ها با هم ترکیب و تجزیه شیمیایی و فیزیکی بر روی آن انجام گرفت (جدول ۱).

جدول ۱- ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۰-۳۰ سانتیمتری

بافت خاک	شن (%)	رس (%)	لای (%)	پتاسیم PPM	فسفر PPM	نیتروژن (%)	ماده آلی (%)	اسیدیته	EC (ds/m)
لوم شنی	۴۱	۳۲	۲۷	۱۷۶	۹/۲	۰/۰۵	۰/۱۵	۸/۴	۱/۵

$$BY=GY+TW \quad (۱)$$

که در آن:

BY = عملکرد بیولوژیک، GY = عملکرد اقتصادی، TW = عملکرد خشک است.

از تقسیم عملکرد اقتصادی بر عملکرد بیولوژیک شاخص برداشت با استفاده از فرمول (۲) بدست آمد.

$$HI=GY/BY \times 100 \quad (۲)$$

که در آن:

GY = عملکرد اقتصادی (دانه)، BY = عملکرد بیولوژیک (وزن کل بوته به همراه دانه) است.

برای اندازه‌گیری دمای خاک از دماسنج‌های مخصوص ساخت کشور فرانسه (Thermometer Dial Deep Fring) در عمق ۱۵ سانتیمتری استفاده شد. برای این کار، دماسنج در بین ردیف‌های کاشت در عمق ۱۵ سانتی‌متر قرار گرفت و دمای خاک در تیمارهای مختلف آزمایش اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری دمای خاک در ساعت ۱۲ ظهر انجام شد.

جهت اندازه‌گیری رطوبت حجمی خاک از رابطه ۳ استفاده شد:

$$QV=V_m/V_t \quad (۳)$$

که در آن:

Q_v = درصد رطوبت حجمی، V_m = حجم آب خاک (تفاوت وزن مرطوب و وزن خشک)، V_t = حجم کل نمونه خاک (۱۰۰ سانتی متر مکعب) است.

میزان نیتروژن موجود در خاک نیز با استفاده از روش کجلدال بدست آمد (۳).

عامل اصلی تنش خشکی در سه سطح شامل: ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر و عامل فرعی سطوح مختلف ماسه بادی شامل شاهد، ۱۰۰ و ۲۰۰ تن در هکتار در نظر گرفته شد. در این آزمایش از رقم RGS003 کلزا استفاده شد. کرت‌های اصلی به طول ۸/۵ متر و کرت‌های فرعی به طول ۲ متر و عرض ۱/۹ متر و دارای ۵ ردیف در نظر گرفته شد. فاصله بین کرت‌ها ۲ متر و فاصله بین ردیف‌ها ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تشتک تبخیر مدرج بوده و حجم مشخصی آب در داخل تشتک وجود دارد. به صورت روزانه در ساعت ۸ صبح، میزان تبخیر نسبت به روز قبل اندازه‌گیری و بر اساس میلیمتر به صورت تجمعی یادداشت گردید. زمانی که میزان کاهش آب یا به عبارتی میزان تبخیر بر اساس روز مورد نظر به ۵۰ یا ۱۰۰ یا ۱۵۰ میلیمتر رسید آبیاری اعمال شد. از هر کرت آزمایشی، چهار بوته به طور تصادفی انتخاب و تعداد شاخه جانبی را شمارش و میانگین‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه، سه تکرار صدتایی از هر تیمار جدا و پس از توزین با ترازوی دقیق، میانگین آنها به عنوان وزن دانه تعیین شد. برای تعیین عملکرد اقتصادی، در مساحت دو متر مربع از منطقه برداشت نهایی، بوته‌های هر کرت آزمایشی به طور جداگانه از سطح خاک برش داده شد. برای خشک شدن نهایی و رسیدن رطوبت آنها به ۱۲ درصد، به مدت ۵ روز در هوای آزاد قرار داده شد. برای بدست آوردن عملکرد اقتصادی در هر کرت، تمام بذور کلزا به جزء ساقه و برگ به وسیله ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۱۰۰۰ گرم اندازه‌گیری شد. عملکرد بیولوژیک به کمک رابطه ۱ محاسبه شد:

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس حاکی از معنی‌داری تنش خشکی و سطوح ماسه بادی در سطح یک درصد بر وزن هزار دانه کلزا بود (جدول ۲). جدول مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد اعمال تنش خشکی باعث ایجاد اختلاف بین بیشترین و کمترین مقدار در وزن هزار دانه تحت سطوح مختلف تنش شده است (جدول ۳). بر این اساس بیشترین وزن هزار دانه در تیمار ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و کمترین در تیمار تنش خشکی شدید (۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) بدست آمد (جدول ۳). اعمال تنش در سطوح مختلف باعث بروز اختلاف ۳۵ درصدی در وزن هزار دانه بین بیشترین و کمترین تیمار شد (جدول ۳). نتایج تحقیق روی کلزا نشان داد که وزن هزار دانه در تیماری که تنش در دوره پر شده خورجین اعمال شده بود، دارای بیشترین کاهش بوده و عملکرد در سال اول در تیمار تنش در دوره پر شده خورجین و در سال دوم در تیمار تنش در دوره زایشی بیشترین کاهش را داشت [۱۷]. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که وزن هزار دانه در تیمار ۲۰۰ تن در هکتار ماسه بادی در بالاترین سطح (۳/۸۱ گرم) قرار داشت. این میزان، نسبت به تیمار شاهد (۲/۷۷) حدود ۲۷/۲۹ درصد افزایش داشت. مقایسه میانگین برهمکنش تنش خشکی و ماسه بادی نیز نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه (۴/۳۶ گرم) با مصرف ۲۰۰ تن در هکتار ماسه بادی + ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به وجود آمد که نسبت به تیمار شاهد (۲/۰۶) با مصرف ۱۵۰ میلی‌متر، ۵۲/۷۵ درصد افزایش داشته است (جدول ۴).

در پایان، داده‌های موجود با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه واریانس قرار گرفت. مقایسه میانگین‌های بدست آمده برای هر صفت نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

تعداد شاخه جانبی

نتایج تجزیه واریانس حاکی از معنی‌داری تنش خشکی و سطوح ماسه بادی در سطح یک درصد بر تعداد شاخه جانبی گیاه کلزا بود (جدول ۲). جدول مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که تعداد شاخه‌های جانبی به شدت تحت تاثیر فراهمی آب قرار می‌گیرد (جدول ۳). بیشترین تعداد شاخه جانبی در تیمار حداقل تنش ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و کمترین تعداد شاخه‌های جانبی در تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر دیده شد. در آزمایشی دو گونه کلزا در خاک شنی تحت تاثیر تیمارهای کودی و آبی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تعداد شاخه جانبی در بوته، وزن تر کل خورجین‌های بوته، وزن خشک خورجین‌ها در بوته، وزن خشک ساقه‌ها در بوته با افزایش فواصل آبیاری به ۱۰ روز، کاهش می‌یابند [۱۹]. تنش خشکی اعمال شده در دوره پر شدن دانه در کلزا، باعث کاهش تعداد شاخه فرعی در بوته نسبت به مراحل دیگر رشد می‌گردد [۱۸]. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین شاخه جانبی (۴/۲۶) در تیمار ۲۰۰ تن در هکتار ماسه بادی مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد (۳/۷۴) افزایش ۱۲/۲ درصدی را نشان داد (جدول ۳).

جدول ۲ - تجزیه واریانس ویژگی‌های کمی مورد بررسی کلزا

میانگین مربعات (M.S)					df	منبع تغییرات
شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد شاخه جانبی		
۲۸/۷۸ ^{ns}	۲۰۹۳/۵۹ ^{ns}	۴۹۳۴/۷۲ *	۰/۰۱۰ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۲	تکرار
۱۰۳/۷۰ **	۲۵۶۷۰۳/۳۲ **	۷۶۰۶۸/۷۱ **	۴/۳۵ **	۳/۸۹ **	۲	تنش خشکی
۱۱/۵۹	۲۶۹۹/۲۴	۷۲۱/۸۸	۰/۰۱۷	۰/۰۱	۴	خطای اصلی
۱۱۰/۳۷ ^{ns}	۵۵۶۸۵/۱۱ **	۴۲۰۵۰/۳۸ **	۲/۴۷ **	۰/۶۳ **	۲	ماسه بادی
۹/۵۳ ^{ns}	۲۰۴۸/۶۲ ^{ns}	۳۳۴۷/۵۷ *	۰/۰۹ **	۰/۰۵ ^{ns}	۴	تنش × ماسه بادی
۱۴/۳۰	۴۹۳۳/۶۷	۸۷۵/۹۶	۰/۰۱	۰/۰۸	۱۲	خطای فرعی
۵/۳۷	۵/۹۵	۷/۴۹	۴/۱۳	۷/۳۲	-	ضریب تغییرات

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ درصد و معنی‌دار در سطح ۱ درصد می‌باشد.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس حاکی از معنی‌داری تنش خشکی سطوح ماسه بادی در سطح یک درصد بر عملکرد دانه گیاه کلزا بود (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری با تبخیر ۵۰ درصد بدست آمد. کمترین مقدار این صفات متعلق به تیمار آبیاری با تبخیر ۱۵۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر بدست آمد (جدول ۳). اختلاف بین بیشترین و کمترین مقدار عملکرد دانه در بین تیمارهای تنش اعمال شده قابل چشم‌پوشی نیست به گونه‌ای که تیمار آبیاری با ۵۰ درصد (تبخیر از تشتک تبخیر) توانست مقدار عملکرد دانه را به ترتیب از ۳۸ درصد نسبت به تیمار آبیاری با ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (کمترین مقدار) افزایش دهد. یکی از زیان‌بارترین اثرات تنش خشکی اختلال در روند جذب و تجمع عناصر غذایی است که علاوه بر تلفات کود، باعث کاهش عملکرد دانه و علوفه می‌گردد [۱۱]. عملکرد دانه عملکرد باعث کاهش عملکرد دانه و به دنبال آن عملکرد

در واحد سطح شود [۶]. در بررسی تنش خشکی بر کلزا، بیشترین عملکرد دانه از انجام آبیاری بعد از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A دیده شد [۲۸]، به طوری که با افزایش دور آبیاری به ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A، عملکرد دانه کاهش معنی‌داری نشان داد. افزایش در شاخص برداشت رابطه مستقیمی با افزایش عملکرد دانه دارد. بیشترین عملکرد دانه (۴۶۰/۸۷) کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۲۰۰ تن در هکتار ماسه بادی بدست آمد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که گیاهان تیمار شده توسط ۲۰۰ تن در هکتار ماسه بادی در مقایسه با تیمار شاهد (۳۲۴/۳۸) در حدود ۲۹/۶۱ درصد، افزایش عملکرد دانه دارند (جدول ۳). برهمکنش تنش خشکی و ماسه بادی بر عملکرد دانه نشان‌دهنده این است که بالاترین میزان (۵۷۵/۶) کیلوگرم در هکتار) با کاربرد ۲۰۰ تن در هکتار ماسه بادی + ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر رخ می‌دهد. این مقدار نسبت به تیمار شاهد (۲۶۸/۰) کیلوگرم در هکتار) بیش از ۵۳/۴۳ درصد افزایش عملکرد دارد (جدول ۴).

جدول ۳- مقایسه میانگین ویژگی‌های کمی مورد بررسی کلزا

تیمارها	تعداد شاخه جانبی	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
تنش خشکی					
۵۰ میلی‌متر تبخیر	۴/۷۳ a	۳/۸۸ a	۴۸۳/۱۰ a	۱۳۵۹/۷ a	۳۵/۳۸ a
۱۰۰ میلی‌متر تبخیر	۳/۹۰ b	۳/۳۲ b	۴۰۱/۷۸ b	۱۱۵۰/۹ b	۳۴/۸۳ ab
۱۵۰ میلی‌متر تبخیر	۳/۴۴ c	۲/۵۰ c	۲۹۹/۶۳ c	۱۰۲۵/۳ c	۲۹/۲۵b
ماسه بادی					
شاهد	۳/۷۴ b	۲/۷۷ c	۳۲۴/۳۸ c	۱۱۰۳/۲ b	۲۹/۳۴ b
۱۰۰ تن در هکتار	۴/۰۶ ab	۳/۱۳ b	۳۹۹/۲۷ b	۱۱۷۲/۵ ab	۳۳/۸۸ ab
۲۰۰ تن در هکتار	۴/۲۶ a	۳/۸۱ a	۴۶۰/۸۷ a	۱۲۶۰/۲ a	۳۶/۲۳ a

در هر ردیف میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس حاکی از معنی‌داری تنش خشکی و سطوح ماسه بادی در سطح یک درصد بر عملکرد بیولوژیک، گیاه کلزا بود (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین عملکرد بیولوژیک، در تیمار آبیاری ۵۰ درصد تبخیر بدست آمد. کمترین مقدار این صفات در

تیمار آبیاری با تبخیر ۱۵۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر دیده شد (جدول ۳). اختلاف بین بیشترین و کمترین مقدار عملکرد بیولوژیک در بین تیمارهای تنش اعمال شده زیاد بوده به نحوی که تیمار آبیاری با ۵۰ درصد تبخیر (تبخیر از تشتک تبخیر) توانست مقدار عملکرد بیولوژیک را ۲۲ درصد نسبت به تیمار آبیاری با ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از

بیشترین عملکرد بیولوژیک (۲/۱۲۶۰ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۲۰۰ تن در هکتار ماسه بادی بدست آمد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که گیاهان تیمار شده توسط ۲۰۰ تن در هکتار ماسه بادی در مقایسه با تیمار شاهد (۲/۱۱۰۳) در حدود ۱۲/۴۵ درصد، افزایش عملکرد اقتصادی دارند.

تشتک تبخیر (کمترین مقدار) افزایش دهد. نتایج بررسی اثر تنش خشکی بر کلزا ثابت نمود که تحت شرایط خشکی ملایم، تیمار خشکی در مرحله رشد رویشی تا گلدهی با تحت تاثیر قرار دادن تعداد خورجین و همچنین تعداد دانه در خورجین و اندازه دانه، عملکرد بیولوژیک را نسبت به تیمار آبیاری کامل، کاهش داده است [۱۲].

جدول ۴- مقایسه میانگین وزن هزار دانه و عملکرد اقتصادی تحت تاثیر برهمکنش تنش خشکی و ماسه بادی

تنش خشکی (میلی‌متر تبخیر)	ماسه بادی	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
	شاهد	۳/۴۲ c	۳۸۳/۴ c
۵۰	۱۰۰ تن در هکتار	۳/۸۸ b	۴۹۰/۰۲ b
	شاهد	۴/۳۶ a	۵۷۵/۶ a
۱۰۰	۱۰۰ تن در هکتار	۲/۸۵ d	۳۲۱/۶ d
	شاهد	۳/۳۲ c	۴۷۵/۵ c
۱۵۰	۱۰۰ تن در هکتار	۳/۷۹ b	۴۷۶/۱ b
	شاهد	۲/۰۶ e	۲۶۸/۰ e
	۱۰۰ تن در هکتار	۲/۱۸ e	۳۰۰/۰ de
	۲۰۰ تن در هکتار	۳/۲۷ c	۳۳۰/۸ d

در هر ردیف میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

دمای خاک

نتایج تجزیه واریانس نشان دهنده معنی‌داری تنش خشکی در سطح یک درصد و سطوح ماسه بادی در سطح ۵ درصد بر دمای خاک است (جدول ۵). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها حاکی از برتری تیمار آبیاری ۵۰ میلی‌متر تبخیر (تبخیر از تشتک تبخیر) نسبت به تیمارهای ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر، در حفظ دمای مطلوب خاک و جلوگیری از افزایش دمای خاک است (جدول ۶). بر این اساس، بیشترین دمای خاک در تیمارهای ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر به ترتیب با ۲۷/۵ و ۲۸/۳ °C و کمترین افزایش دما در تیمار ۵۰ میلی‌متر تبخیر با دمای (۲۵/۳°C) بدست آمد (جدول ۶). اگرچه تیمارهای ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر با اندکی اختلاف از هم در جدول قرار گرفته‌اند اما این دو تیمار در یک گروه آماری قرار دارند. افزایش دمای خاک باعث افزایش تبخیر از سطح خاک و تعرق از سطوح گیاهی می‌شود. نتایج نشان داد که آب با ظرفیت حرارتی و گرمایی بالا باعث تعدیل دمای خاک می‌شود. تیمار آبیاری با ۵۰ میلی‌متر تبخیر با کاهش ۸ و ۱۰ درصدی دما نسبت به تیمارهای دیگر باعث حفظ دمای مناسب در منطقه ریشه گیاه شده

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس حاکی از معنی‌داری تنش خشکی در سطح یک درصد بر شاخص برداشت گیاه کلزا بود (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین شاخص برداشت در تیمار آبیاری با تبخیر ۵۰ درصد بدست آمد. کمترین مقدار این صفات در تیمار آبیاری با تبخیر ۱۵۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر دیده شد. اختلاف بین بیشترین و کمترین مقدار شاخص برداشت در بین تیمارهای تنش اعمال شده قابل چشم پوشی نیست، به نحوی که تیمار آبیاری با ۵۰ درصد تبخیر (تبخیر از تشتک تبخیر) توانست مقدار شاخص برداشت را ۱۷ درصد نسبت به تیمار آبیاری با ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (کمترین مقدار) افزایش دهد (جدول ۳). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین شاخص برداشت، وزن هزار دانه و نیز تعداد دانه در خورجین در کلزا *B.napus* وجود دارد [۸]. بیشترین میزان شاخص برداشت در کاربرد ماسه بادی از تیمار ۲۰۰ تن در هکتار ماسه بادی (۳۶/۲۳ درصد) دیده شد که نسبت به شاهد (۳۴/۲۹ درصد) بیش از ۵ درصد است (جدول ۳).

مقدار رطوبت حجمی چیزی حدود ۶۰ و ۵۷ درصد است (جدول ۶). بنظر می‌رسد با افزایش مقدار آب آبیاری و کاهش دور آبیاری، مقدار رطوبت حجمی موجود در خاک افزایش می‌یابد. یکی از راه‌های کاهش میزان تبخیر و حفظ رطوبت در خاک، استفاده از مالچ است [۱۰]. در این میان ماسه علاوه بر کاهش موثر میزان تبخیر، اثر مخرب قطرات باران را کم کرده و با افزایش نفوذپذیری باعث کاهش رواناب سطحی می‌گردد [۲۳ و ۴]. با کاربرد ماسه بادی بیشترین رطوبت حجمی در تیمار ۲۰۰ تن در هکتار ماسه بادی (۲۱/۲۲ درصد) نسبت به تیمار شاهد (۱۰/۰۰) افزایش ۵۲/۸۷ درصدی داشت (جدول ۶). در این رابطه می‌توان گفت که ماسه بادی، باعث کاهش تبخیر خاک و در نتیجه باعث افزایش رطوبت حجمی خاک می‌شود (جدول ۶). مقایسه میانگین‌های برهمکنش تنش خشکی و ماسه بادی نشان داد که کاربرد تیمار ۲۰۰ تن در هکتار ماسه بادی + ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر، دارای بیشترین رطوبت حجمی (۲۶/۸۳) بوده و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد است (جدول ۷).

است. با کاربرد ماسه بادی، میزان دمای خاک، کاهش و بیشترین دمای خاک (۲۸/۲۳ °C) در تیمار شاهد مشاهده شد که نسبت به تیمار ۲۰۰ تن در هکتار ماسه بادی (۲۵/۸۲)، حدود ۸/۵۳ درصد افزایش داشت (جدول ۶). براساس مشاهدات ماسه بادی می‌تواند دمای خاک را کاهش دهد. بدین صورت که باعث افزایش رطوبت خاک می‌شود و آب بیشتری را در اختیار گیاه قرار می‌دهد (جدول ۶).

رطوبت حجمی خاک

نتایج تجزیه واریانس حاکی از معنی‌داری تنش خشکی و سطوح ماسه بادی در سطح یک درصد و معنی‌داری تلفیق تنش خشکی و ماسه بادی در سطح یک درصد بر رطوبت حجمی بود (جدول ۵). بر اساس جدول ۶، بیشترین مقدار رطوبت حجمی باقیمانده در خاک پس از اندازه‌گیری به ترتیب در تیمار ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر بدست آمد. کمترین مقدار رطوبت حجمی باقیمانده در خاک در تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر دیده شد. اختلاف دما بین بیشترین و کمترین

جدول ۵- تجزیه واریانس دمای خاک، رطوبت حجمی خاک و نیتروژن خاک

میانگین مربعات					
منبع تغییرات	df	دمای خاک	رطوبت حجمی خاک	نیتروژن خاک	
تکرار	۲	۱/۱۶ ^{ns}	۰/۸۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۴ ^{ns}	
تنش خشکی	۲	۲۱/۷۳ ^{**}	۴۱۲/۷۶ ^{**}	۰/۰۰۱۷ ^{**}	
خطای اصلی	۴	۱/۲۸	۰/۸۵	۰/۰۰۰۵	
ماسه بادی	۲	۱۳/۲۰	۲۸۴/۶۳ ^{**}	۰/۰۰۰۷	
تنش×ماسه بادی	۴	۰/۶۲ [*]	۱۲/۸۰ ^{**}	۰/۰۰۱۸ ^{ns}	
خطای فرعی	۱۲	۰/۰۳	۲/۶۰	۰/۰۰۳۷	
ضریب تغییرات	-	۶/۴۲	۹/۰۶	۹/۹۷	

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ درصد و معنی‌دار در سطح ۱ درصد می‌باشد.

تشتک تبخیر بدست آمد. کمترین مقدار نیز در تیمار ۵۰ میلی‌متر تبخیر دیده شد. اختلاف بین بیشترین و کمترین مقدار نیتروژن باقی مانده در خاک ۶۵ درصد است. اختلاف فاحش بین بیشترین و کمترین مقدار نیتروژن نشان از آبیاری‌های پیاپی در تیمار ۵۰ میلی‌متر تبخیر دارد. آبیاری‌های مکرر باعث آب‌شویی نیتروژن از منطقه ریشه و در پی آن کاهش محتوای نیتروژن خاک می‌شود.

نیتروژن خاک

نتایج تجزیه واریانس حاکی از معنی‌داری تنش خشکی در سطح یک درصد بر نیتروژن خاک بود (جدول ۵). بر اساس نتایج جدول ۶، با افزایش تنش خشکی، یا به عبارتی افزایش تبخیر، مقدار نیتروژن باقی مانده در خاک نیز افزایش یافته است. از این رو بیشترین مقدار نیتروژن باقی مانده در خاک در تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از سطح

مقدار رطوبت خاک افزایش یابد، نیتروژن بیشتری به وسیله گیاه جذب می‌شود. همچنین جذب سایر عناصر مانند فسفر، پتاس، آهن، روی و سایر عناصر ارتباط نزدیکی با میزان رطوبت قابل دسترس گیاه دارد [۱۳]. واکنش گیاه ذرت به نیتروژن بستگی به شرایط اقلیمی، تامین آب، ظرفیت جذب نیتروژن توسط گیاه میزان نیتروژن قابل دسترس در خاک، زمان و میزان مصرف کود نیتروژن دارد [۱]. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که ماسه بادی هیچ گونه تأثیری بر روی نیتروژن خاک نمی‌گذارد (جدول ۶).

می‌توان چنین بیان نمود نیتروژن قابل جذب برای گیاهان به صورت یون نیترات (NO_3) بوده و از طرفی رس خاک نیز به دلیل دارا بودن بار منفی می‌تواند نیترات خاک را دفع کند. آبیاری نیز می‌تواند دلیل این امر باشد. با آشوبی نیترات، نیتروژن خاک را دسترس گیاه و خاک کاهش دهد. آب و نیتروژن از عوامل عمده تعیین کننده سطح تولیدات کشاورزی در جهان است [۲۱]. نتایج تحقیقات بر روی اثرات تنش خشکی بر میزان جذب بعضی عناصر غذایی نشان داد که دو عامل مهم در محدود کردن تولید ذرت در دنیا تنش آب و کمبود نیتروژن است. هر چه

جدول ۶- مقایسه میانگین دمای خاک، رطوبت حجمی خاک و نیتروژن خاک

تیمارها	دمای خاک (°C)	رطوبت حجمی خاک (%)	نیتروژن خاک (%)
تنش خشکی			
۵۰ میلی‌متر	۲۵/۳۷ b	۲۲/۶۱ a	۰/۰۴ c
۱۰۰ میلی‌متر	۲۷/۵۰ a	۱۵/۶۴ b	۰/۰۹ b
۱۵۰ میلی‌متر	۲۸/۳۹ a	۹/۰۶ c	۰/۱۱۵ a
ماسه بادی			
شاهد	۲۸/۲۳ a	۱۰/۰۰ c	۰/۹۴ a
۱۰۰ تن در هکتار	۲۷/۲۱ ab	۱۶/۳۲ b	۰/۸۹ a
۲۰۰ تن در هکتار	۲۵/۸۲ b	۲۱/۲۲ a	۰/۹۲ a

در هر ردیف میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۷- مقایسه میانگین رطوبت حجمی خاک تحت تأثیر برهمکنش تنش خشکی و ماسه بادی

تنش خشکی (میلی‌متر تبخیر)	ماسه بادی	رطوبت حجمی خاک
۵۰	شاهد	۱۵/۶۶ c
	۱۰۰ تن در هکتار	۲۵/۳۳ ab
	۲۰۰ تن در هکتار	۲۶/۸۳ a
۱۰	شاهد	۹/۶۶ d
	۱۰۰ تن در هکتار	۱۴/۷۷ c
	۲۰۰ تن در هکتار	۲۳/۱۶ b
۱۵۰	شاهد	۴/۶۸ e
	۱۰۰ تن در هکتار	۸/۸۵ d
	۲۰۰ تن در هکتار	۱۳/۶۶ c

در هر ردیف میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

نتیجه‌گیری

تیمار ۵۰ میلی‌متر تبخیر توانست خصوصیات کمی کلزا را تحت شعاع قرار دهد، بدین صورت که بیشترین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و وزن هزار دانه در تیمار ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر بدست آمد. کمترین مقدار نیز در تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر بدست

ارزیابی اثر تنش خشکی و ماسه بادی بر عملکرد، اجزاء عملکرد و خصوصیات خاک در کلزای پاییزه بیانگر نقش مفید آبیاری بدون تنش و همچنین استفاده از ماسه بادی بود. نتایج حاکی از برتری آبیاری در سطح تنش ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر نسبت به سایر تیمارها بود.

میزان قرار گرفتند. نتایج نشان‌دهنده آن است که ماسه بادی باعث کاهش دمای خاک و افزایش رطوبت موجود در خاک شده و هیچ گونه تاثیری در میزان نیتروژن خاک نداشت.

آمد. گیاهان رشد یافته با تیمار ۲۰۰ تن ماسه بادی در هکتار نیز از سایر تیمارها پیشی گرفته و صفاتی همانند تعداد شاخه جانبی، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و رطوبت حجمی در بالاترین

References

- [1]. Akiotoye, A.A., Lucas, E.O. & Kling, J.G., 1997. Effect of density of plating and time of nitrogen application on maize varieties in different ecological zones of Westafrica. *Common Soil Science Plant Annal*, 28:1163-1175.
- [2]. Ashraf, M. & Foolad, M.R., 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59: 206–216.
- [3]. Bermner, J.M., 1965. Organic Nitrogen In Soils. Pp. 93-132. In: *Soil Nitrogen*. W.V. Bartholomew and F.E. Clark (Ed.). *Agron. Monoger*. 10. Asa, Madison, WI.
- [4]. Clothier, B. E, Sotter, D. R. & Kerr, J. P. 1977., Water retention in soil underlain by a coarse-textured layer: theory and a field application. *Soil Science*, 123: 392-399.
- [5]. Davidson, J.L. & Birch, J.W., 1978. Response of a standard Australian and a Mexican wheat to temperature and water stress. *Australian journal of Agricultural Research*, 29: 1091-1106.
- [6]. Dezfooli Hashemi, A., Kucheki, A. & Benayan, M., 1996. Increase crop yield. Translation. Press Mashhad SID. (In Persian).
- [7]. Emam, A. & Nick-nejad, M., 1994. Introduction to the physiology of the crop (Translation). Shiraz University Press. (in Farsi).
- [8]. Ghalibaf, K., 1997. The effect of planting date on growth, yield components of rapeseed cultivars in environmental conditions of. Thesis MSc in Agriculture. University of Tabriz. (in Farsi).
- [9]. Ghobadi, M., 2006. Short and long periods of water stress during different growth stages of rapeseed. *Agronomy Journal*, 5 (2): 336-341. (in Farsi).
- [10]. Hillel, D. & Berliner, P., 1974. Waterproofing surfacezone soil aggregate for water conservation. *Soil Science*, 118(2): 131-139
- [11]. Iran-Nejad, H., 1991. The impact of increasing the quantity and quality of food Danh-Ay maize crop, *Olive magazine*, Pp. 16-19. (In Persian).
- [12]. Jensen, C.R., Morgensen, G. Mortensen, V.O. & Fieldsend, J.K., 1996. Seed glucosinolate, oil and protein contents of field grown rape (*Brassica napus* L.) affected by soil drying and evaporative demand. *Field Crops Research*, 47: 93-105.
- [13]. Jones, H.G., 1980. Interaction and integration of adaptive responses to water stress: the implications of an unpredictable environment. In *Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress*. Eds. N.C. Turner and P.J. Kramer. Wiley, New York, Pp. 353-365.
- [14]. Ma, Q. Sh., Niknam, R. & Turner, D.W., 2006. Response of osmotic adjustment and seed yield of Brassica napus and Brassica juncea to soil water deficit at different growth stages. *Australian Journal Agriculture Research*, 57:221-226.
- [15]. Malekoti. M. & Sepehr, J., 2003. Optimal nutrition oilseeds (major step forward in achieving self-sufficiency in oil). Khaniran Publications, Tehran. (in Farsi).
- [16]. Mousavi Harami, R., 2007. Sedimentology, University of Astan Quds Razavi. (in Farsi).
- [17]. Nielsen, D.C., 1996. Potential of Canola as a dry land Crop in Northeastern Colorado. In: Janick (ed). *Progress in new Crops*. ASHS Press. Alexandria, Pp. 281-287.
- [18]. Nielsen, D. C. & Janick, J., 1996. Potential of canola as a dry land crop in northeastern Colorado. *Progress in new Crops Proceeding of the third National Symposium Indianapolis*. 22: 281-287.
- [19]. Noureldin, N. A., EL-Habbal, M. S. Hamada, M. A. & Hamed, M. F., 1993. Growth response of two rapeseed cultivars to irrigation intervals and nitrogen application

- under sandy soil conditions. Annual Agricultural Science.(Cairo), 38(2): 499-509.
- [20]. Osman, F. & Talha, M., 1975. The effect of irrigation regime on yield and consumption of sunflower seed oil. Egyptian Soil Science, 15:211-218.
- [21]. Overman R., Wilson, D.M. & Vidak, W., 1995. Extended probability model for dry matter and nutrient accumulation by crops. Journal of Plant Nutrition, 18: 2609-2627.
- [22]. Papastylianon, I., 1995. Yield components in relation to grain yield losses of barley fertilized with nitrogen. European Journal of Agronomy, 4:55-63.
- [23]. Rad, M. H., 1997. Effects of soil cover material to reduce the amount of water used in the plant Haloxylon (Haloxylon) in the deserts of clay. Agronomy Journal, No. 37. (in Farsi).
- [24]. Refahi, H., 1999. Wind erosion control. Tehran University Press. (in Farsi).
- [25]. Rudi, D., Rahmanpour, S. & Javidfar, P., 2003. Canola crops. Press Office Media planning advocacy. Tehran: 53p. 5.
- [26]. Sardanz, J. & Uelas, J.P., 2008. Drought changes nutrient sources, content and stoichiometry in the bryophyte. Growing in a Mediterranean forest. Journal Biological, 30:59-65.
- [27]. Sarmadniya, G.H. & Kucheki, A.S., 2003. Crop Physiology (Translation). Mashhad University Press.
- [28]. Shirani Rad, A. H., 2001. Research on canola crops. Oilseeds Research, Preparation of Seed and Plant Improvement Institute.
- [29]. Siddique, M. R. B., Hamid, A. & Islam, M. S., 1999. Drought stress effects on photosynthetic rate and leaf gas exchange of wheat. Botanical Bulletin Acadademia Sinica., 40:141-145.
- [30]. Sinaki, J.M., Heravan, E.M. Shirani Rad, A.H., Noormohammadi, G. & Zarei, G., 2007. The Effects of Water Deficit During Growth Stages of Canola (*Brassica napus* L.). Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 2(4): 417-422. (in Farsi).
- [31]. Tahmasebi Birgany, A. M., 1998. Erosion of deposition potential than water and wind using models MPSIAC and IRIFR Bakhsha' water in the watershed. Payan-Namh master, Iranian desert and arid desert Management Research Center, Tehran University. (in Farsi).

Evaluation of Drought Stress and Buried in Sand on Yield Components of Canola (*Brassica napus* L.) and Soil Properties

- 1- M. Dahmardeh, Associated Professor, University of Zabol
dahmard@gmail.com
- 2- M. Zargari, Master of Science, University of Zabol
- 3- I. Khammari, Assistance Professor, University of Zabol

Received: 16 Nov 2016

Accepted: 18 Jul 2017

Abstract

Drought is one of the most important environmental stresses that can impair plant growth and crop production. The purpose of Resent paper is to determine the effects of drought stress and Buried by sand on yield, yield components of canola (*Brassica napus*L.) as well as soil properties. The research was investigated in crop year 2013-14 in the field of Educational Research Institute of University of Zabol. Experiment split-plot in randomized complete block design with three replications. The main plot was drought stress in three levels including; 50, 100 and 150 mm evaporation from evaporation pan and sand buried quantities was considered as the sub – plot in three levels; control, 100 and 200 t/ha. The highest of grain yield (460.87 kg/ha) was obtained from treatment 200 t/ha due to Buried by sand. The result shown that yield was increased in comparison to the control treatment of about 29.61 percent. The maximum soil temperature shows in treatments of 100mm and 150 mm respectively 27/5^o and 28/3^o evaporation from pan evaporation and the lowest soil temperatures in 50 mm from pan evaporation treatment was obtained 25/3^o .Using sand storm, the soil temperature decreased and the highest soil temperature (28/2^o) was observed in control treatment. The interaction of drought stress and sand storm showed that the highest grain yield in drought stress 50 mm evaporation and the application of sand storm 200 t/ha. This was indicates that the positive effect of sand to reduce evaporation.

Keywords: Evaporation; Sand buried; Soil temperature; Seed yield.

تحلیل فضایی و بررسی روابط الگوهای پیوند از دور با خشکسالی‌های ایران مرکزی

۱- مهران فاطمی، دانشجوی دکتری مخاطرات طبیعی، دانشگاه یزد
yazdfatemi@yahoo.com

۲- کمال امیدوار، استاد اقلیم شناسی، دانشگاه یزد

۳- احمد مزیدی، دانشیار اقلیم شناسی، دانشگاه یزد

۴- ابراهیم مسگری، دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

۵- حمیده دهقان، کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، اقلیم شناسی در برنامه ریزی محیطی، دانشگاه یزد

دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۰۱

پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۲۷

چکیده

در این پژوهش با تکیه بر رویکرد محیطی به گردشی، دوره‌های خشکسالی در بازه زمانی ۲۲ ساله (۲۰۱۳ - ۱۹۹۲) در سطح ۲۱ ایستگاه همدید استان‌های کرمان، یزد و اصفهان با استفاده از نمایه SPI در مقیاس سالانه محاسبه گردید. داده‌های الگوهای ارتباط از دور استخراج و بر اساس روش‌ها و مدل همبستگی و رگرسیون چند متغیره ارتباط بین خشکسالی‌های عمده ی منطقه و این الگوها بررسی شد. بر اساس نتایج، در مجموع سالانه حدود ۳۷/۴۲ درصد تغییرات شاخص خشکسالی SPI استان اصفهان و ۵۱/۰۹ درصد تغییرات شاخص خشکسالی SPI استان کرمان و ۴۲/۱۷ درصد تغییرات شاخص خشکسالی SPI استان یزد به وسیله الگوها تبیین می‌گردد. در پایان، الگوهای چندمتغیره اسکاندیناوی (SCA) در استان اصفهان و الگوی اطلس شرقی (EA) در استان کرمان و الگوی حاره ای جنوب اقیانوس اطلس (TSA) در استان یزد به عنوان مؤثرترین الگوها تغییرات SPI سالانه را در ایران مرکزی توجیه می‌نمایند.

واژگان کلیدی: پیوند از دور؛ شاخص استاندارد بارش؛ کریجینگ؛ مدل‌های رگرسیون؛ ایران.

مقدمه

اجتماعی، سبز و خشکسالی کاغذی تقسیم کرد [۳۰]. قرار گرفتن ایران در کمربند خشک جهان در طول تاریخ دراز این کشور نقش مهمی در شرایط اجتماعی و تاریخی آن داشته است، متأسفانه در گذشته امکان بررسی این پدیده فراهم نبوده و در این راستا با تلاش سازمان هواشناسی کشور، اطلاعات کافی از سراسر کشور فراهم گردیده است. از دید اقلیم شناسان، خشکسالی یک پدیده طبیعی است که خود به خود در اثر الگوهای آب و هوایی ناشی از کاهش ریزش‌های جوی کمتر از حد معمول به وجود می‌آید و ادامه آن موجب عدم تعادل هیدرولوژیک و اکولوژیک می‌شود. از طرفی، چون از دیدگاه جغرافیا، تعریف خشکسالی مفهومی مکان‌مند است، شدت خشکسالی در هر محل، تابعی از ضریب تغییرپذیری بارش در همان محل است؛ تا آنجا که در شاخص SPI، درجه خشکسالی و ترسالی به بهترین شکل ممکن تبیین می‌شود [۱۲].

