



مدیریت اراضی

شاپا ۶۲۰۵-۲۳۴۵

جلد ۱۱ / شماره ۱ / سال ۱۴۰۲

صفحه	عنوان
۱.....	عوامل موثر بر عدم پذیرش تبدیل اراضی کشاورزی شیبدار به باغ‌های مثمر مورد مطالعه: شهرستان گالیکش، استان گلستان محمد رضا محبوبی و زهرا تیموری کوهسار
۱۵.....	مروری بر شاخص‌های اندازه‌گیری امنیت غذایی در کشور و نقش گم‌شده خاک یاسر صفری
۳۱.....	برآورد ظرفیت برد تفرج‌گاهی در پارک آبخیز کانی ماماتکه سندنجد عزت‌اله عرب خزائلی، قربان وهاب‌زاده کبریا، سیدرمضان موسوی و جلال زندی
۴۳.....	بهینه‌سازی برنامه زراعی مجموعه کشت و صنعت خرمدره فرهاد بیات، غلامرضا پیکانی ماچینی، محمد رضا جهانسوز و سعید سلیمانی
۵۵.....	بررسی سهم منابع رسوب در حوزه آبخیز بهشت‌آباد با استفاده از ردیاب‌های طبیعی خاک آریتا غیبی‌پور، نسرین قرهی، رفعت زارع بیدکی و رسول زمانی احمد محمودی
۶۷.....	تحلیل محرک‌های تأثیرگذار بر تغییر کنترل زمین‌های زراعی در ایران: استفاده از نقشه‌های شناختی فازی بر پایه نظرات کارشناسان مریم قنبری، فرحناز رستمی و شهریار گراوندی
۷۹.....	بررسی شاخص‌های کیفیت خاک در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی تحت کشت گیاه کلزا در استان کرمانشاه امین حیدری، علی بهشتی آل آقا، فاطمه رخس و حمیدرضا چقازردی
۹۹.....	مروری بر چالش‌های انتخاب شاخص‌های مناسب دورسنجی در مطالعات شوری خاک شهلا رحمانی سیالرز و علی کشاورزی
۱۲۱.....	تأثیر کودهای آلی (کمپوست، گاوی و مرغی) و اوره بر عملکرد و برخی ویژگی‌های زراعی دو رقم KSC260 و KSC704 ذرت علوفه‌ای (Zea mays L.) محمد قاسم‌زاده گنجه‌ای، سعید خاوری و سید فاضل فاضلی کاخکی
۱۳۵.....	بررسی نتایج کاربرد سامانه سطوح استحصال آب باران بر تعدادی از مولفه‌های گل محمدی در مناطق شیب‌دار امیر مرادی نژاد، مهدیه کریمی و راشین پورمتین

نشریه علمی مدیریت اراضی
صاحب امتیاز: مؤسسه تحقیقات خاک و آب

جلد ۱۱ شماره (۱)

سال ۱۴۰۲

مدیر مسؤول: دکتر هادی اسدی رحمانی رئیس مؤسسه تحقیقات خاک و آب

سر دبیر: دکتر حسین بشارتی استاد مؤسسه تحقیقات خاک و آب

اعضاء هیأت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا):

دانشیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران	دکتر حسین اسدی
استاد مؤسسه تحقیقات خاک و آب	دکتر حسین بشارتی
استادیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب	دکتر محمدرضا بلالی
دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس	دکتر حسینعلی بهرامی
استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان	دکتر محمدعلی حاج عباسی
دانشیار سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی	دکتر محمدحسن روزی طلب
استادیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب	دکتر سعید سعادت
دانشیار مرکز آموزش عالی امام خمینی (ره)	دکتر محمدرضا شاهپسند
استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز	دکتر ناصر علی اصغرزاد
استاد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران	دکتر منوچهر گرجی
دانشیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران	دکتر محمدحسین محمدی
دانشیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب	دکتر عزیز مومنی

دکتر فرهاد مشیری
مهندس فاطمه آقاجانی
دو شماره

مدیر داخلی:

صفحه آرایی:

تعداد انتشار در سال:

این نشریه در پایگاه‌های علمی زیر نمایه می‌شود:
پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC): www.isc.gov.ir
پایگاه سیویلیکا: <http://civilica.com>
پایگاه بانک اطلاعات نشریات کشور (Magiran): <http://www.magiran.com>

پایگاه الکترونیکی نشریه مدیریت اراضی: <http://lmj.areo.ir>
آدرس پایگاه الکترونیکی مجله: [http://lmj@areo.ir](mailto:lmj@areo.ir)
آدرس الکترونیکی مجله: jolm9297@gmail.com

آدرس: کرج - میدان استاندارد، جاده مشکین دشت، بعد از رزکان نو، بلوار امام خمینی - کد پستی ۳۱۷۷۹۹۳۵۴۵

تلفن و نمابر: ۰۲۶ ۳۶۳۲۰۱۶۰

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

راهنمای نگارش مقاله برای چاپ در نشریه مدیریت اراضی

نشریه علمی مدیریت اراضی باهدف بسط آگاهی‌های علمی و تخصصی پژوهشگران علوم خاک، گسترش رهیافت‌های علمی برای حل مسائل آب‌وخاک، معرفی دیدگاه‌ها، نظریات و فن‌آوری‌های نوین در حوزه مدیریت اراضی، ترویج و تبادل یافته‌های علمی و ارتقا دانش و توانمندی بهره‌برداران، گسترش ارتباط و همکاری‌های علمی بین مراکز تخصصی مربوطه و در راستای بهبود مدیریت و استفاده بهینه از اراضی منتشر می‌گردد.

مقالات پژوهش کاربردی، بنیادی، گردآوری، تحلیلی و انتقاد، علمی مروری، علمی ترویجی و ترجمه‌ای در زمینه‌های زیر که براساس مبانی علمی نگاشته شده و با نگرش عالمانه به مسائل مدیریت اراضی پرداخته باشند، در این نشریه علمی قابلیت پذیرش و انتشار خواهد داشت:

- مدیریت حاصلخیزی خاک
- مدیریت آب در اراضی کشاورزی
- مدیریت اراضی در حوزه آبخیز
- مباحث اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی در مدیریت اراضی
- مدیریت اراضی و محیط‌زیست
- نقش قوانین و مقررات در مدیریت اراضی
- مدیریت بهره‌برداری پایدار از اراضی
- نقش ویژگی‌های خاک در مدیریت اراضی

شرایط پذیرش مقاله

مقاله می‌بایست حاوی موضوعی تازه بوده و قبلاً در هیچ یک از نشریات فارسی زبان و در مجلات لاتین با همین عنوان و محتوا منتشر نشده باشد و یا هم‌زمان برای مجله دیگر فرستاده نشده باشد. مقالاتی که خلاصه آن‌ها در مجامع علمی داخلی و خارجی ارائه و چاپ شده باشند، با افزودن مطالب جدید و تبدیل به مقاله کامل قابل بررسی خواهند بود. دفتر مجله در ویراستاری، چاپ و یا عدم چاپ مقالات آزاد است. مسئولیت صحت مطالب بر عهده نگارنده/گان است. مقاله باید به زبان فارسی روان و عاری از غلط‌های نگارشی باشد. از آوردن واژه‌های بیگانه که معادل فارسی دارند جدا پرهیز گردد. گواهی پذیرش مقاله فقط پس از تصویب مقاله در هیات تحریریه صادر و مراتب با درج شماره جلد به اطلاع نگارنده/گان خواهد رسید. مقالات ارسالی به دفتر مجله پس از طی مراحل داوری مسترد نمی‌شود.

نامه درخواست و تعهد نامه

ارسال نامه درخواست بررسی مقاله خطاب به سردبیر مجله با امضای نویسنده مسئول مقاله ضروری است. در فرم تعهدنامه، لازم است نویسندگان نسبت به امضای آن اقدام نمایند. فرم تعهد نامه از وبگاه مجله (<http://lmj.areo.ir>) قابل دریافت می‌باشد. تصویر الکترونیک نامه درخواست و فرم تعهد نامه تکمیل شده در قسمت پرونده مقاله در صفحه شخصی نویسنده مسئول (ارسال کننده مقاله) قابل بارگذاری می‌باشد.

برگ شناسه

برگ شناسه مقاله در یک صفحه مجزا به دو زبان فارسی و انگلیسی شامل عنوان مقاله، نام و نام خانوادگی نگارنده/گان، موقعیت

شغلی نگارنده/گان، نام دانشگاه یا مؤسسه پژوهشی که نگارنده/گان در آن اشتغال دارند، نشانی کامل نگارنده/گان، پست الکترونیکی همه نویسندگان و نام و مشخصات نگارنده مسئول می باشد. برگ شناسه مقاله در قسمت پرونده مقاله در صفحه شخصی نویسنده مسئول (ارسال کننده مقاله) قابل بارگزاری می باشد.

نحوه ارسال مقاله

پیشنهاد چاپ مقالات در این مجله به صورت الکترونیکی بوده و در وبگاه مجله به آدرس <http://lmj.areo.ir> اطلاعات لازم آمده است.

برای ارسال مقاله به صورت الکترونیکی، مراحل زیر لازم است:

- پر کردن فرم ثبت نام و ورود به وبگاه با نام کاربری اختصاصی
- ورود به صفحه شخصی (در بالای صفحه)
- پر کردن فرم ارسال مقاله و اطلاعات و مشخصات مربوط
- بررسی مقاله در صفحه شخصی و افزودن ضمایم و اطلاعات مرتبط
- تأیید نهایی مقاله برای آغاز بررسی آن

راهنمای تهیه مقالات

مقاله حداکثر در ۱۵ صفحه A4 با فاصله خطوط ۱/۵ و حاشیه های ۳ سانتی متر از هر طرف و به صورت تک ستونی تایپ شود. نوع قلم فارسی و انگلیسی و اندازه آن ها مطابق جدول (۱) استفاده شود. پیش از نقطه (.) و کاما (،) گذاشتن فاصله لازم نیست، لیکن پس از آن ها، یک فاصله لازم است. اصول نگارش زبان فارسی به طور کامل رعایت شده و از به کاربردن اصطلاحات انگلیسی که معادل فارسی آن ها در فرهنگستان زبان فارسی تعریف شده اند، حتی الامکان پرهیز گردد.

جدول ۱- نوع قلم و اندازه		
موقعیت استفاده	نام قلم	اندازه قلم
عنوان مقاله	B Lotus پر رنگ	14
متن مقاله	B Lotus	12
عناوین بخش های مقاله	B Lotus پر رنگ	12
نام مؤلفان	B Lotus پر رنگ	12
کلمه چکیده و کلمات کلیدی	B Lotus پر رنگ	12
عناوین جداول و اشکال	B Lotus پر رنگ	11
متن جداول و شکل ها و منابع	B Lotus	11
متن انگلیسی	Times New Roman	یک واحد کمتر از اندازه فارسی در هر موقعیت

نویسنده (گان) موظف هستند حداکثر ۱۵ روز پس از دریافت نظرات داوران اصلاحات لازم و یا پاسخ را ارسال نمایند. ضمناً ارسال چکیده لاتین مقاله به همراه مقاله الزامی است.

ارسال نامه درخواست چاپ مقاله در مجله مدیریت اراضی به همراه فرم تعهدنامه الزامی است.

کلیه مقالات پس از دریافت اعلام وصول گردیده و جهت ارزیابی برای داوران مجله ارسال خواهد شد و پس از اتخاذ رأی داوران و تأیید هیئت تحریریه، مقاله در نوبت چاپ قرار خواهد گرفت

مقالات باید شامل عنوان، چکیده فارسی و انگلیسی (حداکثر تا ۳۰۰ کلمه)، واژه های کلیدی، مقدمه، مواد و روش ها، نتایج و بحث،

نتیجه‌گیری، پیشنهادها، تشکر و قدردانی (در صورت نیاز) و فهرست منابع باشد. در نگارش مقالات گردآوری، مروری، تحلیلی و انتقادی بر اساس شرایط مقاله قسمت‌های مواد و روش‌ها و همچنین نتایج و بحث می‌تواند حذف گردد. در این شرایط نگارش سایر قسمت‌های مقاله الزامی است.

عنوان مقاله

عنوان مقاله باید روان، گویا، مختصر، مفید و جذاب بوده و در برگیرنده محتوای موضوع پژوهش انجام شده باشد. عنوان مقاله نباید بیش از ۲۰ کلمه باشد. در زیر عنوان نام و نام خانوادگی نویسندگان، مرتبه علمی و یا تحصیلات و وابستگی سازمانی، پست الکترونیک نویسندگان درج گردد.

چکیده

چکیده بایستی شامل حداکثر ۳۰۰ کلمه بوده و بیانگر زمینه و هدف پژوهش، روش بررسی، یافته‌ها، نتیجه‌گیری و ترجیحاً دریک پارگراف باشد. چکیده انگلیسی باید ترجمه کامل چکیده فارسی باشد.

واژه‌های کلیدی

واژه‌های کلیدی بایستی ۳-۶ کلمه باشد. واژه‌های کلیدی چکیده انگلیسی نیز بایستی ترجمه دقیق واژه‌های چکیده فارسی باشد. در انتخاب واژه‌های کلیدی از تکرار واژه‌هایی که در عنوان مقاله آمده است خودداری فرمایید.

مقدمه

مقدمه باید دربرگیرنده اهمیت پژوهش انجام شده باشد و به بیان مسئله با مروری بر مطالعات و مشاهدات مرتبط با پژوهش که در گذشته انجام شده بپردازد و به منابع معتبری که در انتهای مقاله ذکر شده، استناد کند. در ادامه مطالب، وجه تمایز پژوهش حاضر نسبت به مطالعات قبلی و لزوم و وجوب آن و در انتهای مقدمه هدف اصلی پژوهش نگاشته شود. مقالاتی که موضوع آن تکراری بوده و در گذشته به کرات در داخل و خارج از ایران در مورد آن مطالعاتی انجام شده، در صورتی که وجه تمایز قانع‌کننده‌ای نداشته باشد چاپ نخواهد شد.

مواد و روش‌ها

در این قسمت باید شرح مواد و روش‌های مورد استفاده در پژوهش، جامعه آماری، روش‌های نمونه‌گیری، اندازه‌گیریهای آزمایشی و نحوه تجزیه و تحلیل آماری آورده شود. در صورتی که از روش‌های متداول یا قبلاً منتشر شده استفاده شده باشد، از شرح جزئیات خودداری و فقط به ارائه اصول و ذکر مأخذ اکتفا شود. در نگارش مقالات گردآوری، مروری، تحلیلی و انتقادی براساس شرایط مقاله این قسمت می‌تواند حذف گردد.

نتایج و بحث

در این بخش، نتایج بدست آمده از پژوهش به صورت نوشتار همراه شکل و جدول بیان گردد. از بکار بردن عنوان‌هایی مانند نمودار، عکس و نقشه خودداری و کلیه آن‌ها با عنوان "شکل" درج شوند. هر جدول از شماره، عنوان، سرستون‌ها و متن جدول تشکیل می‌شود. یک جدول باید با خطی افقی از شماره و عنوان جدول متمایز شود. همچنین سر جدول با یک خط افقی از متن جدول جدا و در زیر متن جدول نیز یک خط افقی رسم شود. عنوان جدول در بالای آن درج و پس از کلمه جدول و شماره آن، خط تیره

و سپس عنوان به صورت فارسی و انگلیسی ذکر شود. هر ستون جدول باید دارای عنوان و واحد مربوط به کمیت آن ستون باشد. اگر همه ارقام جدول دارای یک واحد مشترک باشند، آن واحد در عنوان اصلی جدول ذکر شود. توضیحات اضافی عنوان و متن جدول به صورت زیرنویس ارائه شوند. در نمودارها از نشانه‌های Δ $\square$ $\bullet$ $\blacktriangle$ به صورت توپر و توخالی استفاده شود. برای درج عنوان هر شکل، پس از کلمه شکل و شماره آن، نقطه و سپس عنوان بصورت فارسی و انگلیسی ذکر شود. اختصارات موجود در شکل‌ها و جدول‌ها باید در زیرنویس توضیح داده شوند. تمام اعداد متن و توضیحات جدول‌ها و شکل‌ها باید به دو زبان فارسی و انگلیسی ارائه گردد. از ارسال نمودارهای رنگی جداً اجتناب نموده و از رنگ‌های سفید، سیاه و هاشورهای کاملاً متفاوت استفاده شود. جدول‌ها و نمودارها حتی‌المقدور در متن مقاله جاسازی شوند. در صورت لزوم می‌توان از تصاویر و یا عکس‌های مناسب و گویا در مقاله استفاده نمود. فایل الکترونیک تصاویر در قسمت پرونده مقاله در صفحه شخصی نویسنده مسئول و یا ارسال کننده مقاله در وبگاه مجله بارگذاری گردد. در این بخش یافته‌های جدید و مهم باید با یافته‌های موجود در منابع مقایسه شود و دلایل قبول و رد آن‌ها مورد بحث قرارگیرد، از تکرار یافته‌ها خودداری شود. یافته‌های جدید و یافته‌های پیش‌بینی شده مقایسه شود. در نگارش مقالات گردآوری، مروری، تحلیلی و انتقادی بر اساس شرایط مقاله بخش نتایج و بحث می‌تواند حذف شده و مطالب در قالب عناوینی متناسب با موضوع مقاله ارائه گردد. لازم است عناوین مناسب و جذابی برای این قسمت‌ها انتخاب شده و در مورد آن‌ها به صورتی کاملاً مستند مطلب نوشته شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این قسمت باید موارد کاربردهای عملی و تئوری نتایج حاصل از پژوهش و نتیجه کلی پژوهش بیان گردد. این بخش منعکس‌کننده نظر و برداشت کلی نگارنده/گان نسبت به محتوا و مطالب مقاله است. نکته بسیار مهم این است که خواننده دریابد که در این مقاله یک مطلب یا موضوعی بدیع و نو عرضه شده است. در این بخش ارائه یک پیام به‌طور روشن حائز اهمیت می‌باشد. راهکارها و فرضیه‌های جدید نیز پیشنهاد گردد. پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آینده در این بخش ارائه شود.

تشکر و قدردانی

در این بخش نگارنده/گان می‌توانند از اشخاص، سازمان‌ها و افراد ذیربطی که در اجرای پژوهش همکاری داشته‌اند، تشکر و قدردانی نمایند. این قسمت باید کوتاه و در حدود ۵۰ کلمه باشد.

فهرست منابع

فهرست منابع مورد استفاده در پایان متن به صورت پیوسته و تماماً انگلیسی ارائه شوند. منابع مورد استفاده به ترتیب حروف الفبای نام خانوادگی نگارنده، (یا اولین نگارنده برای منابعی که بیش از یک نگارنده دارند) زیر هم آورده شوند. چنانچه از یک نگارنده چندین منبع ذکر شود، ترتیب درج آن‌ها بر حسب سال انتشار، از جدید به قدیم است. اگر از نگارنده‌ای چندین منبع همسال وجود داشته باشد، با گذاشتن حروف a ، b و c پس از سال انتشار منابع از یکدیگر متمایز شوند. چنانچه مقالات منفرد و مشترک از یک نگارنده ارائه شود، نخست مقالات منفرد و سپس مقاله‌های مشترک به ترتیب حروف الفبای نام نگارندگان بعدی مرتب شوند. برای یک مقاله به ترتیب نام خانوادگی نگارنده، حرف اول اسم کوچک نگارنده، تاریخ انتشار، عنوان مقاله عنوان کامل مجله، شماره جلد، و اولین و آخرین صفحه مقاله ارائه شود.

برای یک کتاب به ترتیب نام خانوادگی و سپس حرف اول نام کوچک نگارنده، تاریخ انتشار، عنوان کامل کتاب، شماره جلد، نام ناشر، محل انتشار و تعداد کل صفحات ارائه شود.

در مورد مقاله یا کتاب‌هایی که بیش از یک نویسنده دارند به ترتیب نام خانوادگی و حرف اول نام اولین نویسنده و سپس اول نام

نویسندگان بعدی و پس از آن نام خانوادگی آن‌ها ذکر شود .

در مورد مرجعی که نویسنده آن مشخص نیست به جای نام نگارنده از "Anonymous" برای منابع انگلیسی و (بی نام) برای منابع فارسی استفاده شود

چنانچه منبع ترجمه شده باشد، در فهرست منابع باید نخست نام نویسنده (گان) کتاب اصلی، عنوان و مشخصات آن و سپس نام مترجم (مترجمان) و ناشر ذکر شود

مثال‌های برای تنظیم مقاله از مجله علمی

Brennan, E.W., and W.L. Lindsay. 1998. Reduction and oxidation effect on the solubility and transformation of iron oxides. Soil Science Society of America Journal. 62:930-937.

مقاله از کارگاه آموزشی یا علمی

Hanbury, A. 2002. The taming of the hue, saturation and brightness colour Space, 7th Computer Vision Winter Workshop, February, Bad Aussee, Austria.

ارجاع به کتاب

Lindsay, W.L. 1979. Chemical equilibrium in soils. John Wiley & Sons, New York.

مطلب نقل شده یک نویسنده در یک مجموعه مقالات

Logsdon, S.D., and D.A. Laird. 2003. Ranges of bound water properties associated with a smectite clay. p. 101-108. In Electromagnetic Wave Interaction with Water and Moist Substance. Proc. of Conf., Rotorua, New Zealand. 23-26 Mar. 2003. Industrial Research, Auckland, New Zealand.

ذکر مطلب از کتاب

Olsen, S.R., and L.E. Sommers. 1982. Phosphorus. p. 403-427. In A.L. Page et al. (ed.) Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. No. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

ذکر مطلب از اینترنت

Soil Survey Staff. 2004. NRCS soils [Online]. Available at <http://soils.usda.gov> [verified 23 Mar. 2005]. USDA-NRCS, Washington, DC.

ضروری است فهرست منابع فارسی به زبان انگلیسی برگردانده شده و در انتهای منبع داخل پرانتز عبارت "in persian" نوشته شود. در تمام منابع مورد استفاده نام ژورنال‌ها به صورت کامل نوشته شود.

هنگام ارجاع مطلبی در متن:

چنانچه منبع دارای یک نگارنده باشد، نام نگارنده و سال قید می‌گردد مانند: (Johnson, 1995). اگر منبع دارای دو نگارنده باشد، نام هر دو ذکر می‌گردد. مانند: (Lee & Wu, 2005)، اگر منبع دارای بیش از دو نگارنده باشد فقط نام نگارنده اول با ذکر عبارت "و همکاران" (et al.) درج گردد مانند: کیم و همکاران (Kim et al., 2008).

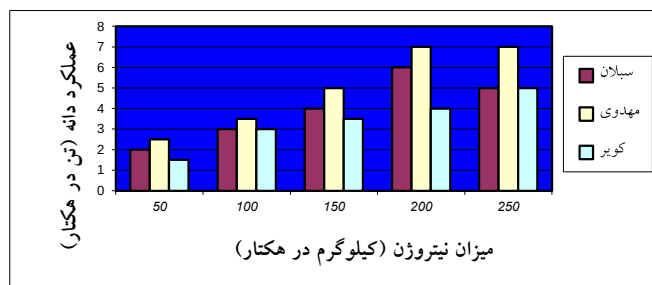
جدول نامناسب

بافت	Mgexch	Kavail.	Pavail	OC (%)	TNV (%)	EC (dS. m-1)	pH	عمق (cm)
	(Mg.kg-1)							
لومی رسی	۳۰۰	۲۹۰	۳/۶	۰/۶۲	۲۸	۷/۶	۸/۲	۰-۳۰
لومی رسی	۳۰۵	۲۹۵	۰/۶	۰/۵۰	۳۰	۷/۲	۸/۲	۳۰-۶۰
لومی شنی	۲۸۶	۳۳۲	۰/۵	۰/۲۱	۳۳	۹/۵	۷/۸	۶۰-۹۰

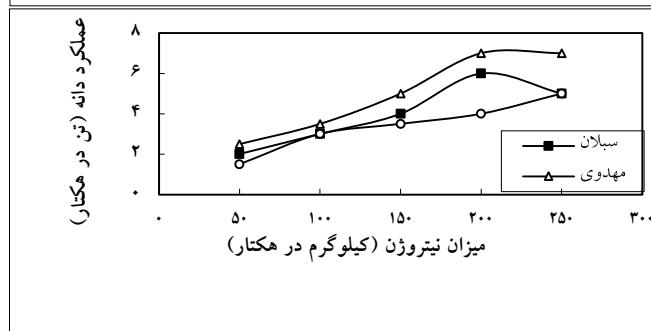
جدول مناسب

بافت	Mgex	Kav	Pav	OC (%)	TNV (%)	EC (dS.m ⁻¹)	pH	عمق (cm)
	(mg.kg ⁻¹)							
لومی رسی	300	290	3.6	0.62	28	7.6	8.3	0-30
لومی رسی	305	295	0.69	0.50	30	7.2	8.2	30-60
لومی شنی	286	232	0.50	0.21	33	9.5	7.8	60-90

شکل نامناسب



شکل مناسب



فرم تعهد نامه

نشریه مدیریت اراضی

اینجانب نویسنده مسئول مقاله زیر:

موارد زیر را به آگاهی می رسانم:

۱. کلیه تهیه کنندگان مقاله از ارسال آن به دفتر مجله شما آگاهند
۲. مقاله قبلاً در هیچ مجله داخلی و خارجی منتشر نشده است
۳. مقاله تا زمان پایان بررسی در آن مجله به مجله دیگری ارسال نخواهد شد.
۴. هیچگونه تغییری در تعداد نویسندگان یا ترتیب ذکر اسامی انجام نخواهد شد.
۵. نامه پذیرش براساس ترتیب و تعداد نویسندگان در فرم تعهدنامه صادر میگردد.

نام نام خانوادگی نویسنده اول:

امضاء نویسنده اول مقاله

نام نام خانوادگی نویسنده دوم:

امضاء نویسنده دوم مقاله

نام نام خانوادگی نویسنده سوم:

امضاء نویسنده سوم مقاله

نام نام خانوادگی نویسنده چهارم:

امضاء نویسنده چهارم مقاله

دکتر حسین اسدی.....	۲ داوری
دکتر کامبیز بازرگان.....	۲ داوری
دکتر جواد بهمنش.....	۱ داوری
دکتر رضا بیات.....	۳ داوری
دکتر محمد جمشیدی.....	۱ داوری
دکتر غلامرضا چگینی.....	۱ داوری
دکتر هوشنگ خسروی.....	۲ داوری
دکتر امیر سررشته‌داری.....	۲ داوری
دکتر فریدون سرمیدیان.....	۲ داوری
دکتر محمدجعفر سلطانی.....	۱ داوری
دکتر حسین صفاری.....	۲ داوری
دکتر محمود عرب خدری.....	۲ داوری
دکتر علیرضا علیپور.....	۶ داوری
دکتر حسینعلی علیخانی.....	۱ داوری
دکتر منوچهر گرجی.....	۱ داوری
دکتر عزیز مجیدی.....	۱ داوری
دکتر حمید محمدی قیومی.....	۱ داوری
دکتر محمدحسین محمدی.....	۱ داوری
دکتر کامران میرزاشاهی.....	۱ داوری
دکتر علیرضا واعظی.....	۱ داوری

عوامل موثر بر عدم پذیرش تبدیل اراضی کشاورزی شیبدار به باغ‌های مثمر مورد مطالعه: شهرستان گالیکش، استان گلستان

محمدرضا محبوبی^{۱*} و زهرا تیموری کوهسار

دانشیار گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده مدیریت کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

Mahboobi47@gmail.com

دانش آموخته دکترای آموزش کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران. teimuri.zahra@yahoo.com

دریافت: مرداد ۱۴۰۱ و پذیرش: بهمن ۱۴۰۱

چکیده

هدف اصلی این مطالعه شناسایی عوامل موثر بر عدم پذیرش تبدیل اراضی کشاورزی شیبدار به باغ‌های مثمر در شهرستان گالیکش استان گلستان بود. تحقیق توصیفی و از نوع پیمایشی و جامعه آماری ۲۵۰ نفر از کشاورزانی بودند که دارای اراضی کشاورزی شیبدار بوده و تغییر کشت محصولات زراعی به محصولات باغی مثمر در اراضی خود را نپذیرفته بودند. به شیوه نمونه‌گیری تصادفی چند مرحله‌ای و با استفاده از جدول کرجسی و مورگان، ۱۵۰ نفر به عنوان نمونه تحقیق انتخاب شدند. اطلاعات در سال ۱۴۰۰ با استفاده از پرسشنامه جمع‌آوری شد. روایی محتوایی و ظاهری پرسشنامه با استفاده از نظرات متخصصان ترویج، حفاظت خاک و باغبانی سازمان جهاد کشاورزی گلستان تأیید شد. تعیین اعتبار پرسشنامه با استفاده از روش آلفای کرونباخ انجام شد و مقدار ضریب ۰/۸۵ به دست آمد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS19 انجام شد. با توجه به نتایج، عوامل مرتبط با عدم پذیرش تبدیل اراضی کشاورزی شیبدار به باغ‌های مثمر به ترتیب اهمیت در بازده عامل فقدان عوامل تولید، خرده فرهنگ دهقانی، پیچیدگی عملیات، فقدان حمایت دولتی، هزینه سرمایه‌گذاری، فقدان اعتماد به کارشناس، عدم آگاهی و پیروی از رفتار نپذیرندگان، عدم قابلیت رویت نتایج عملیات، پراکندگی اراضی کشاورزی، عدم صرفه اقتصادی و فقدان اعتماد به دولت قرار می‌گیرند و در حدود ۷۵/۱۸۹ درصد از واریانس کل عوامل مرتبط با عدم پذیرش را تبیین می‌کنند. تامین وام کم‌بهره، نهال‌های با کیفیت و زودبازده، آب، ادوات و تجهیزات و شناسایی رهبران و معتمدان محلی دارای نفوذ و اخذ نظرات آنان در مراحل مختلف اجرای عملیات حفاظتی، از جمله پیشنهادهای این مطالعه بوده است.

واژه‌های کلیدی: فرسایش خاک، کشاورزی حفاظتی، اراضی شیبدار، شهرستان گالیکش

^۱ - آدرس ایمیل نویسنده مسئول: Mahboobi47@gmail.com

نوع مقاله: پژوهشی



مقدمه

در ایران فرسایش خاک هر ساله خسارات جبران‌ناپذیری را به اقتصاد کشور وارد می‌سازد. به موازات مسئله فرسایش، کاهش ماده آلی خاک رخ می‌دهد که از چالش‌های مهم بخش کشاورزی است (نصیری و همکاران، ۱۳۹۰). برآوردهای مختلفی از مقدار فرسایش خاک در ایران وجود دارد و هنوز اجماع کاملی در خصوص آن به دست نیامده است. برخی بررسی‌ها نشان می‌دهد متوسط فرسایش خاک سالانه خاک در ایران حدود ۲۴ تن بر هکتار بر سال است. این به معنای جابجایی و انتقال ۲۴۰۰۰ کیلوگرم لایه بالایی خاک (خاک سطحی) توسط عوامل مختلف به‌ویژه آب و باد است که در طول یک سال در مساحت ۱۰۰۰۰ مترمربع اتفاق می‌افتد. همچنین سالانه حدود چهار میلیارد تن خاک از اراضی کشور فرسایش یافته و قسمتی از آن وارد سامانه آب‌های جاری و دریا می‌شود که سبب کاهش کیفیت، آلودگی آب، کاهش حاصلخیزی خاک و کاهش سطح اراضی قابل کشت و در نهایت تخریب خاک می‌شود (محمدی و همکاران، ۱۳۹۷). با این همه آن چه کارشناسان بر آن توافق دارند، فزونی مقدار فرسایش خاک در ایران از حد مجاز است. ادامه این وضعیت به تخریب محیط‌زیست، از تعادل خارج شدن زیست‌بوم، تهدید امنیت غذایی و حتی استقلال کشور منجر می‌شود. در طی سالیان گذشته، دولت سیاست تشویق کشاورزان به تغییر کشت محصولات زراعی به‌ویژه غلات به کشت درختان مثمر چون زیتون، گردو و فندق در اراضی شیب‌دار در راستای کاهش فرسایش خاک، افزایش بهره‌وری، افزایش درآمد و تأمین روغن سالم را در پیش گرفته است. اجرای این سیاست به این دلیل بوده است که به نظر می‌رسد کشت غلات و سایر محصولات مشابه در اراضی شیب‌دار همراه با شخم در جهت شیب یکی از عوامل اصلی تشدیدکننده فرسایش آبی است به‌گونه‌ای که طبق مطالعات انجام‌شده در کرت‌هایی با شیب حدود ده درصد، نسبت فرسایش خاک در تیمار شخم جهت شیب حدود ده برابر تیمار با شخم عمود بر شیب و مقدار فرسایش خاک ناشی از هر بار شخم با گاوآهن در جهت

شیب در حدود ۵۰ تن در هکتار گزارش شده است (عرب خدری، ۱۳۹۳).

استان گلستان در زمره استان‌های درگیر مسئله فرسایش خاک است و این عامل حدود ۴۶۰ هزار هکتار از عرصه‌های منابع طبیعی و زراعی آن استان را تهدید می‌کند. طبق برآوردهای انجام‌شده میزان فرسایش خاک سالانه در غرب استان هشت تن در هکتار و در شرق آن ۳۵ تن در هکتار و در حوضه‌های آبخیز استان این میزان به‌طور متوسط ۱۵/۸ تن در هکتار است (اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان، ۱۳۹۹). برخی مطالعات میزان فرسایش خاک برای اراضی کشاورزی استان را بین حدود ۲۰ تا ۲۶ تن بر هکتار در سال گزارش کرده‌اند (کیانی و همکاران، ۱۳۹۶). بر اساس بررسی‌های انجام‌شده، در شهرستان گالیکش تغییرات کاربری اراضی از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۲ شمسی موجب افزایش رواناب سطحی از ۱۰/۳۲ میلی‌متر به ۱۱/۷۲ میلی‌متر و افزایش غلظت رسوب از ۹/۱۸ تن در هکتار به ۱۱/۱۸ تن در هکتار شده است (مرادی و همکاران، ۱۳۹۷).

طبق آمار موجود، در استان گلستان قریب به ۱۱۰ هزار هکتار اراضی شیب‌دار وجود دارد که ۲۰ درصد از اراضی کشاورزی استان را تشکیل می‌دهند و در مجموع ۵۹ هزار بهره‌بردار ساکن در ۲۸۰ روستا بر روی آن‌ها به کشت و کار اشتغال دارند. کاربری زراعی این اراضی و بهره‌برداری نامناسب از آن‌ها باعث وقوع سیلاب‌های مخرب در استان شده است (مدنی گیوی و مکی، ۱۳۸۴). در نتیجه از سال ۱۳۸۲ طرح تبدیل اراضی شیب‌دار به باغ‌های مثمر در سطح شهرستان‌های تحت پوشش و از جمله گالیکش آغاز شده است. در این طرح، مقرر شده بود که ۱۱۰ هزار هکتار اراضی کم‌بازده و شیب‌دار واقع در نوار جنوبی گلستان از بندرگز تا مراوه تپه به باغ‌های مثمر تبدیل شود و تا افق ۱۴۰۴، توسعه باغات در این اراضی به ۷۵ هزار هکتار برسد (قلی‌زاده مقدم و همکاران، ۱۳۹۷). با این‌وجود، تاکنون ۲۷ هزار و ۵۰۰ هکتار از اراضی شیب‌دار به باغ مثمر تبدیل گشته است و این بدان معناست

که به‌رغم گذشت حدود دو دهه از اجرای طرح، به‌طور متوسط سالی حدود هزار و ۶۰۰ هکتار از اراضی شیب‌دار به باغ مثمر تبدیل شده و ادامه این روند تا تبدیل ۸۲ هزار و ۵۰۰ هکتار باقی‌مانده، به ۵۰ سال زمان نیاز دارد. برخی از مهم‌ترین دلایل روند کند تبدیل اراضی شیب‌دار به باغ‌های مثمر را می‌توان به کشاورز و برخی را به عوامل خارج از کنترل کشاورز نسبت داد. از عوامل مربوط به کشاورزان می‌توان به نبود فرهنگ مدیریت صحیح باغ، سن بالا و سطح سواد پایین، عدم مشارکت مناسب در طرح، مالکیت اراضی خرده مالکی و قطعه‌قطعه، برخورداری از نگرش‌های سنتی، چرای بدون قاعده دام در باغ‌ها، سهل‌انگاری در حفظ و نگهداری باغ اشاره کرد. همچنین از عوامل خارج از کنترل کشاورز می‌توان به توزیع نهال‌های عقیم بین کشاورزان، سرما و خشکسالی، عدم تخصیص به‌موقع اعتبارات، عدم کفایت آموزش‌های ترویجی، عدم آشنایی کشاورزان با مزایای طرح، عدم حمایت مناسب از سوی دولت، عدم آشنایی زارعان با کشت و پرورش محصولات باغی و طولانی بودن برگشت سرمایه در احداث باغ نسبت به زراعت اشاره کرد (لطفی‌زاده، ۱۴۰۰).

شواهد موجود نشان می‌دهد درحالی‌که پدیده پذیرش فناوری در جامعه به‌خوبی شناخته شده است، اما پدیده رد فناوری هنوز به‌خوبی درک نشده و کمتر در مورد آن مطالعه شده و تنها در دهه اخیر بدان توجه جدی صورت گرفته است (وحیدین و احمد، ۲۰۱۴)، این در حالی است که رد فناوری و عدم پذیرش آن پدیده‌ای ملموس و آشکار است (کیرلیداک و کایناک، ۲۰۱۱). مطالعات انجام شده نشان می‌دهد بسیاری از عوامل فنی، سازمانی و فردی تعیین‌کننده پذیرش یا رد فناوری هستند (مورتی و مانی، ۲۰۱۳). با توجه به ماهیت فناوری‌های حفاظتی در کشاورزی که با هدف کاربرد تکنیک‌ها، روش‌ها و رهیافت‌ها برای بهبود مدیریت زمین و فراتر از افزایش صرف بهره‌وری مزرعه، به اجرا در می‌آیند، انتظار می‌رود پذیرش آن‌ها با موانع و محدودیت‌هایی همراه باشد که این موانع و محدودیت‌ها در مورد پذیرش فناوری‌های تولیدی

(تجاری) کمتر مطرح است. به‌عنوان مثال به‌رغم هزینه‌های صرف شده در مورد فعالیت‌های ترویجی حفاظت خاک، به دلیل وجود برخی پیش‌نیازها یا پیچیدگی‌ها در اجرای عملیات در مزرعه، انتظار می‌رود میزان یادگیری آن‌ها توسط کشاورزان روندی بطنی و کند داشته باشد. این بدان دلیل است که پذیرش فناوری حفاظت خاک مستلزم نوعی تصمیم‌گیری متفاوت و درعین حال مشکل برای کشاورزان است و در این روند باید به‌نوعی نگرش واقع‌گرایانه دست زنند، از جمله اینکه ممکن است لازم باشد شیوه مرسوم کشت و کار یا آبیاری یا استفاده از ادوات، تجهیزات و ماشین‌های کشاورزی خود را تغییر دهند. علاوه بر این منافع حاصل از کاربرد فناوری‌های حفاظتی و از جمله حفاظت خاک، به اجتماع برمی‌گردد و هزینه بکارگیری این فناوری‌ها برای کشاورز بیشتر از منافع آن‌ها است، در نتیجه ممکن است پذیرش از نظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه نبوده و این امر به مقیاس وسیع عدم پذیرش این فناوری‌ها ختم شود (محبوبی و همکاران، ۱۳۸۳).

مروری بر پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد عوامل مختلفی در زمینه عدم پذیرش فناوری‌های حفاظتی تأثیرگذار هستند از جمله اینکه مطلبی و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهش خود این موانع را شامل عدم توان به‌کارگیری فناوری‌ها به دلیل گرانی، عدم آگاهی و کمبود آگاهی لازم از عوامل محافظت‌کننده از خاک و نوری و همکاران (۱۳۹۳)، نبود یا کمبود حمایت‌های نهادی، سطوح پایین درآمد و منابع مالی و سبک زندگی معیشتی کشاورزان ذکر کرده‌اند. سید یعقوبی و صدیقی (۱۳۹۵)، دلایل عدم پذیرش روش‌های کشاورزی حفاظتی توسط کشاورزان را عدم یکپارچه بودن اراضی کشاورزی گزارش کرده‌اند و غلامی و همکاران (۱۳۹۹)، این دلایل را وضعیت نامناسب مالی، عدم دسترسی به تجهیزات مناسب، عدم حمایت مناسب دولت، پایین بودن دانش و اطلاعات کشاورزان، نگرش منفی به فناوری‌های نو، کم‌سودای و بالا بودن سن کشاورزان دانسته‌اند. همچنین خردی و پراکندگی اراضی و فقدان استطاعت مالی از مهم‌ترین موانع کاربست شیوه‌های

حفاظت آب و خاک توسط کشاورزان است که باقری و همکاران (۱۴۰۰) در تحقیق خود بدان‌ها اشاره کرده‌اند. گرابوسکی (۲۰۱۱) نیاز فزاینده به نیروی کار و سرمایه و جبر و همکاران (۲۰۱۳) کمبود نیروی کار، مشکل اجرای طرح‌های حفاظتی، کمبود خدمات ترویجی کافی، کمبود زمین، فاصله مزارع از هم و منبع درآمد را از مهم‌ترین علل عدم پذیرش فناوری‌های حفاظتی گزارش کرده‌اند. در پژوهش سودها و سکار (۲۰۱۵)، عواملی چون هزینه بالای اجرای عملیات حفاظتی، عدم ارائه به موقع یارانه، بهره بالای وام، عدم پایداری طولانی مدت عملیات حفاظتی، درآمد کم و ناپایدار مزرعه، قیمت پایین محصولات کشاورزی، فقدان حمایت فنی از سوی مؤسسات و فقدان انگیزه برای اجرای عملیات در اراضی اجاره‌ای، از مهم‌ترین موانع پذیرش عملیات حفاظت خاک و فازیو و همکاران (۲۰۱۶) عوامل مؤثر بر پذیرش فناوری را سازگاری با عملیات رایج، زمین اجاره‌ای، زمینه اجتماعی، شرایط اجتماعی و محیط سیاسی، خانواده، دوستان و همسایگان، ویژگی‌های شخصی، سن، سطح تحصیلات، ادراک، عوامل اقتصادی، خطرات اقتصادی، برنامه‌ها و سیاست‌های کشاورزی دولت، برنامه‌های حمایتی و یارانه‌ها، برنامه‌های سرمایه‌گذاری مالی، سطح تحصیلات و آگاهی، الزامات دانشی، تولید و اشاعه اطلاعات و مروجان ذکر کرده‌اند. کارل لیس (۲۰۱۶) مجموعه‌ای از عوامل زراعی، مالی، سیاستی، دانشی و فردی را از جمله دلایل عدم پذیرش عملیات حفاظت خاک برشمرده است. همچنین، نجنکا و همکاران (۲۰۲۱) عدم پذیرش فناوری‌های حفاظت خاک و آب توسط کشاورزان خرده‌مالک را به وجود شکاف‌های ارتباطی گسترده بین محققان، مروجان و کشاورزان نسبت داده و بتلا و ولکا (۲۰۲۱) کمبود نیروی کار را در عدم پذیرش عامل مؤثرتری معرفی کرده‌اند.

با توجه به مبانی نظری و پیشینه تحقیق، عدم پذیرش فناوری‌های حفاظتی، بخشی به ویژگی‌های عملیات و بخش دیگر به عوامل فردی، اقتصادی و اجتماعی

کشاورزان و همچنین عوامل نهادی و سازمانی مربوط است. با توجه آنچه گفته شد به نظر می‌رسد ناکامی در برانگیختن کشاورزان به پذیرش فناوری‌های حفاظتی چون تبدیل اراضی شیبدار به باغ‌های مثمر، به دلیل فقدان روش‌های مکانیکی یا ارگانیکی نیست بلکه عدم پذیرش فناوری‌های حفاظتی توسط کشاورزان یک مسئله فنی - اجتماعی است و برانگیخته شدن کشاورزان در موردپذیرش فناوری‌ها مشکلی است که تنها با توجه صرف به مسائل فنی امکان‌پذیر نیست (کرمی، ۱۳۷۵). بر این اساس با توجه به اینکه پذیرش فناوری تبدیل اراضی شیبدار تحت کشت غلات به باغ‌های مثمر مطابق انتظارات برنامه‌ریزان و مجریان آن نبوده و چگونگی افزایش مشارکت کشاورزان برای اجرای آن در مزارع خود همواره یکی از دغدغه‌ها به شمار می‌رود، این تحقیق با هدف بررسی عوامل مؤثر بر عدم پذیرش تبدیل اراضی شیبدار تحت کشت غلات به باغ‌های مثمر در شهرستان گالیکش استان گلستان انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با هدف شناسایی عوامل مؤثر بر عدم پذیرش تبدیل اراضی کشاورزی شیبدار به باغ‌های مثمر در سال ۱۴۰۰ و در شهرستان گالیکش استان گلستان انجام شد. تحقیق توصیفی و از نوع پیمایشی است. جامعه آماری تحقیق ۲۵۰ نفر از کشاورزانی بودند که دارای اراضی کشاورزی در شیب بوده و تغییر کشت محصولات زراعی به محصولات باغی در اراضی خود را پذیرفته و اجرا نکرده بودند که بر اساس جدول کرجسی و مورگان^۲ (۱۹۷۰)، ۱۵۰ نفر از آنان به عنوان نمونه تحقیق انتخاب شدند. شیوه نمونه‌گیری در این تحقیق نمونه‌گیری چند مرحله‌ای بود. با توجه به اینکه بخش مرکزی شامل دو دهستان ینقاق، به مرکزیت ینقاق (شامل ۱۷ روستا) و نیلکوه به مرکزیت فارسین (شامل ۱۳ روستا) و بخش لوه شامل دو دهستان گلستان، به مرکزیت تنگراه (شامل شش روستا) و دهستان

۲.- Krejcie and Morgan

قراولان به مرکزیت آق‌قیش (شامل ۱۵ روستا) بود ابتدا دو دهستان ینقاق و نیلکوه از بخش مرکزی و دهستان قراولان از بخش لوه انتخاب شدند. سپس از دهستان ینقاق شش روستا، از دهستان نیلکوه سه روستا و از دهستان قراولان سه روستا انتخاب شدند و بر مبنای شیوه نمونه-گیری تصادفی با انتساب متناسب ۱۵۰ نفر از کشاورزان دارای اراضی کشاورزی شیب‌دار که تغییر کشت محصولات زراعی به محصولات باغی در اراضی خود را نپذیرفته بودند، انتخاب شدند (جدول ۳-۱). سؤالات پرسشنامه بر مبنای سؤالات و اهداف تحقیق تنظیم شد که در بردارنده سؤالاتی در زمینه ویژگی‌های فردی، اجتماعی و اقتصادی کشاورزان و دیدگاه آنان درباره اهمیت هر یک از عوامل مؤثر بر عدم پذیرش تبدیل اراضی کشاورزی شیب‌دار به باغ‌های مثمر بود. روایی محتوایی و ظاهری پرسشنامه با استفاده از نظرات متخصصان ترویج، حفاظت خاک و باغبانی بعد از چند مرحله اصلاح و بازنگری به دست آمد. همچنین پیش‌آزمون جهت تعیین اعتبار پرسشنامه در خارج از منطقه جغرافیایی تحقیق انجام گرفت و ضریب الفای کرونباخ برای سؤالات بخش عوامل مؤثر بر عدم پذیرش تبدیل اراضی کشاورزی شیب‌دار به باغ ۰/۸۵ به دست آمد. این ضریب یکی از روش‌های محاسبه قابلیت اعتماد (پایایی یا ثبات) ابزار اندازه‌گیری است و برای محاسبه هماهنگی درونی ابزار اندازه‌گیری استفاده می‌شود. دامنه ضریب قابلیت اعتماد از صفر تا یک است (پاکزاد و علاءالدینی، ۱۳۹۵). دیدگاه کشاورزان در مورد دلایل عدم پذیرش تبدیل اراضی کشاورزی شیب‌دار به باغ در قالب ۳۷ گویه از طریق طیف لیکرت پنج گزینه‌ای (خیلی زیاد=۵، زیاد=۴، تا حدی=۳، کم=۲ و خیلی کم=۱) مورد سؤال قرار گرفت. طیف لیکرت رایج‌ترین مقیاس اندازه‌گیری است و برای مشخص کردن موضع پاسخ‌دهنده در مورد یک موضوع بر روی یک طیف با انتخاب نشان‌دهنده باورها، عقاید یا نگرش فرد درباره آن موضوع استفاده می‌شود (سرمد و همکاران، ۱۳۸۹). تجزیه و تحلیل داده‌ها با توجه به

سؤالات و اهداف تحقیق و سطوح سنجش متغیرها با استفاده از روش‌های آمار توصیفی (میانگین، واریانس، انحراف معیار، فراوانی و درصد) و تحلیل عاملی انجام شد. تحلیل عاملی به بررسی همبستگی درونی تعداد زیادی از متغیرها می‌پردازد و آن‌ها را در قالب شمار محدودی از عامل‌های عمومی دسته‌بندی و تبیین می‌کند. برای اطمینان از اینکه تعداد داده‌های موجود برای تحلیل عاملی مناسب هستند یا خیر از شاخص‌های KMO^۳ و آزمون بارتلت^۴ استفاده می‌شود. مقدار آماره‌ی KMO همواره بین صفر و یک تغییر می‌کند. برای تعیین تعداد عوامل از مقدار ویژه استفاده می‌شود و عامل‌های دارای مقدار ویژه بالاتر از یک مدنظر قرار می‌گیرند (احمدپور و همکاران، ۱۳۹۴). در تحلیل عاملی، عامل سازه‌ای است که روابط بین مجموعه‌ای از متغیرها را به صورت خلاصه مطرح می‌کند و از روی بارهای عاملی‌اش تعریف می‌شود. بارهای عاملی، همبستگی یک متغیر با یک عامل است و مقدار ویژه، واریانس تبیین شده توسط هر عامل است که برابر با مجموع مجذور بارهای عاملی آن عامل است (پیراسته و حیدرنیا، ۱۳۸۷).

یافته‌ها و بحث

نتایج نشان داد بیشتر پاسخگویان (۵۱/۳ درصد) بی‌سواد هستند. بیشتر آنان (۳۴/۳ درصد) بیش از ۴۱ سال سابقه اشتغال به کار کشاورزی دارند که بیانگر تجربه بالای آنان در کار کشاورزی است. همچنین بیشتر آنان (۳۷/۹ درصد) در رده سنی ۴۶ تا ۶۵ سال قرار دارند که حاکی از میانسالی بودن غالب آنان است. بیشتر پاسخگویان (۲۳/۹ درصد) عضو شرکت تعاونی هستند و همچنین بیشتر آنان (۳۰/۷ درصد) در کنار کشاورزی به شغل دامداری نیز اشتغال دارند. اکثر پاسخگویان (۶۲/۳ درصد) دارای کمتر از پنج هکتار زمین تحت مالکیت هستند که نشان‌دهنده خرده‌مالک بودن غالب آنان است. اکثر پاسخگویان (۶۴/۷ درصد) مالک کمتر از دو هکتار زمین شیب‌دار پراکنده در

^۴. -Bartlett Test

^۳. -Kaiser-Meyer-Olkin

چند نقطه روستا بوده و تناوب زراعی بیشترین عملیاتی بوده است که اکثر آنان (۵۴/۷ درصد) در اراضی شیب‌دار خود اجرا کرده‌اند. بیشتر پاسخگویان از ادوات کشاورزی چون تراکتور (۶۴ درصد) و سم‌پاش (۸۳/۳ درصد) به‌صورت استیجاری استفاده می‌کنند. تعداد افراد خانوار بیشتر پاسخگویان (۶۲/۳ درصد) بیشتر از چهار نفر بوده، اکثر آنان (۴۲ درصد) دارای کمتر از پنج نفر کارگر مزدبگیر بوده، همچنین اکثر آنان (۷۷/۳ درصد) تعداد افراد کمک‌کننده به خود در کار کشاورزی را کمتر از دو نفر ذکر کرده‌اند که حاکی از مشارکت کمتر اعضای خانواده آنان در کار کشاورزی است. اکثر آنان (۳۴ درصد) احتمال ادامه کار کشاورزی در آینده را زیاد و خیلی زیاد ذکر کرده، همچنین بیشتر آنان (۴۵/۳ درصد) احتمال انتقال مزرعه به فرزندان خود در آینده را خیلی زیاد دانسته‌اند. به‌منظور تعیین میزان واریانس تبیین شده توسط هر یک از متغیرهای مرتبط با عدم پذیرش تبدیل اراضی کشاورزی شیب‌دار به باغ‌های مثمر در قالب عامل‌های دسته‌بندی‌شده، از تحلیل عاملی استفاده شد. به‌منظور تعیین مناسب بودن

داده‌ها برای تحلیل عاملی از ضریب KMO و آزمون بارتلت استفاده شد. KMO، مقیاسی برای تشخیص مناسب بودن نمونه است و مقدار آن بین صفر و یک تغییر می‌کند. از آزمون بارتلت برای آزمون معنی‌داری و اطمینان از مناسب بودن متغیرهای موردنظر برای انجام تحلیل عاملی استفاده می‌شود. در واقع، از سطح معنی‌داری آزمون مذکور می‌توان نتیجه گرفت که فرض صفر رد شده و همبستگی وجود دارد و لذا می‌توان تحلیل عاملی را انجام داد. با توجه به آنچه گفته شد معنی‌داری آزمون بارتلت در سطح اطمینان ۹۹ درصد نشان‌دهنده همبستگی و مناسب بودن متغیرهای موردنظر برای انجام تحلیل عاملی بود (جدول ۱).

نتایج تحلیل عاملی نشان داد عوامل مرتبط با عدم پذیرش تبدیل اراضی شیب‌دار به باغ‌های مثمر به ترتیب اهمیت در یازده عامل قرار می‌گیرند و در حدود ۷۵/۱۸۹ درصد از واریانس کل عوامل مرتبط با عدم پذیرش تبدیل اراضی شیب‌دار به باغ‌های مثمر را تبیین می‌کنند (جدول ۲).

جدول ۱- مقدار KMO و آزمون بارتلت و سطح معنی‌داری

مجموعه مورد تحلیل	مقدار KMO	مقدار بارتلت	سطح معنی‌داری
علل عدم پذیرش تبدیل اراضی شیب‌دار به باغ‌های مثمر	۰/۵۴۴	۳۶۶۹	۰/۰۰۰

جدول ۲- تعداد عامل‌های استخراج‌شده و سهم هر یک از آنها

شماره عامل	نام عامل	مقدار ویژه	درصد واریانس مقدار ویژه	فراوانی تجمعی درصد واریانس مقدار ویژه
۱	فقدان عوامل تولید	۸/۰۱۶	۲۲/۲۶۶	۲۲/۲۶۶
۲	خرده فرهنگ دهقانی	۳/۱۱۹	۸/۶۶۵	۳۰/۹۳۱
۳	پیچیدگی عملیات	۲/۶۷۱	۷/۴۱۷	۳۸/۳۴۸
۴	فقدان حمایت دولتی	۲/۵۸۴	۷/۱۷۸	۴۵/۵۲۶
۵	هزینه سرمایه‌گذاری	۲/۰۲۲	۵/۶۱۷	۵۱/۱۴۳
۶	فقدان اعتماد به کارشناس	۱/۹۳۹	۵/۳۸۷	۵۶/۵۳۱
۷	عدم آگاهی و پیروی از رفتار نپذیرندگان	۱/۸۱۸	۵/۰۴۹	۶۱/۵۸
۸	عدم قابلیت رؤیت نتایج	۱/۴۷۷	۴/۱۰۲	۶۵/۶۸۲
۹	پراکندگی اراضی کشاورزی	۱/۳۴۳	۳/۴۵۳	۶۹/۱۳۵
۱۰	عدم صرفه اقتصادی	۱/۱۴۶	۳/۱۸۳	۷۲/۳۱۸
۱۱	فقدان اعتماد به دولت	۱/۰۳۳	۲/۸۷۱	۷۵/۱۸۹

همان‌طور که نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد عامل "فقدان عوامل تولید" در اولویت نخست قرار گرفته است. این عامل بیش از ۲۲ درصد از واریانس مقدار ویژه را به خود اختصاص داده است و بیشترین سهم را در عدم پذیرش دارا است. به عبارت دیگر، بسیاری از مسائل مرتبط با عدم پذیرش تبدیل اراضی شیب‌دار به باغ‌های مثمر توسط کشاورزان در شهرستان گالیکش را می‌توان به این عامل نسبت داد. عامل‌های دیگر سهم کمتری را در عدم پذیرش تبدیل اراضی شیب‌دار به باغ‌های مثمر دارا هستند به گونه‌ای که با توجه به مقادیر ویژه، سهم عامل

"خرده‌فرهنگ دهقانی"، ۸/۶۶۵ درصد، عامل "پیچیدگی عملیات"، ۷/۴۱۷ درصد، عامل "فقدان حمایت دولتی"، ۷/۱۷۸ درصد، عامل "هزینه سرمایه‌گذاری"، ۵/۶۱۷ درصد، عامل "فقدان اعتماد به کارشناس"، ۵/۳۸۷ درصد، عامل "عدم آگاهی و پیروی از رفتار نپذیرندگان"، ۵/۰۴۹ درصد، عامل "عدم قابلیت رؤیت نتایج عملیات"، ۴/۱۰۲ درصد، عامل "پراکندگی اراضی کشاورزی"، ۳/۴۵۳ درصد، عامل "عدم صرفه اقتصادی عملیات"، ۳/۱۸۳ درصد و در نهایت، عامل "فقدان اعتماد به دولت"، ۲/۸۷۱ درصد بوده است.

جدول ۳ - متغیرهای مربوط به هر یک از عوامل و میزان ضرایب به دست آمده از ماتریس دوران یافته

نام عامل	بار عاملی	گویه‌ها
فقدان عوامل تولید	۰/۵۹۲	پیچیده و سخت بودن عملیات تبدیل اراضی شیبدار به باغ
	۰/۷۱۱	نداشتن سرمایه کافی
	۰/۷۰۵	عدم کیفیت نهال‌های اعطا شده به کشاورزان از سوی کشاورزی و منابع طبیعی
	۰/۵۷۵	کمبود نیروی کار
	۰/۷۹۸	مشکل تأمین آب
	۰/۵۰۹	فقدان تجربه باغداری
	۰/۶۳۲	عدم رضایت باغداران از تبدیل زمین شیبدار خود به باغ
	۰/۶۲۴	نبود خرید تضمینی محصولات باغی
	۰/۶۶۶	اختلاف با زمین‌داران همسایه
	۰/۷۵۶	سختی نگهداری محصولات باغی
	۰/۶۹۸	کم بودن زمین کشاورزی در اختیار
	۰/۷۷۱	نیاز مبرم به درآمد کشاورزی
	۰/۶۵۳	عدم آموزش در زمینه اصول باغداری
خرده فرهنگ دهقانی	۰/۶۰۵	مخالفت خانواده با تبدیل زمین کشاورزی به باغ
	۰/۷۳۸	نظر منفی معتمدین و ریش سفیدان محلی در مورد تبدیل زمین شیبدار به باغ
	۰/۸۲۱	بی‌تأثیر بودن تبدیل اراضی شیبدار به باغ در حاصلخیزی خاک و کاهش فرسایش خاک
پیچیدگی عملیات	۰/۶۵۹	تبلیغات منفی در مورد تبدیل اراضی شیبدار به باغ
	۰/۶۷۳	سختی کار کاشت، داشت و برداشت محصولات باغی در مقایسه با محصولات زراعی
	۰/۵۳۴	پیچیده و سخت بودن عملیات تبدیل اراضی شیبدار به باغ
	۰/۵۳۶	مخالفت شرکای مالک زمین با تبدیل اراضی شیبدار به باغ
فقدان حمایت دولتی	۰/۷۸۵	کافی نبودن وام، تسهیلات و کمک‌های مالی دولت برای تبدیل اراضی شیبدار به باغ
	۰/۷۳۹	آسیب‌پذیری بیشتر باغ در مقایسه با زراعت در برابر مخاطرات طبیعی
هزینه سرمایه‌گذاری	۰/۵۶۶	عدم در اختیار داشتن تجهیزات و ادوات کافی برای تبدیل اراضی شیبدار به باغ
	۰/۶۸۱	سختی استفاده از ادوات و تجهیزات باغداری
	۰/۷۷۲	هزینه بالای تبدیل اراضی شیبدار به باغ در مقایسه با منافع آن
فقدان اعتماد به کارشناس	۰/۷۲۲	عدم اعتماد به کارشناسان منابع طبیعی
عدم آگاهی و پیروی از رفتار نپذیرندگان	۰/۷۶۹	عدم تبدیل اراضی شیبدار به باغ توسط سایر کشاورزان
	۰/۶۶۷	بیماری و عدم توان اداره باغ
	۰/۵۴۱	عدم اطلاع از امکان تبدیل اراضی شیبدار به باغ
عدم قابلیت رؤیت نتایج عملیات	۰/۶۰۱	عدم مشاهده نتایج مثبت تبدیل اراضی شیبدار به باغ
	۰/۶۲۸	فقدان تجربه باغداری
پراکندگی اراضی کشاورزی	۰/۷۷۹	قطعه قطعه و پراکنده بودن زمین‌های شیبدار و عدم صرفه تبدیل آن‌ها به باغ
	۰/۵۰۳	نداشتن وقت کافی برای باغداری در صورت تبدیل اراضی شیبدار به باغ
عدم صرفه اقتصادی عملیات	۰/۷۹۴	درآمد پایین باغداری در مقایسه با کشت محصولات زراعی در صورت تبدیل اراضی شیبدار به باغ
	۰/۸۰۵	احتمال گرفتن زمین شیب توسط دولت در صورت تبدیل آن به باغ
فقدان اعتماد به دولت		

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

کشت غلات و سایر محصولات مشابه در اراضی شیبدار و شخم زدن در جهت شیب یکی از عوامل تشدیدکننده فرسایش خاک در کشور و از چالش‌های اساسی بخش کشاورزی است. این وضعیت کشور را در وضعیت نگران‌کننده‌ای قرار داده است. ادامه این وضعیت

می‌تواند منجر به تخریب محیط‌زیست و ناامنی غذایی شود.

با توجه به یافته‌های تحقیق فقدان عوامل تولید از علل اصلی عدم پذیرش تبدیل اراضی شیبدار به باغ‌های مثمر توسط کشاورزان در شهرستان گالیکش است. شکی نیست اجرای عملیات حفاظتی مستلزم در اختیار داشتن عوامل تولید همچون نیروی انسانی، سرمایه و آب است که در صورت

کمیود یا فقدان آن برای اجرای عملیات، عدم پذیرش توسط کشاورز نوعی عکس‌العمل منطقی تلقی می‌شود. نتایج این بخش از تحقیق با یافته‌های غلامی و همکاران (۱۳۹۹)، گرابوسکی (۲۰۱۱) و جبر و همکاران (۲۰۱۳) همخوانی دارد. سایر عوامل با توجه به واریانس مقدار ویژه اگرچه سهم کمتری در عدم پذیرش دارند ولی با هدف افزایش پذیرش تبدیل اراضی شیب‌دار به باغ‌های مثمر از سوی کشاورزان باید مورد توجه قرار گیرند. در مورد "خرده فرهنگ دهقانی" باید گفت این عامل نیرویی قوی در برابر تغییر است و تطبیق عملیات حفاظتی و از جمله عملیات تبدیل اراضی شیب‌دار به باغ‌های مثمر با هنجارهای آن، یکی از جنبه‌های اساسی رفتار اجتماعی در هر گروه و از جمله کشاورزان است. در نتیجه انتظار می‌رود در صورتی که عملیات خاص مدیریت محیط، بخشی از خرده فرهنگ نباشند صرف نظر از منافع موجود، پذیرش آن‌ها امکان‌پذیر نباشد. همچنین بر مبنای تئوری اقدام مستدل یا کنش عقلایی افراد غالباً بر مبنای ادراکاتشان از آنچه دیگران (دوستان، خانواده، همکاران و غیره) فکر می‌کنند باید انجام دهند عمل می‌کنند و قصد آن‌ها جهت پذیرش رفتار به صورت بالقوه، متأثر از افرادی است که ارتباطات نزدیکی با آن‌ها دارند. یافته‌های این بخش با یافته‌های غلامی و همکاران (۱۳۹۹) و فازیو و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد. در مورد عامل "پیچیدگی عملیات"، ذکر این نکته ضروری است که این عامل از ویژگی‌های یک نوآوری است و عبارت است از میزان درک فرد از دشواری یادگیری به کار بردن نوآوری و آسانی استفاده از آن. برای اکثریت اعضای نظام اجتماعی، برخی از نوآوری‌ها به آسانی قابل درک و کاربرد است اما برخی دیگر از نوآوری‌ها به آسانی قابل فهم نیستند و با سرعت کمتری مورد پذیرش قرار می‌گیرند. به طور کلی ایده‌های جدید که احتیاج به فراگیری و سرمایه‌گذاری ندارند، زودتر از نوآوری‌هایی مورد پذیرش قرار می‌گیرند که مستلزم فراگیری دانش و مهارت جدید می‌باشند (حمدی پور و همکاران، ۱۳۹۷). عملیات حفاظتی و از جمله عملیات تبدیل اراضی شیب‌دار به باغ نیز پیچیده

هستند و پیچیدگی باعث مشکل‌تر شدن فهم نوآوری شده، قدرت خطرپذیری کشاورزان را کاهش می‌دهد و در نتیجه با مقاومت بیشتری برای پذیرش مواجهه‌اند. اهمیت عامل "فقدان حمایت دولتی" به ماهیت عملیات حفاظتی و از جمله عملیات تبدیل اراضی شیب‌دار به باغ بر می‌گردد به گونه‌ای که اجرای آن‌ها مستلزم صرف هزینه بیشتر و در نتیجه کمک دولتی است. این موضوع در مورد کشاورزان خرده‌پا اهمیت بیشتری دارد چرا که جبران شکست احتمالی ناشی از اجرای عملیات برای آن‌ها کمتر است. علاوه بر این، ایجاد زیرساخت‌های فنی و سازمانی برای پشتیبانی از کاربرد فناوری که در موارد زیادی از طریق حمایت دولتی انجام می‌شود، عامل تعیین‌کننده مؤثر در تمایل و استفاده از فناوری است. نتایج این بخش از تحقیق در مطالعات نوری و همکاران (۱۳۹۳)، غلامی و همکاران (۱۳۹۹)، فازیو و همکاران (۲۰۱۶) و سودها و سکار (۲۰۱۵) نیز تأیید شده است. در مورد عامل "هزینه سرمایه‌گذاری"، ذکر این نکته مهم است که بر خلاف فناوری‌های مزرعه‌ای اجرای بیشتر عملیات حفاظتی و از جمله عملیات تبدیل اراضی شیب‌دار به باغ مستلزم تغییرات بیشتری در سطح مزرعه و صرف سرمایه قابل‌توجهی در زمینه استفاده از ماشین‌های کشاورزی، آبیاری، خاک‌برداری، نهال، کود شیمیایی و آبیاری است که ممکن است خارج از توان کشاورزان خرده‌پا باشد، بدیهی است در این شرایط عدم پذیرش عملیات حفاظتی تصمیمی منطقی تلقی می‌شود. این یافته در راستای یافته‌های غلامی و همکاران (۱۳۹۹)، باقری و همکاران (۱۴۰۰)، گرابوسکی (۲۰۱۱)، سودها و سکار (۲۰۱۵) و کارل لیس (۲۰۱۶) است. وجود عامل "فقدان اعتماد به کارشناس"، نشان‌دهنده ضعف در یکی از ابعاد مهم سرمایه اجتماعی است. شکی نیست اعتماد مردم بزرگ‌ترین سرمایه‌ای است که سازمان‌های متولی عملیات حفاظتی از آن برخوردارند و هنر مدیران و کارشناسان این سازمان‌ها باید این باشد که با اصل قرارداد تعهد، صداقت و مسئولیت‌پذیری از اعتمادی که به تدریج به دست آمده است حراست و حفاظت کنند چرا که در صورت عدم

اعتماد مردم به کارشناسان می‌توان انتظار داشت عدم پذیرش فناوری رخ دهد. دلایل وجود عامل "عدم آگاهی و پیروی از رفتار نپذیرندگان" را می‌توان به عدم آگاهی کشاورز از امکان تبدیل اراضی شیبدار به باغ به دلایلی چون عدم ارتباط وی با رسانه‌های ارتباط جمعی، منابع ارتباط شخصی و مروجان نسبت داد. پیروی از سایر کشاورزان نپذیرنده عملیات و عدم تبدیل اراضی شیبدار به باغ نیز به نوعی رعایت هنجارها و پیروی از رفتار دیگر هم‌قطاران تلقی می‌شود. این یافته در راستای یافته‌های مطلبی و همکاران (۱۳۹۲)، غلامی و همکاران (۱۳۹۹)، کارل لیس (۲۰۱۶) و فازو و همکاران (۲۰۱۶) است. وجود عامل "عدم قابلیت رؤیت نتایج عملیات" را می‌توان به ویژگی خاص عملیات حفاظتی نسبت داد که به‌طور معمول دارای بازده طولانی‌مدت بوده، آثار آن‌ها به آسانی قابل درک و مشاهده نیست و از این‌رو انتظار می‌رود با پذیرش کمتری همراه باشند. یافته‌های این بخش همسو با یافته کارل لیس (۲۰۱۶) است. نقش "پراکندگی اراضی کشاورزی"، در عدم پذیرش تبدیل اراضی شیبدار به باغ‌های مثمر به وجود بسترهای لازم برای اجرای عملیات حفاظتی چون تبدیل اراضی شیبدار به باغ برمی‌گردد که مستلزم ایجاد تغییرات در سطح مزرعه و به‌کارگیری فناوری‌های پیچیده‌تر است که در صورت پراکنده و قطعه قطعه بودن اراضی کشاورزی، انتظار می‌رود اجرای عملیات با مشکل مواجه شود و درعین حال هزینه اجرای عملیات از نظر زارع به‌صرفه نباشد. در نتیجه برای کشاورز چاره‌ای جز عدم پذیرش باقی نمی‌ماند. این یافته در راستای یافته‌های سید یعقوبی و صدیقی (۱۳۹۵)، باقری و همکاران (۱۴۰۰) و جبر و همکاران (۲۰۱۳) است. تأثیر عامل "عدم صرفه اقتصادی عملیات"، بیشتر از آنجا ناشی می‌شود که عملیات حفاظتی باهدف بهبود مدیریت زمین به اجرا در می‌آید و هدفی فراتر از افزایش صرف بهره‌وری مزرعه دارد و از سوی دیگر دارای بازده بلندمدت است و منافع آن بیشتر به جامعه بر می‌گردد، از این‌رو انتظار می‌رود منافع اقتصادی ناشی از اجرای عملیات کمتر توسط

کشاورزان قابل درک باشد و این خود عامل مهمی در زمینه عدم پذیرش آن به شمار می‌رود. این یافته با یافته سودها و سکار (۲۰۱۵)، همخوانی دارد. در نهایت، وجود عامل "فقدان اعتماد به دولت"، از آنجا ناشی می‌شود که اجرای عملیات حفاظتی مستلزم مشارکت بالای کشاورزان است و آنان انتظار دارند دولت در زمینه اجرای عملیات با آنان صادق باشد. با کاهش اعتماد کشاورزان به دولت می‌توان انتظار داشت مشارکت مردم در اجرای عملیات کاهش یابد. با توجه به یافته‌های تحقیق و با هدف بسترسازی پذیرش بیشتر عملیات تبدیل اراضی شیبدار به باغ‌های مثمر پیشنهادی زیر قابل ارائه است: ۱. با توجه به اینکه فقدان عوامل تولید از اهمیت بیشتری در زمینه عدم پذیرش تبدیل اراضی شیبدار به باغ‌های مثمر برخوردار بوده است توصیه می‌شود با هدف بسترسازی پذیرش عملیات تبدیل اراضی شیبدار به باغ‌های مثمر، علاوه بر بازنگری در برنامه‌ها و اقدامات حمایتی و تشویقی و رفع نواقص آن‌ها، امکان دسترسی سریع‌تر، راحت‌تر و در حد کفایت کشاورزان داوطلب به وام کم‌بهره، نهال‌های با کیفیت و زودبازده، آب، ادوات و تجهیزات فراهم آید. ۲. با همکاری کشاورزان داوطلب نسبت به احداث باغ‌های نمایی و الگویی به‌خصوص با کشت ارقام زودبازده، درآمدزا و دارای سازگاری مناسب با شرایط جوی منطقه اقدام شود تا از این طریق نتایج اجرای عملیات تبدیل اراضی شیبدار به باغ‌های مثمر برای کشاورزان قابل‌رؤیت و انگیزه آنان برای مشارکت در برنامه افزایش یابد. ۳. با شناسایی شبکه اجتماعی و رهبران و معتمدان محلی دارای نفوذ و اخذ نظرات آنان در مراحل مختلف اجرای عملیات حفاظتی، زمینه پذیرش عملیات تبدیل اراضی شیبدار به باغ‌های مثمر توسط سایر کشاورزان فراهم شود. ۴. با توجه به تأثیر تجربه کم کشاورزان در زمینه باغداری و پیچیدگی عملیات احداث باغ و باغداری در عدم پذیرش عملیات تبدیل اراضی شیبدار به باغ‌های مثمر توسط آنان، توصیه می‌شود نسبت به برگزاری دوره‌های آموزشی برای کشاورزان، با توجه به نتایج نیازسنجی آموزشی، توجه جدی مبذول شود.