بارش از مهم‌ترین عوامل هواشناسی است که کاهش آن از مقدار طبیعی در یک دوره زمانی باعث ایجاد خشکسالی می‌شود. مسئله خشکسالی به عنوان مهم‌ترین پدیده جدی اقلیمی از معضلات محیطی در اغلب کشورهای جهان به ویژه ایران است. درک تغییرات سالانه و درون دهه ای آن برای بهبود برنامه ریزی و مدیریت منابع آب مهم است [۱۷]. نوسان بارش در سطوح جهانی خطرات زیادی برای امنیت غذایی و توسعه اقتصادی در جهان دارد. بخش‌های وسیعی از ایران از جمله بخش مرکزی به علت واقع شدن در قلمرو اقلیمی خشک و نیمه خشک همواره بارش کمی دریافت و از این رو به طور دائم با کمبود آب مواجه هستند. از مهم‌ترین ویژگی‌های نواحی اقلیمی ایران تغییرات شدید در میزان بارش آن است. نوسان زمانی بارش ایران نقش مهمی در محدودیت دسترسی به منابع آب دارد [۷]. خشکسالی را می‌توان به خشکسالی‌های هواشناسی، کشاورزی، اقلیم شناسی، هیدرولوژیک، اقتصادی -

عمده‌ترین مساله فراروی توسعه و پیشرفت استان‌های اصفهان، کرمان و یزد، واقع در ایران مرکزی، وقوع خشکسالی‌های فراگیر و بحرانی شدن وضعیت منابع آب و به چالش کشیده شدن حیات طبیعی و انسانی در این مناطق است. آن‌چه امروزه در مدیریت خشکسالی به منظور به حداقل رساندن اثرات سو آن مورد توجه است، انتقال مدیریت بحران به مدیریت ریسک به عنوان امری اجتناب‌ناپذیر است. بدیهی است که بدون شناسایی الگوهای گردش جوی، تبیین و چاره‌جویی مسائل محیطی امری دشوار است. در ارتباط با وقوع خشکسالی‌ها از دیدگاه اقلیمی، علت این تغییرپذیری اقلیمی که منجر به این آسیب محسوس و مزمن طبیعی می‌شود از اهمیت زیادی برخوردار است. استقرار هم‌زمان یکسری الگوهای اقلیمی و هواشناسی در مقیاس وسیعی در نیمکره شمالی که آن را الگوهای پیوند از دور نیمکره شمالی^۱ می‌نامند می‌تواند یکی از کلیدهای معمای خشکسالی به حساب آید [۱۴]. الگوهای پیوند از دور جهت پیش‌بینی میانگین شرایط جوی در دوره‌های زمانی معمولاً چند ماهه یا سالانه استفاده می‌شود. به عبارت دیگر، ترکیب بین جو و تغییرات بسیار کندتر در اقیانوس‌ها، امکان پیش‌بینی شرایط اقلیمی در مقیاس‌های زمانی ماهانه، فصلی، سالانه و حتی دهه‌ای را فراهم می‌آورد [۲۷]. پیوند از دور را ارتباط هم‌زمان بین نوسانات عناصر اقلیمی یک مکان با تغییرات الگوهای فشار و درجه حرارت سطح دریا در نقاط جغرافیایی دیگر تعریف کرده‌اند [۲۸]. با توجه به کارآیی مطالعات پیوند از دور در شناخت منشأ بارش و نوسانات آن که موجب خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها می‌شوند، تلاش‌هایی برای شناخت الگوهای پیوند از دور مؤثر بر بارش شده است [۱۷].

در زمینه اثر الگوهای مذکور بر نوسانات بارش و همچنین خشکسالی تحقیقات ارزشمند زیادی در ایران و سایر نقاط دنیا صورت گرفته است. مطالعات نشان داده که فاز منفی الگوی NAO^۲ همراه با افزایش بارش زمستانی و کاهش دما و فاز مثبت آن موجب کاهش بارش، افزایش دما و ظهور خشکسالی‌های زمستانه در سراسر ترکیه بوده

است [۲۶]. نتایج بررسی ارتباط بین متوسط دمای ماهانه منطقه آفیون ترکیه به سمت شاخص الگوی پیوند از دور دریای شمال - خزر را نشان می‌دهد که در فاز مثبت الگوی پیوند از دور دریای شمال - خزر دمای هوای ناحیه ای کوهستانی آفیون افزایش پیدا کرده است [۲۹]. بررسی اثر الگوی پیوند از دور دریای شمال - خزر بر رژیم‌های دمایی و بارش خاورمیانه نشان‌دهنده این است که رژیم‌های خاورمیانه به فازهای مختلف الگوهای پیوند از دور دریای شمال - خزر حساس است [۱۸]. گرمایش جهانی باعث کند شدن تدریجی گردش واکر، برای ثابت ماندن شار بخار آب به نواحی همرفت می‌شود. در صورتی که مناطق حاره ای اقیانوسی سردتر باشند، گردش واکر با هدف جبران شار رطوبتی تشدید می‌شود [۴]. نتایج بررسی الگوهای جوی در طول دوره‌های خشکسالی در لیتونی نشان داد که میزان خشکسالی در منطقه بالتیک در ارتباط با الگوهای گردشی جو است. فازهای منفی NAO/AO^۳ باعث خشکسالی‌ها شدید در منطقه شده است [۲۲]. در پژوهشی احتمال بارش‌های فصلی در چین با استفاده از شاخص‌های بزرگ مقیاس اقیانوسی جوی به صورت ماهانه بررسی شد. نتایج نشان داد که شاخص دمای سطح آب در غرب اقیانوس آرام و هند از شاخص النینو-نوسانات جنوبی برای پیش‌بینی موثرتر است [۳۲].

نتایج بررسی ارتباط ال نینو و دوره‌های خشکسالی - ترسالی در ایران نشان‌دهنده ارتباط نسبتاً قوی ای بین بارش سالانه ایران و شاخص نوسان جنوبی^۴ (SOI) است. در بررسی ماهانه مشخص شد که بالاترین ضریب همبستگی بارش ماهانه ایران و شاخص نوسان جنوبی هم‌زمان آن، در ماه اکتبر دیده می‌شود [۱]. در پژوهشی، برخی نشانه‌ها و آثار پدیده انسو در بارش‌های تابستانی و پاییزی جنوب شرق ایران ارزیابی شد. نتایج نشان داد که در فصل تابستان طی فازهای گرم عموماً شرایط خشکی تابستانی استمرار می‌یابد و بارش‌های تابستانی به حداقل خود می‌رسد. در فازهای سرد برخلاف فصل پاییز شرایط پرباران تر و مرطوب تر از معمول به وجود می‌آید [۹]. نتایج مطالعه اثر پیوند از دور بر اقلیم ایران نشان داد که

3- Atlantic Oscillation

4- Southern Oscillation Index

1- NHPT: North Hemisphere Tele-connection Patterns

2- North Atlantic Oscillation

سالانه و پاییزی کمتر و به‌طور متقابل میانگین دمای سالانه و فصول چهارگانه بیشتر از میانگین دراز مدت است [۳۰]. نقش الگوی پیوند از دور جو بالای دریای شمال - مازندران در تغییرات زمانی بارش سواحل جنوبی دریای خزر بررسی شد [۶]. پایش خشکسالی ایران به کمک شاخص شدت خشکسالی پالمر و ارتباط آن با الگوهای پیوند از دور جو - اقیانوسی ثابت می‌کند که الگوهای پیوند از دور در فصل پاییز ارتباط بیشتری با خشکسالی‌های ایران نشان می‌دهند [۳].

با توجه به اهمیت وقوع پدیده ی خشکسالی متناوب در ایران مرکزی که به شدت اکوسیستم حساس و جنبه های مختلف حیات را تحت تأثیر خود قرار داده است، در این پژوهش تلاش شده است تا تأثیرات الگوهای ارتباط از دور نیمکره ی شمالی بر شدت و گستره این خشکسالی‌ها تجزیه و تحلیل شود.

مواد و روش‌ها

داده های مورد استفاده در این پژوهش شامل داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک و کلیماتولوژی و داده‌های بارش ایستگاه‌های باران سنجی استان‌های اصفهان، کرمان و یزد در دوره آماری مشترک است. جدول ۱ مشخصات ایستگاه های هواشناسی منتخب و شکل ۱ نیز پراکندگی ایستگاه‌ها در سطح کشور را نشان می‌دهد. دوره‌های خشکسالی با تکیه بر رویکرد محیطی گردشی در بازه زمانی ۲۱ ساله (۲۰۱۳-۱۹۹۲) در سطح ۲۱ ایستگاه همدید استان‌های کرمان، یزد و اصفهان که دارای دوره آماری مشترک بلند مدت بودند با استفاده از نمایه SPI در مقیاس سالانه محاسبه شد. در رویکرد محیطی گردشی الگوهای گردش جوی بر حسب شرایط محیطی خاص تعیین می‌شود. از سوی دیگر ۱۸ الگوی ارتباط از دور از سایت مرکز ملی اقیانوس و جوشناسی ایالت متحده آمریکا^۸ (NCEP|NCAR) استخراج شد. سپس بر اساس روش‌ها و مدل همبستگی و رگرسیون چند متغیره گام به گام ارتباط بین خشکسالی‌های عمده ی منطقه و این الگوها تعیین گردید (جدول ۲). ضرایب همبستگی

مولفه نوسانی شاخص نوسانات اقیانوس اطلس شمالی (NAO) و شاخص نوسانات جنوبی (SOI) به شدت بر دمای جاسک موثر است [۸]. بررسی ارتباط ۲۰ الگوی چرخش جوی کلان مقیاس نیمکره شمالی با شاخص خشکسالی^۱ SPI در سیستان و بلوچستان با توجه به حضور و فعالیت آنان در طی فصول مختلف نشان داد که الگوهای^۲ MEI،^۳ NOI،^۴ NP،^۵ PDO،^۶ POL بیشترین همبستگی معنی دار با شاخص SPI سالانه دارند [۱۴]. نتایج بررسی ارتباط مثبت بین شاخص‌های چند متغیره انسو (MEI) و بارش ایستگاه های آذربایجان شرقی نشان‌دهنده این است که در بین فصول چهارگانه میزان همبستگی فقط در فصل پاییز معنی دار بوده و در سایر فصول همبستگی معنی داری بین بارش و پدیده های ال نینو و لانینا مشاهده نمی‌شود [۱۶]. بین بارش سالانه ایستگاه‌های تبریز، اهر و جلفا با شاخص نوسانات اطلس شمالی همبستگی منفی ضعیف و معنی‌داری به ویژه در ترسالی‌ها و خشکسالی‌های فراگیر وجود دارد [۲۴]. در پژوهشی، ارتباط دمای ماهانه ایستگاه‌های بندرعباس، بوشهر، اصفهان، سنج، تهران و مشهد را با شاخص های انسو بررسی شد. نتایج همبستگی دمای ایستگاه‌های نمونه با شاخص‌های مختلف انسو را تنها در دو یا سه ماه نشان داد که مقدار آن در ایستگاه های جنوبی تر (بوشهر و بندرعباس) بیشتر از ایستگاه‌های شمالی تر (اصفهان، مشهد و تهران) است [۱۱]. در تحقیقی تاثیرپذیری دمای ماهانه و فصلی نیمه جنوبی کشور از پدیده انسو بررسی شد [۳۱]. ارتباط پدیده انسو با مقادیر حدی بارش های فصلی در استان خراسان بررسی شد [۲۳]. تاثیر پدیده انسو بر پارامترهای اقلیمی دما و بارش در دشت قزوین به کمک روش همبستگی متوالی^۷ (SCA) و روش‌های دیگر آماری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که در سال‌های وقوع پدیده النینو بارش سالانه و پاییزه بیشتر بوده، هرچند میانگین دمای سالانه و فصول مختلف کمتر است. در عوض، در سال‌های وقوع پدیده لانینا بارش

1- Standard Precipitation Index

2- Polar/Eurasia Pattern

3- Pacific Decadal Oscillation

4-North Pacific

5- Northern Oscillation Index

6- Multivariate Enso Index

7- Sequential Correlation Analysis

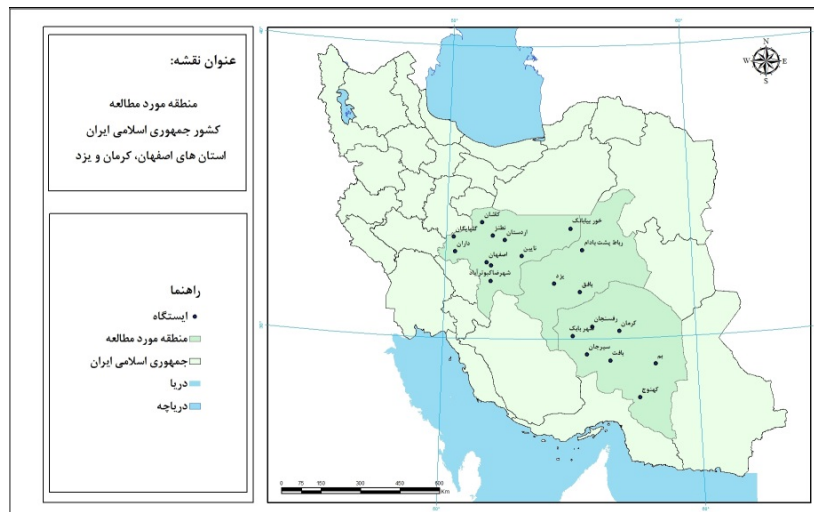
8- National Center Environmental Prediction / National National Center Atmospheric Research

رگرسیون چندگانه، گام به گام و عقب رو برای تعیین الگوهایی که بیشترین نقش را در توجیه تغییرات شاخص شدت خشکسالی به عهده دارند، استفاده شد. در این رابطه برای هر ایستگاه و شاخص متوسط ایستگاهها محاسبات انجام گردید. نتایج حاصل از الگوهای انتخاب شده به وسیله مدل و درصد توجیه تغییرات شاخص خشکسالی به وسیله الگوها تعیین و بر روی نقشهها ترسیم و پهنه‌بندی شد.

شاخص‌ها با SPI ایستگاه‌ها و منطقه به صورت سالانه در دوره زمانی تحقیق و همچنین طی شرایط خشکسالی‌ها جهت پی بردن به تاثیر شدت هر یک از شاخص‌ها محاسبه شد. معنی‌داری به کمک آزمون همبستگی پیرسون در سطح خطای ۰/۰۵ و ۰/۰۱ بررسی شد. بخش اساسی تحلیل‌ها در این پژوهش بر تجزیه و تحلیل معادلات رگرسیون چند گانه است، بر این اساس، شاخص SPI به عنوان متغیر وابسته، و الگوهای ارتباط از دور به عنوان متغیرهای مستقل وارد مدل‌ها گردید. مدل‌های

جدول ۱- ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	استان	عرض (شمالی)	طول (شرقی)	ارتفاع (m)
۱ خور و بیابانک		۳۳° ۴۷'	۵۵° ۵۰'	۸۴۵ m
۲ داران		۳۲° ۵۸'	۵۰° ۲۲'	۲۲۹۰ m
۳ شرق اصفهان		۳۲° ۴۰'	۵۱° ۵۲'	۱۵۴۳ m
۴ شهر رضا		۳۱° ۵۹'	۵۱° ۵۰'	۱۸۴۵/۲
۵ کاشان		۳۳° ۵۹'	۵۱° ۲۷'	۹۸۲/۳
۶ کبوتر آباد	اصفهان	۳۲° ۳۱'	۵۱° ۵۱'	۱۵۴۵
۷ گلپایگان		۳۳° ۲۸'	۵۰° ۱۷'	۱۸۷۰
۸ نایین		۳۲° ۵۱'	۵۳° ۵۰'	۱۵۴۹
۹ نطنز		۳۳° ۳۲'	۵۱° ۵۴'	۱۶۸۴/۹
۱۰ اصفهان		۳۲° ۳۷'	۵۱° ۴۰'	۱۵۵۰/۴
۱۱ اردستان		۳۳° ۲۳'	۵۲° ۲۳'	۱۲۵۲/۴
۱۲ انار		۳۰° ۵۳'	۵۵° ۱۵'	۱۴۰۸/۸
۱۳ بافت		۲۹° ۱۴'	۵۶° ۳۵'	۲۲۸۰
۱۴ بم		۲۹° ۵۰'	۵۸° ۲۱'	۱۰۶۶/۹
۱۵ سیرجان	کرمان	۲۹° ۲۸'	۵۵° ۴۱'	۱۷۳۹/۴
۱۶ شهر بابک		۳۰° ۶۰'	۵۵° ۸۰'	۱۸۳۴/۱
۱۷ کرمان		۳۰° ۱۵'	۵۶° ۵۸'	۱۷۵۳/۸
۱۸ کهنوج		۲۷° ۵۸'	۵۷° ۴۲'	۴۶۹/۷
۱۹ بافق		۳۱° ۳۶'	۵۵° ۲۶'	۹۹۱/۴
۲۰ رباط پشت بادام	یزد	۳۳° ۲۰'	۵۵° ۳۳'	۱۱۸۸
۲۱ یزد		۳۱° ۵۴'	۵۴° ۱۷'	۱۲۳۷/۲



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

شاخص بارش استاندارد (SPI)

شاخص بارش استاندارد به وسیله مک کی به منظور تعیین و پایش خشکسالی و کمی سازی کمبود بارش و پایش وضعیت خشکسالی ارائه شد [۱۹]. شاخص بارش استاندارد شده این امکان را می دهد که شدت خشکسالی هم برای مقیاس های کوتاه مدت و هم دراز مدت پایش نمود. به منظور محاسبه شاخص SPI، ابتدا داده های بارندگی به تابع توزیع تجمعی گاما برازش داده شد. سپس این توزیع به توزیع نرمال استاندارد شده با به کارگیری مفهوم احتمالات مساوی تبدیل شده و

شاخص SPI محاسبه شد [۱۳]. شاخص SPI در مقیاس زمانی سالانه (۱۲ ماهه) به عنوان شاخص خشکسالی مناسب از جمله برای مناطق ایران مرکزی معرفی شده است [۱۴، ۱۳ و ۲۱]. همچنین این شاخص بر مبنای مطالعات [۵، ۱۰ و ۲۶] نسبت به شاخص های در منطقه مورد مطالعه بهتر جواب داده است. مقادیر مثبت نمایه نشان دهنده ی بارندگی بیش از میانه و مقادیر منفی بیانگر شدت های مختلف خشکسالی است (جدول ۳).

جدول ۲- الگوهای ارتباط از دور مورد مطالعه

۱. شاخص چند متغیره انسو (MEI)	۲. الگوی قطب شمال (AO)
۳. الگوی اطلس شرقی ^۱ (EA)	۴. الگوی آرام / آمریکای شمالی ^۲ (PNA)
۵. الگوی آرام غربی ^۳ (WP)	۶. الگوی آرام انتقالی ^۴ (PT)
۷. الگوی اطلس شرقی / روسیه غربی ^۵ (EA / WR)	۸. الگوی آرام شرقی-آرام شمالی ^۶ (EP/NP)
۹. نوسان اطلس شمالی (NAO)	۱۰. الگوی نوسانات دهه ای اقیانوس آرام (PDO)
۱۱. الگوی حاره ای؛ نیمکره شمالی ^۷ (TNH)	۱۲. الگوی قطبی؛ اورآسیا (P/E) یا (POL)
۱۳. الگوی شاخص نوسان شمالی (NOI)	۱۴. الگوی نوسان جنوبی (SOI)
۱۵. الگوی حاره ای اطلس شمالی ^۸ (TNA)	۱۶. الگوی اسکاندیناوی (SCA)
۱۷. الگوی حاره ای جنوب اقیانوس اطلس (TSA)	۱۸. الگوی انتقالی نینو (TNI)

- 1- East Atlantic
- 2- Pacific / North American
- 3- western Pacific
- 4- Pacific Transfer
- 5- Eastern Atlantic / Western Russia
- 6- Asia-Pacific, North Pacific
- 7- Tropical / Northern Hemisphere pattern
- 8- Tropical North Atlantic

جدول ۳- شدت های مختلف خشکسالی بر اساس نمایه استاندارد بارش [۱۳]

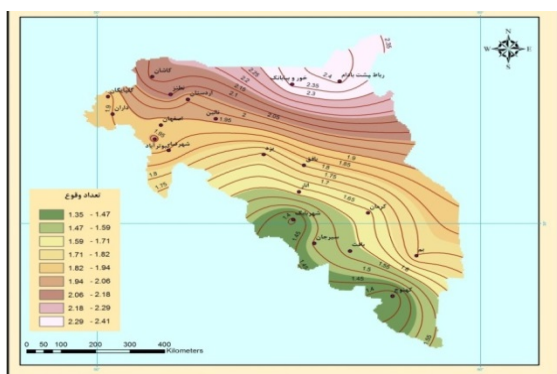
مقدار نمایه	نمایه استاندارد بارش
ترسالی بسیار شدید	۲ و بالاتر
ترسالی شدید	۱/۵ تا ۱/۹۹
ترسالی متوسط	۱ تا ۱/۴۹
بهنجار	۰/۹۹ تا -۰/۹۹
خشکسالی متوسط	-۱ تا -۱/۴۹
خشکسالی شدید	-۱/۹۹ تا -۱/۵
خشکسالی بسیار شدید	-۲ و کمتر

یافته های تحقیق

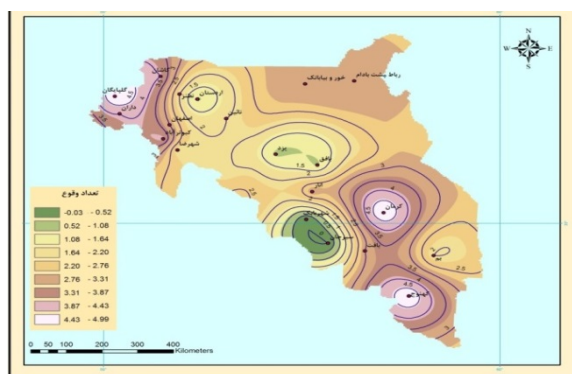
ارزیابی و تعیین خشکسالی های ایران مرکزی با استفاده از شاخص SPI

بر اساس شاخص SPI دوره های خشکسالی و شدت آنها تعیین و پهنه بندی وقوع خشکسالی منطقه مورد مطالعه در بازه سالانه شناسایی و به روش درونیابی کریجینگ پهنه بندی کنند. در این بین شهرستان های گلپایگان و کرمان با تعداد وقوع، ۵ خشکسالی ملایم؛

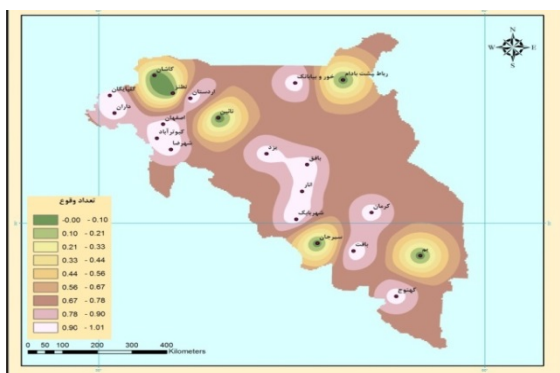
شهرستان های کبوتر آباد، نطنز، خور و بیابانک، کاشان و رباط پشت بادام با تعداد وقوع ۳ خشکسالی متوسط؛ شهرستان رباط پشت بام با تعداد وقوع ۳ خشکسالی بسیار و شهرستان های شرق اصفهان با تعداد وقوع ۲ خشکسالی فرین، به ترتیب دارای بیشترین فراوانی وقوع خشکسالی و بالاترین شدت خشکسالی هستند (شکل ۲).



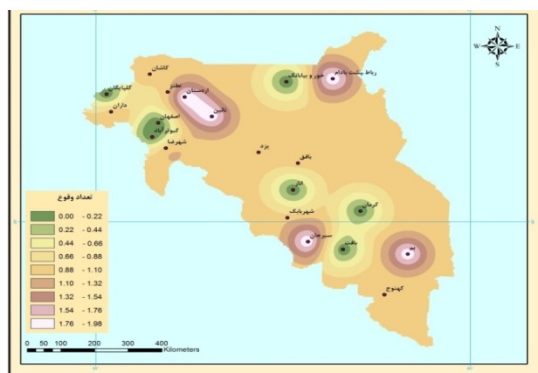
ب) خشک متوسط



الف) خشک ملایم



د) فرا خشک



ج) بسیار خشک

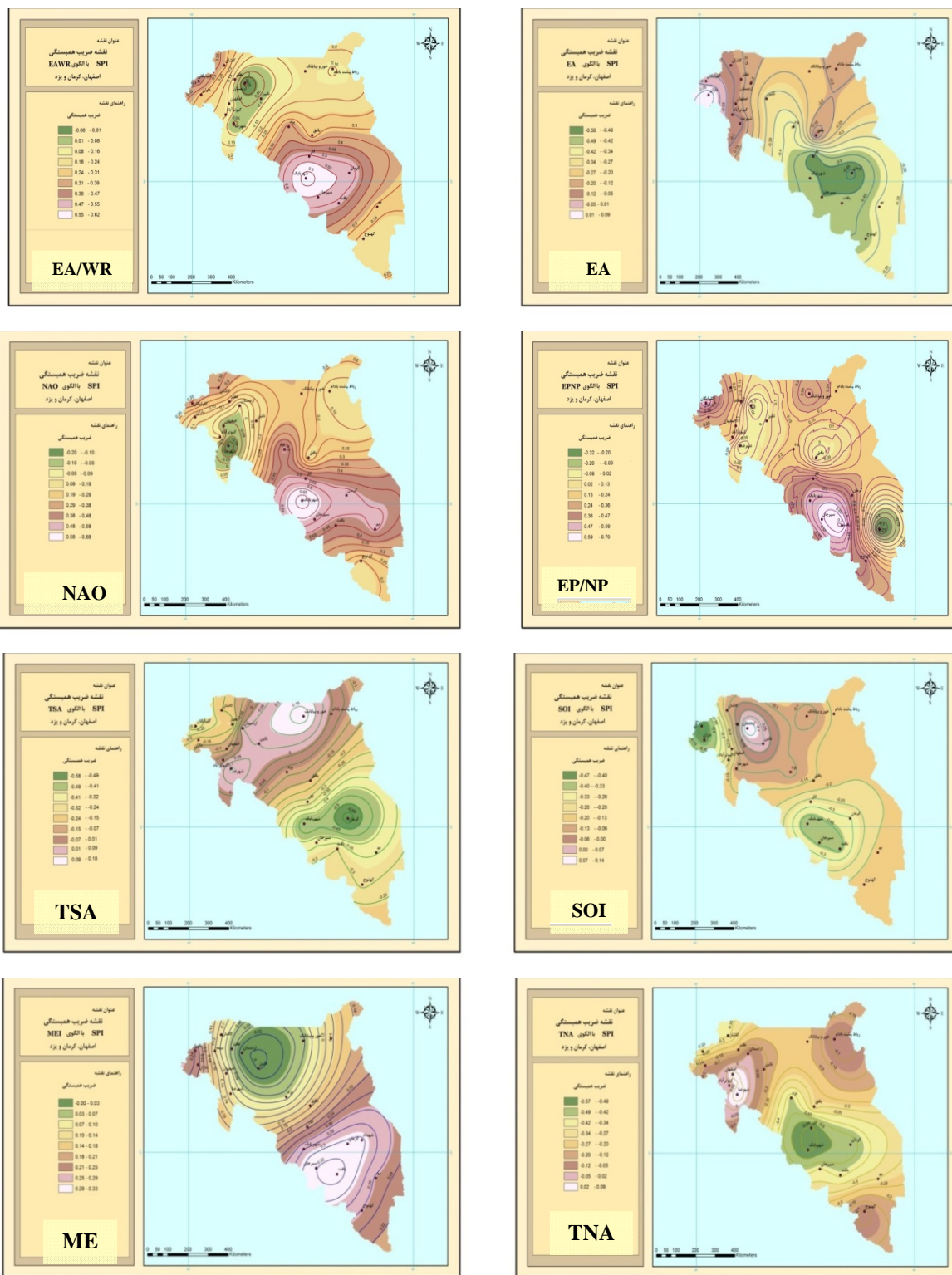
شکل ۲- تعدد وقوع، گستره و شدت شاخص SPI سالانه در سطح ایران مرکزی (۱۹۸۲-۲۰۱۳)

بررسی همبستگی بین الگوهای ارتباط از دور و شدت خشکسالی‌ها

می‌دهد. نتایج این پژوهش می‌تواند در راستای نتایج خسروی باشد که در آن الگوهای PDO، NP، NOI، MEL و POL بیشترین همبستگی معنی‌دار را با شاخص SPI سالانه در استان سیستان و بلوچستان دارند [۱۴]. همچنین در مطالعات خدافل و همکاران [۱۳] بر همبستگی منفی معنی‌دار شاخص‌های SOI و NAO با نمایه SPI فصلی و ماهانه در مورد خشکسالی‌های حوزه آبخیز زاینده رود تاکید شده است.

به‌منظور بررسی همبستگی تأثیرگذارترین الگوها بر شدت خشکسالی نواحی مختلف، توزیع فضایی ضرایب در شکل ۳ ترسیم شده است (سطح معنی‌داری ۰/۰۱). برای میانمایی خطوط هم ارزش از روش کریجینگ استفاده شد. بر اساس شکل ۳، بیشترین ارتباط الگوی EA با شاخص SPI شامل قسمت مرکزی و شمال استان یزد و شمال غرب و غرب استان اصفهان است. با حرکت به نواحی اطراف از شدت ارتباط الگوی مربوط با ضریب SPI در منطقه کاسته می‌شود. بیشترین ارتباط الگوی EPNP با شاخص SPI در شمال استان یزد و شمال غرب و غرب استان کرمان و شمال غرب استان اصفهان است. با حرکت به نواحی اطراف از شدت ارتباط الگوی مربوط با ضریب SPI در منطقه کاسته می‌شود. بیشترین ارتباط الگوی EAWR با شاخص SPI مربوط به نواحی مرکزی ایران مرکزی شامل شمال غرب استان اصفهان و شمال غرب و غرب استان کرمان است. بر اساس شکل ۳، بیشترین ارتباط الگوی NAO با شاخص SPI در شمال غرب استان اصفهان و غرب استان یزد و شمال غرب و غرب استان کرمان دیده می‌شود. میزان همبستگی این الگو با شاخص SPI در استان کرمان از سایر استان‌ها بیشتر است که نشان‌دهنده تأثیر این الگو بر خشکسالی‌های استان است. بیشترین ارتباط الگوی SOI با شاخص SPI مربوط به شمال غرب استان اصفهان و شمال غرب استان کرمان است. با حرکت به نواحی اطراف از شدت ارتباط الگوی مربوط با ضریب SPI در منطقه کاسته می‌شود. ضرایب همبستگی منفی این الگو نشان‌دهنده آن است که در شرایط خشکسالی، وجود فازهای مثبت این الگو بر شدت خشکسالی می‌افزاید.

در همبستگی متغیرهای مستقل با یکدیگر الگوی EAWR بیشتر تعداد همبستگی معنی‌دار را با سایر الگوها از خود نشان داد. در این بین بیشترین میزان همبستگی در سطح ۰/۱٪ معنی‌داری متعلق به الگوهای SOI و MEI (۰/۹۳۳- r) و در مرتبه بعدی نیز الگوهای NOI و PDO (۰/۸۰۳- r) بیشترین میزان همبستگی را از خود نشان دادند. با استفاده از فنون همبستگی، ارتباط بین تغییرات شدت خشکسالی‌های ایران مرکزی و تغییرات الگوهای ارتباط از دور تهیه و در مورد تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه تفسیر گردید. ضرایب همبستگی از نظر معنی‌دار بودن آزمون در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ بررسی و در آخر الگوهای تأثیرگذار بر شاخص SPI مشخص شد. میزان ضریب همبستگی بین الگوهای EPNP، SOI و MEI در اصفهان، NAO، EA، EAWR، TNA و TSA در کرمان بیشتر از دیگر مناطق بوده که در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است و در یزد هیچ کدام از الگوها به این سطح معنی‌داری نرسیدند. الگوهای EAWR، SOI، PDO و TNI در اصفهان، NAO، EA، EPNP، EAWR، POL، SOI، MEI، NOI، PDO، TNA و TSA در کرمان و NAO، EA، EAWR و TNA در یزد در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار هستند. از سوی دیگر طی شرایط خشکسالی نیز ضرایب همبستگی محاسبه شده است. در این دوره شاخص SOI در ایستگاه اصفهان رابطه معنی‌داری را در مقایسه با شاخص متوسط خشکسالی استان نشان می‌دهد. در این شرایط بیشتر ایستگاه‌ها الگوی SOI ضریب منفی قابل‌تأملی را نشان می‌دهد ($r = -0/647$) و نشان‌دهنده آن است که در شرایط خشکسالی، وجود فازهای مثبت این الگو بر شدت خشکسالی می‌افزاید. در ایستگاه کرمان الگوهای TNA، TSA، NOI و SOI با ضرایب همبستگی به ترتیب $TNA = -0/591$ ، $TSA = -0/585$ ، $NOI = -0/619$ و $SOI = -0/512$ همبستگی قوی و معنی‌داری را با شاخص خشکسالی نشان می‌دهند که نشان‌دهنده بروز خشکسالی‌های شدید در فازهای مثبت این الگوها دارد. در ایستگاه یزد نیز الگوهای EA ($EA = -0/472$) و $SOI = -0/467$ همبستگی منفی معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ را با شاخص خشکسالی در شرایط خشکسالی منطقه نشان



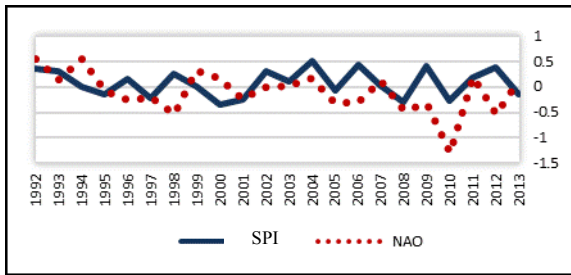
شکل ۳- نقشه ضرایب همبستگی شاخص SPI با الگوهای EA/WR, EA, NAO, EP/NP, TSA, SOI, MEI, TNA در سطح ضریب معنی داری ۱٪

می شود. ضرایب همبستگی منفی این الگو نشان دهنده آن است که در شرایط خشکسالی، وجود فازهای مثبت این الگو بر شدت خشکسالی می افزاید. بیشترین ارتباط الگوی TNA با شاخص SPI مربوط به نواحی شمال غربی استان

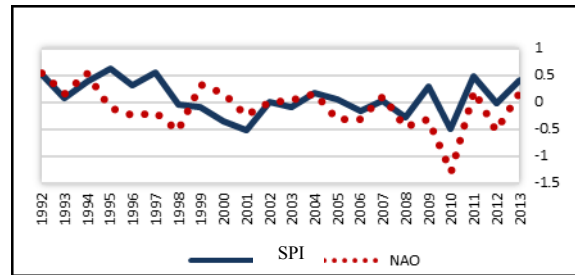
بیشترین ارتباط الگوی TSA با شاخص SPI مربوط به نواحی غرب و شمال غرب استان یزد و شرق و جنوب شرق استان اصفهان است و با حرکت به نواحی اطراف از شدت ارتباط الگوی مربوط با ضریب SPI در منطقه کاسته

ایستگاه‌های کرمان، یزد و اصفهان نشان می‌دهد. انطباق سری زمانی SPI و الگوی NAO نشان دهنده‌ی پیروی مطلق فرکانس خشکسالی و ترسالی‌ها از این الگو در ایستگاه کرمان در دوره‌ی ۲۰۱۳-۱۹۹۹ و در ایستگاه اصفهان در دوره‌ی زمانی ۲۰۱۱-۲۰۰۲ و در ایستگاه یزد در دوره‌ی زمانی ۲۰۱۱-۲۰۰۸ است. همچنین خشکسالی شدید ۲۰۱۰ با شاخص بسیار پایین و غیرمعمول NAO همراه است.