از پتانسیل رسانه‌های ارتباط جمعی و به‌ویژه صداوسیما
استان استفاده بیشتری شود. ۷. توجه به آموزش کارکنان در
زمینه کار با کشاورزان و اینکه کارشناسان و به‌ویژه مروجان
با اصل قرار دادن تعهد، صداقت و مسئولیت‌پذیری، زمینه
جلب اعتماد کشاورزان و در نتیجه مشارکت آنان در برنامه
و پذیرش عملیات را فراهم سازند.

۵. ارائه خدمات فنی باغداری، خرید تضمینی محصولات
باغی، بیمه باغ‌های و برنامه بازاریابی محصولات با اتکا به
وجود تعاونی‌های کشاورزی منطقه با هدف افزایش انگیزه
کشاورزان برای تبدیل اراضی کشاورزی شیب‌دار به باغ‌های
مثمر مورد توجه قرار گیرد. ۶. با هدف تبلیغ بیشتر برنامه و
آگاهی کشاورزان از مزایای اجرای عملیات در باغ‌های خود،
علاوه بر افزایش تماس‌های انفرادی مروجان با کشاورزان،

فهرست منابع

۱. اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان. ۱۳۹۹. فرسایش خاک در استان گلستان امنیت غذایی. قابل دسترس در: <https://golestanfrw.ir/>
۲. احمدپور، ا.، فعلی، س و سلطانی، ش. ۱۳۹۴. عوامل مؤثر بر عدم مشارکت شالیکاران استان مازندران در طرح یکپارچه‌سازی اراضی. روستا و توسعه، ۱۸(۲): ۱-۱۸.
۳. باقری، ا.، تیموری، ع و سوختانلو، م. ۱۴۰۰. نگرش و کاربری عملیات حفاظت آب‌و خاک توسط کشاورزان حوزه آبخیز تلخه رود شهرستان هریس، استان آذربایجان شرقی. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب‌و خاک، ۲۸(۱): ۶۷-۸۸.
۴. پاکزاد، ر و علاءالدینی، ف. ۱۳۹۵. سوءاستفاده و سوءبرداشت از ضریب آلفای کرومباخ به‌عنوان شاخصی برای ثبات درونی ابزار سنجش. مجله اپیدمیولوژی ایران، ۱۲ (۴): ۶۴-۷۱.
۵. پیراسته، ا و حیدرنیا، ع. ر. ۱۳۸۷. تحلیل عاملی اکتشافی پرسشنامه‌های عوامل روانی اجتماعی اثرگذار بر فعالیت جسمانی در بین دختران نوجوان ایرانی. مجله علمی سازمان نظام پزشکی جمهوری اسلامی ایران، ۲۶(۴): ۴۸۵-۴۷۴.
۶. حمدی پور، ا.، نجاری، ت و فرمانلو لیلاب، ا. ۱۳۹۷. تحلیل عوامل اثرگذار بر پذیرش رایانش ابری کتابداران کتابخانه‌های دانشگاه تبریز و علوم پزشکی بر مبنای نظریه اشاعه نوآوری راجرز. تحقیقات کتابداری و اطلاع-رسانی دانشگاهی، ۵۲(۴): ۳۹-۵۸.
۷. سرمد، ز.، بازرگان، ع و حجازی، ا. ۱۳۸۹. روش‌های تحقیق در علوم رفتاری. تهران: انتشارات آگه، ۴۰۶ص.
۸. سید یعقوبی، ن و صدیقی، ح. ۱۳۹۵. بررسی عوامل مؤثر بر پذیرش روش‌های کشاورزی پایدار از دیدگاه گندمکاران، مورد مطالعه روستاهای دهستان آجی‌چای شهرستان تبریز. مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، ۲-۴۷ (۱): ۲۱-۱۳.
۹. عرب خدری، م. ۱۳۸۰. تعیین نسبت بار کف به معلق از طریق رسوب سنجی مخزن و دانه‌بندی رسوبات. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۲(۶): ۸۱-۹۱.
۱۰. غلامی، م.، علی بیگی، ا. ح و پاپ زن، ع. ح. ۱۳۹۹. آسیب شناسی عدم پذیرش کشاورزی حفاظتی در استان کرمانشاه با استفاده از مدل پاردایمی. علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۲۲(۹): ۱۳۹-۱۲۷.

۱۱. قلیزاده مقدم، م.ت.، عابدی سروسستانی، ا. و محبوبی، م.ر. ۱۳۹۷. عوامل مؤثر بر پذیرش باغکاری در اراضی شیبدار: مورد مطالعه شهرستان‌های مینودشت و گالیکش استان گلستان. مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، ۲(۲): ۲۴۹-۲۵۱.
۱۲. کرمی، ع. ۱۳۷۵. مدل‌های پذیرش حفاظت خاک در کشورهای در حال توسعه، مطالعه موردی: کشور ایران، تحقیقات کشاورزی ایران، ۱۴: ۳۹-۶۲.
۱۳. کیانی، ف.، بهتری نژاد، ب.، نجفی نژاد، ع. و کابلی، ع.ر. ۱۳۹۶. ارزیابی نرخ فرسایش و رسوب در کاربری‌های مختلف حوضه آبخیز تمر استان گلستان با استفاده از مدل SWAT. آب‌و خاک، ۳۱(۵): ۱۳۸۳-۱۳۹۵.
۱۴. لطفی‌زاده، م. ۱۴۰۰. ایجاد باغ‌های مثمر در اراضی شیبدار، اقتصادی‌تر از زراعت گندم و جو است. مصاحبه شخصی در ۱۴۰۰/۷/۷.
۱۵. محبوبی، م. ر.، ایروانی، ه.، کلانتری، خ. و محسنی ساروی، م. ۱۳۸۳. عوامل مؤثر بر رفتار پذیرش تکنولوژی‌های حفاظت خاک در حوزه آبخیز زرین گل استان گلستان. منابع طبیعی ایران، ۵۷(۴): ۵۹۵-۶۰۵.
۱۶. محمدی، ش.، کریم‌زاده، ح.ر. و علیزاده، م. ۱۳۹۷. برآورد مکانی فرسایش خاک کشور ایران با استفاده از مدل RUSLE. اکوهیدرولوژی. ۵(۲): ۵۶۹-۵۵۱.
۱۷. مدنی گیوی، م. و مکی، م. ۱۳۸۴. بررسی علل وقوع سیل در استان گلستان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷. بیست و یکمین گردهمائی علوم زمین، ۲۸ آبان ۱۳۸۴، دانشگاه فردوسی مشهد.
۱۸. مرادی، ا.، نجفی نژاد، ع.، اوتق، م.، کمکی، چ.ب. و فولادی منصوری، م. ۱۳۹۷. آشکارسازی روند تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن بر دبی و بار معلق شبیه‌سازی شده با مدل SWAT (مطالعه موردی: آبخیز گالیکش استان گلستان). مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران)، ۷۱(۲): ۵۰۴-۴۸۹.
۱۹. مطلبی، ا.، صبوری، م. ص. و پیراهری، ن. ۱۳۹۲. اولویت‌بندی موانع موجود در پذیرش فناوری‌های حفاظت از خاک توسط دامداران استان سمنان، همایش ملی پدافند غیرعامل در بخش کشاورزی، جزیره قشم، شرکت تعاونی علم گستران پیش‌تاز ایرانیان، قابل دسترسی در: <http://www.civilica.com>.
۲۰. نصیری، م.، نجفی نژاد، ع.، دریجانی، ع. و سعدالدین، ا. ۱۳۹۰. ارزیابی عوامل اقتصادی- اجتماعی مؤثر بر به‌کارگیری عملیات ترانس‌بندی با استفاده از الگوی لاجیت (مطالعه موردی: حوزه آبخیز چمانی، استان گلستان). پژوهش‌های حفاظت خاک، ۱۸(۴): ۲۲۴-۲۰۹.
۲۱. نوری، ه.، جمشیدی، ع. ر.، جمشیدی، م.، هدایتی مقدم، ز. و فتحی، ع. ۱۳۹۳. بررسی عوامل مؤثر بر پذیرش اقدامات حفاظتی خاک، گامی در جهت توسعه پایدار کشاورزی، مطالعه موردی شهرستان شیروان و چرداول. تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، ۴۵(۱): ۲۰۵-۱۹۵.
22. Betela, B., and Wolka, K. 2021. Evaluating soil erosion and factors determining farmers' adoption and management of physical soil and water conservation measures in Bachire watershed, southwest Ethiopia. *Environmental Challenges.*, 5: 1-10
23. Carlisle, L. 2016. Factors influencing farmer adoption of soil health practices in the United States: a narrative review. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 40 (6): 1-63.
24. Fazio, R. A, Farm, S, Georgia, C, Rodriguez Baide, J.M., and Molnar, J. J. 2016. Barriers to the adoption of sustainable agricultural practices: Working farmer and change agent perspectives, Southern Region Sustainable Agriculture Research and Education Program (SARE) and the Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, 226 p.
25. Gebre, T, Zerihun, M, Menfese, T., and Chenchu Narayana, S. 2013. Adoption of Structural Soil and Water Conservation Technologies by Small holder farmers in Adama

- Wereda, East Shewa, Ethiopia. *International Journal of Advanced Structures and Geotechnical Engineering*, 2(2): 58-68.
26. Grabowski, P.P. 2011. Constraints to adoption of conservation agriculture in the Angonia highlands of Mozambique: perspectives from smallholder hand-hoe farmers, a thesis submitted to Michigan State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science, Community, Agriculture, Recreation and Resource Studies, 112 p.
27. Kirlidog, M., and Kaynak, A. 2011. Technology acceptance model and determinates of technology rejection. *International Journal of Information Systems and Social Change*, 2 (4): 1-12.
28. Krejcie, R.V., and Morgan, D.W. 1970. Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement*. 30:607-610.
29. Murthy, S.R., and Mani, M., 2013. Discerning Rejection of Technology. *SAGE Open*, 1-10.
30. Njenga, M.W., Mugwe, J.N., Mogaka, H., Nyabuga, G., Kiboi, M., Ngetich, F., Mucheru-Muna, M., Sijali, I., and Mugendi, D. 2021. Communication factors influencing adoption of soil and water conservation technologies in the dry zones of Tharaka-Nithi County, Kenya. *Heliyon*, 7(10): 1-10.
31. Sudha, R., and Sekar, C. 2015. Economics and adoption behaviour of farmers in soil conservation technologies in hilly zone of South India. *Agricultural Economics Research Review*, 28: 211-218.
32. Wahdain, E., and Ahmad, M. N. 2014. User acceptance of information technology: factors, theories and applications. *Journal of Information Systems Research and Innovation*, 6 (2): 17-25.

مروری بر شاخص‌های اندازه‌گیری امنیت غذایی در کشور و نقش گم‌شده خاک

یاسر صفری^{*۱}

استادیار گروه آب‌وخاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود. yaser.safari@shahroodut.ac.ir

دریافت: فروردین ۱۴۰۱ و پذیرش: مرداد ۱۴۰۱

چکیده

امنیت غذایی یک مفهوم چند زمینه‌ای با هدف ارزیابی دسترسی افراد به غذای کافی، سالم و مغذی است. دست‌یابی به امنیت غذایی پایدار مستلزم توجه هم‌زمان به طیف وسیعی از عوامل محیطی، اقتصادی، اجتماعی و سیاسی و برهم‌کنش‌های محتمل این عوامل است. بی‌شک، اطلاع درست از وضعیت حال حاضر امنیت غذایی در سطوح منطقه‌ای، ملی و یا جهانی پیش‌شرط انجام برنامه‌ریزی‌های هدفمند آتی است. نظر به فراگیر بودن مفهوم امنیت غذایی، تاکنون شاخص‌های متفاوتی توسط برخی سازمان‌های بین‌المللی برای اندازه‌گیری ناامنی غذایی ارائه شده است که هر کدام نوع نگاه متفاوتی به این مقوله دارند. با این وجود، به نظر می‌رسد وجه اشتراک اغلب این شاخص‌ها، کم‌توجهی و حتی نادیده انگاشتن نقش منابع طبیعی تولید، به‌ویژه خاک است. در نتیجه، کاربرد چنین شاخص‌هایی، به‌ویژه در مناطق درگیر با محدودیت‌های محیطی و معضل تنزل کیفی اراضی، می‌تواند به نتایج غیر دقیق و گمراه‌کننده‌ای منجر شود. از این رو، نوشتار حاضر در صدد است تا با مرور رایج‌ترین شاخص‌های سنجش امنیت غذایی در ایران و تشریح کلی معیارهای مورد استفاده آن‌ها، سطح توجه این شاخص‌ها به منابع محیطی تولیدات غذایی را بررسی کند. علاوه بر این، به‌منظور توجیه لزوم توجه به نقش کلیدی خاک در دست‌یابی به امنیت غذایی، به‌ویژه در کشور ایران، این نوشتار سعی بر تبیین دقیق روند اثرپذیری هر یک از ابعاد مختلف امنیت غذایی از جنبه‌های گوناگون تخریب خاک دارد.

واژه‌های کلیدی: امنیت غذایی، تخریب خاک، تولید پایدار، کیفیت خاک

^۱ - آدرس ایمیل نویسنده مسئول: yaser.safari@shahroodut.ac.ir

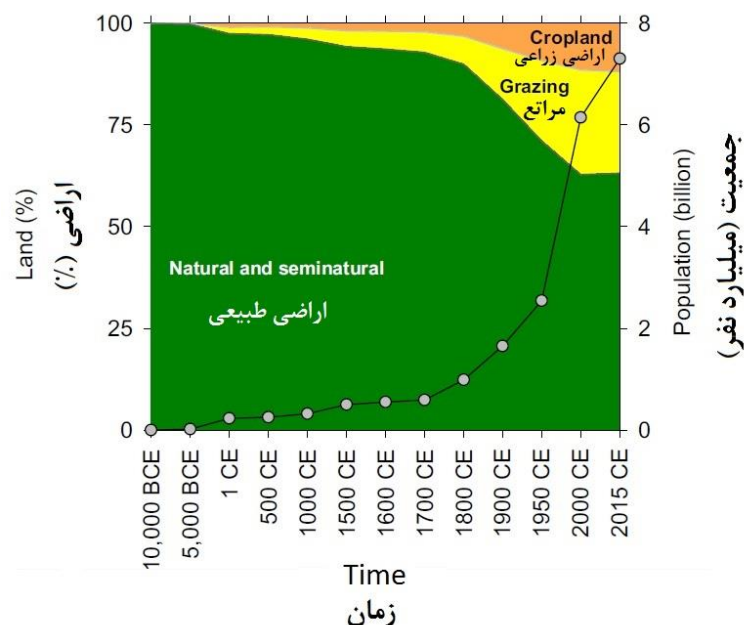
نوع مقاله: مروری



مقدمه

جمعیت ساکن در کره زمین با سپری کردن روندی افزایشی به حدود هشت میلیارد نفر در سال ۱۴۰۰ رسیده است و پیش‌بینی‌ها حکایت از عبور جمعیت از مرز ۹/۵ میلیارد نفر طی ۳۰ سال آینده را دارد (خادر و همکاران، ۲۰۲۰). تولید دست‌کم ۶۰ درصد مواد غذایی بیشتر در مقایسه با حال حاضر برای تأمین نیاز غذایی چنین جمعیتی از بزرگ‌ترین چالش‌های پیشروی بشر محسوب می‌شود (صفری و همکاران، ۲۰۱۸a؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۲۰). از مهم‌ترین راهکارهای موجود برای برآورده کردن این

هدف که تاکنون راهگشای بشر بوده است می‌توان به افزایش سطح زیر کشت محصولات کشاورزی اشاره کرد (شکل ۱). این در حالی است که محدودیت‌های ذاتی نسبتاً شدید اغلب اراضی که تاکنون زیر کشت نرفته‌اند موجب می‌شود این راهکار سهم بسیار کوچکی در افزایش تولید مواد غذایی در آینده داشته باشد (هارنی و همکاران، ۲۰۱۵). شدت این مسئله در کشورهای دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک بیشتر است (لعل، ۲۰۰۹)؛ به‌گونه‌ای که برخی از کارشناسان معتقدند در ایران امکان افزایش سطح زیر کشت وجود ندارد (طهرانی و همکاران، ۱۳۹۱).



شکل ۱- تغییرات کاربری اراضی به موازات افزایش جمعیت در مقیاس جهانی (کوپیتکه و همکاران، ۲۰۱۹)

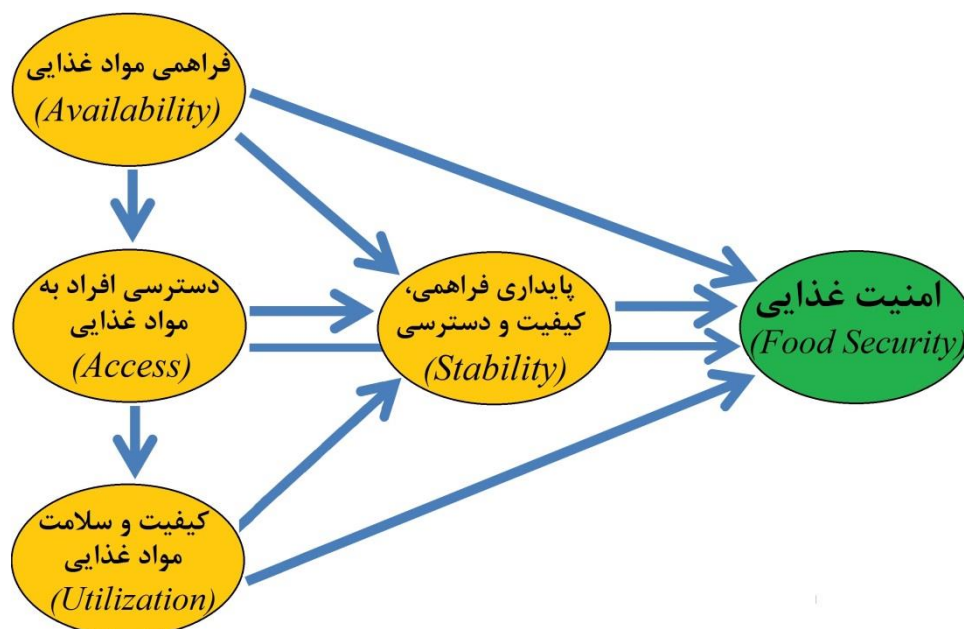
دیگر راهکار کلیدی برداشت مقادیر بالاتر محصولات از اراضی مستعد تولیدات کشاورزی از طریق افزایش تولید در واحد سطح (افزایش عملکرد محصول) است که عمدتاً از طریق به‌کارگیری فناوری‌های نوین و بهینه‌سازی عملیات مختلف کشت‌وکار انجام می‌گیرد (کلیر و لینچ، ۲۰۱۰). این در حالی است که امروزه تنزل کیفیت اراضی ناشی از فشار بر منابع خاک همراه با چالش‌های جهانی مهمی همچون بحران آب و تغییرات اقلیمی و نیز

اثرات مخرب صنعت و فناوری و تغییر الگوی زندگی، حتی حفظ تولیدات کشاورزی در سطح کنونی در مقیاس ملی و جهانی در بازه زمانی طولانی مدت را در هاله‌ای از ابهام قرار داده است (روجاس و همکاران، ۲۰۱۶؛ خادر و همکاران، ۲۰۲۰). نگرانی جامعه جهانی پیرامون این چالش‌ها موجب شده است تا در دهه‌های اخیر مفهوم امنیت غذایی^۱ توجه بسیاری از پژوهشگران علوم کشاورزی، علوم اجتماعی، محیط‌زیست و اقتصاد را به خود اختصاص دهد.

مفهوم امنیت غذایی و ابعاد آن

طبق تعریف، امنیت غذایی زمانی حاصل می‌شود که تمامی مردم در همه زمان‌ها از لحاظ فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی به غذای کافی، سالم و مغذی که نیازهای مربوط به رژیم غذایی و ترجیحات (ذائقه) آن‌ها را برای داشتن یک زندگی سالم و فعال برطرف کند، دسترسی داشته باشند (فائو، ۲۰۰۹). بر این اساس، امنیت غذایی دارای چهار اصل کلی، شامل فراهمی^۱، به مفهوم موجود بودن مواد غذایی طی مدیریت تولید یا واردات، دسترسی^۲، به مفهوم دسترسی به غذا با توجه به توان اقتصادی و فیزیکی خانوارها یا

جوامع، بهره‌وری^۳، به مفهوم سلامت غذایی و بهره‌وری آن با توجه به مغذی بودن و کیفیت بیولوژیکی مواد غذایی و در نهایت، پایداری^۴، به مفهوم پایداری تولید غذای باکیفیت و قابلیت دسترسی به آن در تمامی زمان‌ها است (فائو، ۲۰۱۱). در حقیقت، تولید محصولات غذایی متناسب با افزایش جمعیت تنها یکی از مشکلات پیش‌رو است؛ در حالی که تضمین سلامت و کیفیت مواد غذایی در کنار امکان دسترسی آحاد جامعه به غذای سالم و مغذی و در نهایت، پایداری این دسترسی طی زمان، دیگر ابعاد امنیت غذایی را تشکیل می‌دهند (شکل ۲).



شکل ۲- ابعاد چهارگانه امنیت غذایی

(فلش‌ها نشان‌دهنده مفهوم "پیش‌شرط" هستند)

هر یک از ابعاد اشاره‌شده تحت تأثیر عوامل متعددی است که در مسائل مختلف اجتماعی، اقتصادی، سیاسی، محیطی و حتی پزشکی ریشه دارند (هارنی و همکاران، ۲۰۱۵). از این رو، امنیت غذایی یک مفهوم چندماهیتی برای ارتباط دادن سلامت عمومی، با کشاورزی، اقتصاد و تغذیه است. در حقیقت، امنیت غذایی یک حالت یا وضعیت چندزمینه‌ای است که با محوریت دسترسی افراد

به مواد غذایی، سعی بر بررسی برهم‌کنش تمامی عوامل مؤثر بر تولید غذا در سطح مزرعه تا رسیدن آن به سفره مردم دارد (گوها-خاسنویس و همکاران، ۲۰۰۷). بنابراین، در اندازه‌گیری امنیت غذایی می‌بایست هم به مسائل اقتصادی و اجتماعی در قالب توزیع جمعیت و قدرت خرید خانوارها و هم به مسائل سلامت و تغذیه در قالب سالم بودن و ارزش غذایی محصولات مختلف توجه شود؛

اندازه‌گیری امنیت غذایی

نظر به ماهیت چند زمینه‌ای مفهوم امنیت غذایی، تاکنون راهکارهای متعددی توسط پژوهش‌گران و یا سازمان‌ها و نهادهای مختلف بین‌المللی به منظور اندازه‌گیری این پدیده و ارائه وضعیت امنیت غذایی در قالب یک شاخص ساده و قابل درک مدنظر قرار گرفته است (کوپیتکه و همکاران، ۲۰۱۹). ذکر این نکته الزامی است که این شاخص‌ها از نقطه نظر نوع مؤلفه‌های انتخابی برای سنجش وضعیت امنیت غذایی، وزن انتسابی به این مؤلفه‌ها و تعیین سهم نسبی هر یک از آن‌ها در شاخص نهایی، نحوه استانداردسازی داده‌هایی با ماهیت متفاوت به منظور قابل تلفیق و تجمیع کردن آن‌ها و در نهایت، منبع تهیه داده‌ها برای هر مؤلفه، دارای تفاوت‌های اساسی هستند (علی و همکاران، ۲۰۲۱). فراگیر بودن مفهوم امنیت غذایی و هم‌پوشانی با مفاهیمی مانند فقر^۲، گرسنگی^۳ و سوء تغذیه^۴، که هر یک جداگانه و در قالب شاخص‌های مختلفی توسط سازمان‌های داخلی هر کشور و یا سازمان‌های بین‌المللی سنجیده می‌شوند، موجب شده است تا شاخص واحدی مورد توافق و پذیرش تمامی پژوهش‌گران قرار نگیرد (گوها-خاسنوبیس و همکاران، ۲۰۰۷). مسئله دیگری که باعث پیچیدگی بیشتر سنجش وضعیت امنیت غذایی و تعدد شاخص‌های مربوطه می‌شود این است که امنیت غذایی در سطوح مختلفی، شامل فرد (مستقل و تک نفره)، خانوار و یا یک منطقه جغرافیایی مشخص، مانند یک استان یا کشور قابل سنجش است (باقرزاده آذر و همکاران، ۱۳۹۶؛ ایزرائیلوف و سیلبر، ۲۰۱۹). مجموع این مسائل موجب شده تا سنجش وضعیت امنیت غذایی با اشکالات فراوانی مواجه گردد؛ به گونه‌ای که گاه نتایج متناقضی برای یک منطقه مشخص گزارش شده است. طبق گزارش فائو، در سال ۲۰۲۰ میلادی، ۵/۵ درصد از کل جمعیت کشور ایران دچار سوء تغذیه و ۸/۲ درصد از جمعیت نیز دچار ناامنی غذایی شدید بوده‌اند؛ در حالی که ۳۷/۳ درصد از جمعیت کل کشور دچار ناامنی غذایی متوسط بوده‌اند (فائو، ۲۰۲۱).

حال آن‌که بی‌شک، تولید پایدار محصولات کشاورزی با تکیه بر اصول حفاظت از منابع، نخستین حلقه زنجیره امنیت غذایی است (کلیر و لینچ، ۲۰۱۰).

وقتی هر یک از چهار اصل ذکر شده برای امنیت غذایی برقرار نباشند، ناامنی غذایی^۱ رخ می‌دهد. این اصول چهارگانه با یک ساختار سلسله مراتبی به همدیگر مرتبط هستند (ایزرائیلوف و سیلبر، ۲۰۱۹)؛ به گونه‌ای که اصل فراهمی غذا پیش‌شرط اصل دسترسی به آن است و خود پیش‌شرط اصل بهره‌وری است (شکل ۲). در حقیقت، ارزیابی دیگر ابعاد امنیت غذایی زمانی مفهوم پیدا می‌کند که مقدار محصولات تولیدشده پاسخگوی کامل نیاز غذایی انسان بوده و هیچ‌گونه خطری متوجه بعد فراهمی غذا نباشد (صفری، ۱۳۹۷). در این ارتباط، گزارش شده است که عمده غذای بشر (بیش از ۹۵ درصد) در نتیجه کشت و کار منابع خاک به دست می‌آید و غذای دریایی، تنها بخش کوچکی (کمتر از پنج درصد) مواد غذایی بشر را تأمین می‌کند (روجاس و همکاران، ۲۰۱۶). این حقیقت، به وضوح بیانگر نقش کلیدی خاک در بعد فراهمی غذا و در نتیجه، حصول امنیت غذایی است. علاوه بر این، خاک از طریق نگهداری و فراهم آوردن عناصر غذایی ضروری و سودمند برای گیاهان از یک سو و تصفیه انواع آلاینده‌ها و تنظیم و تعدیل جمعیت انواع ریزجانداران از سوی دیگر، کیفیت و سلامت مواد غذایی را کنترل می‌کند (کوپیتکه و همکاران، ۲۰۱۹). بر این اساس، برخی پژوهش‌گران بالابردن و یا دست‌کم حفظ سطح کنونی کیفیت خاک را پیش‌شرط جدایی‌ناپذیر امنیت غذایی پایدار می‌دانند (لعل، ۲۰۰۹؛ روجاس و همکاران، ۲۰۱۶). از این رو، در این نوشتار تلاش شده است تا با بررسی و مقایسه رایج‌ترین راهکارهای سنجش امنیت غذایی در کشور، توجه و یا عدم توجه این راهکارها به خاک به عنوان زیربنای تولید محصولات غذایی تبیین شود.

امنیت غذایی در سطح خانوار در شهرستان کرمانشاه (مرادی و همکاران، ۲۰۲۰) اشاره کرد.

شاخص امنیت غذایی خانوار توسط سازمان کشاورزی ایالات متحده آمریکا و برای سنجش امنیت غذایی در سطح خانوار طراحی شده است. این شاخص توسط نهادهای داخلی ایالات متحده به طور دوره‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد و طبق جدیدترین گزارش سازمان کشاورزی آمریکا، ۸۹/۵ درصد از خانوارهای آمریکایی در سال ۲۰۱۹ میلادی از امنیت غذایی برخوردار بودند (کلمن-ینسن و همکاران، ۲۰۲۰). ملاک انتساب وضعیت امن یا ناامن غذایی به خانوارها طبق این شاخص، مجموع امتیازی است که از طریق پاسخ سرپرست خانوار به ۱۸ سؤال موجود در پرسش‌نامه‌ای استاندارد پیرامون شرایط تغذیه‌ای اعضای خانواده طی ۱۲ ماه قبل از مصاحبه، به دست می‌آید (جدول ۱). در این پرسش‌نامه، ۱۰ سؤال اول از تمامی خانوارها و ۸ سؤال انتهایی فقط از خانواده‌های دارای فرزند زیر ۱۸ سال پرسیده می‌شود و حدود نمره نهایی برای تعیین کلاس امنیت غذایی این دو نوع خانوار نیز متفاوت است.

در ادامه، رایج‌ترین شاخص‌های مورد استفاده برای اندازه‌گیری امنیت غذایی در کشور و ویژگی‌ها و اشکالات احتمالی هر شاخص بررسی می‌شود.

شاخص امنیت غذایی خانوار (Household Food Security) وزارت کشاورزی ایالات متحده آمریکا

بر اساس تعداد دفعات کاربرد توسط پژوهش‌گران داخلی برای اندازه‌گیری امنیت غذایی در سطح فردی، خانوار، شهرستان و یا استان، شاخص امنیت غذایی خانوار را می‌توان رایج‌ترین شاخص سنجش وضعیت امنیت غذایی در کشور قلمداد کرد. از مهم‌ترین مطالعات انجام‌شده در زمینه اندازه‌گیری امنیت غذایی بر مبنای این شاخص در ایران می‌توان به پژوهش‌های بررسی امنیت غذایی خانوارهای روستایی و شهری شهرستان پلدختر (رحیمی‌مقدم و همکاران، ۱۳۹۴)، بررسی امنیت غذایی خانوارهای روستایی و شهری شهرستان مرودشت (اکبرپور و همکاران، ۱۳۹۵)، سنجش امنیت غذایی سرپرستان خانوار در شهرستان روانسر (جمینی و همکاران، ۱۳۹۶) و سنجش

جدول ۱- پرسش‌نامه استاندارد وزارت کشاورزی ایالات متحده آمریکا برای سنجش امنیت غذایی خانوار (کلمن-ینسن و همکاران، ۲۰۲۰)

ردیف	پرسش	پاسخ
۱	نگرانی از تمام شدن غذا قبل از به دست آوردن پول برای خرید مواد غذایی	اغلب مواقع - گاهی - هرگز
۲	اتمام مواد غذایی و عدم وجود پول برای خرید	اغلب مواقع - گاهی - هرگز
۳	عدم توان مالی برای خرید و مصرف غذای متعادل	اغلب مواقع - گاهی - هرگز
۴	کاهش حجم وعده‌های غذایی یا حذف کامل آن‌ها به دلیل عدم وجود پول برای خرید	بله - خیر
۵	در صورت پاسخ مثبت به سؤال قبل، چند وقت یک‌بار چنین شرایطی رخ داده است؟	تقریباً هر ماه - برخی ماه‌ها - فقط ۱ یا ۲ ماه
۶	غذا خوردن کمتر از حد نیاز (رفع شدن گرسنگی) به دلیل عدم وجود پول برای خرید	بله - خیر
۷	داشتن احساس گرسنگی و غذا نخوردن به دلیل عدم وجود پول برای خرید	بله - خیر
۸	از دست دادن وزن (لاغر شدن) به دلیل عدم وجود پول برای خرید	بله - خیر
۹	غذا نخوردن به مدت یک روز کامل به دلیل عدم وجود پول برای خرید غذا	بله - خیر
۱۰	در صورت پاسخ مثبت به سؤال قبل، چند وقت یک‌بار چنین شرایطی رخ داده است؟	تقریباً هر ماه - برخی ماه‌ها - فقط ۱ یا ۲ ماه
۱۱	خرید تنها تعداد معدودی غذاهای ارزان برای بچه‌ها به دلیل عدم وجود پول برای خرید	اغلب مواقع - گاهی - هرگز
۱۲	ناتوانی در دادن غذای متعادل به بچه‌ها به دلیل عدم توان مالی	اغلب مواقع - گاهی - هرگز
۱۳	نخوردن غذای کافی توسط بچه‌ها به دلیل عدم وجود پول برای خرید غذای کافی	اغلب مواقع - گاهی - هرگز
۱۴	کاهش حجم وعده‌های غذایی بچه‌ها به دلیل عدم وجود پول برای خرید غذا	بله - خیر
۱۵	گرسنه ماندن بچه‌ها و عدم وجود پول برای خرید غذا	بله - خیر
۱۶	حذف یک وعده غذایی توسط هر یک از بچه‌ها به دلیل عدم وجود پول برای خرید غذا	بله - خیر
۱۷	در صورت پاسخ مثبت به سؤال قبل، چند وقت یک‌بار چنین شرایطی رخ داده است؟	تقریباً هر ماه - برخی ماه‌ها - فقط ۱ یا ۲ ماه
۱۸	غذا نخوردن یکی (یا بیشتر) از بچه‌ها به مدت یک روز کامل به دلیل عدم وجود پول برای خرید غذا	بله - خیر

نگاهی گذرا به سؤالات موجود در این پرسش‌نامه به‌وضوح مبین این نکته است که این شاخص امنیت غذایی خانوار را از بعد دسترسی به مواد غذایی ارزیابی می‌کند و توجهی به دیگر ابعاد ندارد. نظر به این‌که بعد فراهمی غذا پیش‌شرط بعد دسترسی به مواد غذایی است (ایزرائیلوف و سیلبر، ۲۰۱۹)، عدم توجه به بعد فراهمی در طراحی این پرسش‌نامه می‌تواند گواهی بر این نکته باشد که از دیدگاه طراحان این شاخص و دست‌کم در کشور ایالات‌متحده، هیچ خطری متوجه این بعد از امنیت غذایی نیست. پژوهش‌گران چنین گزارش کرده‌اند که سطح امنیت غذایی در ایالات‌متحده تفاوت فاحشی با کشورهای درحال‌توسعه دارد و بر این عقیده هستند که تقاضای ناکافی برای مواد غذایی، و نه عدم فراهمی غذا، دلیلی بر ناامنی غذایی در معدود مناطقی از این کشور است (گوها-خاسنویس و همکاران، ۲۰۰۷). این در حالی است که در برخی کشورهای درحال‌توسعه، از جمله ایران، به دلیل محدود بودن منابع محیطی تولیدات کشاورزی ناشی از توسعه اراضی بیابانی و اقلیم خشک از یک سو (خلیلی و رحیمی، ۲۰۱۸) و شرایط سیاسی و اقتصادی محدودکننده واردات مواد غذایی از سوی دیگر (قالیباف و همکاران، ۱۳۹۵)، بعد فراهمی غذا یک چالش جدی و انکارناپذیر است. ازاین‌رو، به نظر می‌رسد کاربرد شاخص مزبور برای سنجش امنیت غذایی در کشور با اشکالات ساختاری همراه باشد.

شاخص تجمعی امنیت غذایی خانوار (Aggregate Household Food Security Index; AHFSI)

این شاخص توسط سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو) و با هدف ارزیابی وضعیت تغذیه اقشار مختلف مردم طراحی شده است. ملاک‌های اصلی مورد استفاده در این شاخص، نسبت افراد دچار سوءتغذیه به کل جمعیت کشور و شدت پایین‌بودن انرژی (کالری) دریافتی این افراد در مقایسه با متوسط انرژی دریافتی در جمعیت کشور است (فائو، ۱۹۹۷). مقادیر عددی این شاخص در

بازه صفر تا صد تغییر می‌کنند؛ به‌گونه‌ای که مقادیر کوچک‌تر از ۶۵ بیان‌گر ناامنی غذایی و مقادیر بزرگ‌تر از ۷۵ گویای امنیت غذایی بالا هستند. این شاخص امکان مقایسه سطح امنیت غذایی گروه‌های مختلف درآمدی را فراهم کرده و می‌تواند برای انعکاس روند تغییرات ناامنی غذایی یک محدوده مشخص طی زمان نیز مورد استفاده قرار گیرد.

خداداد کاشی و حیدری (۱۳۸۳) تغییرات سطح امنیت غذایی خانوارهای کشور طی بازه زمانی ۱۳۶۴ تا ۱۳۷۹ را بررسی نموده و روندی افزایشی برای مقادیر این شاخص را مشاهده کردند؛ به‌گونه‌ای که شاخص امنیت غذایی خانوارهای روستایی و شهری طی این دوره، به‌ترتیب از ۷۲ و ۸۷/۸ درصد به ۹۴/۹ و ۹۶/۵ درصد رسید. امیرزاده مرادآبادی و همکاران (۲۰۲۰) تغییرات سطح امنیت غذایی استان‌های کشور و کل کشور ایران را با استفاده از این شاخص در بازه زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ بررسی کرده و گزارش نمودند که سطح امنیت غذایی کشور طی این بازه به‌تنبوب افزایش و کاهش یافته است. این پژوهش‌گران دریافتند که امنیت غذایی هر استان نه‌تنها تحت تأثیر تغییرات برخی عوامل محیطی، اقتصادی و اجتماعی همان استان است (که در این شاخص لحاظ نشده‌اند)، بلکه تغییرات این عوامل در استان‌های مجاور نیز بر سطح امنیت غذایی در استان مؤثر است.

شاخص جهانی امنیت غذایی (Global Food Security Index; GFSI)

این شاخص توسط واحد اطلاعات اکونومیست^۱ و در حاشیه اجلاس جهانی غذا در سال ۲۰۱۲ به‌منظور سنجش امنیت غذایی در سطح ملی ارائه شد (واحد اطلاعات اکونومیست، ۲۰۱۵). این شاخص امکان مقایسه و رتبه‌بندی کشورهای مختلف از نظر امنیت غذایی و امکان ارزیابی تغییرات سطح امنیت غذایی یک کشور مشخص طی بازه‌های زمانی مختلف را فراهم می‌آورد (ایزرائیلوف و

همکاران (۱۳۹۷) نیز با استفاده از این شاخص و طی بازه زمانی ۳۰ ساله تغییرات سطح امنیت غذایی کشور را ارزیابی نموده و چنین بیان کردند که برنامه‌های توسعه پنج‌ساله کشور اثر مثبت و معنی‌داری بر امنیت غذایی در ایران داشته است.

شاخص‌های محقق ساخته

معیارهای اندازه‌گیری امنیت غذایی از طریق این‌گونه شاخص‌ها عموماً معیارهایی هستند که بر اساس نظرات گروهی از متخصصین انتخاب می‌شوند. برای نمونه، جونز و همکاران (۲۰۱۳) چنین اظهار داشتند که معیار "شرمندگی (خجالت) از به‌دست آوردن غذا از طریق راه‌های ناپسند از دیدگاه اجتماعی" می‌بایست در سنجش ناامنی غذایی مد نظر قرار گیرد. از نمونه خارجی این مطالعات می‌توان به پژوهش آلارکائو و همکاران (۲۰۱۹) اشاره کرد که با سنجش مواردی مانند رفتار و عادات غذایی، استفاده از مکمل‌های غذایی و شاخص‌های عمومی سلامت مانند تناسب قد و وزن و ارتباط دادن آن‌ها به ویژگی‌هایی مانند سطح درآمد خانوار و یا سطح تحصیلات افراد، ناامنی غذایی را در گروه‌های مختلف سنی، جنسیتی و شغلی در کشور پرتغال اندازه‌گیری و چنین گزارش کردند که سطح پایین درآمد برخی خانوارها و سطح تحصیلات افراد عوامل اصلی بروز ۱۰ درصد ناامنی غذایی در جمعیت مورد بررسی هستند.

از بارزترین نمونه‌های این‌گونه مطالعات در کشور می‌توان به پژوهش جمینی و همکاران (۱۳۹۵) اشاره کرد که پس از اندازه‌گیری امنیت غذایی در بعد خانوار به کمک پرسش‌نامه استاندارد وزارت کشاورزی ایالات متحده، از طریق تحلیل ضرایب هم‌بستگی برخی متغیرهای اجتماعی، اقتصادی و محیطی (انتخاب‌شده توسط جمعی از متخصصین) با مقادیر محاسبه‌شده شاخص امنیت غذایی، ۱۱ معیار مرتبط را شناسایی کردند. ایشان چنین گزارش کردند که هفت معیار اثر مثبت و چهار معیار اثر منفی بر

سیلبر، ۲۰۱۹). در مقایسه با بسیاری از شاخص‌های موجود، این شاخص جامع‌تر است؛ چرا که ابعاد مختلف امنیت غذایی را در قالب زیرشاخص‌هایی مرتبط با وضعیت سیاسی، اجتماعی و اقتصادی کشورها ارزیابی می‌کند (باقرزاده آذر و همکاران، ۱۳۹۶). این شاخص امنیت غذایی را با سه مؤلفه توان مالی برای دریافت غذا^۱، فراهمی مواد غذایی^۲ و کیفیت و ایمنی مواد غذایی^۳ اندازه‌گیری می‌کند. شاخص مزبور از طریق ۲۸ زیرشاخص که به ترتیب، ۶، ۱۱ و ۱۱ تا از آن‌ها به مؤلفه‌های توان مالی، فراهمی و کیفیت و ایمنی مواد غذایی اختصاص دارند، سطح امنیت غذایی یک کشور را می‌سنجد (واحد اطلاعات اکونومیست، ۲۰۱۵). نکته آن‌که وزن انتسابی به هر یک از زیرشاخص‌ها برای تعیین مقدار مؤلفه مربوطه و نیز وزن هر یک از سه مؤلفه در تعیین شاخص جهانی امنیت غذایی متفاوت و بر اساس نظر گروه متخصصین قابل تغییر هستند. با اختصاص دادن ۴۴ درصد از وزن کل به مؤلفه فراهمی مواد غذایی به‌صورت پیش‌فرض، این شاخص سعی در انعکاس نقش پررنگ مسائل محیطی، سیاسی و اجتماعی در تولید یا واردات مواد غذایی در هر کشور را دارد؛ حال‌آنکه با اختصاص تنها ۱۶ درصد از وزن کل به مؤلفه کیفیت و امنیت غذایی، نقش این مؤلفه در تعیین شاخص جهانی امنیت غذایی کم‌رنگ‌تر است.

از نخستین پژوهش‌های انجام‌شده با استفاده از این شاخص در داخل کشور می‌بایست به پژوهش انجام‌گرفته توسط باقرزاده آذر و همکاران (۱۳۹۶) اشاره کرد که برای محاسبه زیرشاخص‌های مربوطه از داده‌هایی برگرفته از نهادهای بین‌المللی مانند سازمان فائو و بانک جهانی و نیز سازمان‌های داخلی مانند بانک مرکزی و وزارت راه و شهرسازی استفاده کردند. این پژوهش‌گران روند کلی تغییرات سطح امنیت غذایی کشور در بازه زمانی ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۲ را افزایشی همراه با نوسانات جزئی توصیف کردند و تغییرات مؤلفه فراهمی مواد غذایی در این بازه را مهم‌تر از سایر مؤلفه‌ها گزارش کردند. کریمی تک‌انلو و

امنیت غذایی دارند و از میان تمامی معیارهای انتخابی، کیفیت زمین (خاک) به‌عنوان مهم‌ترین معیار انتخاب گردید. این پژوهش‌گران در پایان بر اساس تحلیل رگرسیون، یک معادله خطی برای اندازه‌گیری امنیت غذایی پیشنهاد دادند. پاکروان و همکاران (۱۳۹۴) از عامل انرژی به‌عنوان شاخص اندازه‌گیری امنیت غذایی در کشور استفاده کردند و با فرض حد ۲۴۰۰ کالری به‌عنوان حد آستانه انرژی لازم برای هر فرد بالغ در کشور، افرادی که به‌طور روزانه مقداری کمتر از این حد را از طریق مصرف مواد غذایی دریافت می‌کردند، دچار ناامنی غذایی در نظر گرفتند. در پژوهشی دیگر، مکی‌آبادی و همکاران (۱۳۹۵) با در نظر گرفتن پنج مؤلفه برای سنجش امنیت غذایی، شامل موجود بودن، در دسترس بودن، استفاده، پایداری و ایمنی مواد غذایی و طراحی پرسش‌نامه‌ای مشتمل بر ۱۵ سؤال بر اساس نظر گروهی از متخصصین، پاسخ‌های ارائه‌شده توسط کارشناسان سازمان جهاد کشاورزی استان تهران به سؤالات را به‌عنوان داده‌های پژوهش منظور کردند و بر این اساس، چنین گزارش شد که وضعیت امنیت غذایی در حدود یک‌سوم استان تهران نامناسب است.

تخریب خاک و ناامنی غذایی

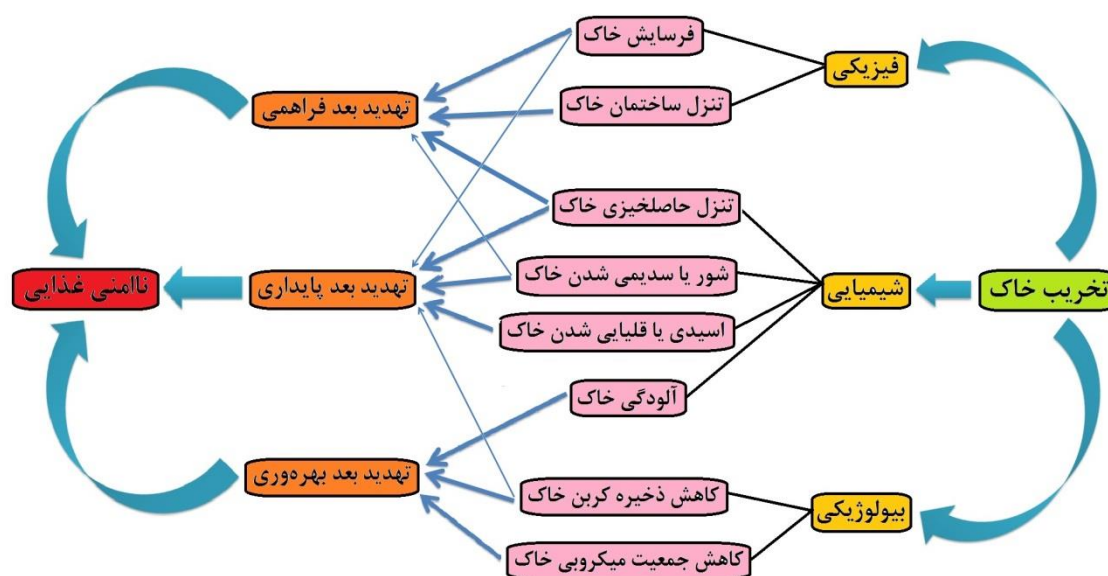
خاک یکی از ارکان اساسی تولید محسوب می‌شود که با تأمین بیش از ۹۵ درصد غذای بشر، علاوه بر اثر بر کیفیت تولیدات غذایی، تعیین‌کننده پایداری تولید است (روجاس و همکاران، ۲۰۱۶). چنین گزارش شده است که ۹۸/۸ درصد از انرژی (کالری) مصرفی روزانه توسط انسان به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم از خاک تأمین می‌شود و تنها ۱/۲ درصد باقی‌مانده ریشه در منابع آب دارد (فائو، ۲۰۱۸). از این رو، بر کسی پوشیده نیست که حفظ و ارتقای کیفیت و سلامت خاک از الزامات تولید غذای کافی برای تأمین نیاز جمعیت در حال افزایش جهان است. این در حالی است که پوشیده شدن حدود یک‌سوم از کره زمین توسط خاک، به اشتباه، به در دسترس بودن آن تعبیر می‌شود و حقیقت تجدیدنابذیری این بخش حیاتی اکوسیستم حتی

توسط بسیاری از برنامه‌ریزان سطوح کلان نادیده انگاشته می‌شود (صفری، ۱۳۹۷). طبق گزارش سازمان فائو، حدود یک‌سوم از اراضی کل دنیا با درجات متفاوت تخریب‌شده‌اند و در ایران، از مجموع حدود ۱۶۵ میلیون هکتار مساحت کل کشور، تنها ۱۸/۵ میلیون هکتار تحت کشت و کار است و در این میان، بیش از نیمی از اراضی با تخریب متوسط تا شدید مواجه هستند (فائو، ۲۰۱۱). با وجود بدیهی بودن اثرات مضر تخریب خاک بر تولید مواد غذایی، این مسئله که هر یک از جنبه‌های مختلف تخریب خاک چگونه و به چه اندازه موجب کاهش تولید محصول و در نتیجه تهدید بعد فراهمی امنیت غذایی می‌شوند، تبیین نشده است. از سوی دیگر، نظر به اهمیت انکارناپذیر کمیت محصولات غذایی تولیدشده از منابع خاک و جلب توجه کامل متخصصین به این مقوله، ابعاد دیگری همچون تأثیر تخریب خاک بر تنزل کیفیت و مغذی بودن این محصولات و در نتیجه تهدید بعد بهره‌وری امنیت غذایی به‌کلی مغفول مانده است. بنابراین، در ادامه به تشریح روند اثرپذیری ابعاد مختلف امنیت غذایی از جنبه‌های گوناگون تخریب خاک پرداخته می‌شود.

تخریب یا تنزل اراضی به‌مفهوم کاهش توان زمین برای فراهم کردن خدمات قابل ارائه در اکوسیستم است (لعل، ۲۰۰۹). بر این اساس، واژه اراضی یا سرزمین علاوه بر خاک، شامل اجزای دیگری مانند هوای بالای آن، پوشش گیاهی رشد یافته روی خاک و ریزجانداران و نیز آب موجود در خاک است و واژه تخریب به پیامدهای منفی برای سامانه‌های اکولوژیکی و در نهایت برای انسان اشاره دارد (عثمان، ۲۰۱۴). گرچه در برخی منابع تخریب خاک و تخریب اراضی به مفهوم یکسان و به‌جای یکدیگر استفاده می‌شوند اما از آنجا که خاک جزئی از مجموعه وسیع‌تر اراضی است، مفهوم تخریب خاک کمی متفاوت است. در حقیقت تخریب خاک یک نوع ویژه از تخریب اراضی است و می‌توان گفت که تخریب منابع آب، تخریب پوشش گیاهی و تنزل کیفیت اقلیم از انواع دیگر تخریب اراضی محسوب می‌شوند (لعل، ۲۰۰۹). طبق تعریف، تخریب

نامطلوب عوامل مؤثر بر تخریب خاک در اغلب موارد هم‌زمان با هم رخ داده و در نتیجه ابعاد مختلف امنیت غذایی تحت تأثیر ترکیبی از آن‌ها است؛ اما برای سهولت انتقال مفاهیم، بارزترین تهدیدات هر بعد از امنیت غذایی توسط جنبه‌های مختلف تخریب خاک در قالب شکل ۳ تفکیک شده‌اند.

خاک به مفهوم کاهش محسوس قابلیت خاک برای تولید مقدار و کیفیت دلخواه از ماده خشک گیاهی است (عثمان، ۲۰۱۴). تخریب خاک ممکن است متأثر از عوامل طبیعی یا انسانی متعددی باشد که کیفیت خاک را از جنبه‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیکی تنزل می‌دهد (نصیری و همکاران، ۱۳۹۸؛ رشید و همکاران، ۲۰۱۶؛ صفری و همکاران، ۲۰۱۸a). ذکر این نکته الزامی است که پیامدهای



شکل ۳- اثر تخریب خاک بر امنیت غذایی

و ۱۵ میلیون تن فسفر در هر سال در پی فرسایش خاک از دسترس گیاهان خارج می‌شوند (فائو و آی‌تی‌پی‌اس، ۲۰۱۵). از سوی دیگر، با فرسایش لایه سطحی خاک، لایه نامطلوب زیرین خاک تحت کشت و کار قرار می‌گیرد که از جنبه‌های مختلف، از جمله توسعه ساختمان خاک و در پی آن قابلیت نگهداری آب، نسبت به خاک سطحی ضعیف‌تر است. اهمیت این مطلب زمانی مشهودتر است که توجه شود که آب موجود در خاک ۶۵ درصد ذخایر آب شیرین قابل دسترس کره زمین را تشکیل داده و در تولید بیش از ۹۰ درصد محصولات کشاورزی سهم دارد (اسپوزیتو و همکاران، ۲۰۱۳). چنین گزارش شده است که با فرسایش هر ۱۰ سانتی‌متر خاک، عملکرد گیاه در اثر کاهش دسترسی به آب، حدود چهار درصد کمتر می‌شود

اثر تخریب فیزیکی خاک بر امنیت غذایی

فرسایش خاک و تنزل ساختمان خاک از رایج‌ترین جنبه‌های تخریب فیزیکی خاک هستند که بیشتر از آن‌که از عوامل طبیعی نشئت گیرند، معلول مدیریت نادرست انسانی، از قبیل تغییرات غیر علمی کاربری اراضی (نصیری و همکاران، ۱۳۹۸) و مدیریت غیر علمی بقایای گیاهی در سطح مزرعه (استاوی و لعل، ۲۰۱۴)، هستند. متوسط فرسایش جهانی خاک در آغاز قرن بیست و یکم برابر با ۱۰/۲ تن بر هکتار در سال و کل خاک حاصلخیز فرسایش یافته، دست‌کم برابر با ۲۴ میلیارد تن تخمین زده شده است (لی و همکاران، ۲۰۱۱). شاید بتوان مهم‌ترین پیامد فرسایش خاک را هدررفت عناصر غذایی دانست؛ به‌گونه‌ای که به‌طور متوسط، حداقل ۲۳ میلیون تن نیتروژن

(کوپیتکه و همکاران، ۲۰۱۹). به‌طور ویژه، در کشور ایران که بیش از ۹۰ درصد مصرف آب به بخش کشاورزی اختصاص می‌یابد و راندمان آبیاری حدود ۳۸ درصد است، تخریب فیزیکی خاک زیان‌های هنگفتی را متوجه تولید محصولات کشاورزی می‌کند (سلطانی و همکاران، ۲۰۲۰). نکته حائز اهمیت آن است که گرچه اندکی فرسایش خاک یک فرآیند طبیعی محسوب می‌شود و در برخی اراضی طبیعی و دست‌نخورده نیز رخ می‌دهد، اما تغییر کاربری اراضی، از جمله جنگل‌تراشی، از مهم‌ترین مواردی است که موجب تشدید فرسایش خاک می‌شود. چنین گزارش شده است که در پی تغییر کاربری، برخی اراضی زراعی نیمی و برخی دیگر دو-سوم ذخیره کربن خود را از دست داده‌اند (استاوی و لعل، ۲۰۱۴). در گزارش دیگری، هدررفت کربن از خاک به دلیل تغییر کاربری حدود ۵۰ گیگاتن کربن برآورد شده است (اسمیت و همکاران، ۲۰۱۵). علاوه بر هدررفت کربن خاک که بی‌شک موجب تنزل شدید کیفیت خاک می‌شود، متراکم شدن خاک و کاهش قابلیت حرکت و نگهداشت آب در خاک از مشهودترین زیان‌های تغییر کاربری اراضی است که در نهایت به کاهش قابل‌ملاحظه میزان تولید محصول منجر می‌شود (نصیری و همکاران، ۱۳۹۸). در مجموع، برآوردها حاکی از آن است که در مقیاس جهانی، فرسایش خاک و تنزل ساختمان خاک کاهش ۱۵ تا ۳۰ درصدی تولیدات کشاورزی را به همراه دارد (روجاس و همکاران، ۲۰۱۶). در نتیجه، به‌وضوح مشخص است که تخریب فیزیکی خاک موجب تهدید بعد فراهمی مواد غذایی می‌شود و عدم توجه به این جنبه از تنزل خاک در برآورد امنیت غذایی، به‌ویژه در کشورهای که وسعت اراضی در معرض تخریب در آن‌ها بالا است، می‌تواند به نتایج گمراه‌کننده‌ای منتهی گردد.

اثر تخریب شیمیایی خاک بر امنیت غذایی

بر خلاف تخریب فیزیکی خاک که اثرات مضر آن در وضعیت ظاهری خاک مشهود است، پیامدهای تخریب شیمیایی خاک چندان آشکار نیستند اما ممکن است

با کاهش تدریجی باروری اراضی، در نهایت به خارج کردن اراضی از چرخه تولید منجر شوند (عثمان، ۲۰۱۴؛ صفری و همکاران، ۲۰۱۸ a). برهم‌خوردن تعادل و توازن مقادیر و شکل‌های شیمیایی عناصر غذایی در خاک که بیشتر در قالب کمبود عناصری مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی و مس و سمیت عناصری مانند آهن، آلومینیوم و منگنز جلوه می‌یابد، از مهم‌ترین مصداق‌های تخریب پنهان شیمیایی خاک محسوب می‌شود (لعل، ۲۰۰۹). گزارش‌های متعدد دلالت بر کاهش پیوسته عملکرد محصولات در اراضی دچار تخریب شیمیایی در پی مسائلی همچون آبهویی و تخلیه عناصر غذایی از خاک (طهرانی و همکاران، ۱۳۹۱)، شور یا سدیمی شدن اراضی (عباس و همکاران، ۲۰۲۱) و اسیدی یا قلیایی شدن اراضی (هلند و همکاران، ۲۰۱۹) دارند. به‌طور ویژه، نظر به این واقعیت که حدود ۶۴ درصد از مساحت کشور در اقلیم خشک و ۲۰ درصد نیز در اقلیم نیمه‌خشک قرار دارد (خلیلی و رحیمی، ۲۰۱۸)، شور و سدیمی شدن اراضی کشاورزی در ایران از مهم‌ترین معضلاتی است که با تداوم کاهش تولید محصولات کشاورزی، بعد پایداری تولید غذا را با تهدیدی جدی مواجه می‌کند.

آلودگی خاک از دیگر جنبه‌های قابل ذکر تخریب شیمیایی خاک است که ممکن است از طیف وسیعی از فعالیت‌های شهری، از جمله ترافیک و تخلیه انواع نخاله‌ها در خاک (رحمانیان و صفری، ۲۰۲۰)، فعالیت‌های صنعتی، از جمله معدن‌کاری و فرآوری فلزات (صفری و دلاور، ۲۰۱۹)، و فعالیت‌های کشاورزی، از جمله مصرف بی‌رویه انواع کودها، سموم و آفت‌کش‌های شیمیایی (استاوی و لعل، ۲۰۱۴) ناشی شود. بارزترین خطر آلودگی خاک، انتقال آلاینده‌های آلی و معدنی از خاک آلوده به حلقه‌های زنجیره غذایی انسان، شامل منابع آب سطحی و زیرزمینی و با درجه اهمیت بیشتر، بخش خوراکی محصولات کشاورزی است (صفری و همکاران، ۲۰۱۸ b). نظر به تجزیه‌ناپذیر بودن بسیاری از آلاینده‌ها در خاک و در نتیجه، دائمی بودن مشکل آلودگی خاک از یک‌سو و پیامدهای اثبات‌شده مصرف آب

خاک‌های تحت کشت محصولات کشاورزی دارد (کلیر و لینچ، ۲۰۱۰).

کاهش تعداد و تنوع جمعیت میکروبی خاک از دیگر جنبه‌های مهم تخریب بیولوژیکی خاک است که فشار بیش از حد بر منابع خاک برای تولید بیشتر محصول، تخریب اکوسیستم‌های طبیعی و مدیریت نادرست بقایای گیاهی و در نتیجه، کاهش ذخایر مواد آلی خاک از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر بروز این مشکل هستند (هارنی و همکاران، ۲۰۱۵). تجزیه ترکیبات آلی در خاک، بهبود چرخه عناصر غذایی در اکوسیستم و تسهیل فرآیند جذب عناصر توسط گیاهان از طریق برهم‌کنش‌های سیمبیوتیک از مهم‌ترین نقش‌های جمعیت میکروبی خاک در ارتباط با کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی است (کوپیتکه و همکاران، ۲۰۱۹). چنین گزارش شده است که نیتروژن تثبیت‌شده توسط ریزجانداران خاک در علف‌زارها جوابگوی ۲۰ درصد از نیاز پوشش گیاهی به این عنصر غذایی است (رشید و همکاران، ۲۰۱۶). هر گونه تغییر نامطلوب در تعداد و تنوع جمعیت میکروبی خاک، کاهش محسوس فراهمی عناصر غذایی، به‌ویژه ریزمغذی‌ها، را در خاک در پی دارد (جانسون و هوفماک، ۲۰۲۰)، که متعاقب آن، کاهش ارزش غذایی محصولات رشد یافته در این خاک‌ها سلامت و کیفیت محصولات غذایی را با تهدیدی جدی مواجه می‌کند.

نتیجه‌گیری

اغلب قریب به اتفاق شاخص‌های رایج در کشور به‌منظور سنجش امنیت غذایی بیشتر از دیدگاه اجتماعی و اقتصادی به مسئله تغذیه می‌نگرند و تقریباً هیچ توجهی به مسئله محدودیت منابع تولید و خطرات تهدیدکننده آن‌ها در آینده ندارند. این در حالی است که نظر به تفاوت‌های اساسی شرایط اقلیمی و خاک‌های کشور با اغلب کشورهای طراح چنین شاخص‌هایی، لحاظ داشتن این تفاوت‌ها در ارزیابی وضعیت امنیت غذایی در ایران امری ضروری است. به‌طور ویژه تخریب خاک از مسائل حیاتی است که در

و یا محصولات غذایی آلوده بر سلامتی انسان از سوی دیگر (عثمان، ۲۰۱۴)، به‌وضوح مشخص است که سلامت و ایمنی محصولات و در حقیقت بعد بهره‌وری امنیت غذایی به‌شدت توسط آلودگی خاک تهدید می‌شود. علاوه بر موارد ذکرشده، آلودگی خاک از طریق تقلیل تعداد و تنوع جمعیت میکروبی خاک موجب تضعیف عملکرد حاصلخیزی خاک و در نهایت کاهش تولید محصولات کشاورزی می‌شود (روجاس و همکاران، ۲۰۱۶). در حقیقت، کاهش عملکرد محصولات و در نتیجه تهدید بعد فراهمی مواد غذایی از پیامدهای جانبی آلودگی خاک است.

اثر تخریب بیولوژیکی خاک بر امنیت غذایی

کاهش ذخیره کربن آلی خاک از رایج‌ترین شکل‌های تخریب بیولوژیکی خاک محسوب می‌شود (رشید و همکاران، ۲۰۱۶). مقدار کربن آلی خاک در حال حاضر حدود ۳۳۰۰ پتاکرم، یعنی پنج برابر کربن اتمسفری تخمین زده می‌شود که در سال‌های اخیر، کاهش فزاینده‌ای را تجربه کرده است (جانسون و هوفماک، ۲۰۲۰). شاید بتوان تغییر کاربری اراضی، که عمدتاً با هدف افزایش سطح زیر کشت محصولات زراعی انجام می‌شود، را شایع‌ترین روند تنزل ذخیره کربن آلی خاک دانست (کلیر و لینچ، ۲۰۱۰). طبق گزارش‌های موجود، مقدار کربن آلی به‌اندازه حداقل یک‌دوم و حداکثر دوسوم مقدار اولیه در اراضی تغییر کاربری یافته، کاهش می‌یابد (استاوی و لعل، ۲۰۱۴). کاهش محتوای مواد آلی خاک علاوه بر تضعیف ساختمان خاک، بی‌شک منجر به عدم توانایی خاک در برآورده کردن نیاز گیاهان به عناصر غذایی، به‌ویژه عناصر کم‌مصرف می‌شود (عسکری و همکاران، ۱۳۹۸). چنین گزارش شده است که بیش از دو میلیارد نفر از جمعیت جهان از سوءتغذیه از منظر کمبود ریزمغذی‌ها رنج می‌برند (فائو و سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۱۴). پژوهش‌گران دلیل اصلی این مشکل را مصرف انواع محصولات حاوی مقدار اندک عناصر کم‌مصرف آهن، منیزیم، روی و مس می‌دانند که خود ریشه در کمبود این عناصر غذایی ضروری در

صورت تداوم وضعیت کنونی، تهدیدی جدی برای امنیت غذایی کشور در آینده محسوب می‌شود. نکته آن‌که نه تنها کمیت محصولات کشاورزی بلکه کیفیت و سلامت آن‌ها و نیز پایداری سطح کمی و کیفی محصولات، متأثر از جنبه‌های آشکار و پنهان تخریب خاک هستند. افزون بر تخریب خاک، امروزه بحران آب به تهدیدی جدی برای پایداری تولیدات غذایی در سراسر جهان، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک و در صدر آن، کشور جمهوری اسلامی ایران تبدیل شده است. علاوه بر آن، گرمایش جهانی

و تغییرات اقلیمی با سرعت قابل توجهی در حال انجام است و طبق پیش‌بینی‌های انجام‌شده تا چند دهه دیگر به همین روند ادامه دارند. بنابراین، مدیریت صحیح منابع محدود آب‌و خاک و بهره‌وری بهینه از منابع طبیعی موجود برای تولید غذای سالم و مغذی مورد نیاز برای جمعیت روبه رشد کشور، یک ضرورت آشکار است. از این‌رو، طراحی و توسعه شاخص‌هایی با توانایی انعکاس صحیح چگونگی اثرپذیری ابعاد مختلف امنیت غذایی از کیفیت اراضی و روند تغییرات منابع محیطی تولید، پیشنهاد می‌گردد.

فهرست منابع

۱. اکبرپور، م.، ع.م. مهدوی دامغانی، ر. دیهیم‌فرد و ه. ویسی. بررسی وضعیت امنیت غذایی در شهرستان مرودشت. مجله کشاورزی بوم‌شناختی، ۶(۱): ۱۰-۱.
۲. باقرزاده آذر، ف.، ر. رنجپور و ز. کریمی تکانلو. ۱۳۹۶. برآورد سطح امنیت غذایی کشور با شاخص نوین امنیت غذایی جهانی (GFSI). مجله تحقیقات نظام سلامت، ۱۳(۲): ۲۴۳-۲۳۶.
۳. پاکروان، م.، ر.، س. ص. حسینی، س. یزدانی و ح. سلامی. ۱۳۹۴. شناسایی عوامل مؤثر بر امنیت غذایی خانوارهای شهری و روستایی ایران. تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران. ۴۶(۳): ۴۰۸-۳۹۵.
۴. جمینی، د.، ع. امینی، ح. قادرمربی و ج. توکلی. ۱۳۹۵. سنجش امنیت غذایی و تعیین‌کننده‌های آن در مناطق روستایی (نمونه موردی: کشاورزان بخش مرکزی شهرستان روانسر، استان کرمانشاه). مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، ۴(۲): ۲۴۶-۲۲۵.
۵. جمینی، د.، ع. امینی، ح. قادرمربی و ج. توکلی. ۱۳۹۶. سنجش امنیت غذایی و واکاوی چالش‌های آن در مناطق روستایی (نمونه موردی: دهستان بدر، شهرستان روانسر). فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، ۲۷: ۱۰۲-۸۷.
۶. خداداد کاشی، ف. و خ. حیدری. ۱۳۸۳. برآورد سطح امنیت غذایی خانوارهای ایرانی بر اساس شاخص AHFSI. اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۴۸(۱۲): ۱۶۶-۱۵۵.
۷. رحیمی مقدم، س.، ع.م. مهدوی دامغانی، م. اکبرپور، م. سجادیان و ن. رفیعی صدر. ۱۳۹۴. بررسی وضعیت امنیت غذایی در شهرستان پلدختر. مجله کشاورزی بوم‌شناختی. ۵(۲): ۹۷-۸۹.
۸. صفری، ی. ۱۳۹۷. پیامدهای آلودگی خاک‌های کشور به فلزات سنگین برای امنیت غذایی. دومین همایش بین المللی و سومین همایش ملی کشاورزی، محیط‌زیست و امنیت غذایی. ۱۵ اسفند ۱۳۹۷. دانشگاه جیرفت.
۹. طهرانی، م.م.، م.ر. بلالی، ف. مشیری و ع.م. دریاشناس. ۱۳۹۱. توصیه و برآورد کود در ایران؛ چالش‌ها و راهکارها. ۱۳۹۱. مجله پژوهش‌های خاک. ۲۶(۲): ۱۴۴-۱۲۳.
۱۰. عسکری، س.، ح.ر. اولیایی، ی. صفری و م. صدقی اصل. ۱۳۹۸. تغییرپذیری مکانی برخی ویژگی‌های حاصلخیزی خاک متأثر از تغییرات کاربری اراضی در منطقه یاسوج. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار. ۹(۱): ۸۱-۶۵.

۱۱. قالیباف، م.ب.، ز. پیشگاهی فرد، ر. افصلی و س.م. حسینی. ۱۳۹۵. تحلیلی ژئوپلیتیکی بر محصول‌های راهبردی کشاورزی ایران (مطالعه موردی: گندم). پژوهش‌های جغرافیای انسانی. ۴۸ (۱): ۵۳-۶۷.
۱۲. کریمی تکانلو، ز.، ز. رنجپور، م.ع.، متفکر آزاد، ا. اسدزاده و ف. باقرزاده آذر. ۱۳۹۷. رویکردی نوین در برآورد سطح امنیت غذایی در ایران با شاخص GFSI و مطالعه تأثیر شاخص قیمت‌ها و جمعیت بر آن. مجله اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۲۶: ۲۱۸-۱۸۱.
۱۳. مرادی، م.، ح. شعبانعلی فمی و ع. اسدی. ۱۳۹۸. تأثیر مدیریت مصرف آب کشاورزی بر امنیت غذایی خانوارهای کشاورزان در نظام بهره‌برداری خانوادگی: مورد مطالعه شهرستان کرمانشاه. مجله پژوهش‌های ترویج و آموزش کشاورزی. ۱۲ (۴): ۶۴-۵۱.
۱۴. مکی‌آبادی، ف.، ف. لشکرآرا و س.م. میردامادی. ۱۳۹۵. نقش کشاورزی ارگانیک در امنیت غذایی از دیدگاه کارشناسان کشاورزی سازمان جهاد کشاورزی استان تهران. فصلنامه پژوهش‌های ترویج و آموزش کشاورزی. ۹ (۲): ۲۰-۱۱.
۱۵. نصیری، ا.، ح.ر. اولیایی، ی. صفری و م. صدقی اصل. ۱۳۹۸. ارزیابی زمین‌آماري تغییرات برخی ویژگی‌های خاک در پی تخریب جنگل‌های بلوط در دشت مختار یاسوج. تحقیقات کاربردی خاک. ۷ (۳): ۹۷-۸۳.
16. Abbas, G., M. Amjad, M. Saqib, B. Murtaza, M.A. Naeem, A. Shabbir and G. Murtaza. 2021. Soil sodicity is more detrimental than salinity for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): A multivariate comparison of physiological, biochemical and nutritional quality attributes. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 27(1): 59-73.
17. Alarcão, V., S. Guiomar, A. Oliveira, M. Severo, D. Correia, D. Torres and C. Lopes. 2019. Food insecurity and social determinants of health among immigrants and natives in Portugal. *Food Security*, Doi: 10.1007/s12571-019-01001-1.
18. Allee, A., L.R. Lynd and V. Vaze. 2021. Cross-national analysis of food security drivers: comparing results based on the Food Insecurity Experience Scale and Global Food Security Index. *Food Security*, Doi: 10.1007/s12571-021-01156-w.
19. Amirzadeh Moradabadi, S., S. Ziaee, H. Mehrabi-Boshraabadi and A. Keikha. 2020. Effect of agricultural sustainability on food security of rural households in Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 22(2): 289-304.
20. Clair, S.B.S. and J.P. Lynch. 2010. The opening of Pandora's Box: climate change impacts on soil fertility and crop nutrition in developing countries. *Plant and Soil*, 335: 101-115.
21. Coleman-Jensen, A., M.P. Rabbitt, C.A. Gregory and A. Singh. 2020. Household Food Security in the United States in 2019, ERR-275, U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service.
22. EIU (The Economist Intelligence Unit). 2015. Global food security index 2015. An annual measure of the state of global food security. London: The Economist Intelligence Unit Limited.
23. FAO and ITPS. 2015. Status of the World's Soils. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy.
24. FAO and WHO. 2014. Rome declaration on nutrition. Second international conference on nutrition. Rome, Italy.
25. FAO. 1997. Assessment of the household food security situation, based on the Aggregate Household Food Security Index and the sixth world food survey. Rome, Italy.
26. FAO. 2018. FAO Statistical Databases. <http://apps.fao.org/Food and Agriculture Organization of the United Nations>.
27. FAO. 2009. Declaration of the World Summit on Food Security. http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/Summit/Docs/Final_Declaration/WSFS09_Declaration.pdf. Accessed: June 2019.

28. FAO. 2011. The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW)—managing systems at risk. The Food and Agriculture Organization of the United Nations and Earthscan, London.
29. FAO. 2021. The State of Food Security and Nutrition in the World 2021. Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb4474en>.
30. Guha-Khasnobis, B., Sh.S. Acharya and B. Davis. 2007. Food security; indicators, measurement, and the impact of trade openness. Oxford University Press, 352p.
31. Holland, J.E., P.J. White, M.J. Glendining, K.W.T. Goulding and S.P. McGrath. 2019. Yield responses of arable crops to liming – An evaluation of relationships between yields and soil pH from a long-term liming experiment. *European Journal of Agronomy*, 105: 176–188.
32. Hurni, H., M. Giger, H. Liniger, R. Mekdaschi Studer, P. Messerli, B. Portner, G. Schwilch, B. Wolfgramm and T. Breu. 2015. Soils, agriculture and food security: the interplay between ecosystem functioning and human well-being. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 15: 25–34.
33. Izraelov, M. and J. Silber. 2019. An assessment of the global food security index. *Food Security*, 11: 1135–1152.
34. Janson, J.K. and K.S. Hofmockel. 2020. Soil microbiomes and climate change. *Nature Reviews Microbiology*, 18: 35–46.
35. Jones, A.D., F.M., Ngure, G. Pelto and S.L. Young. 2013. What are we assessing when we measure food security? A compendium and review of current metrics. *Advances in Nutrition*, 4(5), 481–505.
36. Khader, B.F.Y., Y.A. Yigezu, M.A. Duwayri, A.A. Niane, and K. Shideed. 2020. Where in the value chain are we losing the most food? The case of wheat in Jordan. *Food Security*, Doi: 10.1007/s12571-019-00962-7.
37. Khalili, A. and J. Rahimi. 2018. Climate. p. 19-34. In: Roozitalab et al (ed.) *The Soils of Iran*. Springer.
38. Kopittke, P.M., N.W. Menzies, P. Wang, B.A. McKenna and E. Lombi. 2019. Soil and the intensification of agriculture for global food security. *Environment International*, 132: 105078.
39. Lal, R. 2009. Soil degradation as a reason for inadequate human nutrition. *Food Security*, 1: 45-57.
40. Lee, D.K. 2011. Land and soil in the context of a green economy for sustainable development, food security and poverty eradication. The Submission of the UNCCD Secretariat to the Preparatory Process for Rio 20. UNCCD, Bonn. <http://www.unccd2012.org/content/documents/462unccd.pdf>.
41. Osman, Kh.T. 2014. Soil degradation, conservation and remediation. Springer, New York, 237p.
42. Rahmanian, M. and Y. Safari. 2020. Contamination factor and pollution load index to estimate source apportionment of selected heavy metals in soils around a cement factory, SW Iran. *Archives of Agronomy and Soil Science*, Doi: 10.1080/03650340.2020.1861252.
43. Rashid, M.I., L.H. Mujawar, T. Shahzad, T. Almeelbi, I.M.I. Ismail and M. Oves. 2016. Bacteria and fungi can contribute to nutrients bioavailability and aggregate formation in degraded soils. *Microbiological Research*, 183: 26–41.
44. Rojas, R.V., M. Achouri, J. Maroulis and L. Caon. 2016. Healthy soils: a prerequisite for sustainable food security. *Environmental Earth Sciences*, 75: 180.
45. Safari, Y. and M.A. Delavar. 2019. The influence of soil pollution by heavy metals on the land suitability for irrigated wheat farming in Zanjan region, northwest Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, Doi: 10.1007/s12517-018-4190-2.
46. Safari, Y., M.A. Delavar and S.M. Alavi Siney. 2018a. Soil pollution: The hidden threat to food security in Iran. *United Journal of Agricultural Science and Research*, 1: 1–4.
47. Safari, Y., M.A. Delavar, Ch. Zhang, Z. Noori and M. Rahmanian. 2018b. Assessing cadmium risk in wheat grain using soil threshold values. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 15: 887–894.

48. Smith, P., J.I. House, M. Bustamante, J. Sobocká, R. Harper, G. Pan, P.C. West, J.M. Clark, T. Adhya, C. Rumpel, K. Paustian, P. Kuikman, M.F. Cotrufo, J.A. Elliott, R. McDowell, R.I. Griffiths, S. Asakawa, A. Bondeau, A.K. Jain, J. Meersmans and T.A.M. Pugh. 2015. Global change pressures on soils from land use and management. *Global Change Biology*, 22: 1008–1028.
49. Soltani, A., S.M. Alimaghani, A. Nehbandani, B. Torabi, E. Zeinali, E. Zand, V. Vadez, M.P.V. Loon and M.K.V. Ittersum. 2020. Future food self-sufficiency in Iran: A model-based analysis. *Global Food Security*, Doi: 10.1016/j.gfs.2020.100351.
50. Sposito, G. 2013. Green water and global food security. *Vadose Zone Journal*, Doi: 10.2136/vzj2013.02.0041.
51. Stavi, I. and R. Lal. 2014. Achieving zero net land degradation: challenges and opportunities. *Journal of Arid Environments*, Doi: 10.1016/j.jaridenv.2014.01.016.

برآورد ظرفیت برد تفرج گاهی در پارک آبخیز کانی ماماتکه سنندج

پارسا عرب خزائلی^{۱*}، قربان وهابزاده کبریا، سیدرمضان موسوی و جلال زندی

دانشجوی دکترای علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. arabkhazaeli.parsaa@gmail.com

دانشیار گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. vabzadeh.ghorban@gmail.com

استادیار گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. srmmousavi@gmail.com

دانش آموخته دکترای علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. jalal.zandi2010@gmail.com

دریافت: بهمن ۱۴۰۰ و پذیرش: مرداد ۱۴۰۱

چکیده

استفاده انسان عامل عمده‌ای در آسیب‌رسانی به طبیعت به‌شمار می‌آید بنابراین یکی از راهبردهای بنیادین مدیریت گردشگری، کنترل و مدیریت اثرات بازدیدکنندگان است. برآورد ظرفیت برد تفرج گاهی، این امکان را در اختیار برنامه ریزان قرار می‌دهد تا با دانستن میزان مجاز سرانه ورود گردشگر به هر منبع تفرجی، از کاهش توان طبیعی اکوسیستم جلوگیری کرده، بتوان خدمات مطلوب گردشگری را به بازدیدکنندگان به صورت پایدار عرضه دارند. از این رو ظرفیت تفرج گاهی و استفاده از آن باید متناسب با توان و ظرفیت اکولوژیکی تفرج‌گاه باشد. در غیر این صورت تخریب صورت گرفته در نتیجه برای رسیدن به ظرفیت برد مناسب باید اصول و اقدامات اصلاحی و حفاظتی شامل ترمیم پوشش گیاهی و حفاظت آب و خاک و غیره در صدر برنامه‌ریزی گردشگری مناطق تفرج گاهی قرار گیرد. در پژوهش حاضر تعیین ظرفیت برد تفرجی پارک آبخیز کانی ماماتکه سنندج با هدف حفظ منابع تفرجی و گردشگری پایدار انجام پذیرفت. با توجه به بررسی‌های به عمل آمده، ظرفیت برد فیزیکی در محدوده تفرج متمرکز ۱۹۲۷۲ نفر در روز و نفر ۷۰۳۴۲۸۰ در سال و ظرفیت برد واقعی منطقه در محدوده تفرج متمرکز ۲۷۶۷ نفر در روز و ۴۳۱۱۸۶ نفر در سال برآورد شد. مقایسه کمیت‌های حاصل از محاسبات نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن محدودیت‌های اکولوژیکی موجود در پارک آبخیز کانی ماماتکه شامل تعداد روزهای بارانی، تعداد روزهای یخبندان، شرایط بیوکلیمایی منطقه و فصل جفت‌گیری و زادآوری حیات وحش، ظرفیت برد فیزیکی تا ۸۶ درصد کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: گردشگری پایدار، اکوتوریسم، محدودیت‌های اکولوژیکی

^۱ - آدرس ایمیل نویسنده مسئول: arabkhazaeli.parsaa@gmail.com

مقدمه

افزایش جمعیت و توسعه شهرنشینی در سال‌های اخیر موجب افزایش تقاضا برای استفاده تفرجی و گردشگری از فضاهای طبیعی می‌شود. کمبود فضاهای باز و طبیعی در شهرها از یک سو، نیاز و علاقه‌مندی افراد به فعالیت‌های تفرجی از سوی دیگر، سبب شده است تا اندک لکه‌های طبیعی باقیمانده در اکوسیستم‌های شهری پذیرای حجم زیادی از کاربران شود (مرادی و همکاران، ۱۳۹۸). آبخیزداری در رویکرد نوین مدیریت آبخیزهای شهری، علاوه بر اهدافی از جمله حفظ منابع پایه آب، خاک، پوشش گیاهی و مدیریت سیل‌های ورودی به شهرها، هدف تقویت ارتباط انسان و طبیعت در قالب پارک آبخیز را نیز دنبال می‌کند. تغییر اقلیم، تشدید سیل‌های شهری، سبک شهرنشینی مدرن و دور بودن از طبیعت از جمله مشکلات شهرها در شرایط کنونی است. کنترل سیل ورودی به شهرها و توسعه تفرجگاه‌های طبیعی دو هدف اصلی پارک آبخیز است. در حقیقت پارک آبخیز پاسخی به دو نیاز کنترل سیلاب‌های شهری و ایجاد تفرجگاه طبیعی در مجاورت مراکز جمعیتی است. نوع بارندگی و وضعیت ساخت شهرها در ایران شرایطی را به وجود آورده است که اغلب آن‌ها با مشکل سیل مواجه هستند. مدیریت سیل‌های شهری از منشأ در سطح حوزه‌های آبخیز بالادست شهرها و استفاده از ظرفیت سیلاب مهارشده در مناطق مستعد در توسعه تفرجگاه‌های هم‌جوار با سکونتگاه‌ها، رویکرد برنامه آبخیزداری و آبخوانداری سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور در مدیریت حوزه‌های آبخیز شهری است. پارک آبخیز با چشم‌اندازها و مناظر طبیعی در قالب طرح‌های آبخیزداری و آبخوانداری، پیرامون سکونتگاه ایجاد می‌شود. نزدیکی به شهر و سهولت دسترسی به طبیعت و محیط‌های طبیعی برای شهروندان از امتیازات ویژه پارک آبخیز است به‌طوری‌که در برخی موارد ساکنان محلات و شهرک‌های واقع در پایین‌دست و خروجی آبخیزهای شهری حتی بدون استفاده از وسیله نقلیه و با

صرف زمان کوتاهی پیاده‌روی، به پارک آبخیز شهری می‌رسند. ایجاد زیرساخت‌های اولیه و ضروری با حفظ طبیعت بکر، محیط مناسبی را برای فراغت شهرنشینان با استفاده از ظرفیت بارش‌ها و سیلاب‌ها به کمک زیرساخت‌های آبخیزداری در نزدیک‌ترین فاصله به شهر فراهم می‌سازد. از دیگر ظرفیت و کارکردهای پارک‌های آبخیز شهری می‌توان به حفظ کاربری اراضی طبیعی پیرامون شهر و جلوگیری از تغییر غیرمجاز آن، حفظ خاک، کنترل فرسایش، مهار رسوبات ورودی به شهرها و تثبیت زمین-لغزش و رانش زمین در حوزه‌های آبخیز شهری و اشتغال‌درآمدزایی و کمک به اقتصاد ساکنان و آموزش و ارتقای سطح آگاهی‌های مردم در زمینه منابع طبیعی اشاره کرد (حسین‌پور، ۱۴۰۰). صنعت گردشگری امروزه به یکی از بزرگ‌ترین و پردرآمدترین بخش‌های اقتصادی جهان تبدیل شده و ۱۱ درصد از تولید خالص جهان را به خود اختصاص داده است و سالانه ۲۰۰ میلیون نفر (از هر ۱۲ نفر شاغل در دنیا یک نفر)، در این بخش فعالیت دارد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۸). در بسیاری از مناطق، به‌ویژه مناطقی که از طبیعت منحصربه‌فردی برخوردارند، گردشگری به‌عنوان پاسخی برای نیازهای اقتصادی مطرح است (جنیفر و همکاران^۲، ۲۰۱۰). گردشگری به‌عنوان یک فعالیت اقتصادی و اجتماعی، نیازمند یک بستر مکانی است که تأمین‌کننده فعالیت‌های آن باشد. در این ارتباط عوامل گوناگونی موجب شده‌اند که این فعالیت‌ها به‌طور ناهمگن در این بستر توزیع شوند (کریمی و همکاران، ۱۳۹۸).

افزایش علاقه به مقوله گردشگری و حفاظت در چند دهه گذشته و توجه روزافزون به گردشگری پایدار، منجر به شکل‌گیری مفهوم اکوتوریسم شده است (اسپیو و همکاران^۳، ۲۰۱۷). امروزه از اکوتوریسم به‌عنوان ابزاری یاد می‌شود که در صدد است تا منافع حاصل از گردشگری را تحقق بخشد، ولیکن تلاش کند تا از ارزش‌های طبیعی و اکولوژیکی مناطق نیز کاسته نشود. اکوتوریسم به‌عنوان یک راهبرد توسعه گردشگری که مبتنی بر اصول حفاظت

^۳ -Eusebio et al^۲ -Jennifer et al

محیط‌زیست و توجه به جامعه محلی است، با تجربه‌های موفقیت‌آمیزی در نقاط مختلف جهان همراه بوده است و از بازار مناسب و رو به رشدی در سال‌های اخیر برخوردار بوده است. اکوتوریسم سریع‌ترین رشد را در میان بخش‌های متفاوت گردشگری دارا است و قابلیت رشد آن ۲۰ درصد در سال است (کریمی و همکاران، ۱۳۹۸).

وجود تنوع زیستی و اکوسیستمی ایران، چشم‌اندازها و لندفرم‌های خاص، شرایط مناسبی برای کشور در افزایش جذب گردشگر، افزایش توان اقتصادی و سرمایه ملی فراهم کرده است. ایران به دلیل دارا بودن قابلیت‌ها و جاذبه‌های چشمگیر از نظر تنوع زیستی، یکی از کشورهای مهم دنیا محسوب می‌شود. ایران به لحاظ ماهیت محیط‌زیستی، منابع مهم طبیعی، جغرافیای اقلیمی و تنوع زیستی، بهترین زمینه را برای جذب اکوتوریست‌ها در سطح ملی و بین‌المللی دارد و به دلیل تنوع جاذبه‌های طبیعی و تاریخی، رتبه پنجم و به لحاظ تنوع اقلیمی رتبه دوم را بین کشورهای جهان به‌خود اختصاص داده است؛ اما متأسفانه ایران از نظر گردشگری در بین کشورهای جهان مقام هشتم را دارد و میانگین درآمد سهم ایران از درآمد گردشگری جهان فقط ۰/۰۴ درصد است (مسعودی و همکاران، ۱۳۹۴). امروزه صنعت گردشگری فراتر از یک صنعت در جایگاه یک پدیده پویای جهانی و اجتماعی دارای پیچیدگی‌های خاص خویش است. رشد سریع صنعت گردشگری در نیم‌قرن اخیر، فشار روزافزون بر محیط‌زیست را در پی داشته است که این امر موجب خدشه‌دار شدن اصول توسعه پایدار در مناطق مختلف شده و محیط‌زیست را با خطرات روزافزونی مواجه کرده است. استفاده انسان عامل عمده‌ای در آسیب‌رسانی به طبیعت به‌شمار می‌آید و برای حفظ ارزش‌های مناطق اکوتوریستی، باید استفاده‌های انسانی تحت کنترل قرار گیرد. در این خصوص برآورد و رعایت ظرفیت برد تفرجگاهی می‌تواند اقدامی مؤثر در زمینه مدیریت انسانی تلقی شود (اولادی قادی‌کلایی، ۱۳۹۶).

افزایش روزافزون گردشگری در پیرامون شهرها از جمله پارک‌های آبخیز شهری به‌عنوان یکی از منابع تفرجی، مستلزم به‌کارگیری راهکارهای مناسبی از جمله ظرفیت برد گردشگری، در راستای کاهش اثرات گردشگری بر محیط‌زیست است. عدم توجه به ظرفیت برد در تعیین تعداد ورود کاربر مجاز به منطقه و ورود افراد بیش از توان منطقه، آسیب‌های محیط زیستی، پایین آمدن کیفیت خدمات و امکانات رفاهی و سایر مسائل را برای منابع و جاذبه‌های طبیعی و انسان‌ساخت را به‌دنبال خواهد داشت (مرادی و همکاران، ۱۳۹۸). مفهوم ظرفیت برد سابقه‌ای به نسبت طولانی در مدیریت منابع طبیعی دارد و ابتدا در مدیریت مراتع و حیات‌وحش برای تعیین تعدادی از جمعیت یک گونه که یک زیستگاه مشخص می‌تواند به آن‌ها پناه دهد در صورتی که توان تولید و بهره‌وری، سازش-پذیری و توان تجدیدپذیری آن‌ها حفظ شود، تعریف شده است (اولادی قادی‌کلایی، ۱۳۹۶ و بهرامی و همکاران، ۱۳۹۸). پس از آن به‌منظور رفع نگرانی‌های ناشی از افزایش شمار بازدیدکنندگان و مدیریت پارک‌ها، مورد استفاده قرار گرفت.

سنجش ظرفیت برد در جهت کمی‌سازی میزان بهره‌برداری از منابع سرزمین، به‌عنوان پایه‌ای برای شناسایی و پایش آستانه تغییرات و تنش‌ها در اکوسیستم‌های طبیعی و ارزش‌یابی نهایی، کنترل و پایش آشفتگی‌ها و روند تخریب در اکوسیستم‌های پیشرفته مورد استفاده قرار می‌گیرد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۸). مفهوم کاربردی ظرفیت برد که به‌وسیله سازمان جهانی گردشگری^۴ (۲۰۱۳) ارائه شده، عبارت است از: بیشینه تعداد جمعیت بازدیدکننده از یک منطقه طبیعی ورزشی و یا تفرجی در یک زمان معین بدون ایجاد تغییر و آشفتگی در محیط‌زیست فیزیکی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی و بدون ایجاد کاهش غیرقابل قبول در کیفیت رضایتمندی کاربران. به عبارتی ظرفیت برد، حدودی را مشخص می‌کند که با عبور از آن، منابع تخریب شده و یا خسارت وارده بر بوم‌سازگان جبران‌ناپذیر

^۴ -World Tourism Organization (WTO)

می‌شود (مرادی و همکاران، ۱۳۹۸). ظرفیت پذیرش برای تمامی محیط‌ها، چه طبیعی و یا غیرطبیعی، قائل به حد مشخصی از بارگذاری یا سطح استفاده است. عبور از این آستانه، منجر به تخریب و آسیب‌هایی در مقیاس‌های مختلف و یا باعث کاهش سطح رضایت کاربران و بازدیدکنندگان خواهد شد (براون^۵، ۲۰۱۱). ذکر این نکته ضروری است که ظرفیت برد ثابت نیست و با افزایش صدمات طبیعی یا انسانی کاهش می‌یابد و با ارتقای سطح و روش‌های مدیریت می‌تواند افزایش یابد (اولادی قادیکلایی، ۱۳۹۶ و اسکندری شهرکی و همکاران، ۱۳۹۸). از آنجایی که ظرفیت برد گردشگری هر منطقه مختص آن منطقه است، کمی‌سازی این مفهوم به‌عنوان ابزاری برای برنامه‌ریزی در جهت توسعه پایدار گردشگری به‌عنوان مهم‌ترین هدف این مطالعه شناخته می‌شود.

در زمینه برآورد ظرفیت برد در مناطق گردشگری در سال‌های اخیر مطالعات مختلفی صورت گرفته از جمله: موحدی و همکاران (۱۳۹۲) با محاسبه ظرفیت تحمل پهنه‌های مستعد توسعه اکوتوریسم در منطقه سبلان نشان دادند، عدم توجه به آستانه تحمل زیست‌محیطی منابع تفرجگاهی سبلان می‌تواند پایداری این منابع را حتی در کوتاه مدت در معرض خطر جدی قرار دهد و روند تخریب آن را تشدید کند. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان (۱۳۹۴) در پروژه‌ای تحت عنوان «گزارش مطالعات پارک آبخیز رومشکان» به بررسی تعیین ظرفیت برد اکولوژیکی گردشگری پرداختند. محدوده مطالعاتی پارک آبخیز رومشکان با مساحت ۸۷۷ هکتار در جنوب شرقی دشت توه خشکه شهرستان کوهدشت در استان لرستان واقع شده است. در این مطالعه نه پارامتر شامل پنج پارامتر اقلیمی (روزهای همراه با بارندگی، یخبندان، وزش باد شدید، ابرناکی و دما) و سه پارامتر فیزیکی (شیب، ارتفاع، جهت جغرافیایی) و یک پارامتر زیستی (تراکم پوشش گیاهی) به‌عنوان عوامل محدودکننده منطقه برای گردشگری در نظر گرفته شدند. اسکندری شهرکی و

همکاران (۱۳۹۸) نشان دادند که از ۴۸۰ هکتار کل مساحت تفرجگاه جنگلی برنجگان، مساحت مناسب برای پذیرش گردشگر در محدوده تفرج متمرکز ۶/۱ هکتار است. پس از تعیین مساحت مناسب برای پذیرش گردشگر، ظرفیت برد فیزیکی ۱۰۴۵۷ نفر در روز محاسبه سپس عوامل محدودکننده منطقه تعیین و با دخالت دادن آن در برد فیزیکی، ظرفیت برد واقعی ۹۱۱ نفر در روز محاسبه شد. کریمی و همکاران (۱۳۹۸) در بررسی مناطق تحت حفاظت شهرستان شاهرود، به این نتیجه رسیدند که ظرفیت برد زیست محیطی رعایت نشده است و بیشتر از حد تحمل آستانه است. در نتیجه برای رسیدن به ظرفیت برد مناسب و مطلوب باید در منطقه اصول حفاظتی در صدر برنامه‌ریزی گردشگری قرار گیرد. بهراد و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای تحت عنوان «ارزیابی ظرفیت برد گردشگری منطقه‌ی ژئوتوریسمی آبشار بیشه با تأکید بر توسعه‌ی پایدار» دریافتند که در نظر گرفتن محدودیت‌های اکولوژیکی موجود در منطقه‌ی آبشار بیشه شامل ارتفاع، عمق خاک، پوشش گیاهی و مقاومت سنگ مادر، ظرفیت برد فیزیکی را در نواحی مستعد برای توسعه گردشگری تا ۸۰ درصد کاهش می‌دهد. فرناندو و همکاران^۶ (۲۰۰۴) تعیین ظرفیت برد در هر منطقه را به‌عنوان یکی از جنبه‌های مهم برنامه‌ریزی برای تسهیل در روند گردشگری بیان داشتند. میزان ظرفیت برد واقعی منطقه مورد مطالعه با توجه به عوامل محدودکننده‌ای که دارد نسبت به ظرفیت برد فیزیکی آن کمتر است. دنیل و همکاران^۷ (۲۰۱۱) با تعیین ظرفیت برد، میزان ظرفیت برد واقعی را کمتر از ظرفیت برد فیزیکی محاسبه کردند و بیان کردند که تعداد عوامل محدودکننده در مقدار تفاوت بین این دو ظرفیت بسیار تأثیرگذار است، به‌گونه‌ای که مقدار ظرفیت برد واقعی در هر منطقه به وسعت و توپوگرافی منطقه، میزان و کیفیت تسهیلات گردشگری، شرایط جوی و سایر عوامل محدودکننده مختص به همان منطقه بستگی دارد.

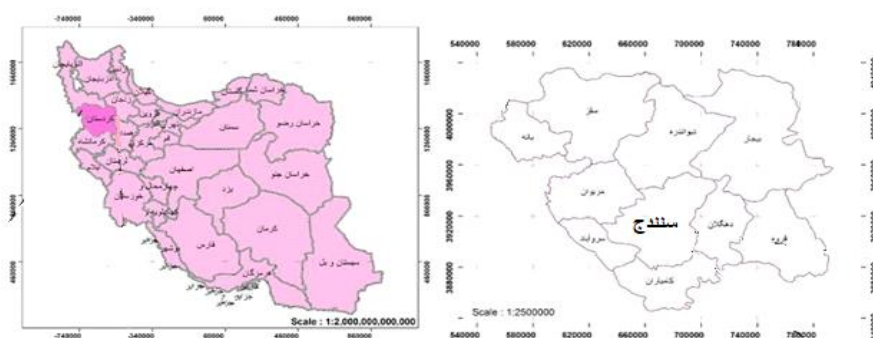
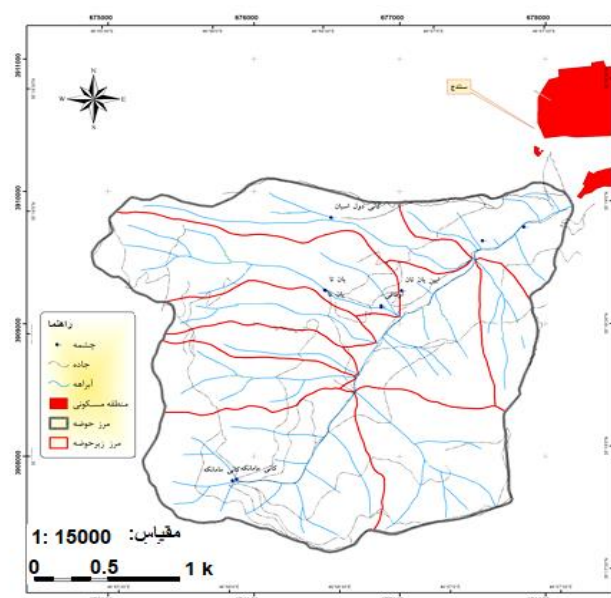
⁷ -Daniel et al

⁵ -Brown

⁶ -Fernando et al

قرآن، کانی کچک و قله آیدر که پناهگاهی هم برای کوهنوردان در آنجا ساخته شده است. از دلایلی که باعث محبوبیت این کوه شده، عبارت است از: نزدیکی آن به شهر سنندج، بلند بودن آن نسبت به تپه‌های اطراف و از همه مهم‌تر، وجود چشمه‌های زیرزمینی فراوان. در واقع واژه آیدر (آبدره) به معنی دره‌ای است که از آن آب فراوان تراوش می‌کند. کانی ماماتکه که حوضه مورد نظر به همین نام است در میان کوه آیدر بزرگ و کوچک قرار دارد. موقعیت قرارگیری این حوضه به صورتی است که در محدوده شهری سنندج قرار گرفته است به نحوی که بلافاصله پس از طی مسافت حدود ۴۰۰ متر از محدوده شهری به خروجی حوضه مذکور می‌توان دسترسی پیدا کرد (مطالعات احداث پارک آبخیز کانی ماماتکه شهرستان سنندج، ۱۳۹۹).

حوزه آبخیز پارک کانی ماماتکه در محدوده جغرافیائی $36^{\circ} 24' 24''$ تا $36^{\circ} 57' 36''$ درجه طول شرقی و $35^{\circ} 17' 36''$ تا $35^{\circ} 19' 56''$ درجه عرض شمالی واقع شده که با مساحت ۶۶۴ هکتار مشرف به شهر سنندج است؛ که در شکل (۱) موقعیت حوضه مورد مطالعه در استان و کشور مشخص شده است. اقلیم منطقه بر اساس مدل آمبرژه و دومارتن نیمه‌خشک سرد و میانگین دمای سالانه‌ی ۱۴/۲۹ درجه سانتی‌گراد است. کوه آیدر با ارتفاعی حدود ۲۵۵۰ متر (آیدر بزرگ ۲۵۵۰ و آیدر کوچک ۲۳۵۰ متر) به‌عنوان یکی از تفرجگاه‌های اصلی مردم شهر سنندج به‌شمار می‌رود. برخی از مکان‌های گردشگری مشهور آن عبارت‌اند از کانی شفا، ماماتکه، کانی بانا، گویزه کویر، پارک کودک، خضر زنده (خیززنه)، تاقه‌دار، امیریه، هفت آسیاب، بان شلانه، کچک (سنگ)



شکل ۱- موقعیت حوضه مورد مطالعه در استان و کشور

مواد و روش‌ها

یکی از روش‌های کاربردی برآورد ظرفیت برد تفرجی، دستورالعمل پیشنهادی به‌وسیله اتحادیه جهانی حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی^۸ است که در سال ۱۹۹۶ برای محاسبه ظرفیت برد مناطق مناسب گردشگری ارائه شده است. این فرایند شامل شش مرحله است که در مرحله آخر آن، ظرفیت برد پهنه‌های مساعد برای تفرج در سه سطح تعیین می‌شود (اولادی قادیکلایی، ۱۳۹۶). در این پژوهش، برآورد ظرفیت برد تفرجی در دو سطح ظرفیت برد فیزیکی و ظرفیت برد واقعی، صورت گرفت.

ظرفیت برد فیزیکی

ظرفیت برد فیزیکی^۹ به بیشینه تعداد بازدیدکنندگانی که در یک زمان و مکان معین می‌توانند حضور فیزیکی داشته باشند، گفته می‌شود. در ظرفیت برد فیزیکی تنها مساحت مورد نیاز از نظر فیزیکی در نظر گرفته می‌شود و سایر عناصر و عوامل محدودکننده مثل امکان تخریب و غیره چشم‌پوشی می‌شود، بنابراین این ظرفیت به هیچ عنوان نمی‌تواند اساس برنامه‌ریزی قرار گیرد (کیانی-صدر و همکاران، ۱۳۹۹). ظرفیت برد فیزیکی بر اساس رابطه ۱ محاسبه می‌شود:

$$pcc = A \times V/a \times R_f \quad (1)$$

A: مساحت منطقه مناسب برای گردشگری بر حسب مترمربع است.

V/a: مساحت مورد نیاز برای هر فرد یا به عبارتی مقدار فضائی که هر بازدیدکننده نیاز دارد تا به راحتی بتواند در آنجا به جا شده و تداخلی با سایر پدیده‌های فیزیکی و یا افراد نداشته باشد؛ که این مساحت بستگی به این دارد که چه میزان از حفاظت منطقه مطرح است. به‌عنوان مثال در مناطق طبیعی مراجعه‌کنندگان غالباً نیازمند سطوح وسیع‌تری (ظرفیت برد روانی) نسبت به منابع شهری و حتی حاشیه

شهری و مناطق نیمه‌طبیعی هستند (گزارش مطالعات پارک آبخیز رومشکان، ۱۳۹۴).

R_f: عامل چرخشی یا تعداد بازدید روزانه از مکان است که از تقسیم مدت زمان قابل استفاده بودن محل بر میانگین طول زمان بازدید محاسبه می‌شود (کیانی صدر و همکاران، ۱۳۹۹).

ظرفیت برد واقعی

ظرفیت برد واقعی^{۱۰}، عبارت است از حد بیشترین شمار استفاده‌کنندگان از یک منبع تفرجی با در نظر گرفتن محدودیت‌های مختلف آن مکان از قبیل روزهای طوفانی، باران شدید و غیره که امکان بازدید کردن از منطقه وجود ندارد (اولادی قادیکلایی، ۱۳۹۶).

ظرفیت برد واقعی با توجه به عوامل تصحیح یا عوامل محدودکننده اجتماعی، فرهنگی و اکولوژیکی شامل منابع زیستی و فیزیکی بر اساس رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

$$RCC = PCC - Cf1 - Cf2 - \dots - Cfn \quad (2)$$

در این رابطه، PCC ظرفیت برد فیزیکی است که در گام اول محاسبه می‌شود.

Cf عامل محدودکننده است که به‌صورت کاهنده بر ظرفیت برد فیزیکی عمل می‌کند که به‌صورت درصد بیان می‌شود و هر عامل مختص به همان منطقه است و در دو مکان یکسان نیستند.

بنابراین این معادله می‌تواند به شکل رابطه (۳)

بیان شود.

$$RCC = PCC \times \frac{100-Cf1}{100} \times \frac{100-Cf2}{100} \times \dots \times \frac{100-Cfn}{100} \quad (3)$$

Cf از طریق رابطه ۴ در زیر به دست می‌آید:

$$cf = \left(\frac{Ml}{Mt} \right) \times 100 \quad (4)$$

Ml: مقدار محدودکننده یک متغیر

Mt: مقدار کل یک متغیر (کیانی صدر و همکاران، ۱۳۹۹).

⁹ -Physical Carrying Capacity

¹⁰ -Real Carrying Capacity

⁸ -International Union Conservation Nature and Natural Resources (IUCN)

ظرفیت برد فیزیکی

وسعت یک پارک اولین عامل مؤثر بر ظرفیت گردشگری یک پارک است (شیرانی سرمازه و همکاران، ۱۳۹۸). برای محاسبه ظرفیت برد فیزیکی در زون تفرجی ماماتکه، مساحت پهنه‌های مناسب برای گردشگری (A) در زون تفرجی ماماتکه ۱۱۸۶۰۰ مترمربع محاسبه شد. با توجه به مصاحبه با بازدیدکنندگان و افراد بومی منطقه، زمان قابل استفاده در روز برای استفاده گردشگران در فصل تفرج، ۱۳ ساعت محاسبه شد. همچنین زمان متوسط برای یک بازدید با توجه به نتایج حاصل از بررسی منطقه مورد مطالعه هشت ساعت در نظر گرفته شده است. تعداد بازدید روزانه از یک مکان که از رابطه مدت زمان قابل استفاده بودن یک مکان به میانگین طول زمان یک بازدید به دست می‌آید، $1/625$ محاسبه شد. فضای افقی مورد نیاز برای بازدیدکنندگان $\frac{v}{a}$ بر اساس استانداردهای موجود معادل ۱۰ متر مربع در نظر گرفته شد. بر اساس رابطه (۱) ظرفیت برد فیزیکی در زون تفرج متمرکز ۱۹۲۷۲ نفر در روز و ۷۰۳۴۲۸۰ نفر در سال برآورد شد (مطالعات احداث پارک آبخیز کانی ماماتکه شهرستان سنج، ۱۳۹۹).

$$pcc = 118600 \times \frac{1}{10} \times \frac{13}{8} = 19272 \quad (5)$$

$$pcc = 365 \times 19272 = 7034280$$

ظرفیت برد واقعی

برای محاسبه ظرفیت برد واقعی باید عوامل محدودکننده یا همان عوامل تصحیح (cf) منطقه تعیین شده و ضریب محدودیت آن‌ها محاسبه شد. از آن‌جا که عوامل محدودکننده در یک منطقه کاملاً به شرایط و ویژگی‌های مشخص همان منطقه بستگی دارد، در منطقه تفرجی جنگلی کانی ماماتکه، تعداد روزهای بارانی، تعداد روزهای یخبندان، شرایط بیوکلیمایی منطقه با توجه به داده‌ها و اطلاعات به دست آمده از ایستگاه سینوپتیک سنج، به عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه و فصل جفت‌گیری و زادآوری حیات وحش با توجه به مطالعات و مشاوره کارشناسان

محیطزیست به عنوان عوامل محدودکننده منطقه در نظر گرفته شده است.

عامل محدودکننده تعداد روزهای بارانی

با توجه به این‌که امکان گردشگری برای گردشگران در روزهای بارانی وجود ندارد، تعداد روزهای بارانی به عنوان یک عامل محدودکننده در نظر گرفته شد. طبق اطلاعات به دست آمده از داده‌های هواشناسی، از کل ۳۶۵ روز سال، ۱۵۵ روز آن دارای بارندگی و غیر مناسب برای گردشگری محاسبه شد.

$$cf = \frac{155}{365} \times 100 = 42.4 \quad (6)$$

عامل محدودکننده شرایط بیوکلیمایی

با توجه به بررسی شرایط بیوکلیمایی اقلیم و آسایش چهار ماه از سال دارای شرایط مطلوب یا آسایش بیوکلیمایی و ۶ ماه از ۱۲ ماه سال (مرداد، نامطلوب گرم، آبان، آذر و اسفند، نامطلوب سرد و دی و بهمن نامطلوب خیلی سرد) نامطلوب و به عنوان عامل محدودکننده برای گردشگری در نظر گرفته شده است.

$$cf = \frac{6}{12} \times 100 = 50 \quad (7)$$

عامل محدودکننده تعداد روزهای یخبندان

با توجه به اطلاعات به دست آمده از داده‌های هواشناسی و نامطلوب بودن روزهای یخبندان برای گردشگران، از کل ۳۶۵ روز سال ۹۲ دارای یخبندان محاسبه و Cf آن محاسبه شده است.

$$cf = \frac{92}{365} \times 100 = 25.2 \quad (8)$$

عامل محدودکننده فصل جفت‌گیری و زادآوری حیات وحش

با توجه به واقع شدن محدوده مورد مطالعه در منطقه جنگلی آیدر و وجود گونه‌های حیات وحش در این منطقه، فصل جفت‌گیری و زادآوری پرندگان و گونه‌های جانوری محدوده با توجه به زمان انجام جفت‌گیری و زادآوری گونه‌های مهم و در خطر انقراض منطقه با توجه به نظر کارشناسان حیات وحش سازمان حفاظت محیطزیست استان چهار ماه (بهمن، اسفند، فروردین و

اردیبهشت) نامطلوب و به‌عنوان عامل محدودکننده برای گردشگری تعیین شده است.

$$cf = \frac{4}{12} \times 100 = 33.33 \quad (9)$$

در آخرین مرحله ظرفیت برد واقعی در محدوده مورد مطالعه با توجه به عوامل محدودکننده محاسبه شده است.

$$Rcc = Pcc \times \frac{100 - cf1}{100} \times \frac{100 - cf2}{100} \times \dots \times \frac{100 - cfn}{100} \quad (10)$$

$$Rcc = 19272 \times \frac{100 - 42.4}{100} \times \frac{100 - 50}{100} \times \frac{100 - 25.2}{100} \times \frac{100 - 33.33}{100} = 2767 \quad (11)$$

$$Rcc = 2767 \times 158 = 431186$$

بنابراین، ظرفیت برد واقعی منطقه در محدوده تفرج متمرکز ۲۷۶۷ نفر در روز و ۴۳۱۱۸۶ نفر در سال برآورد شد (مطالعات احداث پارک آبخیز کانی ماماتکه شهرستان سنندج، ۱۳۹۹).

نتایج و بحث

با توجه به سوابق و پیشینه موجود و نیز اخذ نظر کاربران و جامعه محلی، زمان قابل استفاده بودن پارک آبخیز کانی ماماتکه سنندج، ۱۳ ساعت در نظر گرفته شد که این زمان برای مطالعات شفایی و رضائی (۱۳۹۸) و مرادی و همکاران (۱۳۹۸) و اسکندری شهرکی و همکاران (۱۳۹۸)، ۱۲ ساعت در نظر گرفته شد که نزدیک به طول زمان قابل استفاده بودن منطقه مورد مطالعه است. این زمان برای تفرجگاه‌های اطراف سد لتیان ۱۴ ساعت و برای بوستان‌های شهری مطابق بر مطالعات الهی چورن و همکاران (۱۳۹۸) و شیرانی سرمازه و همکاران (۱۳۹۸)، ۲۴ ساعت و به‌صورت شبانه‌روزی محسوب شده است. زمان متوسط برای یک بازدید پارک آبخیز کانی ماماتکه با توجه به نتایج حاصل از بررسی منطقه مورد مطالعه هشت ساعت در نظر گرفته شده است. اسکندری شهرکی و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه خود این زمان را هفت ساعت به‌دست آورد که به زمان متوسط بازدید پارک آبخیز کانی ماماتکه نزدیک است. در مطالعه صورت گرفته به‌وسیله مرادی و همکاران

(۱۳۹۸) زمان متوسط برای بازدید با توجه به نتایج حاصل از پرسشنامه تقاضای تفرجی برای پهنه‌های طبیعی مشهد دو ساعت در نظر گرفته شد. این زمان در مطالعه صورت گرفته در بوستان خلیج فارس شهرستان فولادشهر به‌وسیله شیرانی سرمازه و همکاران (۱۳۹۸) دو و نیم ساعت در نظر گرفته شد. فضای افقی مورد نیاز برای بازدیدکنندگان $\frac{v}{a}$ بر اساس استانداردهای موجود معادل ۱۰ متر مربع مطابق با مطالعات شفایی و رضائی (۱۳۹۸) و الهی چورن و همکاران (۱۳۹۸) و اسکندری شهرکی و همکاران (۱۳۹۸) در نظر گرفته شد. این فضا در محدوده سد لتیان به‌دلیل حساسیت-های فراوان منطقه، ۱۰۰ مترمربع و برای بوستان‌های شهری، ۱۰ مترمربع در نظر گرفته شد (مرادی و همکاران، ۱۳۹۸). کیانی صدر و همکاران (۱۳۹۹) در ارزیابی ظرفیت برد گردشگری در منطقه حفاظت شده سفیدکوه لرستان زمان قابل استفاده را هشت ساعت در روز و میانگین طول بازدید را یک ساعت و فضای افقی مورد نیاز برای بازدیدکنندگان $\frac{v}{a}$ را معادل شش متر مربع در نظر گرفت. دلیل کمتر بودن مقادیر در نظر گرفته شده نسبت به مطالعات قبلی، اولویت بودن حفظ و حراست زیستی منطقه و آسیب‌رسانی کمتر به آن بود. در صورتی که در سایر مطالعات وسعت یک پارک به‌عنوان اولین عامل مؤثر بر ظرفیت گردشگری معرفی شده-اند. سبجانی و همکاران (۱۳۹۸) و شفایی و رضائی (۱۳۹۸) و الهی چورن و همکاران (۱۳۹۸) تعداد روزهای بارانی، برفی، یخبندان و تعداد ساعات آفتابی شدید را به‌عنوان عوامل محدودکننده برای محاسبه ظرفیت برد واقعی تعیین نمودند. در صورتی که تعداد ساعات آفتابی شدید به‌علت مرتفع و سردسیر بودن منطقه مورد مطالعه به‌عنوان عامل محدودکننده برای محاسبه ظرفیت برد واقعی در نظر گرفته نشده است. در مطالعه صورت گرفته به‌وسیله مرادی و همکاران (۱۳۹۸) برای محاسبه ظرفیت برد واقعی برای تعیین ظرفیت برد گردشگری و تفرجی پهنه‌های طبیعی مشهد، از پنج عامل محدودکننده اقلیمی (بارندگی شدید، یخبندان، برف، سرما، گرما، باد شدید توأم با گرد و خاک)، شیب، فرسایش‌پذیری خاک، ایمنی عرض معابر و تنوع

زیستی (تراکم پوشش گیاهی) استفاده کردند. ظرفیت برد فیزیکی ۸۹۷۰۰۰۰ و ظرفیت واقعی ۱۸۲۹۸۸۰ نفر در روز برآورد شد که ظرفیت برد فیزیکی بسیار بیشتر از ظرفیت برد واقعی بود. در مطالعه صورت گرفته به وسیله شیرانی سرمازه و همکاران (۱۳۹۸) تعداد روزهای بارانی، تعداد روزهای همراه با گردوغبار، تعداد روزهای با دمای بیش از ۳۰ درجه، تعداد روزهای با دمای کمتر از ۱۰ درجه، ساعات آفتابی شدید و تعداد روزهای یخبندان را به عنوان عوامل محدودکننده در تعیین ظرفیت برد واقعی بوستان خلیج فارس شهرستان فولادشهر استان اصفهان با مساحت ۹۳۰۰۰ مترمربع معرفی نمودند. ظرفیت برد فیزیکی ۳۲۵۸۷۲ و ظرفیت برد واقعی ۷۸۱۷۳ نفر در سال برآورد شد. علت کمتر بودن ظرفیت برد فیزیکی و واقعی محاسبه شده با منطقه تفرجی جنگلی کانی ماماتکه اختلاف مساحت قابل ملاحظه منطقه مناسب برای گردشگری دو عرصه است که بیان کننده این است که وسعت یک پارک اولین عامل مؤثر بر ظرفیت گردشگری است. اسکندری شهرکی و همکاران (۱۳۹۸) برای برآورد ظرفیت برد تفرجی در منطقه جنگلی برنجگان استان چهارمحال و بختیاری تعداد روزهای بارانی، تعداد روزهای یخبندان، شرایط بیوکلیمایی منطقه و فصل جفت گیری و زادآوری حیات وحش را به عنوان عوامل محدودکننده در تعیین ظرفیت برد واقعی معرفی نمودند. عوامل محدودکننده در تعیین ظرفیت برد واقعی مطالعه مذکور کاملاً مطابق با مطالعه حاضر است. ظرفیت برد واقعی به مراتب کمتر از ظرفیت برد فیزیکی منطقه بود؛ به گونه ای که تعداد عوامل محدودکننده در منطقه می تواند اثر مستقیمی را بر روی ظرفیت برد واقعی داشته باشد و با افزایش عوامل محدودکننده، ظرفیت برد واقعی کاهش می یابد.

عرب خزانلی و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی شرایط اقلیمی پارک آبخیزکانی ماماتکه سنندج را از منظر آسایش اقلیمی برای گردشگران بر اساس شاخص اقلیم آسایش گردشگری TCI مورد بررسی قرار دادند. هدف این شاخص ارزیابی مطلوبیت اقلیمی برای گردشگران با

استفاده از پارامترهای بیشینه دما، کمینه رطوبت، میانگین دما، کمینه نم نسبی، میانگین نم نسبی، میانگین بارش، میانگین روزانه ساعت آفتابی و سرعت باد است. بدین منظور برای محاسبه آسایش اقلیمی شهر سنندج از داده های آماری ۳۰ ساله (۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵) ایستگاه سینوپتیک شهر سنندج استفاده شد. نتایج حاصل از شاخص TCI نشان داد که ماه شهریور با بالاترین ضریب به میزان ۹۴ در وضعیت ایده آل و بعد از آن ماه های خرداد و مهر با ضریب ۸۶ در وضعیت عالی در زمینه آسایش اقلیمی گردشگری قرار دارند و ماه دی با ضریب ۴۰ کمترین میزان آسایش اقلیمی گردشگری داشته و در وضعیت نامناسب قرار دارد. به طور کلی می توان گفت حوزه پارک آبخیز کانی ماماتکه سنندج به دلیل بارش کم، سرعت باد مناسب، ساعات آفتابی طولانی، درجه حرارت و رطوبت نسبی مناسب از ماه اردیبهشت تا ماه مهر از شرایط خوبی برای گردشگری برخوردار است، به طوری که عوامل اقلیمی در سنندج برای گردشگری در ماه های خرداد و مهر عالی و در ماه شهریور به حد ایده آل خود می رسد و در این زمان بهترین شرایط را برای گذراندن اوقات فراغت دارد. همچنین فصل زمستان (از دی تا اسفند) به دلیل بارندگی زیاد، سرمای هوا، ساعات آفتابی کم، رطوبت زیاد و سرعت باد نامناسب از شرایط خوبی برای گردشگری برخوردار نیست و نامناسب ترین زمان را برای گذراندن اوقات فراغت دارد.

نتیجه گیری و پیشنهادها

اثرات ناشی از طرح های گردشگری بر روی محیط زیست، تنها موجب اختلال در منابع طبیعی و مسائل فرهنگی نمی شود، بلکه بر میزان تجربه گردشگران نیز اثرگذار خواهد بود. در این میان پرسش مهم این است که چگونه می توان با بیشینه کردن میزان تجربه گردشگر، اثرات آن را بر روی محیط زیست به کمینه رساند؟ پاسخ به این پرسش از طریق بررسی و تعیین ظرفیت برد بهینه برای یک

منطقه‌ی گردشگری، امکان‌پذیر است (ژانگ و همکاران^{۱۱}، ۲۰۱۱).

با توجه به اهمیت استفاده و بهره‌وری مناسب (در حد ظرفیت برد) از منابع محیط‌زیست، با حفظ زیبایی‌های طبیعی آن، ارزیابی نیازهای فراغت (تقاضا) و قابلیت منابع (عرضه) برای فراهم آوردن فرصت‌های گردشگری مناسب، امری ضروری است. به‌طوری‌که این امر در طرح‌ریزی تفرجگاه‌ها، از نقش اساسی و مهمی برخوردار بوده، فرصت‌های لازم برای تفرج را برحسب کمینه تأثیرات استفاده‌کنندگان روی منابع به وجود می‌آورد (شیرانی سرمازه و همکاران، ۱۳۹۸ و شفایی و رضائی، ۱۳۹۸). تلفیق نگاه ظرفیت گردشگری از حوزه‌های آبخیز شهری و توسعه و اجرای عملیات آبخیزداری در عموم حوضه‌ها شرایطی به‌عنوان پارک آبخیز فراهم کرده که طی دهه‌های گذشته سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور نمونه‌هایی از آن را در حوزه‌های آبخیز کشور به اجرا در آورده است. پارک‌های آبخیز شهری اصولاً با هدف رشد فضای سبز و افزایش گردشگری و نیز آشنایی ساکنان مناطق شهری با پروژه‌های آبخیزداری احداث می‌شوند. انجام عملیات بیولوژیک، کاشت نهال و مباحث مربوط به تأمین آب، بخشی از پروژه‌های آبخیزداری انجام‌شده در این پارک‌ها است. اقدامات آبخیزداری در حوضه‌های مشرف به شهرها علاوه بر ایمن‌سازی محیط‌های شهری در قبال حوادث طبیعی و غیرمترقبه از قبیل سیل، زمین‌لغزش، فرسایش موجب توسعه تفرجگاه‌ها و ایجاد فضاهای سبز و پوشش گیاهی درون و پیرامون شهری خواهد شد؛ لذا توسعه این فعالیت‌ها می‌تواند گام بسیار مؤثری در رونق اکوتوریسم و بهبود اقتصاد ساکنین منطقه و آبخیز‌نشینان و افزایش فرایند مشارکت مردم و جوامع محلی شود (گزارش طرح آبخیزداری، ۱۳۹۸؛ دستورالعمل فنی مکان‌یابی، طراحی و احداث پارک آبخیز، ۱۴۰۰).

در این مقاله سعی شده با تعیین ظرفیت برد فیزیکی و برد واقعی پارک آبخیز ماماتکه مبنای کمی قابل

اعتمادی برای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی در راستای توسعه پایدار گردشگری، در اختیار برنامه‌ریزان و سازمان‌ها قرار گیرد. بر این مبنا ظرفیت برد فیزیکی در زون تفرج متمرکز ۱۹۲۷۲ نفر در روز و ۷۰۳۴۲۸۰ نفر در سال برآورد شد و ظرفیت برد واقعی منطقه در محدوده تفرج متمرکز ۲۷۶۷ نفر در روز و ۴۳۱۱۸۶ نفر در سال محاسبه شد. مقایسه کمیت‌های حاصل از برد فیزیکی و برد واقعی نشان می‌دهد که در نظر گرفتن محدودیت‌های اکولوژیکی موجود در منطقه پارک آبخیز کانی ماماتکه شامل تعداد روزهای بارانی، تعداد روزهای یخبندان، شرایط بیوکلیمایی منطقه و فصل جفت‌گیری و زادآوری حیات‌وحش، ظرفیت برد فیزیکی را تا ۸۶ درصد کاهش می‌دهد.

از آنجا که ظرفیت برد فیزیکی یک ظرفیت برد غیرواقعی بوده، همیشه از ظرفیت برد واقعی بیشتر است. این امر به دلیل توجه نداشتن به عوامل محدودکننده است. با توجه به عوامل محدودکننده، ظرفیت برد واقعی به‌میزان زیادی نسبت به ظرفیت برد فیزیکی کاهش می‌یابد که این کاهش تا حد زیادی می‌تواند در برنامه‌ریزی اکوتوریسم نقش داشته باشد. پس می‌توان بیان داشت که عدد ظرفیت برد واقعی، به حقیقت نزدیک‌تر بوده و به‌عبارتی عددی اکولوژیک است. تعدد عوامل محدودکننده در منطقه اثر مستقیمی بر ظرفیت برد واقعی دارد و با افزایش عوامل محدودکننده، مقدار آن کاهش می‌یابد. عدم توجه به ظرفیت برد در تعیین تعداد ورود کاربر مجاز به منطقه و ورود افراد بیش از توان به منطقه، موجب بروز آسیب‌های محیط-زیستی، پایین آمدن کیفیت خدمات و امکانات رفاهی و سایر مسائل برای منابع و جاذبه‌های طبیعی و انسان‌ساخت خواهد شد. برآورد ظرفیت برد، این امکان را در اختیار برنامه‌ریزان قرار می‌دهد تا با دانستن میزان مجاز سرانه ورود گردشگر به هر منطقه تفرجی، از کاهش توان طبیعی اکوسیستم جلوگیری کرده و بتوان خدمات مطلوب گردشگری را به بازدیدکنندگان عرضه دارند. به‌علت سردسیر بودن نسبی منطقه تعداد بازدیدکنندگان در ماه‌های

هرگونه گردشگری بدون برآورد ظرفیت برد پیشگیری شود و تدوین و به‌روزرسانی برنامه جامع توسعه طبیعت‌گردی بر پایه ظرفیت برد و منطبق بر اقلیم و طبیعت هر منطقه انجام پذیرد.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر بر اساس مطالعات احداث پارک آبخیز کانی ماماتکه شهرستان سهندج بوده که بدین‌وسیله از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان کردستان به دلیل همکاری و مساعدت در این زمینه قدردانی می‌نمایم.

سرد سال کمتر است اما این تعداد در ماه‌های گرم به‌مراتب بیشتر است. به‌منظور کاهش فشار بر منابع و تسهیلات پارک در جهت یکنواخت‌سازی توزیع و پراکنش گردشگران در زمان و فصول مختلف سال، دریافت هزینه زیاد در زمان اوج بازدید و دریافت هزینه کمتر در زمان افت بازدید صورت گیرد. ارائه برنامه‌های متنوع در فصول مختلف سال می‌تواند در جلب اقشار مختلف جامعه و رده‌های سنی به توزیع بهتری از گردشگران در پارک آبخیز رسید. با توجه به جمیع مطالب ذکر شده پیشنهاد می‌شود که پیش از طراحی و اجرای زیرساخت‌ها و امکانات گردشگری در منابع تفرجگاهی از جمله پارک‌های آبخیز شهری، ابتدا اقدام به برآورد ظرفیت برد فیزیکی و واقعی آن شود و از توسعه

فهرست منابع

۱. اسکندری شهرکی، م.، محمدی سمائی، ک.، محمودی، ب. ا. و مرادی، ا. (۱۳۹۸). برآورد ظرفیت برد تفرجی در منطقه جنگلی برنجان استان چهارمحال و بختیاری. علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۲۱ (۱): ۶۹-۷۶.
۲. الهی چورن، م. ع.، رمضان‌زاده لسبویی، م. و عینالی، ج. (۱۳۹۸). برآورد ظرفیت برد فیزیکی، واقعی و موثر گردشگری. مطالعه موردی: مجتمع‌ها و پارک‌های شهرستان نوشهر. فصلنامه علمی-پژوهشی نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی. ۱۱ (۴): ۵۸۱-۵۹۹.
۳. اولادی قادی‌کلایی، ج. (۱۳۹۶). مبانی ارزیابی و اولویت‌بندی منابع تفرجگاهی (معیارها و شاخص‌ها). چاپ اول، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۴. بهراد، ف.، هادی پور، م.، نادری، م. و کاظمی، آ. (۱۳۹۸). ارزیابی ظرفیت برد گردشگری منطقه‌ی ژئوتوریسمی آبشار بیشه با تاکید بر توسعه‌ی پایدار. علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۲۱ (۱۰): ۷۹-۸۹.
۵. حسین‌پور، ا. (۱۴۰۰). خبرگزاری دانشجویان ایران (ایسنا). <https://www.isna.ir/news/00061626537/>
۶. دستورالعمل فنی مکان‌یابی، طراحی و احداث پارک آبخیز. (۱۴۰۰). ضوابط و معیارهای آبخیزداری و آبخیزداری، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور. معاونت آبخیزداری، دفتر کنترل سیلاب و آبخیزداری.
۷. سبحانی، پ.، سیاح‌نیا، ر.، محمودی، ح. و اسماعیل‌زاده، ح. (۱۳۹۸). برآورد ظرفیت برد گردشگری در مناطق تحت حفاظت. مطالعه موردی: منطقه شکار ممنوع الوند. فصلنامه علمی پژوهشی برنامه‌ریزی توسعه گردشگری. ۸ (۳): ۵۱-۶۴.
۸. شفاعی، م. و رضائی، پ. (۱۳۹۸). تعیین ظرفیت برد گردشگری طبیعت در حوضه آبخیز جیرنده. مهندسی جغرافیایی سرزمین، ۳ (۶): ۱۲۳-۱۳۳.
۹. شیرانی سرمازه، ن.، سبزقبائی، غ. ر.، شیرانی، ن. و دشتی، س. (۱۳۹۸). برآورد ظرفیت برد گردشگری در پارک‌های شهری. مطالعه موردی: بوستان خلیج فارس فولادشهر. فصلنامه علمی-پژوهشی، پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری. ۱۰ (۱): ۶۱-۷۲.

۱۰. عرب خزائلی، ع.ز.، وهاب‌زاده کبریا، ق.، موسوی، س.ر. و زندی، ج. (۱۴۰۰). تعیین شاخص آسایش اقلیم گردشگری (TCI) مطالعه موردی: پارک آبخیز کانی ماماتکه سنندج. دومین کنفرانس ملی تغییرات محیطی با استفاده از فن‌آوری سنجش از دور و GIS. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
۱۱. کریمی، د.، مهدی، ع.، فرشچی، پ. و پناهی، م. (۱۳۹۸). مدل ارزیابی سایت و برنامه‌ریزی اکوتوریسم در مناطق تحت حفاظت با رویکرد ظرفیت برد اکولوژیک. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی ۳۵ (۱): ۴۳-۵۴.
۱۲. کیانی‌صدر، م.، محمودی، ص.ا. و ویسی، ز. (۱۳۹۹). ارزیابی ظرفیت برد گردشگری منطقه‌ی حفاظت شده سفید کوه لرستان. فصلنامه جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، ۱۰ (۳۴): ۱۴۶-۱۳۱.
۱۳. گزارش طرح آبخیزداری و کنترل سیل در حوزه‌های آبخیز مشرف به شهرهای کشور ۱۳۹۸. سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبخیزداری کشور گروه آبخیزداری و کنترل سیل ۱۸ ص.
۱۴. گزارش مطالعات پارک آبخیز رومشکان. (۱۳۹۴). مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی. ۳۰۵ ص.
۱۵. مرادی، ع.، دانشپور، س.ع.، دانشور، م. و بهمن‌پور، ه. (۱۳۹۸). تعیین ظرفیت برد گردشگری و تفرجی پهنه‌های طبیعی مشهد در راستای برنامه‌ریزی شهری و پیراشهری پایدار. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. ۳۴ (۳): ۴۵۴-۴۴۵.
۱۶. مسعودی، م.، سلمان ماهینی، ع.، محمدزاده، م. و میرکریمی س.ح. (۱۳۹۴). ارزیابی شرایط آسایش اقلیمی پناهگاه حیات وحش میانکاله برای توسعه گردشگری طبیعت، محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، ۶۸ (۴): ۶۶۵-۶۷۶.
۱۷. مطالعات احداث پارک آبخیز کانی ماماتکه شهرستان سنندج. (۱۳۹۹). تلفیق مطالعات پایه و برنامه‌ریزی. اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان کردستان. شرکت مهندسين مشاور مه‌اب گستر زاگرس.
۱۸. موحدی، س.، امانی، ح. و بنی‌کمالی، س. (۱۳۹۲). شناسایی و محاسبه ظرفیت تحمل پهنه‌های مستعد توسعه اکوتوریسم در منطقه سبلان، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۴ (۱): ۱۵۳-۱۴۱.
19. Brown LR (2011). World on the edge. Earth policy institute. New York: Norton.
20. Daniel, Z., Allan, W and Alice N., 2011. Recreation carrying capacity estimation to support beach management at Praia de Faro Portugal. Applied Geography, Vol 31, pp 1075-1081.
21. Eusébio C, Carneiro MJ, Kastenholz E, Figueiredo E, Da. and Silva DS (2017). Who is consuming the countryside? An activity-based segmentation analysis of the domestic rural tourism market in Portugal. Journal of Hospitality and Tourism Management. 31:197-210.
22. Fernando, J., Garrigos, S., Yeamduan, N. and Daniel, P. 2004. Carrying capacity in the tourism industry, Tourism management, Vol 25, pp 275-283.
23. Jennifer K, Strickland-Munro JK, Allison HE. and Moore SA (2010). Using resilience concepts to investigate the impacts of protected area tourism on communities. Annals of Tourism Research. 37(2):499-519.
24. World Tourism Organization and World Travel and Tourism Council. (2013), Agenda 21 for the travel and tourism industry: Towards environmentally sustainable development, World Tourism Organization, World Travel and Tourism Council, London, UK.
25. Zhong, L. Deng, J. Song, Z. and Ding, P. (2011), Research on environmental impacts of tourism in China: progress and prospect. Journal of Environmental Management 92.

بهینه‌سازی برنامه زراعی مجموعه کشت و صنعت خرمدره

فرهاد بیات^{۱*}، غلامرضا پیکانی، محمدرضا جهانسوز و سعید سلیمانی

فارغ‌التحصیل دکتری و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه تهران، کرج، ایران. bayatfarhad@ut.ac.ir

استاد بازنشسته گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. rpeykani@ut.ac.ir

فارغ‌التحصیل دکتری و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه تهران، کرج، ایران. jahansuz@ut.ac.ir

مدیر بخش زراعت، کشت و صنعت خرمدره، زنجان، ایران. saeid_j55@yahoo.com

دریافت: اردیبهشت ۱۴۰۱ و پذیرش: مرداد ۱۴۰۱

چکیده

امروزه، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، مجموعه‌های کشت و صنعت به دلایلی مانند قابلیت برنامه‌ریزی آسان‌تر، افزایش تولید غذا، کاهش هزینه مصرف‌کنندگان، تشویق نوآوری و توسعه فناورانه، ایجاد فرصت‌های شغلی و افزایش بازه دسترسی به غذا، نقش مهمی در امنیت غذایی جامعه ایفا می‌کنند. تحقیق حاضر با هدف ارائه برنامه کشت مبتنی بر کمینه‌سازی مصرف آب و بیشینه‌سازی درآمد بخش زراعت مجتمع کشت و صنعت خرمدره به وسعت ۱۲۶۲ هکتار واقع در استان زنجان، انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌های اقتصادی (سری زمانی ۹۹-۱۳۹۰) مربوط به گیاهان زراعی آبی کشت‌شده در این واحد تولیدی شامل گندم، جو، ذرت، کلزا و یونجه، از روش حداقل مربعات معمولی بسط یافته توسط پیکانی در نرم‌افزار لینگو نسخه ۱۸/۰ انجام شد. بر اساس نتایج، سطح زیرکشت محصول جو ۱۱۸/۱۸ درصد افزایش یافت. برخلاف آن، سطح زیرکشت محصولات گندم، کلزا، ذرت علوفه‌ای و یونجه به ترتیب ۳۳/۳۳، ۷۳/۱۹، ۳۴/۷۹ و ۲۰/۴۴ درصد کاهش یافت. در برنامه کشت بهینه‌سازی شده این واحد تولیدی، به‌رغم ثبات نسبی درآمد خالص (۰/۰۹+ درصد)، کل سطح زیرکشت بخش زراعی (۲۵/۸۷- درصد)، مقدار مصرف آب (۲۵/۳۲- درصد)، ساعت کار ماشین‌ها (۲۵/۷۰- درصد)، تعداد نیروی کار (۲۵/۸۷- درصد)، میزان کودها (۳۰/۵۰- درصد) و سموم کشاورزی (۳۹/۴۵- درصد) نسبت به برنامه فعلی کاهش می‌یابد. در این مدل برنامه‌ریزی، هیچ محصولی از برنامه کشت زراعی حذف نشد. برای همین، پیش‌بینی‌های آن واقع‌بینانه به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: الگوی کشت، برنامه‌ریزی اقتصادی، محصولات زراعی، مجتمع کشاورزی

^۱-آدرس ایمیل نویسنده مسئول: bayatfarhad@ut.ac.ir

مقدمه

با توجه به تغییر سریع جمعیت و شهرنشینی، منابع زمین و آب بسیار محدود می‌شوند. متعاقباً، بهینه‌سازی برنامه کشت^۱ در سال‌های اخیر مورد توجه گسترده‌ای قرار گرفته است و مدل‌های ریاضی برای تعیین استفاده بهینه از منابع موجود در راستای بیشینه‌سازی منافع خالص تحت برخی محدودیت‌ها توسعه یافته‌اند (چن و همکاران، ۲۰۲۲؛ آسامه و همکاران، ۲۰۱۷). در واقع، برنامه کشت یا الگوی کشت^۲ به نسبت سطح کشت محصولات، اراضی آیش و آرایش مکانی آن‌ها در یک منطقه معین که در بُعد زمانی- مکانی تحت تأثیر مؤلفه‌های اکولوژیک، اقتصادی، اجتماعی و سیاستی قرار می‌گیرد، گفته می‌شود (فائو، ۲۰۲۰).

در ایران اراضی کشاورزی از لحاظ مالکیت به دو دسته خصوصی و حاکمیتی تقسیم می‌شوند. غالب این اراضی دارای مالکیت خصوصی بوده و در اختیار خرده‌مالکین قرار دارند و بقیه اراضی نیز به صورت واحدهای تولیدی منسجم و یکپارچه در دشت‌ها و پایاب سدها واقع هستند که توسط سازمان‌های حاکمیتی اداره می‌شوند (علی بیگی، ۱۳۹۷؛ گروه تحقیقات حقوق عمومی، ۱۳۸۷)؛ به عبارت دیگر، این واحدهای تولیدی، طبق تعریف سازمان مرکزی تعاون روستایی ایران^۳ (۲۰۱۸)، از جمله اولین واحدهای تجاری بزرگ تولیدی کشاورزی- صنعتی به شمار می‌روند که در آن‌ها با ترکیب عملیات کشاورزی، صنعتی و خدماتی کلیه مراحل تولید، نگهداری،

فرآوری، بازاریابی، توزیع و فروش محصولات به مقیاس وسیع طبق سازوکار بازار در چارچوب سازمان و مدیریتی واحد تحقق می‌پذیرد. بزرگ بودن واحد، سازمان و مدیریت رسمی و تخصصی، سطح اطلاعات و تکنولوژی و توسعه بالا، پیوند کشاورزی و صنعت از ویژگی‌های عمده واحدهای کشت و صنعت محسوب می‌شوند.

امروزه، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، مجموعه‌های کشت و صنعت به دلایلی مانند قابلیت برنامه‌ریزی آسان‌تر (مدیریت واحد و امکانات کافی)، افزایش تولید غذا، کاهش هزینه مصرف‌کنندگان، تشویق نوآوری و توسعه فناوریانه، ایجاد فرصت‌های شغلی و افزایش بازه دسترسی به غذا، نقش مهمی در امنیت غذایی جامعه ایفا می‌کنند (ویلکنسون و راشا، ۲۰۰۹؛ هرانی، ۲۰۰۸). برای همین، بهینه‌سازی برنامه‌ها و زنجیره‌های تولید در این نوع واحدهای کشاورزی-تجاری می‌تواند دستیابی به اهدافی مانند افزایش بهره‌وری نهاده‌ها و به دنبال آن، بهبود امنیت غذایی را تسهیل کند (نیکلسون و همکاران، ۲۰۲۱).

تکنیک‌های متنوعی برای بهینه‌سازی برنامه‌های کشت و استفاده مؤثر از منابع موجود توسعه یافته است. به همین ترتیب، از بُعد اقتصادی نیز تحقیقات متعددی در زمینه بهینه‌سازی برنامه کشت انجام شده است. در لیست زیر به‌طور مختصر به ویژگی‌های (محدودیت‌ها، اهداف، روش و مقیاس مورد بررسی) در برخی از این تحقیقات، اشاره شده است (جدول ۱).

جدول ۱- محدودیت‌ها و اهداف بهینه‌سازی برنامه کشت به همراه روش و مقیاس مورد مطالعه در تحقیقات پیشین

محدودیت‌ها	اهداف	روش	مقیاس	محققان
آب و امنیت غذایی	بیشینه‌سازی بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی آب	SWAT & cellular automata	حوزه آبخیز (چین)	(لیو و همکاران، ۲۰۲۲)
سود، زمین، آب، کود، سم، الکتریسیته، سوخت	بیشینه‌سازی سود و کمینه‌سازی اثرات زیست‌محیطی	FL-MOP	منطقه‌ای (ایران)	(مرزبان و همکاران، ۲۰۲۱)
زمین و آب	بیشینه‌سازی سود و کمینه‌سازی برداشت آب از آبخوان	Vensim (DSS) & Powell's method	دشت (ایران)	(براتی و همکاران، ۲۰۲۰)
خشکی، اراضی کشاورزی و تغییر اقلیم	کمینه‌سازی مصرف آب و بیشینه‌سازی سود و تولید	MOSP	استانی (ایران)	(نجف‌آبادی و همکاران، ۲۰۱۹)
اقتصاد، کیفیت آب و امنیت غذایی	کمینه‌سازی رقابت بین کشت گیاه برای غذا و سوخت زیستی	SWAT & MALGAM	حوزه آبخیز (آمریکا)	(فمینا و همکاران، ۲۰۱۸)
زمین، بذر، کودها، نیروی کار و آب	بیشینه‌سازی سود خالص سالانه	Cuckoo Search	ایالتی (هندوستان)	(راث و همکاران، ۲۰۱۷)
زمین، آب، سرمایه، نیروی کار، ماشین، کود و سم	پایداری کشاورزی	AHP & LP	منطقه‌ای (ایران)	(فلاحی و قلی‌نژاد، ۱۳۹۵)
سطح زیر کشت	بیشینه‌سازی بازده خالص	GAMS	کشوری (اسپانیا)	(گالان-مارتین و همکاران، ۲۰۱۵)
زمین، نیروی کار و آب	بیشینه‌سازی درآمد ناخالص و اشتغال، کمینه‌سازی مصرف آب	LP, GP, FP, FGP (MCDA/MCDM)	کشوری (ایران)	(مرتضوی و همکاران، ۲۰۱۴)
امنیت غذایی و خودکفایی	بیشینه‌سازی سود	FGP (Lingo)	مزرعه‌ای (ایران)	(میرکریمی و همکاران، ۲۰۱۳)

کشور و نزدیکی به مناطق پرجمعیت، لزوم برنامه‌ریزی بهینه برای تولید محصولات زراعی در این مجموعه اجتناب‌ناپذیر است. از این‌رو، تحقیق حاضر نیز با هدف طراحی برنامه کشت زراعی مبتنی بر کمینه‌سازی مصرف برخی نهاده‌ها مانند زمین، آب، کود، سم، نیروی کار و ساعات کار ماشین‌ها و بیشینه‌سازی درآمد بخش زراعت مجتمع کشت و صنعت خرمرده واقع در استان زنجان انجام شد.

روش تحقیق

موقعیت جغرافیایی محل تحقیق

از لحاظ موقعیت جغرافیایی، مجتمع کشت و صنعت خرمرده با محدوده‌ای به وسعت ۱۲۶۲ هکتار در قسمت شمال غرب کشور ایران، در استان زنجان، در شهرستان خرمرده واقع شده است. از لحاظ مختصات جغرافیایی، این مجتمع بین طول جغرافیایی $۳۰^{\circ} ۱۰' ۴۹''$ و $۱۸^{\circ} ۱۵' ۴۹''$ شرقی و بین عرض جغرافیایی $۳۶^{\circ} ۱۴' ۴۲''$ شمالی قرار دارد. ارتفاع از سطح دریای این محل بین بازه ۱۵۹۰ تا ۱۶۵۰ متر متغیر است.