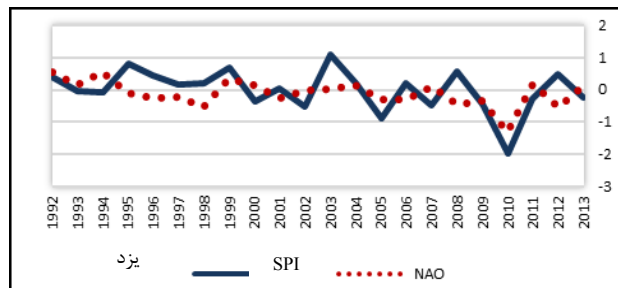
کرمان و جنوب استان یزد است. ضرایب همبستگی منفی این الگو نشان دهنده آن است که در شرایط خشکسالی، وجود فازهای مثبت این الگو بر شدت خشکسالی می‌افزاید. بیشترین ارتباط الگوی MEI با شاخص SPI در غرب و شمال غرب استان کرمان دیده می‌شود و با حرکت به نواحی اطراف از شدت ارتباط الگوی مربوط با ضریب SPI در منطقه کاسته می‌شود. شکل ۴ انطباق سری زمانی تغییرات شاخص SPI و الگوی پیوند از دور NAO را در دوره زمانی مورد نظر در



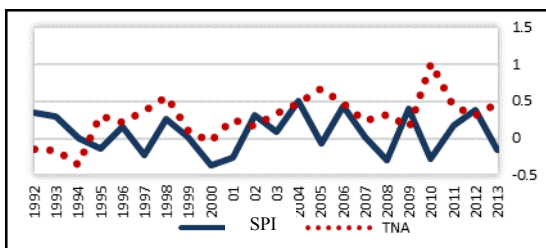
اصفهان



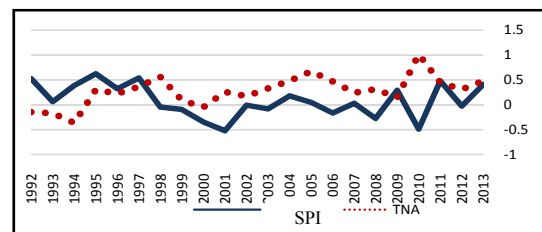
کرمان



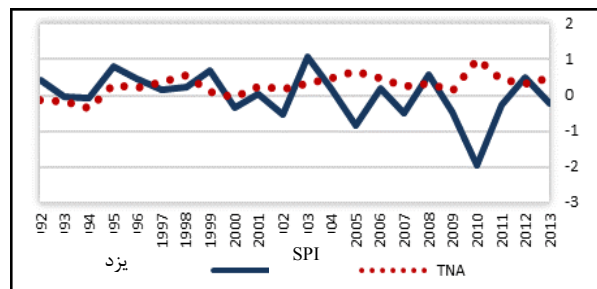
شکل ۴- نمودار تغییرات شاخص SPI سالانه ایران مرکزی و الگوی NAO



اصفهان



کرمان



شکل ۵- نمودار تغییرات شاخص SPI سالانه ایران مرکزی و الگوی TNA

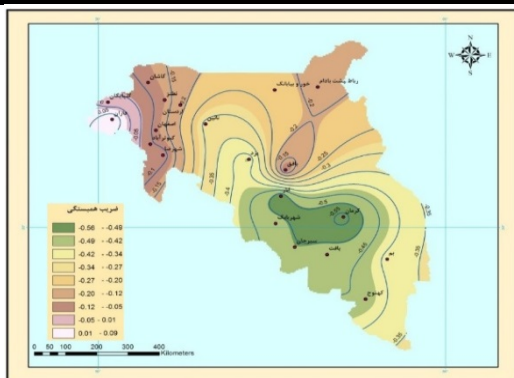
شکل ۵ تغییرات شاخص شدت خشکسالی ایستگاه‌های اصفهان، کرمان و یزد را در برابر شاخص TNA نشان می‌دهد. در دوره زمانی که با دایره نشان داده شده در استان کرمان در سال‌های ۲۰۰۶-۱۹۹۶، در استان اصفهان در سال‌های ۲۰۰۴-۱۹۹۶ و در استان یزد سال‌های ۱۹۹۸-۱۹۹۴ بیشترین هماهنگی بین نوسانات الگوها و شدت خشکسالی مشاهده می‌شود. سال ۲۰۱۰ در تمام ایستگاه‌ها یک سال غیرمعمول به شمار می‌رود و روند TNA به طور کامل متفاوت است که با افزایش الگو میزان خشکسالی افزایش می‌یابد.

بررسی رگرسیون چند متغیره بین الگوهای ارتباط

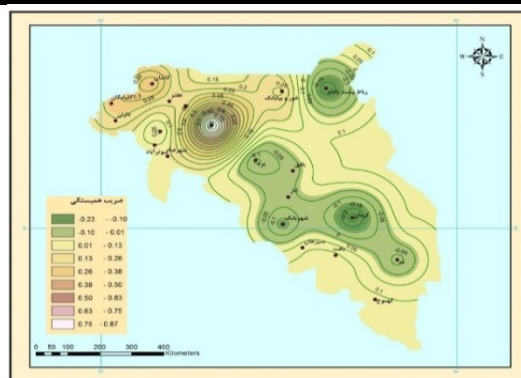
از دور و شدت خشکسالی‌ها

با توجه به مدل رگرسیون و داده‌های الگوی ارتباط از دور در مدل سالانه ایران مرکزی شامل استان‌های اصفهان، کرمان و یزد می‌باشد؛ حدود ۳۷/۴۲ درصد تغییرات شاخص خشکسالی SPI استان اصفهان و حدود ۵۱/۰۹ درصد تغییرات شاخص خشکسالی SPI استان کرمان و حدود ۴۲/۱۷ درصد تغییرات شاخص خشکسالی SPI استان یزد را توجیه می‌نماید. در گزارش ارائه شده از خسروی [۱۵] در شرایط خشکسالی زمستانی الگوهای آرام شمالی (NP) نمود مشهودی در ظهور خشکسالی دارد و به تنهایی حدود ۶۰٪ از تغییرات شدت خشکسالی زمستانه را نشان می‌دهد. با توجه به ضریب رگرسیون چند گانه ($r=0/61$) این مدل ارتباط نسبتاً قوی تغییرات شدت خشکسالی و ترسالی استان اصفهان؛ و با ضریب رگرسیون چند گانه ($r=0/79$) ارتباط نسبتاً قوی تغییرات شدت خشکسالی و ترسالی استان کرمان و با ضریب رگرسیون چند گانه ($r=0/64$)، ارتباط نسبتاً قوی تغییرات شدت خشکسالی و ترسالی استان یزد را با الگوها نشان می‌دهد (جدول ۴). همچنین با توجه به آنالیز واریانس و تحلیل مدل، تفاوت بین مقادیر توجیه شده و باقیمانده‌ها معنی‌دار است (جدول ۵). با این وجود نتایج از منطقه‌ای به منطقه

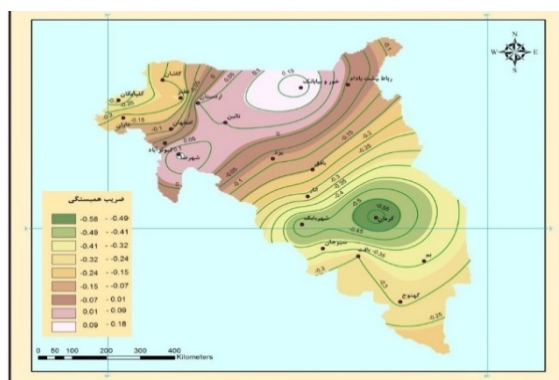
دیگر تا حدودی متفاوت است. در استان اصفهان حداقل توجیه تغییرات SPI به وسیله الگوها در بین سه استان اصفهان، یزد و کرمان مشاهده می‌شود، به طوری که در ایستگاه کاشان کمترین میزان ۲۶/۶ درصد تغییرات میزان مقادیر توجیه شده در ایران مرکزی مشاهده می‌شود. در استان کرمان میزان ۶۳/۸ درصد بیشترین توجیه تغییرات SPI به وسیله الگوها در بین استان‌های اصفهان، یزد و کرمان مشاهده می‌شود. تأثیرگذارترین عوامل بر تغییرات شدت خشکسالی و ترسالی به کمک مدل‌های رگرسیون گام به گام مشخص شد (جدول ۶). بر اساس این نتایج الگوهای چندمتغیره اسکاندیناوی (SCA) در استان اصفهان و الگوی اطلس شرقی (EA) در استان کرمان و الگوی حاره‌ای جنوب اقیانوس اطلس (TSA) در استان یزد به عنوان مؤثرترین الگوهای تغییرات SPI سالانه را در ایران مرکزی توجیه می‌نمایند. آنالیز واریانس نشان دهنده معنی‌دار بودن آزمون نسبت‌ها بین مقادیر رگرسیون و باقیمانده‌ها است. در سطح استان بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه الگوهای فوق‌الذکر به عنوان مؤثرترین عوامل شناسایی شدند (شکل ۶). بر این اساس در استان اصفهان الگوهای SCA، در استان کرمان الگوی EA، و در استان یزد الگوی TSA توسط مدل انتخاب شده‌اند. در سطح استان‌های اصفهان، کرمان و یزد، الگوهای متفاوتی در ایستگاه‌ها توسط مدل انتخاب شده که در رأس آنها EA/WR و NAO هستند. الگوهایی نظیر TNA، SOI و MEI در بسیاری از ایستگاه‌ها به معنی‌داری و در برخی مناطق مانند بافق، رباط پشت بادام و خور و بیابانک نیز هیچ کدام از الگوها در سطح معنی‌داری که بتوانند توسط مدل انتخاب شوند، قرار نگرفته‌اند. بیشتر ایستگاه‌ها با الگوهایی که بیشترین همبستگی را در منطقه نشان داده‌اند در رگرسیون نیز تأثیرگذارترین پارامترها بوده‌اند (مانند EA، EAWR و TSA). با توجه به پراکنش ایستگاه‌ها و محدوده‌ی مورد مطالعه، تأثیرگذاری الگوها در هر منطقه متفاوت است.



ب) الگوی EA مؤثرترین الگو در کرمان



الف) الگوی SCA مؤثرترین الگو در اصفهان



ج) الگوی TSA مؤثرترین الگو در یزد

شکل ۶- توزیع مؤثرترین الگوها در سطح استان‌های اصفهان، کرمان و یزد

جدول ۴- نتایج مدل رگرسیون بین شاخص استاندارد بارش سالانه ایران مرکزی و الگوهای ارتباط از دور نیمکره شمالی

استان	ضریب همبستگی	ضریب رگرسیون چند متغیره	ضریب تبیین (%)	خطای استاندارد برآورد
اصفهان	۰/۶۱	۰/۶۰۸	۳۷/۴۲	۰/۸۱
کرمان	۰/۷۹	۰/۷۱	۵۱/۰۹	۰/۷۰
یزد	۰/۶۴	۰/۶۴	۴۲/۱۷	۰/۷۶

جدول ۵- آنالیز واریانس بین پراکندگی SPI سالانه ی ایستگاه‌های استانهای یزد، کرمان و اصفهان که به وسیله ی مدل توجیه می شوند و مقادیری که توجیه نمی شوند (باقیمانده‌ها) - سطح معنی داری آزمون ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است

ایستگاه	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	ضریب F	سطح معنی داری P
استان یزد	رگرسیون	۱	۳/۷۲	۴/۹۱۵	۰/۰۴۵
	باقیمانده‌ها	۱۳	۰/۷۵۷		
	مجموع	۱۴			
استان کرمان	رگرسیون	۱	۵/۵۶	۱۱/۷۲	۰/۰۱
	باقیمانده‌ها	۱۳	۰/۵۱		
	مجموع	۱۴			
استان اصفهان	رگرسیون	۱	۴/۲۴	۶/۴۸	۰/۰۳
	باقیمانده‌ها	۱۱	۰/۶۸		
	مجموع	۱۲			

جدول ۶- نتایج حاصل از کاربرد مدل رگرسیون گام به گام بین شاخص خشکسالی سالانه ی ایستگاه‌های استان یزد، کرمان و اصفهان

ایستگاه	خطای استاندارد برآورد	درصد تغییرات تبیین شده	ضریب رگرسیون چند متغیره	مدل
یزد	۰/۶۹	۳۷/۷	-۰/۶۱۴	TSA
کرمان	۰/۶۸	۵۷/۸	-۰/۷۶۰	EA
اصفهان	۰/۷۹	۳۵/۴	-۰/۵۹۵	SCA

نتیجه‌گیری

در این پژوهش برای به دست آوردن ارتباط بین خشکسالی‌ها و ترسالی‌های استان‌های اصفهان، کرمان و یزد و الگوهای چرخش بزرگ مقیاس جوی (ارتباط از دور) نیمکره شمالی از روش‌های مختلفی استفاده شد. نتایج این پژوهش رابطه‌ی این الگوها با بروز خشکسالی ایران مرکزی را روشن می‌سازد. از شاخص استاندارد بارش (SPI) در این پژوهش به عنوان معیار شدت وقوع خشکسالی استفاده شد. با استفاده از روش‌های آماری نظیر، همبستگی، رگرسیون چند متغیره خطی مؤثرترین الگوها و مکانیسم‌ها تأثیر آن‌ها را روشن گردید.

با کاربرد الگوهای پیوند از دور با توجه به حضور و فعالیت آنها در طی فصول مختلف مشخص گردید که الگوهای EPNP، SOI و MEI در اصفهان، NAO، EA، EAWR، TNA و TSA در کرمان بیشتر از دیگر الگوها هستند. الگوهای SOI، EAWR، PDO، SOI و TNI در اصفهان، NAO، EA، EPNP، EAWR، POL، SOI، MEI، NOI، PDO، TNA و TSA در کرمان و NAO، EA، EAWR و TNA در یزد در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار هستند. تفاوت منطقه در این میان به چشم می‌خورد، از سوی دیگر تأثیر الگوهای ارتباط از دور بر شدت خشکسالی‌های ایستگاه‌ها متقارن نیست. به عبارت دیگر، برخی از الگوها در شرایط خشکسالی نمود بیشتری پیدا نموده و فعال تر ظاهر می‌شوند. انطباق سری زمانی SPI و الگوی NAO نشان‌دهنده‌ی پیروی کامل فرکانس خشکسالی و ترسالی‌ها از این الگو در ایستگاه کرمان در سال‌های (۲۰۱۳-۱۹۹۹) و در ایستگاه اصفهان در سال‌های (۲۰۱۱-۲۰۰۲) و در ایستگاه یزد در سال‌های (۲۰۱۱-۲۰۰۸) را دارد. همچنین خشکسالی شدید ۲۰۱۰ با شاخص بسیار پایین و غیرمعمول NAO همراه است. تغییرات شاخص شدت خشکسالی ایستگاه‌های اصفهان، کرمان و یزد در برابر شاخص TNA نشان می‌دهد که در استان کرمان

سال‌های (۲۰۰۶-۱۹۹۶)، در استان اصفهان سال‌های (۲۰۰۴-۱۹۹۶) و در استان یزد سال‌های (۱۹۹۸-۱۹۹۴) بیشترین هماهنگی بین نوسانات الگوها و شدت خشکسالی مشاهده می‌شود. سال ۲۰۱۰ در تمام ایستگاه‌ها یک سال غیرمعمول به شمار می‌رود و روند TNA به طور کامل متفاوت بوده و با افزایش الگو میزان خشکسالی افزایش می‌یابد.

در مجموع سالانه حدود ۳۷/۴۲ درصد تغییرات شاخص خشکسالی SPI در استان اصفهان و حدود ۵۱/۰۹ درصد تغییرات شاخص خشکسالی SPI در استان کرمان و حدود ۴۲/۱۷ درصد تغییرات شاخص خشکسالی SPI در استان یزد به وسیله الگوها تبیین می‌گردد. بر اساس نتایج الگوهای چندمتغیره اسکاندیناوی (SCA) در استان اصفهان و الگوی اطلس شرقی (EA) در استان کرمان و الگوی حاره‌ای جنوب اقیانوس اطلس (TSA) در استان یزد به عنوان مؤثرترین الگوها تغییرات SPI سالانه را در ایران مرکزی توجیه می‌نمایند. نتایج بررسی همبستگی علایم شاخص‌های EA، TSA و SCA نشان دهنده این مساله است که با افزایش این شاخص‌ها میزان بارش کاهش یافته و شرایط خشکسالی حاکم می‌شود. برعکس با کاهش علایم شاخص‌ها (منفی شدن علایم) میزان بارش افزایش پیدا می‌کند. با توجه به اهمیت پیچیده سیستم اقلیمی و با توجه به مسایلی چون خشکسالی و تغییر اقلیم بایستی که در بررسی ارتباط عناصر اقلیمی با یک دیگر و با الگوهای بلند مدت اقلیمی به ویژه پدیده‌ها و الگوهای پیوند از دور جوی- اقیانوسی تأکید بیشتری کرد.

خشکسالی‌های ایران مرکزی با وقوع خشکسالی در شمال اسکاندیناوی، غرب آفریقا و پرفشار آزور هماهنگی دارد، بنابراین با شناخت خشکسالی‌های منطقه و ارتباط آن با الگوهای بزرگ مقیاس جوی می‌توان تدابیر لازم برای مقابله و مدیریت هرچه بهتر منابع آبی و طبیعی را اتخاذ نمود.

References

- [1]. Azizi, GH. (2000). El Nino and drought - wet periods in Iran. *Geographical Research*, Article 6, 38, P 71-84, (in Farsi).
[2]. Asakereh, H. (2011). Basics of statistical climatology, Zanjan University publications, (in Farsi).

- [3]. Darand, M. (2014) Iran drought monitoring with Palmer Drought Severity Index and its relation with tele-connection Atmospheric-ocean patterns. *Geography Research Quarterly*, (4) 115, P 67-82, (in Farsi).

- [4]. Dinezio, P. (2011). Mechanism of Tropical Pacific Climate change: Beyond the Bjerkenes Feedback, PhD Dissertation of University of Miami, scholarly Repository.
- [5]. Fiorillo, F., Guadagno F.M. (2010). Karst spring discharges analysis in relation to drought periods, using the SPI. *Water Resour. Manage.* 24:1867-1884.
- [6]. Ghavidel Rahimi, Y., Hatamizarineh, D., & Rezaey, M. (2012). Investigation on North Sea-Caspian Tele-connection Pattern Effect on Rainfall Fluctuations on South Caspian Sea, *Geographical Sciences Applied Research*, (13) 31, P 29-46, (in Farsi).
- [7]. Ghavidel Rahimi, Y., Farajzadeh, M., & Kakapor, S. (2014). Investigation on North Sea-Caspian Tele-connection Pattern Effect on Autumn Rainfall Fluctuations in West and Northwest Regions of Iran. *Journal of Geography and Planning*, Article 10, (18) 49, P 217-230, (in Farsi).
- [8]. Ghayoor, H. A., Asakereh, H. (2001). A study of the effect of tele-connection on Iran temperature a case study: the effect of North Atlantic Oscillation and Southern Oscillation on the monthly temperature change in Jask. *Geographical Research*, (17) 1, 93-113, (in Farsi).
- [9]. Ghayoor, H., Khosravi, M. (2001). Impact of El Nino/Southern Oscillation (ENSO) on the summer and autumnal precipitation anomalies in South East of Iran. *Geographical Research*, (16)3, P 141-174, (in Farsi).
- [10]. Guttman, N.B. (1999). Accepting the standardized precipitation index: A calculation algorithm. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 35: 311-322.
- [11]. Halbani, A.H., Mohammadi, B. (2012). The relation of monthly temperature of some sample stations in Iran with different ENSO indices. *Geographical Space*, 12 (38), p 1-19, (in Farsi).
- [12]. Hejazizadeh Z., Javizadeh S., Mousavi M. (2010). The examination of climatologic drought trend and its impacts on wheat crop in Boushehr, *Quarterly Geography (Iranian Geographical Association)*, 8, Number 24, pp 27-45, (in Farsi).
- [13]. Khodagholi, M. yaghmaei, L. and Saboohi, R. (2011). Teleconnections signal of Meteorology ENSO precipitation fluctuations in the province, The Seventh National Conference of Watershed Engineering. ((in Farsi)
- [14]. Khosravi, M., (2005). A Survey on the Relations of the Northern Hemisphere Large Scale Circulation Patterns with Sistan & Baluchestan Annual Droughts. *Geography and Development*, 3: 167-188, (in Farsi).
- [15]. Khosravi, M. (2006). The research of effecting the tele-connection patterns on the continuous droughts winter in Sistan and Baluchestan. *Journal of Geograghy and Regional Development*, 4: 24-57, (in Farsi).
- [16]. Khorshiddoust, M., Ghavidel Rahimi, Y., (2007). Assess the impact of the ENSO Phenomenon on seasonal variability of rainfall in East Azerbaijan province using Multivariate ENSO Index. *Geographical Research*, 57: 15-26, (in Farsi).
- [17]. Khorshiddoust, M., Ghavidel Rahimi, Y. (2009). The Clarification of Monthly Precipitation Fluctuations in Ahar Station in relation to the Tele-connection Patterns. *Geographical Journal of Territory Sarzamin*, (5) 20, 65-81, (in Farsi).
- [18]. Kutiel, H. (2011). A Review on the Impact of the North Sea-Caspian Pattern (NCP) on Temperature and Precipitation Regimes in the Middle East, *Environmental Earth Sciences, Survival and Sustainability*, Book Chapter, Part 7, Pages 1301-1312.
- [19]. Masoodian, A., Akbari, T. (2007). The role of tele-connection patterns around the Northern Hemisphere's temperature, *Research Bulletin of Isfahan University*, (22) 1, 117-132, (in Farsi).
- [20]. Nasimi A., Mohammadi Z. (2014). Vulnerability of Yazd Province in drought using Standardized Precipitation index and Geo-statistical Method *Water Engineering*, 7(20), 79-90. (in Farsi).
- [21]. Rahimzadeh, F. (2012). *Statistical Methods in Meteorology and climatology studies*, Hossieni publications, (in Farsi).
- [22]. Rimkus, E., Kazys, J., & Valiukas, D. (2013). The atmospheric circulation patterns during dry periods in Lithuania, *OCEANOLOGIA*, 56 (2), p. 223-239.
- [23]. Shirmohammadi, Z., Ansari, H., Alizadeh, A. & Mohammadian, A., (2012), The Relationship Between ENSO Index and Seasonal Extreme Rainfalls in Khorasan Provinces, *J. of Water and Soil Conservation*,

- 19(1), p 61-79, (in Farsi).
- [24]. Salahi, B., Khorshiddoust, M., & Ghavidel Rahimi, Y. (January 2008). Connection oceanic atmospheric circulation fluctuations North Atlantic with drought in East Azarbaijan. *Geographical Research*, (60)8, P 147-156, (in Farsi).
- [25]. Serrano, S.M., Moreno J.I. (2005). Hydrological response to different time scales of climatological drought: An evaluation of the standardized precipitation index in a mountainous Mediterranean basin. *Hydrol. Earth Syst. Sc.* 2:1221-1246.
- [26]. Turkes, M., Erlat, E., (2005). Climatological responses of winter precipitation in Turkey to variability of the North Atlantic Oscillation during the period 1930-200. *Theoretical and Applied Climatology*, 76: 31-40.
- [27]. Upperbrink, J. (1997). Seasonal climate prediction? *Science*, 277, P 1952.
- [28]. Wallace, J M; Gutzler, D. S., (1981). Teleconnections in the Geo-potential Height Field during the Northern Hemisphere Winter. *Monthly Weather Review*, 109, 784-812.
- [29]. Yetemen, O., Yalcin.T. (2009). Climatic parameters and evaluation of energy consumption of the Afyon geothermal district heating system, Afyon, Turkey. *Renewable Energy*, 34, 706-710.
- [30]. Yosoufi, N., Hejam, S. (2011). The study of ENSO phenomena effect on climatic factors, temperature and precipitation Case Study: Qazvin plain. *Geographical Space Quarterly*, 39, P 195-210, (in Farsi).
- [31]. Zare Abyaneh, H., Bayat Varkeshi M. (2012). Effect of ENSO Phenomenon on Monthly Seasonal Temperature Variations of Country Half South. *Physical Geography Research Quarterly*, (44) 2, P 64-87, (in Farsi).
- [32]. Zhaoliang, P., Wang, J., Bennett, C., Prafulla, P., Ziru, W. (2014). Seasonal precipitation forecasts over China using monthly large-scale oceanic-atmospheric indices. *Journal of Hydrology*, 519, P 792-802.

Spatial analysis and study of Tele-connection patterns of drought in central Iran

- 1- M. Fatemi, Ph. D Student Climatology in Yazd University, Yazd, Iran
yazdfatemi@yahoo.com
- 2- K. Omidvar, Professor Climatology, Yazd University, Yazd, Iran
- 3- A. Mazidi, Associate Professor Climatology, Yazd University, Yazd, Iran
- 4- E. Mesghari, Ph. D Student Climatology, Sistan & Baluchestan, Zahedan, Iran
- 5- H. Dehghan, M.S. Climatology in Yazd University, Yazd, Iran

Received: 21 Nov 2016

Accepted: 18 Jul 2017

Abstract

In This research, considering peripheral circulation approach, drought periods during the 22 years (1992-2013) in 21 synoptic stations located in Kerman, Yazd and Isfahan provinces, were calculated using Standardized Precipitation Index (SPI) annually. Tele-connection pattern data extracted from NCEP/NCAR site and were investigated of relationship between major droughts in the region and Tele-connection patterns based on correlation and multivariate regression model. Totally, about 37.42% of the changes Drought Index to SPI in Isfahan and around 51.09 % SPI changes in Kerman and 42.17 % SPI changes in Yazd are exhibited by patterns. Scandinavia Pattern (SCA) in Esfahan and East Atlantic Pattern (EA) in Kerman and Tropical Southern Atlantic (TSA) in Yazd, as the most effective pattern of annual SPI changes, were exhibited in Central Iran.

Keywords: Tele-connection; Standardized Precipitation Index; Kriging; Regression Models; Iran.

بررسی اثر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر عملکرد و اجزاء عملکرد بذر ژنوتیپ‌های برتر گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)

- ۱- لیلی صفائی، مربی پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
safaii2000@yahoo.com
- ۲- سعید دوازده امامی، استادیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
- ۳- غلامحسن رنجبر، استادیار، مرکز تحقیقات ملی شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران
- ۴- داوود افیونی، استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۲۷

چکیده

به منظور بررسی اثر شوری آب آبیاری بر عملکرد و اجزاء عملکرد بذر گیاه رازیانه، تحقیقی در سال‌های زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۱، در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان به صورت کرت‌های یکبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی و ۳ تکرار انجام شد. در این پژوهش ۴ ژنوتیپ برتر رازیانه شامل دو ژنوتیپ بومی همدان و لرستان و دو ژنوتیپ اروپایی ۱۱۴۸۶ و P11-820065 در ۳ تیمار شوری آب آبیاری صفر (شاهد)، ۵ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر بررسی شد. صفات مورد مطالعه عبارت بودند از تعداد گل‌آذین (چتر مرکب)، تعداد چترک، تعداد بذر در چترک، وزن بذر گل‌آذین، عملکرد بذر در هکتار، وزن هزار دانه، میانگین ارتفاع گیاه در زمان ۵۰ درصد و ۱۰۰ درصد گلدهی، نسبت وزن خشک به تر، روز تا ۵۰ درصد گلدهی، روز تا رسیدگی کامل، وزن خشک اندام هوایی، درصد اسانس و عملکرد اسانس. نتایج نشان داد که اثر شوری بر همه صفات به استثناء درصد اسانس در سطح یک درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر ژنوتیپ تنها بر تعداد بذر در چترک و عملکرد بذر معنی‌دار نبود. برهمکنش شوری در ژنوتیپ بر همه صفات به استثناء درصد اسانس معنی‌دار شد. ژنوتیپ P11-820065 بیشترین عملکرد بذر و عملکرد اسانس را (به ترتیب ۲۳۵۹/۸ و ۹۱/۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار شاهد به خود اختصاص داد. هرچند با افزایش شوری ژنوتیپ‌های بومی از عملکرد بالاتری برخوردار بودند و ژنوتیپ لرستان به ترتیب با ۱۴۶۳ و ۳۸/۴ کیلوگرم در هکتار عملکرد بذر و اسانس در رده اول قرار گرفت. روابط همبستگی نشان داد که عملکرد بذر در هکتار همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد اسانس (۰/۹۰) و عملکرد علوفه (۰/۷۳) در هکتار دارد. نتایج آزمایش نشان داد که تنش شوری باعث افت عملکرد اقتصادی گیاه یعنی عملکرد بذر و اسانس و همچنین عملکرد علوفه می‌گردد.

واژگان کلیدی: شوری؛ آبیاری؛ رازیانه؛ بذر؛ اجزاء عملکرد؛ اسانس.

مقدمه

شوری و خشکی سبب کاهش رشد و تولید ماده‌ی خشک گیاه می‌شود. در این شرایط، انرژی لازم برای تنظیم یونی و اسمزی زیاده‌تر شده و انرژی رشد کاهش می‌یابد. این کاهش رشد در محصولات مختلف می‌تواند توسط متغیرهایی نظیر ارتفاع گیاه، سطح برگ و وزن خشک و یا ترکیبات شیمیایی مانند پرولین ارزیابی گردد. همچنین این دو تنش باعث تاثیر بر مواد موثره گیاهان دارویی می‌گردد [۱۰].

با توجه به کمبود منابع آب در کشور شناخت روش‌های مناسب مدیریتی و زراعی برای استفاده از آب‌هایی با کیفیت پایین‌تر (شور و لب شور) ضروری است. شوری خاک یا آب از جمله عوامل تنش‌زای محیطی است که افزون بر اختلال و کاهش قابلیت جذب آب توسط ریشه‌ها، گیاهان را نیز از نظر تغذیه‌ای و فرآیندهای متابولیکی دچار مشکل می‌نماید و در موجودیت، رفتار، پراکنش، رشد و عملکرد گیاهان تاثیر به‌سزایی دارد [۱۹].

رازیانه (*Foeniculum vulgare Mill.*) گیاهی علفی، چند ساله و متعلق به خانواده چتریان (Apiaceae) است. این گیاه دارای ریشه‌ای مستقیم، ساقه‌ای استوانه‌ای به رنگ سبز روشن و به ارتفاع ۱۵۰ تا ۲۰۰ سانتی‌متر، برگ‌های سبز تیره، متناوب و دارای بریدگی با دم‌برگ پهن است. گل‌های کوچک و زرد رنگ گیاه به صورت مجتمع در چتر مرکب قرار می‌گیرند [۲۲]. میوه رازیانه دوکی شکل با دو انتهای باریک و رنگ آن سبز یا قهوه‌ای روشن است [۲]. امروزه از مواد موثره آن در داروسازی برای مداوای سرفه، دل درد، نفخ، سوءهاضمه در کودکان و تحریک تولید شیر در مادران شیرده استفاده می‌شود. همچنین اسانس آن به عنوان چاشنی در صنایع نوشابه سازی، غذایی و آرایشی - بهداشتی کاربرد دارد [۱۶].

تحقیقات نشان داده است که با افزایش شوری، درصد جوانه‌زنی، طول ریشه، طول ساقه، شاخص بنیه بذر، وزن تر و خشک ریشه و ساقه، نسبت اندام هوایی به ریشه و مقدار بیوماس در ژنوتیپ‌های رازیانه به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. البته میزان کاهش در ژنوتیپ‌های مختلف رازیانه متفاوت است. به طور کلی، ژنوتیپ‌های مختلف رازیانه در مرحله گیاه کامل نسبت به مرحله گیاهچه دارای تحمل بیشتری نسبت به تنش شوری هستند [۲۵]. همچنین گزارش شده است که سطوح مختلف شوری بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر رازیانه به شدت اثر گذاشته و با افزایش درصد شوری این دو متغیر کاهش نشان داده‌اند. به نحوی که بالاترین میانگین درصد جوانه‌زنی در تیمار شوری یک دسی زیمنس بر متر معادل ۹۱ درصد و کمترین آن در تیمار شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر برابر

با یک درصد مشاهده شده است [۲۶]. شوری آب آبیاری باعث کاهش رشد رویشی، میزان گلدهی و میوه دهی و در آخر عملکرد گیاه رازیانه می‌گردد [۳۲]. بررسی اثر تنش شوری بر مرزنجوش و گونه‌ای نعنای نشان داده که در هر دو گیاه ارتفاع و سطح برگ به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد [۱۲]. اثر زیان آور شوری بالا بر روی گیاهان را می‌توان در سطح کل گیاه، مثل مرگ گیاه و یا کاهش محصول مشاهده نمود [۱۸]. شوری ناشی از کلرور سدیم باعث کاهش رشد گیاه می‌شود [۲۰]. همچنین در اثر تنش شوری کاهش میزان اسانس در *Echinacea angustifolia* [۶]، رازیانه [۷] و ریحان [۱۴] گزارش شده است.

با توجه به مطالب گفته شده، این آزمایش با هدف بررسی میزان عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه دارویی رازیانه در شرایط شوری آب آبیاری و بررسی رفتار گیاه در مواجهه با این تنش پایه‌گذاری گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر شوری آب آبیاری بر ویژگی‌های کمی گیاه دارویی رازیانه در استان اصفهان، مطالعه‌ای در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان انجام گرفت. زمین مورد استفاده در این آزمایش در پاییز سال ۱۳۹۱ شخم و برای کشت رازیانه پاییزه آماده شد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شده در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای طرح (عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتر)

ECe (dS/m)	pH گل اشباع	Ca++ Mg++ (meq/l)	HCO3- (meq/l)	Cl- (meq/l)	SO4 (meq/l)	Na+ (meq/l)	جمع آنیون‌ها (meq/l)	جمع کاتیون‌ها (meq/l)	کربن آلی (%)	کربنات کلسیم (%)	ازت کل (%)	بافت خاک لومی رسی
۱/۷۵	۷/۶۴	۸۵	۱۰/۸	۳۶	۵۵/۲	۲۵	۱۰۲	۱۱۰	۱/۴۴	۴۰	۰/۱۴	

یافته بررسی تنوع ژنتیکی رازیانه [۲۷] به عنوان ژنوتیپ‌های منتخب از نظر عملکرد بذر و میزان اسانس مشخص شده بودند. تیمارهای شوری آب آبیاری نیز شامل سه سطح شاهد، ۵ و ۸ دسی زیمنس بر متر بود [۸]. جهت تهیه آب شور از نمک طعام استفاده شد و با اضافه

آزمایش به صورت کرت‌های یکبار خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی ۴ ژنوتیپ رازیانه شامل دو رقم P11-820065 آلمانی و ۱۱۴۸۶ اروپایی و دو توده همدان و لرستان بود. این تیمارها براساس نتایج بدست آمده از طرح خاتمه

- تعداد بذر در چترک: تعداد بذر موجود در چترک ثانویه؛
 - وزن بذر در گل آذین: میانگین تعداد بذر موجود در چترهای ثانویه بر حسب گرم؛
 - عملکرد بذر در هکتار: با استفاده از کوادرات گل آذین‌ها در سطح یک مترمربع برداشت و پس از خشک نمودن و جداکردن بذر مقدار بذر بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد؛
 - وزن هزار دانه: ۱۰۰۰ عدد بذر هر ژنوتیپ با چهار تکرار توزین و بر حسب گرم بیان شد؛
 - ارتفاع در زمان ۵۰ درصد گلدهی: فاصله طوقه تا راس انتهایی آخرین ساقه گل دهنده در زمان گلدهی بر حسب سانتی‌متر (ژنوتیپ‌های بومی در نیمه دوم اردیبهشت ماه و ژنوتیپ‌های خارجی در نیمه دوم خرداد ماه)؛
 - ارتفاع در زمان ۱۰۰ درصد گلدهی: فاصله طوقه تا راس انتهایی آخرین ساقه گل دهنده در زمان گلدهی بر حسب سانتی‌متر (ژنوتیپ‌های بومی در نیمه اول خرداد ماه و ژنوتیپ‌های خارجی در نیمه اول تیر ماه)؛
 - تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی: تعداد روز از کاشت تا زمانی که ۵۰٪ بوته‌های هر کرت به گل رفته باشد؛
 - تعداد روز تا رسیدگی کامل: تعداد روز از زمان کاشت تا برداشت بذر؛
 - وزن تر و خشک اندام هوایی: اندام هوایی گیاه در زمان رسیدگی بذر برداشت شده و پس از توزین، در سایه و هوای آزاد خشک گردید؛
 - عملکرد اسانس: حاصلضرب درصد اسانس در عملکرد بذر بر حسب کیلوگرم در هکتار؛
- در این تحقیق برای انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها از نرم افزار SAS و جهت بررسی برهمکنش‌ها از برنامه MSTAT-C استفاده گردید. همبستگی بین صفات نیز به روش پیرسون برآورد شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات نشان دهنده اثر شوری بر همه صفات مورد مطالعه به استثناء درصد اسانس بود. اثر ژنوتیپ نیز تنها بر دو صفت تعداد بذر در چترک و عملکرد بذر معنی دار نشد. برهمکنش شوری در ژنوتیپ بر صفات

کردن تدریجی محلول غلیظ آب شور به بشکه‌های آبیاری و هم زدن مرتب، EC شوری مورد نظر برای هر تیمار با استفاده از EC سنج فراهم گردید.

پس از تقسیم مزرعه به ۳ بلوک و ایجاد فاصله ۱ متری بین بلوک‌ها بر اساس نقشه طرح کرت‌بندی انجام گردید. کرت‌ها در این طرح به مساحت ۶ متر مربع (۳ × ۲) و فاصله هر کرت ۰/۵ متر در نظر گرفته شد. کاشت بذر در تاریخ ۱۷ مهرماه ۱۳۹۱ به صورت ردیفی با فاصله ۵۰ سانتیمتر انجام شد. نخستین آبیاری بلافاصله پس از کاشت بذور و دومین آن ۳ روز پس از کاشت با آب معمولی که شوری آن ۲ دسی‌زیمنس بر متر بود و به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد انجام گردید. از آنجا که نیاز آبی گیاهان دارویی تعیین نشده آبیاری طبق عرف آبیاری منطقه تا اواخر اسفندماه با توجه به رطوبت خاک به طور میانگین ۱۰ روز یکبار و پس از آن هر هفت روز یکبار صورت گرفت. پس از استقرار بوته‌ها در اوایل فروردین فاصله بوته‌ها روی هر کرت، با تنک کردن، حدود ۲۰ سانتیمتر تنظیم شد و اعمال تیمارهای شوری با استفاده از آب شور تهیه شده در بشکه‌های شیردار از ۱۴ فروردین ۱۳۹۲ آغاز گردید. وجین به صورت دستی و در چند مرحله انجام گرفت. اولین وجین در مرحله چهار برگی، دومین و سومین وجین هرکدام به فاصله یک ماه و وجین نواحی حاشیه طرح تا یک ماه قبل از برداشت ادامه داشت. با توجه به اینکه استقرار رازیانه در سال اول به کندی انجام می‌گیرد بنابراین سال ۱۳۹۲ سال استقرار گیاه در نظر گرفته شد و داده‌برداری‌ها در سال ۱۳۹۳ انجام گرفت.