مجتمع کشت و صنعت دشت خرمرده از واحدهای تابعه بنیاد مستضعفان انقلاب اسلامی با داشتن ۱۲۶۲ هکتار اراضی، بزرگ‌ترین مجموعه کشت و صنعت استان زنجان محسوب می‌شود. این شرکت در چهار زمینه شامل دام‌پروری، زراعت، باغبانی و مرغداری فعالیت می‌کند. از کل این اراضی (۱۲۰۰ هکتار)، وسعت اراضی اختصاص‌یافته به زراعت، باغداری، دامداری و مرغداری تا سال ۱۳۹۹ به ترتیب ۶۰۰، ۱۰۰، ۱۰۰ و ۴۰ هکتار بوده است و مابقی نیز به‌صورت ساختمان‌ها، تأسیسات، راه‌ها و اراضی بلا استفاده است. سالیانه سه هزار تن انواع میوه و ۱۵ هزار تن انواع محصولات زراعی تولید می‌کند. علاوه بر آن، دو گاوداری با ۷۵۰۰ رأس، جزو ده دامداری بزرگ تولید شیر غرب کشور، دارای تولید روزانه ۱۲۵ تن است. یک واحد مرغداری با ظرفیت ۶۵ هزار قطعه مرغ مادر نیز از جمله واحدهای تابعه بنیاد در این اراضی است که دو درصد تولید جوجه کشور را تأمین می‌کند.

به‌طورکلی، به دلیل وسعت، مقدار تولید، قرارگیری در مسیر ترانزیتی بین پایتخت و شمال غرب

مدل برنامه‌ریزی در تحقیق

در تحقیق حاضر، برای تجزیه و تحلیل داده‌های اقتصادی سری زمانی ۹۹-۱۳۹۰ مربوط به گیاهان زراعی شامل گندم، جو، ذرت، کلزا و یونجه کشت‌شده در مجموعه کشت و صنعت خرمدره، از روش حداقل مربعات معمولی بسط یافته توسط پیکانی^۱ با استفاده از نرم‌افزار لینگو نسخه ۱۸/۰ انجام شد. در واقع، روش ارزیابی داده‌های اقتصادی از طریق الگوی برنامه‌ریزی آرمانی غیرخطی^۲ بسط یافته توسط پیکانی تحت فرآیند چندگانه تولید با رویکرد تابع تولید بوده است (رابطه ۱). رابطه زیر، شکل کلی این مدل مقعر بوده که دارای عرض از مبدأ است. در این مدل برنامه‌ریزی، محدودیت‌های مورد بررسی شامل زمین (سطح زیرکشت)، آب، کود، سم، نیروی کار و ساعات کار ماشین‌ها بودند. علاوه بر آن، هدف این مدل نیز بهینه‌سازی مقدار سود خالص بخش زراعت و کمینه‌سازی مقادیر مصرف نهاده‌های تولید یا محدودیت‌های تولید (مانند آب، کود، ...) بود.

روش POLS در واقع همان روش OLS است که تحت رهیافت حداکثر آنتروپی^۳ با توزیع احتمالاتی و میانگین انتظاری^۴ مطرح است. در این روش سعی شده است در حداکثرسازی تابع هدف شانن^۵ با استفاده از احتمالات، از نقاط کمکی^۶ در نظر گرفته شده برای تخمین پارامترهای مدل اقتصادی و در نتیجه مدل آماری، بیش‌ترین اطلاعات ایجاد شود. در روش POLS با جانشین‌سازی تابع درجه دوم مجموع پسماند، برای هر مدل اقتصادی (خطی، درجه دوم، درجه سوم و ...) و در نتیجه حداقل‌سازی آن تحت رویکرد حداکثر آنتروپی در تابع هدف شانن تحت محدودیت‌های ساختاری، شرایط مرتبه اول و نیز توابع

احتمالاتی با نقاط حمایتی، می‌توان در مواقع بد وضعیت^۷ که تحت آن تعداد پارامترهای یک مدل بیش از تعداد مشاهدات آماری است یا وقتی که مشکلات عدم صحیح بودن علائم پارامترها وجود دارد و یا هنگامی که پارامترها ذاتاً غیرخطی هستند، پارامترهای توابع مختلف را به بهترین وجه برآورد کرد (شعبانزاده، ۱۳۹۶).

$$\begin{aligned} \text{Max } H_{(B_0, \dots, B_k)} = & -P_{B_{011}} \cdot \\ & \log(P_{B_{011}}) - \dots - P_{B_{01m}} \cdot \\ & \log P_{B_{01m}} \dots - P_{B_{111}} \cdot \\ & \log P_{B_{111}} - P_{B_{11m}} \cdot \log P_{B_{11m}} - \\ & \dots - P_{B_{k11}} \cdot \log(P_{B_{k11}}) - P_{B_{k1m}} \cdot \\ & \log(P_{B_{k1m}}) - \sum_{i=1}^n u_i^n \end{aligned} \quad (1)$$

که در آن:

Max H: تابع مقعر، نشانگر شکل کلی توزیع احتمالات مربوط به نقاط کمکی برای ضرایب؛ B: نشانگر پارامترها؛ m: بیانگر تعداد نقاط کمکی؛ P: نشانگر سطح احتمال؛ u: بیانگر پسماند.

داده‌های اولیه

داده‌های اولیه شامل نوع محصول زراعی (گندم، جو، کلزا، ذرت علوفه‌ای و یونجه)، سطح زیرکشت و عملکرد آن‌ها بود (جدول ۱). همچنین، نوع و مقدار نهاده‌های مورد استفاده برای تولید این محصولات زراعی، مانند بذر، کودها (نیتروژن، فسفر و پتاسیم)، مقدار کل سموم، میزان آب آبیاری، تعداد نیروی کار و نهایتاً ساعت کار ماشین‌های کشاورزی (جدول ۲)، در دوره تولید ۱۰ ساله اخیر (۹۹-۱۳۹۰) از بخش زراعت مجتمع کشت و صنعت خرمدره دریافت و مرتب شد.

6- Support Points
7- Ill-posed situation

3- Maximum Entropy: ME
4- Expected Value: EV
5- Shannon

1- Peykani Ordinary Least Squares: POLS
2- Nonlinear Goal Programming: NGP

جدول ۱- سطح زیر کشت و مقدار عملکرد محصولات زراعی در مجموعه کشت و صنعت خرمدره (۱۳۹۰-۹۹)

سال	گندم		جو		کلزا		ذرت علوفه‌ای		یونجه	
	سطح (ha)	عملکرد (kg/ha)	سطح (ha)	عملکرد (kg/ha)	سطح (ha)	عملکرد (kg/ha)	سطح (ha)	عملکرد (kg/ha)	سطح (ha)	عملکرد (kg/ha)
۱۳۹۰	۵۵	۷۶۵۰	۷۰	۶۸۷۰	۱۵	۳۱۳۰	۱۷۵	۷۶۵۵۰	۱۱۴	۱۴۵۰۰
۱۳۹۱	۴۰	۵۷۰۰	۵۲	۵۶۹۰	۲۰	۲۲۵۰	۱۰۵	۶۹۹۵۰	۱۱۴	۱۵۰۴۰
۱۳۹۲	۳۹	۸۷۰۰	۸۰	۷۲۰۰	۱۷	۳۱۲۰	۱۲۳	۷۲۸۹۰	۱۲۴	۱۴۵۹۰
۱۳۹۳	۴۸	۷۵۶۰	۶۵	۷۷۱۰	۸	۳۵۰۰	۱۱۴	۷۲۸۲۰	۱۱۰	۱۳۱۷۰
۱۳۹۴	۵۰	۷۶۴۰	۶۷	۷۷۳۰	۱۷	۳۵۶۰	۱۶۰	۷۵۱۸۰	۱۲۸	۱۲۰۳۰
۱۳۹۵	۵۰	۷۸۲۰	۶۷	۸۳۶۰	۲۵	۴۳۶۰	۱۲۰	۷۲۷۰۰	۱۲۹	۱۰۴۳۰
۱۳۹۶	۷۵	۸۳۶۰	۲۲	۷۹۵۰	۷۰	۲۳۷۰	۱۱۵	۸۰۳۱۰	۱۲۱	۱۸۰۰۰
۱۳۹۷	۷۴	۸۳۱۰	۸	۸۱۳۰	۱۰۵	۴۴۲۰	۱۰۰	۷۹۳۶۰	۱۲۱	۱۶۶۹۰
۱۳۹۸	۶۵	۸۳۰۰	۲۲	۸۱۲۰	۷۰	۳۹۴۰	۸۸	۸۵۸۰۰	۱۰۸	۱۸۰۳۰
۱۳۹۹	۱۰۰	۱۰۶۴۰	۴۸	۹۴۵۰	۲۵	۴۹۸۰	۷۵	۷۷۴۲۰	۱۰۸	۱۸۲۸۰

جدول ۲- متوسط مقدار نهاده‌های مصرفی برای تولید برخی محصولات زراعی در کشت و صنعت خرمدره

محصول	بذر kg/ha	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آب آبیاری m ³ /ha	نیروی کار n/ha	ساعت کار ماشین‌ها hrs./ha	سموم L/ha
گندم	۲۲۰	۲۸۱	۱۳۴/۵	۱۵۴	۷۰۱۶	۵	۶	۱
جو	۱۸۰	۱۸۴	۹۲	۹۲	۶۰۷۱	۵	۶	۰/۵
کلزا	۶/۵	۲۹۹	۱۵۶	۱۴۲/۵	۷۴۹۸	۵	۶/۵	۶/۵
ذرت	۳۰	۵۲۷	۱۰۳	۲۵۸	۷۴۷۹	۵	۷	۲
یونجه	۳۵	۵۲	۱۷۲	۱۳۳	۱۱۸۰۹	۵	۸	۲
مجموع	۱۳۴۲	۶۵۸	۷۷۹	۳۹۸۷۳	۲۵	۳۴	۱۲	

داده‌های ثانویه

به منظور تعیین بهترین ترکیب کشت در برنامه زراعی مجتمع کشت و صنعت خرمدره با استفاده از مدل برنامه‌ریزی پیکانی در نرم‌افزار لینگو، داده‌های ثانویه این بخش شامل مقادیر هزینه تولید، درآمد ناخالص و درآمد خالص مربوط به پنج محصول زراعی شامل گندم و جو (جدول ۳)، کلزا و ذرت علوفه‌ای (جدول ۴)، یونجه و مجموع این متغیرهای اقتصادی برای تمامی این محصولات (جدول ۵) بر اساس داده‌های اولیه سالانه مانند سطح زیرکشت، میزان عملکرد در واحد سطح و مقدار نهاده‌های

مصرفی، بر مبنای قیمت خرید و فروش هر واحد محصول در سال ۱۳۹۹ مورد محاسبه قرار گرفتند. با توجه به داده‌های ثانویه شامل هزینه تولید، درآمد ناخالص و خالص حاصل از سری زمانی ۱۰ ساله در مجتمع کشت و صنعت خرمدره، ترکیب کشت سال ۱۳۹۶ بیش‌ترین سود خالص را داشته است. با استفاده از این داده‌ها و به‌وسیله حداقل مربعات بسط یافته پیکانی، انواعی از فرم‌های تابع تولید برای هر یک از محصولات زراعی مورد برازش قرار گرفتند تا یک تابع تولید مناسب که رفتار واقعی این واحد تولیدی در این یک دهه اخیر را توضیح دهد، شناسایی و شبیه‌سازی شود.

جدول ۳- درآمد ناخالص، هزینه تولید و درآمد خالص محصول زراعی گندم و جو در کشت و صنعت خرمدره

سال	گندم			جو		
	درآمد ناخالص	هزینه تولید	درآمد خالص	درآمد ناخالص	هزینه تولید	درآمد خالص
	میلیون ریال			میلیون ریال		
۱۳۹۰	۱۶۸۳۰	۵۵۸۴/۱	۱۱۲۴۵/۹	۱۹۲۳۶	۶۳۷۵/۸	۱۲۸۶۰/۲
۱۳۹۱	۹۱۲۰	۳۷۷۲/۲	۵۳۴۷/۸	۱۱۸۳۵/۲	۴۸۹۶/۶	۶۹۳۸/۶
۱۳۹۲	۱۰۰۹۲	۳۰۶۱/۱۴	۷۰۳۰/۹	۲۳۰۴۰	۷۱۸۸/۸	۱۵۸۵۱/۲
۱۳۹۳	۱۴۵۱۵/۲	۴۸۷۳/۴	۹۶۴۱/۸	۲۰۰۴۶	۵۷۶۹/۹	۱۴۲۷۶/۱
۱۳۹۴	۱۵۲۸۰	۵۰۷۶/۵	۱۰۲۰۳/۶	۲۰۷۱۶/۴	۵۹۴۷۰/۵	۱۴۷۶۸/۹
۱۳۹۵	۱۵۶۴۰	۵۱۵۵	۱۰۴۸۵	۲۲۴۰۴/۸	۶۰۲۰/۷	۱۶۳۸۴/۱
۱۳۹۶	۲۵۰۸۰	۷۸۹۱/۵	۱۷۱۸۸/۵	۶۹۹۶	۱۹۵۳	۵۰۴۳۰
۱۳۹۷	۲۴۵۹۷/۶	۷۷۸۶/۳	۱۶۸۱۱/۳	۲۶۰۱/۶	۷۱۸/۴	۱۸۸۳/۲
۱۳۹۸	۲۱۵۸۰	۶۸۳۹/۳	۱۴۷۴۰/۷	۷۱۴۵/۶	۱۹۷۵/۵	۵۱۷۰/۱
۱۳۹۹	۴۲۵۶۰	۱۱۵۳۲/۷	۳۱۰۲۷/۳	۱۸۱۴۴	۴۴۱۸/۲	۱۳۷۲۵/۸

جدول ۴- درآمد ناخالص، هزینه تولید و درآمد خالص محصول زراعی کلزا و ذرت علوفه‌ای در کشت و صنعت خرمدره

کلزا			ذرت علوفه‌ای		
سال	درآمد ناخالص	هزینه تولید	درآمد خالص	درآمد ناخالص	هزینه تولید
	میلیون ریال		میلیون ریال		
۱۳۹۰	۳۶۶۲/۱	۱۶۹۶/۴	۱۹۶۵/۷	۱۳۳۹۶۲/۵	۵۵۷۴۴/۵
۱۳۹۱	۳۵۱۰	۲۱۴۳/۷	۱۳۶۶/۳	۷۳۴۴۷/۵	۳۳۳۳۴/۹
۱۳۹۲	۴۱۳۷/۱	۱۹۳۳/۴	۲۲۰۴/۷	۸۹۶۵۴/۷	۳۹۱۶۴
۱۳۹۳	۲۱۸۴	۹۲۸	۱۲۵۶	۸۳۰۱۴/۸	۳۶۰۱۳/۷
۱۳۹۴	۴۷۲۰/۶	۱۹۹۳	۲۷۲۷/۶	۱۲۰۲۸۸	۵۰۶۱۲/۵
۱۳۹۵	۸۵۰۲	۳۱۲۹/۶	۵۳۷۲/۴	۸۷۲۴۰	۳۷۹۷۵/۳
۱۳۹۶	۱۲۹۴۰/۲	۷۴۱۰/۴	۵۵۲۹/۸	۹۲۳۵۶/۵	۳۶۶۹۱/۷
۱۳۹۷	۳۶۱۹۹/۸	۱۳۰۱۲/۷	۲۳۱۸۷/۱	۷۹۳۶۰	۳۱۶۶۰/۹
۱۳۹۸	۲۱۵۱۲/۴	۸۳۶۶/۵	۱۳۱۴۵/۹	۷۵۵۰۴	۲۸۰۶۰/۴
۱۳۹۹	۹۷۱۱	۳۲۱۰/۲	۶۵۰۰/۸	۵۸۰۶۵	۲۳۶۰۹/۷

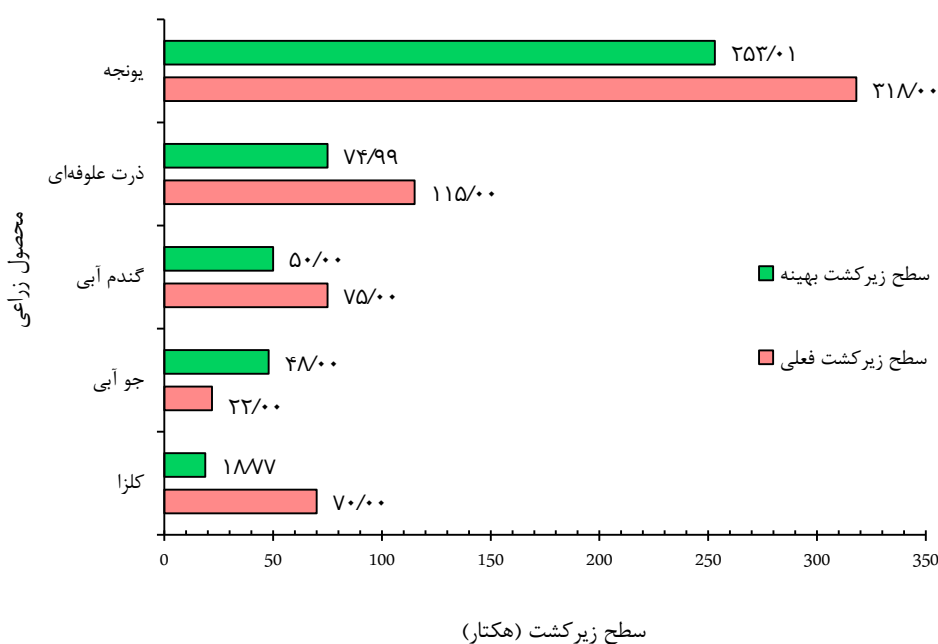
جدول ۵- درآمد ناخالص، هزینه تولید و درآمد خالص محصول زراعی یونجه و همه محصولات در کشت و صنعت خرمدره

یونجه			همه محصولات		
سال	درآمد ناخالص	هزینه تولید	درآمد خالص	درآمد ناخالص	هزینه تولید
	میلیون ریال			میلیون ریال	
۱۳۹۰	۱۶۶۵۹۰/۸	۷۵۹۵۶/۱	۹۰۶۳۴/۷	۳۴۰۲۸۱/۴	۱۴۵۳۵۶/۸
۱۳۹۱	۲۱۶۷۵۸/۹	۱۰۲۰۷۴/۳	۱۱۴۶۸۴/۶	۳۱۴۶۷۱/۶	۱۴۶۲۲۱/۶
۱۳۹۲	۲۰۹۵۳۶/۵	۹۳۵۴۵/۹	۱۱۵۹۹۰/۶	۳۳۶۴۶۰/۳	۱۴۴۸۹۲/۲
۱۳۹۳	۱۷۴۵۳۲/۱	۹۷۲۷۷/۱	۷۷۲۵۵	۲۹۴۲۹۲/۱	۱۴۴۸۶۲/۱
۱۳۹۴	۱۵۱۸۷۳/۹	۸۱۵۵۲/۸	۷۰۳۳۱/۱	۳۱۲۸۷۸/۹	۱۴۵۱۸۲/۲
۱۳۹۵	۱۵۰۱۳۲/۸	۹۰۰۸۱/۲	۶۰۰۵۱/۶	۲۸۳۹۱۹/۶	۱۴۲۳۶۱/۷
۱۳۹۶	۲۲۸۵۵۹/۳	۸۴۷۵۱	۱۴۳۸۰۸/۳	۳۶۵۹۳۲	۱۳۸۶۹۷/۵
۱۳۹۷	۲۰۸۶۴۵/۸	۸۳۴۱۸/۴	۱۲۵۲۲۷/۴	۳۵۱۴۰۴/۸	۱۳۶۵۹۶/۷
۱۳۹۸	۲۲۸۰۹۱/۱	۹۴۶۱۱/۹	۱۳۳۴۷۹/۱	۳۵۳۸۳۳/۱	۱۳۹۸۵۳/۶
۱۳۹۹	۲۲۹۲۹۹/۸	۹۳۸۱۲/۴	۱۳۵۴۸۷/۴	۳۵۷۷۷۹/۸	۱۳۶۵۸۳/۲

نتایج و بحث

با توجه به مجموع درآمد خالص سالانه در بخش زراعی کشت و صنعت خرمدره به‌ویژه در چهار سال آخر مورد بررسی (۱۳۹۶-۹۹) نسبت به پنج سال اول (۱۳۹۰-۹۵) می‌توان اظهار داشت که در سال‌های اخیر سودآوری در این واحد تولیدی، به میزان ۲۹/۸۱ درصد افزایش یافته است (جدول ۵). طبق نتایج مدل برنامه‌ریزی پیکانی، در الگوی بهینه نسبت به الگوی فعلی (مشاهده‌شده) سطح زیر کشت محصول جو (۱۱۸/۱۸+ درصد) افزایش و محصولات گندم (۳۳/۳۳- درصد)، کلزا (۷۳/۱۹- درصد)، ذرت علوفه‌ای (۳۴/۷۹- درصد) و یونجه (۲۰/۴۴- درصد) کاهش یافت (شکل ۱). در واقع، جو تنها محصولی بود که با افزایش در سطح زیر کشت مواجه شد و این در حالی

بود که مدل بیش‌ترین کاهش در سطح زیر کشت را به کلزا اختصاص داده بود. در رابطه با محصول جو بر خلاف کلزا، این‌طور به نظر می‌رسد که علاوه‌بر توقع کم نسبت به مصرف نهاده‌های تولید، داشتن قیمت فروش مناسب به ازای هر واحد آن و در نهایت درآمد خالص زیاد یکی از دلایل واکنش مثبت مدل به افزایش سطح زیر کشت این محصول بوده است؛ به عبارت دیگر، رابطه میزان تخصیص نهاده و میزان سودآوری در گیاه مانند رابطه میزان تخصیص نهاده و رشد گیاه است که به‌طور واضح از قانون بازده نزولی می‌چرخ^۱ پیروی می‌کند. از نقطه نظر اقتصادی، افزایش قیمت کود، همراه با استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی، به افزایش هزینه‌های نهاده و در نتیجه، منجر به تولید محصول با سودآوری کم‌تر شده است (داکال و لانگ، ۲۰۲۱).



شکل ۱- سطح زیر کشت محصولات در برنامه زراعی بهینه‌سازی شده و برنامه کشت فعلی (مشاهده‌شده)

از طرف دیگر، در برنامه کشت بهینه‌سازی شده این واحد تولیدی (جدول ۶)، به‌رغم ثبات نسبی درآمد خالص (۰/۰۹+ درصد)، کل سطح زیر کشت بخش زراعی (۲۵/۸۷- درصد)، مصرف آب (۲۵/۳۲- درصد)، ساعت

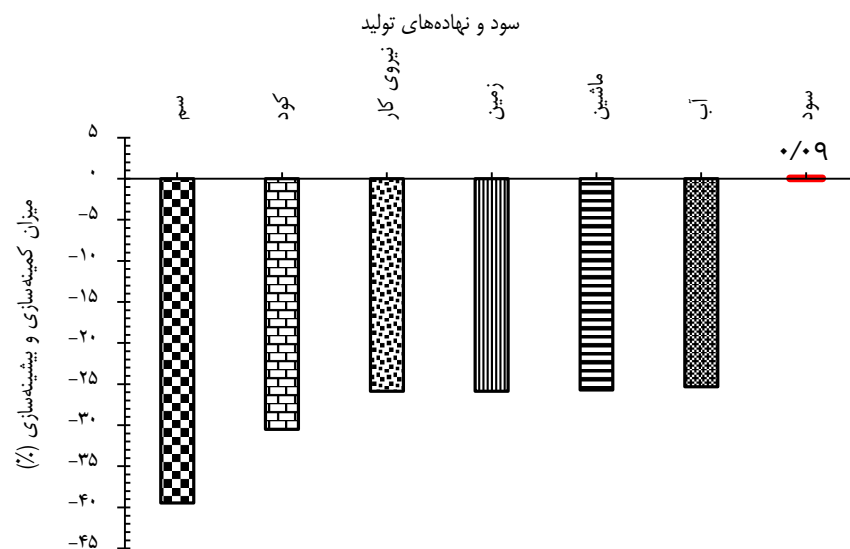
کار ماشین‌ها (۲۵/۷۰- درصد)، نیروی کار (۲۵/۸۷- درصد)، کودها (۳۰/۵۰- درصد) و سموم کشاورزی (۳۹/۴۵- درصد) نسبت به برنامه کشت فعلی کاهش نشان داد (شکل ۲). نتایج بیانگر این است که در زراعت گیاه

(شرفی‌پور و احمدوند، ۱۳۹۷) منجر به کاهش سود خالص در زراعت کلزا نسبت به گیاهان رقیب می‌شوند. در نتیجه بهینه‌سازی به‌وسیله مدل ریاضی توسعه‌یافته توسط پیکانی، هیچ یک از محصولات زراعی از برنامه کشت فعلی حذف نشدند. به همین دلیل، می‌توان گفت که پیش‌بینی‌های این مدل واقع‌بینانه بوده است.

کلزا، سود خالص پایین باعث افت سطح زیر کشت این محصول راهبردی در برنامه بهینه شده است. به‌طور کلی، دلایلی مانند عملکرد پایین (رهبان و همکاران، ۱۴۰۰؛ عاقل و ذوقی، ۱۳۸۸)، مقادیر مصرف آب (سپهوند، ۱۳۸۸)، کود (میرکریمی و همکاران، ۱۳۹۳) و سموم (محسنی و همکاران، ۱۳۸۸) بیش‌تر، مشکلات برداشت (تقی‌نژاد و مستوفی سرکاری، ۱۳۹۲) و در نهایت، هزینه تولید بالا

جدول ۷- میزان مصرف نهاده‌ها در برنامه کشت موجود (فعلی) و برنامه کشت بهینه

محصول	سطح زیر کشت (ha)		مصرف آب (m ³)		مصرف کود (kg)		مصرف سم (L)		نیروی کار (n)		کار ماشین (hrs.)	
	بهینه	موجود	بهینه	موجود	بهینه	موجود	بهینه	موجود	بهینه	موجود	بهینه	موجود
کلزا	۱۸/۸	۷۰	۱۴۰۷۴۳/۷	۵۲۴۸۸۳/۳	۱۱۲۱۵/۰	۴۱۸۲۵	۱۲۲	۴۵۵	۹۳/۸۵	۳۵۰	۱۲۲/۰	۴۵۵
جو	۴۸	۲۲	۲۹۱۴۲۸/۸	۱۳۳۵۷۱/۴	۱۷۶۴۲/۰	۸۰۸۶	۲۴	۱۱	۲۴۰	۱۱۰	۲۸۸/۰	۱۳۲
گندم	۵۰	۷۵	۳۵۰۷۷۵/۰	۵۲۶۱۶۲/۵	۲۸۴۵۰/۰	۴۲۶۷۵	۵۰	۷۵	۲۵۰	۳۷۵	۳۰۰/۰	۴۵۰
ذرت	۷۵	۱۱۵	۵۶۰۸۳۶/۷	۸۶۰۰۶۴/۲	۶۶۵۹۱/۱	۱۰۲۱۲۰	۱۵۰	۲۳۰	۳۷۴/۹۵	۵۷۵	۵۲۴/۹	۸۰۵
یونجه	۲۵۳	۳۱۸	۲۹۸۱۷۷۶۱/۴	۳۷۵۵۲۱۹/۶	۹۰۳۳۴/۶	۱۱۳۵۲۶	۵۰۶	۶۳۶	۱۲۶۵	۱۵۹۰	۲۰۲۴/۱	۲۵۴۴
مجموع	۴۴۴٫۸	۶۰۰	۴۳۳۱۵۴۵/۳	۵۷۹۹۹۰۱/۱	۲۱۴۲۲۲/۷	۳۰۸۲۳۱/۹	۸۵۲	۱۴۰۷	۲۲۲۳/۹	۳۰۰۰	۳۲۵۹/۰	۴۳۸۶



شکل ۲- وضعیت نهاده‌ها و ستاده در برنامه کشت زراعی بهینه‌سازی شده

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج حاصل از برنامه‌ریزی به‌وسیله مدل حداقل مربعات معمولی بسط یافته توسط پیکانی، نشان داد که بدون حذف محصولی خاص از برنامه کشت زراعی نیز امکان برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی برای تخصیص سطح زیر کشت برای همه گزینه‌ها وجود دارد؛ به عبارت دیگر، پیش‌بینی‌های این مدل واقع‌بینانه به نظر می‌رسد. با این وجود، اساس اولویت‌بندی محصول و تخصیص سطح زیر کشت همچنان وابسته به سودآوری است. در واقع، مدل با در نظر گرفتن سود خالص سالانه در یک دوره معین، بهترین ترکیب کشت زراعی را برای این واحد تولیدی انتخاب کرده است.

ارزیابی کارایی برنامه زراعی و تولیدی در مجتمع‌های کشت و صنعت سراسر کشور یک ضرورت

ملی محسوب می‌شود؛ زیرا با برنامه‌ریزی کشت مبتنی بر نیازها و واقعیت‌های بازار توسط محققان عرصه کشاورزی، کار سیاست‌گذاری در راستای تضمین امنیت غذایی جامعه تسهیل می‌یابد.

به‌طور کلی، پیشنهاد می‌شود که در اصلاح و بازطراحی الگوهای کشت رایج در کشور، محصولاتی با بهره‌وری بالا و کم‌توقع مانند جو، سورگوم، ارزن علوفه‌ای و چغندر علوفه‌ای نیز در نظر گرفته شوند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله، از تمامی کارکنان مجتمع کشت و صنعت خرمدره بابت همکاری آن‌ها در ارائه داده‌ها و اطلاعات در اجرای این پژوهش تشکر می‌نمایند.

فهرست منابع

۱. تقی نژاد، ج.، و مستوفی سرکاری، م.ر. (۱۳۹۲). ارزیابی فنی و اقتصادی تلفات واحد برش کمباین در مراحل مختلف رسیدگی با سه دماغه متداول کلزا. ماشین آلات کشاورزی، ۳(۲): ۱۵۴-۱۶۲.
۲. رهبان س.، ترابی، ب.، سلطانی، ا.، و زینلی، ا. (۱۴۰۱). تعیین خلأ عملکرد و پتانسیل افزایش تولید کلزای آبی در ایران. به زراعی کشاورزی، ۲۴(۲): ۳۹۳-۴۰۶.
۳. سپهوند، م. (۱۳۸۸). مقایسه نیاز آبی، بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی آن در گندم و کلزا در غرب کشور در سال‌های پر باران. پژوهش آب ایران، ۳(۱): ۶۳-۶۸.
۴. شرفی‌پور، ل.، احمدوند، م. (۱۳۹۷). واکاوی بازدارنده‌های توسعه کشت کلزا (*Brassica napus*) در شهرستان آروئیه. پژوهش‌های ترویج و آموزش کشاورزی، ۱۱(۴): ۴۷-۵۸.
۵. شعبان‌زاده، م. (۱۳۹۶). تدوین الگوی کشت ترکیب بهینه ابزارهای سیاستی آب‌اندوز در زیربخش زراعت استان قزوین. رساله دکتری. دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی دانشگاه تهران، ایران.
۶. عاقل، ح.، و ذوقی، م. (۱۳۸۸). بررسی مهمترین موانع و مشکلات توسعه کشت کلزا در خراسان. پژوهش‌های زراعی ایران، ۷(۲): ۵۰۵-۵۱۴.
۷. علی‌بیگی، ج. (۱۳۹۷). بررسی نظام حقوقی بهره‌برداری جوامع روستایی و عشایری از منابع طبیعی در ایران. انسان و محیط زیست، ۱۶(۱): ۷۵-۹۳.
۸. فلاحی، ا.، و قلی نژاد، س. (۱۳۹۵). الگوی بهینه‌ی کشت مبتنی بر معیارهای چندگانه‌ی اقتصادی، منطقه‌ای و پایداری کشاورزی در شهرستان ساری؛ کاربرد الگوی تلفیقی AHP و برنامه‌ریزی خطی. اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۳۰(۱): ۳۷-۴۹.

۹. گروه تحقیقات حقوق عمومی. (۱۳۸۷). نظام حقوقی مالکیت زمین در سایر کشورها و ارتباط آن با پدیده زمین‌خواری. اطلاعات حقوقی، ۶(۱۵): ۴۱-۶۷.
۱۰. محسنی، ا. و زیبایی، م. (۱۳۸۸). تحلیل پیامدهای افزایش سطح زیر کشت کلزا در دشت نمدان استان فارس: کاربرد مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت. مجله علوم آب و خاک. ۱۳(۴۷): ۷۷۳-۷۸۴.
۱۱. میرکریمی، ش.، جولایی، ر.، اشراقی، ف.، و شیرانی بیدآبادی، ف. (۱۳۹۵). مدیریت الگوی کشت محصولات زراعی با تأکید بر ملاحظات زیست محیطی (مطالعه موردی شهرستان آمل). فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۸(ویژه‌نامه شماره ۲): ۲۵۳-۲۶۳.
12. Barati, K., Abedi Koupai, J., Darvishi, E., Arzani, A., & Yousefi, A. (2020). Crop pattern optimization using system dynamics approach and multi-objective mathematical programming. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 22(5), 1397-1412.
13. Central Organization for Rural Cooperatives of Iran. (2018). *Agro-industries: Introduction of private agro-industry companies*. Retrieved January 7, 2022, from <https://old.corc.ir/page-main/fa/0/form/pId1074>.
14. Chen, Y., Zhou, Y., Fang, S., Li, M., Wang, Y., & Cao, K. (2022). Crop pattern optimization for the coordination between economy and environment considering hydrological uncertainty. *Science of The Total Environment*, 809, 151152.
15. Dhakal, C., & Lange, K. (2021). Crop yield response functions in nutrient application: A review. *Agronomy Journal*, 113(6), 5222-5234.
16. Femeena, P. V., Sudheer, K. P., Cebin, R., & Chaubey, I. (2018). Spatial optimization of cropping pattern for sustainable food and biofuel production with minimal downstream pollution. *Journal of environmental management*, 212, 198-209.
17. Food and Agriculture Organization. (2020). *Cropping Pattern: FAO in the Islamic Republic of Iran*. Retrieved December 12, 2020, from <http://www.fao.org/iran/news/detail-events/en/c/1279479/>
18. Galán-Martín, Á., Pozo, C., Guillén-Gosálbez, G., Vallejo, A. A., & Esteller, L. J. (2015). Multi-stage linear programming model for optimizing cropping plan decisions under the new Common Agricultural Policy. *Land use policy*, 48, 515-524.
19. Herani, G. M. (2008). *Agro-based industry of Tharparkar and barrage area of Sindh: Solutions and suggested policy*. Retrieved January 7, 2022, from <https://mpira.ub.uni-muenchen.de/12137>.
20. Liu, Q., Niu, J., Wood, J. D., & Kang, S. (2022). Spatial optimization of cropping pattern in the upper-middle reaches of the Heihe River basin, Northwest China. *Agricultural Water Management*, 264, 107479.
21. Marzban, Z., Asgharipour, M. R., Ghanbari, A., Ramroudi, M., & Seyedabadi, E. (2021). Evaluation of environmental consequences affecting human health in the current and optimal cropping patterns in the eastern Lorestan Province, Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(5), 6146-6161.
22. Mirkarimi, S. H., Joolaie, R., Eshraghi, F., & Abadi, F. S. B. (2013). Application of fuzzy goal programming in cropping pattern management of selected crops in Mazandaran province (case study Amol Township). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 6(15), 1062.
23. Mortazavi, S., Hezareh, R., Ahmadi Kaliji, S., Shayan Mehr, S. (2014). Application of Linear and Non-linear Programming Model to Assess the Sustainability of Water

- Resources in Agricultural Patterns. *International Journal of Agricultural Management and Development*, 4(1), 27-32.
24. Najafabadi, M. M., Ziaee, S., Nikouei, A., & Borazjani, M. A. (2019). Mathematical programming model (MMP) for optimization of regional cropping patterns decisions: A case study. *Agricultural Systems*, 173, 218-232.
25. Nicholson, C. F., Stephens, E. C., Kopainsky, B., Jones, A. D., Parsons, D., & Garrett, J. (2021). Food security outcomes in agricultural systems models: Current status and recommended improvements. *Agricultural Systems*, 188(103028), 1-28.
26. Osama, S., Elkholy, M., & Kansoh, R. M. (2017). Optimization of the cropping pattern in Egypt. *Alexandria Engineering Journal*, 56(4), 557-566.
27. Rath, A., Biswal, S., Samantaray, S., & Swain, P. C. (2017, August). Derivation of optimal cropping pattern in part of Hirakud command using Cuckoo search. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 225, No. 1, p. 012068). IOP Publishing.
28. Wilkinson, J., & Rocha, R. (2009). Agro-industry trends, patterns and development impacts. *Agroindustries for Development*, Wallingford, UK: CABI for FAO and UNIDO, 46-91.

بررسی سهم منابع رسوب در حوزه آبخیز بهشت آباد با استفاده از ردیاب‌های طبیعی خاک

آزیتا غیبی پور، نسرین قرهی^{۱*}، رفعت زارع بیدکی و رسول زمانی احمد محمودی

دانش آموخته کارشناس ارشد حفاظت آب و خاک، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

azita.gh1371@gmail.com

استادیار گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. na_gharahi@yahoo.co.uk

استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

دانشیار گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

دریافت: تیر ۱۴۰۱ و پذیرش: بهمن ۱۴۰۱

چکیده

روش منشأیابی به منظور تعیین سهم واحدهای اراضی در تولید رسوب استفاده می‌شود. در روش‌های رایج با استفاده از ترکیب مناسب خصوصیات جداکننده منابع رسوب، سهم منابع رسوب در تولید رسوب تعیین می‌شود. هدف از مطالعه حاضر تعیین سهم نسبی رسوب‌دهی هر یک از کاربری‌های مختلف در بخشی از حوزه آبخیز بهشت آباد با مساحت ۳۰۸ کیلومتر مربع از طریق روش انگشت‌نگاری رسوبات است. به این منظور ۳۶ نمونه خاک از عمق ۰-۵ سانتی‌متر کاربری‌های مختلف و ۱۰ نمونه از رسوب معلق خروجی حوضه برداشت شد. در همه نمونه‌ها، ردیاب‌های اولیه شامل آهن، مس، منیزیم، سدیم، کلسیم، پتاسیم، آهک، کربن آلی، نیتروژن و فسفر اندازه‌گیری شد. سپس، با استفاده از آنالیز آماری و تجزیه تابع تشخیص، ترکیب بهینه‌ای از ردیاب‌ها برای هر کاربری با استفاده از توابع تحلیل تشخیص به دست آمد. سرانجام در مرحله بعدی، سهم هر کاربری در تولید رسوب با استفاده از مدل ترکیبی چند متغیره تعیین گردید. سهم نسبی هر یک از کاربری‌های کشت آبی، مرتع، کشت دیم و مسکونی به ترتیب برابر با ۶۷/۸۸، ۷/۶۳، ۱۹/۴۰، ۵/۱۰ درصد برآورد شد. با توجه به اینکه که در منطقه مورد مطالعه، سهم اراضی کشت آبی در تولید رسوب معلق در مقایسه با سایر کاربری‌ها زیاد است، باید توجه ویژه به نحوه عملیات کشاورزی داشت تا از تولید رسوب جلوگیری شود.

واژه‌های کلیدی: انگشت‌نگاری، مدل ترکیبی چند متغیره، کاربری اراضی، فرسایش خاک، منبع رسوب

^۱ - آدرس ایمیل نویسنده مسئول: na_gharahi@yahoo.co.uk

مقدمه

تغییرات شدید محیط‌زیستی و روند افزایشی ناپایداری زیست‌بوم‌ها در چند دهه‌ی اخیر نشان‌دهنده‌ی مدیریت‌های نادرست منابع طبیعی یک کشور است (بودرو و همکاران، ۲۰۱۹). طبق گزارش‌های اخیر (عرب خدری، ۱۴۰۰؛ اسدی، ۱۴۰۱)، وضعیت فرسایش آبی ایران با توجه به وضعیت منابع خاک کشور و میزان خاکسازي، بحرانی است. اگرچه با اطمینان نمی‌توان رقمی دقیق برای کل فرسایش آبی کشور گفت، با در نظر گرفتن برآوردهای مختلف از یک سو و قیاس کیفی وضعیت ایران در نقشه‌های جهانی فرسایش، تولید رسوب ایران، مقداری حدود یک میلیارد تن در سال است. دلیل یک میلیارد تن فرسایش سالانه با میانگین حدود ۶۰۰ تن در کیلومتر مربع در سال را می‌توان به تغییر ناآگاهانه و غیر علمی کاربری اراضی مرتعی و جنگلی و استفاده از سیستم خاک‌ورزی بدون شناخت کافی از محیط خاک، طی سالیان پی‌درپی نسبت داد (عرب خدری، ۱۴۰۰). در سطح جهانی نیز، به علت نرخ بالای رشد جمعیت و در نتیجه استفاده بی‌رویه بشر از منابع طبیعی و فشار بر زمین‌های حساس به فرسایش، تهدیدی جدی برای پایداری مدیریت اراضی و بهره‌برداری به شمار می‌رود (محمدی رایگان و همکاران، ۲۰۱۹).

مشکلات ناشی از فرسایش بالای خاک نه تنها موجب کاهش عمق و میزان مواد آلی خاک، تخلیه مواد مورد نیاز و در دسترس گیاه را به همراه دارد، بلکه موجب خساراتی نظیر رسوب‌گذاری در مزارع، دشت‌های سیلابی و مجموعه‌های آبی می‌شود که در نتیجه باعث افزایش بار رسوبی که موجب مشکلات درون و برون منطقه‌ای در رابطه با حوزه‌های آبخیز می‌گردد (نصرتی و جلالی، ۱۳۹۶). رسوبات افزون بر اثرات مخربی که بر محیط‌های رودخانه‌ای می‌گذارد، سبب کاهش کیفیت آب، کاهش ظرفیت مخازن در نتیجه تولید و انباشته شدن رسوب که سبب تغییر شکل کانال‌ها و گرفتگی مسیر رودخانه، شکوفایی جلبکی منابع آب که باعث کاهش نفوذ نور به لایه‌های عمقی آب که نتایج زیان باری چون کاهش انتقال

مواد مغذی مورد نیاز جانداران که سبب نرسیدن اکسیژن و در نتیجه خفگی جانداران و کاهش تولید اولیه را موجب می‌شود (چن و فنگ، ۲۰۱۶). برای رفع این مشکلات، آگاهی از ماهیت و اهمیت نسبی و منشأ منابع اصلی رسوبات ضروری است.

روش‌های گوناگون تعیین سهم منابع مختلف رسوب به دو روش کلی مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌شوند، روش غیرمستقیم مبنی بر فنونی است که جابجایی خاک را اندازه‌گیری یا ارزیابی می‌کنند. روش مستقیم از جمله روش انگشت‌نگاری رسوب است. در این روش، به نحوی منابع رسوب و شار رسوبات را به هم مربوط می‌کنند که نیاز به اطلاعات تکمیلی در مورد نرخ تحویل رسوب ندارند (جمشیدی زنجان و سعیدی، ۱۳۹۲). انگشت‌نگاری رسوب یا منشأیابی رسوب عبارت از بررسی چندین منبع بالقوه رسوب جهت افزایش تشخیص بین منابع و اجتناب از منبع رسوب غیر واقعی است (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۷). در واقع انگشت‌نگاری رسوبات به منزله ابزاری برای شناسایی و ارزیابی منبع رسوبات درون یک حوزه آبخیز است. روش منشأیابی منبع رسوب، روشی مؤثر برای اثبات اهمیت نسبی منابع رسوب بالقوه است. در روش انگشت‌نگاری از مشخصات فیزیکی و شیمیایی طبیعی رسوبات، برای مثال، رنگ، ژئوشیمیایی و رادیونوکلیدهای پرتوزا (کولینز و والینگ، ۲۰۰۷)، به منظور ردگیری رسوبات تا منابع اصلی‌شان استفاده می‌کند. در ایران نیز پژوهش‌هایی در زمینه روش منشأیابی منبع رسوب هر چند اندک در سال‌های اخیر انجام شده است که از آن جمله می‌توان به فیض‌نیا و همکاران (۱۳۹۲)، نجفی و صادقی (۱۳۹۳) و حبیبی و همکاران (۱۳۹۷) اشاره کرد. فیض‌نیا و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی منابع رسوب سه زیر حوزه عمروان، عطاری و علی‌آباد که زیر حوزه آبخیز چاشت خوران در استان سمنان است، پرداختند. در این مطالعه پس از جدا کردن ذرات زیر ۶۰ میکرون و اندازه‌گیری ۱۵ خصوصیت منشأ یاب‌ها ابتدا از روش‌های آماری مقایسه میانگین‌ها و تحلیل تشخیص برای تعیین

بهشت‌آباد، استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از ردیاب‌های ژئوشیمیایی و مدل ترکیبی منشأیابی رسوب است.

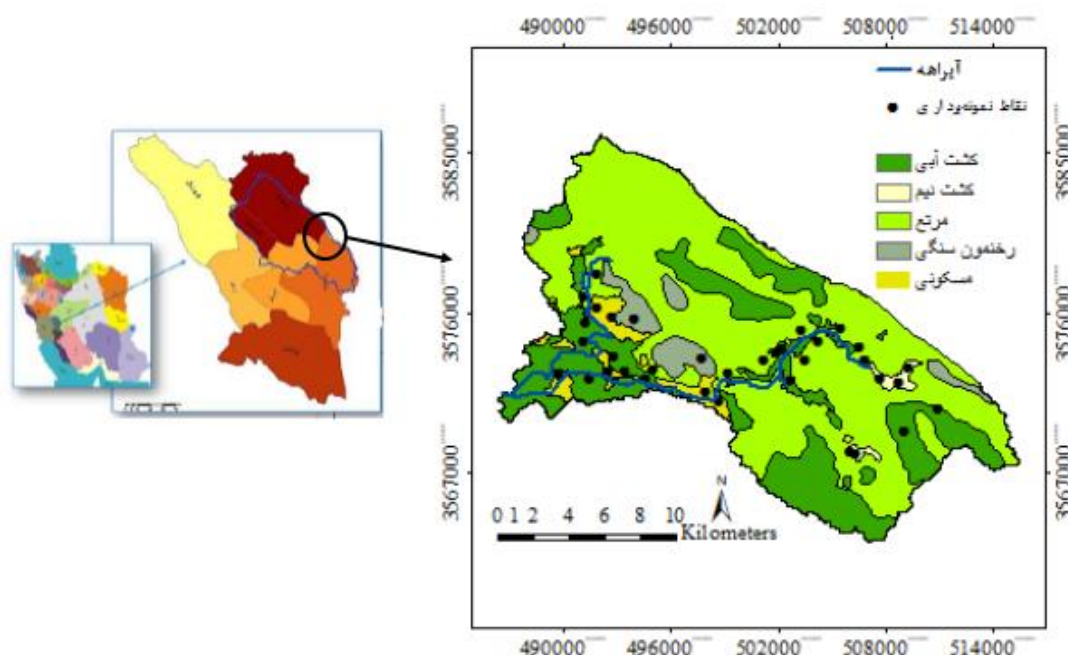
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از حوضه بهشت‌آباد است که از لحاظ شرایط آب و هوایی و اقلیم جز مناطق مرتفع سردسیر کوهستانی است. در طبقه‌بندی آمبرژه دارای اقلیم نیمه مرطوب و سرد است. بیش‌ترین میزان بارش مربوط به ماه‌های آذر و دی و کم‌ترین میزان بارش‌ها مربوط به تابستان و به کمتر از یک میلی‌متر نیز رسیده است. متوسط بارش درازمدت سالانه در این حوضه ۴۱۹ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه معادل ۱۱/۳۸ درجه سلسیوس است (اداره کل هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری، ۱۳۹۹). حوضه مورد مطالعه با جهت شیب جنوبی و غربی و با شیب متوسط ۲۱/۷ درصد در ارتفاع متوسط ۲۴۲۲ متر از سطح دریا واقع است. فرسایش غالب در منطقه فرسایش سطحی و شیاری است. منطقه مورد مطالعه بخشی از حوضه بهشت‌آباد با مساحت ۳۰۸ کیلومتر مربع است و قسمت شرقی این حوزه آبخیز را تشکیل می‌دهد (شکل ۱). کاربری اراضی در این حوضه در حدود ۷۶ درصد مرتع، ۱۲/۳ درصد کشت آبی، ۱/۷ درصد کشت دیم، چهار درصد مسکونی، پنج درصد رخنمون سنگی و حدود یک درصد باقی مانده هم به‌صورت بیشه‌زار و بوته‌زار است که به تفکیک کاربری‌ها در جدول ۱ بیان شده است. کشت غالب حوزه گندم و جو آبی و دیم و یونجه است. پانزده تیپ گیاهی در سراسر حوزه بهشت‌آباد گسترش دارد و گون به‌عنوان گونه غالب مراتع طبیعی پراکنش دارد.

خصوصیاتی که منابع رسوب را از هم تفکیک می‌کند، استفاده کردند. نتایج نشان داد سازند قرمز بالایی در حوزه‌های عمروان، عطاری و علی‌آباد به ترتیب بالاترین سهم را در تولید رسوب داشته است. نجفی و صادقی (۱۳۹۳) در پژوهشی به ارزیابی تطبیقی نتایج حاصل از روش‌های مبتنی بر انگشت‌نگاری رسوب، سیمای فرسایش خاک و اندازه‌گیری مستقیم منابع رسوب پرداختند. طبق نتایج حاصل به‌روش انگشت‌نگاری، واحد سنگ‌شناسی مارن بیش‌ترین سهم رسوب را با ۸۵ درصد به خود اختصاص داد. حبیبی و همکاران (۱۳۹۷) به منشأیابی رسوبات ته‌نشین شده در مخزن سد با استفاده از روش انگشت‌نگاری در حوزه آبخیز سد لاور فین در استان هرمزگان پرداختند. هدف از این تحقیق برآورد درصد سهم سه زیر حوزه در رسوبات ته‌نشین شده در مخزن سد لاور فین با استفاده از مدل ترکیبی چند متغیره و عناصر ردیاب بود. همچنین مطالعات دیگر بر روش منشأیابی منبع رسوب توسط حکیم خانی و همکاران (۱۳۸۶)، نصرتی و همکاران (۱۳۹۴)، نظری سامانی و همکاران (۲۰۱۱) و عرب خدری (۱۴۰۰) انجام شده است.

برای اولویت‌بندی فعالیت‌های حفاظت خاک و کنترل رسوب، آگاهی از سهم منابع رسوب اهمیت به سزایی دارد. همچنین از آنجایی که منشأیابی رسوب به‌عنوان روشی مناسب برای تعیین سهم منابع رسوب در دنیا شناخته شده است، در این مطالعه با توجه به اهمیت نقش کاربری‌ها در تولید رسوب، با انتخاب ترکیب مناسبی از ردیاب‌ها و بررسی کارایی روش منشأیابی، نقش و اهمیت انواع کاربری‌های حوزه بهشت‌آباد واقع در استان چهارمحال و بختیاری در تولید رسوب تعیین شده است. در واقع، هدف نهایی از این پژوهش تعیین سهم نسبی کاربری‌های مختلف در تولید رسوب معلق حوزه آبخیز



شکل ۱- نقشه کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- مساحت منطقه مورد مطالعه، درصد مساحت و شیب هر کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه

مساحت (%)	کشت آبی	مرتج	کشت دیم	مسکونی	رخمون سنگی
شیب %	۱۲/۳	۱۸-۱۵	۹/۷	۹۰	۳۰-۲۰
	۵/۶	۷۶/۴	۴	۵/۶	

جمع‌آوری و آماده‌سازی نمونه‌ها

نمونه‌برداری از خاک در ۳۶ مکان از عمق ۵-۰ سانتی‌متر از کاربری‌های کشت آبی، مرتج، کشت دیم و مسکونی در کل حوضه در آبان ماه ۱۳۹۹ برداشت شد (شکل ۱). در مناطق مسکونی نمونه‌ها از حاشیه جاده برداشت شد. به این منظور که نمونه‌های برداشت شده معرف کاملی از منطقه باشند، در هر یک از نقاط نمونه‌برداری مورد نظر، در یک شعاع ۲۰ متری، چند نمونه خاک از چهار سوی نقطه اولیه برداشت شده و پس از مخلوط کردن آن‌ها یک نمونه مخلوط خاک (یک کیلوگرم) به عنوان نماینده منطقه برداشت شد. در کل ۱۰ نمونه خاک از کاربری کشت آبی، ۱۵ نمونه خاک از کاربری مرتج، پنج نمونه خاک از کاربری دیم و شش نمونه خاک از کاربری شهری برداشت شد. پس از خشک کردن خاک در هوای آزاد و کوبیدن آن‌ها، نمونه‌ها از الک دو میلی‌متر و سپس از

الک ۶۳ میکرون عبور داده شد تا برای اندازه‌گیری ردیاب‌های شیمیایی و ژئوشیمیایی استفاده شود (والبرینگ و کروک، ۲۰۰۲). تعداد ۱۰ نمونه از رسوب معلق از رواناب خروجی حوضه برداشت شد. برای نمونه‌برداری رسوب معلق در رواناب سیل واقع در انتهای حوضه با توجه به زمان تمرکز حوضه (رابطه ۱، رابطه ویلیامز) یک ساعت پس از رخداد بارش در آذر ماه ۱۳۹۹ با استفاده از بطری پلاستیکی ۱۰ نمونه رسوب معلق برداشت شد.

$$TC = \frac{0.96L^{1.2}}{H^{0.2}A^{0.1}} \quad (1)$$

که در این رابطه، TC زمان تمرکز بر حسب ساعت، L طول مسیر آبراهه اصلی بر حسب کیلومتر، H اختلاف ارتفاع ابتدا و انتهای آبراهه اصلی بر حسب متر و A مساحت حوزه بر حسب کیلومتر مربع است.

برای هر نمونه رسوب معلق، هر ۱۰ دقیقه یکبار از رسوب معلق در خروجی حوضه نمونه‌برداری شد و در

داشتند، وارد مرحله دوم شدند. در مرحله دوم، به منظور انتخاب ترکیب بهینه از زیر مجموعه ردیاب‌ها که به عنوان ویژگی بالقوه در مرحله اول انتخاب شدند، از تحلیل توابع تشخیص چند متغیره گام به گام و عملیات حداقل کردن لامبدا ویلکس (Wilks lambda) استفاده شد. برای تحلیل‌های آماری از نرم‌افزار SPSS26 استفاده گردید (فرنس و همکاران، ۲۰۱۴، کولینز و والینگ، ۲۰۰۷).

تعیین سهم منابع رسوب در تولید رسوب

برای برآورد سهم هر کدام از منابع رسوبی پس از انتخاب ترکیب بهینه ردیاب‌ها با استفاده از روش تحلیل تشخیص این ردیاب‌ها وارد مدل ترکیبی چند متغیره شدند که در اینجا از مدل ترکیبی چند متغیره کولینز و همکاران (۱۹۹۷b) استفاده گردید.

در رابطه ۲ دو شرط باید مدنظر قرار گیرد:

۱- مقدار ضریب سهم هر کدام از منابع رسوب بین صفر تا یک باشد.

۲- مجموع سهم نسبی همه منابع رسوبی نیز برابر عدد یک باشد.

$$0 \leq P_s \leq 1$$

$$\sum_{s=1}^n P_s = 1$$

$$R = \sum_{i=1}^n \{ (C_i - (\sum_{s=1}^m P_s \cdot S_{is} \cdot Z \cdot O)) / C_i \cdot W_i \} \quad (2)$$

که در این رابطه، R مجموع مربعات خطا، C_i غلظت ردیاب i در نمونه رسوب، S_{is} غلظت ردیاب i در منبع S، P_s سهم نسبی از منبع S، Z ضریب تصحیح اندازه ذرات، O ضریب تصحیح کربن آلی، W_i ضریب وزنی ویژه هریک از ردیاب‌ها، n تعداد ویژگی‌ها ردیاب شامل ترکیب بهینه و m منابع رسوب است. به علت اینکه از الگ ۶۳ میکرون استفاده شد، بنابراین به جای ضریب Z عدد یک در فرمول گذاشته شد (کولینز و همکاران، ۱۹۹۷، نصرتی و همکاران ۲۰۱۵). با توجه به اینکه از خروجی حوضه ۱۰ نمونه رسوب برداشت شده بود، مدل کولینز و همکاران (۱۹۹۷b) برای تک تک نمونه رسوبات به وسیله برنامه Solver در

مجموع شش نمونه معلق با هم ترکیب شدند و پس از ته‌نشست شدن و عبور از کاغذ صافی در آزمایشگاه استفاده شدند.

پس از آماده‌سازی نمونه‌ها عناصر ژئوشیمیایی و شیمیایی شامل آهن، مس، منیزیم، سدیم، کلسیم، پتاسیم، آهک، کربن آلی، نیتروژن (نیتروژن کل) و فسفر (فسفر کل) به عنوان ردیاب‌های اولیه در نمونه‌های منابع رسوب و نمونه‌های رسوب اندازه‌گیری شدند.

برای اندازه‌گیری عناصر شیمیایی، سه گرم نمونه خشک توسط محلول ترکیب سه به یک اسید کلریدریک غلیظ و اسید نیتریک به مدت دو ساعت روی حمام آبی قرار داده شد. پس از سرد شدن، نمونه‌ها با استفاده از کاغذ صافی قطر ۰/۲ میکرون عبور داده شدند. در نهایت غلظت عناصر ژئوشیمیایی با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل (JENWAY(PFP7)) ساخت کشور انگلستان و با استفاده از نمونه استاندارد و رسم منحنی واسنجی اندازه‌گیری شد و به واحد میلی‌گرم بر کیلوگرم نمونه خاک گزارش شدند. همچنین غلظت پتاسیم (K^+) با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر خوانده شد (توماس، ۱۹۸۴). کربن آلی به روش تیتراسیون (نلسون و همکاران، ۱۹۹۶)، نیتروژن کل به روش کج‌لدال (مک‌گیل و همکاران، ۲۰۰۷)، فسفر قابل استفاده به روش اولسن (اولسن و سامر، ۱۹۸۲) و آهک به روش اکسیداسیون محاسبه و اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری آهن، منگنز، روی و مس از روش سوختن و با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شدند (Soil Survey Staff, 1999).

انتخاب ترکیب بهینه ردیاب‌ها

برای انتخاب ترکیب بهینه ردیاب‌های اولیه که توانایی تفکیک منابع رسوب را داشته باشند، یک روش آماری دو مرحله‌ای به کار گرفته شد (کولینز و همکاران، ۱۹۹۷a). در مرحله اول، از آزمون کروسکال والیس برای بررسی سطح معنی‌داری عناصر ژئوشیمیایی و شیمیایی استفاده شد و ردیاب‌هایی که اختلاف میانگین کمتر از ۰/۰۵

اکسل اجرا شد و بار دیگر مجموع آن‌ها یک‌جا مورد استفاده قرار گرفتند. خصوصیات ردیاب‌ها در نمونه‌های رسوب در هر کاربری می‌باشند.

نتایج و بحث

در جدول ۲ آمار توصیفی هر یک از ردیاب‌ها در نمونه‌های منابع سطحی رسوب و همچنین آمار توصیفی هریک از ردیاب‌ها در نمونه‌های رسوب سیل خروجی نشان داده است. این آمار بیان کننده میزان تغییرات

انتخاب ترکیب بهینه ردیاب‌ها

نتایج آزمون آماری کروسکال والیس در انتخاب ترکیب بهینه ردیاب‌های اولیه که توانایی تفکیک کاربری‌های مرتع، دیم، کشت آبی و مسکونی در حوزه آبخیز را داشتند در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار (انحراف معیار $\pm$ میانگین) ردیاب‌ها در کاربری‌ها و رسوب معلق خروجی حوزه

ردیاب	واحد	کشت آبی	مرتج	کشت دیم	مسکونی	رسوب معلق سیلاب
نیتروژن (N)	%	0.07 ± 0.02	0.07 ± 0.02	0.07 ± 0.04	0.08 ± 0.03	0.11 ± 0.01
کربن آلی (OC)	%	0.86 ± 0.16	0.77 ± 0.34	0.89 ± 0.50	1.19 ± 0.78	0.66 ± 0.02
فسفر (P)	mg/kg	18.61 ± 12.21	12.31 ± 5.02	16.19 ± 3.8	28.04 ± 21.25	16.88 ± 5.5
پتاسیم (K)	mg/kg	383.7 ± 128	386.67 ± 80.9	429.33 ± 40.44	484.2 ± 152.2	388 ± 95
کلسیم (Ca)	g/kg	9.96 ± 3.6	5.33 ± 1.97	4.52 ± 1.14	12.01 ± 2.08	7.05 ± 3.9
سدیم (Na)	g/kg	4.24 ± 1.1	4.07 ± 0.85	3.80 ± 1.06	4.37 ± 1.47	3.78 ± 0.7
روی (Zn)	g/kg	0.74 ± 0.14	0.74 ± 0.17	0.72 ± 0.15	0.88 ± 0.35	0.70 ± 0.1
منگنز (Mn)	g/kg	7.99 ± 1.23	8.09 ± 1.71	7.45 ± 1.28	8.16 ± 2.86	7.9 ± 1.6
آهن (Fe)	g/kg	5.31 ± 1.0	4.90 ± 0.86	4.85 ± 0.46	5.12 ± 1.54	5.0 ± 0.9
آهک ($CaCO_3$)	%	26.5 ± 6.67	15.9 ± 5.67	15 ± 3.60	30.5 ± 4.66	20.08 ± 8.9
تعداد نمونه i	-	۱۰	۱۵	۵	۶	۱۰

جدول ۳- نتایج آزمون کروسکال والیس

ردیاب	کای اسکور	سطح معنی داری	ردیاب	کای اسکور	سطح معنی داری
نیتروژن کل (N)	۴/۹۸۵	۰/۱۷۳	سدیم (Na)	۰/۰۷۸	۰/۹۹۴
کربن آلی (OC)	۹/۴۰۰	۰/۰۲۴	روی (Zn)	۰/۱۳۵	۰/۹۸۷
فسفر کل (P)	۹/۸۱۱	۰/۰۲۰	منگنز (Mn)	۰/۴۰۶	۰/۹۳۹
پتاسیم (K)	۳/۹۸۳	۰/۲۶۳	آهن (Fe)	۱/۰۹۲	۰/۷۷۹
کلسیم (Ca)	۱۸/۹۹۷	۰/۰۰۰	آهک ($CaCO_3$)	۱۹/۲۵۳	۰/۰۰۰

با توجه به جدول ۳ چهار ردیاب اولیه دارای قدرت جداسازی و تفکیک بین واحدهای کاربری اراضی هستند. به عبارت دیگر، میانگین غلظت هر یک از ردیاب‌های مشخص شده، حداقل در یک گروه (کاربری) متفاوت از دیگر گروه‌ها است. قدرت تفکیک ردیاب‌ها به نسبت اینکه هرچه مقدار کای اسکور بالاتر باشد، سطح

معنی داری بهتر است. با توجه به نتایج حاصل شده از آزمون کروسکال والیس از میان ۱۰ ردیاب اندازه‌گیری شده ژئوشیمیایی ردیاب OC, P, $CaCO_3$ و Ca در سطح ۰/۰۵ معنی دار شدند. نتایج مربوط به تعداد گام‌های ورود ردیاب به مدل و ردیاب‌های بهینه در جداسازی منابع رسوب منطقه مورد مطالعه در جدول ۴ ارائه شده است. آماره لامبدای

ویلیکس معیاری مناسب برای نشان دادن نسبت اختلاف درون گروهی (بین کاربری‌ها) است. در هر مرحله، ردیابی که در سطح ۰/۰۵ معنی دار بوده وارد تابع شده است. جدول ۴ نشان می‌دهد که با اضافه شدن هر ردیاب مقدار لامبدا ویلیکس کاهش و سطح معنی داری بهتر می‌شود.

جدول ۵ نتایج آزمون تابع تحلیل تشخیص را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج جدول ۵ تابع براساس ویژگی‌های ردیاب‌ها مشخص شده است. درصد واریانس و همچنین واریانس تجمعی تابع برابر با ۸۵/۲ است. سطح معنی داری در جدول ۵ با آماره کای اسکور قابل تشخیص است.

جدول ۴- وضعیت مرحله مختلف ورود ردیاب‌ها به مدل			
مرحله	ردیاب	Wilk's Lambda	سطح معنی داری
۱	کربن آلی (OC)	۰/۷۰۵	۰/۰۱۲
۲	فسفر کل (P)	۰/۷۵۰	۰/۰۲۹
۳	کلسیم (Ca)	۰/۴۰۰	۰/۰۰۰
۴	آهک (CaCO_3)	۰/۴	۰/۰۰۰

نتایج به دست آمده از آزمون‌های آماری در تحقیق حاضر با نتایج پژوهش‌های انجام شده توسط نصرتی و همکاران (۱۳۹۴) که نقش کاربری اراضی در تولید رسوب معلق و کف بر پایه منشأیابی رسوب در حوضه طالقانی در

خرم‌آباد را بررسی کردند و معضمی و کوهپایا (۱۳۸۸) که رسوبات رودخانه‌ای ریزدانه با استفاده از روش انگشتنگاری رسوب، در حوضه ابوالفارس خوزستان بررسی کردند، مطابقت دارد.

جدول ۵- ویژگی‌های تابع تحلیل تشخیص منابع رسوب					
مقدار ویژه	درصد واریانس	درصد تجمعی واریانس	همبستگی کانونی	کای اسکور	سطح معنی داری
۱/۶۵۶	۸۵/۲	۸۵/۲	۰/۷۹	۳۶/۵۱۰	۰/۰۰۱

تعداد نمونه‌های درست طبقه‌بندی شده و درصد طبقه‌بندی صحیح در کاربری‌های کشت آبی، مرتع، دیم و اراضی مسکونی در جدول ۱ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، پنج نمونه دیم و شش نمونه مسکونی به درستی طبقه‌بندی شده‌اند و از بین ۱۰ نمونه اراضی کشت آبی دو نمونه به اشتباه وارد کاربری مرتع و دیم شده است. همچنین از بین ۱۵ نمونه کاربری مرتع یک نمونه به اشتباه

وارد کاربری کشت آبی شده است. بنابراین کاربری کشت آبی، مرتع، دیم و اراضی مسکونی به ترتیب ۸۰، ۹۳/۴، ۱۰۰ و ۱۰۰ درصد به‌طور صحیح طبقه‌بندی گردیده است. به‌طورکلی، درصد طبقه‌بندی صحیح برای چهار کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه برابر با ۹۱/۱۳ درصد است؛ بنابراین ترکیب بهینه ردیاب‌ها به خوبی قادر به جداسازی منابع رسوب می‌باشند.

جدول ۶- تعداد و درصد طبقه‌بندی صحیح نمونه‌ها در واحدهای کاربری اراضی

کاربری اراضی	پیش‌بینی عضویت در گروه‌ها				
	کشت آبی	مرتع	دیم	مسکونی	کل نمونه‌ها
تعداد	کشت آبی	۸	۱	۰	۱۰
	مرتع	۱	۱۴	۰	۱۵
	دیم	۰	۰	۵	۵
	مسکونی	۰	۰	۶	۶
درصد	کشت آبی	۸۰	۱۰	۰	۱۰۰
	مرتع	۶/۶	۹۳/۴	۰	۱۰۰
	دیم	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰
	مسکونی	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰

سهم منابع رسوب در تولید رسوب با استفاده از رابطه کولینز و همکاران (۱۹۹۷b) (رابطه ۱) محاسبه شد. در این پژوهش سهم هر یک از منابع رسوب در تولید رسوب را براساس نمونه خروجی حوضه محاسبه شده است. (جدول ۶).

تعیین سهم منابع رسوب در تولید رسوب

با میانگین گرفتن از تمام موقعیت‌ها به ترتیب کاربری کشت آبی در تولید رسوب با ۶۷/۸۸ درصد بیشترین سهم در تولید رسوب و سپس کاربری دیم با ۱۹/۴۰ و پس از آن مرتع ۷/۶۳ و در نهایت کمترین میزان تولید رسوب مربوط به کاربری مسکونی با ۵/۱۰ درصد است (جدول ۷).

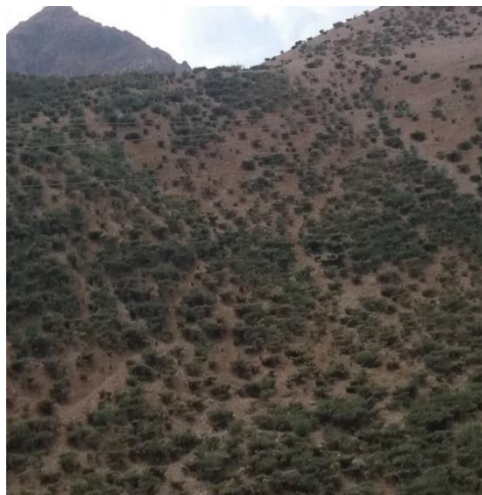
بر اساس نتایج به دست آمده از نمونه‌های رواناب، سهم نسبی هر یک از کاربری‌های کشت آبی، مرتع، دیم و مسکونی در تولید رسوب معلق رخداد سیل اندازه‌گیری شده به ترتیب حدود ۶۸، ۸، ۱۹ و ۵ درصد برآورد شد؛ بنابراین از بین کاربری‌های مورد بررسی، کاربری کشت آبی بیشترین سهم در تولید رسوب معلق حوضه مورد مطالعه در رخداد سیل نمونه‌برداری شده را داشته است از دلایل بیشتر بودن سهم کاربری اراضی کشت آبی نسبت به دیگر کاربری‌ها عملیات خاک‌ورزی نادرست، استفاده از کودهای شیمیایی که با توجه به تأثیر که بر کیفیت آب و خاک دارد باید مورد توجه جدی قرار گیرد که با نتایج چاوو و همکاران (۲۰۱۱) و کینگ و همکاران (۲۰۰۰) مطابقت

دارد. از طرفی توسعه زمین‌های کشاورزی تا حاشیه رودخانه در نزدیکی خروجی حوزه آبخیز منجر به ورود خاک شسته شده سطحی به داخل جریان می‌شود که می‌تواند نقش تأثیرگذاری در تولید رسوب ایفا کند. یکی از دلایل پایین بودن سهم مناطق مسکونی ساخت و ساز سطوح غیرقابل فرسایش اماکن مسکونی مانند پشت‌بام‌ها، جاده‌های آسفalte، در حوضه مورد مطالعه است. همچنین کاربری مرتع نسبت به کاربری کشت آبی و دیم سهم نسبتاً کمی در تولید رسوب خروجی در منطقه مورد مطالعه داشت که با نتایج زانگ و همکاران (۲۰۱۶) نصرتی و همکاران (۱۳۹۴) مطابقت داشته و با نتایج کولینز و همکاران (۲۰۱۰) و فیض‌نیا و همکاران (۱۳۹۲) و حکیم خانی و همکاران (۱۳۸۶) مغایرت داشته است. برخلاف مساحت بیش‌تر مرتع نسبت به کاربری کشاورزی و دیگر کاربری‌ها از دلایل سهم کمتر کاربری مرتع نسبت به دیگر کاربری‌ها (جدول ۷) در تولید رسوب با توجه به بازدهی‌های صورت گرفته زمان نمونه‌برداری می‌توان به پوشش متوسط و دست نخورده مرتعی در این منطقه (شکل ۲) و در نتیجه مقاوم شدن خاک این کاربری نسبت به شست‌وشو که سبب فرسایش کمتر و در نتیجه تولید رسوب کمتر نسبت به سایر کاربری‌ها شده است.

قابل ذکر است که سهم بعضی کاربری‌ها در تعدادی از نمونه‌های رسوب خروجی صفر درصد محاسبه شد که این امر یکی از نقص‌های مدل کولینز و همکاران (۱۹۹۷b) است.

جدول ۷- مساحت و سهم تولید رسوب هر کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه

مسکونی	کشت دیم	مرتع	کشت آبی	
۱۲/۳	۵/۲	۲۳۵/۳	۳۷/۹	مساحت (km ²)
۵/۱۰	۱۹/۴۰	۷/۶۳	۶۷/۸۸	درصد سهم تولید رسوب معلق



شکل ۲- پوشش متوسط و دست نخورده مرتعی در منطقه مورد مطالعه

نتیجه گیری و پیشنهادها

بر اساس نتایج این مطالعه، روش منشأیابی رسوب به عنوان ابزار مفید در این رابطه قادر به تعیین و تفکیک مناسب سهم کاربری های اراضی حوضه مورد مطالعه است. نتایج گویای این مسئله است که توسعه زمین های کشاورزی تا حاشیه ی رودخانه در نزدیکی خروجی حوزه آبخیز عامل مهمی در فرسایش و تولید رسوب حوزه آبخیز بهشت آباد است. با توجه به اینکه که سهم رسوب اراضی کشت آبی در منطقه مورد مطالعه زیاد است، توصیه می شود توجه ویژه ای به نحوه عملیات کشاورزی و برنامه های مدیریت و حفاظت خاک در منطقه داشت. همچنین با توجه به اهمیت روش منشأیابی هنوز

نیاز به مطالعه و تحقیقات بیش تری در زمینه تعیین مناسب ترین ترکیب از ردیاب ها، تأثیر زمان نمونه برداری بر سهم رسوب، رخدادهایی با شدت مختلف و منشأیابی منابع رسوب در فصل های مختلف وجود دارد. از آنجاکه زمین های کشاورزی مجاور رودخانه در منطقه مورد مطالعه با خطر تغییر بستر رودخانه و فرسایش کناری مواجه هستند، از این رو هرگونه عملیات حفاظتی خاک در حاشیه این رودخانه مستلزم آگاهی از پیش بینی میزان فرسایش کناری رودخانه است. در پایان پیشنهاد می گردد در تحقیقات آتی در حوضه مورد مطالعه در زمینه منشأیابی، منابع دیگر عدم قطعیت از جمله فرسایش کناری و فرسایش عمقی مورد بررسی قرار گیرد.

فهرست منابع

۱. اسدی ح. ۱۴۰۱. واکاوی تاریخچه فعالیت دانشگاه ها، مراکز تحقیقاتی و سازمان های اجرایی مرتبط با فرسایش و حفاظت خاک در ایران. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. دوره ۵۳ (شماره ۲)، ص ۴۱۱-۴۳۳.
۲. اعظمی ج، مرادپور ح، کیانی مهر ن. ۱۳۹۶. مروری بر شاخص های زیستی محیط های آلوده به فلزات سنگین. انسان و محیط زیست. دوره ۱۵ (شماره ۱)، ص ۱۳-۲۴.

۳. حبیبی، س.، غلامی، ح.، فتح‌آبادی، ا.، دسموند، و. ۱۳۹۷. منشأیابی رسوبات ته‌نشین شده در مخزن سد با استفاده از روش انگشت‌نگاری (مطالعه موردی حوزه‌های آبخیز سد لاور فین استان هرمزگان). نشریه پژوهش‌های فرسایش محیطی. دوره ۸ (شماره ۳)، ص ۱-۱۵.
۴. حق‌شناس، آ.، حاتمی‌منش، م.، میرزائی، م.، میرسنجری، م.م.، حسین خضری، پ. ۱۳۹۶. سنجش و ارزیابی خطر اکولوژیکی فلزات سنگین در رسوبات سطحی منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس، دومانه طبع جنوب. جلد ۲۰ (شماره ۵)، ص ۴۴۸-۴۶۹.
۵. حکیم خانی، ش.، احمدی، ح.، غیومیان، ج.، نظرزاد، ح. ۱۳۸۶. تعیین سهم کاربری‌های مختلف اراضی در تولید رسوب با استفاده از روش منشأیابی (مطالعه موردی حوزه پلدشت ماکو). مجله علوم آب‌وخاک. دوره ۲۱ (شماره ۲)، ص ۳۰۱-۳۱۳.
۶. جمشیدی زنجانی، ا.، سعیدی، م. ۱۳۹۲. ارزیابی آلودگی و پهنه بندی کیفی رسوبات سطحی تالاب انزلی بر اساس نتایج شاخص‌های سنجش آلودگی فلزات سنگین. نشریه محیط‌شناسی. دوره ۳۹ (شماره ۴)، صفحه ۱۷۰.
۷. عرب‌خدری، م. ۱۴۰۰. وضعیت فرسایش آبی و رسوبدهی ایران، واکاوی آماری و مقایسه‌ای. مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی. دوره ۶ (شماره ۲)، ص ۱۳۹-۱۵۶.
۸. فیض‌نیا، س.، کوهپایا، ا.، احمدی، ح.، هاشمی، ع. ا. ۱۳۹۲. بررسی منابع رسوب حوزه‌های آبخیز بر اساس روش انگشت‌نگاری. نشریه مرتع و آبخیزداری. دوره ۶۶ (شماره ۲)، ص ۲۹۹-۳۰۶.
۹. معظمی، م.، کوهپایا، ا. ۱۳۸۸. بررسی منشأیابی رسوبات رودخانه‌ای ریزدانه با استفاده از روش انگشت‌نگاری رسوب، مطالعه موردی حوزه ابوالفارس خوزستان. هشتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه.
۱۰. نصرتی، ک.، احمدی، ح.، شریفی، ف. ۱۳۹۲. منشأیابی منابع رسوب: ارتباط بین فعالیت‌های آنزیمی خاک و رسوب. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب‌وخاک دوره ۱۶ (شماره ۶۰)، ص ۲۲۷-۲۳۷.
۱۱. نصرتی، ک.، احمدی، ف.، نظری، سامانی، ع. ا.، ثروتی، م. ر. ۱۳۹۴. تعیین نقش کاربری اراضی در تولید رسوب معلق و کف بر پایه منشأیابی رسوب در حوضه طالقانی، خرم‌آباد. مجله منابع طبیعی ایران. دوره ۶۸ (شماره ۴)، ص ۷۵۱-۷۶۵.
۱۲. نصرتی، ک. ۱۳۹۰. منشأیابی رسوب براساس برآورد عدم قطعیت. مجله پژوهش‌های حفاظت آب ایران. دوره ۵ (شماره ۹)، ص ۵۱-۶۰.
۱۳. نصرتی، ک.، جلالی، س. ۱۳۹۶. بررسی میزان تولید رسوب معلق حوزه آبخیز زیارت، گرگان در فصل‌های مختلف با استفاده از تکنیک منشأیابی رسوب. مجله اکوهیدرولوژی، دوره ۴ (شماره ۳)، ص ۸۸۷-۸۹۵.
۱۴. نجفی، س.، صادقی، س. ح. ر. ۱۳۹۳. تعیین سهم منابع تولید رسوب از طریق مقایسه نتایج روش‌های تهیه نقشه سیمای فرسایش، انگشت‌نگاری و اندازه‌گیری میدانی. نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، دوره ۵ (شماره ۳)، ص ۱۶۵-۱۷۸.
15. Boudreault, M., Koiter, A. J., Lobb, D. A., Liu, K., Benoy, G., Owens, P. N., and S. Li. 2019. Comparison of sampling designs for sediment source fingerprinting in an agricultural watershed in Atlantic Canada. *Soils and Sediments*. 19(9): 3302-3318.
16. Collins, A. L., and D.E. Walling. 2007. Sources of fine sediment recovered from the channel bed of lowland groundwater-fed catchments in the UK. *Geomorphology*. 88: 120-138
17. Collins, A.L., Walling, D. E., and G. J. L. Leek. 1997a. Fingerprinting the origin of fluvial suspended sediment in larger river basin: Combining assessment of spatial provenance and source type. *Geografiska Annaler*. 79 (a): 239-25.

18. Collins, A.L., Walling, D.E., and G.J.L. Leeks. 1997b. Source type ascription for fluvial suspended sediment based on a quantitative composite fingerprinting technique. *Catena*. 29: 156-159.
19. Collins, A.L., Walling, D.E., Webb, L., and P. King. 2010. Apportioning catchment scale sediment sources using a modified composite fingerprinting technique incorporating property weightings and prior information. *Geoderma*. 155: 249-261.
20. Chow, L., Xing, Z., Benoy, G., Rees, H., Meng, F., Jiang, Y., and J.L. Daigle. 2011. Hydrology and water quality across gradients of agricultural intensity in the Little River watershed area, New Brunswick, Canada. *Soil Water Conservation*. 66: 71–84
21. Chen, F., Fang, N., and Z. Shi. 2016. Using biomarkers as fingerprint properties to identify sediment sources in a small catchment. *Science Total Environment*. 557-558: 123-133. .
22. Franz, C., Makeschin, F., Weib, H., and C. Lorz. 2014. Sediments in urban riverbasins: Identification of sediment sources within the Lago Paranoá catchment, Brasilia DF, Brazil using the fingerprint approach. *Science Total Environment*. 466-467: 513-523.
23. King, D.J., Eilers, R.G., Grant, B.A., Lobb, D.A., Padbury, G.A., Rees, H.W., Shelton, I.J., Wall, G.J., and LJP. Vliet. 2000. Risk of tillage erosion. In: T. McRae, S. Smith, and L.J. Gregorich (eds) *Environmental health of Canadian agroecosystems*. Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, Ontario: 77–8.
24. Mohammadi Raigania, Z., Nosratia, N., Adrian, L., and B. Collins. 2019. Fingerprinting sub-basin spatial sediment sources in a large Iranian catchment under dry-land cultivation and rangeland. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 24: 100613.
25. Nazari Samani, A., Wasson, R.J., and A. Malekian. 2011. Application of multiple sediment fingerprinting techniques to determine the sediment source contribution of gully erosion: review and case study from Boushehr province, southwestern Iran. *Progress in Physical Geography*. 35: 375-391
26. Olsen, S.R., and L.E. Sommers. 1982. Phosphorus. pages 403-430. In: A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds.) *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
27. McGill, W., Rutherford, P., Figueiredo, C., and J. Arocena. 2007. Total Nitrogen. *Soil Sampling and Methods of Analysis*, Second Edition.
28. Soil Survey Staff. 1999. *Soil taxonomy: Abasic System of Soil Surveys*, USDA- NRCS Agric, Handb.436.2 ed. U.S. Govt. Print. Office, Washington, DC.
29. Thomas, G.W. 1982. Exchangeable Cations: 159-165. In: A.L. Page, R.H. Miller, and D.R.Keeney (eds.) *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. 2nded. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
30. Wallbrink P.J., and G. Croke. 2002. A combined rainfall simulator and tracer approach to assess the role of Best Management Practices in minimizing sediment redistribution and loss in forests after harvesting. *Forest Ecology and Management*, 170: 217–232
31. Zhang, X.C., Liu, B., and G.H. Zhang. 2016. Quantifying sediment provenance using multiple composite fingerprints in a small watershed in Oklahoma. *Environmental Quality*. 45:1296-1302.
32. Zhou, H., Chang, W., and L. Zhang. 2016. Sediment sources in a small agricultural catchment: A composite fingerprinting approach based on the selection of potential sources. *Geomorphology*, 266: 11-19.

تحلیل محرک‌های تأثیرگذار بر تغییر کنترل زمین‌های زراعی در ایران: استفاده از نقشه‌های شناختی فازی بر پایه نظرات کارشناسان

مریم قنبری، فرحناز رستمی و شهپر گراوندی^{*۱}

کارشناس ارشد گروه ترویج و آموزش کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

Maryamghanbari803@ymail.com

استادیار گروه ترویج و آموزش کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

Fr304@yahoo.com

استادیار گروه ترویج و آموزش کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

Sh.geravandi1@gmail.com

دریافت: فروردین ۱۴۰۰ و پذیرش: آذر ۱۴۰۰

چکیده

در مطالعه کمی-کیفی حاضر سعی شد به شناسایی محرک‌های تأثیرگذار بر تغییر کنترل زمین‌های زراعی پرداخته شود. داده‌های مورد نیاز پژوهش از طریق مصاحبه عمیق انفرادی غیر ساختارمند، گروه‌های متمرکز، بحث گروهی با ۳۲ نفر از موجران منطقه ماهیدشت استان کرمانشاه و مشاهدات مستقیم جمع‌آوری شد. در ابتدا داده‌ها با استفاده از روش تحلیل محتوای مرسوم دسته‌بندی شدند. خروجی این مرحله، شناسایی ۴۰ مفهوم کلیدی مرتبط با محرک‌های تأثیرگذار بر تغییر کنترل زمین‌های زراعی بود. سپس مفاهیم شناسایی شده در قالب یک پرسش‌نامه در اختیار افراد مورد مطالعه قرار گرفت و داده‌ها با توجه به نوع و شدت اثر، جمع‌آوری و تبدیل به اعداد فازی شدند. در مرحله بعد ماتریس به دست آمده در نرم‌افزار Mental Modeler اجرا و نقشه شناختی فازی مربوطه طراحی شد. نتایج نشان داد در تغییر کنترل زمین‌های زراعی مهم‌ترین محرک‌های تأثیرگذار عبارتند از: سن مالک، عدم اطمینان از درآمد ثابت، میزان کیفیت زندگی مالک، یکپارچه‌سازی اراضی و وضع قوانین سخت برای اجاره‌دار می‌باشند. همچنین بر طبق نتایج، مهم‌ترین محرک‌های تأثیرپذیر در تغییر کنترل زمین‌های زراعی شامل: ریسک‌های کشاورزی، مهاجرت جوانان، هزینه تولید در واحد سطح و ناکارایی سازمان‌های دولتی می‌باشند. با توجه به نتایج تحقیق، به مسئولان و سیاستگذاران توصیه می‌شود با توجه به اهمیت سن مالک در تغییر کنترل زمین‌های زراعی، امکانات بیشتری در مناطق روستایی برای افراد جوان فراهم شود و با توانمندسازی و مهارت افزایی قشر جوان و آشنا نمودن آنان با کشت‌های درآمدزا نسبت به تشویق بیشتر برای ماندگاری آنان در روستا اقدام و ایجاد جاذبه کرد.

واژه‌های کلیدی: اجاره داری نقدی، مستاجر، تغییر مدیریت زمین، مالک، تغییر مالکیت

^۱ - آدرس ایمیل نویسنده مسئول: Sh.geravandi1@gmail.com

مقدمه

در سالیان اخیر نظام اجاره‌داری نقدی کشاورزی در ایران، به‌ویژه در مناطق مستعد و دارای منابع آب و خاک مناسب گسترش یافته است. در این میان استان کرمانشاه، به‌عنوان یکی از قطب‌های کشاورزی و حاصلخیز کشور از این قاعده مستثنی نبوده است و روزبه‌روز بر تعداد اجاره‌داران در این استان افزوده می‌شود. گسترش این نظام موجب شده است تا مالکان اراضی به اجاره‌دار تبدیل شده و اراضی خود را در ازای دریافت مبلغ مشخص به مستأجران (که معمولاً افراد غیربومی هستند) واگذار نمایند و خود از صحنه تولید خارج شوند. این در شرایطی است که اکثر این مالکان مهارت دیگری به‌جز کشاورزی نداشته و عملاً با اتخاذ این رویکرد بیکار شده یا به شغل‌های دیگر روی می‌آورند، بررسی‌ها نشان می‌دهد در سال ۱۳۹۷ آمار بیکاری این استان به‌طور میانگین به ۱۲/۶ درصد رسیده است (محمدی فر و الماسی فرد، ۱۳۹۹)، این مساله برای بخش کشاورزی بسیار نگران‌کننده بوده و غیرقابل چشم‌پوشی است.

بر اساس بررسی‌های انجام‌شده، طی سال‌های اخیر مالکین اراضی در منطقه ماهیدشت استان کرمانشاه با اجاره دادن اراضی کشاورزی خود به افراد غیربومی روند دستیابی به توسعه پایدار را به چالش کشیده‌اند؛ چرا که اراضی اجاره داده‌شده، اغلب برای کشت سیب‌زمینی مورد استفاده قرار می‌گیرند، این در حالی است که برای تولید هر کیلوگرم سیب‌زمینی معادل ۳۰۰ تا ۳۵۰ لیتر آب مصرف می‌شود و این برون‌رفت اساساً قابل‌مقایسه با درآمد حاصل از آن نیست، از طرفی دیگر، زمان کشت این محصول در فصولی از سال انجام می‌شود که بارندگی‌ها تمام شده و باید از منابع آب زیرزمینی در حد فراوانی استفاده نمود. این در حالی است که استان کرمانشاه با محدودیت منابع آبی مواجه است و بیش از ۴۰۳ روستای استان کرمانشاه آب کافی برای مصرف شرب ندارند و تنها امید آن‌ها به منابع آب سیار است. از این‌رو به نظر می‌رسد تولید محصولات آب‌بری مانند سیب‌زمینی چندان قابل توجیه

نباشد. افزون بر این سیب‌زمینی محصولی است که به مصرف کود شیمیایی ازت به‌خوبی واکنش نشان داده و این موضوع میل مستأجران زراعی را برای کاربرد هر چه بیشتر این نهاده تحریک می‌کند؛ به عبارت دیگر اجاره‌داران غیربومی که معمولاً تعهدی برای حفظ پایداری آب‌و‌خاک اراضی ندارند، صرفاً برای دستیابی به میزان محصول بیشتر از هیچ اقدامی فروگذار نمی‌کنند و باعث به وجود آمدن خسارت‌های جبران‌ناپذیر به زیست‌بوم منطقه می‌شوند. پژوهش‌ها نشان داده است کشت مداوم سیب‌زمینی باعث می‌شود زمین‌ها کارایی خود را از دست بدهند (قنبری و همکاران، ۱۳۹۹). افزون بر این‌ها استفاده از فناوری‌هایی از قبیل فناوری تک‌کشتی، واریته پرمحصول، مکانیزاسیون، علف‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها و آنتی‌بیوتیک‌ها باعث بوجود آمدن آسیب‌های زیست‌محیطی بسیاری شده است (نعمتی، ۱۳۹۲).

بررسی‌ها نشان می‌دهد مصرف بیش از حد نهاده‌های کشاورزی توسط مستأجران باعث شده است که تفاوت چشم‌گیری بین عملکرد سیب زمینی تولیدی آنان (۸۰-۱۰۰ تن در هکتار) و کشاورزان بومی (۵۰-۶۰ تن در هکتار) وجود داشته باشد. در پی مشکلاتی که مستأجران در سال‌های اخیر برای منطقه مورد مطالعه بوجود آوردند مدیریت جهاد کشاورزی استان کرمانشاه اقدام به یکسری راهبردهای مدیریتی تهاجمی و تدافعی نمود. به‌گونه‌ای که از دادن کودهای یارانه‌دار به مستأجران خودداری کرده و این سهمیه فقط در اختیار مستأجرانی قرار می‌گیرد که دارای اجاره نامه با کد رهگیری باشند. از دیگر اقدامات مدیریتی صورت گرفته می‌توان به نصب کنتورهای هوشمند آب و باطل نمودن مجوز کشت مالک در صورت اجاره به افراد غیر بومی اشاره نمود؛ که دو راهکار اخیر تا کنون عملیاتی و اجرایی نشده است (شکریگی، ۱۴۰۰). ادامه این روند نه تنها خواسته‌ها و حقوق نسل آینده را با چالش‌های جدی رو به رو می‌سازد، بلکه تأمین سلامت و نیازهای همین نسل را هم با آلوده کردن منابع آب‌و‌خاک با مشکل مواجه می‌کند.

لذا با توجه به آنچه گفته شد، شناسایی دلایل تغییر مالکیت زمین‌های زراعی می‌تواند گام بزرگی برای یافتن راه‌حل مناسب جهت جلوگیری از ادامه این روند باشد؛ بنابراین، در پژوهش حاضر سعی شد که اهداف زیر دنبال شود:

- (۱) شناسایی محرک‌های تأثیرگذار بر تغییر کنترل زمین‌های زراعی در منطقه مورد مطالعه؛
- (۲) تعیین مهم‌ترین محرک‌های تأثیرگذار و تأثیرپذیر در تغییر کنترل زمین‌های زراعی؛
- (۳) ارائه راهکارها برای بهبود نظام بهره‌برداری اجاره‌ای در منطقه.

مبانی نظری

پدیده تغییر کنترل زمین‌های زراعی و گسترش اجاره‌داری با سرعت بالایی در جهان رو به افزایش می‌باشد (کیو و همکاران^۱، ۲۰۲۰؛ ژانگ و همکاران^۲، ۲۰۲۰؛ کانکل پترسون^۳، ۲۰۱۵؛ باری و همکاران^۴، ۲۰۰۲؛ فوربرود و همکاران^۵، ۲۰۱۴؛ چمبرلین و همکاران^۶، ۲۰۱۶؛ جین و جاین^۷، ۲۰۱۳ و هولدن و همکاران^۸، ۲۰۰۹). این تغییر کنترل در مناطق گوناگون جهان از نظر شرایط مبادله، طول مدت قرارداد و حقوق استفاده متفاوت هستند (درک^۹، ۱۹۵۲؛ ایپ و استال^{۱۰}، ۱۹۷۸؛ گروسمن^{۱۱}، ۱۹۹۲).

در رابطه با توسعه و گسترش این نوع از نظام‌های بهره‌برداری دیدگاه‌های متفاوتی وجود دارد. در دیدگاه اول بر جنبه‌های مثبت توسعه و گسترش این‌گونه تغییر کنترل زمین‌های زراعی تأکید شده است. نتایج بررسی‌های انجام‌شده در این راستا نشان می‌دهد توسعه بازارهای اجاره اراضی کشاورزی نقش مهمی در ترقی و

افزایش تولیدات کشاورزی و افزایش درآمد روستاییان بازی می‌کند. این مطلب توسط گروهی از پژوهشگران از جمله؛ نگیوون و همکاران^{۱۲}، ۲۰۲۱؛ فاروگ و همکاران^{۱۳}، ۱۹۹۷؛ کارتر و الینو^{۱۴}، ۱۹۹۸؛ داینینگر و همکاران^{۱۵}، ۲۰۰۵؛ کارته و همکاران^{۱۶}، ۲۰۰۲؛ دنینگرتال و همکاران^{۱۷}، ۲۰۰۵ تأیید شده است. ماحصل نتایج این پژوهش‌ها نشان می‌دهد تغییر کنترل زمین‌های زراعی در قالب اجاره‌داری، موجب توزیع مجدد زمین‌ها و تسهیل انتقال زمین از افراد با قابلیت‌ها و توانایی‌های کمتر به افراد با توانایی‌های بیشتر و از خانواده‌های غنی به خانواده‌های ضعیف‌تر می‌شود، لذا توسعه بازارهای اجاره‌داری موجب بهبود کارایی در بخش‌های خرد و کوچک می‌شود. در دیدگاه دوم بر جنبه‌های منفی تغییر کنترل زمین‌های زراعی در قالب نظام بهره‌برداری اشاره شده است. ایامگا و همکاران^{۱۸} (۲۰۱۶) بیان می‌دارند اجاره دادن زمین در طولانی مدت مانع پیشرفت سرمایه‌گذاری می‌شود. نتایج حاصل از این مطالعه حاکی از آن است که ناامنی‌های اجاره‌داری در زمینه‌های گوناگون بر روی تصمیم‌گیری در مورد سطح سرمایه‌گذاری خانواده‌ها تأثیرگذار است. نتایج آونالا^{۱۹} (۲۰۲۰) و دانشور کاخکی و همکاران (۱۳۷۹) نشان داد پایداری، حفظ زمین و عوامل تولید در زمین‌های استیجاری نسبت به سایر اشکال بهره‌برداری که شامل مزارعه و امانی می‌باشد در سطح پایین‌تری قرار دارد و تخصیص منابع، احیاء و نگهداری عوامل تأثیرگذار بر حفظ و نگهداری منابع تولید و مدیریت منابع، در نظام بهره‌برداری استیجاری ضعیف‌تر است؛ چرا که بهره‌برداران درصدد به حداکثر رساندن سود خود هستند و در درازمدت این عامل باعث تخریب منابع می‌شود و درصد تغییرات در منابع در نظام بهره‌برداری استیجاری در جهت منفی است. رودی^{۲۰} (۲۰۱۲) معتقد است در این نوع نظام،

¹²-Nguyen et al

¹³-Faruge et al

¹⁴-Karter & Olino

¹⁵-Deiningner et al

¹⁶-Karte et al

¹⁷-Deningerdal et al

¹⁸-Ayamga

¹⁹-Aounallah

²⁰-Foudi

¹-Qiu et al

²-Zhang et al

³-Kunkel & Peterson

⁴-Barry.P et al

⁵-Forbrd et al

⁶-Chamberlin et al

⁷-Jin & Jayne

⁸-Holden et al

⁹-Drake

¹⁰-Ip, stahl

¹¹-Grossman

مستأجر به بهره‌برداری افراطی از زمین می‌پردازد و تمایل کمتری به سرمایه‌گذاری در شیوه مدیریت پایدار دارد. همان‌گونه که قبلاً بدان پرداخته شد تغییر کنترل زمین‌های زراعی در جهان رو به گسترش می‌باشد و نمی‌توان این جریان را متوقف نمود اما با مدیریت و کاهش جنبه‌های منفی این نظام می‌توان آن را به نظام بهره‌برداری بهینه در منطقه تبدیل نمود. از این روی مطالعه حاضر قصد دارد به شناسایی محرک‌های تأثیرگذار بر تغییر کنترل زمین‌های زراعی بپردازد تا بتواند با شناسایی موارد منفی و مدیریت آن‌ها به بهینه نمودن نظام بهره‌برداری اجاره‌داری در استان کرمانشاه کمک نماید.

روش پژوهش

در پژوهش کمی کیفی حاضر سعی شد به بررسی محرک‌های تأثیرگذار بر تغییر کنترل زمین‌های زراعی پرداخته شود. جامعه هدف پژوهش کارشناسان بخش کشاورزی، اجاره‌داران و مالکان اراضی کشاورزی در دهستان ماهیدشت بودند (۳۲ نفر). داده‌های مورد نیاز پژوهش از طریق مصاحبه عمیق انفرادی غیر ساختارمند، گروه‌های متمرکز، بحث گروهی با این افراد جمع‌آوری شد. در مصاحبه عمیق انفرادی سعی شد که به لایه‌های ذهنی مخاطبان دست یافته شود. از این رو مصاحبه به صورت چهره به چهره و با سوال‌های سطحی شروع شد و سپس با سوال‌های موشکافانه دنبال شد. لازم به ذکر است که در انتخاب افراد از نمونه‌گیری هدفمند^۱ از نوع قضاوتی و ملاک محور بهره گرفته شد و در تمامی موارد سعی شد افراد باتجربه و فعال در عرصه اجاره‌داری شناسایی و مورد مصاحبه قرار گیرند. داده‌ها در چند نوبت و به شیوه‌های گوناگون گرفته شد. یکی از مراحل جمع‌آوری داده برگزاری نشستی در خانه یکی از موجران واقع در روستای چغازرد جهت انجام جلسه گروه‌های متمرکز انجام گردید، در این نشست ۱۴ نفر از اهالی روستا در خانه یکی از موجران جمع شده و با پاسخ‌گویی

به پرسش‌های از پیش طراحی شده و بحث در مورد نظرات ارائه شده توسط موجران، در دستیابی به داده‌ها مساعدت نمودند. در نشست دیگری که با همکاری مرکز جهاد کشاورزی ماهیدشت برگزار شد، شش نفر از مالکان دعوت و مصاحبه شدند. در این راستا با ۱۲ نفر از کارشناسان این حوزه نیز مصاحبه کامل انجام شد. داده‌ها با استفاده از روش تحلیل محتوای مرسوم کدبندی شدند و مفاهیم استخراج شد. ماحصل مصاحبه با موجران و مستأجران شناسایی ۲۲ مفهوم و نتیجه مصاحبه با کارشناسان شناسایی ۱۸ مفهوم مرتبط با محرک‌های تأثیرگذار بر تغییر کنترل زمین‌های زراعی بود. در مرحله بعد با استفاده از محرک‌های شناسایی شده پرسش‌نامه‌ای تهیه و تدوین شد و در اختیار افراد مورد مطالعه قرار گرفت. به منظور سنجش نظر پاسخ‌دهندگان در نوع اثرگذاری محرک‌ها از طیف تأثیر "مثبت، منفی و بی‌تأثیر" استفاده شد و برای شدت اثرگذاری از طیف لیکرت ۵ قسمتی (۱: خیلی کم تا ۵ خیلی زیاد) بهره گرفته شد. سپس داده‌های به دست آمده به اعداد فازی تبدیل شدند. ماتریس به دست آمده در نرم‌افزار Mental Modeler اجرا و نقشه‌های شناختی فازی یا FCM^۲ مربوطه طراحی شد. مدل FCM یک نمودار علت و معلول است که نمایشگر روابط بین اجزای اساسی در نظام‌های پیچیده است (ماکرینوس و همکاران^۳، ۲۰۰۷). خبره‌هایی که آشنا به اجزای نظام و روابط بین آن‌ها هستند ممکن است تعیین‌کننده روابط موجود در مدل FCM باشند. زمانی که تعداد عوامل زیاد باشند. زمانی که تعداد عوامل زیاد باشد و در مدل‌سازی به دنبال آن باشیم تا عوامل را دسته‌بندی کرده و در حوزه‌های مشخصی دسته‌بندی نماییم، مشکل آنجاست که با افزایش تعداد آن‌ها و روابط بین آن‌ها خطای بررسی عوامل بسیار افزایش می‌یابد و خبره به راحتی نمی‌تواند روابط صحیح علت و معلولی بین عوامل را مشخص کند. بنابراین برای حل این مشکلات در دسته‌بندی عوامل، لازم است مکانیزمی را در نظر گرفت

^۲ -Fuzzy cognitive map

^۳ -Makrinos et al

^۱ -Purpose sampling

فلش های جهت داری است که به سمت گره یا متغیر اشاره دارد (سلطان احمدی و همکاران، ۱۳۹۶).

تا با استفاده از آن بتوان روند دسته‌بندی عوامل و مشخص نمودن روابط علت و معلولی صحیح را در ماتریس نهایی عوامل تسهیل کرد (طالب پور و احمدی، ۱۳۸۸).

یافته‌ها

در جدول شماره (۱) محرک‌های تأثیرگذار بر تغییر کنترل زمین‌های زراعی از دیدگاه مالکان آمده است. در این راستا ۱۸ مفهوم شناسایی شد.

لازم به ذکر است در این روش مبنای قضاوت، درجه درونی و بیرونی متغیر می باشد؛ درجه بیرونی به معنای تعداد رؤوس و مسیرهای علی است که از یک گره یا متغیر خارج می شود و درجه درونی به معنای تعداد

جدول ۱- محرک‌های تأثیرگذار بر تغییر کنترل زمین‌های زراعی از منظر مالکان

مفهوم	جمله‌های نمونه
مهاجرت جوانان	جوانان روستا برای ادامه تحصیل به شهرها مهاجرت می‌کنند. این امر باعث می‌شود تا در روستا نیروی کار برای کشت و کار وجود نداشته باشد.
عدم وجود امکانات رفاهی در روستا	جوانان روستا، برای تحصیل یا دسترسی به خدمات رفاهی و بهداشتی به شهرها مراجعه می‌کنند و در شهر ماندگار می‌شوند... افراد مسن‌تر نیز به دلیل نیاز به خدمات بهداشتی و درمانی راهی شهرها می‌شوند. بعد از مدتی این رفت و آمدها سبب سکونت دائم آنان در شهر خواهد شد.
اطمینان مالک از درآمد ثابت	با اجاره دادن اراضی، مشقتها و سختی خانواده زارع کمتر می‌شود و اعضای خانواده استرسی بابت از دست دادن محصول ندارند.
عدم امکان کار در روستا	جوانان تحصیل کرده در روستا نمی‌توانند شغل مناسب با تخصص و مهارت خود بیابند، لذا به شهر مهاجرت می‌کنند تا شغل مناسب خود را پیدا کنند.
تغییر روحیه مالکان و راحت‌طلبی آن‌ها	اجاره‌داری به مراتب راحت‌تر از انجام کشت و کار می‌باشد. شغل کشاورزی درآمد خوبی ندارد و کشت و کار نیاز به تلاش و کوشش دارد.
پراکندگی زمین‌ها	قطعه قطعه بودن و پراکندگی زمین‌های زراعی باعث سختی کار کشاورزی می‌شود و در بسیاری از موارد امکان کشت یکدست و یکنواخت را محدود می‌کند.
هزینه تولید در واحد سطح	هزینه‌های کشاورزی بالا می‌باشد و علی‌رغم سرمایه گذاری‌های انجام شده، سود قابل توجهی عاید تولید کننده نمی‌شود.
کمبود پس‌انداز و نقدینگی	اکثر کشاورزان از توانایی مالی لازم برای خرید ادوات مورد نیاز کشاورزی برخوردار نیستند.
تغییر اقلیم	کمبود منابع آبی باعث شده است که بسیاری از مالکان منطقه تمایلی برای کشت و کار نداشته باشند. در سال‌های اخیر، سطح سفره آب‌های زیرزمینی در منطقه کاهش پیدا کرده است.
چند شغله بودن مالک	کشاورزانی که در شهر دارای شغل دوم هستند تمایلی به کشت و کار در اراضی خود ندارند و آن را به سایرین اجاره می‌دهند.
منزلت اجتماعی پایین شغل کشاورزی	در جامعه ما شغل کشاورزی از جایگاه پایینی برخوردار است.

ادامه جدول ۱- محرک‌های تأثیرگذار بر تغییر کنترل زمین‌های زراعی از منظر مالکان

مفهوم	جمله‌های نمونه
به‌کارگیری نیروی دولتی ناآگاه و کم‌سواد	راهنمایی‌ها و مشاوره‌های نادرست کارشناسان باعث شده است بسیاری از کشاورزان متضرر شوند و آن‌ها زمین‌های خود را اجاره دهند.
موانع و مشکلات قانونی و اداری برای مالک	محدودیت‌های قانونی و اداری مانند عدم اعطای مجوز برای احداث چاه و ... باعث محدودیت کشت و کار برای کشاورزان می‌شود.
ریسک‌های کشاورزی	کشاورزی به دلیل ماهیت خود از ریسک بالایی برخوردار می‌باشد. از این‌رو می‌توان با انجام کشت‌های مرسوم این ریسک‌ها را مدیریت نمود و یا از طریق اجاره دادن اراضی این ریسک‌ها را به حداقل رساند.
بازاریابی نامناسب	به دلیل عدم شناخت و آگاهی از بازار، محصولات تولید شده فاقد خریدار می‌باشد و یا با قیمت پایین وارد بازار می‌شود.
حمایت بیمه‌ای از مالک ریسک قیمت نهاده‌های کشاورزی	بیمه از کارایی لازم برخوردار نمی‌باشد و در موقع خسارت دادن به کشاورزان به تعهدات خود عمل نمی‌نماید. در حال حاضر کشاورزی در مورد برخی از محصولات به‌ویژه گندم سودی دارد و تمامی درآمد صرف خرید نهاده‌های کشاورزی مانند کارگر و هزینه حمل‌ونقل و. می‌شود.
پرداخت تسهیلات به مالک	سود اختصاص یافته به وام زیاد می‌باشد و در صورت دیرکرد کشاورز باید جریمه زیادی را بپردازد. از این رو شرایط گرفتن وام خیلی سخت است و لازم است که اصلاح شود.
ناکارآمدی سازمان‌های دولتی خرید تضمینی محصول	دولت از کشاورزان حمایت نمی‌کند و در زنجیره تولید، اقدام به کنترل و یا حذف دلالان و واسطه‌ها نمی‌نماید. خرید تضمینی برای بسیاری از محصولات مانند: مرکبات و ... وجود ندارد. واردات محصولات مشابه باعث می‌شود که محصولات داخلی با قیمت پایین وارد بازار شوند

در ادامه به بررسی دیدگاه کارشناسان در زراعی اقدام شد (جدول شماره ۲). در این مرحله ۲۲ محرک علاوه بر موارد قبلی شناسایی شد.

جدول ۲- محرک‌های تأثیرگذار بر تغییر کنترل زمین‌های زراعی از منظر کارشناسان

مفاهیم	مفاهیم	مفاهیم	مفاهیم
یکپارچه‌سازی اراضی	عدم ارائه خدمات کشاورزی به اجاره‌دار	مطلع شدن مالک از معایب دانش کشت جدید و پربازده اجاره‌داری	مفاهیم
پیشنهاد اجاره‌بهای بالا	وقع قوانین و مقررات سخت دولتی برای اجاره‌دار	برگزاری کلاس‌های ترویجی	مفاهیم
عدم کنترل قیمت اجاره‌بهای زمین	زیرساخت‌های مناسب برای کشاورزی	تبادل نظر با سایر مالکان	مفاهیم
تمایل مالک به شغل کشاورزی	برخورداری از ادوات مورد نیاز	مشاهده عینی مالک از تخریب زمین و ... سن مالک	مفاهیم
تمایل نسل جدید به بهره‌برداری خرده مالکی	سامانه‌های نوین آبیاری	توانایی در مدیریت پس از برداشت	مفاهیم
وضعیت درآمدی مالک	کوچک بودن اندازه خانوار	مهارت برای کشت جدید	مفاهیم
عدم اعطای کود و سم به اجاره‌دار	اجرای کشاورزی قراردادی با مالک		

در مرحله بعد ۲۲ محرک‌های شناسایی شده در قالب پرسش‌نامه‌ای تهیه و تدوین شد و در اختیار افراد مورد مطالعه قرار گرفت. به منظور سنجش نظر پاسخ‌دهندگان در نوع اثرگذاری محرک‌ها از طیف تأثیر "مثبت، منفی و بی‌تأثیر" استفاده شد و برای شدت اثرگذاری از طیف لیکرت ۵ قسمتی (۱: خیلی کم تا ۵: خیلی زیاد) بهره گرفته شد. سپس داده‌های به دست آمده به اعداد فازی تبدیل شدند (جدول ۳ و ۴). با توجه به

جدول شماره (۳)، از نظر کارشناسان متغیر سن مالک با مقدار ۱/۷۷ بیشترین تأثیر را در نقشه‌های شناختی بر متغیرهای دیگر دارد. به طور مشترک دو متغیر عدم اطمینان از درآمد ثابت و کیفیت زندگی، دسته بعدی از متغیرهایی بودند که با درجه بیرونی ۱/۵ بیشترین تأثیر را بر تغییر کنترل زمین‌های زراعی داشتند. همچنین از نظر کارشناسان، یکپارچه‌سازی اراضی و وضع قوانین سخت برای اجاره‌دار از دیگر متغیرهایی بودند که در جایگاه سوم

با درجه بیرونی ۱/۳۶ بیشترین تأثیر را در تغییر کنترل زمین‌های زراعی داشته‌اند. وضعیت درآمدی و عدم کنترل بر قیمت اجاره‌بهای زمین با درجه بیرونی ۱/۲۴ و ۱/۲۲ در رتبه‌های چهارم و پنجم قرار گرفتند. بررسی‌های دقیق‌تر یافته‌ها نشان داد متغیرهای کوچک بودن اندازه خانوار، برخورداری از امکانات مورد نیاز و پس‌انداز و نقدینگی، کمترین تأثیر را بر تغییر کنترل زمین‌های زراعی دارند.

جدول ۳- ویژگی‌های مدل نقشه شناختی فازی محرک‌های مؤثر بر تغییر کنترل زمین‌های زراعی

ویژگی‌ها	تعداد عناصر مدل	تعداد کل تراکم	تعداد ارتباط به ازای هر عنصر	انتقال دهنده	دریافت کننده	عناصر معمولی سیستم	پیچیدگی سیستم	مقدار
	۴۳	۵۱	۰/۰۳	۱/۱۸	۲۵	۱۷	۰/۰۴	

مهم‌ترین متغیری که در نقشه‌های شناختی بیشترین تأثیر را از متغیرهای دیگر می‌پذیرد، تغییر کنترل زمین‌های زراعی به درجه درونی ۱۲/۴۸ می‌باشد. دومین متغیر مهمی که از متغیرهای دیگر تأثیر می‌پذیرد، ریسک‌های کشاورزی با درجه بیرونی ۳/۳۱ می‌باشد. در این راستا متغیر مهاجرت جوانان با درجه درونی ۲/۲۸ جایگاه سوم را به خود اختصاص داد. افزون بر این، متغیرهای هزینه تولید در واحد سطح و ناکارایی سازمان‌های دولتی با درجه بیرونی ۱/۳۸ و ۱/۲۲ در مکان‌های چهارم و پنجم قرار گرفتند. همان‌گونه که در

جدول شماره ۴ ملاحظه می‌شود بیشترین عدد مرکزیت مربوط به متغیر تغییر کنترل زمین‌های زراعی می‌باشد. این عدد برای متغیر مذکور برابر با ۱۲/۴۸ می‌باشد که نشان‌دهنده اهمیت این متغیر برای کارشناسان است. دومین متغیر مهم نقشه ریسک‌های کشاورزی با مرکزیت ۴/۰۳ می‌باشد. در این خصوص متغیر مهاجرت جوانان با مرکزیت ۲/۹۴ جایگاه سوم را از آن خود نمود. افزون بر این، متغیر باخبر ساختن مالک از معایب تغییر کنترل زمین‌های زراعی ۲/۳۶ از مرکزیت بیشتری نسبت به سایرین برخوردار بودند.

جدول ۴- شاخص‌های گراف برای هر یک از متغیرها برای کارشناسان

متغیر	درجه بیرونی	درجه درونی	مرکزیت	نوع متغیر
عدم ارائه کود و سم به اجاره‌دار	۰/۶۱	۰/۶۹	۱/۳۰	معمولی
تغییرات اقلیمی	۰/۵۵	-	۰/۵۵	پیشران
حمایت بیمه‌ای از مالک	۰/۶۷	-	۰/۶۷	پیشران

ادامه جدول ۴- شاخص‌های گراف برای هر یک از متغیرها برای کارشناسان

متغیر	درجه بیرونی	درجه درونی	مرکزیت	نوع متغیر
ریسک‌های کشاورزی	۰/۷۲	۳/۳۱	۴/۰۳	معمولی
سیستم‌های نوین آبیاری	۰/۶۷	-	۰/۶۷	پیشران
برخورداری از امکانات مورد نیاز	۰/۵۳	-	۰/۵۳	پیشران
عدم اطمینان از درآمد ثابت	۱/۵	-	۱/۵	پیشران
کشاورزی قراردادی	۰/۵۶	-	۰/۵۶	پیشران
زیرساخت‌های مناسب	۰/۶۷	۱/۲۰	۱/۸۷	معمولی
بازاریابی نامناسب	۰/۶۷	-	۰/۶۷	پیشران
افزایش قیمت نهاده‌ها و...	۰/۶۷	۱/۲۰	۱/۸۷	معمولی
ناکارایی سازمان‌های دولتی	۱/۱۱	۱/۲۲	۲/۳۳	معمولی
چند شغله بودن مالک	۰/۷۲	۰/۶۳	۱/۳۵	معمولی
خرید تضمینی محصول	۰/۶۴	-	۰/۶۴	پیشران
تمایل مالک به کار در کشاورزی	۰/۶۷	۱/۱۹	۱/۸۶	معمولی
وضعیت درآمدی	۱/۲۴	-	۱/۲۴	پیشران
پس‌انداز و نقدینگی	۰/۵۳	۱/۱۹	۱/۷۲	معمولی
تغییر کنترل زمین‌های زراعی	-	۱۲/۴۸	۱۲/۴۸	دریافت‌کننده
وضع قوانین سخت برای اجاره‌دار	۱/۳۶	-	۱/۳۶	پیشران
امکان کار در روستا	۰/۸۱	-	۰/۸۱	پیشران
کیفیت زندگی	۱/۵	-	۱/۵	پیشران
تمایل نسل جدید به کشاورزی خرده مالکی	۰/۶۱	-	۰/۶۱	پیشران
مهاجرت جوانان	۰/۶۷	۲/۲۸	۲/۹۴	معمولی
هزینه تولید در واحد سطح	۰/۶۱	۱/۳۸	۱/۹۸	معمولی
یکپارچه‌سازی	۱/۳۶	-	۱/۳۶	پیشران
پراکندگی زمین‌ها	۰/۶۹	-	۰/۶۹	پیشران
موانع و مشکلات قانونی و اداری	۰/۶۴	-	۰/۶۴	پیشران

ادامه جدول ۴- شاخص‌های گراف برای هر یک از متغیرها برای کارشناسان

متغیر	درجه بیرونی	درجه درونی	مرکزیت	نوع متغیر
به‌کارگیری نیروهای دولتی ناآگاه و کم‌سواد	۰/۵۸	-	۰/۵۸	پیشران
کوچک بودن بعد خانوار	۰/۴۲	-	۰/۴۲	پیشران
پیشنهاد نرخ بالای اجاره	۰/۷۲	۰/۵۵	۱/۲۷	معمولی
عدم کنترل بر قیمت اجاره‌بهای زمین	۱/۲۲	۰/۶۱	۱/۸۳	معمولی
عدم ارائه خدمات کشاورزی به اجاره‌دار	۰/۵۵	۰/۶۷	۱/۲۲	معمولی
تبادل نظر با سایر مالکان	۰/۵۸	-	۰/۵۸	پیشران
مشاهده عینی مالک از معایب اجاره‌داری	۰/۵۸	-	۰/۵۸	پیشران
برگزاری کلاس‌های ترویجی	۰/۶۴	-	۰/۶۴	پیشران
باخبر ساختن مالک از معایب اجاره‌داری	۰/۵۶	۱/۷۹	۲/۳۶	معمولی
توانایی مالک در مدیریت پس از برداشت	۰/۶۷	۰/۵۸	۱/۲۵	معمولی
دانش کشت جدید	۰/۵۵	۰/۶۴	۱/۱۹	معمولی
سن مالک	۱/۷۷	-	۱/۷۷	پیشران
مهارت کشت جدید	۰/۵۸	۰/۵۵	۱/۱۳	معمولی
جایگاه اجتماعی شغل کشاورزی	۰/۶۱	-	۰/۶۱	پیشران
ارائه تسهیلات به مالک	۰/۵۸	-	۰/۵۸	پیشران
راحت‌طلبی مالک	۰/۵۸	-	۰/۵۸	پیشران

بحث و نتیجه گیری

در پژوهش حاضر سعی شد با استفاده از نقشه-های شناختی فازی به بررسی محرک‌های مؤثر بر تغییر کنترل زمین‌های زراعی پرداخته شود. بر اساس یافته‌ها، سن مالک با درجه بیرونی ۱/۷۷ بیشترین تأثیر را در نقشه شناختی بر متغیرهای دیگر دارد. در این راستا، فنگ و هیرینک (۲۰۰۸) عنوان می‌دارند سن مالک با تمایل به اجاره دادن زمین‌های کشاورزی رابطه معکوس دارد. بدین شکل که هرچه سن مالکان افزایش می‌یابد. مهارت و تجربه بیشتری برای به دست آوردن بازده بیشتر در کشاورزی دارند، لذا از اجاره دادن زمین پرهیز می‌کنند؛ چرا که راه‌های مناسب برای رسیدن به سطح درآمد مناسب را می‌دانند. به این ترتیب می‌توان گفت جوان‌ترها به دلیل نداشتن تجربه کافی نمی‌توانند به بازده بالای درآمدی برسند، لذا تمایل بیشتری به اجاره دادن زمین‌های تحت تملک خود دارند. این در حالی بود که یافته‌های میدانی تحقیق حاضر نشان می‌داد که افراد مسن به دلیل کهنولت تمایل بیشتری به اجاره دادن اراضی خود دارند. از این رو متغیر سن، رابطه مثبتی با اجاره دادن اراضی دارد. در این راستا می‌توان این‌گونه استدلال نمود که اگرچه افراد میان‌سال تمایلی به اجاره دادن اراضی خود ندارند اما افراد سالمند تمایلی به حفظ اراضی خود ندارند.

همچنین از نظر کارشناسان یکپارچه نبودن اراضی و عدم وجود قوانین سخت از دیگر متغیرهایی بودند که در جایگاه سوم با درجه بیرونی ۱/۳۶ بیشترین تأثیر را در تغییر کنترل زمین‌های زراعی داشته‌اند. در این خصوص، فوربور و همکاران (۲۰۱۴) بر این باورند ابزار قانونی بر روی جابه‌جایی مالکیت و حقوق ملکی مزارع تأثیر می‌گذارد؛ بدین شکل که با وضع قوانین و مقررات خاصی از تقسیم یا تغییر مالکیت زمین‌ها جلوگیری یا بر آن نظارت می‌شود.

بر اساس نتایج، دو متغیر عدم اطمینان از درآمد ثابت، پایین بودن کیفیت زندگی مالک دسته بعدی از متغیرهایی بودند که با درجه بیرونی ۱/۵ و ۱/۲۴ بیشترین

تأثیر را بر تغییر کنترل زمین‌های زراعی داشتند. در این خصوص به نظر می‌رسد مالکان به دلیل توسعه بازارهای اجاره دادن اراضی کشاورزی و افزایش قیمت اجاره زمین‌های-ترجیح می‌دهند که به جای کشت و کار و ریسک بالای آن اقدام به اجاره دادن اراضی خود کنند تا بدین ترتیب کیفیت زندگی خود را بهبود بخشند. انجام این کار از دیدگاه پژوهشگرانی همچون فاروگ و همکاران (۱۹۹۷)، کارتر و همکاران (۱۹۹۸)، جین و دایجینگر (۲۰۰۹)، داینینگر و همکاران (۲۰۰۵)، دنینگرتال و همکاران (۲۰۰۵) مطلوب ارزیابی می‌شود. آنان تأیید کرده‌اند این فرآیند موجب توزیع مجدد زمین‌ها و تسهیل انتقال زمین از افراد با قابلیت‌ها و توانایی‌های کمتر به افراد با توانایی‌های بیشتر و از خانواده‌های غنی به خانواده‌های ضعیف‌تر می‌شود، لذا توسعه بازارهای اجاره‌داری موجب بهبود کارایی در بخش‌های خرد و کوچک می‌شود. چمبرلین و ریکر-گیلبرت^۱ (۲۰۱۶) نیز بر این باور است که با اجاره زمین‌های زراعی از افراد کم‌توان به افراد تواناتر می‌تواند منجر به افزایش بهره‌وری در بخش کشاورزی شد.

اولین متغیر مهمی که از متغیرهای دیگر تأثیر می‌پذیرد، ریسک‌های کشاورزی با درجه بیرونی ۳/۳۱ می‌باشد. بنین و همکاران^۲ (۲۰۰۵) نیز تأیید می‌کنند که تغییر در محیط تولید می‌تواند نقش بسزایی در افزایش و توسعه نظام اجاره‌داری داشته باشد. به عنوان مثال تغییرات اقلیمی و عدم پیش‌بینی پدیده‌های آب و هوایی سبب شده است که کشاورزان در برخی فصول زراعی غافلگیر شده و ضرر بسیاری را متحمل شوند. در این راستا متغیر مهاجرت جوانان با درجه درونی ۲/۲۸ جایگاه دوم را به خود اختصاص داد. افراد جوان روستا که عموماً برای تحصیل یا دسترسی به خدمات رفاهی و بهداشتی به شهرها مراجعه می‌کنند و در شهر ماندگار می‌شوند. افراد مسن‌تر نیز که به دلیل نیاز به خدمات بهداشتی و درمانی راهی شهرها شده‌اند از رفت و آمدهای مکرر خسته و

1 -Chaberlin & Ricker-Gilbert

2 -Benin et al

ترجیح می‌دهند کوچ کنند به ویژه زمانی که مستأجر مناسب برای زمین‌هایشان فراهم است. افراد تحصیل‌کرده نیز در مناطق روستایی نمیتوانند شغل مناسب با تخصص و زمینه تحصیلاتشان را یافته، لذا در شهر می‌مانند تا شغل مناسب پیدا کنند. با مهاجرت نیروی جوان از روستا به شهرها بافت سنی روستاها پیرتر شده و دسترسی بسیاری از خانواده‌ها به نیروی فعال کار خانوادگی کم شده است، از آنجا که پرداخت دستمزد به کارگران روزمزد از سود نهایی و گاهی از کیفیت محصول می‌کاهد، لذا مالکین اجاره دادن زمین‌ها را به‌عنوان راهکاری مناسب می‌پندارند و فارغ از آنچه بر سرزمین‌هایشان می‌آید، زمین‌ها را اجاره می‌دهند و به امید زندگی راحت‌تر به شهر مهاجرت می‌کنند. این یافته با نتایج پژوهش غفاری (۱۳۸۹) هم مطابقت دارد. علاوه بر این، متغیرهای هزینه تولید در واحد سطح با درجه بیرونی ۱/۳۸ مکان چهارم را به خود اختصاص داد.

نکته حائز اهمیت در این مطالعه آن بود که متغیر "مطلع ساختن مالک از معایب تغییر کنترل زمین‌های زراعی" ۲/۳۶ از مرکزیت بیشتری نسبت به سایرین برخوردار است. از این‌رو می‌توان این‌گونه استدلال نمود اگر مالک اطلاع جامعی در مزایا و معایب اجاره‌داری داشته باشد می‌تواند با دید واقع بینانه تری تصمیم‌گیری نموده و اقدام به تغییر کنترل زمین‌های زراعی خود نماید.

پیشنهادهای

بر اساس یافته‌های پژوهش می‌توان پیشنهادهای زیر را ارائه نمود:

نخست با توجه به اهمیت سن مالک در تغییر کنترل زمین‌های زراعی و مهاجرت جوانان از روستا توصیه

می‌شود که امکانات بیشتری در مناطق روستایی برای افراد جوان فراهم شود و با توانمندسازی و مهارت افزایی قشر جوان و آشنا نمودن آنان با کشت‌های درآمدزا نسبت به تشویق بیشتر برای ماندگاری آنان در روستا اقدام و ایجاد جاذبه نمود. این اقدام می‌تواند منجر به افزایش درآمد و کیفیت زندگی خانوارهای روستایی شود. دوم اینکه تدوین و طراحی ابزارهای قانونی جهت یکپارچه‌سازی اراضی و ایجاد ضمانت اجرایی برای آن می‌تواند در این تغییر کنترل تأثیرگذار باشد. از این‌رو لازم است که این پیشنهاد توسط مسئولین استان مورد واکاوی قرار گرفته و در اختیار برنامه‌ریزان و سیاستمداران قرار گیرد. همچنین لازم است که در برخی قوانین مدنی مانند ارث بازنگری لازم انجام شود. بر اساس بررسی‌ها، قانون مزبور در خردی و پراکندگی اراضی بازخورد منفی زیادی داشته است. به‌گونه‌ای که امروزه به یکی از مهم‌ترین معضلات بخش کشاورزی تبدیل شده است. سوم بر اساس یافته‌ها به نظر می‌رسد یکی از راه‌های مؤثر در تغییر کنترل زمین‌های زراعی، مدیریت ریسک و مدیریت بحران باشد. از این‌رو توصیه می‌شود که با اجرای کشاورزی آموده، هوشمند، دقیق و استفاده از سامانه‌های ماهواره‌ای امکان ریسک‌های کشاورزی را به حداقل رساند. این سامانه‌ها می‌توانند با رصد لحظه‌به‌لحظه پدیده‌های کشاورزی موجب مدیریت و کنترل ریسک‌ها قبل از وقوع و حتی بعد از وقوع آن شوند. چهارم اینکه با توجه به نقش آگاهی مالک در تغییر کنترل زمین‌های زراعی توصیه می‌شود کلاس‌های ترویجی با عنوان "بررسی جوانب گوناگون اجاره‌داری" در مناطقی که دارای روند رو به رشد اجاره‌داری هستند توسط جهاد کشاورزی برگزار شود.

فهرست منابع

۱. دانشور کاخکی، م. کرباسی، ع. و الف، افسر پناه. ۱۳۷۹. بررسی وضعیت نظام‌های بهره‌برداری در زمین‌های کشاورزی استان قدس رضوی. اقتصاد کشاورزی و توسعه. (۲۹): ۱۸۵-۲۰۰.

۲. شکریگی، م. ۱۴۰۰. بررسی عوامل موثر بر پذیرش تکنولوژی پهپاد در بین سیب‌زمینی‌کاران شهرستان کرمانشاه، با تاکید بر رهیافت‌های گذشته نگر و آینده‌نگر (Ex-Post & Ex-Ante). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه رازی، کرمانشاه.
۳. طالب پور، ع. و ص. احمدی. ۱۳۸۸. ارزیابی هوشمندانه نقشه شناختی فازی (FCM). فصلنامه چشم‌انداز مدیریت. (۳۰): ۲۸-۹.
۴. عبدلی سلطان احمدی، ج.، امانی ساری بگلو، ج. و م. کاظم زاده بیطالی. ۱۳۹۶. بررسی عوامل موثر بر سوء مدیریت مواد مخدر از دیدگاه دانشجویان: کاربست نقشه های شناختی فازی. فصلنامه اعتیاد پیوهی. ۱۱(۴۱): ۲۲۶-۲۲۷.
۵. غفاری، ر. و م. هرچگانی. ۱۳۸۹. تحلیلی بر عوامل مؤثر در مهاجرت روستایی به شهر. نشریه مسکن و محیط روستا. ۲(۱۳۲): ۹۱-۱۰۲.
۶. قنبری، م.، رستمی، ف. و ش. گراوندی، ۱۳۹۹. پیامدهای اجاره داری نقدی در ماهیدشت کرمانشاه: تقابل دیدگاه های مارشالین و چئونگین. فصلنامه پژوهش های روستایی. ۱۱(۲): ۳۸۴-۳۹۵.
۷. محمدی فر، ی. و م. ر. الماسی فر. ۱۳۹۹. تبیین پیشران های اجتماعی و اقتصادی تعمیق پدیده بیکاری در کرمانشاه. دو فصلنامه پژوهش های جامعه شناسی معاصر. ۹(۱۶): ۱۱۷-۱۴۱.
8. Aounallah, M. K. 2020. Evaluation of Farms' Sustainability According to Land Tenure in Mornag, Tunisia. Caraka Tani Journal of Sustainable Agriculture. 36(1):45-57
9. Ayamga, M., Yeboah, R. W. N., & S. N. Ayambila. 2016. An analysis of household farm investment decisions under varying land tenure arrangements in Ghana. Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics (JARTS). 117(1): 21-34.
10. Barry, P. J., Escalante, C. L., & L. E. Moss. 2002. Rental premiums for share versus cash leases. In annual meeting of the American Agricultural Economics Association, Long Beach.
11. Benina, S., Ahmed, M., Pender, J. & D. Ehui. 2005. Development of Land Rental Markets and Agricultural Productivity Growth: The Case of Northern Ethiopia. Journal of African economics. 14(1) : 21-54
12. Carter, M. R., & P. Olinto. 1998. Do the "poor but efficient" survive in the land market? Capital access and land accumulation in Paraguay ,Paper presented at the 21st International Congress of the Latin American Studies Association, 24-26 September 1998, Chicago, Illinois. 27 pp
13. Chamberlin, J., & J. Ricker-Gilbert. 2016. Participation in Rural Land Rental Markets in Sub-Saharan Africa: Who Benefits and by How Much? Evidence from Malawi and Zambia. American Journal of Agricultural Economics. 98. aaw021. 10.1093/ajae/aaw021.
14. Deininger, K., Jin, S., Adenw, B., S. Gebre-Selassie. 2005. Mechanisms for Land Transfer in Ethiopia: Implications for Efficiency, Equity, and Non-farm Development, Policy Research Working Paper, World Bank, Washington, D.C. 29 pp.
15. Drake, L. S. 1952. Comparative Productivity of Share-and Cash-Rent Systems of Tenure. Journal of Farm Economics. 34(4): 535-550.
16. Feng, S., & N. Heerink. 2008. Are farm households' land renting and migration decisions inter-related in rural China? NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences. 55(4): 345-362.
17. Forbord, M., Bjørkhaug, H., & R. J. Burton. 2014. Drivers of change in Norwegian agricultural land control and the emergence of rental farming. Journal of Rural Studies. 33: 9-19.

18. Foudi, S. 2012. The role of farmers' property rights in soil ecosystem services conservation. *Ecological Economics*. 83: 90-96.
19. Holden, S. T., Otsuka, K. & F. M. Place. 2009. Understanding Land Markets.” In *The Emergence of Land Markets in Africa: Impacts on Poverty, Equity and Efficiency*, Chapter 2, ed. Holden S.T.Otsuka Place F.M., 18-51 Washington DC: Resources for the Future Press.
20. Ibn Zackaria, A. 2013. Evolution of Land Rental Arrangements in Rural Ghana: Evidence from Farming Communities in Wa East and Gomoa East Districts of Ghana. *Ghana Journal of Geography*. 5(1): 121-141.
21. Ip, P. C., & C. W. Stahl. 1978. Systems of land tenure, allocative efficiency, and economic development. *American Journal of Agricultural Economics*. 60(1): 19-28
22. Jin, S. & K. Deininger. 2009. Land Rental Markets in the Process of Rural Structural Transformation: Productivity and Equity Impacts in China. *Journal of Comparative Economics*. 37: 629-646.
23. Jin, S., & T. S. Jayne. 2013. Land rental markets in Kenya: implications for efficiency, equity, household income, and poverty. *Land Economics*. 89(2): 246-271.
24. Kunkel, L. & J. Peterson. 2015. A land wners guide to leasing land for farming. [WWW.land for good.org](http://WWW.landforgood.org)
25. Makrinos, A., Papageorgiou, E. I., Stylios, Ch. & T. A. Gemtos. 2007. Introducing Fuzzy Cognitive Maps for decision making in precision agriculture. 6th European Conference on Precision Agriculture
26. Nguyen, T. Th., Tran, v. T., Nguyen, Th. T. & U. Grote. 2021. Farming efficiency, cropland rental market and income effect: evidence from panel data for rural Central Vietnam. *European Review of Agricultural Economics*. 48(1): 207-248
27. Qiu, T., He, Q., Boris choy, S. T., Li, Y., B. Luo. 2020. The impact of land renting-in on farm productivity: evidence from maize production in China. *China Agricultural Economic Review*. 13(1): 1-19.
28. Grossman, M. R. 1992. Agricultural leases: Some Issues in landlord- Tenant Relationship. *Journal of Agribusiness*. 10(1): 15.
29. Zhang, J., Mishra, A. K., Zhu, P. & X. Li. 2020. Land rental market and agricultural labor productivity in rural china: A mediation Analysis. *World Development*. 135(5): 105089.

بررسی شاخص‌های کیفیت خاک در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی تحت کشت گیاه کلزا در استان کرمانشاه

امین حیدری، علی بهشتی آل‌آقا^۱، فاطمه رخس و حمیدرضا چقازردی

کارشناس ارشد حاصلخیزی و زیست‌فناوری خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. amin72heidary@gmail.com

دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. beheshtiali97@gmail.com

دکتری علوم خاک، گروه علوم خاک، دانشگاه زنجان، ایران. rakhsh.fatemeh@alumni.znu.ac.ir

استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. hamidrezachaghazardi@yahoo.com

دریافت: خرداد ۱۴۰۱ و پذیرش: مرداد ۱۴۰۱

چکیده

خاک‌ورزی می‌تواند از طریق ایجاد تغییر در ویژگی‌های خاک، به پایداری کشاورزی و بهبود کیفیت خاک کمک نماید. یکی از ابزارهای مفید برای بررسی وضعیت مدیریت خاک در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی، ارزیابی کیفیت خاک با استفاده از شاخص‌های کمی است. این مطالعه به منظور بررسی اثرات سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی بر برخی از شاخص‌های کیفیت خاک در یک مزرعه تحقیقاتی در استان کرمانشاه انجام گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو عمق صفر تا ۲۵ و ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متری و در سه روش مختلف بی‌خاک‌ورزی، خاک‌ورزی کاهشی و خاک‌ورزی مرسوم انجام شد. ویژگی‌های مختلف خاک اندازه‌گیری شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سامانه‌های خاک‌ورزی بر ویژگی‌های زیستی با شدت‌های مختلفی تأثیرگذار بوده است. با تغییر سامانه خاک‌ورزی مرسوم به حفاظتی، بیشتر ویژگی‌های خاک تغییر مثبتی داشته و منجر به بهبود کیفیت خاک گردید. در بین ویژگی‌های زیستی، کربن زیست زنده میکروبی به ترتیب با ۵۳/۴۹ و ۴۲/۴۵ درصد افزایش، بیشترین تغییر را داشت. در بین ویژگی‌های مورد بررسی، ویژگی‌های زیستی در مقایسه با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بیشتر تحت تأثیر سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی قرار گرفت. شاخص‌های کیفیت تجمعی و نیرو بیشترین مقدار را به ترتیب در سامانه بی‌خاک‌ورزی، کاهشی و مرسوم داشته و شاخص کیفیت تجمعی صحت بیشتری در تعیین کیفیت خاک داشت.

واژه‌های کلیدی: تخریب خاک، حفاظت خاک، زیست‌توده میکروبی، شاخص تجمعی، شاخص نیرو

^۱ - آدرس ایمیل نویسنده مسئول: beheshtiali97@gmail.com

مقدمه

حفاظت و یا تخریب خاک بستگی به نحوه استفاده از خاک و مدیریت کشاورزی دارد. خاک‌ورزی از جمله عوامل مدیریتی مهمی است که می‌تواند موجب تخریب یا بهبود ساختمان خاک شود (گرچی و همکاران، ۱۳۹۵). در حقیقت خاک‌ورزی عملیات برهم زدن مکانیکی خاک به منظور تهیه بستر بذری، حفاظت آب و خاک، از بین بردن فشردگی خاک و کنترل علف‌های هرز برای تولید محصولات کشاورزی است (گرچی و همکاران، ۱۳۹۵). در مجموع، سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی از بیشینه تا کمینه به ترتیب خاک‌ورزی مرسوم، کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی می‌باشند. اجرای خاک‌ورزی مرسوم در درازمدت تشدید فشردگی و ایجاد لایه سخت در اعماق خاک را به دنبال دارد (التی‌تی، ۲۰۱۰). هرچه شدت انرژی وارد شده به خاک از طریق خاک‌ورزی بیشتر گردد، سرعت تجزیه ماده آلی و بقایای گیاهی افزوده شده به خاک افزایش می‌یابد (واتس و همکاران، ۲۰۰۰).

سامانه‌های خاک‌ورزی کاهش یافته، به دلیل افزایش مواد آلی خاک، برهم زدن کمتر خاک و حفظ رطوبت بیشتر خاک می‌تواند میزان فعالیت‌های زیستی و جمعیت‌های ریزجانداران خاک را افزایش دهد (رئیس‌ی، ۲۰۰۷). عملیات شخم با افزایش مقدار اکسیژن قابل دسترس برای ریزجانداران خاک باعث افزایش فعالیت‌های زیستی و تجزیه بیشتر مواد آلی خاک و در نتیجه کاهش کیفیت خاک می‌شود. روش‌های شخم رایج، تعادل بین انباشت و آزاد شدن کربن خاک را برهم زده و سبب تشدید تنفس خاک در مقایسه با میزان کربن ذخیره شده در خاک می‌شود (کندی و پاپندیک، ۱۹۹۵). محمدی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی روش‌های مختلف کوددهی و خاک‌ورزی بر فعالیت آنزیمی خاک نشان دادند که فعالیت فسفاتاز اسیدی، قلیایی و سلولاز در تیمار بدون خاک‌ورزی افزایش معنی‌داری نسبت به سامانه خاک‌ورزی متداول داشته و بیشترین تعداد باکتری در هر گرم خاک خشک، در سامانه بدون خاک‌ورزی موجود بود.

نتایج تحقیقات رشیدی و همکاران (۱۳۹۰)

بیانگر آن است که فعالیت آنزیم فسفاتاز در عمق ۵۰ سانتی-متری خاک در سامانه‌های خاک‌ورزی کاهش یافته، بیش از سامانه خاک‌ورزی متداول است. فعالیت بیشتر آنزیم فسفاتاز و دهیدروژناز در اعماق زیاد خاک ممکن است به تخریب زیستگاه ریزجانداران خاک مربوط باشد. همچنین با اعمال سامانه خاک‌ورزی کاهش یافته با استفاده از گاوآهن پنجه‌غازی، فعالیت آنزیم دهیدروژناز افزایش پیدا کرد. نتایج تحقیقات رحیم‌زاده و نوید (۱۳۹۰) در اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک نشان داد که روش خاک‌ورزی بر pH خاک تأثیر معنی‌داری داشته و در تیمار بی - خاک‌ورزی به مقدار جزئی کاهش یافت. این موضوع به دلیل افزایش میزان کربن آلی بوده است.

سامانه خاک‌ورزی کم یا بدون خاک‌ورزی می‌تواند باعث ارتقاء ساختمان خاک و نیز افزایش ترسیب کربن در خاک‌های تحت کشاورزی شود. اثرگذاری این روش‌ها به نوع خاک، نوع محصول و سامانه‌های مدیریت خاک‌ورزی بستگی دارد (سامبرو، ۲۰۱۰). بررسی تأثیر خاک‌ورزی بر کیفیت خاک در ایلینیوس آمریکا نشان داده که کربن آلی خاک، حساس‌ترین و بهترین شاخص سنجش کیفیت خاک بوده و از طرفی خاک‌ورزی نیز اصلی‌ترین عامل افزایش، اکسیداسیون و تسریع از دست رفتن کربن آلی خاک است. ماده آلی با افزایش پایداری خاکدانه‌ها به‌خصوص در قسمت سطحی خاک، مانع از پراکندگی ذرات خاک در طی وزش باد و جریان یافتن آب می‌شود (مانلی رافائل و همکاران، ۲۰۰۷).

با توجه به اهمیت کیفیت خاک، ارزیابی کمی خاک برای تعیین میزان پایداری سامانه‌های مدیریت اراضی و کمک به سازمان‌های دولتی برای ایجاد مدیریت کشاورزی پایدار و کاربری صحیح زمین، ضروری است. همچنین با توجه به این نکته که سطح زیر کشت اراضی کشاورزی در استان کرمانشاه در مقیاس کشوری حائز اهمیت است بنابراین نتایج این پژوهش اطلاعات با ارزشی

را برای محققان و مجریان بخش‌های کشاورزی و منابع-طبیعی فراهم می‌کند.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی روش‌های مختلف خاک‌ورزی، شامل روش بی خاک‌ورزی (به مدت پنج سال)، روش خاک‌ورزی کاهشی (سه سال) و روش خاک‌ورزی مرسوم بر شاخص‌های زیستی خاک‌های تحت کشت گیاه کلزا (تمام مناطق دارای سیستم آبیاری قطره‌ای بوده و از کودهای مرسوم استفاده شده بود)، این آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در قالب فاکتوریل، با دو عامل، شامل روش‌های مختلف خاک‌ورزی (بی خاک‌ورزی، خاک‌ورزی کاهشی و خاک‌ورزی مرسوم) و دو عمق (صفر تا ۲۵ و ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متر) و با سه تکرار در مجموع ۱۸ نمونه خاک، انجام شد. منطقه مطالعاتی واقع در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی در محدوده عرض جغرافیایی 34° تا 33° و 47° تا 46° و در ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح دریا قرار داشت.

محل‌های نمونه‌برداری در شکل ۱ مشخص شده است که از هر موقعیت ثبت شده در شکل به اندازه سه کیلوگرم خاک جمع‌آوری شد. پس از هوا خشک کردن نمونه‌های خاک و عبور از الک دو میلی‌متری، ویژگی‌های مهم فیزیکی و شیمیایی خاک با روش‌های مرسوم اندازه‌گیری شد (استفان و همکاران، ۲۰۱۳). برای اندازه‌گیری ویژگی‌های زیستی از لوازم استریل استفاده شد و نمونه‌های جمع‌آوری شده در ظرف دربسته با حفظ رطوبت خاک و در دمای چهار درجه سانتی‌گراد به آزمایشگاه منتقل شدند. زنجیره سرمایی نمونه‌ها تا زمان انجام اندازه‌گیری حفظ شد.

وزن مخصوص ظاهری خاک (BD) به روش سیلندر (استفان و همکاران، ۲۰۱۳)، کربن آلی (OC) به روش اصلاح شده واکلی و بلاک (۱۹۳۴)، هدایت الکتریکی عصاره اشباع (ECe) با دستگاه رسانایی سنج الکتریکی در عصاره (پیچ و همکاران، ۱۹۹۲)، pH گل اشباع با دستگاه pH متر (مک‌لین، ۱۹۸۲)، کربنات کلسیم معادل (CaCO_3) به روش ریچاردز (۱۹۵۴) و درصد رس قابل انتشار (DC) به روش راسموسن و کولینر (۱۹۹۱) تعیین شدند.

میزان کربن معدنی شده یا تنفس تجمعی خاک (C_{min}) با اندازه‌گیری مقدار دی‌اکسید کربن حاصل از تنفس میکروبی و از طریق تیتراسیون برگشتی سود باقیمانده با اسید کلریدریک در نمونه‌های خاک برای مدت ۸ هفته تعیین شد (اندرسون، ۱۹۸۲). مقدار تنفس پایه (BR) بر اساس روش اسشینر و همکاران (۱۹۹۶) در مدت ۲۴ ساعت و تنفس برانگیخته (SIR) بر اساس روش الف و نانپیری (۱۹۹۵) اندازه‌گیری گردیدند. کربن زیست توده میکروبی (MBC) از اختلاف تنفس خاک تدخین شده با کلروفرم و خاک تدخین نشده طی ۱۰ روز انکوباسیون به دست آمد. مقدار کربن به دست آمده با اعمال ضریب ۰/۴۵ به کربن توده زنده میکروبی تبدیل گردید (هووارث و پاول، ۱۹۹۴). کسر متابولیکی ($q\text{CO}_2$) یا تنفس ویژه زیست توده میکروبی از تقسیم مقدار کربن متصاعد شده از نمونه‌های تدخین نشده طی ۱ روز (تنفس پایه) بر کربن زیست توده میکروبی به دست آمد (سومان و همکاران، ۲۰۰۶). کسر متابولیکی در واقع فعالیت میکروبی را به جمعیت (زیست توده میکروبی) ارتباط می‌دهد یا در واقع عملکرد فیزیولوژیکی زیست توده میکروبی کل در واحد زمان است. میزان فعالیت آنزیم‌های اوره آز (Urease) و اینورتاز (Invertase) با روش‌های مرسوم (الف و نانپیری، ۱۹۹۵) تعیین گردید.