جهت مطالعه اجزاء عملکرد در زمان رسیدگی بذور (ژنوتیپ‌های بومی در اواخر تیرماه و ژنوتیپ‌های خارجی در اواسط تا اواخر مردادماه) در هر کرت آزمایشی دو ردیف کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و ویژگی‌های زیر بر روی ۱۰ بوته در هر کرت اندازه‌گیری و یادداشت‌برداری گردید:

- تعداد شاخه (ساقه) فرعی: تعداد شاخه‌هایی که بر روی ساقه اصلی بوجود آمده است؛
- تعداد گل آذین: تعداد چتر مرکب در هر بوته؛
- تعداد چترک: تعداد چترهای ثانویه در هر چتر مرکب؛

تعداد گل آذین، وزن بذر گل آذین، نسبت وزن خشک به تر، عملکرد بذر و عملکرد اسانس در سطح یک درصد و تعداد بذر در چترک، وزن هزار دانه و ارتفاع در زمان ۱۰۰ درصد گلدهی در سطح پنج درصد معنی دار شد (جدول ۲). شوری آب و خاک یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی موثر بر تولید است که رشد و عملکرد گیاهان در بسیاری از مناطق دنیا را محدود می‌کند. مهم‌ترین واکنش گیاه به شوری، کاهش رشد است. تنش شوری، رشد گیاه را محدود می‌نماید که این کاهش رشد در حقیقت سازگاری گیاه برای زنده ماندن است [۱۲ و ۳۳]. نتایج این پژوهش نیز نشان‌دهنده این است که صفات مربوط به عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه رازیانه تحت تاثیر شوری قرار گرفته و تفاوت معنی‌داری نشان داده‌اند.

مقایسه میانگین صفات (جدول ۳) نشان داد که با افزایش میزان شوری آب آبیاری، کاهش معنی‌داری در بیشتر صفات مورد مطالعه دیده شد. تیمار شاهد بالاترین تعداد شاخه فرعی، تعداد گل آذین، تعداد چترک، تعداد بذر در چترک، وزن بذر گل آذین، ارتفاع در ۵۰ و ۱۰۰ درصد گلدهی، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی و رسیدگی کامل بذر، نسبت وزن خشک به تر، عملکرد علوفه، عملکرد بذر و اسانس را به خود تخصیص داد. کمترین مقدار این صفات نیز در تیمار شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر بدست آمد. تنش‌ها و از جمله آن تنش شوری، رشد و تقسیم سلول‌ها را تحت تاثیر قرار داده که در نتیجه آن کاهش مشخص در اندازه و تعداد برگ، کاهش تورژسانس سلولی و در آخر کاهش رشد و توسعه سلول به خصوص در ساقه و برگ‌ها قابل مشاهده است. با کاهش رشد سلول‌ها، اندازه اندام محدود و به همین دلیل اولین اثر محسوس تنش شوری روی گیاه را می‌توان از روی کاهش ارتفاع یا اندازه کوچکتر آن تشخیص داد. در اثر توقف رشد برگ، سطح فتوسنتزی کاهش یافته و این امر موجب کاهش سرعت رشد گیاه می‌شود. در این تحقیق نیز با افزایش میزان شوری کاهش معنی‌داری در صفات رویشی و زایشی رازیانه مشاهده گردیده است.

بر اساس مقایسه میانگین صفات (جدول ۴) بالاترین تعداد شاخه فرعی مربوط به ژنوتیپ ۱۱۴۸۶ (۸ عدد) بود که تفاوت معنی‌داری با سایر ژنوتیپ‌ها داشت. کمترین

مقدار نیز در ژنوتیپ‌های بومی مشاهده شد. ژنوتیپ‌های ۱۱۴۸۶ و P11-820065 به ترتیب با دارا بودن ۲۹/۳ و ۳۰/۴ عدد گل آذین بیشترین تعداد گل آذین را به خود اختصاص دادند. بیشترین تعداد چترک مربوط به ژنوتیپ‌های بومی همدان و لرستان (به ترتیب ۱۷/۱ و ۱۶/۳ عدد) و کمترین آن در ژنوتیپ‌های ۱۱۴۸۶ و P11-820065 (به ترتیب ۱۱/۴ و ۱۲/۱ عدد) به دست آمد. ژنوتیپ‌های همدان و لرستان بیشترین تعداد بذر در چترک (۱۶/۳ و ۱۵/۷ عدد) و ژنوتیپ‌های P11-820065 و ۱۱۴۸۶ کمترین تعداد (۹ و ۱۰ عدد) را به خود اختصاص دادند. ژنوتیپ لرستان بیشترین عملکرد بذر در هکتار (۱۲۱۵/۲ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص داد که تفاوت معنی‌داری با بقیه ژنوتیپ‌ها نداشت. بالاترین وزن هزار دانه در ژنوتیپ P11-820065 (۴۶/۸ گرم) مشاهده شد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با سایر ژنوتیپ‌ها نداشت.

بیشترین تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی و روز تا رسیدگی کامل در ژنوتیپ‌های P11-820065 و ۱۱۴۸۶ و کمترین آن در ژنوتیپ‌های بومی به دست آمد. بیشترین ارتفاع گیاه در مرحله ۵۰٪ گلدهی و گلدهی کامل نیز مربوط به ژنوتیپ‌های غیر بومی P11-820065 و ۱۱۴۸۶ بود. ژنوتیپ P11-820065 بیشترین درصد اسانس را معادل ۳/۷ درصد تولید نمود که تفاوت آماری معنی‌داری با سایر ژنوتیپ‌ها داشت. کمترین درصد اسانس نیز مربوط به ژنوتیپ‌های بومی بود. ژنوتیپ P11-820065 با ۴۵/۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد اسانس بذر را دارا بود. سایر ژنوتیپ‌ها از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با هم نشان ندادند.

مقایسه میانگین برهمکنش ژنوتیپ در شوری (جدول ۵) نشان داد که با افزایش میزان شوری، تعداد شاخه فرعی گیاه رازیانه کاهش نشان داده است. بیشترین تعداد شاخه فرعی در ژنوتیپ ۱۱۴۸۶ (۱۰ عدد) تیمار شاهد بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر ژنوتیپ‌ها داشت. در دو تیمار شوری دیگر نیز ژنوتیپ‌های غیر بومی بیشترین مقدار این صفت را دارا بودند. بیشترین تعداد گل آذین نیز در ژنوتیپ‌های غیر بومی تیمار شاهد بالاترین مقدار را داشت و با افزایش شوری این صفت کاهش

بالاترین عملکرد بذر نیز در تیمار شاهد و ژنوتیپ P11-820065 (۲۳۶۰ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. این در حالی است که با افزایش میزان شوری، عملکرد ژنوتیپ‌های غیر بومی به شدت کاهش یافته و حتی کمتر از ژنوتیپ‌های بومی بود و در شوری ۵ و ۸ دسی زیمنس بر متر این ژنوتیپ‌های بومی بودند که از عملکرد بالاتری برخوردار بودند. بالاترین عملکرد اسانس مربوط به ژنوتیپ P11-820065 در تیمار شاهد با ۹۱/۴ کیلوگرم در هکتار بود ولی با افزایش روند شوری عملکرد اسانس ژنوتیپ‌های بومی بیشتر از ژنوتیپ‌های غیر بومی بدست آمد. بر اساس نتایج به دست آمده عملکرد بذر و عملکرد اسانس که از جمله عامل‌های مهم در گیاه رازیانه هستند تحت تاثیر شوری کاهش یافته‌اند. از آنجایی که شوری به طور جدی شرایط محیط ریشه، پتانسیل اسمزی محلول خاک و موازنه طبیعی یون‌های محلول را تغییر می‌دهد بنابراین موثرترین اثر آن روی گیاهان، کاهش رشد بوده که با کاهش عملکرد همراه است. گزارش‌های موجود روی گیاه زنیان نیز نشان دهنده کاهش عملکرد این گیاه در شرایط شوری است [۱ و ۹]. همچنین افزایش شوری از ۰/۳ به ۴ دسی‌زیمنس بر متر، عملکرد بیولوژیک بادرنجبویه را به یک سوم و افزایش شوری از ۳ به ۹ دسی‌زیمنس بر متر باعث کاهش عملکرد بیولوژیکی رازیانه به یک پنجم شده است [۹]. در این تحقیق روند کاهش میزان ارتفاع گیاه رازیانه نیز به خوبی با افزایش میزان شوری آب آبیاری قابل مشاهده است. نتایج نشان دهنده آن است که در شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر این اثر بخوبی مشاهده می‌گردد و در شوری بالاتر از ۵ دسی‌زیمنس بر متر این کاهش مشهودتر است. گزارش شده است که در گیاه رازیانه و رزماری، افزایش شوری آب آبیاری از ۳ به ۹ دسی‌زیمنس بر متر، باعث کاهش ارتفاع این گیاهان می‌گردد. همچنین با افزایش شوری از ۰/۳ به ۴ دسی‌زیمنس بر متر در گیاه بادرنجبویه کاهش معنی دار ارتفاع گیاه مشاهده گردید [۹]. کاهش ارتفاع گیاه در اثر تنش شوری که در این تحقیق مشاهده شد با نتایج تحقیقات روی گیاه ریحان [۱۴]، مرزنجوش و نعنای [۱۲] و حسن یوسف و مریم گلی [۱۵] مطابقت دارد. کاهش عملکرد و ارتفاع

معنی‌داری نشان داد. بیشترین تعداد چترک در ژنوتیپ همدان تیمار شاهد (۲۱ عدد) مشاهده شد و با افزایش میزان شوری این صفت کاهش داشت ولی در مجموع در هر سه تیمار ژنوتیپ‌های بومی بیشترین مقدار این صفت را دارا بودند. بیشترین تعداد بذر در چترک نیز همانند صفت قبل در ژنوتیپ‌های بومی بیشتر از ژنوتیپ‌های غیر بومی بدست آمد و با افزایش میزان شوری آب آبیاری کاهش نشان داد. بالاترین وزن بذر گل آذین در ژنوتیپ‌های غیر بومی تیمار شاهد و معادل ۱/۹ گرم بدست آمد.

در این پژوهش بیشترین وزن هزار دانه مربوط به ژنوتیپ P11-820065 تیمار شاهد و معادل ۴۹ گرم بود که تفاوت معنی‌داری با سایر ژنوتیپ‌ها داشت. علت این امر درشت‌تر بودن بذر این ژنوتیپ در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها بود که به همراه آن وزن هزار دانه بالاتری را به دنبال داشت. همچنین شاید بتوان گفت که گیاه تا سطح شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر تشکیل بذر و ذخیره مواد غذایی در بذر را ادامه داده است ولی با افزایش بیشتر شوری از مواد ذخیره موجود در بذر برای انجام فعالیت‌های متابولیسمی خود استفاده نموده و در نتیجه بذور کوچکتر و ضعیف‌تر شده‌اند.

ژنوتیپ‌های غیر بومی در تیمار شاهد بیشترین ارتفاع در زمان ۵۰ و ۱۰۰ درصد گلدهی را به خود اختصاص دادند. این صفت نیز مانند سایر صفات با افزایش میزان شوری کاهش معنی‌داری داشت. بیشترین تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی و روز تا رسیدگی کامل نیز در ژنوتیپ‌های غیر بومی تیمار شاهد مشاهده گردید و با افزایش شوری مقدار آن کاهش یافت. بالاترین عملکرد علوفه در ژنوتیپ P11-820065 تیمار شاهد (۳۱/۳ تن در هکتار) بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با ژنوتیپ ۱۱۴۸۶ (۲۷ تن در هکتار) نداشت. علوفه گیاه رازیانه به عنوان افزایش دهنده شیر در جیره دام استفاده می‌گردد. در این تحقیق با افزایش میزان شوری، کاهش علوفه نیز مشاهده شده است. کاهش عملکرد اندام هوایی در اثر تنش شوری در گیاه آگاستا [۱۷]، کدوی تخمه کاغذی [۴]، ریحان [۱۴]، مرزنجوش و نعنای [۱۲]، حسن یوسف و مریم گلی [۱۵]، گل‌انگشتانه [۲۱] و رازیانه [۱۳] گزارش شده است.

گیاه رازیانه از شوری ۲/۶ دسی‌زیمنس بر متر شروع می‌گردد [۲۹].

بیشترین درصد اسانس در ژنوتیپ P11-820065 تیمار شاهد و معادل ۳/۹ درصد بدست آمد که این مسئله در سایر تیمارهای شوری نیز مشاهده گردید. اثر منفی شوری بر درصد اسانس در گیاهانی مانند زنیان (*Trachyspermum ammi* [۵]، مرزه (*Satureja hortensis*) [۲۳]، ریحان [۲۸] و مریم‌گلی (*Salvia officinalis*) [۳۰] گزارش شده است، در حالی که در این تحقیق درصد اسانس در سطوح مختلف شوری تفاوت معنی‌داری نشان نداده است. شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر از نظر کمی، حتی اسانس بالاتری نسبت به شاهد داشته است. با توجه به اینکه در شرایط تنش، میزان متابولیت‌های اولیه گیاه کاهش می‌یابند، بنابراین تولید متابولیت‌های ثانویه به عنوان نوعی سازوکار دفاعی در دستور کار گیاه قرار می‌گیرد [۳] که شاید یکی از دلایل افزایش اسانس مشاهده شده باشد. همچنین از آن‌جا که کاهش معنی‌داری از نظر درصد اسانس در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به سطوح پایین‌تر مشاهده نشده است، بنابراین می‌توان این‌گونه بیان نمود که گیاه رازیانه تا این سطح شوری نیز توانسته است همه مراحل رشد و نمو خود را کامل کرده و فعالیت‌های متابولیسمی را انجام دهد. از آن‌جا که اسانس به عنوان متابولیت ثانویه گیاه است و سیستم‌های آنزیمی مختلفی در تولید آن نقش دارند، بنابراین این سیستم‌ها با افزایش شوری تا ۸ دسی‌زیمنس بر متر نیز همچنان فعال بوده و روند کاری خود را به طور طبیعی انجام داده‌اند. بنابراین گیاه توانسته است اسانس مورد انتظار را در سطوح شوری اعمال شده تولید نماید. تحقیقات تکمیلی با اعمال سطوح شوری بالاتر تصمیم‌گیری در مورد این موضوع را آسان‌تر خواهد کرد. لازم به ذکر است که گزارش‌هایی در مورد افزایش میزان اسانس رازیانه در شرایط تنش شوری وجود دارد [۲۴] که می‌تواند به علت تفاوت ژنوتیپ‌ها و محیط باشد.

در این تحقیق با افزایش سطوح شوری با وجود عدم کاهش درصد اسانس، کاهش عملکرد اسانس مشاهده شده است. از آن‌جا که عملکرد اسانس حاصل‌ضرب عملکرد بذر در درصد اسانس است [۳۱] و در گیاه رازیانه با افزایش

مقدار شوری کاهش عملکرد بذر رخ می‌دهد، بنابراین این مسئله به طور کامل منطقی به نظر می‌رسد. همچنین سمیت احتمالی ناشی از تجمع بیش از حد یون سدیم در اندام‌های گیاه به‌ویژه برگ‌ها باعث بسته شدن روزنه‌های هوایی و کاهش تبادلات گازی می‌گردد که به دنبال آن کاهش فتوسنتز رخ می‌دهد. حتی شوری می‌تواند رشد ریشه را نیز متوقف نموده و بدین طریق ظرفیت جذب و انتقال آب و عناصر غذایی از خاک به طرف اندام هوایی را کاهش دهد که در عملکرد بذر گیاه به طور مستقیم و در عملکرد اسانس به طور غیر مستقیم نقش دارد.

عملکرد بذر ژنوتیپ‌های غیر بومی در تیمار شاهد بالاتر از ژنوتیپ‌های بومی است، ولی با افزایش میزان شوری، کاهش این صفت در ژنوتیپ‌های غیر بومی بیشتر از ژنوتیپ‌های بومی مشاهده شده است. باید در نظر داشت که در این تحقیق ژنوتیپ‌های بومی دارای دوره رشدی کوتاه‌تری نسبت به ژنوتیپ‌های غیر بومی هستند و رسیدگی بذر آنها تقریباً یک‌ماه زودتر رخ می‌دهد. این در حالی است که در ژنوتیپ‌های غیر بومی رسیدن بذر در اوج گرمای تابستان بوده و گیاه علاوه بر تنش شوری آب آبیاری دچار تنش گرمایی نیز می‌گردد و این دو تنش افت شدید عملکرد را به همراه دارند. بنابراین به نظر می‌رسد در مناطقی که مانند منطقه اجرای تحقیق دارای تابستان‌های گرم و طولانی هستند در صورت استفاده از آب شور، بهتر است از ژنوتیپ‌های بومی جهت کاشت استفاده گردد.

همبستگی ساده صفات به روش پیرسون (جدول ۶) نشان داد که عملکرد بذر همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد چترک، تعداد بذر در چترک و وزن بذر گل آذین داشته است. پس با تلاش در زمینه بهبود این صفات، عملکرد بذر نیز افزایش می‌یابد. درصد اسانس نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد شاخه فرعی، تعداد گل آذین، تعداد بذر در چترک، وزن هزار دانه، ارتفاع و عملکرد علوفه نشان داده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که برای افزایش عملکرد اقتصادی گیاه بایستی هم مرحله رویشی و هم مرحله زایشی گیاه مورد توجه قرار گیرد. با توجه به این‌که عملکرد اسانس حاصل‌ضرب عملکرد بذر در درصد اسانس می‌باشد، بنابراین با بهبود

این دو صفت افزایش عملکرد اسانس نیز رخ خواهد داد. در تحقیق بر روی چهار ژنوتیپ رازیانه نیز، همبستگی مثبت و معنی داری بین عملکرد دانه و عملکرد اسانس مشاهده شد [۱۱].

شوری خاک در پایان آزمایش بین ۱/۳ تا ۱/۶ برابر تیمارهای شوری آب آبیاری اعمال شده بدست آمد که با توجه به چندساله بودن گیاه رازیانه و پوشش ایجاد شده در هر کرت لازم است در آزمایشی مجزا این روند تغییرات بررسی گردد.

جدول ۲- میانگین مربعات تاثیر شوری آب آبیاری و ژنوتیپ بر صفات مورد مطالعه گیاه رازیانه (*F. vulgare*)

MS														
منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد شاخه فرعی	تعداد گل آذین	تعداد چترک	تعداد بذر در گل آذین	وزن بذر دانه	ارتفاع در ۵۰٪ گلدهی	ارتفاع در ۱۰۰٪ گلدهی	روز تا رسیدگی کامل	وزن خشک به تر	عملکرد علوفه	عملکرد بذر	درصد اسانس	عملکرد اسانس
بلوک	۲	۰/۲۱	۲۱/۸۵	۴/۰۳	۳/۰۱	۰/۰۰۰۴	۲۷/۴۴	۲۵/۳۴	۴/۳۶	۸/۶۹	۴۴/۲۶	۲۷۶۲/۶	۰/۰۳	۶۰/۲۸
شوری	۲	۱۸۰/۵**	۶۱۷/۷۳**	۱۷۹/۱۷**	۲۲۱/۹۸**	۲/۳۴**	۰/۱۴**	۳۹۳/۹۴**	۶۶/۷۷**	۴۸۰/۳۰۲**	۴۷۲/۸۱**	۳۳۸۲۵۹/۴**	۰/۰۶	۳۴۶۸/۵**
شوری در بلوک	۴	۰/۱۶	۱۲/۸۹	۲/۶۷	۱/۷۵	۰/۰۱	۴۹/۶۸	۸۶/۲۲	۹/۸۶	۳/۴۴	۱۸/۸۸	۵۹۵۱۶/۷	۰/۰۸	۶۷/۱۸
ژنوتیپ	۳	۹/۸۵**	۱۱۶۱/۳۲**	۷۴/۶۰**	۱۳۲/۰۸	۰/۲۷**	۴/۵۶**	۷۰/۱۷۱۹**	۲۰۷۴/۴۰**	۱۴۱۱/۲۹**	۱۵۱/۰۳**	۳۳۴۲۳۲/۷	۳/۴**	۸۲۶/۳**
شوری در ژنوتیپ	۶	۰/۳*	۷۴/۲۰**	۴/۶۵*	۴/۶۲*	۰/۰۶**	۰/۰۵*	۲۵۴/۰۴*	۴/۱۹*	۲/۲۳*	۴۹/۶۵*	۸۵۴۶۹۶/۹**	۰/۳۳	۱۳۳۹/۵**
خطا	۱۸	۰/۱۷	۲۷/۲۳	۲/۶۱	۱/۷۴	۰/۰۹	۶۲/۷۱	۷۷/۹۳	۳/۴۱	۴/۶۲	۲۳/۹۴	۱۶۰۳۸۹/۹	۰/۱۸	۱۶۸/۸۵

** به ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی دار است.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر شوری آب آبیاری بر صفات مورد مطالعه در گیاه رازیانه (*F. vulgare*)

صفت شوری	تعداد شاخه فرعی	تعداد گل آذین (عدد)	تعداد چترک (عدد)	تعداد بذر در گل آذین (گرم)	وزن هزار دانه (گرم)	ارتفاع در ۵۰٪ گلدهی (cm)	ارتفاع در ۱۰۰٪ گلدهی (cm)	روز تا رسیدگی کامل (روز)	وزن خشک به تر (ton/ha)	عملکرد علوفه (kg/ha)	عملکرد بذر (kg/ha)	درصد اسانس (%)	عملکرد اسانس (kg/ha)
شاهد	۸/۱±۰/۳۳a	۲۸۳±۴۱/۹a	۱۸۳±۰/۸۴a	۱۷۵±۰/۳۶a	۱۷۳±۰/۱۷a	۱۹۶/۱±۸/۳a	۱۵۴/۸±۹/۰a	۸۵/۰±۲/۱۸a	۲۱/۴±۲/۷a	۱۶۶/۹±۱۹۲/۸a	۲/۸±۰/۳۳a	۵۰/۴±۹/۳a	
۵	۶/۵±۰/۳۱b	۱۷۵±۰/۳۱b	۱/۲±۰/۰۵b	۱/۲±۰/۰۵b	۱۰/۰±۰/۳۳a	۱۲/۲±۵/۸b	۱۲۷/۷±۶/۸b	۱۲۸/۸±۳/۹b	۰/۳±۰/۰۲b	۹۰/۷±۱۵۹/۱۲b	۲/۸±۰/۳۳a	۲۵/۳±۴/۲b	
۸	۶/۰±۰/۲۵c	۱۵/۲±۴/۰b	۱/۱±۱/۰۰c	۹/۲±۱/۲۱c	۳/۹±۰/۱۷b	۱۲۰/۴±۶/۷c	۱۲۰/۴±۶/۷c	۸۰/۰±۲/۱۶b	۰/۳±۰/۰۰۵c	۱۰/۰±۰/۰۳b	۲/۸±۰/۳۳a	۱۸۰/۲±۷/۰b	

میانگین‌های با حداقل یک حرف یکسان در هر ستون در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی دار با هم ندارند (آزمون LSD).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر ژنوتیپ بر صفات مورد مطالعه در گیاه رازیانه (*F. vulgare*)

صفت شوری	تعداد شاخه فرعی	تعداد گل آذین (عدد)	تعداد چترک (عدد)	تعداد بذر در گل آذین (گرم)	وزن هزار دانه (گرم)	ارتفاع در ۵۰٪ گلدهی (cm)	ارتفاع در ۱۰۰٪ گلدهی (cm)
همدان	۶/۱±۰/۳۳c	۱۰/۴±۳/۱/۱b	۱۷/۰۷±۱/۰۴a	۱۶/۳±۱/۰۶a	۰/۹۳±۰/۰۸c	۱۱۱/۴±۴/۶۱b	۱۲۵/۱±۳/۱۸۷b
لرستان	۶/۲±۰/۳۶c	۱۰/۰۲±۰/۷۷b	۱۶/۳±۱/۰۵a	۱۵/۷±۱/۰۱a	۱/۱۱±۰/۱۲b	۴۰/۸±۳/۹۴b	۱۳۰/۷±۴/۸۲b
P11-820065	۷/۷±۰/۳۵b	۳/۰۴±۳/۹۶a	۱۲/۱±۱/۰۲b	۹/۱۴±۱/۴۵b	۱/۲۶±۰/۱۵a	۱۵۹/۵±۷/۱۲a	۱۶۸/۹±۹/۶۲a
۱۱۴۸۶	۸/۱۲±۰/۴۷a	۲۹/۳±۳/۷۴a	۱۱/۴±۱/۶۲b	۹/۶±۱/۷b	۱/۳±۰/۱۷a	۱۵۷/۴±۷/۰۳a	۱۶۵/۱±۷/۰۲a

میانگین‌های با حداقل یک حرف یکسان در هر ستون در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی دار با هم ندارند (آزمون LSD).

ادامه جدول ۴- مقایسه میانگین اثر ژنوتیپ بر صفات مورد مطالعه در گیاه رازیانه (*F. vulgare*)

صفت شوری	روز تا ۵۰٪ گلدهی (روز)	روز تا رسیدگی کامل (روز)	وزن خشک به تر	عملکرد علوفه (ton/ha)	عملکرد بذر (kg/ha)	درصد اسانس (%)	عملکرد اسانس (kg/ha)
همدان	۷۱/۷±۱/۰۵b	۱۱۴/۶±۱/۰۳b	۰/۳۷±۰/۰۲a	۱۲/۶±۱/۹۴b	۱۰۰۵/۸±۱۱۲/۶۲a	۲/۴±۰/۰۹c	۲۴/۱±۳/۱۴b
لرستان	۷۱/۲±۰/۸۹b	۱۱۴/۷±۱/۲۳b	۰/۳۸±۰/۰۲a	۱۱/۴±۱/۴۴b	۱۲۱۵/۲±۱۱۹/۹۷a	۲/۴±۰/۱۲c	۲۹/۱۶±۲/۵۷b
P11-820065	۹۳/۸±۰/۸۸a	۱۴۱/۷±۱/۶a	۰/۲۹±۰/۰۱b	۱۹/۹±۳/۶۹a	۱۱۹۲/۴±۳۱۰/۹۱a	۳/۷±۰/۱۵a	۴۵/۲۶±۱۲/۱۹a
۱۱۴۸۶	۹۲/۴±۰/۸۹a	۱۴۰/۳±۱/۲a	۰/۳۳±۰/۰۲b	۱۷/۹±۲/۴۸a	۸۷۵/۳±۲۹۲/۶۰a	۲/۹±۰/۱۹b	۲۶/۳۸±۹/۵۱b

جدول ۵- مقایسه میانگین برهمکنش ژنوتیپ در سال بر صفات مورد مطالعه در گیاه رازیانه (*F. vulgare*)

شوری	ژنوتیپ	تعداد شاخه فرعی	تعداد گل آذین (عدد)	تعداد چترک (عدد)	تعداد بذر در چترک (عدد)	وزن بذر گل آذین (گرم)	وزن هزار دانه (گرم)	ارتفاع در ۵۰٪ گلدهی (cm)	ارتفاع در ۱۰۰٪ گلدهی (cm)
شاهد	همدان	۷/۳±۰/۱۶ c-e	۱۴/۵±۰/۶۳ cd	۲۱/۰±۰/۸۲ a	۲۰/۰±۰/۱۵ a	۱/۲±۰/۰۶ c	۳۵/۰±۰/۰۴ d	۱۲۷/۷±۲/۸۹ c	۱۳۶/۳±۴/۶۶ cd
شاهد	لرستان	۷/۵±۰/۰۳ cd	۱۲/۹±۰/۴۴ d	۲۰/۰±۰/۲۷ ab	۱۹/۳±۰/۸۸ a	۱/۶±۰/۰۵ b	۳۵/۰±۰/۰۳ d	۱۲۲/۷±۰/۱۰ c	۱۴۷/۲±۱/۸۳ bc
شاهد	P11-820065	۸/۸±۰/۴۴ b	۴۵/۱±۳/۷۵ a	۱۶/۲±۱/۳۴ c	b-d	۱/۹±۰/۰۳ a	۴۹/۰±۰/۰۶ a	۱۸۵/۵±۵/۶۱ a	۲۰۳/۷±۶/۰۰ a
شاهد	۱۱۴۸۶	۹/۹±۰/۲۱ a	۴۰/۸±۷/۵۱ a	۱۷/۲±۲/۰۰ bc	۱۵/۸±۰/۴۶ b	۱/۹±۰/۰۲ a	۴۶/۰±۰/۰۶ bc	۱۸۳/۳±۳/۶۵ a	۱۸۹/۳±۱/۰۱ a
۵	همدان	۵/۵±۰/۰۱ f	۸/۰±۰/۵۸ d	۱۴/۷±۰/۸۹ cd	۱۵/۵±۰/۷۶ bc	۰/۹±۰/۰۵ ef	۳۳/۰±۰/۱۲ de	۱۰۷/۳±۵/۶۰ d	۱۲۵/۸±۳/۱۶ de
۵	لرستان	۵/۶±۰/۲۱ F	۷/۷±۰/۲۷ d	۱۵/۸±۰/۱۷ cd	b-d	۱/۰±۰/۰۱ de	۲۲/۰±۰/۱۲ e	۱۰۶/۵±۲/۵۹ d	۱۲۶/۰±۵/۳۴ de
۵	P11-820065	۷/۴±۰/۱۹ c-e	۲۴/۰±۰/۷۷ b	۱۱/۶±۰/۴۸ ef	۶/۹±۰/۷۸ ef	۱/۱±۰/۱۲ cd	۴۷/۰±۰/۱۵ ab	۱۵۱/۳±۳/۱۷ b	۱۶۱/۰±۶/۶۵ b
۵	۱۱۴۸۶	۷/۷±۰/۱۵ c	۲۴/۴±۳/۴۶ b	۹/۴±۱/۰۵ fg	۸/۳±۱/۵۴ e	۱/۲±۰/۱۰ c	۴۶/۰±۰/۰۲ bc	۱۴۵/۵±۸/۰۴ b	۱۶۱/۰±۷/۸۱ b
۸	همدان	۵/۳±۰/۱۷ f	۸/۸±۰/۷۳ d	۱۵/۵±۰/۴۷ cd	۱۳/۳±۰/۳۳ cd	۰/۷±۰/۰۰۳ g	۳۳/۰±۰/۰۵ de	۹۹/۳±۱/۶۶ d	۱۱۲/۸±۳/۰۶ e
۸	لرستان	۵/۴±۰/۳۱ F	۹/۵±۰/۲۹ d	۱۳/۲±۰/۱۷ de	۱۲/۸±۰/۷۳ d	۰/۸±۰/۰۰۳ fg	۳۳/۰±۰/۰۵ de	۹۷/۳±۳/۷۱ d	۱۱۹/۰±۵/۶۷ e
۸	P11-820065	۶/۸±۰/۴۴ de	۲۲/۷±۳/۴۶ bc	۸/۶±۰/۴۵ g	۵/۸±۰/۶۲ f	۰/۹±۰/۰۰۳ e-g	۴۵/۰±۰/۰۳ bc	۱۴۱/۷±۶/۰۰ b	۱۴۲/۰±۵/۷۹ c
۸	۱۱۴۸۶	۶/۸±۰/۱۵ e	۲۲/۸±۰/۷۸ bc	۷/۶±۰/۴۵ g	۴/۷±۰/۵۱ f	۰/۸±۰/۰۰۳ e-g	۴۴/۰±۰/۰۳ c	۱۴۳/۳±۳/۲۱ b	۱۴۵/۰±۵/۰۰ c

میانگین‌های با حداقل یک حرف یکسان در هر ستون در سطح احتمال یک در صد تفاوت معنی دار با هم ندارند (آزمون LSD).

ادامه جدول ۵- مقایسه میانگین برهمکنش ژنوتیپ در سال بر صفات مورد مطالعه در گیاه رازیانه (*F. vulgare*)

شوری	ژنوتیپ	روز تا ۵۰٪ گلدهی (روز)	روز تا رسیدگی کامل (روز)	وزن خشک به تر	عملکرد علوفه (ton/ha)	عملکرد بذر (kg/ha)	درصد اسانس (%)	عملکرد اسانس (kg/ha)
شاهد	همدان	۷۵/۳±۰/۸۸ c	۱۱۷/۶±۱/۴۵ d	۰/۴۵±۰/۰۲ ab	۱۵/۲±۱/۹۸ bc	۱۱۰۳/۹±۲۰/۶۱ c-e	۲/۵±۰/۱۳ d-g	۲۸/۰±۱/۶۲ cd
شاهد	لرستان	۷۴/۰±۱/۱۵ cd	۱۱۷/۳±۰/۸۸ d	۰/۴۶±۰/۰۰۲ a	۱۶/۰±۰/۶۴ b	۱۴۶۳/۱±۱۱۸/۱۱ bc	۲/۴±۰/۰۲ e-g	۳۴/۸±۲/۵۳ c
شاهد	P11-820065	۹۵/۰±۲/۵۱ a	۱۴۶/۰±۲/۰۸ a	۰/۳۱±۰/۰۰۹ e	۳/۱۳±۷/۴۴ a	۲۳۵۹/۸±۳۳۱/۱۴ a	۳/۹±۰/۳۵ a	۹۱/۴±۱۱/۷۱ a
شاهد	۱۱۴۸۶	۹۵/۷±۰/۶۶ a	۱۴۳/۰±۲/۰۸ ab	۰/۳۲±۰/۰۰۲ de	۲۷/۰±۲/۰۲ a	۱۹۳۰/۵±۴۲۳/۳۴ ab	۳/۰±۰/۲۱ c-e	۵۹/۷±۱۵/۵۸ b
۵	همدان	۶۸/۷±۰/۸۸ e	۱۱۴/۶±۰/۳۳ de	۰/۳۹±۰/۰۰۸ bc	۱۵/۴±۴/۴۳ bc	۱۰۹۶/۷±۳۵۳/۴۲ c-e	۲/۳±۰/۱۱ fg	۲۴/۰±۱/۰۹ cd
۵	لرستان	۷۰/۰±۱/۰۰ e	۱۱۶/۷±۰/۸۸ d	۰/۳۹±۰/۰۰۵ bc	۱۰±۰/۵۴ bc	۱۲۷۶/۶±۲۴۳/۳۴ b-d	۲/۱±۰/۰۲ g	۲۷/۰±۶/۱۲ cd
۵	P11-820065	۹۳/۳±۰/۸۸ ab	۱۴۲/۷±۱/۲۰ ab	۰/۲۸±۰/۰۰۷ e	۱۶/۵±۱/۸۰ b	۷۳۹/۲±۹۵/۹۳ d-f	۳/۸±۰/۲۵ ab	۲۸/۰±۳/۷۹ cd
۵	۱۱۴۸۶	۹۱/۳±۰/۶۶ b	۱۴۱/۰±۱/۱۵ b	۰/۳۷±۰/۰۰۵۲ cd	۱۵/۷±۱/۶۹ bc	۳۲۳/۸±۷۵/۰۰ f	۳/۱±۰/۳۷ b-d	۱۰/۷±۳/۲۸ d
۸	همدان	۷۱/۰±۰/۵۸ de	۱۱۱/۳±۰/۶۶ ef	۰/۳۰±۰/۰۰۷ e	۷/۳±۰/۶۵ c	۸۱۶/۸±۹/۰۸ c-f	۲/۵±۰/۱۳ d-g	۲۰/۸±۰/۸۶ cd
۸	لرستان	۶۹/۷±۱/۲۰ e	۱۱۰/۷±۱/۷۶ f	۰/۳۰±۰/۰۱۳ e	۸/۳±۲/۸۲ bc	۹۰۵/۸±۱۳۸/۲۰ c-f	۲/۸±۰/۱۱ c-f	۲۵/۸±۳/۴۲ cd
۸	P11-820065	۹۳/۰±۱/۰۰ ab	۱۳۶/۳±۰/۸۸ c	۰/۳۰±۰/۰۰۸ e	۱۲/۰±۰/۵۷ bc	۴۷۸/۱±۴۲/۷۶ ef	۳/۵±۰/۱۹ a-c	۱۶/۷±۱/۷۵ cd
۸	۱۱۴۸۶	۹۰/۳±۰/۸۸ b	۱۳۷/۰±۱/۵۲ c	۰/۲۹±۰/۰۱۵ e	۱۱/۲±۰/۷۲ bc	۳۷۱/۴±۸۲/۷۶ f	۲/۵±۰/۳۶ d-g	۸/۸±۱/۴۸ d

جدول ۶- همبستگی صفات مورد مطالعه در چهار ژنوتیپ برتر رازیانه (*F. vulgare*) تحت تنش شوری

عملکرد اسانس	درصد اسانس (%)	عملکرد بذر (kg/ha)	عملکرد علوفه (kg/ha)	نسبت خشک به تر	روز تا رسیدگی بذر (روز)	روز تا ۵۰٪ گلدهی (روز)	ارتفاع در ۱۰۰٪ گلدهی (cm)	ارتفاع در ۵۰٪ گلدهی (cm)	وزن هزار دانه (گرم)	وزن بذر گل آذین (گرم)	تعداد بذر در چترک (عدد)	تعداد چترک (عدد)	تعداد گل آذین (عدد)	تعداد شاخه فرعی (عدد)
تعداد شاخه فرعی	۰/۸۹**	۱												
تعداد گل آذین	۰/۰۷	-۰/۱۹												
تعداد چترک	۰/۰۷	-۰/۳۸												
تعداد بذر در چترک	-۰/۱۳	۰/۹۵**	۱											
وزن بذر گل آذین	۰/۴۹	۰/۲۰	۰/۷۳**											
وزن هزار دانه	۰/۷۸**	-۰/۵۷**	-۰/۷۴**											
ارتفاع ۵۰٪ گلدهی	۰/۹۱**	۰/۹۵**	۰/۱۴											
ارتفاع ۱۰۰٪ گلدهی	۰/۹۵**	-۰/۱۸	۰/۲۷											
روز تا ۵۰٪ گلدهی	۰/۸۴**	۰/۹۱**	-۰/۶۰*											
روز تا رسیدگی بذر	۰/۷۸**	۰/۸۷**	-۰/۱۱											
نسبت خشک به تر	-۰/۲۴	-۰/۳۹	۰/۳۲											
عملکرد علوفه	۰/۹۰**	۰/۰۷	۰/۶۷**											
عملکرد بذر	۰/۳۳	۰/۲۱	۰/۷۱**											
درصد اسانس	۰/۵۹*	۰/۷۷**	-۰/۱۵۵											
عملکرد اسانس	۰/۵۳	۰/۵۲	۰/۵۱											

**و* به ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی دار است

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که شوری آب آبیاری بر رشد رویشی و زایشی گیاه رازیانه تاثیر گذاشته و باعث کاهش معنی‌دار عملکرد اقتصادی گیاه می‌شود. در این گیاه با افزایش میزان شوری آب آبیاری از شاهد به ۸ دسی‌زیمنس بر متر، کاهش عملکرد بذر که به طور غیر مستقیم باعث کاهش عملکرد اسانس می‌شود به خوبی قابل مشاهده است. باید توجه داشت که ژنوتیپ‌های غیر بومی در شرایط غیر شور از عملکرد بالاتری نسبت به ژنوتیپ‌های بومی برخوردار بودند، ولی با افزایش شوری، ژنوتیپ‌های بومی عملکرد بیشتری را به خود اختصاص دادند. عملکرد بذر ژنوتیپ لرستان در شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر ۱۳ درصد و شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر ۴۰ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشت. در صورتی که در ژنوتیپ P11-820065 با افزایش شوری از شاهد به ۵ و ۸ دسی‌زیمنس به ترتیب کاهش ۶۹ و ۸۰ درصدی عملکرد بذر مشاهده گردید. این مسئله در عملکرد علوفه رازیانه نیز دیده شد. کاهش عملکرد علوفه

در ژنوتیپ لرستان در تیمار ۸ دسی‌زیمنس بر متر ۴۹ درصد و در گونه P11-820065 به میزان ۶۲ درصد نسبت به شاهد می‌باشد. همچنین کاهش عملکرد اسانس در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر در ژنوتیپ لرستان ۲۶ و در گونه P11-820065، ۸۲ درصد نسبت به تیمار شاهد بود. بنابراین در صورتی که اقدام به کاشت این گیاه در شرایط مشابه اجرای تحقیق شود بهتر است از ژنوتیپ‌های بومی به دلیل مقاومت بیشتر به شرایط شوری و راندمان بالاتر استفاده گردد. با این وجود گیاه در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر نیز پا برجا بوده و قادر به ادامه حیات است، ولی به دلیل رشد ضعیف بوته‌ها، پایین آمدن عملکرد بذر و کاهش عملکرد اسانس، کشت آن توجیه اقتصادی ندارد. اما برای ایجاد پوشش سبز در مناطق دارای چنین شوری می‌تواند یکی از گیاهان پیشنهادی مناسب باشد. انجام تحقیقات تکمیلی در خصوص واکنش گیاه به سطوح شوری بالاتر نیز می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های آتی بسیار موثر باشد.