شکل ۱- نقاط نمونه‌برداری در هر سه روش مختلف خاک‌ورزی

P_{ave} = میانگین نمره تعلق یافته به ویژگی‌های انتخاب شده در هر نمونه خاک، P_{min} = حداقل نمره موجود در بین ویژگی‌های انتخاب شده برای هر نمونه و n = تعداد ویژگی‌های مورد نظر برای محاسبه شاخص.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل سامانه خاک‌ورزی و عمق بر ویژگی‌های تنفس تجمعی، تنفس پایه و کربن زیست توده میکروبی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بودند (جدول ۱). اثرات متقابل تیمارها بر تنفس برانگیخته و فعالیت آنزیم‌های اوره آز و اینورتاز معنی‌دار نشدند (جدول ۱).

تأثیر سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی و عمق بر تنفس تجمعی خاک

نتایج حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد در مقدار تنفس تجمعی بین سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی در دو عمق است به نحوی که معدنی شدن کربن در سامانه بی‌خاک‌ورزی در لایه سطحی و عمقی ۵۳ و ۴۲ درصد افزایش نسبت به خاک‌ورزی مرسوم داشت (جدول ۲). سامانه خاک‌ورزی کاهشی حد واسط این دو خاک‌ورزی بود. در هر دو عمق مورد مطالعه، همان‌طور که

پس از تجزیه‌های آزمایشگاهی، داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزارهای SAS 9.1 و SPSS 22 پس از احراز و تأمین پیش‌شرط‌های تجزیه واریانس (توزیع نرمال با استفاده از آزمون اندرسون-دارلینگ و همگن بودن واریانس تیمارها با استفاده از آزمون له ون) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. میانگین‌ها با استفاده از آزمون مقایسه حداقل دامنه‌های معنی‌دار (دانکن) در سطح احتمال پنج و یک درصد مقایسه شدند. برای تجزیه واریانس داده‌ها از روش تجزیه واریانس دو طرفه (Tow-Way ANOVA) استفاده شد. برای ارزیابی کیفیت خاک از شاخص کیفیت تجمعی و شاخص نِمرو^۲ در دسته مجموعه کل ویژگی‌ها و دسته داده‌ها (ویژگی‌های) حداقل استفاده شد. مجموعه حداقل داده‌ها از بین ویژگی‌هایی با ارزش ویژه بزرگ‌تر از یک در نرم‌افزار SPSS به روش تجزیه مؤلفه اصلی به دست آمد. در ادامه شاخص‌های کیفیت تجمعی (معادله ۱) (دوران و پارکین، ۱۹۹۴) و نِمرو (معادله ۲) (جانکینسون و لاد، ۱۹۸۱) بر اساس فرمول‌های محاسباتی آن‌ها برای هر دو دسته داده شامل کل ویژگی‌ها و دسته داده حداقل در نرم‌افزار Excel محاسبه شد.

(۱) شاخص کیفیت تجمعی
$$IQI = \sum_{i=1}^n W_i \times N_i$$
 W_i = وزن تعلق یافته به هر ویژگی خاک، N_i = مقدار نمره تعلق یافته به هر ویژگی و n = تعداد ویژگی‌های مورد نظر.

(۲) شاخص کیفیت نِمرو
$$NQI = \sqrt{\frac{P_{ave}^2 + P_{min}^2}{2}} \times \frac{n-1}{n}$$

خوردن خاک و شکسته شدن خاکدانه‌های بزرگ‌تر به خاکدانه‌های کوچک‌تر و اکسید شدن سریع مواد آلی اشاره کرد. احتمالاً کاهش سطح مواد آلی خاک در نهایت منجر به کاهش تنفس خاک در روش خاک‌ورزی مرسوم نسبت به کاهشی و سپس بی حفاظتی شد.

انتظار می‌رفت بیشترین میزان تنفس یا کربن معدنی شده در سامانه بی خاک‌ورزی (۸۳۵/۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و سپس در سامانه خاک‌ورزی کاهشی و مرسوم مشاهده گردید (جدول ۲). از دلایل اصلی کاهش تنفس معدنی در سامانه مرسوم می‌توان به فشردگی بالا، تراکم زیاد، به هم

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های زیستی

منابع تغییرات	تنفس تجمعی	تنفس پایه	تنفس برانگیخته	کربن زیست‌توده میکروبی	کسر متابولیکی	فعالیت آنزیم اوره آز	فعالیت آنزیم اینورتاز
سامانه خاک‌ورزی	۲۸۹۴/۷۶**	۲/۷۵ ^{NS}	۱۷۳۱/۶۷**	۲۲۷/۴۹**	۲/۷۵ ^{NS}	۱۶۵/۳۰**	۱۸۴**
عمق	۷۱۴/۲۰**	۰/۰۱ ^{NS}	۲۷۲/۱۲**	۳۶/۸۹**	۰/۰۰۰۱ ^{NS}	۸/۱۰*	۰/۶۳ ^{NS}
خاک‌ورزی × عمق	۶/۱۰*	۵/۲۲*	۳/۹۷ ^{NS}	۵/۱۷*	۵/۲۲*	۱/۹۰ ^{NS}	۱/۷۹ ^{NS}
ضریب تغییرات	۰/۴۸	۳/۹۹	۱/۴۱	۳/۱۳	۳/۹۹	۲/۴۰	۳/۰۲
R ²	۰/۹۹	۰/۶۲	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۶۷	۰/۹۶	۰/۴

NS، * و ** به ترتیب به مفهوم معنی‌دار نبودن و معنی‌دار بودن در سطح احتمال پنج و یک درصد

به خاک موجب اختلال در فعالیت این موجودات و کاهش تجزیه مواد آلی می‌شود (جیا و همکاران، ۲۰۰۷)؛ بنابراین تنفس میکروبی نشان دهنده فعالیت عمومی ریزجانداران و به‌ویژه فعالیت هتروتروف‌ها بوده و شاخصی برای تعیین بخش قابل معدنی شدن کربن آلی خاک محسوب می‌شود و مقادیر بیشتر دی اکسید کربن آزاد شده طی فرایند تنفس نشان دهنده سرعت بالای تجزیه کربن آلی و افزایش منابع عناصر غذایی قابل دسترس گیاه است (جیا و همکاران، ۲۰۰۷).

با توجه به نتایج مشاهده می‌شود که میزان تنفس معدنی در هر سه سامانه در لایه سطحی در مقایسه با لایه عمقی بیشتر است. این به دلیل تراکم پوشش گیاهان و کربن آلی بیشتر لایه سطحی در مقایسه با عمق خاک است. در بسیاری از پژوهش‌ها به وابستگی بالای تنفس معدنی به میزان کربن آلی اشاره شده است (مظاهری، ۱۳۹۵؛ جیا و همکاران، ۲۰۰۷). ماده آلی خاک تنها منبع کربن و انرژی لازم برای ادامه فعالیت ریزجانداران تجزیه‌کننده و هتروتروف خاک است و هرگونه کاهش در ورود مواد آلی

جدول ۲- مقایسه میانگین ویژگی‌های زیستی اندازه‌گیری شده

سامانه خاک‌ورزی	عمق	تنفس تجمعی	تنفس پایه	تنفس برانگیخته	کربن زیست توده میکروبی	کسر متابولیکی	فعالیت آنزیم اوره آز	فعالیت آنزیم اینورتاز
	cm	mg C-CO ₂ .kg ⁻¹ soil.56 day ⁻¹	mg C.kg ⁻¹ .12 h ⁻¹	mg C.kg ⁻¹ soil.day ⁻¹	mg.kg ⁻¹	μg C. g ⁻¹ MBC ⁻¹ day ⁻¹	μgNH ₄ ⁺ -N. g ⁻¹ dw ⁻¹ .12h ⁻¹	μg Glucose. g ⁻¹ dw ⁻¹ .24h ⁻¹
مرسوم	۰-۲۵	۶۸۱/۶۷e	۳۸/۱۷d	۱۳۸/۵۱b	۱۴۳/۳۳d	۰/۲۷ a	۲۱۲/۶۷ d	۱۵۵/۶۷ d
	۲۵-۵۰	۶۳۸/۶۷f	۳۴/۶۷e	۱۵۳/۶۷a	۱۳۹/۴۶d	۰/۲۵ b	۱۹۳/۰۰ d	۱۳۸/۳۳ e
کاهشی	۰-۲۵	۷۵۲/۰۰c	۴۶/۶۷b	۱۰۸/۰۰d	۱۹۲/۶۷b	۰/۲۴ b	۲۲۶/۰۰ c	۱۷۹/۰۰ b
	۲۵-۵۰	۶۹۹/۲d	۴۱/۷۳c	۱۱۸/۰۰c	۱۷۰/۵۷c	۰/۲۵ b	۲۱۶/۰۰ cd	۱۶۲/۳۳ c
بی‌خاک‌ورزی	۰-۲۵	۸۳۵/۰۰a	۵۲/۱۳a	۸۴/۰۰f	۲۲۰/۰۰a	۰/۲۴ b	۲۵۳/۳۳ a	۱۹۱/۶۷ a
	۲۵-۵۰	۷۹۶/۳۳b	۵۰/۲۷a	۹۷/۰۰e	۱۹۸/۴۷b	۰/۲۵ b	۲۳۸/۳۳ b	۱۷۸/۰۰ b

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال درصد ندارند

تأثیر سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی و عمق بر تنفس پایه

بیشترین مقدار تنفس پایه به ترتیب (۵۲/۱۳، ۴۶/۶۷ و ۳۸/۱۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم در ۱۲ ساعت) در سامانه‌های بی خاک‌ورزی، کاهشی و مرسوم بود که تفاوت چشمگیری باهم داشتند. مقدار این ویژگی در لایه سطحی در مقایسه با لایه عمقی نیز بیشتر بود (جدول ۲). این نتایج بیانگر آن است که با کاهش مواد آلی در اثر اعمال روش‌های مدیریتی غلط، کشت و کار متراکم و شخم‌های متعدد، از فراوانی و شدت فعالیت میکروب‌ها و در نتیجه تنفس پایه کاسته می‌شود. تنفس پایه در سامانه بی خاک‌ورزی در لایه سطحی و عمقی به ترتیب ۳۷ و ۴۵ درصد افزایش داشت (جدول ۲). همچنین تنفس پایه سامانه خاک‌ورزی کاهشی نیز در دو عمق، ۱۷ و ۲۰ درصد در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم افزایش داشت. در سامانه بی خاک‌ورزی به دلیل وجود مقادیر بالاتر مواد آلی نسبت به سامانه‌های کاهشی و مرسوم و در نتیجه افزایش تنوع زیستی و رشد و فراوانی ریزجانداران خاک، میزان تنفس پایه بیشتر است. همچنین در سامانه بی خاک‌ورزی در مقایسه با سامانه کاهشی و مرسوم ظرفیت نگهداری آب بیشتر است که باعث ایجاد شرایط رطوبتی بهتر، مواد غذایی کافی، افزایش تنوع و جمعیت میکروبی و در نهایت افزایش میزان تنفس پایه می‌شود.

از دیگر دلایل کاهش تنفس در خاک‌ورزی مرسوم، می‌توان به شخم و به هم خوردن بیشتر خاک اشاره نمود. تحت این شرایط هیف قارچ‌ها از بین رفته و جمعیت آن‌ها کاهش می‌یابد (هانگ‌ریا و همکاران، ۲۰۰۹). بابوجا و همکاران (۲۰۱۰) در ارزیابی تنفس پایه در دو سامانه مختلف خاک‌ورزی دریافتند که در سامانه بی خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم، مقادیر بالاتری از تنفس پایه در لایه صفر تا ۴۰ سانتی‌متری خاک مشاهده شد. هانگ‌ریا و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که در خاک‌ورزی مرسوم، ریزجانداران بیشتر تحت محدودیت شدید میزان کربن آلی می‌باشند. دوران و پارکین (۱۹۹۴)، اسپارلینگ (۱۹۹۷) و کاسچوک و همکاران (۲۰۱۰) نیز مشاهده کردند که با

کاربرد سامانه بی خاک‌ورزی میزان تنفس پایه افزایش می‌یابد.

تأثیر سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی و عمق بر کربن زیست‌توده میکروبی

بیشترین و کمترین مقدار کربن زیست‌توده میکروبی با مقدار ۲۲۰ و ۱۳۹/۳۳ در لایه سطحی سامانه بی خاک‌ورزی و لایه عمقی سامانه خاک‌ورزی مرسوم مشاهده شد (جدول ۲). میزان کربن زیست‌توده میکروبی در سامانه بی خاک‌ورزی در لایه سطحی و عمقی در مقایسه با سامانه مرسوم به ترتیب ۵۳ و ۴۲ درصد افزایش داشت (جدول ۲). میزان کربن زیست‌توده میکروبی در سامانه خاک‌ورزی کاهشی بین دو سامانه مرسوم و بی خاک‌ورزی قرار دارد (جدول ۲). این نتایج می‌تواند به دلیل وجود بقایای گیاهی در سطح خاک و تجمع بیشتر کربن در سامانه بی خاک‌ورزی باشد. به دنبال افزایش میزان کربن خاک، جمعیت میکروبی نیز افزایش یافته و منجر به افزایش میزان کربن زیست‌توده میکروبی می‌شود. در سامانه‌های بی خاک‌ورزی قارچ‌ها فرصت رشد و نمو یافته و ریشه‌های آن‌ها در تمامی جهات خاک به آرامی گسترش می‌یابد. این موضوع نه تنها منجر به تشکیل خاکدانه‌های بزرگ و پایدار می‌شود، بلکه زیست‌توده میکروبی خاک را هم به صورت چشمگیری افزایش می‌دهند. این در حالی است که شخم زدن و زیر و رو کردن پی‌درپی خاک، شبکه ریشه‌های قارچی را از هم پاشیده و جمعیت زیست‌توده قارچی را به سرعت کاهش می‌دهد.

سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی مانند بی-خاک‌ورزی و یا کاهشی که گیاهان به‌طور مستقیم با حداقل به هم خوردگی خاک کشت‌شده و روش‌های متنوع تناوب زراعی نیز اجرا می‌شوند، می‌توانند در حفظ و بهبود کیفیت خاک کمک کنند (بیر و همکاران، ۱۹۹۴). اثرات زیست‌توده میکروبی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، تجزیه مواد آلی و نقش واسطه جهت در دسترس بودن مواد غذایی برای گیاهان است. زیست‌توده میکروبی، معدنی شدن مواد

مغذی را تسریع بخشیده و یک منبع کوچک اما متحرک از مواد مغذی ضروری برای رشد گیاه محسوب می‌شود (جنکسون و لاد، ۱۹۸۱). همچنین زیست‌توده میکروبی می‌تواند یک شاخص کوتاه‌مدت از تغییرات مدیریت خاک در مقایسه با کل کربن آلی و نیتروژن باشد (کارتر و همکاران، ۱۹۹۸؛ سافینگا و همکاران، ۱۹۸۹) بنابراین می‌توان از زیست‌توده میکروبی به‌عنوان تعیین سطح تخریب خاک استفاده نمود. محمدی و همکاران (۱۳۹۰) نشان دادند که خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر تعداد باکتری و کربن زیست‌توده میکروبی خاک دارد.

زیست‌توده میکروبی بخشی از مواد آلی خاک است که در تبدیل بقایای آلی و پویایی نیتروژن، فسفر و گوگرد به‌طور فعال دخالت دارد (مرینو و همکاران، ۲۰۰۴). زیست‌توده میکروبی و فعالیت آن به دخالت بشر حساس بوده و برای تعیین و ارزیابی وضعیت زیستی و اکولوژیک و حاصلخیزی خاک مناسب است (مرینو و همکاران، ۲۰۰۴)؛ بنابراین کربن زیست‌توده میکروبی یکی از پارامترهای زیستی است که اغلب اوقات در بررسی کیفیت خاک اندازه‌گیری می‌شود. این پارامتر هم منبع قابل دسترس عناصر و هم عامل تغییر شکل عناصر غذایی در خاک است (چنج و همکاران، ۱۹۹۵). توده زنده میکروبی تحت تأثیر کمیت و کیفیت مواد ورودی به خاک قرار گرفته و منعکس‌کننده توانایی میکروب‌ها برای معدنی کردن کربن و نیتروژن آلی است (مرینو و همکاران، ۲۰۰۴).

تأثیر سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی و عمق بر کسر متابولیکی

بیشترین و کمترین میزان کسر متابولیکی در لایه‌های سطحی سامانه خاک‌ورزی مرسوم و خاک‌ورزی کاهشی (به ترتیب ۰/۲۷ و ۰/۲۴ میکروگرم کربن بر گرم کربن زیست‌توده میکروبی در روز) مشاهده شد که با هم تفاوت چشمگیری داشتند (جدول ۲). در مجموع بین مقادیر کسر متابولیکی در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی تفاوت چشمگیری مشاهده نشد و میزان این پارامتر با

افزایش عمق در سامانه کاهشی و حفاظتی افزایش و در سامانه مرسوم کاهش یافت (جدول ۲). تغییر روش مدیریت زراعی با تغییر مقدار و کیفیت بقایای آلی وارد شده به خاک، تغییر و کاهش جمعیت و فعالیت میکروبی و نیز آشفستگی شرایط پایدار خاک بر اثر عملیات خاک‌ورزی و تردد ماشین‌آلات سبب افزایش این ویژگی می‌گردد. مقادیر بالاتر ضریب متابولیکی در خاک‌های شخم زده در مقایسه با خاک‌های دست‌نخورده نشان می‌دهد که زیست‌توده میکروبی در خاک‌های شخم شده به ازای هر واحد کربن آلی خود مقدار بیشتری از آن را تنفس و یا معدنی نموده و به دی‌اکسید کربن تبدیل می‌کند و مقدار کمتری از آن صرف رشد و تکثیر و تشکیل زیست‌توده میکروبی می‌گردد. به بیان دیگر، قسمت اعظم کربن سوبسترا برای تأمین انرژی مورد نیاز سلول دچار متابولیسم شده و کمتر به زیست‌توده میکروبی تبدیل می‌گردد.

طبق گفته اندرسون (۲۰۰۳) افزایش تنش و استرس در جامعه میکروبی موجب افزایش این ضریب بیولوژیک می‌شود؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که زیر و رو کردن مداوم خاک که در روش‌های خاک‌ورزی مرسوم صورت می‌گیرد، باعث وارد شدن استرس بیشتری به جامعه میکروبی شده و در نتیجه میزان ضریب متابولیکی در خاک‌ورزی مرسوم افزایش می‌یابد. در مجموع میزان کسر متابولیکی تفاوت خیلی چشمگیری در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی نداشته اما در سامانه مرسوم بیشتر است. این نشان‌دهنده آن است که با افزایش روند مدیریت‌های قدیمی در زمین‌های کشاورزی، میزان ضریب متابولیکی افزایش یافته و به دنبال آن کیفیت خاک کاهش می‌یابد. با توجه به این‌که کسر میکروبی بیانگر قسمتی از ماده آلی خاک است که در سلول‌های میکروبی معدنی شده است، با شرط یکسان بودن سایر خصوصیات و شرایط خاک، بالا بودن این نسبت نشان دهنده بزرگ بودن قسمت قابل تجزیه ماده آلی خاک نسبت به ترکیبات هوموس پایدار است (جین‌پینگ و همکاران، ۲۰۰۹) بنابراین می‌توان گفت که به احتمال زیاد در سامانه حفاظتی به دلیل افزایش کربن آلی و

احتمالاً بالا رفتن میزان قارچ‌ها این نسبت کوچک‌تر است. هر اندازه که محیط تحت تنش باشد کسر میکروبی نیز افزایش می‌یابد. در اراضی که با سامانه مرسوم شخم زده می‌شوند به دلیل شخم، عملیات خاک‌ورزی و از بین رفتن شبکه قارچی و جایگزین شدن باکتری‌ها به‌ویژه باکتری‌های فرصت‌طلب، کسر میکروبی افزایش می‌یابد.

اینسام و دامش (۱۹۸۸) در بررسی اراضی کشاورزی احیا شده کاهش چشمگیر ضریب متابولیکی با گذشت زمان را مشاهده و اعلام کردند که با گذشت زمان و تکامل سامانه کشاورزی، تنفس میکروبی به ازای واحد جرم کربن توده میکروبی کاهش می‌یابد. بنابراین می‌توان گفت که کاهش ضریب متابولیکی از خاک‌ورزی مرسوم به سمت کم خاک‌ورزی و سپس بی خاک‌ورزی در اثر تکامل سامانه خاک‌ورزی و کاهش آشفته‌گی در سطح خاک است. از دلایل دیگر بیشتر بودن ضریب متابولیکی در سامانه خاک‌ورزی مرسوم می‌توان به وجود تهویه مناسب و دسترسی به کربن سهل‌الوصول ناشی از شکسته شدن خاکدانه‌ها در این سامانه اشاره نمود. در نتیجه، میزان کسر متابولیکی در این نوع خاک‌ورزی نسبت به دو نوع خاک‌ورزی دیگر بیشتر بود. همچنین وجود شخم و دست‌کاری بیشتر در خاک‌ورزی مرسوم باعث کاهش جمعیت قارچ‌ها در اثر از بین رفتن هیف‌های آنان گشته و بالطبع میزان تنفس ناشی از قارچ‌ها کاهش یافت. اما با توجه به این‌که میکروب‌ها و باکتری‌های خاک به‌خصوص باکتری‌های فرصت‌طلب و غیربومی خاک با استفاده از

شرایط تهویه بهتر، سوبسترا و مواد آلی سهل‌الوصول، تعدادشان نسبت به دو نوع خاک‌ورزی دیگر افزایش یافته است. در نتیجه میزان کسر متابولیکی در این نوع خاک‌ورزی نسبت به دو نوع خاک‌ورزی دیگر افزایش نشان داد (جدول ۲).

بررسی کیفیت خاک

مطابق جدول ۳ در سامانه خاک‌ورزی مرسوم سه مؤلفه اصلی ابتدایی با ارزش ویژه بزرگ‌تر از یک که در مجموع ۱۲/۹۵ از واریانس کل را تحت پوشش قرار می‌دهند، استخراج شدند. در مؤلفه اصلی اول (جدول ۴)، BD بیشترین وزن را دارد و بر اساس ۱۰ درصد وزن این متغیر، متغیرهایی از جمله DC، OC، MBC، qCO_2 ، C_{min}/OC ، $C_{min}/(OC)/100$ ، $Urease$ ، SIR ، $Invertase$ بیشترین وزن را داشتند. در مؤلفه اصلی دوم، MBC/OC بیشترین وزن را دارد و بر اساس ۱۰ درصد وزن آن، $\% (MBC/OC)$ نیز به‌عنوان عضوی از دسته داده‌های حداقل انتخاب شد. در مؤلفه اصلی سوم، $CaCO_3$ تنها متغیری است که به‌عنوان عضوی از دسته داده‌های حداقل انتخاب شد. چون بین MBC/OC و $\% (MBC/OC)$ همبستگی بالایی وجود دارد، $\% (MBC/OC)$ را از مجموعه داده‌های حداقل حذف نمودیم بنابراین در کل ۱۲ ویژگی BD ، DC ، OC ، MBC ، qCO_2 ، C_{min}/OC ، SIR ، $Urease$ ، $Invertase$ و MBC/OC به‌عنوان دسته داده‌های حداقل انتخاب شدند.

جدول ۳ - مجموعه کل ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت خاک و ارزش ویژه به دست آمده از آنالیز تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) در سامانه خاک‌ورزی مرسوم

ویژگی مورد بررسی	ارزش به دست آمده از PCA	درصد واریانس	واریانس تجمعی
PC1	۱۱/۳۳	۶۶/۶۷	۶۶/۶۷
PC2	۳/۴۱	۲۰/۰۹	۶۸/۷۵
PC3	۱/۴۲	۸/۳۷	۹۵/۱۲
PC4	۰/۶۱۷	۳/۶۳	۹۸/۷۵
PC5	۰/۲۱۲	۱/۲۵	۱۰۰/۰۰
PC6	۷/۵۶۸E-۱۶	-	-
PC7	۳/۷۳۹E-۱۶	-	-
PC8	۲/۳۴۹E-۱۶	-	-
PC9	۱/۵۳۵E-۱۶	-	-
PC10	۸/۶۱۰E-۱۷	-	-
PC11	۵/۱۲۸E-۱۷	-	-
PC12	۴/۸۱۹E-۱۷	-	-
PC13	۹۸/۳۹۶E-۱۷	-	-
PC14	-۱/۹۸۲E-۱۶	-	-
PC15	-۳/۱۱۰E-۱۶	-	-
PC16	-۴/۹۵۲E-۱۶	-	-
PC17	-۵/۷۲۳E-۱۶	-	-

در سامانه خاک‌ورزی کاهشی، سه مؤلفه اصلی ابتدایی با ارزش ویژه بزرگ‌تر از یک که در مجموع ۹۵/۰۳ از واریانس کل را تحت پوشش قرار می‌دهند، استخراج شدند (جدول ۵). در مؤلفه اصلی اول (جدول ۶)، Invertase بیشترین وزن را دارد و بر اساس ۱۰ درصد وزن این متغیر، متغیرهایی از جمله BD، DC، OC، MBC، Urease، SIR، BR و Invertase بیشترین وزن را داشتند. در مؤلفه اصلی دوم، MBC/OC و % (MBC/OC) بیشترین وزن را داشتند و بر اساس ۱۰ درصد وزن آن

هیچ‌کدام از ویژگی‌های دیگر در دسته داده‌های حداقل قرار نگرفتند. در مؤلفه اصلی سوم، EC تنها متغیری است که به‌عنوان عضوی از دسته داده‌های حداقل انتخاب شد. چون بین MBC/OC و % (MBC/OC) همبستگی بالایی وجود دارد، % (MBC/OC) را از مجموعه داده‌های حداقل حذف نمودیم و در نهایت ۱۲ ویژگی BD، DC، OC، MBC، Urease، SIR، BR و Invertase و MBC/OC و EC به‌عنوان دسته داده‌های حداقل انتخاب شدند.

جدول ۴ - مؤلفه‌های اصلی به دست آمده از آنالیز تجزیه به مؤلفه اصلی (PCA) در سامانه خاک‌ورزی مرسوم

ویژگی مورد بررسی	مؤلفه		
	۱	۲	۳
BD	-۰/۹۹۲	-۰/۱۱۰	-۰/۰۴۰
DC	-۰/۹۸۶	-۰/۱۱۳	-۰/۱۰۳
pH	۰/۴۹۶	۰/۵۹۱	-۰/۵۹۳
EC	-۰/۳۸۵	-۰/۷۶۵	۰/۱۸۲
OC	۰/۹۶۹	-۰/۲۳۹	-۰/۰۳۶
CaCO ₃	۰/۴۷۷	-۰/۲۰۶	۰/۷۶۷
MBC	۰/۹۳۷	-۰/۳۱۳	۰/۰۶۸
MBC/OC	۰/۱۴۱	۰/۹۴۶	۰/۲۲۵
(MBC/OC)%	۰/۱۷۲	۰/۹۳۸	۰/۲۳۶
BR	۰/۷۷۳	۰/۳۰۱	-۰/۵۲۰
qCO ₂	-۰/۹۰۳	-۰/۱۷۲	۰/۱۵۱
Cmin	۰/۹۸۵	-۰/۰۴۴	-۰/۰۹۹
(Cmin/OC)	-۰/۹۰۱	۰/۴۰۳	۰/۰۰۴
(Cmin/OC)/100	-۰/۹۰۴	۰/۳۹۷	۰/۰۱۸
SIR	-۰/۹۸۸	۰/۰۵۱	-۰/۰۱۸
Urease	۰/۹۸۶	-۰/۰۴۶	۰/۰۱۵
Invertase	۰/۹۶۳	-۰/۱۹۹	-۰/۱۴۸

در سامانه بی‌خاک‌ورزی، دو مؤلفه اصلی ابتدایی با ارزش ویژه بزرگ‌تر از ۱ که در مجموع ۹۸/۶۶ از واریانس کل را تحت پوشش قرار می‌دهند (جدول ۷)، استخراج شدند. در مؤلفه اصلی اول (جدول ۸)، SIR بیشترین وزن را دارد و بر اساس ۱۰ درصد وزن این متغیر، متغیرهایی از جمله BD، OC، MBC، CaCO₃، BR، Cmin، SIR، Urease و Invertase بیشترین وزن را داشتند. در مؤلفه اصلی دوم، pH بیشترین وزن را داشت و بر اساس ۱۰ درصد وزن آن و EC نیز در دسته داده‌های حداقل قرار گرفت. در نهایت ۱۰ ویژگی DC، BD، SIR،

OC، MBC، BR، SIR، Urease و Invertase به‌عنوان دسته داده‌های حداقل انتخاب شدند. سپس واریانس مشترک یا سهم هر ویژگی به‌وسیله روش تجزیه عاملی در دو مجموعه کل ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت خاک و حداقل ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت خاک محاسبه و با تعیین نسبت واریانس مشترک هر ویژگی به مجموع واریانس مشترک کل ویژگی‌ها، وزن هر ویژگی محاسبه گردید (جدول‌های ۹، ۱۰ و ۱۱) و در ادامه شاخص کیفیت تجمعی و نمره برای هر دو دسته داده‌های کل و حداقل داده‌ها محاسبه شد.

جدول ۵ - مجموعه کل ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت خاک و ارزش ویژه به دست آمده از آنالیز تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) در سامانه خاک‌ورزی کاهشی

ویژگی مورد بررسی	PCA ارزش ویژه به دست آمده از	درصد واریانس	واریانس تجمعی
PC1	۱۰/۴۴	۶۱/۴۳	۶۱/۴۳
PC2	۳/۲۹	۱۹/۳۷	۸۰/۸۱
PC3	۲/۴۲	۱۴/۲۳	۹۵/۰۳
PC4	۰/۷۴۶	۴/۳۹	۹۹/۴۲
PC5	۰/۰۹۸	۰/۵۷۵	۱۰۰/۰۰
PC6	۵/۰۱۲E-۱۶	-	-
PC7	۳/۸۸۹E-۱۶	-	-
PC8	۳/۱۰۶E-۱۶	-	-
PC9	۱/۴۷۹E-۱۶	-	-
PC10	۱/۰۷۳E-۱۶	-	-
PC11	۸/۸۰۵E-۱۷	-	-
PC12	۳/۳۲۹E-۱۷	-	-
PC13	-۹/۸۴۰E-۱۷	-	-
PC14	-۱/۳۰۲E-۱۶	-	-
PC15	-۱/۷۳۵E-۱۶	-	-
PC16	-۲/۵۸۶E-۱۶	-	-
PC17	-۵/۳۶۶E-۱۶	-	-

جدول ۶ - مؤلفه‌های اصلی به دست آمده از آنالیز تجزیه به مؤلفه اصلی (PCA) در سامانه خاک‌ورزی کاهشی

ویژگی	مؤلفه		
	۱	۲	۳
BD	-۰/۹۵۱	-۰/۲۴۰	۰/۱۴۸
DC	-۰/۹۹۴	-۰/۰۹۰	۰/۰۵
pH	-۰/۷۰۵	۰/۱۶۴	۰/۲۱۰
EC	-۰/۳۳۹	۰/۱۶۷	۰/۹۰۸
OC	۰/۹۵۲	-۰/۲۸۸	۰/۰۹۸
CaCO ₃	۰/۵۱۳	۰/۴۱۶	۰/۷۰۴
MBC	۰/۹۷۹	۰/۱۴۶	۰/۱۳۰
MBC/OC	۰/۰۳۴	۰/۹۸۶	۰/۰۴۳
(MBC/OC)%	۰/۰۰	۰/۹۸۶	۰/۰۷۶
BR	۰/۹۱۲	۰/۲۶۴	-۰/۲۲۷
qCO ₂	-۰/۳۶۱	۰/۱۰۴	-۰/۸۵۸
Cmin	۰/۹۹۳	۰/۰۷۷	-۰/۰۷۱
(Cmin/OC)	-۰/۷۲۲	۰/۶۳۵	-۰/۲۶۰
(Cmin/OC)/100	-۰/۷۲۰	۰/۶۳۳	-۰/۲۷۰
SIR	-۰/۹۴۹	-۰/۱۸۱	۰/۲۳۰
Urease	۰/۹۷۴	۰/۱۵۵	-۰/۰۷۹
Invertase	۰/۹۸۸	۰/۰۵۱	-۰/۰۵۱

جدول ۷ - مجموعه کل ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت خاک و ارزش ویژه به دست آمده از آنالیز تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) در سامانه بی‌خاک‌ورزی

ویژگی مورد بررسی	ارزش ویژه	درصد واریانس	واریانس تجمعی
PC1	۱۰/۴۶	۶۱/۵۴	۶۱/۵۴
PC2	۵/۵۶	۳۲/۷۲	۹۴/۲۶
PC3	۰/۷۴۸	۴/۴۰	۹۸/۶۶
PC4	۰/۱۵۳	۰/۹۰۱	۹۹/۵۶
PC5	۰/۰۷۴	۰/۴۳۵	۱۰۰/۰۰
PC6	۷/۰۴۶E-۱۶	-	-
PC7	۴/۰۱۲E-۱۶	-	-
PC8	۲/۱۲۶E-۱۶	-	-
PC9	۱/۷۷۵E-۱۶	-	-
PC10	۶/۴۳۷E-۱۷	-	-
PC11	-۳/۴۵۶E-۱۷	-	-
PC12	-۹/۷۴۶E-۱۷	-	-
PC13	-۲/۰۱۴E-۱۶	-	-
PC14	-۲/۱۷۷E-۱۶	-	-
PC15	-۲/۳۹۷E-۱۶	-	-
PC16	-۳/۲۴۰E-۱۶	-	-
PC17	-۴/۴۹۶E-۱۶	-	-

جدول ۸ - مؤلفه‌های اصلی به دست آمده از آنالیز تجزیه به مؤلفه اصلی (PCA) در سامانه بی‌خاک‌ورزی

ویژگی	۱	۲
BD	-۰/۸۹۲	-۰/۴۴۱
DC	-۰/۶۶۶	-۰/۷۲۴
pH	-۰/۲۴۸	-۰/۹۰۹
EC	-۰/۴۲۵	-۰/۸۵۷
OC	۰/۹۲۵	-۰/۳۶۴
CaCO ₃	۰/۹۳۳	-۰/۳۱۱
MBC	۰/۵۴۳	۰/۷۸۹
MBC/OC	-۰/۷۷۴	۰/۶۲۳
(MBC/OC)%	-۰/۷۶۳	۰/۶۳۸
BR	۰/۹۲۵	۰/۱۰۹
qCO ₂	۰/۸۲۶	-۰/۱۴۳
Cmin	۰/۹۵۷	۰/۲۸۴
(Cmin/OC)	-۰/۵۴۴	۰/۸۰۱
(Cmin/OC)/100	-۰/۵۴۶	۰/۷۹۸
SIR	-۰/۹۷۸	-۰/۲۰۳
Urease	۰/۹۶۸	۰/۲۲۵
Invertase	۰/۹۱۵	۰/۳۸۷

جدول ۹ - واریانس مشترک و وزن ویژگی‌ها در مجموعه کل داده‌ها و دسته داده‌های حداقل در سامانه خاک‌ورزی مرسوم

ویژگی	مجموعه کل داده‌ها		دسته داده‌های حداقل	
	واریانس مشترک	وزن	واریانس مشترک	وزن
BD	۰/۹۹۱	۰/۰۶۱۸	۰/۹۹۶	۰/۰۹۰۸
DC	۰/۹۹۶	۰/۰۶۱۶	۰/۹۹۱	۰/۰۹۰۴
pH	۰/۹۴۷	۰/۰۵۸۵	-	-
EC	۰/۷۶۵	۰/۰۴۷۳	-	-
OC	۰/۹۹۸	۰/۰۶۱۷	۰/۹۹۲	۰/۰۹۰۴
CaCO ₃	۰/۸۵۸	۰/۰۶۰۷	۰/۳۰۲	۰/۰۲۷۵
MBC	۰/۹۸۱	۰/۰۵۹۷	۰/۹۸۶	۰/۰۸۹۹
MBC/OC	۰/۹۶۵	۰/۰۵۹۷	۰/۹۳۶	۰/۰۸۵۳
(MBC/OC)%	۰/۹۶۵	۰/۰۵۹۷	-	-
BR	۰/۹۵۹	۰/۰۵۹۳	-	-
qCO ₂	۰/۸۶۸	۰/۰۵۳۷	۰/۹۲۶	۰/۰۸۴۴
Cmin	۰/۹۸۰	۰/۰۶۰۶	۰/۹۷۵	۰/۰۸۸۹
(Cmin/OC)	۰/۹۷۴	۰/۰۶۰۲	۰/۹۴۱	۰/۰۸۵۸
(Cmin/OC)/100	۰/۹۷۵	۰/۰۶۰۳	-	-
SIR	۰/۹۷۸	۰/۰۶۰۵	۰/۹۷۹	۰/۰۸۹۲
Urease	۰/۹۷۴	۰/۰۶۰۲	۰/۹۷۷	۰/۰۸۹۰
Invertase	۰/۹۹۰	۰/۰۶۱۲	۰/۹۶۵	۰/۰۸۸۰

جدول ۱۰ - واریانس مشترک و وزن ویژگی‌ها در مجموعه کل داده‌ها و دسته داده‌های حداقل در سامانه خاک‌ورزی کاهشی

ویژگی	مجموعه کل داده‌ها		دسته داده‌های حداقل	
	واریانس مشترک	وزن	واریانس مشترک	وزن
BD	۰/۹۹۰	۰/۰۶۱۸	۰/۹۷۲	۰/۰۸۳۸
DC	۰/۹۶۸	۰/۰۶۰۴	۱/۰۰	۰/۰۸۶۳
pH	۰/۸۸۸	۰/۰۵۵۴	-	-
EC	۰/۹۱۶	۰/۰۵۷۱	۰/۸۰۴	۰/۰/۰۶۹۴
OC	۰/۹۸۷	۰/۰۶۱۶	۰/۹۹۵	۰/۰۸۵۸
CaCO ₃	۰/۹۶۷	۰/۰۶۰۳	-	-
MBC	۰/۹۱۸	۰/۰۵۷۳	۰/۹۹۹	۰/۸۶۱۸
MBC/OC	۰/۹۸۸	۰/۰۶۱۶	۰/۹۷۴	۰/۰۸۴۰
(MBC/OC)%	۰/۹۹۰	۰/۰۶۱۸	-	-
BR	۰/۹۶۸	۰/۰۵۴۲	۰/۹۷۴	۰/۰۸۴۱
qCO ₂	۰/۷۰۳	۰/۰۴۳۹	۰/۹۰۴	۰/۰۷۸۰
Cmin	۰/۹۹۶	۰/۰۶۲۱	۰/۹۹۹	۰/۰۸۶۲
(Cmin/OC)	۰/۹۳۸	۰/۰۵۸۵	-	-
(Cmin/OC)/100	۰/۹۳۵	۰/۰۵۸۳	-	-
SIR	۰/۹۹۸	۰/۰۶۲۳	۰/۹۹۷	۰/۰۸۶۰
Urease	۰/۹۸۸	۰/۰۶۱۶	۰/۹۸۶	۰/۰۸۵۰
Invertase	۰/۹۸۸	۰/۰۶۱۶	۰/۹۸۶	۰/۰۸۵۱

جدول ۱۱ - واریانس مشترک و وزن ویژگی‌ها در مجموعه کل داده‌ها و دسته داده‌های حداقل در سامانه بی‌خاک‌ورزی

ویژگی	مجموعه کل داده‌ها		دسته داده‌های حداقل	
	واریانس مشترک	وزن	واریانس مشترک	وزن
BD	۰/۹۸۴	۰/۰۶۰۹	۰/۹۹۴	۰/۱۰۲۶
DC	۱/۰۰	۰/۰۶۱۹	-	-
pH	۰/۵۶۸	۰/۰۳۵۱	۰/۹۷۱	۰/۱۰۰۲
EC	۰/۹۶۸	۰/۰۵۹۹	۰/۹۷۲	۰/۱۰۰۳
OC	۰/۹۹۸	۰/۰۶۱۷	۰/۹۵۱	۰/۰۹۸۲
CaCO ₃	۰/۹۳۳	۰/۰۵۷۷	۰/۹۵۷	۰/۰۹۸۸
MBC	۰/۹۹۶	۰/۰۶۱۶	-	-
MBC/OC	۰/۹۷۵	۰/۰۶۰۳	-	-
(MBC/OC)%	۰/۹۷۹	۰/۰۶۰۶	-	-
BR	۰/۹۵۲	۰/۰۵۸۹	۰/۸۷۲	۰/۰۹۰۰
qCO ₂	۰/۸۷۷	۰/۰۵۴۲	-	-
Cmin	۰/۹۹۷	۰/۰۶۱۷	۰/۹۹۴	۰/۱۰۲۶
(Cmin/OC)	۰/۹۹۲	۰/۰۶۱۴	-	-
(Cmin/OC)/100	۰/۹۹۲	۰/۰۶۱۴	-	-
SIR	۰/۹۸۷	۰/۰۶۱۱	۰/۹۹۹	۰/۱۰۳۱
Urease	۰/۹۷۸	۰/۰۶۰۵	۰/۹۸۷	۰/۱۰۱۹
Invertase	۰/۹۸۱	۰/۰۶۰۷	۰/۹۹۱	۰/۱۰۲۳

نتایج به دست آمده (جدول ۱۲) نشان می‌دهد که سامانه بی‌خاک‌ورزی بیشترین مقدار شاخص کیفیت تجمعی و شاخص کیفیت نِمرو را در هر دو مجموعه داده به خود اختصاص داده و پس از آن سامانه خاک‌ورزی کاهشی قرار گرفته و سامانه خاک‌ورزی مرسوم دارای کیفیت پایین‌تری در مقایسه با دو سامانه دیگر است. بر اساس یافته‌های مخرجی و لال (۲۰۱۴) چهار درجه کیفیت خاک تعیین شده است که در این درجه‌بندی خاک‌های درجه یک مقدار کیفیت تجمعی بیشتر از ۰/۷۸ دارند. این خاک‌ها کاملاً مناسب برای رشد گیاه است. درجه دو مقدار شاخص کیفیت تجمعی بین ۰/۶۸ تا ۰/۷۸ و مناسب برای رشد گیاه است اما مقداری محدودیت دارند. خاک‌های درجه سه دارای شاخص کیفیت بین ۰/۵۸ تا ۰/۶۸ و دارای

محدودیت بیشتری نسبت به خاک درجه یک و دو هستند. در نهایت خاک‌های درجه چهار که شاخص کیفیت تجمعی در آن‌ها کمتر از ۰/۵۸ است. با توجه به مقادیر شاخص کیفیت تجمعی در هر سه سامانه خاک‌ورزی، خاک‌های مورد مطالعه در درجه یک قرار گرفتند که کاملاً برای کشت و کار مناسب است و محدودیتی ندارند. کیفیت خاک در سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی و کاهشی در مقایسه با سامانه مرسوم در مجموعه افزایش یافته به نحوی که مقدار شاخص کیفیت تجمعی در سامانه خاک‌ورزی حفاظتی و کاهشی در مقایسه با سامانه خاک‌ورزی مرسوم به ترتیب ۱/۳۷ و ۰/۰۰۷ درصد (در مجموع کل داده‌ها) افزایش یافته است (جدول ۱۳).

جدول ۱۲ - کیفیت خاک در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی بر مبنای دو شاخص و مجموعه کل داده‌ها و دسته داده‌های حداقل

سامانه خاک‌ورزی	کیفیت تجمعی		کیفیت نِمرو	
	مجموعه کل داده‌ها	دسته داده‌های حداقل	مجموعه کل داده‌ها	دسته داده‌های حداقل
مرسوم	۰/۹۵۵	۰/۹۵۲	۰/۸۳۷	۰/۶۵۱
کاهشی	۰/۹۴۸	۰/۹۶۹	۰/۸۰۷	۰/۸۵۱
بی‌خاک‌ورزی	۰/۹۶۱	۰/۹۷۰	۰/۷۵۹	۰/۸۷۴

از آنجا که سامانه خاک‌ورزی مرسوم دارای کمترین کیفیت خاک است، بنابراین در زمین‌هایی که هنوز عملیات کشاورزی با استفاده از سامانه‌های مرسوم صورت می‌گیرد لازم است عملیات مدیریتی مناسب به‌منظور افزایش کیفیت خاک اجرا گردد. لذا ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت خاک به‌ویژه ویژگی‌های انتخاب شده به‌عنوان دسته داده‌های حداقل که بیشترین تأثیر را بر شاخص کیفیت خاک دارند، به محدوده بهینه‌شان نزدیک می‌شوند. از میان ویژگی‌هایی که به‌عنوان دسته داده‌های حداقل انتخاب شدند، کربن آلی خاک عاملی است که بیشتر ویژگی‌های خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ بنابراین با اتخاذ اقدامات مدیریتی جهت افزایش کربن آلی خاک می‌توان سایر ویژگی‌ها را نیز به حد بهینه سوق داد. بدین جهت میزان کیفیت خاک را در سامانه‌های مختلف شخم به‌ویژه مرسوم افزایش داد. لل و همکاران (۱۹۹۷)، امامی و همکاران (۱۳۸۷) و گرجی و همکاران (۱۳۹۵) نیز به تأثیر بالای کربن آلی در مقایسه با سایر ویژگی‌های خاک در افزایش کیفیت خاک اشاره نمودند.

تفاوت حاصل از مقادیر برآورد کیفیت خاک توسط دو شاخص کیفیت تجمعی و نِمرو، بین دسته دو مجموعه کل و حداقل داده‌ها نشان داد که مجموعه کل داده‌ها دقت و صحت بیشتری نسبت به دسته داده‌های حداقل دارد (جدول ۴-۱۹) که این امر به دلیل وجود ویژگی‌های بیشتر در محاسبه شاخص‌های کیفیت خاک است. دوران و پارکین (۱۹۹۴) و گرجی و همکاران (۱۳۹۵) نیز شاخص کیفیت تجمعی در مجموعه کل داده‌ها را به‌عنوان جامع‌ترین و بهترین ترکیب برای ارزیابی کیفیت خاک معرفی نمودند اما با این وجود استفاده از دسته داده‌های حداقل موجب کاهش حجم کار و هزینه‌های مربوط به آن همراه با دقت مناسب می‌شود. در حالت مقایسه بین دو روش شاخص تجمعی کیفیت خاک و شاخص کیفیت نِمرو می‌توان مشاهده نمود که مقدار عددی شاخص کیفیت خاک نِمرو در هر دو مجموعه کل داده‌ها و دسته داده‌های حداقل، نسبت به شاخص تجمعی کیفیت خاک کمتر است.

البته این امر طبیعی به نظر می‌رسد و نتایج تحقیقات زیادی این وضعیت را تأیید می‌کند. شهاب آرخازلو و همکاران (۱۳۹۰)، رحمانپور و همکاران (۲۰۱۴)، کی و همکاران (۲۰۰۹) و گرجی و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهش‌های خود به این نتیجه دست یافتند که مقدار شاخص کیفیت خاک نِمرو در کلیه‌ی شرایط نسبت به شاخص کیفیت تجمعی خاک کمتر است. برای تعیین کیفیت خاک، به‌جای مجموعه کل داده‌ها می‌توان از دسته داده‌های حداقل استفاده نمود. برای این کار رابطه بین این دو مجموعه داده بررسی شد. در جدول ضریب همبستگی بین این دو مجموعه داده برای هر دو شاخص ارائه شده است (جدول ۱۲). برای شاخص کیفیت تجمعی در کل منطقه ضریب تبیین رابطه ۰/۹۵ است و برای شاخص کیفیت نِمرو ضریب تبیین بین این دو مجموعه ۰/۸۸ است که بیانگر رابطه خوب این دو مجموعه برای هر دو شاخص به‌ویژه شاخص کیفیت تجمعی است. همچنین بیانگر کارایی بهتر شاخص کیفیت تجمعی برای ارزیابی کیفیت خاک منطقه مورد مطالعه است؛ بنابراین می‌توان به‌جای اندازه‌گیری مجموعه کل ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در این منطقه مطالعاتی، از دسته داده‌های حداقل استفاده نمود و با ضریب اطمینان ۰/۹۵ و ۰/۸۸ به همان نتایج دست یافت (جدول ۱۲)؛ بنابراین با استفاده از شاخص‌های کیفیت خاک حاصل از دسته ویژگی‌های حداقل، با اطمینان قابل قبولی می‌توان کیفیت خاک را ارزیابی نمود. در نظر گرفتن دسته داده‌های حداقل نسبت به مجموعه کل داده‌ها، موجب صرفه‌جویی در هزینه و زمان مورد نیاز برای تعیین کیفیت خاک می‌شود. شهاب آرخازلو و همکاران (۱۳۹۰) در زمین‌های کشاورزی و مرتعی جنوب مشهد، برای شاخص کیفیت تجمعی و شاخص کیفیت نِمرو رابطه این دو مجموعه را بررسی نمودند و ضریب تبیین ۰/۶۲ و ۰/۵۶ به دست آوردند. همچنین کی و همکاران (۲۰۰۹) برای شاخص کیفیت تجمعی و شاخص کیفیت نِمرو به ترتیب ضریب تبیین ۰/۶۵ و ۰/۵۷ و گرجی و همکاران (۱۳۹۵) ۰/۹۵ و ۰/۸۸ را به دست آوردند؛ بنابراین یافته‌های بیشتر این پژوهشگران نیز نشان

می‌دهد که رابطه خوبی بین این دو سری داده وجود دارد و می‌توان به جای مجموعه کل داده‌ها از دسته داده‌های حداقل برای ارزیابی کیفیت خاک استفاده نمود.

در این پژوهش مقادیر شاخص کیفیت تجمعی نسبت به شاخص کیفیت نمره، ارزیابی دقیق‌تری از کیفیت خاک را نمایش داد که با واقعیت نیز همخوانی بیشتری دارد زیرا این شاخص برای ویژگی‌های مورد بررسی، علاوه بر امتیازدهی، اوزانی نیز در نظر می‌گیرد درحالی‌که در شاخص

کیفیت نمره تنها بر اساس مقادیر میانگین و حداقل امتیاز ویژگی‌ها محاسبه می‌شود. در همین راستا بسیاری از پژوهشگران به برتری نتایج حاصل از شاخص کیفیت تجمعی در مقایسه با شاخص کیفیت نمره اشاره نموده‌اند که در این زمینه می‌توان به کی و همکاران (۲۰۰۹)، گرجی و همکاران (۱۳۹۵)، حبیبی و همکاران (۱۳۹۳) و رحمانپور و همکاران (۲۰۱۴) اشاره نمود.

جدول ۱۳ - خلاصه تغییرات نسبی (%) شاخص‌های کیفیت خاک، بر اثر تغییر سامانه خاک‌ورزی در دو مجموعه داده مختلف

ویژگی	بی خاک‌ورزی نسبت به مرسوم	بی خاک‌ورزی نسبت به کاهشی	خاک‌ورزی کاهشی نسبت به مرسوم
کیفیت تجمعی	مجموعه کل داده‌ها دسته داده‌های حداقل	+۱/۳۷ +۰/۱۰	+۰/۶۳ +۱/۸۹
کیفیت نمره	مجموعه کل داده‌ها دسته داده‌های حداقل	-۵/۹۵ ۲/۷۰	+۳/۷۲ +۳۴/۲۵

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج می‌توان بیان داشت که ویژگی‌های خاک تحت تأثیر اعمال سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی قرار گرفته که البته میزان تغییرات از شدت‌های متفاوتی برخوردار بود. در بین ویژگی‌های شیمیایی خاک کربن آلی بیشترین تغییرپذیری را در اثر تغییر سامانه خاک‌ورزی داشت. با توجه به این نکته که کربن آلی بر بسیاری از ویژگی‌های زیستی، شیمیایی و فیزیکی خاک تأثیرگذار است، می‌توان گفت که نقش کلیدی در تعیین کیفیت خاک دارد. در بین ویژگی‌های فیزیکی خاک جرم مخصوص ظاهری خاک در اثر اعمال سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی

تغییرات زیادی داشت. بیشتر ویژگی‌های زیستی مورد بررسی با تغییر سامانه خاک‌ورزی، تغییرات مثبتی داشتند که به تبع آن کیفیت خاک نیز بهبود یافته است. در ارزیابی کیفیت خاک شاخص تجمعی صحت بالاتری در مقایسه با شاخص کیفیت نمره داشت و می‌توان به جای محاسبه و اندازه‌گیری همه ویژگی‌های خاک با صرفه‌جویی در زمان و هزینه از مجموعه داده‌های حداقل استفاده نمود. به‌طورکلی کیفیت خاک با اجرای سامانه‌های بی‌خاک‌ورزی و کاهشی در مقایسه با مرسوم افزایش داشت. نتایج این بررسی نشان داد که تغییر سامانه‌های خاک‌ورزی موجب افزایش کیفیت خاک می‌شود و استفاده از شخم بی‌رویه در طولانی‌مدت باعث از بین رفتن خاک خواهد شد.

فهرست منابع

۱. امامی، ح.، شرفا، م.، نیشابوری، م. ر.، و لیاقت، ع. ۱۳۸۷. برآورد شاخص کیفیت فیزیکی خاک با استفاده از ویژگی‌های زودیافت خاک در تعدادی از خاک‌های شور و آهکی. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. ۳۹ (۱): ۳۹-۴۶.
۲. حبیبی، م.، شیرانی، ح.، کمالی، ا.، و اسفندیارپور بروجنی، ع. ۱۳۹۳. ارزیابی برخی شاخص‌های کیفیت فیزیکی خاک با استفاده از سنجش از دور و زمین‌آمار در منطقه بافت کرمان. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار. ۵ (۱): ۱۷۲-۱۵۹.
۳. رحیم‌زاده، ر.، و نوید، ح. ۱۳۹۰. اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر خواص خاک رسی و عملکرد گندم در تناوب با نخود در شرایط دیم. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲ (۱): ۴۱-۲۹.

۴. شهاب آرخازلو، ح.، امامی، ح.، حق‌نیا، غ.، و کریمی کارویه، ع. ر. ۱۳۹۰. مقایسه منحنی توزیع اندازه منافذ خاک اراضی مرتعی با اراضی کشاورزی به‌عنوان شاخص کیفیت فیزیکی. دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران، ابریز، ۱۲-۱۴ شهریور ۹۰. ص: ۱-۴.
۵. گرجی، م.، کاکه، ج.، و علی محمدی، ع. ر. ۱۳۹۵. ارزیابی کمی کیفیت خاک در کاربری‌های مختلف در بخشی از اراضی جنوب شرق قزوین. تحقیقات آب و خاک ایران. ۴۷ (۴): ۷۷۵-۷۸۴.
۶. مظاهری، م. ۱۳۹۵. اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک تحت کشت گندم و نخود در اقلیم‌های متفاوت دیم‌زارهای استان کرمانشاه، پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه علوم و مهندسی خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی.
7. Alef, K., and Nannipieri, P. 1995. *Methods in applied soil microbiology and biochemistry* Academic Press, London, UK.
8. Anderson, J.P.E. 1982. Soil respiration. In: Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. (eds.). *Methods of soil analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties*. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI. pp: 831-872.
9. Anderson, T.H. 2003. Microbial Eco-physiological indicators to assess soil quality. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 98:285-293.
10. Babujia, L.C., Hungria, M., Faranchini, J.C., and Brookes, P.C. 2010. Microbial biomass and activity at various soil depths in a Brazilian oxisol after two decades of no-tillage and conventional tillage. *Soil Biology and Biochemistry*. 42 (12): 2174-2181.
11. Beare, M.H., Cabrera, M.L., Hendrix, P.F., and Coleman, D.C. 1994. Aggregate-protected and unprotected organic matter pools in conventional and no-tillage soils. *Soil Science Society of American Journal*. 58: 787-795.
12. Carter, M.R., Gregorich, E.G., Angers, D.A., Donald, R.G., and Bolinder, M.A. 1998. Organic C and N storage and organic C fractions in adjacent cultivated and forested soils of eastern Canada. *Soil and Tillage Research*. 47: 253-261.
13. Chang, S.X., Preston, C.M., and Weetman, G.F. 1995. Soil microbial biomass and microbial and mineralize able N in a clear cut chronosequence on northern Vancouver Island, British Columbia. *Canadian. Journal of Forest Research*. 25: 1595-1607.
14. Doran, J.W., and Parkin, T.B. 1994. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., and Stewart B.A. (eds.). *Defining soil quality for a sustainable environment*. Soil Science Society of America Special Publication. No. 35, Madison, WI.
15. Eltiti, A. 2010. *Soil Tillage in Agroecosystems*. Taylor and Francis, Nature.
16. Estefan, G., Sommer, R., and Ryan, J. 2013. *Methods of soil, plant, and water analysis. A manual for the West Asia and North Africa region*. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas.
17. Horwath, W.R., and Paul, E.A. 1994. Microbial biomass. In: Buxton, D.R. (ed.), *Methods of soil analysis. Part 2: Microbiological and biochemical properties*. SSSA Book Series, No.5. Madison, WI.
18. Hungria, M., Franchini, J.C., Brandao-Junior, O., Kaschuk, G., and Souza, R.A. 2009. Soil microbial activity and crop sustainability in a long-term experiment with three soil-tillage and two crop-rotation systems. *Applied Soil Ecology*. 42: 288- 296.
19. Insam, H., and Domsch, K.H. 1988. Relationship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites. *Microbial Ecology*. 15:177-188.
20. Jenkinson, D.S., and Ladd, J.N. 1981. Microbial biomass in soil measurement and turnover, In: Paul, E.A., and Ladd, J.N. (eds.). *Soil Biochemistry*, Marcel Dekker, Inc., NY: 415-471.
21. Jia, T., Koc, A., and Comakli, B. 2007. Changes in vegetation and soil properties along a slope on overgrazed and eroded rangelands. *Journal of Arid Environments*. 55: 93-100.

22. Jin-Ping, J., Xiong, C., Jiang, H., Yede, Y., Song, J., and Feng-Min, L. 2009. Soil microbial activity during secondary vegetation succession in semiarid abandoned lands of loess plateau. Published by Elsevier Limited and Science Press. 19 (6):735–747.
23. Kaschuk, G., Alberton, O., and Hungria, M. 2010. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian Ecosystems: lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. *Soil Biology and Biochemistry*. 42: 1- 13.
24. Kennedy, A.C., and Papendick, R.I. 1995. Microbial characteristics of soil quality. *Soil and Water Conservation Journal*. 50: 243-248.
25. Lal, R., Kimble, J., and Follett, R.F. 1997. Pedosphere processes and the carbon cycle. p. 1–8. In: Lal, R., Blum, C., and Valentine, B.A. (eds.). *Stewart. Methods for Assessment of Soil Degradation*. CRC Press, Boca Raton.
26. Manlay Raphael, J., Feller, C., and Swift, M.J. 2007. Historical evolution of soil organic matter concepts and their relationships with the fertility and sustainability of cropping systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 119: 217–233.
27. McLean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. *Methods of soil analysis*. Part 2. Chemical and microbiological properties, (methodsofsoilan2), 199-224. Organic matter, and effects on root growth. *Geoderma*. 120: 201-214.
28. Merino, A., Perez-Batallon, P., and Macias Responses, F. 2004. Responses of soil organic matter and greenhouse gas fluxes to soil management and land use changes in a humid temperate region of southern Europe. *Soil Biology and Biochemistry*. 36: 917-925.
29. Mukherjee, A., and Lal, R. 2014. Comparison of soil quality index using three methods. *PloS one*. 9 (8): e105981.
30. Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. 1992. *Method of Soil Analysis*. Part II: Chemical and Mineralogical Properties. 2nd. SSSA, Madison, WI.
31. Qi, Y., Darilek, J.L., Huang, B., Zhao, Y., Sun, W., and Gu, Z. 2009. Evaluating soil quality indices in an agricultural region of Jiangsu Province, China. *Geoderma*. 149 (3-4): 325-334.
32. Rahmanipour, F., Marzaioli, R., Bahrami, H.A., Fereidouni, Z., and Bandarabadi, S.R. 2014. Assessment of soil quality indices in agricultural lands of Qazvin Province, Iran. *Ecological Indicators*. 40 (2): 19-26.
33. Raiesi, F. 2007. The conversion of overgrazed pastures to almond orchards and alfalfa cropping systems may favor microbial indicators of soil quality in Central Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 121: 309-318.
34. Rasmussen, P.E., and Collins, H.P. 1991. Long-term impacts of tillage, fertilizer, and crop residue on soil organic matter in temperate semi-arid regions. *Advances in Agronomy*. 45: 93-134.
35. Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *Soil Science*. 78(2): 154.
36. Saffigna, P.G., Powlson, D.S., Brookes, P.C., and Thomas, G.A. 1989. Influence of sorghum residues and tillage on soil organic matter and soil microbial biomass in an Australian Vertisol. *Soil Biology and Biochemistry*. 21: 759–765.
37. Schinner, F., Öhlinger, R., Kandeler, E., and Margesin, R. 1996. *Methods in Soil Biology*. Springer Berlin, Heidelberg.
38. Sombrero, A., and De Benito, A. 2010. Carbon accumulation in soil. Ten-year study of conservation tillage and crop rotation in a semi-arid area of Castile-Leon, Spain. *Soil and Tillage Research*. 107 (2): 64-70.
39. Sparling, G.P. 1997. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health. In: Pankhurst, C., Doube, B.M., and Gupta, V.V.S.R. (eds.). *Biological indicators of soil health*. CAB International, Wallingford, pp: 97–119.
40. Suman, A., Lal, M., Singh, A.K., and Gaur, A. 2006. Microbial biomass turnover in Indian subtropical soils under different sugarcane intercropping systems. *Agronomy Journal*. 98:698-704.
41. Walkly, R.H., and Black, I. A. 1934. An examination of digestion method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration. *Soil Science*. 37: 29-38.

42. Watts, C.W., Eich, S., and Dexter, A.R. 2000. Effects of mechanical energy inputs on soil respiration at the aggregates and field scales. *Soil and Tillage Research*. 53: 231-243.

مروری بر چالش‌های انتخاب شاخص‌های مناسب دورسنجی در مطالعات شوری خاک

شهلا رحمانی سیالرز و علی کشاورزی^{*۱}

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران. shahla.rahmani@ut.ac.ir

استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران. alikesavarzi@ut.ac.ir

دریافت: مرداد ۱۴۰۱ و پذیرش: بهمن ۱۴۰۱

چکیده

شوری خاک به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی است. شوری خاک به‌طور طبیعی و یا توسط انسان ایجاد می‌شود. مقدار زیاد شوری خاک بر رشد محصول و بهره‌وری آن تأثیر منفی می‌گذارد و در نهایت منجر به تخریب اراضی می‌گردد. نظارت و نقشه‌برداری شوری خاک به دلیل مشکلات جدی گسترش این مسئله بر اکولوژی منطقه‌ای، امنیت غذایی و توسعه کشاورزی در مراحل اولیه برای اجرای یک برنامه مؤثر احیای خاک در راستای جلوگیری و کاهش شوری خاک امری ضروری است. علم سنجش‌ازدور نسبت به روش‌های سنتی برای ارزیابی شوری خاک عملکرد بهتری نشان داده و تکنیک‌های سریع و مقرون‌به‌صرفه در راستای پایش و نقشه‌برداری شوری خاک ارائه می‌دهد. شوری خاک را می‌توان با استفاده از شاخص‌های مستقیم که به ویژگی‌های نمک‌های خاک سطحی مرتبط است و همچنین شاخص‌های غیرمستقیم شناسایی کرد. هدف این مطالعه مروری بر چالش‌های انتخاب شاخص‌های مناسب دورسنجی در مطالعات شوری خاک از طریق بررسی پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه شوری خاک و شاخص‌های طیفی به‌کاررفته در تحقیقات شوری خاک است که در سطح مدیریت اراضی در مقیاس منطقه‌ای، کمک شایان توجهی می‌نمایند که در این راستا رایج‌ترین شاخص‌های پوشش گیاهی و شوری مورد استفاده برای تشخیص و نقشه‌برداری شوری خاک مورد بحث و بررسی قرار گرفتند. محققین زیادی از شاخص‌های مختلف سنجش‌ازدور برای تهیه نقشه شوری خاک استفاده کرده‌اند. در این میان شاخص‌های درخشندگی BI، شاخص شوری SI، شاخص تفاضلی پوشش گیاهی NDVI و شاخص شوری نرمال NDSI بیش‌ترین همبستگی را با داده‌های زمینی در خاک‌های تحت تأثیر شوری نشان دادند. انتخاب مناسب‌ترین باند یا شاخص‌ها بستگی به شرایط خاک، منطقه جغرافیایی، شرایط اقلیمی، داده‌های ماهواره‌ای، فیزیوگرافی منطقه و نوع استفاده از اراضی دارد.

واژه‌های کلیدی: سنجش‌ازدور، شاخص‌های دورسنجی، تصاویر ماهواره‌ای، شاخص پوشش گیاهی، شاخص شوری

^۱ - آدرس ایمیل نویسنده مسئول: alikesavarzi@ut.ac.ir

نوع مقاله: مروری



مقدمه

شور شدن خاک یکی از مهم‌ترین خطرات زیست‌محیطی خاک در سطح جهان است که منجر به تخریب شدید زمین و بیابان‌زایی می‌شود (اولسون و همکاران، ۲۰۱۹). شوری خاک یک بحران زیست‌محیطی جدی است (آلبد و کومار، ۲۰۱۳). این پدیده اگرچه ممکن است به اندازه زلزله یا زمین‌لغزش‌های شدید و ناگهانی آسیب‌زا به نظر نرسد، اما به‌طور جدی تولید محصولات کشاورزی، بهره‌وری خاک و کشاورزی پایدار را به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک تهدید می‌کند و به‌عنوان یک خطر محیطی شدید محسوب می‌گردد (شهر آیینی و نوروزی، ۲۰۲۲؛ مترنیچ و زینک، ۲۰۰۳). تقریباً یک‌سوم زمین‌های کشاورزی جهان شور گزارش شده‌اند (کولماتو و همکاران، ۲۰۲۱). خاک‌های شور عمدتاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک، در مکان‌هایی که تبخیر و تعرق بیشتر از بارندگی است و همچنین در مناطق ساحلی در نتیجه نفوذ آب دریا و طغیان جزرومد ساحلی رخ می‌دهد (ورمن و همکاران، ۲۰۲۰).

تجمع نمک در سطح خاک یا در ناحیه ریشه باعث ازبین‌رفتن حاصلخیزی و تغییر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود (محمد و همکاران، ۲۰۱۸). شوری خاک مستقیماً روی خصوصیات مانند ساختار خاک، فعالیت میکروبی خاک و غیره تأثیر می‌گذارد که به نوبه خود بر بهره‌وری خاک و در دسترس بودن مواد مغذی تأثیرگذار است. درعین‌حال، شور شدن خاک جذب آب و مواد مغذی توسط گیاهان را مهار می‌کند و در نتیجه بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمی گیاهان اثر می‌گذارد (حافظ و همکاران، ۲۰۲۱). این خاک‌ها که در مساحت‌های کوچک و نقاط مختلف پراکنده‌اند اراضی مجاور خود را نیز مورد تهدید قرار می‌دهند (خوان یغما و همکاران، ۲۰۱۶؛ جمشیدی و همکاران، ۱۳۹۴).

پایش دقیق شوری خاک نقش کلیدی در امنیت اکولوژیکی و توسعه کشاورزی پایدار مناطق خشک دارد

(وانگ و همکاران، ۲۰۲۱). در سال‌های اخیر، بسیاری از سیاست‌های ملی و بین‌المللی بر حفاظت خاک در برابر تهدیدات خاک متمرکز شده‌اند (ورمن و همکاران، ۲۰۲۰). کسب به‌موقع و دقیق اطلاعات شوری خاک اهمیت بسیار مهمی برای پیشگیری و کنترل تخریب سرزمین و احیای اکولوژیک در مناطق خشک دارد. پایش شوری خاک یک کار اساسی برای آشکارسازی وقوع، پویایی و توزیع شوری است (یانگ و همکاران، ۲۰۲۰). پایش سنتی شور شدن خاک به‌سختی اطلاعات توزیع شوری در مقیاس بزرگ را به دست می‌آورد و نظارت بر پویایی شوری خاک در مقیاس بزرگ دشوار است (گئو و همکاران، ۲۰۱۹؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱۸). استفاده از پتانسیل تصاویر ماهواره‌ای با وضوح بالا همراه با تکنیک‌های سنجش‌ازدور^۲ یک روش امیدوارکننده برای نقشه‌برداری شوری خاک است، زیرا دقت و کارایی بالایی برای نظارت مقیاس‌های بزرگ ارائه می‌کند (تقدسی و همکاران، ۲۰۱۹).

فناوری سنجش‌ازدور به‌عنوان یک تکنیک مؤثر برای پایش مؤثر شوری خاک، به‌طور گسترده‌ای برای تخمین شوری خاک در سال‌های اخیر مورد استفاده قرار گرفته است این تکنیک به دلیل دقت قابل‌توجه، مقرون‌به‌صرفه بودن و تداوم در مشاهدات، برای تخمین شوری خاک توسعه و مورد توجه قرار گرفته است (فرهمند و صادقی، ۲۰۲۰). در دسترس بودن داده‌های سنجش‌ازدور پردازش شده با روشی تا حدی جدید یک راه‌حل بالقوه را ارائه می‌دهد که می‌تواند به‌راحتی و با قیمت مناسب جایگزین روش‌های نظارت در محل شود (مورگان و همکاران، ۲۰۱۸). در حال حاضر، داده‌های سنجش‌ازدور به‌طور گسترده در پایش شوری خاک به کار گرفته شده‌اند. در سال‌های اخیر، داده‌های سنجش‌ازدور ماهواره‌ای نقش مهمی در پایش و نقشه‌برداری منطقه‌ای و حتی جهانی شوری خاک ایفا کرده‌اند (گئو و همکاران، ۲۰۱۹؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱۸).

(ESP)^۴ کمتر از ۱۵ و pH کمتر از ۸/۵ در گروه خاک‌های شور قرار می‌گیرند (آلبد و کومار، ۲۰۱۳).

عوامل شوری

عوامل مؤثر بر شوری خاک عبارت‌اند از شورشدن خاک در اثر آب آبیاری، شورشدن خاک از طریق آب‌های زیرزمینی و شورشدن خاک از طریق صعود موئینه-ای است. از جمله عواملی که در شورشدن خاک از طریق صعود موئینه‌ای آب از سطح ایستابی به سطح زمین مؤثر است می‌توان تأثیر میزان تبخیر و همچنین کاربری اراضی را نام برد (هاگو، ۲۰۰۶). هرساله مقدار زیادی از زمین‌های قابل کشت به دلیل شورشدن اولیه (طبیعی) و ثانویه (ناشی از انسان) رها می‌شوند. هوازگی شیمیایی یا فیزیکی سنگ‌ها، وجود مواد اولیه و کانی‌های نمکی در خاک مانند فلدسپات یا کربنات همراه با ذخایر زمین‌شناسی از جمله منابع اصلی شوری اولیه هستند (آلکساکیس و همکاران، ۲۰۱۸).

به‌طورکلی چنانچه شوری خاک مربوط به نوع سنگ مادری و ماده اولیه تشکیل‌دهنده خاک باشد آن را شوری اولیه یا شوری باقی‌مانده گویند و در اراضی که علت شوری خاک معمولاً تجمع تدریجی نمک در لایه سطحی خاک است شورشدن فرایندی است که عکس شست‌وشو انجام می‌شود، یعنی نمک‌هایی که قبلاً از لایه سطحی خاک شسته و خارج شده‌اند دوباره به لایه سطحی برگشت می‌کنند؛ لذا این نوع شوری را ثانویه گویند (لیتالین و زب، ۲۰۲۰). مهم‌ترین عامل شوری ثانویه در خاک‌ها انسان است که با آبیاری نمک‌ها را وارد سطح خاک می‌کند که در اثر تبخیر شدید از سطح خاک آب از خاک خارج شده و نمک‌ها در سطح خاک باقی می‌ماند (درویش و همکاران، ۲۰۰۵). در دهه‌های اخیر، فعالیت‌های انسانی، به‌ویژه گسترش کشاورزی و آبیاری اراضی با آب‌شور آسیب‌های قابل‌توجهی به ساختار خاک وارد کرده و منجر به شورشدن خاک شده است (خسانو و همکاران، ۲۰۲۲).