References

- [1]. Akbarinia, A. (2003). Study of yield and oil components of *Carum copticum* in conventional, organic and combination farming systems. Agriculture Ph.D. thesis, Agriculture faculty, Tarbiat Modarres University. (in Farsi).
- [2]. Anant K., J., Sanket, K.J., & Tarun, P. (2005). Seed album of some medicinal plants of India. Asian Medicinal Plants & Health Care Trust, 107 PP.
- [3]. Archangi, A., & Khodambashi, M. (2014). Effects of salinity stress on morphological characteristics, essential oil content and ion accumulation in basil (*Ocimum basilicum*) plant under hydroponic conditions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 5(17): 125-138, (in Farsi).
- [4]. Arooi, H. (1998). The effect of seed preparation, salinity stress and N fertilizer on some quantitative and qualitative traits of Pumpkin. Horticultural Ph. D. thesis, Agriculture department, Tarbiat Moddares University. (in Farsi).
- [5]. Ashraf, M. & Orooj, A. (2006). Salt stress effects on growth, ion accumulation and seed oil concentration in an arid zone traditional medicinal plant ajwain (*Trachyspermum ammi* [L.] Sprague). *Journal of Arid Environments*, 64(2), 209-220.
- [6]. Ashraf, M., & Akhtar, N. (2004). Influence of salt stress on growth, ion accumulation and seed oil content in sweet Fennel. *Bologia Plantarum*, 48(3), 461-464.
- [7]. Ashraf, M., Mukhtar, N., Rehman, S. & Rha, E.S. (2004). Salt-induced changes in photosynthetic activity and growth in a potential medicinal plant Bishop's weed (*Ammi majus* L.). *Photosynthetica*, 42(4), 543-550.
- [8]. Davazdahemami, S., & Marjoovi, A. (2001). The effect of salinity stress on seed germination of 10 species of medicinal plants. Project of Research Institute of Forests and Rangelands, 145.81, (in Farsi).
- [9]. Davazdahemami, S., Sefidkon, F., Jahansooz, M.R., & Mazaheri, D. (2010). Evaluation of water salinity effects on yield and essential oil content and composition of *Carum copticum* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 25(4), 504-512, (in Farsi).

- [10]. Davazdahemami, S., Rezaii, M., safaii, L., & Shiran, S. (2015). Evaluation of microelements effects on seed yield and yield components of black seed in salinity stress. National Salinity Research Center of Yazd project, 48168, (in Farsi).
- [11]. Ehsanipoor, A. (2009). Effect of different values of N fertilizers on yield, essential oil components and oil of Fennel populations. Agriculture M.Sc. Thesis, Agriculture faculty, Isfahan University of Technology, (in Farsi).
- [12]. El-Keltawi, N.E., & Croteau, R. (1986). Influence of foliar applied cytokinins on growth and essential oil content of several members of lamiaceae. *Phytochemistry*, 26(4), 891-895.
- [13]. Graifenberg, A., Botrini, L., Giustiniani, L., & Lipucci Di Paola, M. (1996). Salinity affects growth, yield and elemental concentration of fennel. *Hortscience*, 31(7), 1131-1134.
- [14]. Hasani, A. (2003). The effect of drought and salinity stress (NaCl) on morphological and physiological traits of basil (*Keshkeni luvelou*). Horticultural Ph. D. thesis, Agriculture department, Tarbiat Moddares University, (in Farsi).
- [15]. Ibrahim, K.M., Collins, J.C., & Collin, H.A. (1991). Effects of salinity on growth and ionic composition of *Coleus blumei* and *Salvia splendens*. *Journal of Horticultural Science*, 66(2), 215-222.
- [16]. Khan, M.A. (2002). Halophyte seed germination: Success and Pitfalls. In: International symposium on optimum resource utilization in salt affected ecosystems in arid and semi-arid regions (Eds.): A.M. Hegazi, H.M. El-Shaer, S, 1-15.
- [17]. Khorsandi, O., Hassani, H., Sefidkon, F., Shirzad, H., & Khorsandi, A. (2010). Effect of salinity (NaCl) on growth, yield, essential oil content and composition of *Agastache foeniculum kuntz.* *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 26(3), 438-451, (in Farsi).
- [18]. Kumar, P.A., & Bandhu, D.A. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60, 324- 349.
- [19]. Levitt, Y. (1980). Responses of Plants to environmental stresses. Vol. II. Water, radiation, salt and other stresses. Academic press, New York, Pp. 807.
- [20]. Montanari, M., Degl'Innocenti, E., Maggini, R., Pacifici, S., Pardossi, A. & Guidi, L. (2008). Effect of nitrate fertilization and saline stress on the contents of active constituents of *Echinacea angustifolia* DC. *Food Chemistry*, 107(4), 1461- 1466.
- [21]. Morales, M.R., Charles, D.J., & Simon, J.E. (1993). Fennel: A new specialty vegetable for the fresh market. P: 575 - 579. In: J. Janick and J.E. Simon (Eds). *New Crops: Exploration, Research, Commercialization*. Proc. New Crops, Oct. 6-9, 1991, Indianapolis, IN. John Wiley & Sons, Inc., N. Y.
- [22]. Mozaffarian, V. (1993). Apiaceae family in Iran, identification keys and Distribution, Research Institute of Forests and Rangelands, 388 pp., (in Farsi).
- [23]. Najafi, F., Khavari-Nejad, R.A., & Ali, M.S. (2010). The effects of salt stress on certain physiological parameters in summer savory (*Satureja hortensis* L.) plants. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 6(1), 13-21.
- [24]. Omer, E.A., Said-Al Ahl, H.A.H., & El-Gendy, A.G. (2014). Productivity and essential oil of *Foeniculum vulgare* cultivated under soil salinity in Sinai comparing to non-saline soil in Giza, Egypt. *The Journal of Plant Physiology*, 115, 217-227.
- [25]. Safarnezhad, A., & Hamidi, H. (2008). Study of morphological characters of *Foeniculum vulgare* under salt stress. *Jurnal of Rangeland and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 16(31), 125-140, (in Farsi).
- [26]. Saffaei, L. (2005). Effects of saline water on germination of Esfahan Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) seeds. National congress in sustainable development of medicinal plants. Mashhad. 307- 308, (in Farsi).
- [27]. Saffaei, L., Zeinali, H., & safari, M. (2007). Study of Fennel variation. Finished project of Research Institute of Forests and Rangelands, 1614.86, (in Farsi).

- [28]. Said-Al Ahl H.A.H., Meawad A.A., Abou-Zeid E.N., & Ali, M.S. (2010). Response of different basil varieties to soil salinity. *International Agrophysics*, 24, 183-188.
- [29]. Semiz, G., Ünluğara, A., Yurtseven, E., Suarez, D., & Telci, I. (2012). Salinity impact on yield, water use, mineral and essential oil content of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Journal of Agricultural Sciences*, 18, 177-186.
- [30]. Taarit M.B., Msaada, K., Hosni, K., & Marzouk, B. (2010). Changes in fatty acid and essential oil composition of sage (*Salvia officinalis* L.) leaves under NaCl stress. *Food Chemistry*, 119(3), 951-956.
- [31]. Wagner, H. (1993). Maximizing seed yield and important components of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Wissens chaft Technologie*, 95(3), 114-117.
- [32]. Wahab, M.A., (2006). The efficiency of using saline and fresh water irrigation as alternating methods of irrigation on the productivity of *Foeniculum vulgare* Mill subsp. *vulgare* var. *vulgare* under North Sinai conditions. *Research journal of Agriculture and Biology Science*, 2, 571-577.
- [33]. Zhu, J.K. (2001). Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science*, 6(2), 66-71.

The effect of water salinity on seed yield and seed yield components of miracle genotypes of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.)

1- L. Safaei, Instructor, Research Division of Natural Resources, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran

safaii2000@yahoo.com

2- S. Davazdahemami, Assistant Professor, Research Division of Natural Resources, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran

3- G. H. Ranjbar, Assistant Professor, Iranian National Salinity Research Center, AREEO, Yazd, Iran

4- D. Afiumi, Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran

Received: 15 Jan 2017

Accepted: 18 Jul 2017

Abstract

In order to study the effects of water salinity on fennel seed yield and seed yield components, an experiment was conducted at Agricultural and Natural Resource Research Center of Isfahan in a split plot experiment based on randomized complete block design with three replicates, during 2012- 2014. Four superior *Foeniculum vulgare* genotypes (Lorestan, Hamedan, P11- 820065 and 11486) in three treatments (control, 5 and 8 ds/m) were investigated. Number of inflorescences and umbels, seeds per umblets, seed yield, weight of 1000 seeds, plants height in 50% flowering and 100% flowering time, dry weight of plant aerial parts, plant dry weight/wet weight, days until 50% flowering and maturing time, percentage of essential oil and essential oil yield were evaluated. Results showed that the effect of salinity was significant on all traits with the exception of essential oil percentage. Effect of genotype wasn't significant on seed per umblet and seed yield. Interactions of salinity and genotype were significant on all traits except for essential oil percentage. In control treatment P11- 820065 had the highest seed yield and essential oil yield (2359.8 and 91.5 kg/ha, respectively) but by increasing in salinity levels, seed yield of native genotypes was higher than P11- 820065 and Lorestan was the superior genotype with 1463 and 4/38 kg/ha, respectively. There was a positive correlation between seed yield with essential oil and forage yields. Based on the results, salinity stress decreased the seed, essential oil and herbage yield economically.

Keywords: Water salinity; Fennel; Seed; Yield components; Essential oil.

ارزیابی کارایی شاخص‌های خشکسالی گیاهی (VDI) و دمایی (TDI) مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای در محدوده ایران مرکزی

۱- یعقوب نبازی، دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد

۲- علی طالبی، دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد

talebisf@yazd.ac.ir

۳- محمد حسین مختاری، استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد

۴- مجید وظیفه دوست، استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه گیلان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۲۷

چکیده

افزایش دما و تغییر الگوهای بارش منجر به رخداد‌های آب و هوایی شدید مثل خشکسالی شده است که به شدت در حوزه‌های کشاورزی، زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی تأثیرگذار است. اطلاعات درباره زمان، شدت و وسعت خشکسالی می‌تواند به برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری کمک کند. شاخص‌های خشکسالی حاصل از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی قدرت تفکیک زمانی و مکانی بالایی دارند بنابراین تعیین شرایط خشکسالی در زمان واقعی با استفاده از آنها برای مناطق وسیع بسیار سخت است. از این‌رو شاخص‌های خشکسالی حاصل از داده‌های سنجنش از دوری امروزه به طور گسترده برای پایش خشکسالی استفاده می‌شود. در این پژوهش دو شاخص خشکسالی گیاهی (VDI) و دمایی (TDI) مبتنی بر سنجنش از دور بر اساس شاخص خشکسالی بارش استاندارد شده (SPI) مبتنی بر داده‌های ایستگاه‌های زمینی مورد ارزیابی قرار گرفته است. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل تصاویر سنجنده MODIS ماهواره Terra و داده‌های بارش ۵۰ ایستگاه سینوپتیک در محدوده ایران مرکزی در طی دوره آماری ۲۰۰۴-۲۰۰۱ است. ارزیابی دقت دو شاخص خشکسالی جدید VDI و TDI با استفاده از معیارهای ارزیابی R و RMSE در سطح اطمینان ۹۵٪ و بر اساس مقایسه با نقشه توزیع مکانی خشکسالی مبتنی بر شاخص SPI انجام شد. نتایج معیارهای ارزیابی نشان داد که شدت خشکسالی برآورد شده به وسیله شاخص‌های VDI و TDI در انطباق با مقادیر شاخص SPI به ترتیب دارای ضریب همبستگی معنی‌دار (۰/۶۹) و (۰/۶۶) است. از این‌رو این شاخص‌های خشکسالی مبتنی بر داده‌های سنجنش از دوری به خوبی می‌تواند در سیستم‌های هشدار سریع خشکسالی استفاده شود.

واژگای کلیدی: خشکسالی؛ شاخص VDI؛ شاخص TDI؛ سنجنش از دور؛ ایران مرکزی.

مقدمه

پشت سر گذاشته است [۱۶]. با توجه به پیامدهای منفی و ناخواسته این پدیده چند بعدی بر رشد توسعه جوامع از یک سو و بالا بودن امکان وقوع خشکسالی در ایران، از دیگر سو تدبیر، سازوکارهای برنامه‌مند برای مقابله، مهار و مدیریت بحران خشکسالی ضروری است [۲۳]. برای مطالعه و ارزیابی خشکسالی، شاخص‌های متعددی ارائه شده است که هر یک قوت‌ها و ضعف‌های خود را دارند [۸، ۱۲، ۱۳، ۲۰، ۲۲، ۲۴ و ۲۸]. بیشتر شاخص‌هایی که در این زمینه به کار می‌روند، بر پایه

خشکسالی فاجعه زیست‌محیطی است که در یک دوره پیوسته و پایدار مقدار آب موجود در منابع آبی منطقه به حد قابل توجهی کاهش می‌یابد و دچار کمبود می‌شود [۲۶]. نمونه‌های زیادی از خشکسالی در جهان و اثرهای آن در کشورهایی که از نظر اقلیمی شرایط بهتر از کشور ما دارند، گزارش شده است [۱۵]. بیشتر قاره‌ها در سه دهه اخیر دچار خشکسالی شده‌اند و این موضوع با افزایش تقاضای آب در برابر منابع محدود آن اهمیت می‌یابد [۱۵]. ایران در ۲۲ سال گذشته ۱۳ دوره خشکسالی را

معیارهای هواشناسی بوده و متغیرهایی مانند میزان رطوبت خاک، دما یا به ویژه میزان بارش را مورد بررسی قرار می‌دهند. این روش‌ها به علت استفاده از آمار ایستگاه‌های هواشناسی به صورت نقطه‌ای و از طرفی پراکندگی ایستگاه‌ها به ویژه در مناطق خشک محدودیت‌هایی را در بررسی خشکسالی به وجود آورده است. با فراهم شدن داده‌های ماهواره‌ای متفاوت و فراگیر شدن استفاده از آنها، امکان مطالعه خشکسالی با استفاده از این فناوری فراهم شده است [۹]. در چهار دهه اخیر، سنجش از دور ابزار پایش خشکسالی را به صورت وسیع و گسترده فراهم آورده و مدل‌های پایش خشکسالی زیادی ارائه شده است [۵، ۱۹ و ۲۷]. در پژوهشی به ردیابی و تحلیل خشکسالی با شاخص‌های NDVI، VCI^۱ و VHI^۲ در منطقه‌ی بیابانی و خشک کاشان پرداخته شد [۲۳]. با توجه به نتایج، بهره‌گیری از داده‌های سنجش از دور در مطالعات محیطی مناطق خشک و بیابانی توصیه می‌شود. نتایج بررسی شاخص NDVI در تحلیل خشکسالی استان اصفهان به کمک تصاویر ماهواره‌ای NOAA و داده‌های بارش ایستگاه‌ها نشان می‌دهد که در بین دوره‌های زمانی شاخص SPI^۳، دوره‌های زمانی سه‌ماهه، همبستگی بالایی نشان داد [۱]. نتایج همبستگی نشان داد که NDVI می‌تواند جایگزین مناسبی برای شاخص‌های اقلیمی در ارزیابی خشکسالی‌ها باشد. در پژوهشی کارایی داده‌های سنجنده MODIS^۴ در برآورد خشکسالی حوضه آبریز دریاچه ارومیه را مورد ارزیابی قرار گرفت [۱۸]. در این پژوهش از شاخص‌های VCI، TCI و SPI استفاده شده با توجه به نتایج، شاخص VCI و سنجنده MODIS می‌توانند جایگزین مناسبی برای شاخص‌های هواشناسی در ارزیابی خشکسالی باشند. در منطقه‌ی جنوب غربی آسیا به کمک شاخص‌های VHI، VCI، NDVI، Dev و TCI خشکسالی ارزیابی شد [۲۵]. این پژوهش روش‌هایی برای پایش خشکسالی با استفاده از اتصال داده‌های تاریخی سنجنده AVHRR با داده‌های روزانه سنجنده

مدرن MODIS را پیشنهاد می‌کند. در پژوهشی از شاخص NDVI استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای AVHRR، برای پایش بیابان‌زایی در سطح منطقه‌ای و جهانی استفاده کردند [۱۰]. نتایج نشان داد که بین بارندگی و NDVI همبستگی بالایی در بیشتر مناطق خشک دنیا وجود دارد. برای برآورد خشکسالی در جزیره‌ی جاوای اندونزی از تصاویر MODIS برای محاسبه شاخص‌های EVI و دمای سطح زمین (LST) استفاده شد [۲۰]. شاخص VHI با استفاده از VCI و TCI به دست می‌آید و با استفاده از نقشه‌ی VHI سلامت پوشش گیاهی در جزیره‌ی جاوا به دست آمد. در منطقه آروالی هند، خشکسالی با به‌کارگیری شاخص‌های NDVI، VCI، TCI و VHI حاصل از ماهواره AVHRR-NOAA در مقایسه با شاخص‌های آماری SPI و SWI حاصل از ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری مورد مطالعه قرار گرفت. در این مطالعه ضریب همبستگی بالایی بین VCI و TCI با میزان بارندگی ماهانه مشاهده نشد. از شاخص بارش استاندارد شده (SPI)، شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI و VCI استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای AVHRR، دوره ۲۰۰۰-۱۹۸۷، برای بررسی اثر خشکسالی روی فعالیت‌های پوشش گیاهی در یک منطقه نیمه‌خشک، واقع در شمال شرقی شبه جزیره ایبری استفاده شد [۲۱]. اثر خشکسالی در قسمت‌های مختلف منطقه مورد مطالعه، متفاوت و به نوع پوشش اراضی و مکان رویش آنها بستگی دارد. قابلیت داده‌های سنجنده AVHRR در برآورد خشکسالی با دو شاخص NDVI و VCI مورد بررسی قرار گرفت [۱۷]. نتایج نشانگر همبستگی بالا بین شاخص VCI و مقادیر بارندگی در ایستگاه‌های سینوپتیک بود. ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی دشت سراب و تحلیل دو دوره خشکسالی و ترسالی به کمک تصاویر سنجنده ETM+ و ماهواره‌ی SPOT و شاخص‌های SPI، NDVI و شاخص VHI انجام شد [۱۱]. نتایج نشانگر بالا بودن تغییرات وضعیت سلامت پوشش گیاهی، به‌ویژه در مناطق تحت کشت دیم است. در مطالعه تطبیقی شاخص‌های خشکسالی مبتنی بر داده‌های ماهواره‌ای و زمینی در استان کرمانشاه به مقایسه شاخص SPI و چهار شاخص استخراج شده از تصاویر

1- Vegetarian Condition Index (VCI)

2- Vegetarian Health Index (VHI)

3- Standardized Precipitation Index (SPI)

4- Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

می‌شود، که مهمترین آن‌ها به خصوص دشت‌های پهناور کویری چون دشت لوت و دشت کویر است، این دشت‌ها دارای زمستانی سرد با دمای 15°C است. تابستان این دشت‌ها خشک و سوزان است و دما به 50°C می‌رسد. رطوبت نسبی این دشت‌ها پایین بوده و به طور متوسط موارد استثنایی می‌تواند تا 10% و کمتر برسد. ریزش‌های جوی این حوزه اندک بوده و متوسط سالیانه آن به کمتر از 100 میلی‌متر در سال می‌رسد. برعکس تبخیر سالانه در این حوزه بالا بوده و در موارد زیادی به بیش از 4000 میلی‌متر در سال هم می‌رسد. این حوزه با مساحت 837.184 کیلومترمربع، $50/8$ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده است. در این پژوهش برای ارزیابی و مقایسه نقشه توزیع مکانی خشکسالی مبتنی بر داده‌های ماهواره‌ای با داده‌های زمینی در مقیاس ماهانه، محدوده ایران مرکزی شامل 50 ایستگاه سینوپتیک انتخاب شد. داده‌های مورد استفاده شامل داده‌های بارش ماهانه 50 ایستگاه سینوپتیک و محصولات دمایی و پوشش گیاهی سنجنده MODIS ماهواره Terra با دوره آماری 4 ساله از 2001 تا 2004 می‌باشند. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و پراکنش مکانی ایستگاه‌های انتخابی در شکل ۱ و مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های انتخابی در جدول ۱ ارائه شده است.

معرفی شاخص‌های خشکسالی VDI و TDI مبتنی

بر داده‌های سنجش از دوری

محاسبه خشکسالی در این پژوهش با استفاده از مؤلفه‌های پوشش گیاهی و دما انجام شده است. مؤلفه پوشش گیاهی به عنوان نماینده کمبود رطوبت خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد و مقدار کم NDVI و تداوم این کاستی را مورد توجه قرار می‌دهد؛ و مؤلفه دما، دمای بالا و تدام این دمای بالا را مورد توجه قرار می‌دهد. شاخص خشکسالی اساس مؤلفه پوشش گیاهی به عنوان شاخص خشکسالی پوشش گیاهی و بر اساس مؤلفه دما به عنوان شاخص خشکسالی دمایی نام‌گذاری شده است.

NOAA-AVHRR شاخص اختلاف نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI)، شاخص شرایط دمایی (TCI)، شاخص نمایه نسبت پوشش گیاهی (RVI)، شاخص استاندارد شده گیاهی (SVI) با استفاده از روش تجزیه و تحلیل بردار تغییر (CVA) پرداخته شد [۶]. نتایج نشان داد بهترین پاسخ به خشکسالی در سال‌های مورد بررسی با شاخص SVI به دست می‌آید. کمترین تطابق SPI در سال‌های نرمال و تر با شاخص TCI است. در تحقیقی با عنوان پایش خشکسالی با بهره‌گیری از شاخص ترکیبی خشکسالی در کنیا روشی برای پایش تکامل و شدت خشکسالی با استفاده از یک شاخص ترکیبی جدید ارائه شد [۲]. به کارگیری این روش در نقاط انتخاب شده از نواحی مختلف آب و هوایی و مقایسه نتایج آن با سوابق رویدادهای خشکسالی در دسترس، نشان می‌دهد که ارتباط بین این دو مثبت است. علاوه بر این، مشخص شد که شاخص ترکیبی خشکسالی قادر به تحلیل تغییرات آب و هوایی مربوط به خشکسالی بوده، احتمال وقوع آن را هشدار می‌دهد. محاسبات مربوط به تعیین خشکسالی نیازمند اندازه‌گیری متغیرهایی است که مهمترین آن‌ها پوشش گیاهی و دما است. این موضوع در محدوده ایران مرکزی که با کمبود جدی آمار و اطلاعات مشاهداتی روبرو هستیم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از این رو لازم است منابع داده‌ای، که بتوانند این کمبودها را رفع کنند، ارزیابی نموده و مورد استفاده قرار گیرند. هدف از این پژوهش ارزیابی کارایی شاخص‌های خشکسالی گیاهی^۱ (VDI) و دمایی^۲ (TDI) حاصل از تصاویر ماهواره‌ای MODIS برای تهیه نقشه شدت خشکسالی در محدوده ایران مرکزی است. دقت نتایج به دست آمده با استفاده از نقشه شدت خشکسالی SPI مبتنی بر بارش ایستگاه‌های زمینی مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و داده‌ها

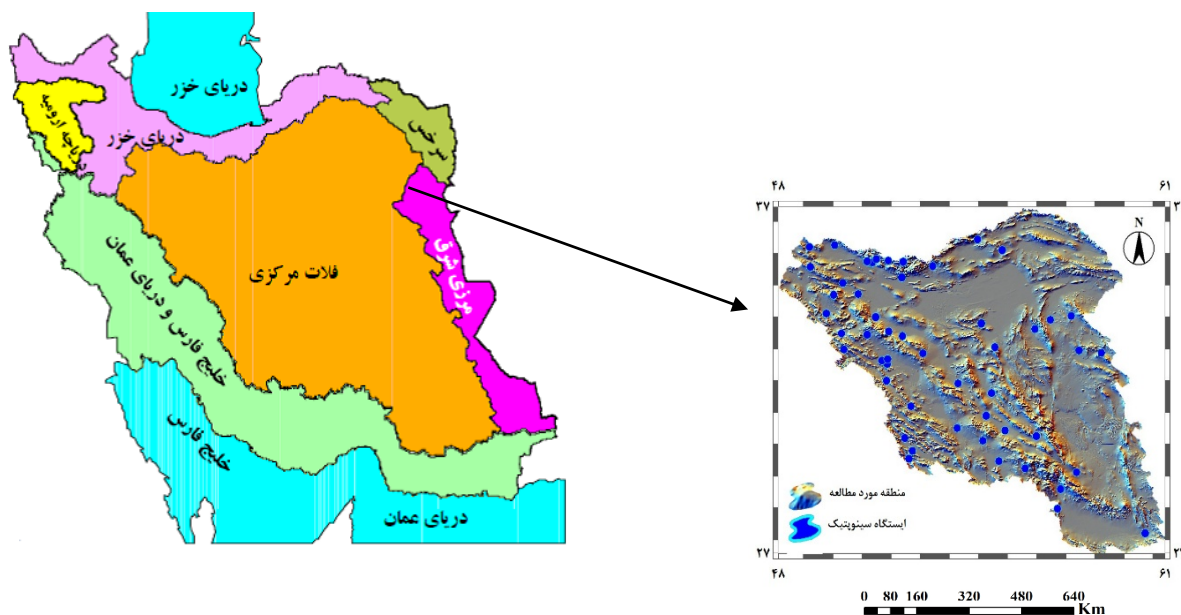
حوزه ایران مرکزی محدوده اقلیمی مربوط به دشت‌های خشک تا کویری فلات مرکزی ایران را شامل

1- Vegetation Drought Index (VDI)

2- Temperature Drought Index (TDI)

جدول ۱- ویژگی‌های جغرافیایی ایستگاه‌های انتخابی در محدوده ایران مرکزی

ایستگاه شماره	نام	موقعیت جغرافیایی			متوسط بارش (mm)	متوسط دما (°C)
		طول (°)	عرض (°)	ارتفاع از سطح دریا (m)		
۱	ایران‌شهر	۶۰/۷۲	۲۷/۲۱	۵۹۱/۱۰	۵۴/۴۲	۲۶/۸
۲	کهنوج	۵۷/۷۲	۲۷/۹۷	۴۶۹/۷۰	۱۳۵/۰۲	۲۶/۹
۳	میان ده جیرفت	۵۷/۸۲	۲۸/۵۹	۶۰۱	۱۰۵/۵۶	۲۵/۱
۴	بم	۵۸/۳۷	۲۹/۱۱	۱۰۶۶/۹۰	۳۶/۶۲	۲۳
۵	بافت	۵۶/۵۹	۲۹/۲۴	۲۲۸۰	۲۱۷/۲۶	۱۵
۶	سیرجان	۵۵/۶۹	۲۹/۴۷	۱۷۳۹/۴۰	۱۰۹/۹۸	۱۷/۴
۷	شیراز	۵۲/۶۱	۲۹/۵۴	۱۴۸۴	۱۴۳/۰۸	۱۷/۸
۸	زرقان	۵۲/۷۳	۲۹/۷۹	۱۵۹۶	۳۵۵/۹۲	۱۶/۴
۹	شهر بابک	۵۵/۱۴	۳۰/۱۰	۱۸۳۴/۱۰	۱۴۹/۷۲	۱۵/۳
۱۰	سد درودزن	۵۲/۴۶	۳۰/۱۹	۱۶۵۲	۵۴۹/۰۶	۱۷/۷
۱۱	کرمان	۵۶/۹۸	۳۰/۲۵	۱۷۵۳/۸۰	۱۱۲/۷۸	۱۵/۹
۱۲	رفسنجان	۵۵/۹۱	۳۰/۴۲	۱۵۸۰/۹۰	۷۴/۵۲	۱۸/۶
۱۳	مروست	۵۴/۲۶	۳۰/۵۰	۱۵۴۶/۶۰	۷۷/۵۴	۱۷/۸
۱۴	انار	۵۵/۲۶	۳۰/۸۹	۱۴۰۸/۸۰	۵۷/۰۶	۱۸/۲
۱۵	آباده	۵۲/۶۸	۳۱/۱۹	۲۰۳۰	۱۶۴/۹۶	۱۴/۴
۱۶	بافق	۵۵/۴۴	۳۱/۶۰	۹۹۱/۴۰	۵۲/۰۲	۲۱/۴
۱۷	یزد	۵۴/۲۹	۳۱/۹۰	۱۲۳۷/۲۰	۵۱/۱۶	۱۹/۲
۱۸	شهرضا	۵۱/۸۴	۳۱/۹۹	۱۸۴۵/۲۰	۱۴۳/۰۸	۱۴/۷
۱۹	کبوترآباد	۵۱/۸۶	۳۲/۵۲	۱۵۴۵	۱۱۱/۴۲	۱۵/۴
۲۰	اصفهان	۵۱/۶۸	۳۲/۶۲	۱۵۵۰/۴۰	۱۳۶/۴۴	۱۶/۳
۲۱	شرق اصفهان	۵۱/۸۸	۳۲/۶۷	۱۵۴۳	۹۶/۹۸	۱۵/۱
۲۲	نائین	۵۳/۰۹	۳۲/۸۵	۱۵۴۹	۶۹/۹۶	۱۶/۸
۲۳	بیرجند	۵۹/۲۱	۳۲/۸۷	۱۴۹۱	۱۳۷/۰۲	۱۶/۵
۲۴	خور بیرجند	۵۸/۴۴	۳۲/۹۴	۱۱۱۷/۴۰	۱۰۱/۶۴	۱۹/۹
۲۵	داران	۵۰/۳۸	۳۲/۹۷	۲۲۹۰	۳۷۲/۷۴	۱۰/۹
۲۶	رباط پشت	۵۵/۵۶	۳۳/۰۴	۱۱۸۸	۱۰۷/۷۶	۱۹/۱
۲۷	اردستان	۵۲/۳۹	۳۳/۳۹	۱۲۵۲/۴۰	۱۰۵/۰۸	۱۹
۲۸	میامه	۵۱/۱۸	۳۳/۴۴	۱۹۸۰	۱۷۵/۷۶	۱۲/۳
۲۹	گلپایگان	۵۰/۲۹	۳۳/۴۷	۱۸۷۰	۲۹۲/۸۸	۱۴/۲
۳۰	نطنز	۵۱/۹۱	۳۳/۵۴	۱۶۸۴/۹۰	۱۸۹/۴۸	۱۵/۵
۳۱	طیس	۵۶/۹۳	۳۳/۶۰	۷۱۱	۸۵/۶۴	۲۱/۹
۳۲	خور بیابانک	۵۵/۰۹	۳۳/۷۹	۸۴۵	۷۹/۰۰	۲۰/۵
۳۳	بشرویه	۵۷/۴۶	۳۳/۹۰	۸۸۵	۸۰/۸۲	۱۹/۱
۳۴	کاشان	۵۱/۴۶	۳۳/۹۹	۹۸۲/۳۰	۱۴۰/۷۰	۱۹/۱
۳۵	فردوس	۵۸/۱۸	۳۴/۰۲	۱۲۹۳	۱۱۰/۳۶	۱۷/۳
۳۶	اراک	۴۹/۷۸	۳۴/۱۰	۱۷۰۸	۳۱۵/۱۲	۱۳/۹
۳۷	تفرش	۵۰/۰۳	۳۴/۶۹	۱۹۷۸/۷۰	۳۹۹/۴۲	۱۳/۵
۳۸	قم	۵۰/۸۶	۳۴/۷۰	۸۸۷/۴۰	۱۵۸/۰۸	۱۸/۲
۳۹	ساوه	۵۰/۳۴	۳۵/۰۵	۱۱۰۸	۲۰۷/۵۲	۱۸/۲
۴۰	قمصر	۵۲/۳۶	۳۵/۲۴	۸۹۹/۹۰	۱۳۷/۲۴	۱۴
۴۱	اوج	۴۹/۲۳	۳۵/۵۷	۲۰۳۴/۹۰	۳۹۹/۴۲	۱۰/۶
۴۲	سمنان	۵۳/۴۳	۳۵/۵۹	۱۱۲۷	۱۴۷/۵۲	۱۸/۲
۴۳	فیروزکوه	۵۲/۴۱	۳۵/۷۲	۲۹۸۵/۷۰	۴۱۶/۹۲	۹
۴۴	چیتگر	۵۱/۱۸	۳۵/۷۴	۱۳۰۵/۲۰	۲۹۳/۱۶	۱۷/۴
۴۵	آبعلی	۵۱/۸۹	۳۵/۷۵	۲۴۶۵/۲۰	۵۶۵/۵۶	۸/۶
۴۶	شمال تهران	۵۱/۴۹	۳۵/۸۰	۱۵۴۹/۱۰	۴۶۱/۵۸	۱۵/۶
۴۷	بیارجمند	۵۵/۸۱	۳۶/۰۹	۱۰۹۹/۳۰	۱۲۸/۳۶	۱۶/۱
۴۸	خرم دره	۴۹/۱۹	۳۶/۱۹	۱۵۷۵	۲۷۹/۳۴	۱۲/۱
۴۹	قزوین	۵۰/۰۶	۳۶/۲۶	۱۲۷۹/۲۰	۳۱۷/۰۶	۱۴/۱
۵۰	شاهرود	۵۴/۹۶	۳۶/۴۲	۱۳۴۹/۱۰	۱۳۹/۸۴	۱۶/۷



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و پراکنش ایستگاه‌های سینوپتیک انتخابی

محاسباتی با اضافه کردن مقدار عددی ۱ به حداکثر مقدار دما و طول دوره اجرای شاخص خشکسالی و کم کردن مقدار ۰/۰۱ از کمترین مقدار شاخص پوشش گیاهی با هدف جلوگیری از تقسیم شدن مقادیر شاخص‌های خشکسالی به صفر براساس رابطه‌های ۲ و ۳ صورت می‌گیرد. این اصلاحات تنها برای آسان‌سازی در فرآیند محاسباتی این شاخص‌ها است و هیچ‌گونه تغییری در ماهیت داده‌ها و نتایج ایجاد نمی‌کند [۳]:

$$NDVI^* = NDVI - (NDVI_{min} - 0.01) \quad (2)$$

$$T^* = (T_{max} + 1) - T \quad (3)$$

متغیرهای مورد استفاده در روابط بالا در ادامه معرفی شده است.