شناسایی و پهنه‌بندی خاک‌های شور غالباً، به دلیل تغییرپذیری زمانی و مکانی آن و نیاز به نمونه‌برداری و کارهای آزمایشگاهی مشکل است. فناوری سنجش‌ازدور، به علت توانایی در شناسایی پدیده‌ها همواره موردتوجه متخصصین بوده است. اطلاعات به‌دست‌آمده از تصاویر ماهواره‌ای کمک زیادی به مطالعه پدیده‌های مختلف می‌کند و می‌تواند در تشخیص تغییرات پدیده‌ها بسیار مفید عمل کند (پیش‌نماز احمدی و همکاران، ۱۳۹۶). فناوری سنجش‌ازدور با قابلیت بالا در تولید به‌روز تصاویر ماهواره-ای چند طیفی^۳، با پوشش وسیع و دامنه متنوع قدرت تفکیک مکانی، طیفی و زمانی، در برطرف کردن نگرانی‌های دانشمندان علوم خاک‌شناسی و مدیران اجرایی در تهیه نقشه‌های دقیق از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با هزینه کم پتانسیل ویژه‌ای دارد (زادی و همکاران، ۲۰۱۳؛ مترنیچ و زینک، ۲۰۰۸).

هدف این مطالعه بررسی پژوهش‌های انجام شده در زمینه شوری خاک و شاخص‌های طیفی به‌کاررفته در مطالعات شوری خاک است که در سطح مدیریت اراضی در مقیاس منطقه‌ای، کمک شایان توجهی می‌نمایند که در این راستا رایج‌ترین شاخص‌های پوشش گیاهی و شوری مورد استفاده برای تشخیص و نقشه‌برداری شوری خاک مورد بحث و بررسی قرار گرفتند. سپس با بهره‌گیری از علم سنجش‌ازدور و شاخص‌های شوری استخراج شده از ترکیب‌های بانندی مختلف سعی بر معرفی مناسب‌ترین شاخص‌ها برای بررسی مطالعات شوری خاک در ایران شد.

شوری خاک

خاک شور، به خاکی گفته می‌شود که دربردارنده نمک محلول اضافی است و منجر به کاهش رشد اغلب محصولات کشاورزی می‌شود (سونون و همکاران، ۲۰۱۲). بر اساس نظر محققین شوری خاک ایالات متحده آمریکا، خاک با قابلیت هدایت الکتریکی بالاتر از چهار دسی‌زیمنس بر متر در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، درصد سدیم تبدلی

3 - Multispectral remote sensing

4 - Exchangeable Sodium Percentage

شوری در خاک کشور

شوری خاک یک خطر بزرگ زیست‌محیطی بزرگ در سراسر جهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران است (خواجehزاده و همکاران، ۲۰۲۲؛ فرهنگ و صادقی، ۲۰۲۰). شوری در خاک‌ها منجر به کاهش قابل‌توجهی از ارزش و بهره‌وری اراضی در سراسر جهان شده است (ژائو و همکاران، ۲۰۲۲؛ الهاگ، ۲۰۱۶). این مسئله از مهم‌ترین عوامل محدودکننده کشت محصولات کشاورزی است و بیش از ۵۰٪ اراضی آبی دنیا دچار شوری با درجات مختلف هستند. یکی از مهم‌ترین مشکلات کشاورزی در ایران نیز، شوری خاک است (سلیمی و همکاران، ۱۳۹۸).

فلات ایران با داشتن اراضی وسیع در مناطق خشک و نیمه‌خشک، بیشتر در معرض این آسیب زیست‌محیطی قرار دارد. ازاین‌رو به‌دست‌آوردن اطلاعات از مناطقی که تحت تأثیر و یا در خطر پدیده شوری قرار دارند می‌تواند برای شناخت این پدیده و جلوگیری از گسترش آن مؤثر باشد (قدیر و همکاران، ۲۰۰۸). کشور ایران به دلیل تکیه بر کشاورزی فاریاب برای تولید محصولات کشاورزی به‌شدت در معرض شورشیدن اراضی است. در شرایط آب‌وهوایی فعلی کشور، حدود ۹۰٪ از محصولات بر روی اراضی آبی تولید می‌شوند. از مجموع حدود هشت میلیون هکتار اراضی آبی کشور، ۶/۸ میلیون هکتار مبتلا به درجات مختلف شوری‌اند (جمشیدی و همکاران، ۱۳۹۴).

پایش شوری خاک با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور

توزیع مکانی و زمانی نمک‌ها در خاک، گستردگی زیاد کویرهای ایران و شرایط نامساعد اقلیمی حاکم بر آن‌ها، تعیین دقیق پارامترها و اندازه‌گیری‌های میدانی را در برخی موارد دشوار می‌سازد. در دو دهه اخیر، استفاده از تکنیک‌های صحرایی و ترکیب آن‌ها با داده‌های سنجش‌ازدور کمک قابل‌توجهی به تهیه نقشه‌های پایه در خاک‌های شور کرده است. بسیاری از محققان در سراسر جهان نقشه‌های

شوری خاک را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی، تکنیک‌های زمینی و رادیومتری بر اساس همبستگی بین بازتاب طیفی نمک و شاخص‌های شوری خاک تهیه کرده‌اند (گمرکچی و همکاران، ۲۰۲۰). برای شناخت بیشتر خاک‌های مناطق شور و قلیا تنها بررسی مشخصات فیزیکی، شیمیایی و مورفولوژیکی خاک‌ها کافی نیست، بلکه بهتر است جهت مطالعه و بررسی این مناطق در مقیاس‌های وسیع از فن سنجش‌ازدور (شکل ۱) نیز بهره گرفته شود. استفاده از این فن در مطالعه خصوصیات مناطق خشک و نیمه‌خشک ضمن کاهش محدودیت‌های مکانی، موجب صرفه‌جویی در زمان نیز می‌شود (اخضری و اسدی می-آبادی، ۱۳۹۵). باتوجه‌به اینکه ماهواره‌های سنجش‌ازدور بازتاب سطحی پدیده‌های مختلف را ثبت می‌کنند، امواج منعکس‌شده از پدیده‌ها بیانگر ویژگی‌های سطحی آن‌ها است؛ بنابراین ویژگی سنجنده‌های سنجش از دوری، عمق مطالعات شوری خاک عموماً ۳۰ سانتی‌متر سطحی خاک را مورد بررسی قرار می‌دهد (احمدیان و همکاران، ۱۳۸۹). تقاضا برای تشخیص اقتصادی و سریع پایش زمانی شوری خاک اخیراً افزایش‌یافته است. تصاویر ماهواره‌ای و رویکردهای سنجش‌ازدور ابزار مهمی برای پیش‌بینی و نقشه‌برداری دقیق شوری خاک در مناطق مختلف جهان هستند (گرجی و همکاران، ۲۰۲۰). این علم به‌عنوان ابزاری قوی، به دلیل صرف زمان و هزینه کمتر در مطالعات خاک‌شناسی بسیار مفید است (سواری و همکاران، ۱۳۹۴). استفاده از دورسنجی در مطالعات خاک، به دلیل قدرت تفکیک مکانی و طیفی متغیر، تصاویر به‌هنگام و پوشش وسیع، بسیار مؤثر است (منگ و همکاران، ۲۰۱۶). از طرفی، سنجش‌ازدور اطلاعاتی از سطوح گسترده در مدت‌زمان نسبتاً کوتاه فراهم می‌آورد که بایستی به این ویژگی، فقدان محدودیت دسترسی به مناطق صعب‌العبور یا شرایط خطرناک محیطی را نیز افزود (فرهیفته و همکاران، ۲۰۰۶). سنجنده‌های چند طیفی ماهواره‌ای شدت تابش‌های الکترومغناطیسی پدیده‌های زمینی را اندازه‌گیری و ثبت می‌کنند. شدت تابش بازتاب شده از پدیده‌ها در محدوده‌های

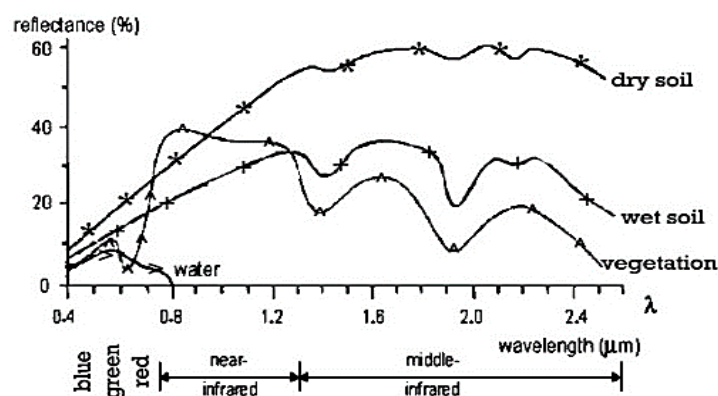
گیاهی و خاک به عنوان مهم ترین متغیرهای شاخص سنجش ازدوری برای تشخیص وضعیت اکوسیستم های در معرض خطر تغییرات بیابان زایی هستند (علوی پناه، ۱۳۸۲). بازتاب طیفی پدیده های مختلف در مقایسه با هم و هر یک از آن در طول موج های مختلف، تفاوت دارند. بازتاب در محدوده مرئی (۰/۷ - ۰/۴ میکرومتر) برای آب، خاک و گیاه به هم نزدیک هستند و انعکاس گیاه و خاک در دو ناحیه فرو سرخ میانی و نزدیک (۱/۴، ۱/۹، ۲/۶ میکرومتر) بر عکس هم هستند (حسینی، ۱۳۸۲).

تفاوت گیاه و خاک در طول طیفی بازتابیده در ناحیه فرو سرخ خیلی نزدیک امکان پذیر است؛ چون گیاهان در ناحیه فرو سرخ خیلی نزدیک بازتاب خوبی دارند، لذا داده های رقومی تکنیک دورسنجی برای ارزیابی مناطق پوشیده از گیاهان، بازتاب طیفی در فرو سرخ خیلی نزدیک را با بازتاب در ناحیه مادون قرمز مقایسه می کنند. هرچقدر نسبت این دو زیادتر باشد پوشش گیاهی متراکم تر است (زیبری و مجد، ۱۳۸۳).

طیفی مختلف ثبت می شوند. اختلاف در بازتاب طیفی تصاویر برای شناسایی عوارض مختلف استفاده می گردد (آلبد و همکاران، ۲۰۱۴). سنجش ازدور به عنوان ابزاری قوی و امیدوارکننده در شناسایی، پهنه بندی و پایش شوری خاک شناخته شده و رو به گسترش است (فرح و همکاران، ۲۰۲۱؛ نظم فر و همکاران، ۱۳۹۳). در صورت موجود بودن تصاویر می توان با تعداد نقاط محدود و صرف هزینه کم نقشه های به نسبت دقیق تهیه کرد و از آن ها به نحو مطلوب در مدیریت مزارع استفاده نمود (اثریابی و عبدی، ۲۰۱۵).

رفتار طیفی خاک

واکنش طیفی خاک، آب و گیاه در هر یک از طول موج های مختلف با یکدیگر متفاوت است. شکل ۱ رفتار طیفی پوشش گیاهی، آب، خاک مرطوب و خشک را در حالت ایده آل و طول موج های مختلف نشان می دهد (صادقیان و آخوندزاده، ۱۳۸۳). بازتاب طیفی پوشش



شکل ۱- رفتار طیفی پوشش گیاهی، خاک و آب در طول موج های مختلف (صادقیان و آخوندزاده، ۱۳۸۳)

آلودگی ها، ترکیب عناصر و ساختمان بلوری هستند (هانت و سیسئورس، ۱۹۷۱). خاک تحت تأثیر نمک بازتاب بالاتری نسبت به نمک متوسط به ویژه هنگامی که خاک های برهنه و فاقد پوشش در مقایسه با خاک های دارای پوشش گیاهی هستند وجود دارد (بیبیکر و همکاران، ۲۰۱۸). به طور کلی خاک های تحت تأثیر نمک در طول موج های مرئی (۰/۵۵ تا ۰/۷۷ میکرومتر) و مادون قرمز نزدیک (۰/۹

ویژگی های بازتاب طیفی خاک شور

سطوح شور پویایی بالایی دارند، این پویایی شناسایی و پایش خاک های شور و فرایند شور شدن را تحت تأثیر قرار می دهد (علوی پناه، ۱۳۹۲). در شرایط طبیعی به علت مخلوط شدن نمک ها با یکدیگر، خصوصیات طیفی کانی های نمکی علاوه بر اثر توزیع اندازه ذرات خاک و تداخل با خصوصیات دیگر خاک، تحت تأثیر عواملی نظیر،

می‌دهد (دهان و تیلر، ۲۰۰۳). به دلیل تفاوت در بازتاب‌های متفاوت و شرایط مختلف خاک، طول‌موج و پیک‌های خاک‌های مختلف ممکن است مشابه نباشد (پینه‌پرو و همکاران، ۲۰۱۷) که به‌طور کلی، تفاوت‌های طیفی از طریق شکل کلی منحنی‌های طیفی، شدت بازتاب، باندهای جذبی و زاویه جهت روند آن‌ها قابل تشخیص هستند (دماته، ۲۰۰۲).

در عموم تحقیقات انجام شده در جهت تمایز بین ویژگی‌های طیفی قابلیت هدایت الکتریکی با گچ و آهک به این نتیجه رسیدند که همبستگی قابلیت هدایت الکتریکی با طیف جذبی در همه طول‌موج‌ها منفی است. بدین شکل که با افزایش میزان EC جذب کاهش و میزان بازتاب طیفی افزایش می‌یابد. بیشترین همبستگی منفی EC با طیف جذبی در محدوده مرئی گزارش شد (طاق‌دیس و همکاران، ۱۴۰۰؛ سامرس و همکاران، ۲۰۱۱).

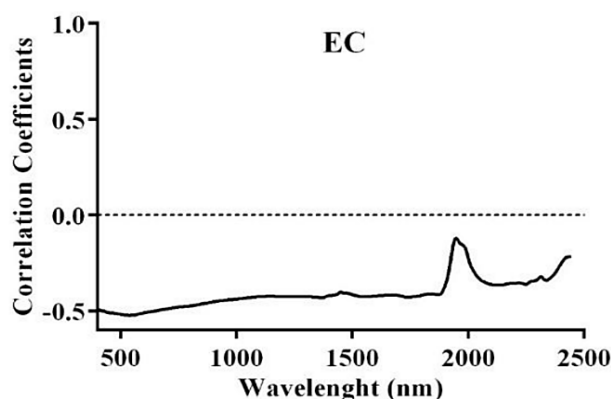
سیفی و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه خود بر روی خاک‌های شور، دو محدوده طول‌موج ۵۵۰ و ۷۵۰ نانومتر و برخی از باندهای جذبی محدوده ۱۴۰۰، ۱۹۰۰، ۲۲۰۰ و ۲۳۵۰ نانومتر را برای تشخیص نمک‌های موجود در خاک گزارش کردند و بیان نمودند که با افزایش کلاس شوری خاک، میزان بازتاب طیفی در محدوده Vis-NIR افزایش می‌یابد. وانگ و همکاران (۲۰۱۸) نیز گزارش کردند که خاک‌های شور به دلیل وجود پوسته سطحی نرم‌تر، میزان بازتاب زیادی در محدوده Vis-NIR دارند. این نتایج توسط موسوی و همکاران (۱۳۹۸) و عزیزی و همکاران (۱۳۹۷) نیز تأیید شده است. پینه‌پرو و همکاران (۲۰۱۷) به این نتیجه رسیدند بیشترین همبستگی EC با طیف مرئی-مادون‌قرمز در طول‌موج‌های ۴۵۶، ۹۸۴ و ۱۰۱۴ نانومتر است. در (شکل ۲) ضرایب همبستگی بین میانگین طیف جذبی در هر طول‌موج با هدایت الکتریکی ترسیم شده است.

تا ۱/۳ میکرومتر) و ناحیه مادون‌قرمز میانی (۱/۹۴ تا ۲/۱۵ میکرومتر) خودشان را نشان می‌دهند (نیک‌پور و همکاران، ۱۴۰۰). سسیلاج و همکارانش (۱۹۹۳) نیز، با استفاده از طیف‌سنجی آزمایشگاهی، شش محدوده طیفی را برای توصیف وضعیت شوری خاک‌های متأثر از فرایندهای متفاوت، شور و قلیایی شدن مشخص کردند. این محدوده‌ها در ناحیه مرئی (۱۷۷۰ - ۵۵۰ نانومتر)، مادون‌قرمز نزدیک (۱۲۷۰ - ۱۵۲۰ و ۱۰۳۰ - ۹۰۰ نانومتر) و مادون‌قرمز میانی (۲۴۰۰ - ۲۳۲۰ و ۳۱۵۰ - ۲۳۰۰، ۲۱۵۰ - ۱۹۴۰ نانومتر) واقع شده‌اند.

رطوبت خاک، موجب کاهش بازتاب در بخش مرئی و مادون‌قرمز می‌شود. خاک رسی که مقدار زیادی رطوبت در خود نگه می‌دارد، انعکاس کمتری دارد. رطوبت موجب کاهش بازتاب طیفی می‌شود (علوی پناه، ۱۳۸۲). به‌طور کلی خاک‌های شور خشک دارای بازتاب بیشتری نسبت به خاک‌های شور مرطوب دارند. هم‌چنین خاک‌های غیر شور تحت آیش دارای کمترین بازتاب در تمامی باندها هستند (خدادادی و همکاران، ۱۳۸۷).

تمایز طیفی نمک، گچ و آهک

عواملی مانند تجمعات گچی و وجود آهک در اراضی کشاورزی به علت داشتن بازتاب‌های مشابه با بازتاب اراضی شور در بررسی و تفکیک این اراضی مزاحمت و یا تداخل انعکاسی ایجاد می‌کنند. این مسئله باعث به‌وجود آمدن خطا و کاهش دقت در نقشه‌های تولیدی می‌شود. جهت تفکیک اراضی شور از گچی، در خاک‌های لخت بدون پوشش که حاوی کانی‌های تبخیری هستند عمده‌تاً بازتاب طیفی حدود ۸۰۰ نانومتر است و خاک شور یک کاهش طول‌موج در ناحیه طیفی ۸۰۰ - ۱۳۰۰ نانومتر به علت وجود کانی‌های تبخیری از خود نشان

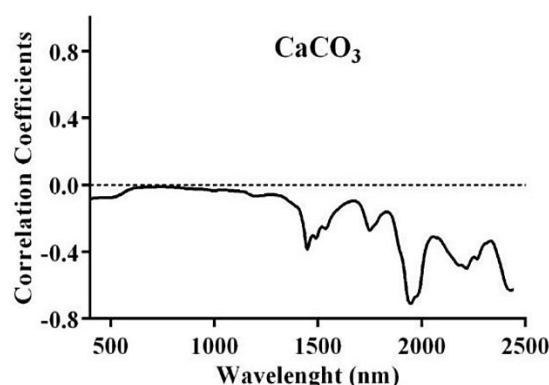


شکل ۲- ضرایب همبستگی بین میانگین طیف جذبی در هر طول موج با هدایت الکتریکی (طاقدیس و همکاران، ۱۴۰۰)

آهک

کربنات کلسیم است. قاضی و همکاران (۱۳۹۶) نیز در مطالعه خود با بررسی ۲۹ نمونه خاک باندهای حساس تصویر ماهواره‌های لندست ۸^۵ به آهک را با استفاده از روش PLSR باند ۳ (۰,۶۰۰ - ۰,۵۲۵ میکرومتر، سبز) و باند ۴ (۰,۶۸۰ - ۰,۶۳۰ میکرومتر، قرمز) گزارش کردند. در مجموع محدوده طیفی Mid-IR در پیش‌بینی کربنات‌های خاک عملکرد بهتری نسبت به Vis-NIR نشان می‌دهد (عسگری و همکاران، ۱۳۹۸).

طاقدیس و همکاران (۱۴۰۰) به این نتیجه رسیدند که آهک بیشترین میزان همبستگی را در طول موج ۱۹۵۰ نانومتر نشان می‌دهد. آن‌ها همبستگی بین میانگین طیف جذبی در هر طول موج با آهک خاک را به صورت شماتیک (شکل ۳) نمایش دادند. پینه‌رو و همکاران (۲۰۱۷) به این نتیجه رسید که آهک در طول موج‌های ۸۰۰، ۱۲۰۰ و ۱۶۰۰ نانومتر دارای بیشترین همبستگی با مقادیر



شکل ۳- ضرایب همبستگی بین میانگین طیف جذبی در هر طول موج با آهک خاک (طاقدیس و همکاران، ۱۴۰۰)

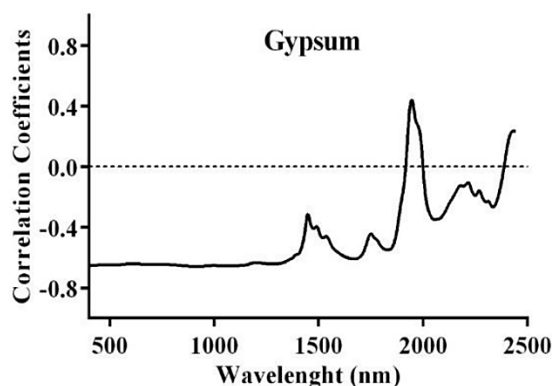
گچ

به عنوان طول موج کلیدی برای گچ خاک معرفی کردند. به طور کلی ویژگی جذب در ناحیه فروسرخ نزدیک مربوط به خاک‌هایی است که دارای کانی‌های تبخیری بوده و باعث شناخت این کانی‌ها از جمله گچ می‌شود (دهان و تیلر، ۲۰۰۳). میزان همبستگی گچ از ۰.۴۵ تا ۰.۶۵ در طول موج‌های مختلف متفاوت است و بیشترین میزان

چترنور و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهش خود با هدف تعیین طول موج کلیدی گچ خاک در منطقه خوزستان ۱۴۲ نمونه خاک جمع‌آوری کردند. آن‌ها محدوده طول موج‌های ۱۴۵۰، ۱۵۵۰، ۱۷۰۰، ۲۱۰۰، ۲۲۰۰ و ۲۴۰۰ نانومتر که دارای بیشترین همبستگی با گچ خاک بودند را

قابل توجهی با افزایش مقدار گچ، میزان جذب افزایش یافته است (طاق‌دیس و همکاران، ۱۴۰۰).

همبستگی مثبت گچ با طیف جذبی در محدوده ۱۹۰۰ نانومتر (شکل ۴) مشاهده شد. در این محدوده، به‌طور



شکل ۴- ضرایب همبستگی بین میانگین طیف جذبی در هر طول‌موج با گچ‌خاک (طاق‌دیس و همکاران، ۱۴۰۰)

محصول و مرتع و نظارت بر خشکسالی و ... استفاده شده است (ودور و همکاران، ۲۰۲۱).

خاک‌هایی با شوری‌های مختلف دارای ویژگی‌های طیفی متفاوتی هستند که اساس پایش سنجش‌ازدور شوری خاک است. بازتاب طیفی نمونه‌های خاک لزوماً با افزایش شوری خاک افزایش نمی‌یابد این امر استفاده مستقیم از باندهای چند طیفی و شاخص‌های طیفی مشتق شده از آن‌ها برای نظارت و نقشه‌برداری شوری سطح خاک را دشوار می‌کند (وانگ و همکاران، ۲۰۲۱). محققین زیادی از شاخص‌های مختلف سنجش‌ازدور برای تهیه نقشه شوری خاک استفاده کرده‌اند. این شاخص‌ها علاوه بر افزایش وضوح و طبقه‌بندی بهتر پدیده‌ها، باعث کاهش آثار منفی عوامل نامناسب و اثرات دیگر پوشش‌های زمینی می‌شوند (سلیمی و همکاران، ۱۳۹۸). دقت نظارت بر محتوای نمک خاک با استفاده از شاخص شوری، شاخص پوشش گیاهی و سایر پارامترها بهبود می‌یابد (لیندر و همکاران، ۲۰۱۴).

پرکاربردترین شاخص‌های دورسنجی در مطالعات شوری خاک در جدول ۱ آورده شده‌اند که از جمله مهم‌ترین شاخص‌های استفاده شده برای شوری خاک

شاخص‌های مختلف دورسنجی در مطالعات شوری خاک

نتیجه تقسیم مقادیر درجه روشنایی یک باند طیفی به باند طیفی قابل انطباق دیگر را نسبت‌گیری طیفی می‌گویند که برای متمایز ساختن تغییراتی که به‌وسیله تغییر در روشنایی تک باندها ممکن نیست، به کار می‌رود (نوروزی و همکاران، ۲۰۱۱). شاخص‌های شوری در سنجش از راه دور هرکدام به‌عنوان یک تصویر استخراج شده ناشی از یک‌سری عملیات ریاضی بر روی باندهای اصلی سنجنده‌های ماهواره‌ها است که از این طریق تا حدود زیادی می‌توان تصاویر با ویژگی‌های طیفی مختلف را استخراج کرد (دهنی و لوئیس، ۲۰۱۲). نسبت‌گیری و تحلیل مؤلفه‌های اصلی جزو تبدیل‌های طیفی در سنجش‌ازدور هستند. این تبدیل‌ها از جمله روش‌های پردازش تصویر برای استخراج بهتر اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای هستند. پردازش در این نوع تبدیل‌ها بدون توجه به موقعیت مکانی پیکسل‌ها در تصویر صورت می‌گیرد. در روش نسبت‌گیری طیفی از عملیات جبری و ترکیب باندها جهت بهبود و بازسازی تصاویر استفاده می‌شود. باندهای حاصل از نسبت‌گیری، اصطلاحاً شاخص نامیده می‌شوند (مخدوم و همکاران، ۲۰۱۳). این شاخص‌ها به‌طور گسترده‌ای در جهان برای طبقه‌بندی پوشش گیاهی، تغییرات محیطی، تجزیه و تحلیل بهره‌وری اولیه، برآورد عملکرد

بازتاب طیفی خاک تأثیر می‌گذارند؛ اما پوشش گیاهی یا هالوفیت‌های پراکنده موجود بر روی سطوح خاک می‌تواند به‌عنوان نشانه‌ای از مشکل شوری عمل کند و امکان شناسایی و نقشه‌برداری غیرمستقیم مناطق تحت تأثیر شوری خاک را با استفاده از بازتاب پوشش گیاهی فراهم می‌کند. به‌طورمعمول، پوشش گیاهی ناسالم فعالیت فتوسنتزی کمتری دارد که باعث افزایش بازتاب مرئی و کاهش بازتاب مادون‌قرمز نزدیک از پوشش گیاهی می‌شود (ویس و همکاران، ۲۰۰۱). این الگو در گیاهان مختلف تحت تنش شوری یافت شده است (تگی و همکاران، ۲۰۱۲). مترنیچ و زینک (۲۰۰۳) نشان دادند که به دلیل تأثیر گیاهان در بازتاب شوری، گیاهان می‌توانند به‌عنوان شاخص غیرمستقیم در سنجش‌ازدور خاک مورد استفاده قرار گیرند.

شاخص‌های شوری

علاوه بر شاخص‌های غیرمستقیم از شاخص‌های مستقیم شوری مثل پوسته نمک و شوره‌زارها نیز استفاده می‌شود (مترنیچ و زینک، ۲۰۰۳). اساس کاربرد این شاخص‌ها تغییرپذیری ویژگی‌های طیفی بر اساس تغییرپذیری ویژگی‌های خاک است (کرم و همکاران، ۱۳۹۷). خاک تحت تأثیر شدید نمک بازتاب بالاتری نسبت به خاک‌های متأثر از نمک متوسط دارد، به‌ویژه زمانی که خاک‌های لخت در مقایسه با خاک‌های دارای پوشش گیاهی باشند. این شاخص نشان‌دهنده درجات مختلف شوری و سدیمی قابل تشخیص و مشخصه خاک‌های شور و سدیمی شدید است (بیبیکر و همکاران، ۲۰۱۸).

می‌تواند شامل شاخص روشنایی (BI)^۶، شاخص شوری خاک (SI)^۷، شاخص پوشش گیاهی (NDVI)^۸ باشد (دهنی و لوئیس، ۲۰۱۲). شوری خاک را می‌توان مستقیماً از داده‌های سنجش‌ازدور از طریق ویژگی‌های نمکی که در سطح خاک قابل مشاهده است، مانند خاک لخت با پوسته‌های نمک سفید، روی سطح (متین فر و همکاران، ۲۰۱۳؛ تگی و همکاران، ۲۰۱۲) یا به‌طور غیرمستقیم از شاخص‌هایی مانند حضور گیاه هالوفیتی، تشخیص داد؛ بنابراین، چندین شاخص گیاهی مانند شاخص گیاهی متمایز نرمال شده (NDVI) و شاخص گیاهی تعدیل شده خاک (SAVI)^۹ به‌عنوان شاخص‌های غیرمستقیم ارزیابی و ترسیم شوری خاک مورد استفاده قرار گرفته‌اند (آلبد و کومار، ۲۰۱۳). این متغیرهای طیفی (شاخص شوری، شاخص پوشش گیاهی و غیره) تحت تأثیر عوامل محیطی زیادی مانند مواد آلی خاک، رطوبت خاک، زبری سطح خاک و محتوای معدنی فلزات خاک قرار دارند (وانگ و همکاران، ۲۰۲۰؛ زنگ و همکاران، ۲۰۱۹).

شاخص‌های پوشش گیاهی

بازتاب طیفی ویژگی‌های نمک در سطح خاک به‌طور گسترده با استفاده از سنجش‌ازدور مورد مطالعه قرار گرفته و به‌عنوان یک شاخص مستقیم برای تشخیص شوری خاک و نقشه‌برداری استفاده می‌شود. با این حال، هنگامی که رطوبت خاک بالا باشد یا نمک پوسته روی سطح خاک نامرئی باشد یا با سایر اجزای خاک مخلوط شود، این رویکرد مستقیم پیچیده می‌شود و ممکن است نتایج غیرقابل اعتمادی به همراه داشته باشد؛ زیرا این عوامل بر

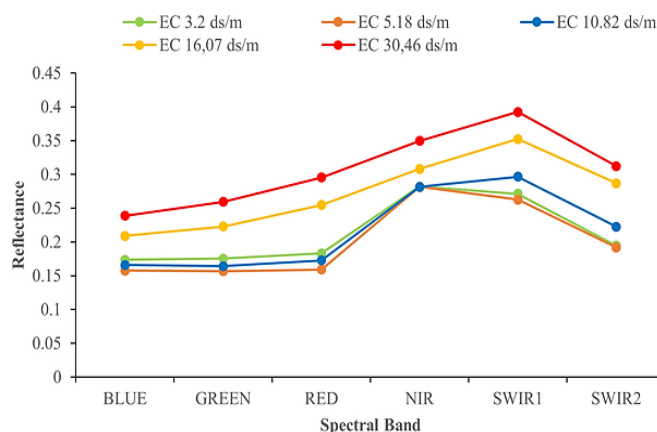
جدول ۱- پرکاربردترین شاخص‌های دورسنجی در مطالعات شوری خاک

شاخص	تعریف	فرمول	منبع
SI	Salinity Index	$\sqrt{BLUE + RED}$	Khan et al., 2005
SI_1	Salinity Index1	$\sqrt{GREEN * RED}$	Ait Lamqadem et al., 2018
SI_2	Salinity Index2	$\sqrt{GREEN^2 + NIR^2 + RED^2}$	Ait Lamqadem et al., 2018
SI_3	Salinity Index3	$\sqrt{GREEN^2 + NIR^2}$	Ait Lamqadem et al., 2018
SI_4	Salinity Index4	$\frac{BLUE}{RED}$	Khan and Abbas., 2007
SI_5	Salinity Index5	$\frac{BLUE - RED}{RED + BLUE}$	Khan and Abbas., 2007
SI_6	Salinity Index6	$\frac{RED * RED}{RED * RED}$	Khan and Abbas., 2007
SI_7	Salinity Index7	$\frac{BLUE}{BLUE * RED}$	Khan and Abbas., 2007
SI_8	Salinity Index8	$\frac{RED}{NIR * RED}$	Khan and Abbas., 2007
$NDVI$	Normalized Difference Vegetation Index	$\frac{GREEN}{NIR - R}$	Bannari et al., 2008
$NDSI$	Normalized Difference Salinity Index	$\frac{NIR + R}{R - NIR}$	Singh., 2022
$VSSI$	Vegetation Soil Salinity Index	$Green - 5 * (Red + NIR) * 2$	Dehni and Lounis., 2012
BI	Brightness Index	$\sqrt{R^2 + NIR^2}$	Singh., 2022
RVI	Ratio vegetation index	$\frac{NIR}{R}$	Wang et al., 2021

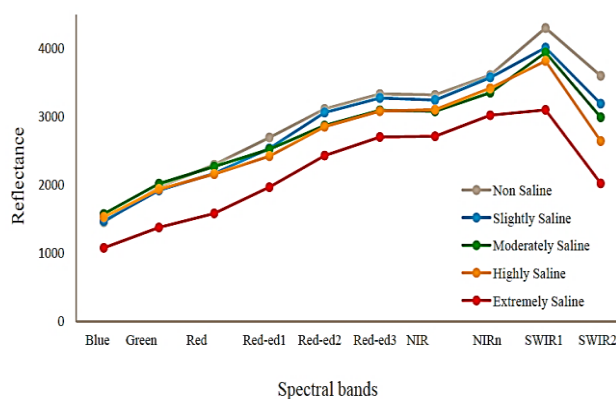
باندهای طیفی و ارتباط آن‌ها با شوری

علاوه بر نسبت باندها، استفاده از باندهای طیفی منفرد نیز می‌تواند برای تعیین کمیت خواص خاک مفید باشند (بوتینجر، ۲۰۱۰). (شکل ۵) منحنی طیفی بازتاب مقادیر مختلف هدایت الکتریکی خاک به کمک تصاویر Landsat 8 OLI (گونال و همکاران، ۲۰۲۱) و (شکل ۶) بازتاب طیفی باندهای مختلف ماهواره Sentinel 2A در

رابطه با نمونه‌های خاک دارای سطوح مختلف شوری در مطالعه انجام شده توسط گوپالاکریشنان و کومار (۲۰۲۰) را نشان می‌دهد. نتایج مطالعه‌ای در جنوب استان ایلام با به‌کارگیری باندهای طیفی، شاخص‌های پوشش گیاهی و شوری مشتق شده از ماهواره Landsat 8 OLI نیز نشان داد که باندهای Band 10 و Band 11 قوی‌ترین تأثیر بر پیش‌بینی شوری خاک را داشتند (شهرآیینی و نوروزی، ۲۰۲۲).



شکل ۵- منحنی‌های طیف بازتابی ماهواره Landsat_8 با مقادیر مختلف هدایت الکتریکی خاک



شکل ۶- منحنی‌های طیف بازتابی ماهواره Sentinel_2 با مقادیر مختلف هدایت الکتریکی خاک

مکانی و زمانی مقدار شوری خاک در لایه بالایی خاک نشان می‌دهد.

در منطقه جنوب غربی استان خوزستان مقادیر شاخص‌های شوری خاک شامل: BI ، $NDSI$ ، SI ، $VSSI$ با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای توسط ظهورنیا و متین‌فر (۱۳۹۷) محاسبه شد. همبستگی شاخص‌ها با هدایت الکتریکی عصاره اشباع^{۱۱} خاک (EC_e) نشان داد که شاخص BI بیشترین همبستگی را با هدایت الکتریکی خاک داشته و $VSSI$ ، $NDSI$ ، SI و پس از آن شاخص‌های SI ، $NDSI$ ، $VSSI$ به ترتیب $۶۹/۸۰\%$ ، $۵۳/۴۰\%$ ، $۱۹/۵۰\%$ ، $۱۶/۰۰\%$ ، $۱۴/۲۰\%$ همبستگی نشان دادند. نتایج نشان داد شاخص‌های شوری خاک به‌دست‌آمده از تصاویر ماهواره لندست ۸ (به‌خصوص BI) قادر به برآورد مناسب مقدار هدایت الکتریکی خاک سطحی بوده و از این لحاظ دارای کارایی بالایی نسبت به سایر شاخص‌های معرفی شده است. آن‌ها به نتایجی مشابه نتایج اژیرایی و عبدی (۲۰۱۵) دست یافتند که نشان داد بالاترین همبستگی بین شوری خاک و شاخص‌های طیفی محاسبه شده در فصول گرم و خشک (وجود حداقل رطوبت در سطح خاک) به‌دست‌آمده و این همبستگی به‌شدت تحت تأثیر پارامترهای محیطی مانند مقدار شوری خاک سطحی، رنگ خاک، درصد رطوبت خاک و همچنین بافت خاک سطحی است. نتایج مطالعه آسفا و همکاران (۲۰۱۸) که به مدل‌سازی و نقشه‌برداری از

مناسب‌ترین شاخص‌ها و باندهای معرفی شده در مطالعات شوری خاک

بررسی تطبیقی شاخص‌های SI_1 ، SI_2 ، SI_3 ، SI_4 ، SI_5 ، SI_6 ، SI_7 ، $SAVI$ ، $NDVI$ ، $NDSI$ مستخرج از دو تصویر سنتینل ۲ و لندست ۸ توسط تقدسی و حسنلو در سال (۱۳۹۵) برای منطقه حوض سلطان قم نشان داد که شاخص‌های شوری با دقت بالایی در دو تصویر با یکدیگر مطابقت دارند و می‌توانند معیار قابل‌قبولی برای سنجش شدت شوری بر اساس بازتاب طیفی در تصاویر ماهواره‌ای باشند. نتیجه مطالعه‌ای در رامپال بنگلادش با به‌کارگیری تصاویر ماهواره Landsat 8 سنجنده OLI^{۱۰}، شاخص‌های شوری، ترکیب باندهای مشتق شده و محاسبات باندهای نشان داد رابطه معنی‌داری بین بازتاب طیفی و EC خاک وجود دارد. شوری خاک با شاخص‌های $VSSI$ ، SI_3 و باند NIR ضریب همبستگی بالایی نشان داد که شاخص $VSSI$ دارای بالاترین مقدار R^2 (۰/۸۶۵) بود (حسن و همکاران، ۲۰۲۱). در پژوهشی که توسط نگتن و همکاران (۲۰۲۰) در ویتنام با بهره‌گیری از تصاویر Landsat 8 انجام گرفت گزارش‌ها نشان داد مقادیر طیفی باند مادون‌قرمز نزدیک (NIR) و $VSSI$ با EC : ۱: ۵ (به ترتیب با R^2 ۰/۸ و ۰/۷) نسبت به سایر شاخص‌ها ارتباط بهتری داشتند و تصاویر Landsat 8 OLI پتانسیل بالایی را برای نظارت

10 -Operational Land Imager

11 -Electrical conductivity of the saturation extract

شوری خاک با استفاده سنجش‌ازدور و GIS^{۱۲} در اتیوپی پرداختند نشان داد سه شاخص شوری خاک (SI)، شاخص روشنایی (BI) و شاخص شوری اختلاف نرمال (NDSI) مناسب‌ترین شاخص برای پیش‌بینی شوری خاک هستند. آن‌ها بیان کردند که داده‌های سنجش‌ازدور در تهیه مدل‌ها و نقشه‌های شوری خاک بسیار مناسب می‌باشند.

نتایج تجزیه و تحلیل شوری خاک حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از ۷۰ نمونه خاک، شاخص‌های طیفی و اندازه‌گیری‌های هدایت الکتریکی نشان داد که شاخص‌های شوری خاک استخراج‌شده از دو نوار مرئی Landsat-8 OLI و Sentinel-2A برای نقشه‌برداری شوری خاک در مقیاس بزرگ مؤثر بوده و استفاده از سنسورهای دیگری که دارای این باندهای طیفی هستند می‌توانند به‌منظور تهیه نقشه‌های شوری مورد استفاده قرار گیرند (گرچی و همکاران، ۲۰۲۰).

مطالعه‌ای به‌منظور افزایش تنوع مکانی شاخص‌های شوری خاک توسط شاخص‌های سنجش‌ازدور و رویکرد زمین‌آماری توسط بیبیکر و همکاران (۲۰۱۸) انجام گرفت. در این مطالعه از دو شاخص شوری (SI) و شاخص روشنایی (BI) استفاده کردند. نتایج نشان داد به‌طور گسترده‌ای شاخص‌های شوری خاک قدرتمند عمل کردند. مطالعه‌ای که به‌منظور مقایسه شاخص‌های مختلف استخراج شده از تصاویر ماهواره لندست برای پهنه‌بندی شوری خاک در مزرعه نمونه ارتش گرگان شهرستان آق‌قلا انجام شد نشان داد در میان شاخص‌های مورد مطالعه شاخص‌های SI1 و SI2 به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۵۷ و ۰/۶۴ بیشترین قابلیت را در بازسازی و تهیه نقشه‌های مقدار شوری خاک دارند (اژیرابی و عبدی، ۲۰۱۵). در دریاچه مهارلو و مراتع اطراف آن مطالعه‌ای با تعداد ۵۰ نمونه سطحی به‌منظور بررسی کارایی شاخص‌های طیفی مشتق شده از تصاویر لندست ۸ انجام شد. آن‌ها گزارش کردند شاخص‌های SI، BI، SI1، SI2، SI3 و VSSI منطقی و موفقیت‌آمیز عمل کرده‌اند همچنین که این نتیجه با نتایج

گزارش شده توسط دهنی و لوئیس (۲۰۱۲) در مورد استفاده از شاخص‌های شوری در نقشه‌برداری از منطقه الجزایر مطابقت داشت. موفقیت شاخص‌ها را می‌توان به مقدار بازتاب طیفی بالا در باند Red و NIR، میزان انعکاس طیفی زیاد پوسته نمک تشکیل‌شده در سطح دریاچه نسبت داد (متین فر و زندی، ۲۰۱۶).

نقشه‌برداری شوری خاک با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین با Sentinel-2 MSI در مناطق خشک، چین نشان داد یک همبستگی آماری قابل‌توجهی بین ۳۵ متغیر کمکی تولیدشده از داده‌های Sentinel-2 MSI و EC خاک وجود دارد (وانگ و همکاران، ۲۰۲۱). بررسی تغییرات شوری خاک به کمک پردازش رقومی اطلاعات ماهواره لندست در دشت نهاوند (استان همدان) نشان داد شاخص پوشش گیاهی NDVI بیشترین همبستگی منفی با EC خاک در سطح اعتماد ۹۵ درصد نشان می‌دهد و توجیه این پدیده محدود شدن رویش گیاهان در اثر افزایش غلظت املاح و اثرات نامطلوب نمک بر فیزیولوژی گیاهی است که پیامد آن کاهش درصد پوشش گیاهی در سطح خاک است (احمدیان و همکاران، ۱۳۸۹). مترنیچ و زینک (۲۰۰۳) نیز در نتایج مطالعه خود به‌منظور بررسی پتانسیل‌ها و محدودیت‌های سنجش‌ازدور شوری خاک بیان کردند بیش‌ترین همبستگی بین هدایت الکتریکی و شاخص NDVI وجود دارد که تفکیک خاک‌های شور و قلیا را از مناطق غیر شور ممکن می‌سازد. در دریاچه ارومیه مطالعه‌ای به‌منظور پیش‌بینی شوری خاک با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ توسط احمدی و همکاران (۱۳۹۹) انجام گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که شاخص‌های SAVI و NDVI در مناطقی که پوشش گیاهی کمی دارند کارایی کمی داشته درحالی‌که شاخص‌های شوری در این مناطق کارایی بالاتری در تخمین شوری دارند. آن‌ها بیان کردند که شاخص SAVI زمانی برای ارزیابی شوری خاک مناسب است که مناطق تحت شوری کم بوده و توسط گیاهان حساس به شوری احاطه

شده باشند. بررسی تغییرات روند شوری با استفاده از سنجش‌ازدور و GIS برای جنوب خوزستان نشان داد شاخص NDVI در تفکیک مناطق دارای پوشش گیاهی ضعیف از خاک لخت و همچنین تعیین مقدار نسبی پوشش گیاهی کاربرد دارد. به‌وسیله این شاخص می‌توان به‌صورت غیرمستقیم مناطق شور را تا حدودی مشخص کرد (مبینی و همکاران، ۱۳۹۴). خدادادی و همکاران (۱۳۸۷) به‌منظور بررسی قابلیت داده‌های سنجنده ETM⁺ جهت تهیه نقشه شوری در بخشی از دشت قزوین از شاخص‌های مختلفی نظیر NDSI، SI، SAVI، NDVI و BI استفاده کردند. آن‌ها بیان کردند که در بین شاخص‌های به کار گرفته شده شاخص‌های SI و BI نسبت به سایر شاخص‌ها کارایی بیشتری در تفکیک اراضی شور دارا هستند.

نتایج مطالعه‌ای با تعداد ۱۸ نمونه در ایلام به‌منظور پایش شوری خاک در راستای تخریب سرزمین با کمک تکنیک‌های سنجش‌ازدور که برای سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۷ انجام گرفت نشان داد برای شاخص‌های SI و BI سطح اطمینان به‌دست آمده در همه سال‌ها ۹۵٪ به دست آمد، به جز سال ۲۰۱۷ که شاخص BI در این سال در سطح اطمینان ۹۸٪ قابل قبول گزارش شد. در این مطالعه بیان شد که نتایج آزمایش نمونه‌های خاک تقریباً با نتایج سنجش از دوری یکسان است و مناطقی که توسط شاخص‌های شوری به‌عنوان زمین‌های شور معرفی شدند در نتایج آزمایشگاهی نیز به همان نتیجه رسیدند (نیک‌پور و همکاران، ۱۴۰۰).

گزارش‌های مورگان و همکاران (۲۰۱۸) با تعداد ۱۹ نمونه خاک به نقشه‌برداری شوری خاک با استفاده از ماهواره سنتینل ۲ و شبکه عصبی پرداخته بودند نشان داد داده‌های بازتابی باند مادون قرمز موج کوتاه، SI₂ و شاخص گیاهی (NDVI) بهترین عملکرد را ارائه می‌دهند. آن‌ها بیان کردند داده‌های مادون قرمز موج کوتاه نقش مهمی در پیش‌بینی شوری خاک داشتند. مقایسه تخمین شوری خاک با استفاده از روش‌های طیف‌سنجی، القاگر الکترومغناطیس

و سنجش‌ازدور توسط نبی‌الهی و همکاران (۱۳۹۸) نشان داد شاخص SI، BI، شاخص NDVI و باند ۳ و ۷ ماهواره لندست ۸ مهم‌ترین متغیرها برای پیش‌بینی شوری خاک هستند و مهم‌ترین متغیر کمکی برای پیش‌بینی شوری خاک داده‌های طیفی در محدوده طول‌موج مرئی و مادون قرمز نزدیک هستند. بررسی شاخص‌های طیفی شامل شاخص روشنایی (BI)، شاخص پوشش گیاهی (NDVI) و شاخص (SI) مستخرج از ماهواره لندست ۸، سنجنده ETM⁺ برای شهرستان اهواز نشان داد شاخص روشنایی و شاخص شوری به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص تخمین شوری است و استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور برای تهیه نقشه شوری خاک به‌عنوان یک ابزار قوی، به دلیل صرف زمان و هزینه کمتر و همچنین استفاده از تعداد نقاط نمونه‌برداری در مطالعات خاک‌شناسی بسیار مفید است (سواری و همکاران، ۱۳۹۴).

ارزیابی و نقشه‌برداری مختلف شوری خاک با استفاده از ۱۵۰ نمونه خاک و به‌کارگیری تکنیک‌های سنجش‌ازدور در اکوسیستم‌های خشک، عربستان سعودی نیز نشان داد شاخص‌های شوری (SI) مناسب‌ترین شاخص برای نشان دادن مقادیر شوری خاک در منطقه مورد مطالعه بوده است (الهاگ، ۲۰۱۶). برآورد شوری خاک بستر دریاچه خشک شده ارومیه با تعداد ۳۸ نمونه خاک، استفاده از تصاویر Sentinel-2 و مدل‌های رگرسیون غیرخطی نتایج نشان داد که دقت نقشه‌برداری شوری خاک در بین روش‌های مختلف متفاوت است که می‌توان نه تنها به نظریه‌های هر مدل، بلکه به ویژگی‌های شوری (باندهای طیفی و شاخص‌های شوری) نسبت داد. در این مطالعه شاخص‌های BI، SI₂ و باندهای ۶، ۷، ۸ و ۸a به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص شوری برای نقشه‌برداری شوری خاک معرفی شدند (فرهمند و صادقی، ۲۰۲۰).

صحت سنجی و ارزیابی دقت نقشه‌های شوری خاک

در بیشتر پژوهش‌های انجام‌شده پیرامون شوری خاک، دقت نقشه‌ها و اطلاعات به‌دست‌آمده با استفاده از پارامترهایی مانند ضریب تعیین (R^2) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) محاسبه و ارزیابی می‌شوند؛ که هر چه مقدار R^2 بیشتر و مقدار RMSE کمتر باشد دقت کار بالاتر می‌رود (ژائو و همکاران، ۲۰۲۲).

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}} \quad (2)$$

که در این معادلات به ترتیب $\hat{y}_i$ ، y_i و $\bar{y}$ مقادیر پیش‌بینی شده، اندازه‌گیری شده و میانگین اندازه‌گیری شده محتوای

نمک خاک را نشان می‌دهد و n نشان دهنده تعداد نمونه‌ها است.

نتایج گرجی و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که شاخص‌های شوری خاک استخراج شده از هر دو ماهواره Landsat-8 OLI و Sentinel-2A شوری خاک را به ترتیب با دقت قابل قبول R^2 ۰/۷۳ و ۰/۷۴ برآورد کردند. در این مطالعات اغلب داده‌ها به‌طور تصادفی به دو گروه ۷۰ و ۳۰ درصدی تقسیم و سپس از هر دو گروه یک بار به‌عنوان سری واسنجی و بار دیگر به‌عنوان سری اعتبارسنجی استفاده می‌شود (عسگری و همکاران، ۱۳۹۸؛ حسنی و همکاران، ۱۳۹۳). از این رو در (جدول ۲) صحت سنجی (تعیین دقت نتایج) برخی شاخص‌های استفاده شده در مطالعات مختلف ذکر شده است.

جدول ۲- تعیین دقت نتایج برخی از شاخص‌ها در مطالعات شوری خاک

شاخص/باند	R^2	RMSE	محققین/ماهواره
B6	0.88	21.85	Farahmand & Sadeghi, 2020 Sentinel_2
B7	0.88	21.33	
B8a	0.89	20.85	
B8	0.85	24.23	
BI	0.83	25.86	
SI3	0.83	25.89	
NIR	0.80	1.194	Hassan et al., 2021 Landsat_8
SI2	0.79	1.153	
SI3	0.84	1.047	
SI4	0.83	1.090	
VSSI	0.86	0.988	
SAVI	0.79	1.224	
SI	0.78	0.54	Asfaw et al., 2018 Landsat_8
BI	0.79	0.61	
SAVI	0.54	0.29	Gunat et al., 2021 Landsat_8

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

با بررسی پژوهش‌های انجام‌شده در ارتباط با پایش شوری خاک، می‌توان بیان کرد استفاده از سنجش‌ازدور، منطقه‌ای بوده و وابسته به زمان و مکان مورد مطالعه است. به همین دلیل محققان باندها و

شاخص‌های طیفی مختلفی را برای ارزیابی شوری خاک مناسب معرفی کرده‌اند. با این وجود که ممکن است یک باند یا یک شاخص طیفی در منطقه‌ای مناسب‌تر گزارش شود. در اکثر مواقع بهترین و بالاترین همبستگی بین شوری خاک و شاخص‌های محاسبه‌شده در فصول گرم و خشک (وجود

حداقل رطوبت در سطح خاک) گزارش شده است، این همبستگی بالا به شدت تحت تأثیر پارامترهای محیطی مانند درصد رطوبت خاک، رنگ خاک، مقدار شوری خاک سطحی و بافت خاک سطحی است. به طور کلی، خاک‌های شور خشک دارای بازتاب طیفی بیشتری نسبت به خاک‌های شور مرطوب دارند. طی مطالعات انجام شده در این زمینه نشان داده شد که خاک‌های تحت تأثیر شوری پاسخ طیفی بالایی را در محدوده طول موج مرئی نسبت به خاک‌های غیر شور نشان می‌دهند. انتخاب مناسب‌ترین باندها بستگی به شرایط اقلیمی، منطقه جغرافیایی مورد مطالعه، شرایط خاک، داده‌های ماهواره‌ای و همچنین نوع استفاده اراضی دارد. در تحقیقات مختلف انجام شده در این مورد از شاخص‌های مختلف سنجش‌ازدور برای طبقه‌بندی خاک-های شور استفاده نمودند. این تحقیقات نشان دادند اساس کاربرد این شاخص‌ها تغییرپذیری خصوصیات طیفی بر اساس خصوصیات خاک است. اساس کاربرد شاخص‌ها، تغییرپذیری خصوصیات طیفی بر اساس خصوصیات خاک است به همین دلیل محققان شاخص‌های مختلفی را برای ارزیابی شوری خاک مناسب دانسته‌اند. بررسی دقیق شوری خاک مستلزم استفاده توأم از داده‌های واقعی زمینی و داده-های سنجش‌ازدور است. در این میان شاخص‌های طیفی درختندگی BI و شاخص شوری SI، شاخص تفاضلی پوشش گیاهی نرمال شده NDVI و شاخص شوری نرمال شده NDSI بیش‌ترین همبستگی را با داده‌های زمینی در خاک‌های تحت تأثیر شوری نشان دادند. به وسیله شاخص گیاهی NDVI می‌توان به صورت غیرمستقیم مناطق شور را تا حدودی مشخص کرد. این شاخص می‌تواند بسیار کمک‌کننده در تفکیک مناطق دارای پوشش گیاهی ضعیف از خاک لخت و همچنین تعیین مقدار نسبی پوشش گیاهی باشد. شاخص BI توانایی جداسازی نواحی با شوری شدید و شوری خیلی زیاد را با بالاترین ارزش رقومی و پوشش گیاهی شاداب و حساس به شوری را با کمترین ارزش رقومی را دارد. شاخص SI نیز با دقت بالایی در اکثر مطالعات نواحی غیر شور را از اراضی شور تفکیک نموده

است. با بررسی شاخص‌های مختلف برای تعیین مناسب-ترین شاخص جهت استخراج اطلاعات از داده‌های ماهواره‌ای در راستای بهبود مطالعات شوری خاک به طور کلی می‌توان به این نتیجه رسید که انتخاب مناسب-ترین شاخص‌ها بستگی به شرایط خاک، منطقه جغرافیایی، شرایط اقلیمی، داده‌های ماهواره‌ای و نوع استفاده از اراضی دارد؛ بنابراین اگرچه تصاویر ماهواره‌ای و استفاده از شاخص‌ها قابلیت زیادی برای مشخص کردن شوری اراضی دارد؛ اما به طور کلی نمی‌توان استفاده از شاخص‌های یکسانی را در کلیه مناطق، برای تهیه نقشه شوری تعریف کرد. حضور گچ و آهک نیز در سطح اراضی خاک‌های شور ممکن است بازتاب مشابهی بانمک داشته و در بررسی و تفکیک این اراضی مزاحمت و یا تداخل انعکاسی ایجاد می‌کنند؛ از این رو برای جلوگیری در به وجود آمدن خطا و افزایش دقت با توجه به مشابه نبودن بازتاب‌های مختلف، طول موج و پیک‌های خاک‌های مختلف محدوده طیف مرئی برای برآورد و تشخیص هدایت الکتریکی خاک و محدوده مادون قرمز نزدیک برای آهک و گچ اطلاعات مفیدی ارائه می‌دهند. اکثر مطالعات با ترکیب تصاویر چند زمانه با اطلاعات کمکی مانند داده‌های خاک و ویژگی‌های سرزمین، بر محدودیت‌های طیفی - مکانی تصاویر ماهواره-ای فائق آمدند و نتایج رضایت‌بخشی را به دست آوردند. در تهیه نقشه‌های شوری خاک نه تنها باید مقدار R^2 و RMSE مورد محاسبه قرار گیرند؛ بلکه باید تجزیه و تحلیل بیشتری انجام پذیرد تا بتوان مطمئن‌ترین و کارآمدترین شاخص‌ها را انتخاب و به کاربرد؛ زیرا عواملی مانند موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه، شرایط آب و هوایی، نوع خاک، کاربری اراضی و یا سایر عوامل محیطی بر سطح شوری خاک تأثیر به سزایی دارند بنابراین، در نظر گرفتن این پارامترها برای طراحی نمونه برداری خاک و جمع‌آوری تصاویر ماهواره‌ای امری ضروری است. به طور کلی می‌توان برداشت نمود که داده‌های ماهواره‌ای دارای قابلیت بالا استفاده در تهیه نقشه‌های مختلف خاک در مدت زمان کوتاه‌تر و با هزینه پایین‌تر است. با استفاده از

الگوریتم‌های سنجش از دوری مناسب و با داشتن داده‌های زمینی که به صورت صحیح و مناسب برداشت شده‌اند می‌توان اقدام به تهیه نقشه‌های خاک با دقت قابل قبول و توجیه پذیر نمود. در این مطالعات پیشنهاد می‌شود که از تصاویر ابر طیفی که دارای محدوده طیفی وسیع تری نسبت به تصاویر لندست و سنتینل هستند استفاده شود. همچنین از شاخص‌ها و محدوده‌های طیفی که می‌توانند باعث تمایز بین ویژگی‌های طیفی گچ و کربنات با هدایت الکتریکی می‌شود استفاده شود. البته نباید فراموش کرد که استفاده از داده‌های به روز در مطالعات سنجش از دور و سعی بر تهیه تصاویر ماه‌های گرم و خشک سال به دلیل کمتر بودن رطوبت نسبت به سایر ماه‌های سال استفاده شود.

فهرست منابع

۱. احمدی، ز. عباسی، آ. شهابی، م. و بوعلی، ع. ۱۳۹۹. مقایسه روش‌های درخت تصمیم و شبکه عصبی در پیش‌بینی شوری خاک در غرب دریاچه ارومیه. تخریب و احیاء اراضی طبیعی، ۱(۱): ۸۲-۹۱.
۲. احمدیان، م. پاک‌پور، م. و عاشورلو، د. ۱۳۸۹. بررسی تغییرات شوری خاک به کمک پردازش رقومی اطلاعات ماهواره لندست در دشت نهاوند (استان همدان). پژوهش‌های خاک، ۲۴(۲): ۱۷۹-۱۹۱.
۳. اخضری، د. و اسدی می‌آبادی، ا. ۱۳۹۵. تهیه نقشه شوری خاک با استفاده از تحلیل طیفی داده‌های سنجنده OLI و داده‌های میدانی (مطالعه موردی: جنوب دشت ملایر) سنجنش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۷(۲): ۸۷-۱۰۰.
۴. پیش‌نماز احمدی، م. رضائی مقدم، م. ح. و فیضی زاده، ب. ۱۳۹۶. بررسی شاخص‌ها و تهیه نقشه شوری خاک با استفاده از داده‌های سنجنش از دور (مطالعه موردی: دلتای آجی‌چای). سنجنش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۲۶(۸): ۸۵-۹۶.
۵. تقدسی، م. و حسنلو، م. ۱۳۹۵. پایش شوری خاک با بررسی تطبیقی شاخص‌های شوری در تصاویر سنتینل ۲- و لندست ۸- اولین همایش ملی سنجنش از دور و GIS محیطی، مؤسسه آموزش عالی آبان هراز آمل - انجمن سنجنش از دور و GIS ایران.
۶. جمشیدی، م. افتخاری، ک. نویدی، م. و مؤمنی، ع. ۱۳۹۴. چهل سال مطالعات خاکشناسی در مؤسسه تحقیقات خاک و آب. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ۶۲ صفحه.
۷. چترنور، م. لندی، ا. فرخیان فیروزی، ا. و بهرامی، ح. ۱۳۹۹. کاربرد طیف‌سنجی مرئی - مادون قرمز در کمی‌سازی میزان گچ‌خاک در کانون‌های مستعد تولید ریزگرد استان خوزستان. تحقیقات کاربردی خاک، ۸(۳): ۱-۱۳.
۸. حسنی، ا. بهرامی، ح. نوروزی، ع. و اوستان، ش. ۱۳۹۳. استفاده از روش طیف‌سنجی بازتابی مرئی-فروسرخ در برآورد برخی ویژگی‌های خاک در خاک‌های گچی-آهکی. مهندسی و مدیریت آبخیز، ۶(۲): ۱۲۵-۱۳۸.
۹. حسینی، ز. ۱۳۸۲. بررسی قابلیت داده‌های ماهواره لندست ETM+ جهت تهیه نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: منطقه چمستان استان مازندران). پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
۱۰. خدادادی، م. سرمیدان، ف. عسکری، م. رفاهی، ح. نوروزی، ا. و حیدری، ا. ۱۳۸۷. تهیه نقشه خاک‌های تحت تأثیر شوری و قلیایی با استفاده از داده‌های سنجنده ETM+ در بخشی از دشت قزوین. مجله منابع طبیعی ایران، ۶۱(۱): ۱۱۴۳-۱۱۵۶.
۱۱. زبیری، م. و مجد، ع. ۱۳۸۳. آشنایی با فن سنجنش از دور و کاربرد در منابع طبیعی. مؤسسه چاپ و انتشار دانشگاه تهران. چاپ پنجم، ۳۲۲ صفحه.

۱۲. سلیمی، خ. احمدی ثانی، ن و جلیل نژاد، ن. ۱۳۹۸. تهیه نقشه شوری خاک سطحی با استفاده از فناوری سنجش ازدور (مطالعه موردی: اراضی جنوب استان آذربایجان غربی). دانش آب و خاک، ۲۹(۲): ۱۱۵-۱۲۸.
۱۳. سواری، ز. حجتی، س و تقی زاده مهرجردی، ر. ۱۳۹۴. ارزیابی شاخص های شوری مختلف در تهیه نقشه شوری خاک سطحی با استفاده از داده های سنجش ازدور. سومین همایش ملی پژوهش های محیط زیست و کشاورزی ایران.
۱۴. صادقیان، س و آخوندزاده، م. ۱۳۸۳. ماهنامه نقشه برداری. سال پانزدهم شماره ۵ (مهر ۱۳۸۳). ۴۲ صفحه.
۱۵. طاقدیس، س. فرپور، م. ه. فکری، م و محمودآبادی، م. ۱۴۰۰. برآورد برخی خصوصیات خاک با استفاده از تحلیل داده های طیفی (Vis-NIR) و انواع روش های پیش پردازش. تحقیقات آب و خاک ایران، ۶(۵۲): ۱۵۵۷-۱۵۶۹.
۱۶. ظهیرنیا، ع و متین فر، ح. ر. ۱۳۹۷. مقایسه شاخص های مختلف استخراج شده از تصاویر ماهواره لندست به منظور بررسی تغییرات شوری خاک در منطقه جنوب غربی استان خوزستان. اولین همایش بین المللی و سومین همایش ملی مدیریت پایدار منابع خاک و محیط زیست، کرمان.
۱۷. عزیزی، ک. نبی الهی، ک و داوری، م. ۱۳۹۷. ارزیابی قابلیت روش طیف سنجی در تخمین برخی ویژگی های خاک های مبتلا به نمک. مهندسی زراعی، ۴۱(۳): ۱-۱۶.
۱۸. عسگری هفشجانی، ن. ایوبی، ش. دمتی، ا و خادمی، ح. ۱۳۹۸. ارزیابی قابلیت طیف سنجی بازتابی در پیش بینی کربنات های خاک (مطالعه موردی: منطقه جونقان در استان چهارمحال و بختیاری). مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی)، ۴۲(۳): ۱۱۳-۱۲۸.
۱۹. علوی پناه، س. ک. ۱۳۸۲. کاربرد سنجش ازدور در علوم زمین (علوم خاک). انتشارات دانشگاه تهران، ۴۷۸ صفحه.
۲۰. علوی پناه، س. ک. ۱۳۹۲. کاربرد سنجش ازدور در علوم زمین. چاپ چهارم. تهران، دانشگاه تهران، ۴۳۸ صفحه.
۲۱. قاضی، م. بهرامی، ح. ع. درویشی بلورانی، ع و میرزایی، س. ۱۳۹۶. تخمین میزان آهک خاک در کانون های گردوغبار با استفاده از طیف سنجی VNIR و تصاویر ماهواره ای سنجنده OLI. سنجش ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۸(۴): ۱-۱۶.
۲۲. کرم، ا. کیانی، ط. دادرسی سبزواری، ا و داورزنی، ز. ۱۳۹۷. برآورد شوری خاک با استفاده از داده های دورسنجی و آمار مکانی در منطقه سبزواری. پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، ۷(۴): ۳۱-۵۳.
۲۳. ممبئی، م. آرخی، ص و آرامی، س. ع. ۱۳۹۴. تغییرات روند شوری با استفاده از سنجش ازدور و GIS (مطالعه موردی: جنوب خوزستان). مجله علمی پژوهشی اکوسیستم بیابان، ۴(۶): ۳۷-۲۷.
۲۴. موسوی، ف. عبدی، ا. قلندرزاده، ع. بهرامی، ح. ع و مجنونیان، ب. ۱۳۹۸. بررسی قابلیت طیف سنجی بازتابی در برآورد برخی ویژگی های شیمیایی خاک جنگل خیرود. مجله جنگل ایران، ۱۱(۴): ۴۴۳-۴۵۸.
۲۵. نبی الهی، ک. عزیزی، ک و داوری، م. ۱۳۹۸. مقایسه تخمین شوری خاک با استفاده از روش های طیف سنجی، القاگر الکترومغناطیس و سنجش ازدور. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، ۱(۹): ۱۰۱-۱۱۷.
۲۶. نظم فر، ح. سرمستی، ن و علوی پناه، س. ک. ۱۳۹۳. پایش دریاچه نمکی مهارلو با تکنیک های پردازش تصاویر ماهواره ای چند طیفی. محیط شناسی، ۴۰(۳): ۶۶۹-۶۷۷.

۲۷. نیک‌پور، ن. فتوحی، ص. نگارش، ح. بهرامی، ش و حسینی، س. ز. ۱۴۰۰. پایش شوری خاک در راستای تخریب سرزمین با کمک تکنیک‌های سنجش از راه دور (مطالعه موردی استان ایلام). مخاطرات محیط طبیعی، ۱۰(۲۷): ۱-۲۰.
28. Ait Lamqadem, A., Pradhan, B., Saber, H. and Rahimi, A., 2018. Desertification sensitivity analysis using MEDALUS model and GIS: a case study of the Oases of Middle Draa Valley, Morocco. *Sensors*, 18(7), 2230.
29. Alexakis, D.D., Daliakopoulos, I.N., Panagea, I.S. and Tsanis, I.K., 2018. Assessing soil salinity using WorldView-2 multispectral images in Timpaki, Crete, Greece. *Geocarto International*, 33(4), 321-338.
30. Allbed, A. and Kumar, L., 2013. Soil salinity mapping and monitoring in arid and semi-arid regions using remote sensing technology: a review. *Advances in remote sensing*.
31. Allbed, A., Kumar, L. and Aldakheel, Y.Y., 2014. Assessing soil salinity using soil salinity and vegetation indices derived from IKONOS high-spatial resolution imageries: Applications in a date palm dominated region. *Geoderma*, 230, 1-8.
32. Asfaw, E., Suryabhagavan, K.V. and Argaw, M., 2018. Soil salinity modeling and mapping using remote sensing and GIS: The case of Wonji sugar cane irrigation farm, Ethiopia. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(3), 250-258.
33. Azhirabi, R. and Abdi, O., 2015. Comparison of different indices adopted from Landsat images to map soil salinity in the army field of Gorgan. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 5(1), 173-186.
34. Babiker, S., Abulgasim, E. and Hamid, H.S., 2018. Enhancing the spatial variability of soil salinity indicators by remote sensing indices and geo-statistical approach. *J. Earth Sci. Clim. Change*, 9(04).
35. Bannari, A., Guedon, A.M., El-Harti, A., Cherkaoui, F.Z. and El-Ghmari, A., 2008. Characterization of slightly and moderately saline and sodic soils in irrigated agricultural land using simulated data of advanced land imaging (EO-1) sensor. *Communications in soil science and plant analysis*, 39(19-20), 2795-2811.
36. Boettinger, J.L., 2010. Environmental covariates for digital soil mapping in the western USA. *Digital soil mapping: Bridging research, environmental application, and operation*, 17-27.
37. Csillag, F., Pasztor, L. and Biehl, L.L., 1993. Spectral band selection for the characterization of salinity status of soils. *Remote sensing of environment*, 43(3), 231-242.
38. Darwish, T., Atallah, T., El Moujabber, M. and Khatib, N., 2005. Salinity evolution and crop response to secondary soil salinity in two agro-climatic zones in Lebanon. *Agricultural water management*, 78(1-2), 152-164.
39. Dehaan, R. and Taylor, G.R., 2003. Image-derived spectral endmembers as indicators of salinisation. *International Journal of Remote Sensing*, 24(4), 775-794.
40. Dehni, A. and Lounis, M., 2012. Remote sensing techniques for salt affected soil mapping: application to the Oran region of Algeria. *Procedia Engineering*, 33, 188-198.
41. Dematte, J.A.M., 2002. Characterization and discrimination of soils by their reflected electromagnetic energy. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37, 1445-1458.
42. Elhag, M., 2016. Evaluation of different soil salinity mapping using remote sensing techniques in arid ecosystems, Saudi Arabia. *Journal of Sensors*.
43. Farah, A., Algouti, A., Algouti, A., Ifkirne, M. and Ezziyani, A., 2021. Mapping of soil degradation in semi-arid environments in the ouarzazate basin in the south of the central High Atlas, Morocco, using sentinel 2A data. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 23, 100548.
44. Farahmand, N. and Sadeghi, V., 2020. Estimating soil salinity in the dried lake bed of Urmia lake using optical Sentinel-2 images and nonlinear regression models. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 48(4), 675-687.
45. Farifteh, J., Farshad, A. and George, R.J., 2006. Assessing salt-affected soils using remote sensing, solute modelling, and geophysics. *Geoderma*, 130(3-4), 191-206.