محاسبه شاخص خشکسالی پوشش گیاهی (VDI)

شاخص خشکسالی مبتنی بر NDVI به دست آمده از سنجنده MODIS در این پژوهش بر اساس رابطه ۴ محاسبه شده است [۳]:

$$VDI_{i,m} = \frac{\frac{1}{IP} \sum_{j=0}^{IP-1} NDVI_{i,(m-j)}^*}{\frac{1}{(n * IP)} \sum_{k=1}^n \left[\sum_{j=0}^{IP-1} NDVI_{(m-j),k}^* \right]} * \sqrt{\frac{RL_{m,i}^{(NDVI^*)}}{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n RL_{m,k}^{(NDVI^*)}}}$$

که در آن:

این شاخص‌های جدید، آماری بوده و شرایط پوشش گیاهی و دمای حاضر را با میانگین ویژگی‌های دراز مدت آن در زمان مورد نظر در طول سال مقایسه می‌کنند. این شاخص برای مؤلفه‌های دما و پوشش گیاهی به صورت کلی به کمک رابطه ۱ محاسبه می‌شوند [۳]:

$$(1) \quad \text{شاخص خشکسالی} = \frac{\text{متوسط واقعی برای IP}}{\text{LTM برای IP}}$$

این رابطه عبارتست از تقسیم مقدار متوسط واقعی یا کنونی مؤلفه‌های مؤثر در وقوع خشکسالی (دما و پوشش گیاهی) برای IP که معرف دوره انتخابی مورد نظر به عنوان مثال گام‌های زمانی ۳، ۴، ۵ ماهه یا دهه‌ای است بر LTM که معرف مقدار میانگین طولانی مدت همان مؤلفه‌ها در همان دوره انتخابی است. از اصطلاح کمبود یا نقصان برای مؤلفه پوشش گیاهی به معنی مقدار کمتر پوشش گیاهی نسبت به مقدار متوسط طولانی مدت این مؤلفه و اصطلاح مازاد یا اضافی برای مقدار بیش از متوسط طولانی مدت مؤلفه دما استفاده می‌شود. از آنجا که شاخص‌های خشکسالی حاصل از هر یک از مؤلفه‌های دما و پوشش گیاهی از مقایسه وضعیت کنونی خشکسالی به شرایط طولانی مدت آن به دست می‌آید اغلب استانداردهای داده‌های ورودی جهت تفسیر ریاضی همگن از شرایط خشکسالی اجتناب‌ناپذیر است. این فرآیند

محاسبه شاخص خشکسالی بارش استاندارد شده (SPI)

شاخص SPI، نمایه‌ای است که بستگی به احتمال بارش برای هر زمان مقیاس دارد و برای مقیاس‌های زمانی مختلف قابل محاسبه است. این روش به وسیله مک‌کی و همکاران (۱۹۹۳) اعضای مرکز اقلیمی کلرادو، با توجه به بررسی تأثیرات متفاوت کمبود بارش بر روی آب‌های زیرزمینی، منابع آب سطحی، رطوبت خاک و جریان آبراهه ارائه شده است. شاخص SPI از رابطه ۶ به دست می‌آید [۱۲]:

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{S} \quad (۶)$$

که در آن:

P_i : مقدار بارش در دوره مورد نظر؛ \bar{P} : میانگین درازمدت بارش برای دوره مورد نظر، و S : انحراف معیار مقدار بارش است.

برای محاسبه این نمایه، از توزیع گاما برای برازش داده‌های بارش استفاده می‌شود. سپس محاسبه‌های لازم و تعیین متغیرهای مربوط به نمایه SPI انجام می‌گیرد. پس از محاسبه مقدار SPI در هر بازه زمانی، وضعیت رطوبتی به طبقات مختلف (جدول ۳) تقسیم می‌شود [۱۳].

جدول ۳- طبقه‌بندی شدت خشکسالی بر اساس مقادیر شاخص

[۱۳] SPI	
مقدار شاخص	شدت خشکسالی
$SPI > 2$	کاملاً مرطوب
$1/5 < SPI < 2$	خیلی مرطوب
$1 < SPI < 1/5$	نسبتاً مرطوب
$0 < SPI < 1$	مرطوب ملایم
$-1 < SPI < 0$	خشکسالی ملایم
$-1/5 < SPI < -1$	خشکسالی متوسط
$-2 < SPI < -1/5$	خشکسالی شدید
$SPI < -2$	خشکسالی خیلی شدید

ارزیابی شاخص خشکسالی VDI و TDI

به منظور ارزیابی دقت مقادیر برآورده شده شاخص خشکسالی مبتنی بر داده‌های ماهواره‌ای پوشش گیاهی و دما، یک مقایسه تطبیقی با نقشه توزیع مکانی خشکسالی مبتنی بر داده‌های اندازه‌گیری شده ایستگاه‌های

NDVI* مقدار شاخص پوشش گیاهی اصلاح شده ماهانه است که از رابطه ۲ به دست می‌آید، IP دوره انتخابی مورد نظر (به عنوان مثال گام‌های زمانی ۳، ۴، ۵ ماهه یا دهه‌ای)، $RL^{(NDVI)}$ طول دوره اجرا که برابر با حداکثر تعداد دهه‌های متوالی یا ماه‌هایی با مقدار کمتر از متوسط طولانی مدت شاخص پوشش گیاهی در دوره انتخابی است، n تعداد سال، z مجموع پارامترهای محاسبه شده برای IP و k مجموع پارامترهای محاسبه شده برای سال‌هایی است که داده‌های مرتبط با آن‌ها در دسترس است، i بیانگر سال و m بیانگر واحد زمانی شامل ماه یا دهه مورد نظر است.

محاسبه شاخص خشکسالی دمایی (TDI)

شاخص خشکسالی مبتنی بر دمای به دست آمده از سنجنده MODIS در این پژوهش به کمک رابطه ۵ محاسبه شده است [۳]:

$$TDI_{i,m} = \frac{\frac{1}{IP} \sum_{j=0}^{IP-1} T_{i,(m-j)}^*}{\frac{1}{(n * IP)} \sum_{k=1}^n \left[\sum_{j=0}^{IP-1} T_{(m-j),k}^* \right]} * \sqrt{\frac{RL_{m,i}^{(T^*)}}{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n RL_{m,k}^{(T^*)}}} \quad (۵)$$

که در آن:

T^* مقدار دمای اصلاح شده ماهانه است که از رابطه $(T_{max} + 1) - T$ به دست می‌آید، $RL^{(T)}$ طول دوره اجرا که برابر با حداکثر تعداد دهه‌های متوالی یا ماه‌هایی با مقدار بیشتر از متوسط طولانی مدت دما در دوره انتخابی است. سایر متغیرهای مشابه موارد ذکر شده برای شاخص VDI است.

طبقه‌بندی شدت خشکسالی مبتنی بر مقادیر شاخص VDI و TDI در جدول ۲ ارائه شده است:

جدول ۲- طبقه‌بندی مقادیر شاخص خشکسالی (VDI و

[۳] TDI)

مقدار شاخص	شدت خشکسالی
> 1	بدون خشکسالی
$1 - 0/8$	خشکسالی ملایم
$0/8 - 0/6$	خشکسالی متوسط
$0/6 - 0/4$	خشکسالی شدید
$< 0/4$	خشکسالی خیلی شدید

زمینی با استفاده از معیارهای آماری خطا انجام شد که در ادامه شرح داده می‌شود.

ضریب همبستگی پیرسون (R)

ضریب همبستگی پیرسون، یکی از رایج‌ترین و مفیدترین روش‌های آماری است که درجه همبستگی بین دو متغیر را نشان می‌دهد. مقدار این ضریب بین -۱ و +۱ است و از طریق رابطه ۷ محاسبه می‌شود [۲۷]:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}} \quad (7)$$

که در آن:

O_i مقدار شاخص خشکسالی مبتنی بر ایستگاه‌های سینوپتیک، P_i مقدار شاخص خشکسالی متنی برداده‌های ماهواره‌ای، \bar{O} و \bar{P} به ترتیب متوسط مقدار شاخص خشکسالی حاصل از ایستگاه‌های زمینی و ماهواره‌ای و n تعداد کل داده‌ها هستند.

ریشه دوم میانگین مربعات خطا (RMSE)

ریشه دوم میانگین مربعات خطا، میانگین خطاهای کوچک و بزرگ را نشان داده و در مقایسه با MAE برای خطاهای بزرگ نسبت به خطاهای کوچک، وزن بیشتری را در نظر می‌گیرد. محاسبه این معیار آماری بر اساس رابطه ۸ است [۲۷]:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2} \quad (8)$$

میانگین خطا (ME)

میانگین خطا، میزان اربیی یا انحراف داده‌های برآوردی را از مقادیر مشاهده‌ای به‌طور متوسط نشان می‌دهد. معیار ME مثبت بیانگر این است که مقادیر برآوردی بیشتر از مقادیر مشاهده‌ای است ولی ME منفی بیانگر برآورد کمتر مقادیر برآوردی در مقایسه با میانگین مقادیر مشاهده‌ای است. محاسبه این معیار آماری بر اساس رابطه ۹ است [۲۷]:

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i) \quad (9)$$

میانگین خطای مطلق (MAE)

میانگین خطای مطلق، متوسط مقدار مطلق خطاها را نشان می‌دهد. این معیار آماری از رابطه ۱۰ زیر بدست می‌آید [۲۷]:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |P_i - O_i| \quad (10)$$

اربیی (Bias)

اربیی، خطای سیستماتیک یک طرفه‌ای است که برای تعیین صحت برآورد مدل‌های رگرسیونی استفاده می‌شود:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{\sum_{i=1}^n O_i} - 1 \quad (11)$$

نتایج

نقشه‌های شدت خشکسالی بر اساس شاخص‌های TDI و VDI

پس از ارزیابی دقت روش درون‌یابی کریجینگ معمولی که نتایج آن برای دو شاخص VDI و TDI در جدول‌های ۴ و ۵ ارائه شده است، نقشه‌های شدت خشکسالی بر اساس این شاخص‌ها و روش مذکور از تصاویر ماهواره‌ای MODIS در دوره زمانی ۲۰۰۱-۲۰۰۴ برای محدوده ایران مرکزی به‌دست آمد (شکل ۲). بیشترین مقدار شدت خشکسالی بر اساس شاخص‌های VDI و TDI به ترتیب مربوط به سال ۲۰۰۴ و ۲۰۰۲ به میزان ۰/۳۹۲ و ۰/۲۷۲ و کمترین مقدار آن بر اساس شاخص‌های مذکور ۲/۱۵۰ و ۲/۳۰۲ به ترتیب برای سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۲ بوده است.

نقشه‌های شدت خشکسالی بر اساس شاخص SPI

با استفاده از داده‌های زمینی ۵۰ ایستگاه سینوپتیک در دوره آماری ۲۰۰۱-۲۰۰۴ و بهره‌گیری از روش درون‌یابی کریجینگ معمولی (جدول ۶)، نقشه‌های شدت خشکسالی شاخص SPI برای محدوده ایران مرکزی به‌دست آمد (شکل ۳). کمترین و بیشترین مقدار شدت خشکسالی بر اساس شاخص SPI مربوط به سال ۲۰۰۱ و به ترتیب برابر با ۱/۷۴۴ و ۱/۰۵۴- است.

ارزیابی نقشه‌های شدت خشکسالی بر اساس

شاخص‌های VDI و TDI

نمودار پراکنش، رابطه رگرسیون خطی و ضریب همبستگی بین نقشه‌های شدت خشکسالی بر اساس شاخص‌های خشکسالی VDI و TDI با مقادیر شاخص خشکسالی SPI در دوره ۴ ساله (۲۰۰۱-۲۰۰۴) در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج معیارهای آماری ارزیابی انطباق نقشه توزیع مکانی خشکسالی حاصل از شاخص‌های VDI و TDI و MODIS با مقادیر شاخص خشکسالی SPI، در جدول‌های ۷ و ۸ ارائه شده است. بیشترین ضریب همبستگی در ارتباط با شاخص VDI (۰/۷۵) مربوط به سال ۲۰۰۴ و کمترین (۰/۶۲) مربوط به سال ۲۰۰۱ است. کمترین و بیشترین مقدار میانگین خطا

به مقدار ۰/۷۲ و ۰/۹۹ به ترتیب مربوط به سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۱ است. در ارتباط با شاخص TDI، بیشترین ضریب همبستگی (۰/۷۱) مربوط به سال ۲۰۰۳ و کمترین (۰/۶۳) مربوط به سال ۲۰۰۴ است. کمترین و بیشترین مقدار میانگین خطا به مقدار ۰/۵۶ و ۰/۸۹ به ترتیب مربوط به سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۰۱ است. مقدار میانگین خطا هر چه به عدد صفر نزدیک‌تر باشد، بیان‌گر شباهت بیشتر مقادیر برآوردی و مشاهده‌ای است. نتایج معیارهای آماری ارزیابی و خطای محاسبه شده نشان می‌دهد که نقشه شدت خشکسالی حاصل از شاخص‌های VDI و TDI مبتنی بر داده‌های ماهواره‌ای، از دقت و انطباق قابل قبولی با داده‌های زمینی در سطح اطمینان ۹۵٪ برخوردار است.

جدول ۴- ارزیابی دقت روش درون‌یابی کریجینگ جهت برآورد شدت خشکسالی مبتنی بر شاخص VDI

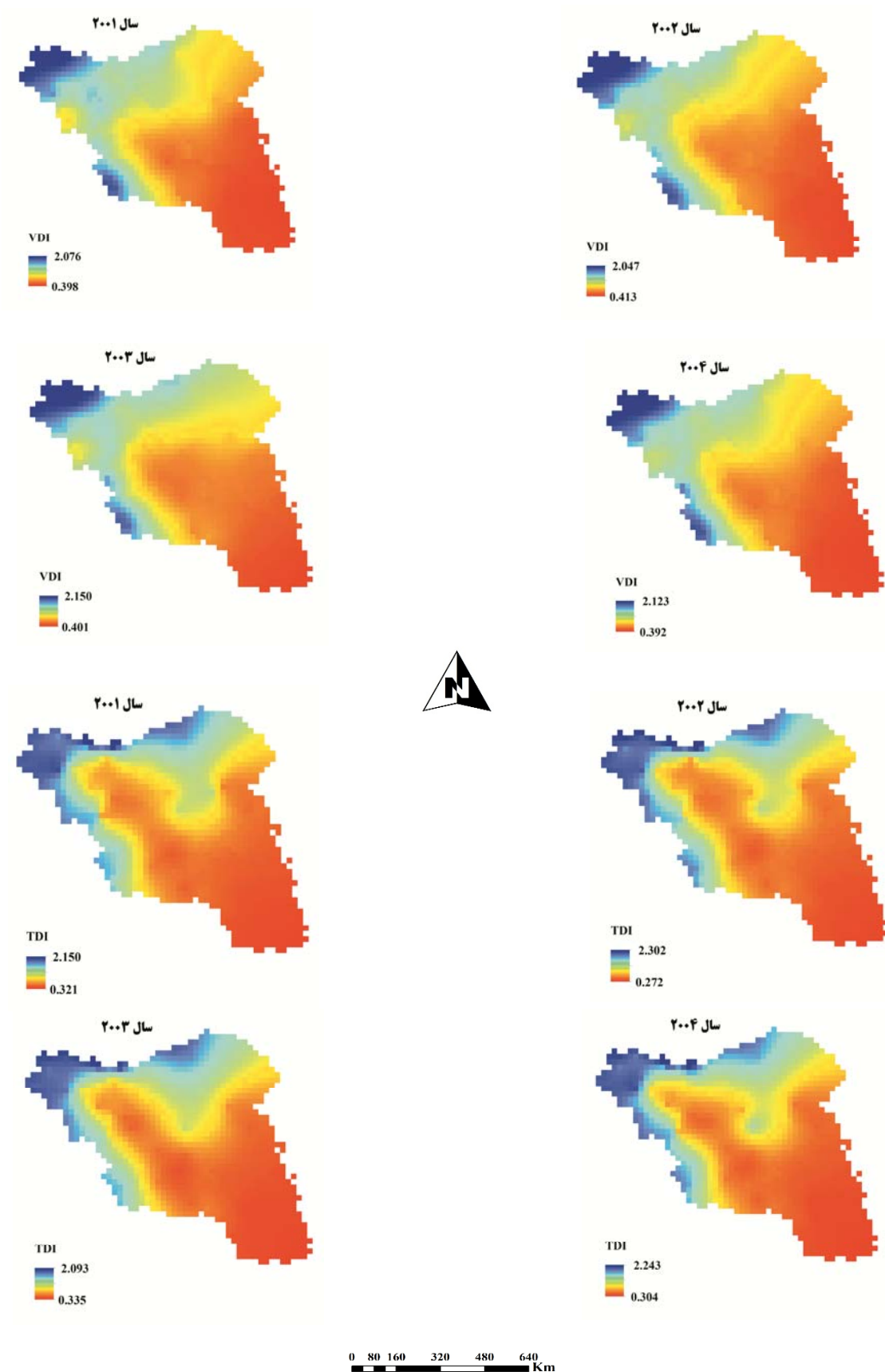
سال	R	معنی‌دار در سطح ٪۵	RMSE	ME	MAE	Bias
۲۰۰۱	۰/۸۶۴	+	۰/۳۶۸	۰/۰۲۳	۰/۳۰۰	۰/۰۲۳
۲۰۰۲	۰/۸۳۹	+	۰/۳۹۹	۰/۰۳۱	۰/۳۱۴	۰/۰۳۰
۲۰۰۳	۰/۸۹۶	+	۰/۳۳۳	۰/۰۳۱	۰/۲۶۶	۰/۰۳۰
۲۰۰۴	۰/۸۶۵	+	۰/۳۸۶	۰/۰۳۲	۰/۳۱۲	۰/۰۳۱

جدول ۵- ارزیابی دقت روش درون‌یابی کریجینگ جهت برآورد شدت خشکسالی مبتنی بر شاخص TDI

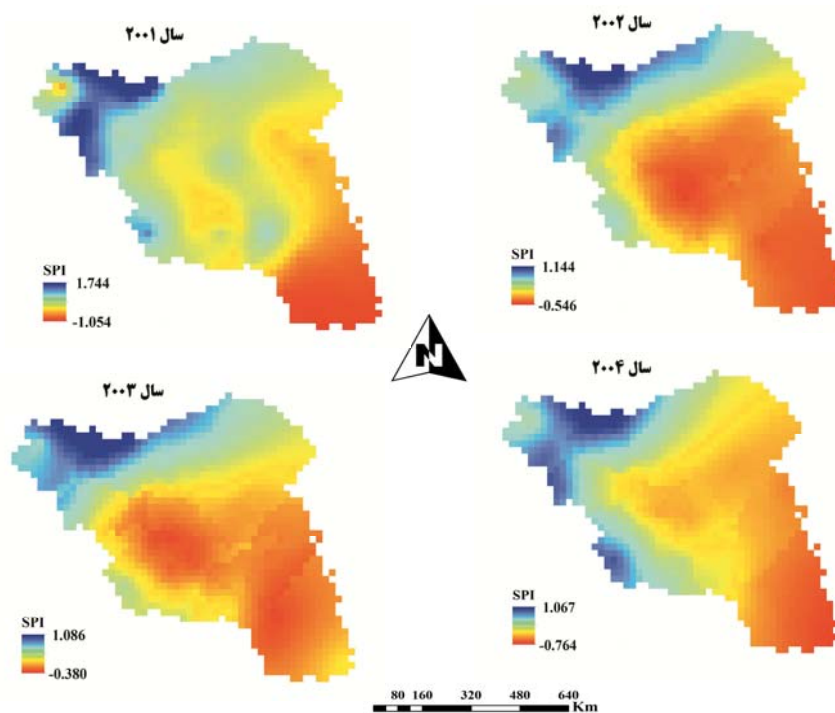
سال	R	معنی‌دار در سطح ٪۵	RMSE	ME	MAE	Bias
۲۰۰۱	۰/۸۹۵	+	۰/۴۰۵	۰/۰۰۳	۰/۲۹۲	۰/۰۲۱
۲۰۰۲	۰/۸۹۵	+	۰/۴۲۱	۰/۰۳۵	۰/۳۴۴	۰/۲۰۴
۲۰۰۳	۰/۸۱۴	+	۰/۴۳۷	۰/۰۳۸	۰/۳۴۰	۰/۱۹۹
۲۰۰۴	۰/۹۱۴	+	۰/۲۲۴	۰/۰۴۷	۰/۱۷۳	۰/۰۴۶

جدول ۶- ارزیابی دقت روش درون‌یابی کریجینگ جهت برآورد شدت خشکسالی مبتنی بر شاخص SPI

سال	R	معنی‌دار در سطح ٪۵	RMSE	ME	MAE	Bias
۲۰۰۱	۰/۹۱۵	+	۰/۲۰۶	۰/۰۳۹	۰/۱۵۸	۰/۰۴۰
۲۰۰۲	۰/۸۹۳	+	۰/۲۵۹	۰/۰۵۰	۰/۱۹۲	۰/۰۴۹
۲۰۰۳	۰/۹۰۸	+	۰/۲۳۴	۰/۰۵۰	۰/۱۷۳	۰/۰۴۹
۲۰۰۴	۰/۹۱۴	+	۰/۲۲۴	۰/۰۴۷	۰/۱۷۳	۰/۰۴۶



شکل ۲- نقشه‌های شدت خشکسالی بر اساس شاخص‌های VDI و TDI مبتنی بر داده‌های ماهواره‌ای



شکل ۳- نقشه‌های شدت خشکسالی بر اساس شاخص مبتنی بر داده‌های زمینی

جدول ۷- مقایسه خصوصیات آماری نقشه‌های شاخص خشکسالی VDI مبتنی بر داده‌های ماهواره‌ای

سال	R	معنی دار در سطح ٪۹۵	RMSE	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
۲۰۰۱	۰/۶۲	+	۰/۹۹	۰/۳۹۸	۲/۰۷۶	۰/۸۵۰	۰/۳۶۰
۲۰۰۲	۰/۶۷	+	۰/۸۶	۰/۴۱۳	۲/۰۴۷	۰/۸۴۸	۰/۳۴۸
۲۰۰۳	۰/۷۰	+	۰/۷۲	۰/۴۰۱	۲/۱۵۰	۰/۸۶۲	۰/۳۴۲
۲۰۰۴	۰/۷۵	+	۰/۸۵	۰/۳۹۲	۲/۱۲۳	۰/۸۴۵	۰/۳۶۹

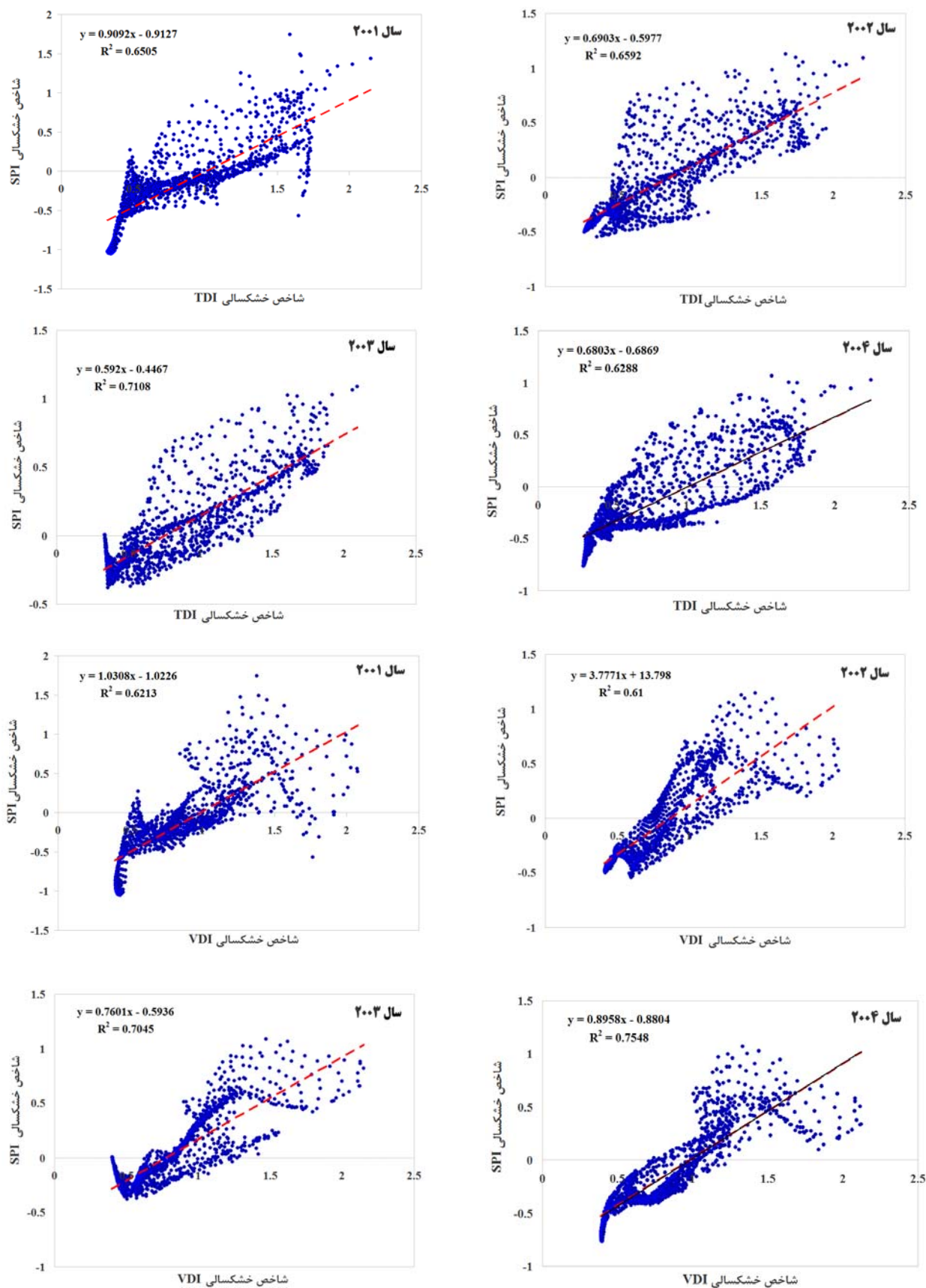
جدول ۸- مقایسه خصوصیات آماری نقشه‌های شاخص خشکسالی TDI مبتنی بر داده‌های ماهواره‌ای

سال	R	معنی دار در سطح ٪۹۵	RMSE	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
۲۰۰۱	۰/۶۵	+	۰/۸۹	۰/۳۲۱	۲/۱۵۰	۰/۸۴۳	۰/۴۱۷
۲۰۰۲	۰/۶۶	+	۰/۶۹	۰/۲۷۲	۲/۳۰۲	۰/۸۳۱	۰/۴۵۳
۲۰۰۳	۰/۷۱	+	۰/۵۹	۰/۳۳۵	۲/۰۹۳	۰/۸۵۸	۰/۴۴۱
۲۰۰۴	۰/۶۳	+	۰/۵۶	۰/۳۰۴	۲/۲۴۳	۰/۸۲۹	۰/۴۴۳

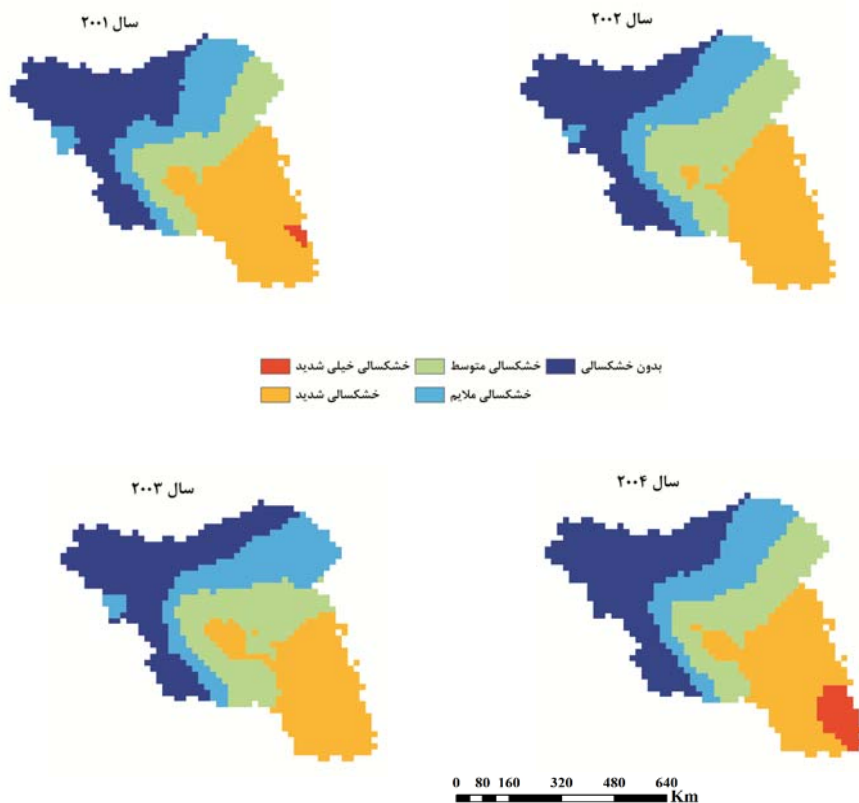
طبقه‌بندی شدت خشکسالی بر اساس شاخص‌های VDI و TDI

مقدار شاخص‌های VDI و TDI بر اساس داده‌های ماهواره‌ای MODIS در ۵۰ ایستگاه سینوپتیک انتخابی در دوره زمانی ۲۰۰۱-۲۰۰۴ در محدوده ایران مرکزی در شکل ۷ نشان داده شده است.

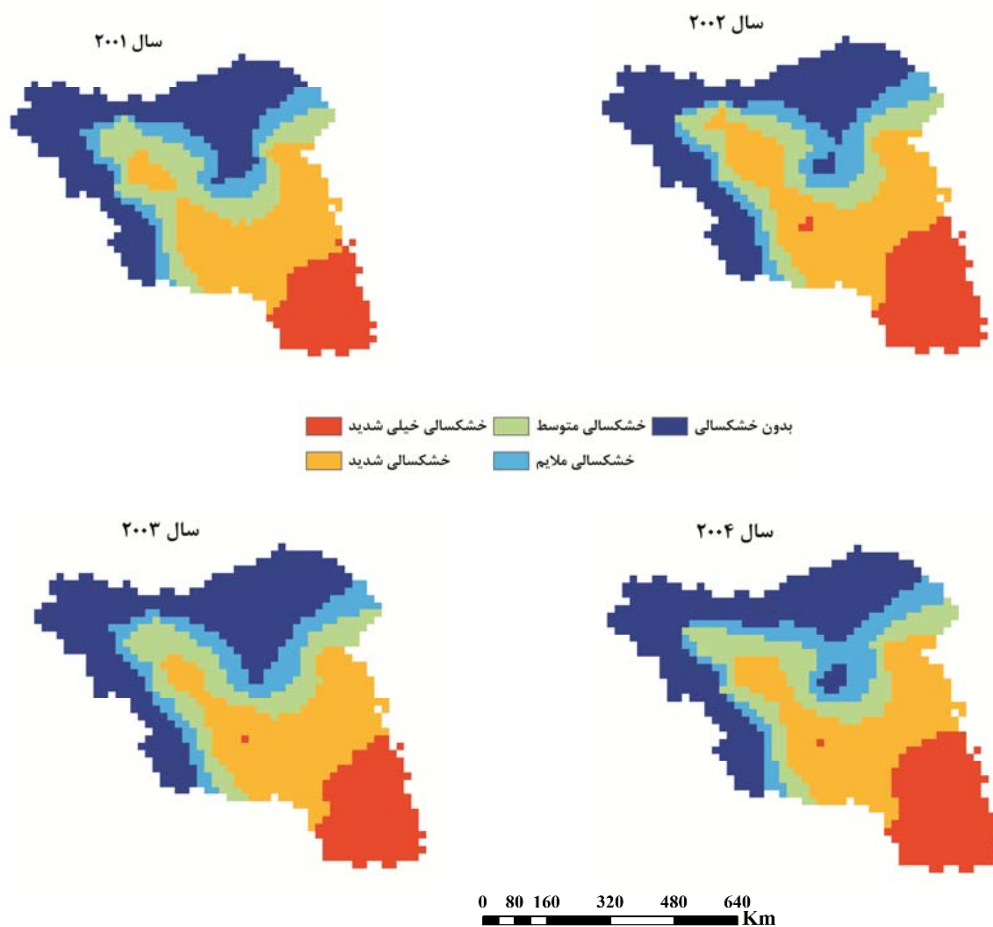
نقشه‌های طبقه‌بندی شدت خشکسالی بر اساس شاخص‌های VDI و TDI حاصل از داده‌های ماهواره‌ای MODIS در سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۴ در محدوده ایران مرکزی در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است. متوسط



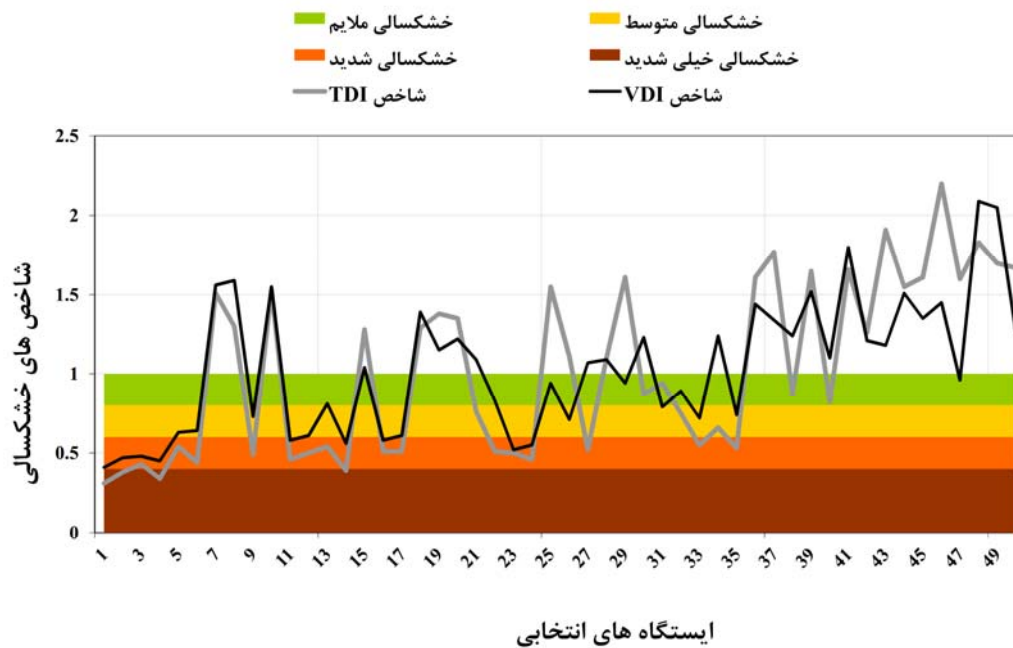
شکل ۴- مقایسه بین مقادیر شاخص خشکسالی VDI, TDI و SPI طی دوره آماری ۲۰۰۱-۲۰۰۴



شکل ۵- نقشه طبقه‌بندی شدت خشکسالی بر اساس شاخص VDI



شکل ۶- نقشه طبقه‌بندی شدت خشکسالی بر اساس شاخص TDI



شکل ۷- میانگین شاخص‌های خشکسالی VDI و TDI مبتنی بر داده‌های MODIS در ۵۰ ایستگاه انتخابی

بحث و نتیجه‌گیری

اساس نتایج شاخص خشکسالی VDI، بیشترین سطح خشکسالی خیلی شدید و شدید و همچنین مناطق بدون خشکسالی مربوط به سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۴ و کمترین مربوط به سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳ است. در حالی که بر اساس نتایج شاخص TDI، بیشترین سطح خشکسالی خیلی شدید و شدید مربوط به سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۴ و کمترین مربوط به سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۳ است. در مورد مناطق بدون خشکسالی، بیشترین سطح مربوط به سال ۲۰۰۳ و کمترین مربوط به سال ۲۰۰۲ است. بیشترین شدت خشکسالی بر اساس دو شاخص VDI و TDI در دوره مورد مطالعه در محدوده ایران مرکزی، در ایستگاه‌های ایرانشهر، کهنوج، میان‌ده جیرفت، بهم، بافت، سیرجان، کرمان، رفسنجان، انار، بافق، یزد، نائین، بیرجند و خور بیرجند رخ داده است. در این پژوهش از سنجنده MODIS که دارای ۳۶ باند است، استفاده شد. بیشتر باندهای طیفی این سنجنده باریک هستند که این ویژگی سبب جلوگیری از جذب طیفی بخار آب در باند مادون قرمز شده و در نتیجه خطایی که به واسطه جذب بخار آب ایجاد می‌شود بسیار کوچک می‌شود. بنابراین دقت محاسباتی در تعیین شاخص‌های

خشکسالی، پدیده‌ای پیچیده با آثار متفاوت است. این رو برای تعیین شدت و وسعت خشکسالی از شاخص استفاده می‌شود. در این پژوهش از محصولات دما و پوشش گیاهی سنجنده مودیس به منظور بررسی خشکی با استفاده از شاخص‌های VDI و TDI در محدوده ایران مرکزی استفاده شد. برای پایش خشکسالی، از شاخص‌های مختلفی با منابع داده مختلفی استفاده می‌شود که این ممکن است نتایج متفاوتی را به همراه داشته باشد، بنابراین باید از یک معیار برای ارزیابی کارایی این شاخص‌ها استفاده شود. شاخص SPI در مقیاس زمانی سه ماهه (ارتباط داشتن با پوشش گیاهی) به عنوان معیار برگزیده شد. نتایج نشان داد که همبستگی شاخص VDI و TDI به ترتیب با شاخص SPI در دوره ۴ ساله (۲۰۰۱-۲۰۰۴) برابر ۰/۶۹ و ۰/۶۶ در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار است. با توجه به همبستگی بالای بین شاخص SPI و داده‌های ماهواره‌ای می‌توان نتیجه گرفت که تصاویر ماهواره‌ای از توانایی بالایی برای پایش و مدیریت خشکسالی برخوردارند و همبستگی بالایی بین آنها در پایه‌های زمانی متفاوت و شرایط مکانی و زمانی متفاوت می‌تواند وجود داشته باشد [۲۳، ۱۴، ۶ و ۷]. بر

ضمن آن که شاخص‌های توسعه یافته جدید نباید جایگزین شاخص‌های قبلی گردد بلکه این شاخص‌ها به عنوان یک منبع اطلاعاتی جدید در کنار منابع دیگر در نظر گرفته شود. پیشنهاد می‌شود جهت مطالعه جامع‌تر ضمن بررسی در دوره‌های زمانی بیشتر در کنار داده‌های پوشش گیاهی و دما از متغیرهای اقلیمی مهم مثل بارش در گام‌های زمانی روزانه و ساعتی که اطلاعات آن با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای از قبیل TRMM در دسترس است و همچنین داده‌های رطوبت خاک حاصل از مدل‌های سطح زمین که فراسنجی تعیین‌کننده در بسیاری از فرآیندهای پیچیده زیست-محیطی به شمار می‌آید و نقش مهمی در رخداد خشکسالی دارد به صورت تلفیقی برای مطالعات آینده استفاده شود.

References

- [1]. Baaghdeh, M., Alijani, B., & Ziaian, P. (2010). Evaluation The Possibility of Using The NDVI of Using The NDVI Index to Analyze and Monitor Droughts in Esfahan Province. *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 1(4). 1-16. (in Farsi).
- [2]. Balint, Z., Mutua, F.M., Muchiri, P., & Omuto, C.T. (2013). Monitoring Drought with the Combined Drought Index in Kenya. *Journal of Developments in Earth Surface Processes*, Vol. 16. pp. 341-356.
- [3]. Balint, Z., Mutua, F.M., & Muchiri, P. (2011). Drought Monitoring with the Combined Drought Index. Methodology and Software. *FAO-SWALIM Nairobi, Kenya*, PP. 1-28.
- [4]. Bhuiyan, C., Singh, R.P., & Kogan, F.N. (2006). Monitoring drought dynamics in the Aravalli Region (India) using different indices based on ground and remote sensing data. *Inter. J. Appl. Earth Obs. Geoinf*, 8: 289-30.
- [5]. Ebrahimi Khusfi, M., Darvishzade, R., Matkan, A., & Ashourloo, D. (2010). Drought Assessment in Arid Regions Using Vegetation Indices - A Case Study of "Shirkooh of Yazd" in Central Iran. *Journal of Environmental Sciences*, 7(4), 59-72. (in Farsi).
- [6]. Ebrahimzadeh, S., Bazrafshan, J., & Ghorbani, K.H. (2013). Comparative study of drought index based on satellite data and ground-based techniques using vector analysis (case study: Kermanshah Proninve). *journal of*

گیاهی و دمایی افزایش می‌یابد. بررسی نتایج نشان داد که شاخص‌های VDI و TDI حاصل از تصاویر ماهواره‌ای MODIS با قدرت تفکیک مکانی، زمانی و رادیومتریکی مناسب می‌توانند جایگزین مناسبی برای شاخص‌های هواشناسی برای برآورد خشکسالی باشند. با توجه به این‌که در تصاویر ماهواره‌ای، تعداد نقاط نمونه‌برداری بسیار بیشتر از تعداد ایستگاه‌های زمینی است، استفاده از دانش سنجش از دور پیشنهاد می‌شود. البته این شاخص‌ها منطقه‌ای عمل می‌کنند و در مناطق مختلف نتایج متفاوتی دارند. در پایش خشکسالی باید از اطلاعات منابع مختلف استفاده نمود و پایش جامع خشکسالی زمانی محقق می‌شود که تمامی متغیرهای مؤثر بر انواع خشکسالی‌های هواشناسی، کشاورزی و هیدرولوژیکی در شاخص‌های مورد استفاده منظور گردد.

- water and soil (Agricultural Science and Technology)*, 27: 5. 1045-1034. (in Farsi).
- [7]. Erfanian, M., Vafaei, N., & Rezaianzadeh, M. (2014). A New Method for Drought Risk Assessment by Integrating the TRMM Monthly Rainfall Data and the Terra/MODIS NDVI Data in Fars Province. Iran. *Journal of Physical Geography Research Quarterly*, 46(1). 93-108. (in Farsi).
- [8]. Guttman, N. (1998). Comparing the Palmer Drought Index and the Standardized Precipitation Index. *J. of Am Water Resources Association*, 34, PP.113-121.
- [9]. Heim, R.R. (2002). A Review of Twentieth-century Drought Indices Used in United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 84: 1149-1165.
- [10]. Hellden, U., Christian, T. (2008). Regional Desertification: a Global Synthesis. *Global and Planetary Change*, 64: 3-4, PP. 169-176.
- [11]. Jahanbakhsh, A., Sarraf, S.S., Khorshiddoust, B., & Rostamzadeh, A.M. (2009). Assessment and analysis of vegetation change in Sarab Plain in drought and wet years. *J. Geograph*, 23: 132-117. (in Farsi).
- [12]. McKee, T.B., Doesken, N.J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: *Proceedings of the 8th conference on applied climatology*, 17-22 January, Anaheim, CA, Am Meteor Soc, Boston, MA, 179-184.

- [13]. McKee, T.B., Doesken, N.J., & Kleist, J.Y. (1995). Drought monitoring with multiple time scales. *Ninth Conference on Applied Climatology. American Meteorological Society: Dallas. TX*, PP 233–236.
- [14]. Mir-Mousavi, H., & Karimi, H. (2013). Effects of drought on vegetation cover using Landsat MODIS images. *J. Geograph. Dev*, 31: 76-57. (in Farsi.)
- [15]. Mishra, A.K., & Singh, V.P. (2010). A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391(1), 202-216.
- [16]. Morid, S., Smakhtin, V., & Moghaddasi, M. (2006). Comparison of seven meteorological indices for drought monitoring in Iran. *International Journal of Climatology*, 26, 971–985.
- [17]. Rahimzadeh, P. (2005). The possibility of using NOAA-AVHRR images to monitor drought. M.Sc. thesis, Tehran University. Faculty of Environment. (in Farsi).
- [18]. Rezaeimoghadam, M.H., Valizadeh Kamran, K.H., Rostamzadeh, H., & Rezaee, A. (2013). Evaluating the Adequacy of MODIS in the Assessment of Drought (Case Study: Urmia Lake Basin). *Journal of Geography and Environmental Sustainability*, 2(5). 37-52. (in Farsi).
- [19]. Rhee, J. (2010). Monitoring Agricultural Drought for Arid and Humid Regions Using Multi-sensor Remote Sensing Data. *Remote Sensing of Environment*, 114, 2875–2887.
- [20]. Roswintiarti, O., Oarwati, S., & Anggraini, N. (2010). Potential drought monitoring over agriculture area in Java Island. *Indonesia, Indonesian National Institute of Aeronautics and Space (LAPAN), Progress Report of SAFE Prototype Year*, Pp.121-135.
- [21]. Sergio, M., & Vicente, S. (2007). Evaluating the Impact of Drought Using Remote Sensing in a Mediterranean, Semi arid Region. *Natural Hazards*, 40: 1. 173-208.
- [22]. Shakya, N., & Yamaguchi, Y. (2010). Vegetation, water and thermal stress index for study of drought in Nepal and central Northeastern India. *International Journal of Remote Sensing*, 31, 903–912.
- [23]. Shamsipour, A.A., Alavipanah, S.K., Mohammadi, H. (2010). Efficiency of Vegetation and Thermal Indices of NOAA-AVHRR Satellite in Ecological Drought Analysis of Kashan Region. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 3(40). 445-465. (in Farsi).
- [24]. Szinell, C.S., Bussay, A., Szentimrey, T. (1998). Drought tendencies in Hungary. *Int. J. Climatol*, 18, 1479–1491.
- [25]. Thenkabail, P.S., Enclona, E.A., Ashton, M.S., Legg, C., & Jean De Dieu, M. (2004). The use of remote sensing data for drought assessment and monitoring in southwest Asia. International Water Management Institute. PO Box 2075. Colombo. Sri Lanka.
- [26]. Vyas, S.S., Bhattacharya, B.K., Nigam, R., Guhathakurta, P., Ghosh, K., Chattopadhyay, N., & Gairola, R.M. (2015). A combined deficit index for regional agricultural drought assessment over semi-arid tract of India using geostationary meteorological satellite data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 39: 28-39.
- [27]. Wilhite, D.A. (2000). Drought as a natural hazard, In: Wilhite, D. A (Editor), *Drought: A Global Assessment*, Routledge, London.
- [28]. Wu, H., Hayes, M.J., Weiss, A., & Hu, Q. (2001). An evaluation of the standardized precipitation index, the China-z index and the statistical z-score. *International Journal of Climatology*, 21, 745–758.

Assessing the Efficiency of Vegetation Drought Index (VDI) and Temperature Drought Index (TDI) based on Satellite Images in Central Iran

1- Y. Niazi, PhD of Watershed Management Sciences & Engineering, Faculty of Natural Resources, Yazd University

2-A. Talebi, Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Yazd University

talebisf@yazd.ac.ir

3- M. H. Mokhtari, Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, Yazd University

4- M. Vazifedoust, Assistant Professor, Water Engineering Department, Guilan University

Received: 08 Mar 2017

Accepted: 18 Jul 2017

Abstract

Increasing of temperature and changing in precipitation patterns, leads to extreme climate events such as drought which drastically impact on agricultural, ecological and socio-economic sectors. Knowledge about the timing, severity and extent of drought can aid planning and decision-making. Drought indices derived from in-situ meteorological data have coarse spatial and temporal resolutions. Thus, obtaining a real-time drought condition over a large area is difficult. Therefore, drought indices which is derived from remote-sensing data, has been widely used for drought monitoring. In this study, two new drought indices, Vegetation Drought Index (VDI) and Temperature Drought Index (TDI) derived from remote sensing data are evaluated based on the Standard Precipitation Index (SPI) derived from in-situ meteorological data. The data included the MODIS sensor images from Terra satellite for the 2001 -2004 and rainfalls data from 50 synoptic stations in Central Iran. Accuracy of the two drought indices based on satellite data carried out using evaluation criteria of R and RMSE in 95% confidence levels compared with drought spatial distribution map of the SPI based on rainfalls monthly data. Results indicate significant correlation between VDI (0.69) and TDI (0.66) indices with SPI index. Thus, the drought indices based on remote sensing data could well use in drought early warning systems.

Keywords: Drought Monitoring; Vegetation Drought Index (VDI); Temperature Drought Index (TDI); Remote Sensing; Central Iran.

بررسی تأثیر پخش سیلاب بر تغذیه آبخوان با استفاده از شاخص‌های GRI، SDI و SPI (مطالعه موردی: آبخوان هرات یزد)

- ۱- محمدرضا فاضل پور، دکتری آبخیزداری، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری یزد
fazelpor_reza@yahoo.com
- ۲- حسین ملکی نژاد، دانشیار دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد
- ۳- محمدرضا اختصاصی، استاد دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد
- ۴- جلال برخوردار، عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، استان یزد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۰

چکیده

پخش سیلاب بر روی مخروط افکنه‌ها، در خروجی حوزه‌های آبخیز و با هدف بهره‌برداری از سیلاب‌های ناگهانی انجام می‌شود. پخش سیلاب به منظور که جهت بهره‌برداری از سیلاب‌های خشکه رودها، رودخانه‌های فصلی و ذخیره نمودن آن‌ها در آبخوان‌ها به کار می‌رود. در تحقیق حاضر تأثیر سیستم پخش سیلاب هرات در استان یزد بر تغذیه آبخوان بررسی گردید. به این منظور شاخص GRI برای چاه‌های پیژومتری (۳ چاه داخل آبخوان و ۶ چاه مجاور آبخوان) و همچنین شاخص SDI برای قنات‌های پایین دست (۴ رشته قنات) محاسبه شد. همبستگی شاخص‌ها با حجم سیلاب ورودی به عرصه‌های پخش سیلاب و همچنین شاخص بارش استاندارد (SPI) به صورت سالانه و ماهانه و با تاخیرهای زمانی متفاوت بررسی گردید. نتایج نشان داد که شاخص GRI سالانه در پیژومترها با حجم سیلاب و حجم سیلاب با تاخیرهای زمانی، در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی‌دار است. شاخص GRI ماهانه در دو پیژومتر با حجم سیلاب و در بقیه با شاخص بارش استاندارد با تاخیرهای ماهانه همبستگی دارد. در ارتباط با قنات، شاخص SDI بیشتر با شاخص بارش استاندارد (SPI) به صورت ماهانه و سالانه با تاخیرهای زمانی همبستگی نشان داد. در نهایت با توجه به این‌که ۹۸ درصد آبیگری عرصه‌ها در سه سال اول بعد از اجرای طرح بوده و در سال‌های زیادی عرصه بدون آبیگری بوده است، همچنین به دلیل کاهش نفوذپذیری عرصه‌ها و تبخیر بالا، احداث این‌گونه طرح‌ها در مناطق خشک و نیمه خشک از عملکرد پایینی برخوردار است.

واژگان کلیدی: مناطق خشک؛ سیل؛ هرات؛ خشکسالی.

مقدمه

کشور ایران، با توجه به موقعیت جغرافیایی، شرایط اقلیمی و وضعیت ریزش‌های جوی، از مناطق خشک و نیمه خشک جهان به شمار می‌رود. میزان بارندگی در ایران یک سوم متوسط بارندگی کره زمین است ولی همین مقدار بارندگی نیز پراکنش زمانی و مکانی مناسبی ندارد. به طوری که یک سوم در سطحی حدود ۱۰ درصد از مساحت کل کشور و دوسوم بقیه در سایر نقاط فرو می‌ریزد [۸].

در مناطق خشک و نیمه خشک، منابع آب زیرزمینی به منظور تامین آب مورد نیاز بخش‌های مختلف از اهمیت بالایی برخوردار است. این منابع از مهم‌ترین عوامل توسعه اقتصادی و اجتماعی در بسیاری از مناطق کشور به شمار می‌روند. در این راستا برنامه‌ریزی در جهت بهره‌برداری اصولی و حفاظت از منابع آب زیرزمینی از اهمیت زیادی برخوردار است.

خشکسالی یکی از مخاطرات اصلی مرتبط با هواشناسی است. این مخاطره طبیعی تمام جوانب زندگی ما را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در سطح بین‌المللی تعریف واحدی از خشکسالی که مورد قبول همه باشد، وجود ندارد. به‌طور کلی خشکسالی زمانی روی می‌دهد که کاهش چشم‌گیر آب، هم در مکان و هم در زمان ویژه‌ای روی دهد.

از بین شاخص‌های کمی در تحلیل خشکسالی، استفاده شاخص از داده‌های قابل دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای دوره‌ای متفاوت زمانی و همچنین

در مناطق خشک و نیمه خشک، منابع آب زیرزمینی به منظور تامین آب مورد نیاز بخش‌های مختلف از اهمیت بالایی برخوردار است. این منابع از مهم‌ترین عوامل توسعه اقتصادی و اجتماعی در بسیاری از مناطق کشور به شمار می‌روند.

مقیاس‌های مکانی مختلف، شاخص SPI به عنوان شاخص مناسب به منظور تحلیل خشکسالی از مقبولیت جهانی برخوردار شده است.

روش‌های مختلفی در جهت تغذیه آبخوان‌ها و بهبود شرایط آب‌های زیرزمینی به کار گرفته می‌شود. پخش سیلاب بر روی مخروط افکنه‌ها در خروجی حوزه‌های آبخیز با هدف بهره‌برداری از سیلاب‌ها که به صورت ناگهانی جریان می‌یابند، روشی مناسب برای بهره‌برداری از سیلاب‌های خشکه رودها و رودخانه‌های فصلی و ذخیره نمودن آنها در آبخوان‌ها است [۱۵]. در رابطه با تاثیر طرح‌های پخش سیلاب بر تغذیه آبخوان‌ها، مطالعات زیادی در سطح دنیا صورت گرفته است.

بررسی طرح پخش سیلاب سبزوار نشان داده که حجم سیلاب نفوذ داده شده در حدود ۱۰ میلیون متر مکعب، باعث بهبود کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی مناطق پایین دست شده است، به طوری که افت سفره از ۴۵ سانتیمتر در سال ۱۳۷۶ به ۲۳ سانتیمتر در سال ۱۳۷۷ کاهش یافته است [۱۴].

نتایج بررسی تاثیر طرح‌های پخش سیلاب بر آب‌های زیرزمینی نشان داد که پس از اجرای طرح‌ها، اثر آنگیری طرح‌ها باعث افزایش هیدروگراف دشت شده است. همچنین عمق آب در پیژومترها و کیفیت آب قنات‌های پیرامون طرح افزایش یافته است [۷]. در پژوهشی اثر پخش سیلاب بر تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی آبخوان پسکوه سراوان در طرح آبخیزداری مثبت ارزیابی شد [۱۲]. نتایج بررسی تاثیر پخش سیلاب بر کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه طغرد قم نشان داد که پخش سیلاب باعث افزایش دبی قنات‌ها و سطح آب چاه‌ها و افزایش محصولات کشاورزی و کاهش مهاجرت شده است [۱۳].

در پژوهشی با بکارگیری مدل Modflow مدیریت بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و عملکرد طرح تغذیه مصنوعی (پخش سیلاب) دشت آب باریک بم بررسی شد. نتایج نشان که روند افت با وجود شروع به کار طرح تغذیه مصنوعی ادامه خواهد داشت. همچنین شبیه سازی نشان داد که در اثر طرح پخش سیلاب به طور متوسط در مدت ۳ سال به میزان ۱۲/۶ میلیون مترمکعب به آب آبخوان

افزوده گردید [۶]. در تحقیقی تاثیر پخش سیلاب در تغییرات کمی آب‌های زیرزمینی در ایستگاه آبخوان شهید احمدی تهران، بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که پخش سیلاب موجب کاهش روند افت در چاه‌های پیژومتر پایین دست عرصه شده است [۱۰]. تغذیه مصنوعی باعث کاهش تخریب اراضی کشاورزی و اماکن مسکونی، به وسیله سیلاب با هدایت آن به مخروط افکنه‌ها جهت تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و افزایش سطح پیژومتریک آب‌های زیرزمینی می‌شود [۱۱]. نتایج ارزیابی طرح امکان کاهش اثرات خشکسالی با طرح‌های پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی نشان داد که این طرح توانسته است با بهبود روند رو به افزایش افت سفره آب زیرزمینی در منطقه، به طور مستقیم اثرات مثبت خود را به جا بگذارد [۲].

در پژوهشی به ارزیابی طرح پخش سیلاب بر روی آبخوان دشت قوشه دامغان پرداخته شد. به منظور ارزیابی مدیریت سیلاب و نقش آن در وضعیت آب زیرزمینی، آمار و اطلاعات ۳ حلقه چاهک پیژومتری که در نزدیک‌ترین منطقه پایین دست و مجاور عرصه پخش سیلاب وجود داشت و همچنین سه حلقه چاه پیژومتری دیگر استفاده شد. نتایج نشان داد که میانگین افت ماهانه در یکی از چاه‌های پیژومتری پس از اجرای طرح پخش سیلاب به میزان ۲۵/۱ درصد از روند افت سطح آب کاسته شده است [۴]. برای بررسی تاثیر پخش سیلاب بر منابع آب زیرزمینی دشت کوه‌دشت لرستان از آمار و اطلاعات موجود شامل بارندگی، سطح سفره آب زیرزمینی و میزان بهره‌برداری یک دوره آماری ۱۰ ساله (پیش و پس از اجرای عملیات پخش سیلاب) استفاده شد. برای مقایسه این سه متغیر نخست آزمون نرمال بودن داده‌ها صورت گرفت و داده‌ها استاندارد شد. نتایج بدست آمده نشان داد که پیش از پخش سیلاب (تا سال ۱۳۷۶-۱۳۷۵) تغییرات سطح سفره آب زیرزمینی تابع میزان بهره‌برداری بوده و روندی کاهشی داشته است. با اجرای طرح پخش سیلاب این روند کاهشی متوقف شده و سطح آب زیرزمینی افزایش یافته است [۱۶].

در بررسی اثرات ۳۰ ساله طرح تغذیه مصنوعی در تبولیا مشخص شد که اجرای طرح تغذیه مصنوعی، شرایط کیفی و کمی آبخوان را بهبود بخشیده است [۱]. در

۴۷' ۲۹° عرض شمالی در جنوب غرب شهرستان خاتم در جنوب استان یزد واقع گردیده است. حداکثر ارتفاع حوزه هرات ۳۲۶۵ متر، حداقل ارتفاع ۱۷۳۰ متر و میانگین ارتفاع منطقه ۲۲۰۷ متر بالاتر از سطح دریا است. متوسط بارش سالانه حوزه ۲۱۷ میلیمتر در سال است. اقلیم منطقه براساس طبقه‌بندی دومارتن جزء اقلیم نیمه خشک سرد قرار دارد. منطقه مورد مطالعه از نظر زمین شناسی بخشی از زون‌های زاگرس (افیولیت، رادیولاریت) و سندانج - سیرجان است. روند کلی ارتفاعات همانند زون زاگرس شمال غرب، جنوب شرق است که از نظر زمین شناسی گسترش سنگ‌های رسوبی نسبت به سنگ‌های دگرگونی و آذرین بیشتر بوده بطوری که می‌تواند از نظر کمی و کیفی تاثیر چشمگیری بر آب‌های زیر زمینی منطقه داشته باشد. موقعیت طرح پخش سیلاب اجرا شده در انتهای خروجی حوزه هرات و به وسعت ۴۹۰ هکتار و مشتمل بر پنج سایت اجرایی است (شکل ۱).

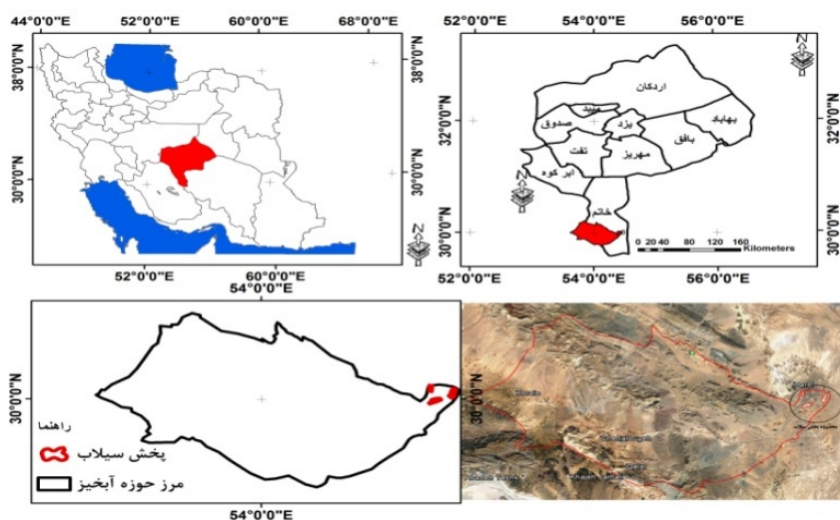
پژوهشی، نقش تغذیه مصنوعی (سیستم پخش سیلاب) در تعادل و تغذیه آب زیرزمینی با استفاده از مدل‌سازی بررسی شد. نتایج تحقیق نشان داد که سیستم پخش سیلاب می‌تواند از چند صد هزار متر مکعب تا ۴/۵ میلیون متر مکعب در سال‌های خشک و بارانی به سفره آب زیر زمینی تزریق نماید و یک راهکار کارآمد برای افزایش منابع آب زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه خشک است [۵].

در این پژوهش، تأثیر طرح پخش سیلاب هرات استان یزد بر تغذیه آبخوان به منظور ارزیابی عملکرد این نوع طرح‌ها در مناطق خشک و نیمه خشک بررسی شد. نتایج این پژوهش می‌تواند به عنوان راهکارهایی برای افزایش راندمان و زمینه بهره‌برداری بیشتر از آن‌ها را فراهم نماید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز هرات به وسعت ۱۴۱۳ کیلومتر مربع با مختصات ۲۱' ۵۴° تا ۳۸' ۵۸° طول شرقی و ۱۲' ۳۰° تا



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه روی نقشه و تصویر گوگل ارث

سطح ایستابی آن‌ها جمع‌آوری شد. به منظور تکمیل کار از شاخص‌های GRI (شاخص منابع آب زیرزمینی) و SDI (شاخص دبی استاندارد شده) (روابط ۱ و ۲) برای ارزیابی تاثیر طرح پخش سیلاب بر منابع آب زیرزمینی و آبدهی قنات‌ها مورد استفاده شد [۳].

برای بررسی نقش سیستم پخش سیلاب بر آب‌های زیر زمینی مناطق همجوار از شاخص مقایسه آبدهی قنات و سطح ایستابی چاه‌های پیژومتری استفاده شد. تعداد ۴ قنات (شامل قنات‌های فتح آباد، چاکری، حسین آباد و کوشک) و ۳ چاه پیژومتری داخل آبخوان و همچنین ۶ چاه پیژومتری اطراف آبخوان انتخاب و داده‌های دبی و

جدول ۱- طبقه بندی شاخص SPI

مقادیر SPI	طبقه
$SPI \geq 2.00$	ترسالی بسیار شدید
$1.50 < SPI \leq 2.00$	ترسالی شدید
$1.00 < SPI \leq 1.50$	ترسالی متوسط
$-1.00 < SPI \leq 1.00$	نزدیک به نرمال
$1.50 - < SPI \leq 1.00 -$	خشکسالی متوسط
$2.00 - < SPI \leq 1.50 -$	خشکسالی شدید
$SPI < -2.00$	خشکسالی بسیار شدید

نتایج

موقعیت مادر چاه و مظهر قنات‌ها و چاه‌های پیرومتری مورد بررسی نسبت به محل اجرای طرح پخش سیلاب در منطقه در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۲ مشخص است، پیرومترها در داخل عرصه‌های پخش سیلاب احداث شده و می‌تواند بلافاصله تغییرات حاصل از تغذیه سفره آب زیرزمینی را به صورت تغییر تراز آب زیرزمینی نشان دهد. اما سایر چاه‌ها و مادر چاه قنات‌ها در فواصل متفاوتی از سیستم پخش سیلاب قرار دارند و هر چه فاصله آن‌ها از محل تغذیه بیشتر شود تاثیر پذیری کمتری خواهند داشت.

به منظور بررسی تاثیر خشکسالی و ترسالی بر وضعیت آبدی قنات‌ها شاخص بارش استاندارد برای منطقه مورد مطالعه با استفاده از آمار نزدیک‌ترین ایستگاه به حوزه (ایستگاه خوانسار) محاسبه شد. شکل ۳ تغییرات شاخص بارش استاندارد برای منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. دوره‌های ترسالی در سال‌های آبی ۱۳۶۶-۱۳۶۵، ۱۳۷۱-۱۳۷۲، ۱۳۷۶-۱۳۷۴، و ۱۳۸۴-۱۳۸۱ اتفاق افتاده و در بقیه سال‌ها خشکسالی بر منطقه حاکم بوده است.

با استفاده از آمار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد نمودار تاریخ وقوع و حجم سیلاب ورودی به عرصه پخش سیلاب هرات ترسیم شد (شکل ۴).

بیشتر سیلاب‌های ورودی به عرصه پخش سیلاب بر اساس شکل ۴، مربوط به سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۴ بوده و به طور میانگین حجمی حدود ۰/۵ میلیون متر مکعب داشته است. نتایج شاخص SPI نیز نشان دهنده وقوع ترسالی در محدوده زمانی ذکر شده است. بنابراین، در منطقه مورد مطالعه و پس از احداث سیستم پخش سیلاب

$$SDI = \frac{Q_i - \bar{Q}}{\sigma} \quad (1)$$

که در آن:

Q_i دبی اندازه‌گیری شده، \bar{Q} : متوسط دبی و انحراف معیار داده‌ها می‌باشد.

$$GRI_{y,m} = \frac{D_{y,m} - \mu_{D,m}}{\delta_{D,m}} \quad (2)$$

که در آن:

$GRI_{y,m}$: رقوم شاخص در ماه m از سال y ، $D_{y,m}$: رقوم سطح ایستابی در ماه m از سال y می‌باشد.

$\mu_{D,m}$ و $\delta_{D,m}$ به ترتیب میانگین و انحراف معیار داده‌های سطح ایستابی ماه m برای D سال است.

همچنین به منظور بررسی تاثیر ترسالی‌ها و خشکسالی‌ها بر وضعیت آب‌های زیرزمینی منطقه، از نمایه بارندگی استاندارد (SPI) استفاده شد. به این منظور بارندگی بلند مدت منطقه مورد مطالعه به صورت ماهانه و سالانه جمع‌آوری شد و شاخص بارش استاندارد به کمک رابطه ۳ محاسبه گردید.

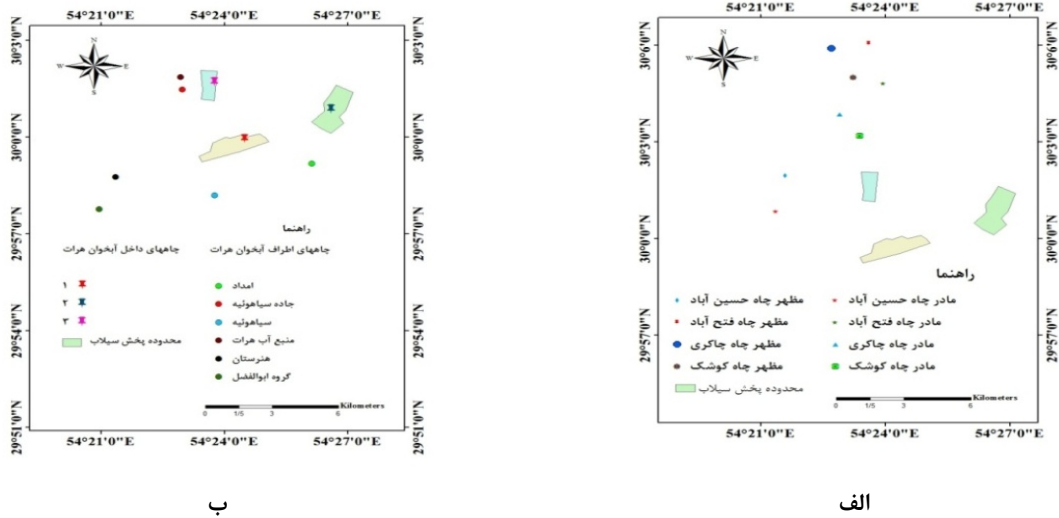
$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{\sigma} \quad (3)$$

که در آن:

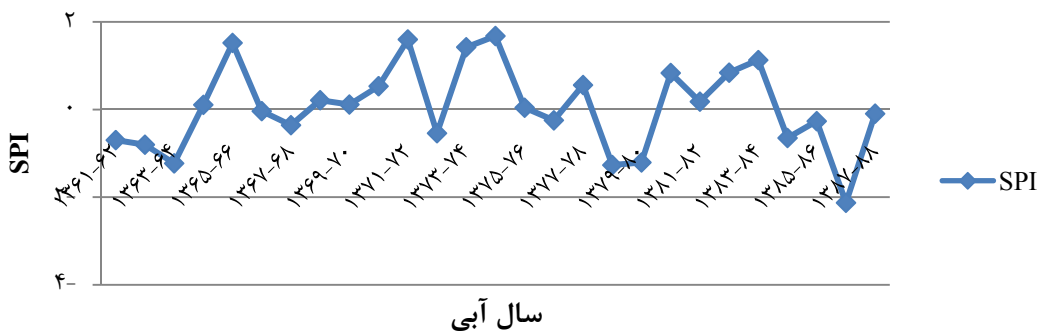
P_i : بارش سالانه، \bar{P} : متوسط بارش و σ : انحراف معیار داده‌ها است.

مقادیر مثبت این نمایه نشان دهنده بارندگی بیشتر از متوسط و مقادیر منفی آن معنای عکس دارد. بر اساس این شاخص، خشکسالی هنگامی اتفاق می‌افتد که SPI به طور مستمر منفی و هنگامی پایان می‌یابد که میزان آن مثبت گردد. شدت و تداوم خشکسالی‌های اقلیمی در مقیاس‌های کوتاه مدت و خشکسالی‌های آب شناختی در مقیاس‌های بلند مدت توسط این نمایه برآورد می‌شود. طبقات مختلف SPI بر اساس طبقه‌بندی مک کی و همکاران صورت گرفت [۹]. لازم به ذکر است طبقه‌بندی شاخص‌های SDI و GRI نیز مانند شاخص SPI بوده که در جدول ۱ ارائه شده است.

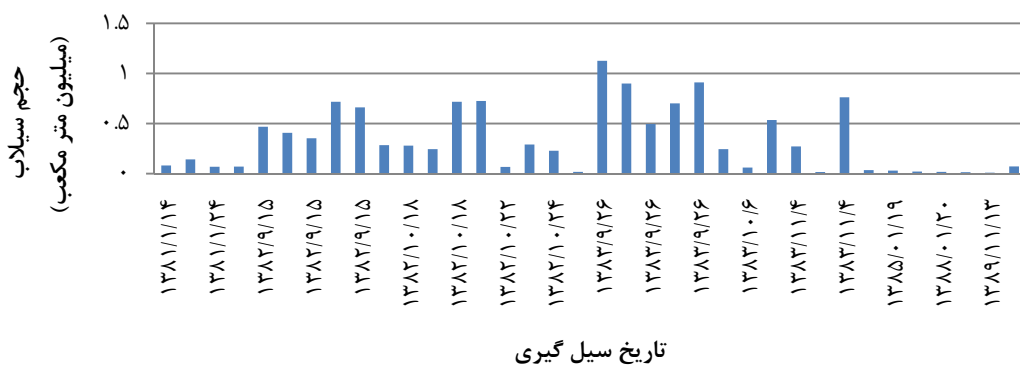
بارش‌های مناسب رخ داده که سبب ورود سیلاب قابل توجهی به عرصه شده است.



شکل ۲- (الف): موقعیت چاه‌ها و (ب): قنات‌ها مورد مطالعه نسبت به پخش سیلاب هرات



شکل ۳- تغییرات شاخص بارش استاندارد در منطقه هرات یزد

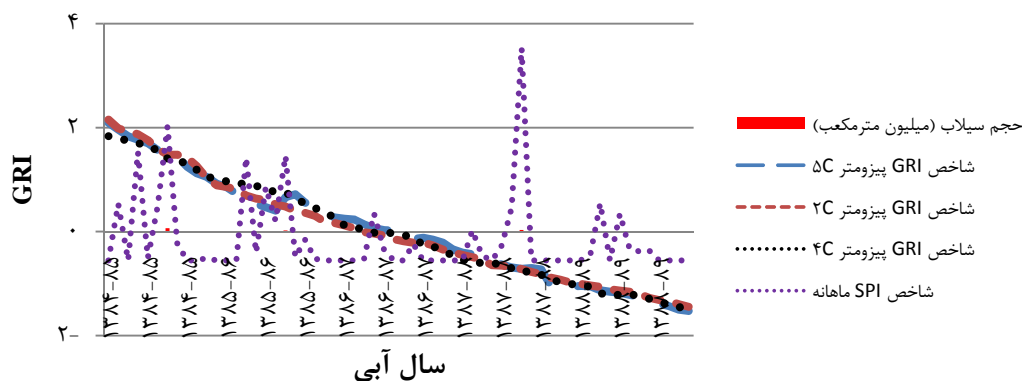


شکل ۴- تاریخ آگیری و حجم سیلاب عرصه پخش سیلاب هرات

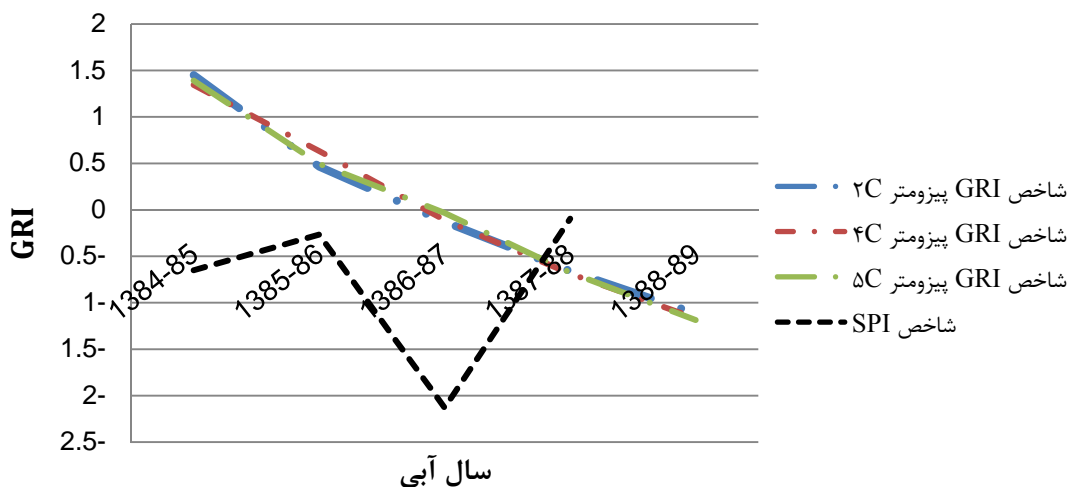
شاخص GRI برای چاه‌های داخل آبخوان و خارج آبخوان هرات

با توجه به آمار دبی‌های قنات‌های مورد بررسی، شاخص دبی استاندارد شده به صورت سالانه و ماهانه ترسیم شد. همچنین شاخص GRI برای چاه‌های پیژومتری داخل و اطراف آبخوان محاسبه گردید. به منظور بررسی رابطه حجم سیل‌گیری (اثر پخش سیلاب) و

خشکسالی - ترسالی بر روی شاخص مورد نظر حجم سیل ورودی به عرصه پخش سیلاب و شاخص بارش استاندارد نیز به صورت سالانه و ماهانه محاسبه و بر روی نمودار دبی استاندارد شده و شاخص GRI اضافه گردید، نتایج به دست آمده در شکل‌های ۵ تا ۸ برای بازه زمانی سالانه و ماهانه نشان داده شده است.



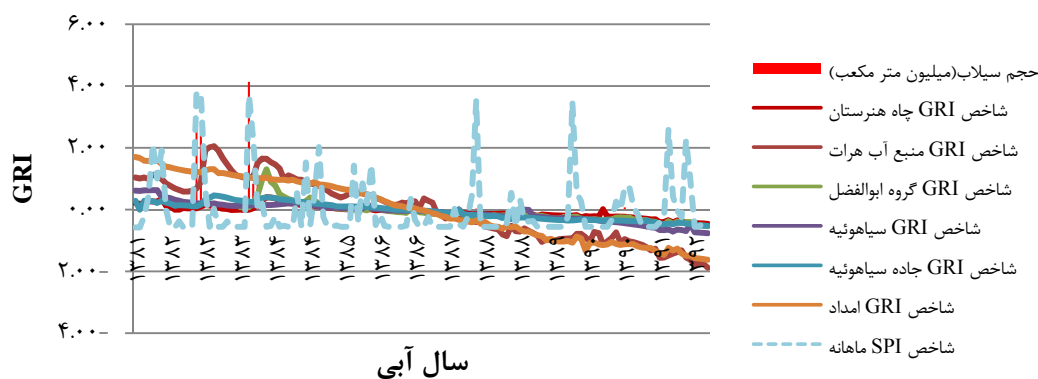
شکل ۵- شاخص GRI ماهانه پیژومترهای داخل عرصه پخش سیلاب



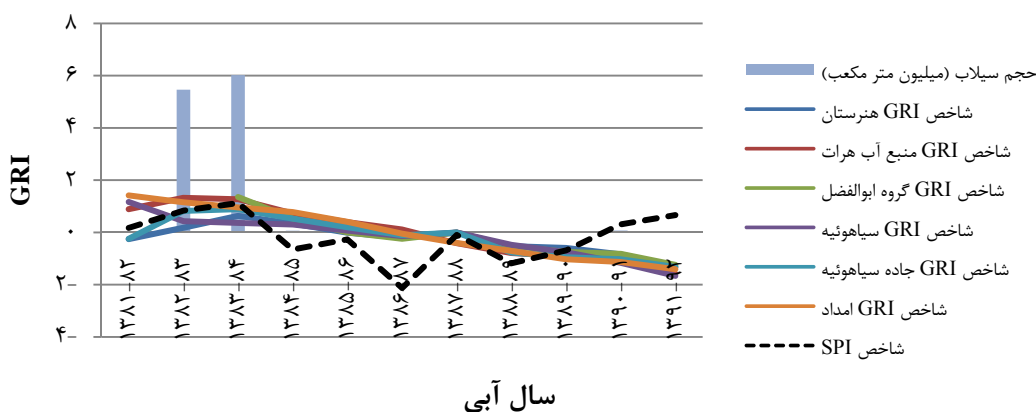
شکل ۶- شاخص GRI سالانه پیژومترهای داخل عرصه پخش سیلاب

است. با وجود ترسالی‌ها نیز روند کاهشی سطح آب زیرزمینی مشهود است. و این امر را می‌توان به برداشت بیرویه از آبخوان منطقه به منظور مصارف مختلفی که مهمترین آن کشاورزی است، نسبت داد. چراکه توسعه باغ‌ها در دهه‌های اخیر رشد چشمگیری داشته است.

بر اساس شکل‌های ۵ و ۶، شاخص سطح آب زیرزمینی برای پیژومترهای داخل عرصه‌های پخش سیلاب چه به صورت ماهانه و چه سالانه دارای روند کاهشی است. این روند کلی نشان دهنده افت سطح آب زیرزمینی در منطقه است. هر چند در برخی موارد نمودار حالت صعودی داشته



شکل ۷- شاخص GRI ماهانه چاههای اطراف پخش سیلاب



شکل ۸- شاخص GRI سالانه چاههای اطراف پخش سیلاب

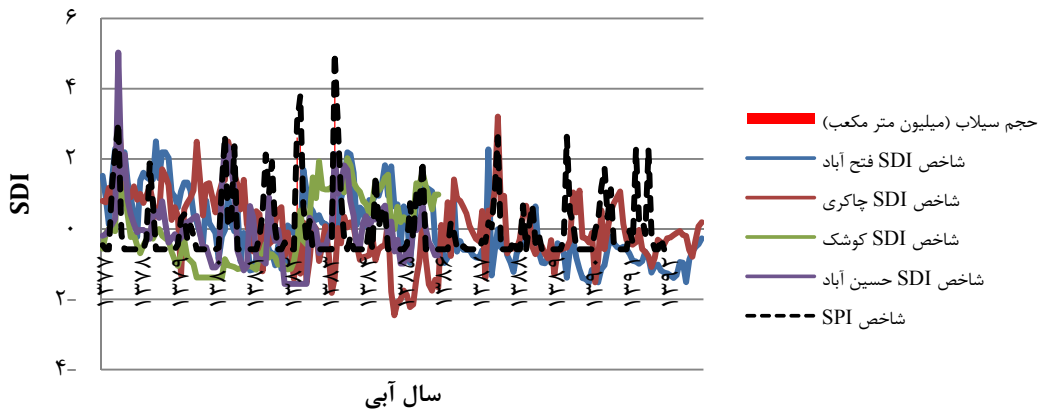
بهبتر، داده‌های حجم سیل و شاخص SPI با تاخیرهای زمانی ۱ و ۲ ساله در نظر گرفته شد. همچنین همبستگی به صورت ماهانه با بازه‌های زمانی تاخیر ۳، ۶، ۱۲ و ۱۵ ماهه برای چاههای اطراف آبخوان بررسی شد (جدول‌های ۴ و ۵).

شاخص SDI قنوات پایین دست آبخوان هرات

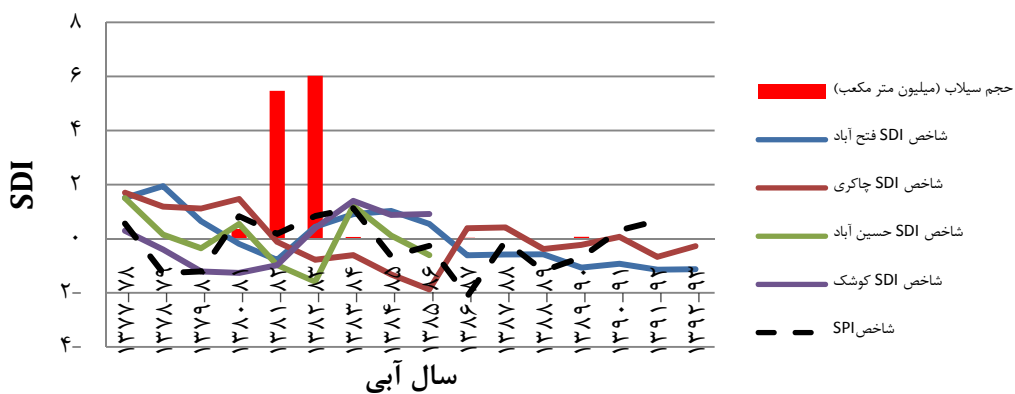
برای ۴ قنات مورد بررسی شامل کوشک، چاکری، حسن آباد و فتح آباد نیز شاخص SDI به صورت سالانه و ماهانه محاسبه گردید (شکل‌های ۹ و ۱۰). به منظور بررسی تأثیر اجرای طرح پخش سیلاب و نیز خشکسالی بر روند این شاخص میزان حجم ورودی سیل به عرصه های و همبستگی بین داده‌ها با تاخیرهای زمانی ۱ و ۲ ساله و در خصوص داده‌های ماهانه با تاخیرهای ۳، ۶ و ۱۵ ماهه بررسی شد (جدول‌های ۴ و ۵).

شاخص GRI در چاه‌های مورد بررسی در پایین دست عرصه پخش سیلاب نیز دارای روند کاهشی بوده است. همانطور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود شاخص GRI ماهانه دارای روند کاهشی بوده است ولی در تعدادی از آنها روند صعودی در برخی بازه‌های زمانی دیده می‌شود. این افزایش در برخی مواقع همزمان با ترسالی و نیز آگیری عرصه پخش سیلاب است. البته تفکیک تأثیر این دو عامل با استفاده از این نمودارها امکان پذیر نیست. در شکل ۸ شاخص GRI سالانه چاه‌های اطراف پخش سیلاب نیز روند کاهشی داشته و تشخیص تأثیر طرح و حتی وقوع ترسالی و خشکسالی مشکل است.

به منظور بررسی همبستگی بین داده‌های شاخص GRI و شاخص SPI و حجم سیلاب و همچنین همبستگی بین چاه‌های مورد مطالعه از ضریب همبستگی آزمون پیرسون استفاده شد (جدول‌های ۲ تا ۵). به منظور بررسی



شکل ۹- نمودار SDI ماهانه قنوات مجاور پخش سیلاب هرات



شکل ۱۰- نمودار SDI سالانه قنوات مجاور پخش سیلاب هرات

نیز با حجم سیلاب همبستگی معنی‌داری را نشان داده است. که با بیشتر تحقیقات انجام شده نظیر ایستگاه آبخوان شهید احمدی تهران [۱۰] و تحقیقی از دشت قوشه دامغان [۴]، مطابقت دارد.

از بین پیژومترهای مورد بررسی شاخص سطح ایستابی چاه سیاهوئیه با حجم سیلاب ورودی به عرصه‌های پخش سیلاب همبستگی معنی‌داری را نشان نداد. نکته قابل توجه اینکه شاخص سطح ایستابی پیژومترهای مورد بررسی در هیچ یک با شاخص SPI همبستگی معنی‌داری را به صورت سالانه نشان نداد. این امر تابع عوامل مختلفی نظیر برداشت بیش از حد سفره می‌تواند باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که شاخص GRI سالانه چاه‌های پیژومتری اطراف عرصه‌های پخش سیلاب تحت تاثیر تغذیه قرار گرفته به طوری که در چاه هنرستان شاخص سطح ایستابی با حجم سیلاب ورودی به عرصه‌های پخش سیلاب در سطح احتمال ۵ درصد دارای همبستگی معنی‌دار بوده است. پیژومتر منبع آب هرات که بلافاصله در پایین دست عرصه پخش سیلاب قرار دارد بیشترین تاثیر را از طرح پذیرفته به طوری که شاخص سطح ایستابی با حجم سیلاب و با تاخیرهای ۱ و ۲ ساله همبستگی معنی‌داری را نشان می‌دهد. شاخص سطح ایستابی چاه‌های جاده سیاهوئیه، امداد و گروه ابوالفضل

ماهه در سطح ۵ درصد از خود نشان داد. اما در قنات چاکری شاخص SDI با حجم سیلاب و شاخص بارش استاندارد همبستگی نداشت. در قنات حسین آباد شاخص دبی استاندارد شده با شاخص بارش استاندارد ماهانه با تاخیرهای مختلف (۳،۶ و ۱۲ ماهه) در سطوح ۱ و ۵ درصد معنی‌دار بوده و قنات کوشک با شاخص بارش استاندارد با تاخیر ۱۵ ماهه همبستگی معنی‌داری از خود نشان داد.

با نگاهی بر شاخص GRI آبخوان هرات مشاهده می‌شود که روند سطح آب زیر زمینی به صورت کاهشی بوده که از شاخص بارش استاندارد تبعیت نمی‌کند. این موضوع به برداشت بیش از حد از این آبخوان اشاره داشته که اگر تدبیری اندیشیده نشود وضعیت بحرانی را برای آبخوان هرات در پی خواهد داشت.

نکته قابل تامل در خصوص ارزیابی عملکرد طرح پخش سیلاب هرات این بود که ۹۸/۳ درصد از کل سیلاب ورودی به عرصه پخش سیلاب از سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۳ و همزمان با ترسالی منطقه بوده و بیشترین تأثیر را بر تغذیه آبخوان داشته است. تنها ۱/۶ درصد حجم سیلاب از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۹ بوده و عملاً با توجه به کاهش نفوذ عرصه‌های پخش ناشی از ورود رسوبات ریزدانه و تبخیر بالا (بیش از ۳۰۰۰ میلیمتر) عملکرد خوبی نداشته است. از سال ۱۳۸۹ تا کنون نیز هیچ سیلی به دلایل خشکسالی و همچنین احداث طرح‌های دیگر (نظیر احداث بند تغذیه مصنوعی)، وارد طرح نشده و کارایی لازم را نداشته است. با توجه به موارد ذکر شده احداث این گونه طرح‌ها در مناطق خشک و نیمه خشک با راندمان محدودی (منحصر به ترسالی‌ها و یا بارش‌های استثنایی) بوده و بهتر است در این خصوص تجدید نظر گردد. برای مدیریت آب (سطحی و زیرسطحی) در مناطق خشک می‌توان از روش‌هایی چون سطوح آبگیر باران، سدهای زیرزمینی استفاده کرد تا ضمن کاهش هزینه‌های اجرایی بتوان حداکثر بهره‌وری را به دست آورد.

بررسی ماهانه شاخص سطح ایستابی نشان داد که در خصوص چاه هنرستان شاخص سطح ایستابی با شاخص بارش استاندارد با تاخیرهای ۱۲ و ۱۵ ماهه در سطح ۵ درصد همبستگی معنی‌دار داشته ولی با حجم سیلاب ماهانه همبستگی معنی‌داری نشان نداد. اما شاخص سطح ایستابی منبع آب هرات با حجم سیلاب ورودی به عرصه‌های پخش سیلاب با تاخیر ۶ ماهه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده و نیز با شاخص بارش استاندارد با تاخیرهای ۱۲ و ۱۵ ماهه همبستگی معنی‌داری نشان داده است. در پی‌زومتر سیاهوئیه شاخص سطح ایستابی با حجم سیلاب و همچنین شاخص بارش استاندارد با تاخیر ۱۵ ماهه در سطح ۵ درصد همبستگی داشته و تأثیر مستقیم هر دو را نشان می‌دهد.

در خصوص پی‌زومترهای جاده سیاهوئیه و امداد شاخص GRI ماهانه به شاخص بارش استاندارد با تاخیر ۱۵ ماهه همبستگی معنی‌داری را نشان داده است. شاخص سطح ایستابی گروه ابوالفضل با حجم سیلاب با تاخیر ۳ و ۶ ماهه و شاخص بارش استاندارد با تاخیر ۱۲ ماهه در سطح ۵ درصد همبستگی معنی‌داری داشته است. این نتایج نشان دهنده اینکه شاخص سطح ایستابی ماهانه با فاصله چاه‌ها با عرصه‌های پخش سیلاب مرتبط بوده به طوری که در پی‌زومترهای نزدیک بیشترین همبستگی بین حجم سیلاب ورودی به عرصه‌های پخش سیلاب و افزایش شاخص GRI مشاهده می‌شود.

در خصوص شاخص SDI قنات‌ها به صورت سالانه فقط در مورد قنات فتح آباد این شاخص با حجم سیلاب و SPI با تاخیر ۲ ساله در سطح احتمال ۵ درصد همبستگی معنی‌دار نشان داد. در دیگر قنات‌ها دیگر شاخص دبی استاندارد شده سالانه با حجم سیلاب ورودی به عرصه‌های پخش سیلاب و همچنین شاخص بارش استاندارد همبستگی معنی‌داری نداشت. بررسی شاخص دبی استاندارد شده قنات به صورت ماهانه در مورد قنات فتح آباد همبستگی معنی‌داری با حجم سیلاب با تاخیر ۶ ماهه و با شاخص بارش استاندارد ماهانه با تاخیرهای ۳ و ۱۵

References

- [1]. Bouri, S., & Ben Dhia, H. (2010). A Thirty- Year artificial recharge experiment in acoastal aquifer in an arid zone The Teboulba aquifer system (Tunisian Sahel). *CR Geosience*, 342(1), 60-74.
- [2]. Dadrasi, A. (1999). Climate and water resources limited in Sabzevar, Proceedings of the Second Regional Conference on Climate Change, IRIMO, 185-175, (in Farsi).
- [3]. Ekrami, M., MalekiNezhad, H., & Ekhtesasi, M.R. (2013). Study of the impact of climate and water droughts on groundwater resources (Case Study: Yazd-Ardakan plain). *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 7(20), 47- 54, (in Farsi).
- [4]. Hashemi, S. A.A., Arasto, B., & Ghodrati, M. (2011). Gooshehfloodplainmanagement's assessment of Damghan. The Sixth National Congress of Civil Engineering, University of Semnan.
- [5]. Hashemi, H., Berendtsson, R., & Persson, M. (2014). Artificial recharge by floodwater spreading estimated by water balances and groundwater modeling arid iran. *journal of hydrology science*, 60(2), 336-350.
- [6]. Katibe, H., & Hafezi, S. (2004). Modflow model using operational management and performance evaluation of artificial recharge of groundwater in Bam Abbarik plain, www.SID.ir, (in Farsi).
- [7]. Khalaji, M. (2000). Effects of flood spreading on the groundwater, the fourth conference of Geological Survey of Iran, (in Farsi).
- [8]. Kosar, A. (1995). Introduction to flood control and optimal use. Research Institute of Forestsand Range, (in Farsi)
- [9]. Mckee, T. B., Doseken. N. j., & Kleist, J. (1995). Drought monitoring with multiple time scales, Preprints, 9th conference, 15-20 January, Dallas, TX, 233-236.
- [10]. Mirab, S.M., Hosseini, M., Atapoorfard, A., & Khalilpour, A. (2005). Impactof Flood broadcasting stations on groundwater aquifers (Case Study: Aquifer station ShahydhadyAhmadi in Tehran), Watershed Management and soil and water management Conference, Kerman, pp 714-709, (in Farsi).
- [11]. Nahvinia, M., Karimi, B., Kardanmoghadam, H., & Shahidi, A. (2008). Technical and environmental evaluation of the effects of artificial flooding in ByrjandSyvan area. First International Conference on Water Crisis, (in Farsi).
- [12]. Sanjari, Gh.R., & Zorghi, Gh.H. (2001). Effect of flood spreading onthe ground water level changes inPaskohSaravan. *Research and Construction of Natural Resources*, (50), 54-57, (in Farsi).
- [13]. Shamshiri, N. (2003). The impact of flood spreading on the soil surface permeability changes (Case Study: Watershed Chandab Varamin), theses of the Master of Science, Tehran University, (in Farsi).
- [14]. Sharifi, H., & Mahdian, M. (1999). Flood spreading is scientific solutions for efficient use of floods and feeding of aquifers, the first conference of the geology and the environment, (in Farsi).
- [15]. Vahabi, j. (2003). Flood Spreading systems analysis and introducing research needs. *Research and Development of Natural Resources*, (60), 22-29, (in Farsi).
- [16]. Viskarmy, A., Pyamny, P., ShahKarami, A., & Sepahvand, R. (2013). The effect of flood spreading on Koohdasht ground water resources. *Journal of Scienceand Technology ofAgriculture and Natural Resources, Soil and WaterSciences*, (65), (in Farsi).

Effect of water spreading on aquifer recharge using GRI, SDI and SPI indicators (Case study: Herat aquifer, Yazd)

- 1- M.R. Fazel Pouri, PhD of Watershed Management, Department of Natural Resources and Watershed Management of Yazd
fazelpoor_reza@yahoo.com
- 2- H. Malekinezhad, Associate Professor, Department of Natural Resources and the Desert studies, Yazd University
- 3- M.R. Ekhtesasi, Professor of Natural Resources and the Desert studies, Yazd University
- 4- J. Barkhordari, Faculty Member of Agriculture and Natural Resources Research Center of Yazd

Received: 13 Oct 2016

Accepted: 01 Jul 2017

Abstract

Flood Spreading on alluvial fans at outlet catchment areas used with the aim of exploiting the floods. It is appropriated method of operation of the seasonal floods of rivers and streams and store them in aquifers. In present research, the impact of flood spreading in recharge aquifer in Herat was studied. For this reason, GRI indicators for piezometers wells (3 wells in the aquifer and around aquifer 6 wells) and SDI index for Qanat downstream (4 Qanats) were calculated. Correlations measured between volume of flood water and Standardized Precipitation Index (SPI) as well as the annual and monthly and were tested with different time delays. The results showed that the correlations between annual GRI index in piezometers with volume of flood and flood volume with long delays at levels 1 and 5% is significant. GRI index monthly in 2 piezometer with flood volumes and in the rest with the Monthly SPI index was significant. The Qanats SDI index with monthly and annual SPI correlates with long delays. Finally, given that 98 percent dewatering occurred in the first three years and for many years has been the area without dewatering. Also, due to reduced permeability and high evaporation, the design of such projects in arid and semiarid areas of low performance is outstanding.

Keywords: Floodspreading; Aquifer; Herat; Yazd.

راهنمای نگارش مقاله برای نشریه علمی - پژوهشی خشک بوم

رعایت شیوه نامه زیر در نگارش مقاله‌های ارسالی ضروری است.

- نوع مقاله: مقاله‌های پژوهشی در یکی از زمینه‌های منابع طبیعی، محیط زیست، کشاورزی و مسائل اقتصادی - اجتماعی اکوسیستم‌های مناطق خشک و بیابانی که به زبان فارسی نوشته شده و برای نخستین بار منتشر می‌شوند، جهت چاپ در نشریه مورد بررسی قرار خواهند گرفت.
- مشخصات بخش‌های مختلف مقاله:

۱- برگ شناسه (معرفی نویسنده یا نویسندگان): شامل نام، نام خانوادگی، مرتبه علمی و نشانی کامل محل کار و شماره تلفن (ثابت همراه) نویسنده (گان) می‌باشد که به فارسی و لاتین نوشته شده و به همراه نشانی پست الکترونیک نویسنده عهده‌دار مکاتبات روی صفحه جداگانه‌ای ارائه می‌شود.

۲- عنوان مقاله: عنوان باید کوتاه و جامع بوده و از ۱۵ واژه تجاوز نکند. عنوان در ابتدا و وسط صفحه اول و در زیر آن، نام، نام خانوادگی و مرتبه علمی و محل خدمت نگارنده (گان) درج می‌شود.

۳- چکیده: چکیده باید مجموعه فشرده و گویایی از مقاله با تأکید بر تشریح مسئله، روش کار و نتایج مهم و ارزیابی آنها بوده و از ۳۰۰ واژه بیشتر نباشد. از به کار بردن نام‌های خلاصه شده و ارائه منبع، فرمول، جدول و شکل در چکیده خودداری شود.

۴- واژگان کلیدی: حداکثر ۶ کلمه به ترتیب اولویت و با (؛) از هم جدا و معادل خارجی آن‌ها نیز در زیر چکیده انگلیسی مقاله و به همان ترتیب درج شود.

۵- مقدمه: شامل طرح مسئله، شرح موضوع، اهمیت، فرضیه‌ها، مرور پژوهش‌های انجام شده و هدف پژوهش است.

۶- مواد و روش‌ها: شامل مواد و وسایل به کار رفته، شرح کامل روش‌ها و چگونگی اجرای پژوهش، مشخصات منطقه مورد مطالعه، طرح آماری و روش‌های ارزیابی است.

۷- نتایج: همه نتایج کیفی و کمی به دست آمده و توضیحات لازم در این قسمت ارائه می‌گردد. نتایج حاصل با تحقیقات قبلی مقایسه شده، در صورت نیاز می‌توان موضوعات را طبقه‌بندی و برای ارائه نتایج از جدول، منحنی، نمودار و یا تصاویر استفاده نمود.

۸- بحث و نتیجه‌گیری: در برگزیده جمع‌بندی خلاصه نتایج با توجه به هدف بررسی بوده و دست‌آوردها با توجه به یافته‌های سایر پژوهش‌ها، تجزیه و تحلیل شده و درباره آنها بحث و نتیجه‌گیری به عمل می‌آید. نگارنده (گان) در این قسمت می‌تواند توصیه‌ها و پیشنهادهای لازم جهت انجام بررسی‌های بعدی را نیز ارائه کند.

۹- سپاسگزاری: در این قسمت از تأمین کنندگان بودجه و امکانات و اشخاص دیگر که در انجام تحقیق کمک کرده‌اند، سپاسگزاری می‌شود (اختیاری).

۱۰- منابع:

الف- منابع داخل متن:

ارجاع به منابع در متن، به صورت شماره رفرنس‌ها باشد و بایستی رفرنس‌های به ترتیب حروف الفبای انگلیسی تنظیم و سپس شماره گذاری در داخل متن انجام گردد (از ارجاع به صورت نام خانوادگی در داخل متن خودداری شود).

- دقت شود تمامی منابع ارجاع شده در متن باید در منابع ذکر شده باشند، و برعکس؛ یعنی، تمامی منابع درج شده در فهرست منابع باید در متن ارجاع داشته باشند، در غیر این صورت از فهرست منابع حذف می‌شوند.

ب- منابع انتهایی متن:

تمامی منابع بایستی با توجه به حرف ابتدای نام خانوادگی نویسنده اول (یا سازمان مربوطه در صورتی که فاقد نگارنده باشد) به ترتیب حروف الفبای انگلیسی (A, B, ..., Z) تنظیم شوند.

از آوردن واژگان به صورت مخفف (مانند J. به جای Sci Journal، به جای Uni. Science، به جای University و ...) پرهیز شود.

در انتهایی منابع فارسی بایستی عبارت in Farsi در داخل پرانتز اضافه گردد. مثال: (in Farsi).

چنانچه از یک نگارنده چند منبع مورد استفاده قرار گیرد، ترتیب ارائه آن‌ها بر حسب سال انتشار از قدیم به جدید است.

در صورتی که مقالات منفرد و مشترک از یک نگارنده ارائه شود، ابتدا مقالات منفرد و سپس بقیه آن‌ها به ترتیب حروف الفبای نام نگارندگان بعدی مرتب می‌شود.

از به کارگیری عبارت et al. به جای نام نویسندگان مقاله خودداری شود و تمامی نویسندگان به ترتیب موجود در منبع مورد نظر همراه با نام کامل خانوادگی و حرف اول نام با ویرگول و آخرین نام با & آورده شود.

روش ارجاع منابع مختلف:

✓ کتاب تألیفی: نام خانوادگی نویسنده، حرف اول نام نویسنده. (سال نشر). نام کتاب. محل انتشار: ناشر.

Author, A. A., & Author, B. B. (2013). Title of book. Location: Publisher.

✓ کتاب ترجمه شده: نام خانوادگی مؤلف، حرف اول نام مؤلف. (سال ترجمه). نام کتاب. نام خانوادگی و حرف اول نام مترجم، محل انتشار: ناشر.

✓ مقاله: نام خانوادگی نویسنده، حرف اول نام نویسنده. (سال نشر). عنوان مقاله. نام نشریه، شماره جلد (شماره پیاپی)، صفحات مقاله.

Author, A. A., Author, B. B., & Author, C. C. (2013). Title of article. Title of Journal, volume, page-numbers.

✓ پایان نامه: نام خانوادگی نویسنده، حرف اول نام نویسنده (سال دفاع). عنوان پایان نامه. مقطع، نام دانشکده، نام دانشگاه.

چگونگی ترجمه منابع فارسی به انگلیسی و رعایت نقطه، ویرگول و فاصله بین کاراکترها در مثال زیر نشان داده شده است:
حمیدرضا مرادی، محمدرضا فاضلپور، سید حمیدرضا صادقی و سید زین‌العابدین حسینی. (۱۳۸۷). بررسی تغییر کاربری اراضی در بیابان‌زایی محدوده شهر اردکان با استفاده از سنجش دور، نشریه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۵(۱)، ۱-۱۲.

Moradi, H. R., Fazelpor, M.R., Sadeghi, H. R. &Hossini, Z. (2008). The study of land use change on desertification using remote sensing in Ardakan area, Iranian Journal of Range and Desert Researches, 15(1), 1-12, (in Farsi).

✓ منابع اینترنتی: نام سایت، عنوان مطلب. تاریخ، آدرس کامل محل دسترسی به اطلاعات.

Author, A. A. (2013). Title of webpage: Subtitle if needed, Retrieved Month day, year, from source.

NCAA Committee on Sportsmanship and Ethical Conduct. (2012). Operations plan: Strategic planning and budgeting for the 2012and 2013Academic Years. Retrieved February 9, 2012, fromhttp://www1.ncaa.org/membership/governance/assoc-wide/sportsmanship_ethics/index.html

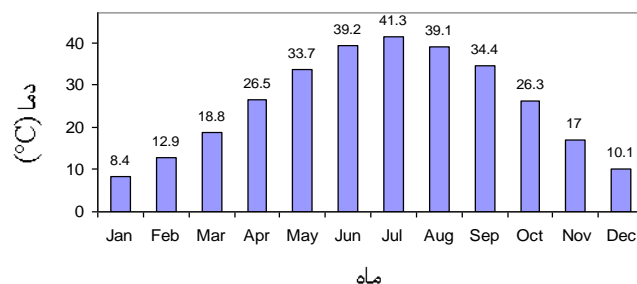
۱۱- برگ چکیده به لاتین: چکیده مقاله به زبان انگلیسی به همراه برگردان کامل عنوان، حرف اول نام، نام خانوادگی، سمت و آدرس نویسنده(گان)، روی صفحه جداگانه ارائه شود.

● شیوه نگارش: مقاله در سه نسخه روی کاغذ A4 (یک رو) با حاشیه‌های بالا و پایین ۲۰ میلی‌متر و راست و چپ ۲۰ میلی‌متر به صورت تک ستونی تایپ گردد. فاصله بین خطوط به صورت یک فاصله‌ای (Single space) بوده و حجم مقاله نباید از ۱۵ صفحه چاپی به قطع نشریه تجاوز نماید (با در نظر گرفتن محل جداول، اشکال، نتایج، فهرست منابع). از به کار بردن کلمات انگلیسی که معادل آنها در فارسی موجود است، در داخل متن اجتناب کرده و در صورت لزوم واژه انگلیسی در پاورقی با ذکر شماره تایپ شود. سطر اول هر پاراگراف به میزان ۰/۵ سانتی‌متر فرورفتگی داشته باشد. نوع و اندازه قلم‌ها، طبق جدول زیر رعایت شود.

B Nazanin 11	واژگان کلیدی فارسی	B Nazanin 14-Bold	عنوان فارسی مقاله
Times New Roman 12	واژگان کلیدی لاتین	Times New Roman 14	عنوان لاتین مقاله
B Nazanin 13	متن فارسی	B Nazanin 11	اسامی فارسی نویسندگان
Times New Roman 11	واژگان لاتین داخل متن	Times New Roman 11	اسامی لاتین نویسندگان
B Nazanin 11	عنوان جدول‌ها و شکل	B Nazanin 13- Bold	عناوین فرعی متن فارسی
Times New Roman 12	منابع	B Nazanin 11	متن چکیده فارسی
Times New Roman 11- Italic	نام‌های علمی	Times New Roman 12	متن چکیده لاتین
Times New Roman 9	پاورقی لاتین	B Nazanin 10	پاورقی فارسی

● جدول، شکل‌ها: نتایج را خیلی دقیق‌تر و واضح‌تر از متن نمایش می‌دهند. اطلاعات ارائه شده در جدول‌ها نباید به صورت منحنی و یا به شکل دیگری در مقاله تکرار شوند. شماره و عنوان جدول در بالای جدول ذکر گردد. هر ستون جدول باید دارای عنوان و واحد مربوط به خود باشد. چنانچه تمام ارقام جدول دارای واحد یکسان باشد، می‌توان واحد را در عنوان جدول ذکر نمود. توضیحات عنوان و متن جدول به صورت زیرنویس ارائه گردد. نتایج بررسی‌های آماری باید به یکی از روش‌های علمی در جدول منعکس شود. جدول تنها در محیط Word طراحی و از ایجاد ارتباط (Link) نمودارها با دیگر فایل‌ها خودداری شود.

شکل‌های هر مقاله شامل منحنی، نمودار، عکس و نقشه بوده و همه به طور یکسان به عنوان شکل شماره‌گذاری شوند. شکل‌ها باید به صورت سیاه و سفید و با کیفیت مطلوب بوده و عنوان آن‌ها در پایین بیاید. عکس‌ها باید واضح، مطالب آن‌ها خوانا و دارای مقیاس باشند. در تهیه نقشه‌ها به جای رنگ از علامت (نماد) استفاده گردد. ذکر مأخذ عکس‌ها یا شکل‌هایی که از منابع دیگر اقتباس شده‌اند الزامی است. فایل‌های اصلی شکل‌ها (تحت PDF, Excel, JPEG, Tiff یا PDF) بایستی حتماً ارائه گردد. در صورت امکان جدول‌ها، نمودارها و شکل‌ها، در یک ستون صفحه قرار گرفته و محتوا و عناوین، فارسی نام‌گذاری شود. شکل‌ها و جدول‌ها مطابق نمونه بدون کادر تنظیم شود.



شکل ۱. نمونه فرمت شکل‌های مورد نظر نشریه خشک بوم.

جدول ۱. نمونه جدول مورد نظر نشریه خشک بوم

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (m)
یزد	۵۴° ۲۴'	۳۱° ۵۴'	۱۲۳۰
بندر عباس	۲۲° ۵۶'	۲۷° ۱۳'	۱۰
بندر انزلی	۲۸° ۴۹'	۳۷° ۲۸'	-۲۶/۳
اهواز	۴۰° ۴۸'	۳۱° ۲۰'	۲۲/۵
شهرکرد	۵۱° ۵۰'	۳۲° ۲۰'	۲۰۶۱/۴

● معادلات باید به ترتیب از ابتدا تا انتها شماره‌گذاری شوند. شماره معادلات باید در انتهای سمت راست هر ستون و در امتداد خط حاوی معادلات در داخل پرانتز قید شود.

$$\text{مثال: (۱)} \quad d = 17h \left(\frac{V_m}{V} \right) \cos \theta \quad \text{که در آن: } d: \text{ نام عامل (واحد)}$$

- واحدهای استفاده شده در متن مقاله باید در سیستم متریک (SI) باشد.
- مقالات بایستی با نرم افزار Word ارسال و از انجام هرگونه تنظیمات اضافی در فایل خودداری شود.
- رعایت نیم فاصله در کلمات ترکیبی و جمع مانند بیابان‌زایی، بیابان‌ها، اندازه‌گیری، شده‌اند، می‌شود، می‌توان و ... ضروری است.
- نقطه و ویرگول بدون هیچ فاصله‌ای در انتهای کلمات قرار گرفته، اما بین آن‌ها و کلمه بعدی یک فاصله نیاز است.
- شماره پاورقی‌ها در هر صفحه باید به صورت مجزا از صفحات دیگر آیند.
- عدم رعایت شیوه نامه فوق موجب تأخیر در پذیرش و رفت و برگشت‌های مکرر و زمان‌بر مقاله خواهد شد.
- مقاله ارسالی به دفتر نشریه پس از طی مراحل داوری مسترد نمی‌شود.
- هیأت تحریریه در رد و ویرایش مقالات مجاز است.
- مسئولیت صحت مطالب به عهده نویسندگان است.
- ارسال تعهدنامه مبنی بر (۱) عدم چاپ مقاله ارسالی به هر شکل در گذشته، (۲) عدم ارسال مقاله به دیگر نشریات تا تعیین تکلیف در این نشریه و (۳) اطلاع تمامی نویسندگان از ارسال مقاله به دفتر نشریه الزامی است.

آخرین اصلاحات راهنمای نگارش مقاله در سایت دانشگاه یزد، بخش نشریات، قابل دسترسی است.

<http://aridbiom.yazd.ac.ir>



خشک بوم

دو فصلنامه علمی - پژوهشی

برگ درخواست اشتراک دو فصلنامه خشک بوم

خواهشمند است برای اشتراک، این برگ را به همراه اصل فیش بانکی به نشانی دفتر نشریه ارسال فرمایید.

شماره حساب به منظور واریز وجه: جاری ۷۸۷۴۰۵۹۰۱۷ بانک تجارت شعبه دانشگاه یزد (کد شعبه: ۲۰۰۷۵) به نام فعالیت های فوق برنامه دانشگاه یزد (قابل پرداخت در تمامی شعب بانک تجارت سراسر کشور).

نام: نام خانوادگی: شغل:
میزان تحصیلات: کدپستی: تلفن:
نشانی دقیق:
.....
برای اشتراک نشریه از شماره پیاپی: تا شماره پیاپی: مبلغ پرداختی:

امضاء

حق اشتراک یک ساله دو فصلنامه (۲ شماره) ۶۰۰۰۰ ریال
یزد، صفائیه، بلوار دانشگاه، خیابان پژوهش، دانشگاه یزد، پژوهشکده مناطق خشک و بیابانی
صندوق پستی: ۷۴۱-۸۹۱۹۵ تلفن: ۰۳۵۱-۸۲۱۰۶۹۸ دورنگار: ۰۳۵۱-۸۲۱۰۶۹۸

پست الکترونیک: aridlandj@yazd.ac.ir

پژوهشکده مناطق خشک و بیابانی دانشگاه یزد

In the name of God

**Arid Biome
Scientific and Research Journal**



Yazd University

Published by: Yazd University

Editor-in-Chief:

Dr. Mohammad Reza Ekhtesasi

Professor, Faculty of Natural Resources, Yazd University, I. R. Iran

Manager-in-Charge:

Dr. Hamid Reza Azimzadeh

Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Yazd University, I. R. Iran

Editorial Board:

Hossein Azarnivand

Professor, University of Tehran

Mohammad Reza Ekhtesasi

Professor, Yazd University

Naser Baghestani Meibodi

Associate Professor, Research Institute of Natural Resources & Agriculture, Yazd

Majid Karim Poorreihan

Associate Professor, International Desert Research Center

Sayed Jamaladdin Khajaddin

Professor, Isfahan University of Technology

Mahmoud Habibnejad

Associate Professor, Mazandaran University

Hasan Roohipoor

Associate Professor, Research Institute of Forests & Rangelands

Igor Savin

Associate Professor, Russian Academic of Sciences.

Sadat Feiznia

Professor, University of Tehran

Ahmad Ghanbari

Professor, Zabol University

Mohammad Galavi

Professor, Zabol University

Jahangard Mohammadi

Professor, Shahrekord University

Seyyed Ali Mohammad Mirmohammadi Meibodi

Professor, Isfahan University of Technology

Editor: Dr. Mohammad Zare, Assistant Professor, Yazd University

Administrative Manager: Dr. Mohammad Hosein Mokhtari, Yazd University

Executive Secretary: Dr. Mohammad Amin Asadi, Yazd University

Page setting and Computerize editor: Elham Ardakani

Print Supervisor: Yazd University

Arid Lands & Desert Research Institute (ADRI)
P.O. Box: 89195-741, Yazd University, I. R. Iran
Tel/Fax: +98 (351) 8210698
E-mail: aridlandj@yazd.ac.ir