46. Gomrokchi, A., Akbari, M., Hassanoghli, A. and Younesi, M., 2020. Monitoring soil salinity and vegetation using multispectral remote sensing data in interceptor drain of salt marsh in Qazvin Plain. *Geography and Environmental Sustainability*, 10(1), 37-52.
47. Gopalakrishnan, T. and Kumar, L., 2020. Modeling and mapping of soil salinity and its impact on Paddy Lands in Jaffna Peninsula, Sri Lanka. *Sustainability*, 12(20), 8317.
48. Gorji, T., Yildirim, A., Hamzehpour, N., Tanik, A. and Sertel, E., 2020. Soil salinity analysis of Urmia Lake Basin using Landsat-8 OLI and Sentinel-2A based spectral indices and electrical conductivity measurements. *Ecological Indicators*, 112, 106173.
49. Gunal, E., Wang, X., Kılıc, O.M., Budak, M., Al Obaid, S., Ansari, M.J. and Brestic, M., 2021. Potential of Landsat 8 OLI for mapping and monitoring of soil salinity in an arid region: A case study in Dushak, Turkmenistan. *Plos one*, 16(11), e0259695.
50. Guo, B., Yang, F., Han, B., Fan, Y., Chen, S., Yang, W. and Jiang, L., 2019. A model for the rapid monitoring of soil salinization in the Yellow River Delta using Landsat 8 OLI imagery based on VI-SI feature space. *Remote Sensing Letters*, 10(8), 796-805.
51. Hafez, E.M., Omara, A.E.D., Alhumaydhi, F.A. and El-Esawi, M.A., 2021. Minimizing hazard impacts of soil salinity and water stress on wheat plants by soil application of vermicompost and biochar. *Physiologia Plantarum*, 172(2), 587-602.
52. Haque, S.A., 2006. Salinity problems and crop production in coastal regions of Bangladesh. *Pakistan Journal of Botany*, 38(5), 1359-1365.
53. Hassan, R., Ahmed, Z., Islam, M.T., Alam, R. and Xie, Z., 2021. Soil Salinity Detection Using Salinity Indices from Landsat 8 Satellite Image at Rampal, Bangladesh. *Remote Sensing in Earth Systems Sciences*, 4, 1-12.
54. Hunt, G and Siseurs .J. 1971. Visible and near - infrared spectra of minerals and rocks. II Carbonates. *Modern Geology*, 2, 23-30.
55. Khajehzadeh, M., Afzali, S.F., Honarbakhsh, A. and Ingram, B., 2022. Remote sensing and gis-based modeling for predicting soil salinity at the watershed scale in a Semi-arid region of Southern Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(5), 423.
56. Khan Yaghma, M., Ahmadi, N. and Jalilnazhad, N., 2016. Investigating potentiality of IRS-P6 images for soil salinity modeling. *Water and Soil Science*, 26(2-2), 177-187.
57. Khan, N.M., Rastoskuev, V.V., Sato, Y. and Shiozawa, S., 2005. Assessment of hydrosaline land degradation by using a simple approach of remote sensing indicators. *Agricultural Water Management*, 77(1-3), 96-109.
58. Khan, S. and Abbas, A., 2007. Using remote sensing techniques for appraisal of irrigated soil salinity. *Int. Congr. Model. Simul.(MODSIM)*, Model. Simul. Soc. Aust. New Zealand, Bright, (January), 2632-2638.
59. Khasanov, S., Li, F., Kulmatov, R., Zhang, Q., Qiao, Y., Odilov, S., Yu, P., Leng, P., Hirwa, H., Tian, C. and Yang, G., 2022. Evaluation of the perennial spatio-temporal changes in the groundwater level and mineralization, and soil salinity in irrigated lands of arid zone: as an example of Syrdarya Province, Uzbekistan. *Agricultural Water Management*, 263, 107444.
60. Kulmatov, R., Khasanov, S., Odilov, S. and Li, F., 2021. Assessment of the space-time dynamics of soil salinity in irrigated areas under climate change: a case study in Sirdarya Province, Uzbekistan. *Water, Air, & Soil Pollution*, 232, 1-13.
61. Lindner, C., Bromiley, P.A., Ionita, M.C. and Cootes, T.F., 2014. Robust and accurate shape model matching using random forest regression-voting. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 37(9), 1862-1874.
62. Litalien, A. and Zeeb, B., 2020. Curing the earth: A review of anthropogenic soil salinization and plant-based strategies for sustainable mitigation. *Science of the Total Environment*, 698, 134235.
63. Makhdoum, M.F., Darvishsefat, A.A., Jafarzadeh, H. and Makhdoum, A.F., 2002. Environmental evaluation and planning by geographic information system. Tehran university publication, Tehran, Iran.
64. Matinfar, H.R. and Zandie, V., 2016. Efficiency of spectral indices derived from Landsat-8 images of Maharloo Lake and its surrounding rangelands. *Journal of Rangeland Science*, 6(4), 334-343.

65. Matinfar, H.R., Alavi Panah, S.K., Zand, F. and Khodaei, K., 2013. Detection of soil salinity changes and mapping land cover types based upon remotely sensed data. *Arabian Journal of Geosciences*, 6, 913-919.
66. Meng, L., Zhou, S., Zhang, H. and Bi, X., 2016. Estimating soil salinity in different landscapes of the Yellow River Delta through Landsat OLI/TIRS and ETM+ Data. *Journal of Coastal Conservation*, 20, 271-279.
67. Metternicht, G. and Zinck, A., 2008. Remote sensing of soil salinization: Impact on land management. CRC Press.
68. Metternicht, G.I. and Zinck, J.A., 2003. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints. *Remote sensing of Environment*, 85(1), 1-20.
69. Mohamed, E.S., Saleh, A.M., Belal, A.B. and Gad, A., 2018. Application of near-infrared reflectance for quantitative assessment of soil properties. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 21(1), 1-14.
70. Morgan, R.S., El-Hady, M.A. and Rahim, I.S., 2018. Soil salinity mapping utilizing sentinel-2 and neural networks. *Indian Journal of Agricultural Research*, 52(5), 524-529.
71. Nguyen, K.A., Liou, Y.A., Tran, H.P., Hoang, P.P. and Nguyen, T.H., 2020. Soil salinity assessment by using near-infrared channel and Vegetation Soil Salinity Index derived from Landsat 8 OLI data: a case study in the Tra Vinh Province, Mekong Delta, Vietnam. *Progress in Earth and Planetary Science*, 7(1), 1-16.
72. Noroozi, A.A., Homaei, M. and Abbasi, F., 2011. Integrated application of remote sensing and spatial statistical models to the identification of soil salinity: A case study from Garmsar Plain, Iran, 9(1), 59-74.
73. Olsson, L., Barbosa, H., Bhadwal, S., Cowie, A., Delusca, K., Flores-Renteria, D., Hermans, K., Jobbagy, E., Kurz, W., Li, D. and Sonwa, D.J., 2019. Land degradation: IPCC special report on climate change, desertification, land 5 degradation, sustainable land management, food security, and 6 greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. In *IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land 5 Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and 6 Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
74. Pinheiro, E.F., Ceddia, M.B., Clingensmith, C.M., Grunwald, S. and Vasques, G.M., 2017. Prediction of soil physical and chemical properties by visible and near-infrared diffuse reflectance spectroscopy in the central Amazon. *Remote Sensing*, 9(4), 293.
75. Qadir, M., Qureshi, A.S. and Cheraghi, S.A.M., 2008. Extent and characterisation of salt-affected soils in Iran and strategies for their amelioration and management. *Land Degradation & Development*, 19(2), 214-227.
76. Seifi, M., Ahmadi, A., Neyshabouri, M.R., Taghizadeh-Mehrjardi, R. and Bahrani, H.A., 2020. Remote and Vis-NIR spectra sensing potential for soil salinization estimation in the eastern coast of Urmia hyper saline lake, Iran. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 20, 100398.
77. Shahraini, E. and Noroozi, A.A., 2022. Modeling and Mapping of Soil Salinity and Alkalinity Using Remote Sensing Data and Topographic Factors: A Case Study in Iran. *Environmental Modeling & Assessment*, 27(5), 901-913.
78. Singh, A., 2022. Soil salinity: A global threat to sustainable development. *Soil Use and Management*, 38(1), 39-67.
79. Sonon, L.S., Saha, U. and Kissel, D.E., 2012. Soil salinity testing, data interpretation and recommendations. The University of Georgia, Cooperative Extension, College of Agricultural and Environmental Sciences, Circular, (1019).
80. Summers, D., Lewis, M., Ostendorf, B. and Chittleborough, D., 2011. Visible near-infrared reflectance spectroscopy as a predictive indicator of soil properties. *Ecological Indicators*, 11(1), 123-131.
81. Taghadosi, M.M., Hasanlou, M. and Eftekhari, K., 2019. Retrieval of soil salinity from Sentinel-2 multispectral imagery. *European Journal of Remote Sensing*, 52(1), 138-154.
82. Teggi, S., Costanzini, S., Despini, F., Chiodi, P. and Immordino, F., 2012, October. SPOT5 imagery for soil salinity assessment in Iraq. In *Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications*, 198-209.

83. Vaudour, E., Gomez, C., Lagacherie, P., Loiseau, T., Baghdadi, N., Urbina-Salazar, D., Loubet, B. and Arrouays, D., 2021. Temporal mosaicking approaches of Sentinel-2 images for extending topsoil organic carbon content mapping in croplands. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 96, 102277.
84. Veerman, C., Correia, T.P., Bastioli, C., Biro, B., Bouma, J., Cienciala, E., Emmett, B., Frison, E.A., Grand, A., Filchev, L.H. and Kriauciunienė, Z., 2020. Caring for soil is caring for life: ensure 75% of soils are healthy by 2030 for healthy food, people, nature and climate: interim report of the mission board for soil health and food.
85. Wang, J., Ding, J., Abulimiti, A. and Cai, L., 2018. Quantitative estimation of soil salinity by means of different modeling methods and visible-near infrared (VIS–NIR) spectroscopy, Ebinur Lake Wetland, Northwest China. *PeerJ*, 6, e4703.
86. Wang, J., Peng, J., Li, H., Yin, C., Liu, W., Wang, T. and Zhang, H., 2021. Soil salinity mapping using machine learning algorithms with the Sentinel-2 MSI in arid areas, China. *Remote Sensing*, 13(2), 305.
87. Wang, Z., Zhang, X., Zhang, F., weng Chan, N., Liu, S. and Deng, L., 2020. Estimation of soil salt content using machine learning techniques based on remote-sensing fractional derivatives, a case study in the Ebinur Lake Wetland National Nature Reserve, Northwest China. *Ecological Indicators*, 119, 106869.
88. Weiss, E., Marsh, S.E. and Pfirman, E.S., 2001. Application of NOAA-AVHRR NDVI time-series data to assess changes in Saudi Arabia's rangelands. *International Journal of Remote Sensing*, 22(6), 1005-1027.
89. Yang, J., Zhao, J., Zhu, G., Wang, Y., Ma, X., Wang, J., Guo, H. and Zhang, Y., 2020. Soil salinization in the oasis areas of downstream inland rivers—Case Study: Minqin oasis. *Quaternary International*, 537, 69-78.
90. Zaady, E., Arbel, S., Barkai, D. and Sarig, S., 2013. Long-term impact of agricultural practices on biological soil crusts and their hydrological processes in a semiarid landscape. *Journal of Arid Environments*, 90, 5-11.
91. Zhang, K., Chao, L.J., Wang, Q.Q., Huang, Y.C., Liu, R.H., Hong, Y., Tu, Y., Qu, W. and Ye, J.Y., 2019. Using multi-satellite microwave remote sensing observations for retrieval of daily surface soil moisture across China. *Water Science and Engineering*, 12(2), 85-97.
92. Zhao, W., Zhou, C., Zhou, C., Ma, H. and Wang, Z., 2022. Soil salinity inversion model of oasis in arid area based on UAV multispectral remote sensing. *Remote Sensing*, 14(8), p.1804.

تأثیر کودهای آلی (کمپوست، گاوی و مرغی) و اوره بر عملکرد و برخی ویژگی‌های زراعی دو رقم KSC704 و KSC260 ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.)

محمد قاسم‌زاده گنجه‌ای^{۱*}، سعید خاوری و سید فاضل فاضلی کاخکی

استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی - سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

farshidganjehie@yahoo.com

استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی - سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

khavaris80@yahoo.com

استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی - سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

sf_fazeli@yahoo.com

دریافت: تیر ۱۴۰۱ و پذیرش: بهمن ۱۴۰۱

چکیده

بهبود ساختارهای فیزیکی و تحریک ریز موجودات خاک از طریق اضافه کردن کودهای آلی منجر به تسهیل در آزادسازی عناصر غذایی و افزایش رشد گیاهان شده است. به منظور بررسی تأثیر کودهای آلی (کمپوست، گاوی و مرغی) و اوره بر برخی صفات مورفولوژیکی و اجزای عملکرد علوفه گیاه ذرت آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ در ایستگاه طرق مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی در قالب طرح کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک-های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. کرت‌های اصلی شامل: کود آلی کمپوست زباله شهری (۱۶ و ۳۲ تن در هکتار)، گاوی (۲۴ و ۴۸ تن در هکتار) و مرغی (۹/۵ و ۱۹ تن در هکتار)، کود شیمیایی اوره به میزان ۲۲۵ و ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار و عدم مصرف کود (شاهد) و کرت فرعی دو رقم ذرت سینگل کراس KSC704 و KSC260 بود. نتایج نشان داد که استفاده از کودهای آلی به طور معنی‌داری ($p \leq 0.01$, $p \leq 0.05$) صفات قطر بلال، طول بلال، عملکرد علوفه خشک و علوفه تر را افزایش داد. بیشترین ارتفاع بوته (۲۸۵ سانتی‌متر) از تأثیر ۲۴ تن کود گاوی در رقم KSC704 حاصل شد، همچنین حداکثر عملکرد علوفه تر و خشک به ترتیب ۷۵ و ۳۰/۵ تن در هکتار و بیشترین طول بلال (۲۳/۱ سانتی‌متر) از تأثیر تیمار مصرف ۳۲ تن کمپوست در هکتار از رقم KSC704 به دست آمد. کمترین مقدار عملکرد ماده خشک در رقم KSC260 و استفاده از سطوح مختلف کود اوره و شاهد مشاهده شد. در مجموع کاربرد کودهای آلی (کمپوست، مرغی و گاوی) در رقم KSC704 نسبت به رقم KSC260 در صفات مورد بررسی نتایج بهتری را نشان داد. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین علوفه خشک با ارتفاع ($r=0.54^{**}$)، طول بلال ($r=0.57^{**}$) و قطر ساقه ($r=0.71^{**}$) وجود داشت. به طور کلی، مصرف حداکثر ۳۲ تن کمپوست در هکتار در رقم تجاری ۷۰۴ برتری معنی‌داری نسبت به سایر تیمارهای کود آلی و شیمیایی دارد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، علوفه خشک، طول بلال، کود آلی، کود شیمیایی

^۱ - آدرس ایمیل نویسنده مسئول: farshidganjehie@yahoo.com

مقدمه

مواد آلی یکی از مهم‌ترین اجزای خاک بوده که به دلیل تأثیر بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، بر عملکرد محصولات کشاورزی تأثیر به سزایی داشته و منبع ارزشمندی برای تأمین عناصر غذایی برای گیاه به شمار می‌آیند. علاوه بر این، ترکیبات آلی با تشدید فعالیت‌های زیستی در خاک به چرخش عناصر و در نتیجه رشد گیاهان کمک می‌کنند (طباطبایی و همکاران، ۱۳۹۹). مواد آلی با ظرفیت تبادل کاتیونی تا حدود ۳۰۰ سانتی مول بر کیلوگرم و سطح ویژه تا ۹۰۰ مترمربع بر کیلوگرم، از پتانسیل بالایی برای نگهداری و آزادسازی عناصر غذایی برخوردار بوده و در توانایی حفظ اسیدیته خاک نقش عمده‌ای دارند (ونگ و ینگ، ۲۰۰۲). استفاده از منابع آلی به تنهایی و یا همراه با کودهای شیمیایی، اهمیت زیادی جهت حفظ ساختمان خاک، فعالیت حیاتی خاک و ظرفیت نگهداری آب در خاک دارد (رضایی‌نژاد و افیونی، ۱۳۷۹). کیفیت خاک به تنهایی به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن وابسته نیست، بلکه ارتباط بسیار نزدیکی با ویژگی‌های زیستی آن دارد (ابهین مستو و همکاران، ۲۰۰۶). در گذشته منابع دامی منابع اصلی کودهای آلی در کشاورزی بودند، اما در چند دهه اخیر، استفاده از کمپوست حاصل از زباله‌های شهری نیز رواج پیدا کرده است. نتایج مطالعات سامانه‌های مختلف کشت و بررسی‌های بوم‌شناسی مرتبط با استفاده از کودهای آلی، نشان‌دهنده نتایج مثبتی از کاربرد مشترک کودهای شیمیایی و منابع آلی و زیستی بر بهبود وضعیت تغذیه گیاه در چارچوب سیستم تلفیقی تغذیه گیاهی هستند (طباطبایی و همکاران، ۱۳۹۹). مصرف کودهای آلی در زراعت گیاهانی همچون ذرت، علاوه بر کاهش میزان مصرف کودهای شیمیایی، از بروز عوارض منفی بلند مدت به دلیل بهبود ساختار فیزیک، شیمیایی و زیستی خاک نیز کاسته و به درآمد زارعین افزوده است (فلاح و همکاران، ۱۳۸۶). نتایج مطالعات نشان می‌دهد که کودهای دامی سبب کاهش اسیدیته، افزایش هدایت الکتریکی، کربن آلی،

نیتروژن کل، فسفر، پتاسیم، آهن و روی قابل دسترس در خاک می‌شود (زیتنی و همکاران، ۲۰۰۴). رضایی‌نژاد و افیونی (۱۳۷۹) در آزمایشی اثرات چهار تیمار کودی، شامل کود گاوی، لجن فاضلاب، کمپوست زباله شهری و کود شیمیایی (فسفات دی آمونیوم ۲۵۰ کیلوگرم و اوره ۲۵۰ کیلوگرم به صورت سرک) را بر عملکرد ذرت بررسی و دریافتند که کودهای آلی باعث افزایش معنی‌دار ماده آلی، مقدار قابل استخراج روی، مس، سرب و آهن به وسیله DTPA، فسفر و پتاسیم قابل جذب و درصد کل نیتروژن در خاک گردید و کاربرد کود گاوی و لجن فاضلاب دارای بیشترین و کمپوست دارای کمترین تأثیر بر عملکرد بودند. نتایج مطالعه فلاح و همکاران (۱۳۸۶) نشان داد که اختلاط کود با خاک توسط فارویر در مقایسه با دیسک منجر به افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گردید، ولی تعداد دانه در بلال و شاخص برداشت در دو روش اختلاط اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. تیمارهای کودی نیز باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه، تعداد دانه در بلال، عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه و عملکرد دانه شدند، ولی بر شاخص برداشت تأثیر معنی‌داری نداشتند. اثربخشی تلفیق کود شیمیایی با کود مرغی بر اجزای عملکرد ذرت در مقایسه با مصرف جداگانه هر کدام از آن‌ها بیشتر بود. در مطالعه‌ای سهیل و همکاران (۲۰۱۲) دریافتند که استفاده از کمپوست زباله شهری باعث افزایش مقدار قابل دسترس نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر ریزمغذی در خاک شده که منجر به افزایش عملکرد ذرت شده است. در میان عناصر غذایی، نیتروژن یکی از عوامل اصلی برای تأمین کیفیت دانه ذرت است. البته دستیابی به مقادیر و نوع کودی که قدرت جذب نیتروژن خوبی داشته و کیفیت دانه را بهبود ببخشد، از اهمیت خاصی برخوردار است (انجوم و همکاران، ۲۰۰۷). نیتروژن بر عملکرد دانه، تعداد و وزن دانه اثر داشته و کمبود جذب نیتروژن توسط گیاه ذرت، منجر به کاهش بازده اقتصادی در محصول می‌شود (لاولور و همکاران، ۲۰۰۱). اگرچه

کمپوست) به عنوان کود مناسب در زراعت گیاه ذرت انجام شد.

مواد و روش ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی واقع در جنوب شرقی مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی با ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا انجام شد. آزمایش به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. کرت اصلی شامل تیمارهای دو سطح کود گاوی (۴۸ = T1 و T2 = ۲۴ تن در هکتار)، دو سطح کود مرغی (۱۹ = T3 و T4 = ۹/۵ تن در هکتار)، دو سطح کمپوست زیاله شهری (۳۲ = T5 و T6 = ۱۶ تن در هکتار)، دو سطح کود اوره (۴۵۰ = T7 و T8 = ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) و تیمار شاهد (T9: بدون مصرف کود) و کرت فرعی شامل دو رقم هیبرید سینگل کراس KSC704 (KSC1: دیررس) و KSC260 (KSC2: زودرس) بودند. عملیات آماده سازی زمین در اوایل فروردین ماه ۱۴۰۰ انجام شد. تعداد کل کرت های آزمایشی ۵۴ کرت بود که در زمینی به مساحت تقریبی ۱۸۰۰ متر مربع اجرا گردید. هر کرت آزمایشی به طول هفت متر و عرض ۴/۵ متر و مساحت ۳۱/۵ متر مربع و شامل شش ردیف کاشت به فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی متر و فاصله روی ردیف ۱۵ سانتی متر بود. برای اطمینان از عدم تأثیر بلوک ها بر یکدیگر، فاصله بین بلوک ها دو متر در نظر گرفته شد. قبل و بعد از اجرای طرح، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک نمونه برداری مرکب و ویژگی های خاک مطابق استانداردهای موسسه تحقیقات خاک و آب اندازه گیری شد (علی احیایی، ۱۳۷۲) (جدول ۱ و ۲). همچنین نمونه آب آبیاری نیز مورد آزمایش قرار گرفت (جدول ۳). جهت تعیین درصد نیتروژن و مقدار عناصر پرمصرف و کم مصرف نمونه ای از کودهای آلی مشخص شده در کرت،

استفاده از کود سبز می تواند در درازمدت بر چرخه عناصر غذایی فسفر و نیتروژن و ثبات عملکرد مؤثر باشد، اما مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن در کوتاه مدت عملکرد را به طور معنی داری نسبت به کود آلی افزایش می دهد، خصوصاً در ذرت که به مقدار زیادی به نیتروژن، فسفر و پتاسیم نیاز دارد (ساهو و موهانتی، ۲۰۲۰). در بررسی کاربرد ماده آلی و اوره بر عملکرد و برخی ویژگی های زراعی ذرت، مشخص شد که راندمان مصرف کودهای نیتروژنه با کاربرد ماده آلی افزایش می یابد (وانلان او و همکاران، ۲۰۰۱). در پژوهش دیگری مشخص گردید که افزایش کود دامی به میزان ۶۰ تن در هکتار باعث افزایش وزن ماده خشک اندام هوایی و همچنین افزایش وزن هزار دانه در ذرت شد (عزیز و همکاران، ۲۰۰۱). همچنین کاربرد کودهای آلی می تواند باعث افزایش عملکرد ذرت نسبت به شاهد گردد و دلیل آن فراهمی آهن و ایجاد تعادل بین عناصر غذایی بیان شده است (اقبال و همکاران، ۲۰۰۴).

ذرت علوفه ای در دهه گذشته به یکی از محصولات مهم زراعی کشور تبدیل شده و سهم قابل توجهی از سطح زیر کشت ۳۹۲ هزار هکتار و تولید ۱۴/۲۵ میلیون تنی را به خود اختصاص داده است (احمدی و همکاران، ۱۴۰۰). عقیده بر این است که کاشت ذرت باعث تخلیه نیتروژن خاک شده و معمولاً برای مقابله با این مشکل، از کودهای شیمیایی برای تأمین آن استفاده می شود. ضمن آنکه کودهای آلی حاصل از کارخانه تولید کمپوست در مشهد و همچنین واحدهای مرغداری و گاوداری در منطقه، می توانند منبع مناسبی برای تأمین نیتروژن به تنهایی یا به همراه کودهای شیمیایی در کشت ذرت باشند. به نظر می رسد با توجه به پایین بودن ماده آلی خاک های استان و ضرورت بازنگری در مصرف کودهای شیمیایی، استفاده از کودهای آلی راهکاری مناسب برای تولید پایدار در بخش تولید علوفه در استان باشد. از این رو، پژوهش حاضر با هدف مطالعه و امکان بهره گیری مؤثر از کودهای آلی (مرغی، گاوی و

به آزمایشگاه ارسال گردید (جدول ۴). با توجه به جدول شماره یک (آنالیز خاک قبل از اجرای آزمایش) مقدار ماده آلی کمتر از حد استاندارد در تولید متعارف بوده، لذا به منظور دسترسی گیاه به عناصر غذایی و بهبود ساختمان خاک، تیمار کودهای آلی طراحی و اجرا گردید. از آنجاکه عناصر غذایی موجود در کودهای آلی اغلب به شکل ترکیبات غیر معدنی بوده و تدارک عناصر غذایی از طریق کودهای آلی وابسته به سرعت تجزیه آن‌ها در خاک دارد، لذا یکسان‌سازی مقدار نیتروژن موجود در کودهای آلی و

شیمیایی مورد نظر نبوده است. سایر کودهای شیمیایی مورد نیاز شامل کودهای فسفره و پتاسه بر اساس آزمون خاک و مقادیر عناصر موجود در انواع کودهای آلی و در نظر گرفتن مقادیر آزادسازی عناصر غذایی از کودهای آلی، تعیین و به خاک اضافه گردید. تیمارهای کود آلی نسبت به هکتار وزن گردید و به‌طور یکنواخت روی کرت‌های مربوطه پخش و تا عمق ۳۰ سانتی‌متری، با خاک مخلوط شدند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش قبل از اجرای طرح

مس (Cu)	روی (Zn)	منگنز (Mn)	آهن (Fe)	پتاسیم (K)	فسفر (P)	رس	سیلت	شن	کربن آلی (OC)	مواد خشتی شونده	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته
(میلی گرم در کیلوگرم)						(درصد)						
۰/۸۶	۱/۹	۳/۷	۲	۲۸۸	۹/۲	۱۴	۳۲	۵۴	۰/۴۴	۱۳/۲	۲	۸/۱

جدول ۲- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش بعد از اجرای طرح

مس (Cu)	روی (Zn)	منگنز (Mn)	آهن (Fe)	پتاسیم (K)	فسفر (P)	رس	سیلت	شن	کربن آلی (OC)	مواد خشتی شونده	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته
(میلی گرم در کیلوگرم)						(درصد)						
۰/۸۵	۰/۸۹	۲/۶۲	۱/۵۱	۲۵۳	۸/۷	۱۳	۳۳	۵۴	۰/۶۳	۱۵/۶	۲/۶۳	۸

جدول ۳- خصوصیات شیمیایی آب محل آزمایش

سدیم Na ⁺	منیزیم Mg ²⁺	کلسیم Ca ²⁺	کلسیم و منیزیم Ca ²⁺ +Mg ²⁺	سولفات (SO ₄) ²⁻	کلر Cl ⁻	بی کربنات HCO ⁻³	کربنات (CO ₃) ²⁻	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته
(میلی گرم در لیتر)									
۷۳/۶	۲۲/۸	۵۶	۲۱۱/۲	۱۳۹/۲	۱۱۳/۶	۱۱۲/۸	۰	۱/۱	۷/۲

جدول ۴- خصوصیات شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده در آزمایش

هدایت الکتریکی (۱:۵) (دسی زیمنس بر متر)	pH	مس (Cu)	کادمیوم (Cd)	روی (Zn)	منگنز (Mn)	آهن (Fe)	پتاسیم (K)	فسفر (P)	نیتروژن (N)	کربن آلی (OC)	کود آلی
(میلی گرم در کیلوگرم)						(درصد)					
۱۲/۷	۷/۲	۱۶۹	۱	۶۳۸	۱۴۷	۴۳۶۲	۰/۵۲	۰/۴	۱/۹۵	۲۵/۵	کمپوست
۲۵/۳	۷/۵	۱۵	۰/۸۳	۲۷	۲۰۷	۳۱۹۱	۰/۵۲	۰/۳۶	۱/۲۸	۲۱	کود گاوی
۳۳/۶	۶/۶	۶۹	۰/۷۸	۵۴۳	۸۲۸	۱۳۳۰	۰/۷۹	۱/۴۲	۳/۱۴	۲۸/۸	کود مرغی

با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای کودی اثرات معنی‌داری بر عملکرد و صفات مورفولوژیک مورد بررسی هیبریدهای ذرت داشتند (جدول ۵). اثر کود در تمامی صفات و اثر رقم برای کلیه صفات مورد مطالعه به جز تعداد بلال در بوته معنی‌دار شد که حاکی از اثرات متفاوت تیمارهای آزمایشی مورد بررسی بر صفات بود. همچنین اثرات متقابل رقم در کود برای تمامی صفات به جز قطر بلال و تعداد بلال در بوته معنی‌دار بود (جدول ۵)؛ بنابراین با توجه به معنی‌دار شدن اثرات متقابل کود در رقم برای اکثر صفات بررسی‌شده، در ادامه بر اثرات متقابل تأکید می‌گردد.

در زمان آماده‌سازی زمین و طول دوره رشد از هیچ‌گونه علف‌کش و یا قارچ‌کش استفاده نگردید و وجین علف‌های هرز به صورت دستی انجام شد. صفات بررسی‌شده شامل ارتفاع بوته، طول بلال، قطر بلال، میانگین تعداد بلال در بوته و قطر ساقه بود که بر روی ۱۰ بوته تصادفی رقابت کننده در هر کرت اندازه‌گیری و ثبت گردید. همچنین به منظور اندازه‌گیری عملکرد علوفه تر دو خط کناری هر کرت و ۳۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای ردیف‌های کشت حذف و بقیه علوفه تر در مرحله خمیری شدن دانه‌ها کف بر و با ترازوی دقیق توزین شد. به منظور تعیین وزن خشک علوفه ابتدا شش بوته به طور تصادفی از هر کرت برداشت و توزین شد، سپس بوته‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفته و مجدداً توزین شدند (یزدانی و همکاران، ۱۳۹۲). تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام و میانگین‌ها

جدول ۵- تجزیه واریانس عملکرد و برخی صفات وابسته در هیبریدهای ذرت علوفه‌ای

منبع تغییرات	ارتفاع گیاه	قطر ساقه	طول بلال	قطر بلال	تعداد بلال در بوته	عملکرد علوفه خشک	عملکرد علوفه تر
تکرار	۶۱/۸	۰/۱۴	۱/۷۱	۲/۷۴	۰/۰۱۴	۵۴/۰	۷۵/۲
کود	۲۹۷۴**	۱۳/۲**	۱۵/۲*	۳۹/۹*	۰/۰۵**	۱۱۶**	۲۶۴**
خطا	۳۳۹	۱/۶۶	۴/۶۲	۱۱/۴	۰/۰۲۲	۸/۹۸	۱۳/۴
رقم	۴۸۳**	۳۵/۶**	۵۹/۵*	۲۹/۹**	۰/۰۱۷	۴۷۵**	۹۶۱**
کود × رقم	۲۸/۲**	۰/۹۵۱*	۰/۲۴۲*	۰/۴۰۱	۰/۰۱۰	۸/۵۸*	۰/۳۰۱*
خطا	۱۸/۵	۰/۳۷۰	۰/۰۹۴	۰/۴۵۴	۰/۰۲۰	۲/۴۷	۰/۲۰۵
ضریب تغییرات	۷/۵۴	۲/۷۴	۱۱/۴	۸/۳۳	۷/۴۹	۶/۴۳	۶/۰۱

و* اختلاف آماری معنی‌دار به ترتیب در سطح احتمال آماری پنج و یک درصد

عملکرد علوفه تر

نتایج مقایسه میانگین عملکرد نشان داد که هیبرید KSC704 نسبت به رقم KSC260 در تمامی سطوح کودی عملکرد علوفه تر بیشتری را دارا بود (شکل ۱ الف). همچنین تیمار کودی کمپوست ۳۲ تن در هکتار در هر دو رقم بیشترین عملکرد علوفه تر را در بین تیمارهای کودی به خود اختصاص داد که می‌توان افزایش مقدار علوفه تر را به فراوانی قابلیت دسترسی گیاه به منابع تولید (عناصر غذایی) در این تیمار نسبت داد؛ زیرا که

مقدار آب داده شده در تمامی تیمارها یکسان بوده و عامل متغیر کودهای داده شده بوده است. در تمامی سطوح کودی، مقدار بالاتر کود نسبت به سطح کودی مشابه در مقدار کمتر، باعث افزایش عملکرد علوفه تر شد (شکل ۱ الف). نتایج مطالعه‌ای گلدانی نشان داد در نمونه برداری ۷۰ روز پس از کاشت بیشترین وزن خشک ساقه (جدای از برگ و ریشه) در ذرت (۱۰/۱۵ گرم در بوته) از استفاده از کود آلی (ورمی کمپوست) و کمترین آن در شاهد (۱/۰۹ گرم در بوته) حاصل شد. نامبردگان علت افزایش

چشمگیر وزن خشک ساقه ذرت را به غنی بودن کود آلی ورمی کمپوست از نظر عناصر میکرو مانند آهن، روی، مس و منگنز نسبت دادند (افشارمنش و همکاران، ۱۳۹۵). کودهای آلی سبب افزایش قابل توجه جذب پتاسیم توسط گیاه ذرت می‌گردند. در این پژوهش، تیمار کود مرغی ۱۹ تن در هکتار از نظر افزایش عملکرد علوفه در جایگاه دوم بعد از تیمار کود کمپوست ۳۲ تن در هکتار قرار داشت که این امر احتمالاً به علت میزان زیاد عنصر پتاسیم در آن و جذب این عنصر توسط گیاه ذرت بوده است. در تحقیقی دیگر نتایج نشان داد که با افزایش مصرف کود مرغی مقدار عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف خاک به‌طور معنی‌داری افزایش و در نتیجه جذب این عناصر و رشد رویشی گیاه افزایش پیدا کرد و در نهایت بالاترین عملکرد با تیمار ۳۰ تن کود مرغی در هکتار به دست آمد (فلاح و همکاران، ۱۳۸۶). در تحقیق حاضر تأثیر سطوح کود اوره بر عملکرد گیاه نسبت به سطوح کودهای کمپوست، گاوی و مرغی به‌طور معنی‌داری کمتر بود. شاید به توان این نتیجه را این گونه توصیف نمود که نیتروژن موجود در کودهای شیمیایی در معرض تصعید و آبشویی قرار داشته و این احتمال که از دسترس گیاه خارج گردد بیشتر خواهد بود. فرم نیتروژن در کودهای شیمیایی به‌صورت معدنی بوده که در شرایط مناسب خاک فرایند نترات‌سازی بر روی آن اعمال‌شده، به اعماق پایین‌تر خاک انتقال‌یافته و از دسترس گیاه خارج می‌شود. این در حالی است که در تیمارهای کود دامی این فرایند با سرعت کمتری انجام می‌گردد. علاوه بر این، عملکرد

علوفه‌تر بیشترین مقدار همبستگی ($r = 0.95^{**}$) را با صفت عملکرد علوفه خشک دارا بود (جدول ۷).

عملکرد علوفه خشک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای کودی اثر معنی‌داری بر عملکرد علوفه خشک هیبریدهای ذرت داشتند (جدول ۵). بیشترین عملکرد علوفه خشک در رقم دیررس KSC704 در دو شرایط کاربرد ۳۲ تن در هکتار کمپوست و ۱۹ تن در هکتار کود مرغی مشاهده شد. به‌طورکلی عملکرد علوفه خشک در سطوح مختلف کودی در رقم دیررس KSC704 از سطوح مشابه کودی در رقم زودرس KSC260 به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (شکل ۱ ب) تیمارهای شاهد و سطوح کود اوره در رقم KSC260 نیز کمترین عملکرد ماده خشک را دارا بودند، به‌طوری‌که عملکرد ماده خشک در این سه تیمار، حتی به ۳۰ تن در هکتار هم نرسید (شکل ۱ ب). هرچه دوره رشد گیاه بیشتر باشد انتظار می‌رود که ماده خشک بیشتری تولیدشده و عملکرد علوفه نیز افزایش یابد. بررسی‌ها نشان داده است که وجود عنصر روی در کود کمپوست می‌تواند در تولید ماده خشک به‌واسطه نقش فیزیولوژیکی روی در فرآیندهای حیاتی گیاه، نقش داشته باشد (بوک‌ویک و همکاران، ۲۰۰۳). لذا به نظر می‌رسد، بیشتر بودن عملکرد تحت شرایط اعمال کود کمپوست ۳۲ تن در هکتار را می‌توان به وجود عنصر روی در کود کمپوست نسبت داد، زیرا عنصر روی به‌واسطه نقش فیزیولوژیکی آن می‌تواند باعث افزایش رشد گیاه و ماده خشک ذرت گردد.

جدول ۶- مقایسات میانگین اثر متقابل کود و رقم بر صفات مورد مطالعه ذرت علوفه‌ای

رقم	کود	قطر ساقه (میلی‌متر)	طول بلال (سانتی‌متر)
KSC1	T1	۲۵/۰ a	۲۲/۵ b
	T2	۲۲/۸ bc	۱۹/۶ ef
	T3	۲۳/۵ ab	۱۹/۸ de
	T4	۲۱/۷ de	۲۱/۳ c
	T5	۲۴/۹ a	۲۳/۱ a
	T6	۲۲/۷ bc	۲۰/۰ cde
	T7	۲۳/۱ bc	۱۸/۲ f
	T8	۲۲/۴ c	۱۷/۵ g
	T9	۱۹/۹ h	۱۶/۸ hi
KSC2	T1	۲۴/۲ ab	۱۹/۲ ef
	T2	۲۱/۶ efg	۱۷/۹ g
	T3	۲۲/۰ cd	۱۷/۳ gh
	T4	۲۰/۸ gh	۱۷/۸ g
	T5	۲۲/۴ c	۲۰/۳cd
	T6	۲۱/۸ def	۱۷/۴ gh
	T7	۲۱/۵ efgh	۱۶/۳ i
	T8	۲۱/۴ efgh	۱۶/۳ i
	T9	۱۹/۷ h	۱۴/۸ j

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد بر اساس آزمون دانکن با یکدیگر ندارند

ذرت شد (منتلر و همکاران، ۲۰۰۲). نتایج ضرایب همبستگی نشان داد که علوفه خشک همبستگی مثبت و معنی‌داری با ارتفاع بوته ($r = 0.54^{**}$) داشت. نتایج مطالعه فلاح و همکاران (۱۳۸۶) نشان داد بین عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r = 0.46^{**}$) وجود دارد. نتایج این مطالعه با یافته‌های نامبردگان مطابقت دارد.

KSC1: رقم دیررس ذرت KSC704، KSC2: رقم زودرس ذرت KSC260، تیمارهای کودی شامل: T1: ۴۸ و T2: ۲۴ تن در هکتار کود گاوی، T3: ۱۹ و T4: ۹/۵ تن در هکتار کود مرغی، T5: ۳۲ و T6: ۱۶ تن در هکتار کمپوست زیاله شهری، T7: ۴۵۰ و T8: ۲۲۵ کیلوگرم کود اوره در هکتار، T9: شاهد.

در آزمایشی، کاربرد کود دامی به میزان ۶۰ تن در هکتار باعث افزایش وزن ماده خشک اندام هوایی

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین صفات زراعی و عملکرد در ارقام علوفه ذرت

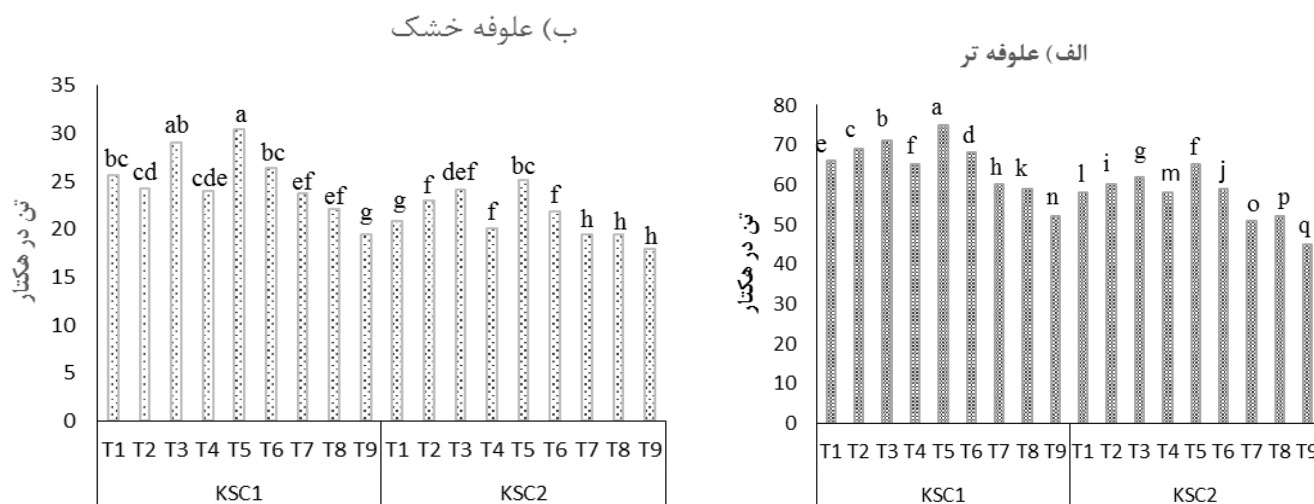
عملکرد علوفه تر	قطر ساقه	تعداد بلال در بوته	طول بلال	قطر بلال	ارتفاع گیاه	صفت
۰/۶۵۰ ^{**}	۰/۷۱۴ ^{**}	۰/۳۷۵ ^{**}	۰/۵۷۳ ^{**}	۰/۵۵۷ ^{**}	۰/۵۴۰ ^{**}	عملکرد علوفه خشک
	۰/۷۳۸ ^{**}	۰/۴۴۴ ^{**}	۰/۶۶۸ ^{**}	۰/۶۳۶ ^{**}	۰/۶۱۰ ^{**}	عملکرد علوفه تر
		۰/۳۴۱ ^{**}	۰/۶۲۰ ^{**}	۰/۶۲۱ ^{**}	۰/۵۹۴ ^{**}	قطر ساقه
			۰/۱۷۴ ^{**}	۰/۲۶۷ ^{ns}	۰/۵۲۲ ^{**}	تعداد بلال در بوته
				۰/۵۲۲ ^{**}	۰/۴۴۰ ^{**}	طول بلال
					۰/۵۳۳ ^{**}	قطر بلال

ns، *، ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

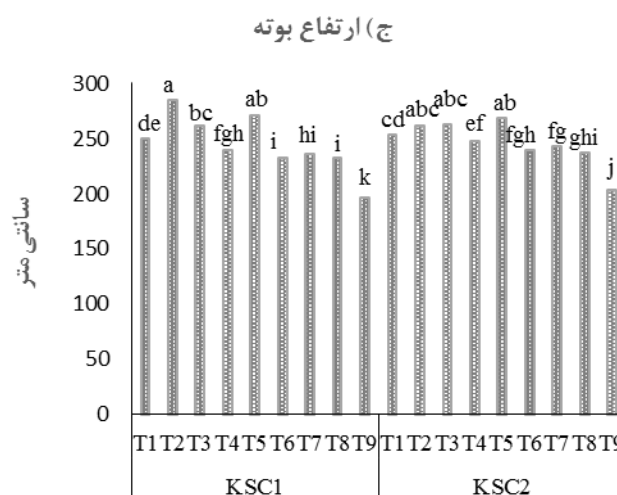
ارتفاع بوته

ارتفاع بوته تحت تأثیر اثر متقابل کود و رقم معنی‌داری شد (جدول ۵). بیشترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار کود کمپوست در سطح ۳۲ تن در هکتار و رقم دیررس KSC704 بود و تنها در این تیمار، ارتفاع بوته بیش از ۲۷۰ سانتی‌متر مشاهده شد؛ البته این تیمار تأثیر مشابهی با سطوح کودی مرغی ۱۹ تن در هکتار، ۲۴ تن کود گاوی در هکتار و ۳۲ تن کمپوست در هکتار در رقم زودرس KSC260 داشت. کود اوره در تمام سطوح به‌کاربرده شده نتایج یکسانی را نشان داد و با وجودی که از تیمار شاهد (بدون مصرف کود) عملکرد بهتری داشت، نسبت به سایر تیمارها ارتفاع کمتری را نشان داد. تیمار شاهد (بدون مصرف کود) در رقم KSC260 نیز کمترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص داد (شکل ۱ ج). افزایش ارتفاع بوته در تیمارهای کود آلی می‌تواند ناشی از بهبود ساختمان خاک، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک و تأمین عناصر غذایی در کرت‌های تحت تیمار این کودها باشد. این نتایج با گزارش پرویزی و همکاران (۱۳۹۸) مطابقت دارد. می‌توان این‌گونه استنباط کرد که تیمار شاهد به علت کمبود مواد غذایی از رشد کمتری برخوردار بوده، درحالی‌که میزان فراهمی مواد غذایی در کلیه تیمارهای کودی مورد استفاده برای رشد رویش گیاه بیشتر بوده و در این میان، تأثیر سطوح کودهای کمپوست، گاوی و مرغی از کود اوره بیشتر بود (جدول ۶). در همین ارتباط، افزایش ارتفاع گیاه ذرت را در تیمار افزایش کود آلی کمپوست را می‌توان به‌واسطه فراهمی فسفر و عناصر

کم‌مصرف نسبت داد که مواد آلی از طریق توانایی کمپلکس‌کنندگی عناصر کم‌مصرف سبب بهبود رشد می‌شوند (فلاح و همکاران، ۱۳۸۶). افزایش ارتفاع گیاه ذرت را در تیمار کمپوست می‌توان به فراهمی مقادیر بیشتر عناصر پتاسیم و مس نسبت به سایر تیمارهای کودی نسبت داد که این نتایج با گزارش محققین دیگر (شیرانی و همکاران، ۲۰۰۲) مطابقت دارد. همچنین یافته‌های سهومینگ و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که کاربرد کودهای آلی در ذرت سبب افزایش ارتفاع گیاه شد. در مطالعه دیگری خلیل و عمران (۲۰۱۸) نشان دادند که با افزایش کود حیوانی از صفر به ۱۰ و ۲۰ متر مکعب در هکتار ارتفاع ذرت به ترتیب ۲۴۱، ۲۴۸ و ۲۵۱ سانتی‌متر بود که این اختلاف معنی‌دار بود. به نظر می‌رسد که تیمارهای کود آلی با تأمین تدریجی عناصر غذایی، این فرایند را به‌خوبی انجام داده و باعث افزایش ارتفاع گیاه شدند. علاوه بر این، بین دو رقم مورد بررسی، در اغلب سطوح کودی، هیبرید سینگل کراس KSC704 نسبت به KSC260 برتر بود (جدول ۶). افزایش ارتفاع در رقم دیررس KSC704 را می‌توان به‌دلیل طولانی‌تر بودن دوره رشد در مقایسه با رقم زودرس KSC260 دانست. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین ارتفاع گیاه با سایر صفات مورد بررسی وجود داشت که بیشترین آن مربوط به عملکرد علوفه‌تر بود (جدول ۷). این موضوع نشان‌دهنده اثربخشی مثبت افزایش ارتفاع بوته بر صفات عملکرد علوفه، طول و قطر بلال و تعداد بلال در بوته است.



شکل ۱- اثر متقابل کود آلی و رقم بر مقدار (الف) علوفه تر، (ب) علوفه خشک و (ج) ارتفاع گیاه. KSC1: رقم دیپرس ذرت KSC704.



KSC2: رقم زودرس ذرت KSC260، تیمارهای کودی شامل: T1: ۴۸ تن در هکتار کود گاوی، T3: ۱۹ و T4: ۹/۵ تن در هکتار کود مرغی، T5: ۳۲ و T6: ۱۶ تن در هکتار کمپوست زباله شهری، T7: ۴۵۰ و T8: ۲۲۵ کیلوگرم کود اوره در هکتار، T9: شاهد

قطر ساقه

نتایج اثر متقابل کود و رقم بر صفت قطر ساقه معنی‌داری بود (جدول ۵). تیمار مصرف ۴۸ تن کود گاوی در هکتار در هر دو رقم منجر به تولید بیشترین قطر ساقه نسبت به سایر تیمارهای کودی گردید که البته با دو تیمار ۳۲ تن کمپوست در هکتار و ۱۹ تن کود مرغی در هکتار در رقم KSC704 در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۶). تیمارهای شاهد در هر دو رقم نیز کمترین میزان قطر ساقه را به خود اختصاص دادند؛ به‌طوری‌که در این دو تیمار، قطر ساقه حتی به ۲۰ میلی‌متر هم نرسید. البته این دو تیمار با دو سطح تیمار کود اوره در رقم

KSC260 در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۶).

گزارش شده است که کود گاوی با دارا بودن مواد آلی ارزشمند و همچنین با افزایش نگهداری آب در خاک، افزایش فعالیت‌های شبه هورمونی گیاه، افزایش جذب عناصر غذایی مورد نیاز توسط گیاه و بهبود و ساختار شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی بستر کاشت، سبب افزایش صفات زراعی گیاه همچون قطر ساقه می‌شود (خلیل و عمران، ۲۰۱۸). اثر کودهای آلی به‌ویژه کود گاوی بر جذب آهن می‌تواند نتیجه این باشد که کود آلی علاوه بر این‌که خود دارای عناصر کم‌مصرفی مانند آهن است، به‌عنوان یک منبع انرژی برای ریزجانداران خاک عمل

کرده و در طی فرایند معدنی شدن با آزادسازی اسیدهای آلی سبب کاهش موضعی اسیدیته خاک شده و جذب آهن به وسیله گیاه را افزایش می‌دهد (حق‌پرست تنها، ۱۳۷۰). بررسی اثرات رقم نشان داد که رقم سینگل کراس KSC704 نسبت به KSC260 قطر ساقه بیشتری را دارا بود (جدول ۶). چنین به نظر می‌رسد که قطر ساقه، ضمن آنکه یک صفت ژنتیکی است، ولی تحت تأثیر عوامل محیطی مثل دما، زمان کاشت، شرایط خاک و عملیات زراعی قرار می‌گیرد. نتایج حاصل از همبستگی بین صفات نشان داد که بین صفت قطر ساقه و عملکرد علوفه‌تر و علوفه خشک همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۷). نتایج مشابهی از نظر وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد و قطر ساقه ($r = 0.46^{**}$) توسط محققین دیگر (زینالی و همکاران، ۱۳۸۴) گزارش شده است.

طول بلال

طول بلال تحت تأثیر اثر متقابل تیمارهای کودی و رقم معنی‌دار شد (جدول ۵). تیمار کمپوست ۳۲ تن در هکتار در رقم دیررس KSC704 بیشترین طول بلال را به خود اختصاص داد. به‌طوری‌که تنها در این تیمار طول بلال به بیش از ۲۳ سانتی‌متر رسید. پس از این تیمار، تیمار کود گاوی ۴۸ تن در هکتار در رقم KSC704 در رتبه بعدی قرار گرفت (جدول ۶). به‌طورکلی طول بلال در سطوح مختلف کودی در رقم KSC704 نسبت به سطوح مشابه کودی در رقم KSC260 به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. کمترین طول بلال هم در رقم KSC260 و تیمار شاهد مشاهده شد. به‌طوری‌که در این تیمار، طول بلال حتی به ۱۵ سانتی‌متر هم نرسید (جدول ۶). با توجه به اینکه بلال رقم KSC704 و KSC260 از نظر ژنتیکی تفاوت معنی‌داری با هم ندارند، لیکن با توجه به ماهیت کودهای آلی می‌توان چنین استدلال نمود که عناصر غذایی موجود در کودهای آلی، سبب افزایش طول بلال شده است. در مطالعه اودوم و بلو (۲۰۰۹) مشاهده شد که تأثیر

کود مرغی بر طول بلال معنی‌دار بود بیشترین طول بلال (۱۵/۴ سانتی‌متر) از تأثیر ۸ تن در هکتار کود مرغی به دست آمد که نسبت به شاهد حدود ۱۹ درصد بیشتر بود. افزایش طول بلال حتی در افزایش عملکرد علوفه هم تأثیرگذار بود؛ به عبارت دیگر، با بررسی نتایج همبستگی بین صفات مشخص گردید که بین صفت طول بلال با عملکرد علوفه‌تر و قطر ساقه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۷).

قطر بلال

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده تیمارهای کودی و رقم بر صفت قطر بلال معنی‌دار شد، درحالی‌که اثرات متقابل کود و رقم بر قطر بلال غیرمعنی‌دار بود (جدول ۵). بررسی مقایسه میانگین‌ها برای بررسی صفت قطر بلال نشان داد که کود گاوی ۴۸ تن در هکتار و ۳۲ تن کمپوست در هکتار بیشترین مقدار قطر بلال را دارا بودند. به‌طوری‌که تنها در این دو تیمار بود که قطر بلال به بیش از ۴۳ میلی‌متر رسید. پس از این دو تیمار، تیمارهای ۱۹ تن کود مرغی در هکتار، ۱۶ تن کمپوست در هکتار و ۲۴ تن کود گاوی در هکتار در رتبه بعدی و در یک کلاس آماری قرار گرفتند (جدول ۸). در بین تیمارهای کودی، کمترین مقدار قطر بلال مربوط به سطوح کود اوره ۴۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین کمترین مقدار قطر بلال به تیمار شاهد تعلق داشت. به‌طوری‌که در این تیمار، قطر بلال حتی به ۳۸ میلی‌متر هم نرسید (جدول ۸). نتایج مطالعه سیهومبینگ و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که تأثیر کودهای آلی بر قطر بلال ذرت معنی‌دار نبود به‌طوری‌که در تیمار حاوی کود آلی قطر بلال ۴۵/۲ میلی‌متر و در شاهد آن ۴۳/۷ میلی‌متر بود که در تیمار کود آلی ۳/۳ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود. به نظر می‌رسد اگرچه در کودهای آلی محتوای مواد مغذی در کود بسیار بالا نیست، اما این نوع کود عملکردهای دیگری نیز دارند که می‌تواند باعث بهبود فیزیکی از قبیل بهبود خواص خاک مانند نفوذپذیری

خاک، تخلخل خاک، ساختار خاک، ظرفیت نگهداری آب خاک و کاتیون‌های خاک، شده و در شرایط آبیاری مانع شستشوی عناصر غذایی و تثبیت آن شوند (سیهومی‌بینگ و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین در تحقیق حاضر، رقم دیررس KSC704 با قطر بلال ۴۱/۳ میلی‌متر، نسبت به رقم زودرس KSC260 با قطر بلال ۳۹/۸ میلی‌متر، از برتری معنی‌دار ($p \leq 0.01$) ۳/۶۳ درصدی برخوردار بود. قطر بلال در رقم KSC704 با توجه به تعداد ردیف دانه بیشتر غالباً بیشتر از رقم KSC260 است. قطر بیشتر بلال رقم

KSC704 متأثر از دوره رشد طولانی‌تر و گروه رسیدگی بالاتر آن بوده و یک ویژگی ژنتیکی محسوب می‌شود که با تعداد ردیف دانه بالاتر در این رقم دیررس نسبت به رقم KSC260 قابل توجیه است. با توجه به تفاوت در طول دوره رشد این دو رقم، نتایج به‌دست‌آمده مورد انتظار است. مطالعه نتایج همبستگی بین صفات نشان داد که صفت قطر بلال با عملکرد علوفه تر و علوفه خشک همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۷).

جدول ۸- مقایسات میانگین اثر کود بر صفات قطر بلال و تعداد بلال در بوته ذرت

تعداد بلال در بوته	قطر بلال (میلی‌متر)	کود
۱/۱۵ a	۴۳/۵ a	T1*
۰/۸۸۴ cd	۴۱/۸ b	T2
۰/۹۹۳ bc	۴۲/۴ b	T3
۰/۷۸۸ de	۳۷/۰ c	T4
۱/۰۰ b	۴۳/۲ a	T5
۰/۸۵۰ de	۴۱/۱ b	T6
۰/۸۴۵ de	۳۸/۵ c	T7
۰/۷۳۲ e	۳۸/۲ c	T8
۰/۷۳۲ e	۳۶/۷ d	T9

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد بر اساس آزمون دانکن با یکدیگر ندارند

*: تیمارهای کود: T1: ۴۸ تن در هکتار کود گاوی، T3: ۱۹ و T4: ۹/۵ تن در هکتار کود مرغی، T5: ۳۲ و T6: ۱۶ تن در هکتار کمپوست زباله شهری، T7: ۴۵۰ و T8: ۲۲۵ کیلوگرم کود اوره در هکتار، T9: شاهد

تعداد بلال در بوته

نتایج نشان داد که تیمارهای کودی بر صفت تعداد بلال در بوته تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۵). تیمار کود گاوی ۴۸ تن در هکتار بیشترین تعداد بلال در بوته را به خود اختصاص داد (جدول ۷). پس از این تیمار، تیمارهای ۱۹ تن کود مرغی در هکتار و ۳۲ تن کمپوست در هکتار در رتبه بعدی و در یک کلاس آماری قرار گرفتند (جدول ۸). تیمارهای شاهد، سطوح کود اوره، کاربرد ۱۶ تن کمپوست در هکتار و همچنین ۹/۵ تن کود مرغی در هکتار در یک کلاس آماری قرار گرفته و کمترین تعداد بلال در بوته را از خود نشان دادند (جدول ۸). به نظرمی رسد تحریک فعالیت ریز موجودات زنده خاک سبب تسریع در تجزیه میکروبی ماده آلی خاک شده که در نهایت سبب افزایش فراهمی عناصر غذایی

قابل دسترس در محیط ریشه شده است. همان‌گونه که نتایج بیان داشت با افزایش مقدار کود آلی به خاک ضمن بهبود خصوصیات فیزیکی خاک از طریق تأثیرات شیمیایی در محیط ریشه عناصر میکرو لازم‌هاسازی و جذب آن‌ها برای گیاه در محلول خاک سهل‌الوصول می‌شود (فلاح و همکاران، ۱۳۸۶). نتایج حاصل از همبستگی صفات نیز نشان داد که بین صفت تعداد بلال در بوته با صفات ارتفاع بوته و عملکرد علوفه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۷). در همین رابطه، همبستگی مثبت و معنی‌داری در نتایج سایر محققین (فلاح و همکاران، ۱۳۸۶) مشاهده گردید.

نتیجه‌گیری

رسیدگی دیررس و زودرس می‌تواند ویژگی‌های کمی و کیفی عملکرد در دو رقم را نشان دهد. آنچه حائز اهمیت است واکنش متفاوت دو رقم به کودهای آلی و شیمیایی است. لیکن در کشت به هنگام پس از قطع آب غلات زمستانه در نیمه خردادماه کشت رقم دیررس KSC704 قابل توصیه بوده و می‌توان عملکرد کمی و کیفی بالایی نسبت به رقم KSC260 داشته باشد؛ اما در کشت تأخیری در تیرماه رقم KSC260 به دلیل فصل رشد کوتاه‌تر عملکرد کمی و کیفی بیشتری خواهد داشت.

نتایج این پژوهش نشان دادند که تفاوت معنی‌داری بین کودهای آلی مورد مطالعه (گاوی، مرغی و کمپوست) به لحاظ کلیه صفات بررسی شده در مقایسه با تیمار شاهد وجود داشت. بیشترین عملکرد علوفه‌تر به میزان ۷۵ تن در هکتار با مصرف ۳۲ تن کمپوست در هکتار در رقم KSC704 به دست آمد. مقایسه تیمارهای کودی حاکی از برتری سطوح مصرف بیشتر کودهای آلی کمپوست، مرغی و گاوی نسبت به سطوح کمتر آن‌ها بود. مقایسه دو رقم KSC704 و KSC260 در دو گروه

فهرست منابع

۱. احمدی، ک.، عبادزاده، ح.ر.، حاتمی، ف.، محمدنیا افروزی، ش.، اسفندیاری پور، ا.، و عباس طاقانی، ع. ۱۴۰۰. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. ۹۷ صفحه.
۲. افشارمنش، ر.، رحیمی، ا.، ترابی، ب.، اخگر، ع.ر. ۱۳۹۵. تأثیر کاربرد ورمی کمپوست و محلول‌پاشی چای کمپوست بر خصوصیات رشدی گیاه ذرت. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۴(۱): ۱۸۵-۱۹۹.
۳. پرویزی، خ.، فرنی، ا. و هدایتی، آ. ۱۳۹۸. اثر کود زیستی نیتروکسین و سوپر جاذب رطوبت بر صفات رشدی و اجزای عملکرد بلال ذرت در شرایط تنش کمبود آب. نشریه علمی تغذیه گیاهان باغی. ۲(۱): ۹۹-۱۱۵.
۴. حق‌پرست تنها، م.ح. ۱۳۷۰. تغذیه و متابولیسم. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت. ۵۲۷ صفحه (ترجمه).
۵. رضایی‌نژاد، ی. و افیونی، م. ۱۳۷۹. اثر مواد آلی بر خواص شیمیایی خاک، جذب عناصر به‌وسیله ذرت و عملکرد آن. علوم آب‌و‌خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی). ۴(۴): ۱۹-۲۸.
۶. زینالی، ح.، نصرآبادی، ع.، حسین‌زاده، ع.، چوگان، ر. و سبک‌دست، م. ۱۳۸۴. تجزیه به عامل‌ها در ارقام هیبرید ذرت دانه‌ای. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۶(۴): ۸۹۵-۹۰۲.
۷. علی‌احیایی، م. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. موسسه تحقیقات خاک و آب. تهران، ایران.
۸. فلاح، س.، قلاوند، ا. و خواجه پور، م.ر. ۱۳۸۶. تأثیر اختلاط کود دامی با خاک و تلفیق آن با کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mays L.*) علوم آب‌و‌خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی). ۱۱(۴۰): ۲۳۳-۲۴۲.
۹. طباطبایی، م.ر.، مدنی، ح.، حیدری شریف‌آباد، ح.، نور محمدی، ق. و درویش، ف. ۱۳۹۹. تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mays L.*) در شرایط کشت تأخیری و مرسوم. نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۴(۴): ۵۱۹-۵۳۴.
۱۰. یزدانی، م.، پیردشتی، ه.، بهمنیار، م.ع. ۱۳۹۲. تجزیه رشد ذرت سینگل کراس ۶۰۴ با کاربرد کودهای مختلف. مجله اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۲(۲۶): ۱۹۹-۲۱۴.

11. Anjum, M.A., M.R. Sajjad, N. Akhtar, M.A. Qureshi, A. Iqbal, A.R. Jami, and M. Hasan. 2007. Response of cotton to plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) inoculation under different levels of nitrogen. *Journal of Agricultural Research*. 45: 135-143.
12. Aziz, T., S. Ullah, A. Sattar, M. Farooq, and M. Mujtaba Khan. 2001. Nutrient availability and maize (*Zea mays* L.) growth in soil amended with organic manure. *International Journal of Agriculture and Biology*. 12: 621-624.
13. Bukvic, G., M. Antunovic, S. Popovic, and M. Rastija. 2003. Biomass production and heavy metal content of *Rosmarinus officinalis* grown on organic waste-amended soil. *Journal of Arid Environments*. 62: 401-412.
14. Ebhin Masto, R., P.K. Chhonkar, D. Singh, and A.K. Parta. 2006. Changes in soil biological and Biochemical characteristics in a long-term field trial on a sub-tropical inceptisoi. *Soil Biology and Biochemistry*. 38: 1577-1582.
15. Eghbal B., D. Ginting, and J.E. Gilly. 2004. Residual effects of manure and compost application on corn production and soil properties. *Agronomy Journal*, 96: 442-447.
16. Khalil, M.A.G. and A.A. Omran. 2018. Influence of manure and nitrogenous fertilizer applications on corn yield and quality characteristics. *Journal of Food Sciences; Suez Canal University*. 31-46.
17. Lawlor, D.W., G. Lemerie, and F. Gastal. 2001. Nitrogen, Plant Growth and Crop Yield. Lea, P.J., and morot_Gaudry, J.F. (Eds). In: *Plant nutrition*. Berlin. Springer, P. 343-367.
18. Mentler, A., T. Partaj, P. Strauss, H. Soumah, and W.E. Blum. 2002. Effect of locally available organic manure on maize yield in guinea. West Africa. Research paper. 17th WCSS. 85-91. Thailand.
19. Sahoo, S.C., and M. Mohanty. 2020. Performance of sweet corn under different fertility levels- Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 9(6): 3325-3331.
20. Shirani, H., M.A. Hajabasi, M. Afyuni, and A. Hemmat. 2002. Effect of farmyard manure and tillage systems on soil physical properties and corn yield in central Iran. *Soil & Tillage Res*. 68:101-108.
21. Sihombing, D. D. Setyorini, Z. Arifin, C. Tafakresnanto, and W. Handayati. 2021. Influence of varieties, plant spacing and manure fertilizer to maize productivity in dry land. *Conf. Series: Earth and Environmental Science* 653. doi:10.1088/1755-1315/653/1/012079.
22. Soheil. R., M.H. Hossien, S. Gholamreza, H. Leila, J. Mozhdeh, and E. Hassan. 2012. Effects of composted municipal waste and its leachate on some soil chemical properties and corn plant responses. *International Journal of Agriculture: Research and Review*. 2 (6): 801-814.
23. Udom, G.N. and H.M. Bello. 2009. Effect of poultry litter on the yield of two maize varieties in the northern guinea savanna. *Journal of Tropical Agriculture, Food, Environment and Extension*, 8(1): 51-54.
24. Vanlanuwe, B., K. Aihou, and S. Aman. 2001. Maize yield as affected by organic inputs and urea in the west African moist savanna. *Agronomy Journal*. 93: 1191-1199.
25. Wang, M.C., and C.H. Yang. 2002. Effect of paddy upland crop rotation with various fertilization of soil physical and chemical properties. Research Paper. 17th WCSS. 64-69. Thailand.
26. Zinati, G.M., Y.C. Li, H.H. Bryan, R.S. Mylavarpu, and M. Cadallo. 2004. Distribution and fractionation of phosphorus, cadmium, nickel, and lead in calcareous soils amended with composts. *Journal of Environmental Health Science, Part B: Pesticides, Food Contaminants and Agricultural Wastes*, 39: 209-223.

بررسی نتایج کاربرد سامانه سطوح استحصال آب باران بر تعدادی از مولفه‌های گل

محمدی در مناطق شیب‌دار

امیر مرادی نژاد^{۱*}، مهدیه کریمی و راشین پورمتین

استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

Amir_24619@yahoo.com

دکتری باغبانی، کارشناس عرصه و پهنه مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان خنداب. mah.kara@yahoo.com

فوق لیسانس باغبانی و رئیس اداره ترویج سازمان جهاد کشاورزی استان مرکزی. r_pourmatin@yahoo.com

دریافت: آبان ۱۴۰۱ و پذیرش: بهمن ۱۴۰۱

چکیده

کمبود منابع آب به‌عنوان یکی از عوامل محدودکننده تولید، نقش مهمی را در تعیین نوع فعالیت‌های کشاورزی ایفاء می‌کند. استحصال آب باران یکی از شاخص‌ترین تکنیک‌های مدیریت بهره‌برداری از آب باران برای مقابله با کم‌آبی است. ایجاد باغات دیم گل محمدی همراه با در نظر گرفتن تکنیک‌های مناسب از قبیل جمع‌آوری آب باران، تبدیل آن به رواناب، ذخیره آب و کاهش تبخیر، یکی از راه‌کارهای اساسی در این راستا است. هدف این تحقیق، تعیین اثر سامانه‌های سطوح استحصال آب باران در استقرار و توسعه کشت گل محمدی در شرایط دیم و ترویج آن است. این تحقیق در قالب سه تیمار و پنج تکرار در اراضی شیب‌دار به مدت پنج سال اجرا شد. برای این منظور عرصه‌ای با شیب حدود ۲۰٪ انتخاب شد. سامانه‌های سطوح استحصال آب باران، شامل تیمار زمین تمیز شده با استفاده از فیلتر در چاله نهال، تیمار سامانه سطوح آبگیر نیمه‌عایق با استفاده از فیلتر در چاله نهال و شاهد طبق عرف محل اجرا شدند. هر سال پارامترهای ارتفاع، تاج پوشش اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در مجموع تیمار با سامانه نیمه‌عایق مطلوب‌تر از سایر تیمارها عمل کرده است. علت آن تأثیر مقدار بارندگی فصل بهار بر روی تیمارهای فیلتردار و سامانه‌های نیمه‌عایق و فیلتردار است.

واژه‌های کلیدی: اراضی شیب‌دار، استحصال آب باران، گل محمدی، دیم، خنداب

^۱ - آدرس ایمیل نویسنده مسئول: Amir_24619@yahoo.com

نوع مقاله: پژوهشی



مقدمه

کشور ایران به دلیل کم بودن ریزش‌های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی آن، در زمره کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد. از طرفی به دلیل رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی و توسعه بخش‌های کشاورزی و صنعت پیوسته با افزایش تقاضای آب مواجه است. تداوم افزایش میزان تقاضا برای آب باعث افزایش شکاف میان عرضه و تقاضای آب در آینده خواهد شد. افزایش این شکاف، توجه جدی به مبانی برنامه‌ریزی اقتصادی منابع آب و تخصیص بهینه آن را ضروری می‌نماید. استفاده از سطوح استحصال آب باران تا حدی می‌تواند این نیاز را برآورده سازد. احیاء اراضی مرتعی و دیم کم بازده و افزایش تولید محصولات کشاورزی با استفاده از گیاهان با نیاز آبی کم مانند گل محمدی از اهمیت زیادی برخوردار است. سابق نشان می‌دهد استحصال آب باران اولین بار در فلسطین اشغالی در منطقه‌ای با متوسط بارندگی ۹۰ میلی‌متر انجام شد که موجب افزایش تولید علوفه در منطقه شد (کریچلی و سیگرت، ۱۹۹۱). در استرالیا نیز سطوح آبگیر ناودانی شکل به‌منظور هدایت آب باران به باغات مورد استفاده قرار گرفت که نتایج به‌دست آمده به‌صورت دستورالعملی برای تأمین آب اضطراری مناطق خشک در این کشور اجرا گردید (استتون، ۲۰۰۵). یک راهبرد کلیدی در کشت محصولات دیم با هدف کاهش ریسک تولید محصول، تأکید بر سرمایه‌گذاری روی استحصال آب باران برای انجام آبیاری تکمیلی کشت‌های دیم است (راکستروم و همکاران، ۲۰۰۹). استحصال آب باران برای انجام آبیاری تکمیلی اراضی دیم در بسیاری از مناطق خشک با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته است. برای این منظور، آب باران از اراضی مجاور جمع‌آوری و ذخیره می‌شود و در زمان کمبود آب به مصرف گیاه می‌رسد (کیانگ و همکاران، ۲۰۰۶). نکویی‌مهر و الیاسی (۲۰۱۶) با مطالعه اثربخشی استفاده از روش‌های استحصال آب باران در بهبود شاخص‌های گیاهی در شرایط کشت دیم گزارش نمودند که بین تیمارهای مختلف سطوح آبگیر باران از

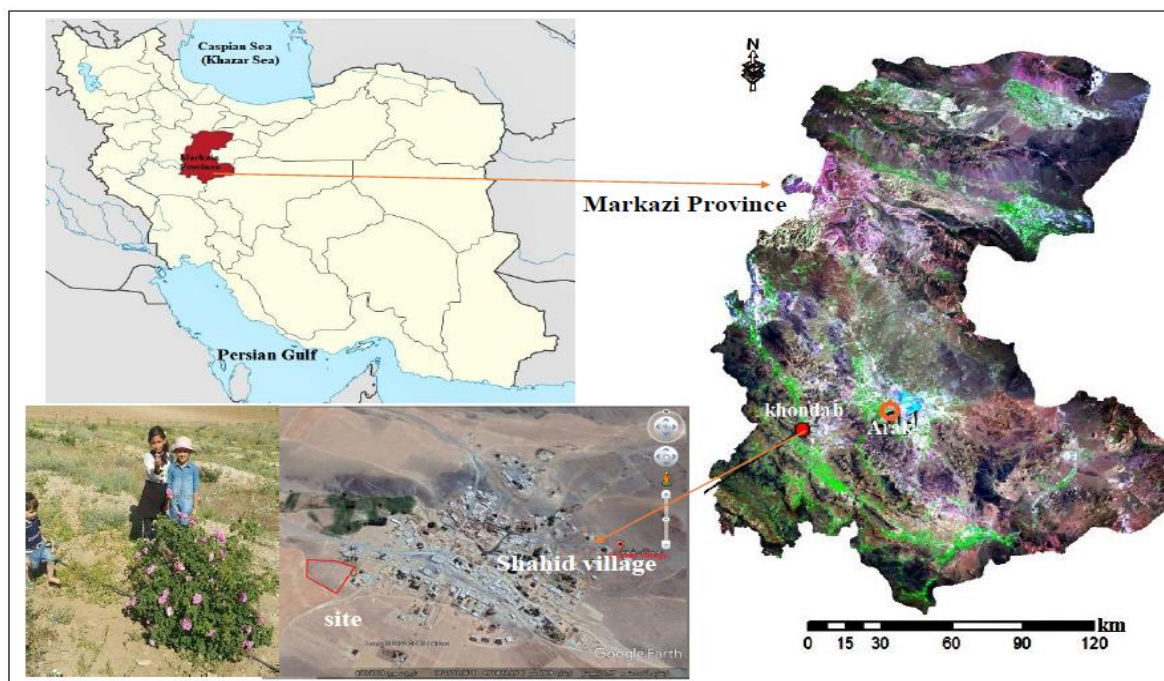
لحاظ شاخص‌های مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری وجود دارد. نتایج ایشان نشان داد استفاده از روش‌های استحصال آب باران (سامانه پلاستیک و سنگریزه) برای شرایط کشت دیم در اراضی شیب‌دار قابل توصیه است. سلطانی و همکاران (۲۰۱۸) به‌منظور شناسایی محل‌های مناسب برای احیاء منابع آب زیرزمینی با استفاده از استقرار سامانه‌های استحصال آب باران از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در حوضه آبخیز خسروآباد شهرستان سنقر استفاده نمودند. برای این منظور معیارهای پوشش گیاهی، تاج پوشش، درصد و جهت شیب، بارندگی، سنگ‌شناسی، کاربری اراضی، گروه‌های هیدرولوژیک خاک، ژئومورفولوژی، طبقات ارتفاعی و فرسایش خاک در نظر گرفته و بر اساس آن‌ها نقشه مناطق مناسب برای تغذیه منابع آب زیرزمینی تهیه شد. عشقی زاده (۲۰۱۸) به‌منظور تعیین مناطق دارای پتانسیل استحصال آب باران در حوزه آبخیز کلات خراسان رضوی از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی به‌عنوان یک روش ساده و در دسترس با تلفیق در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و بر اساس عوامل ژئومورفولوژیکی استفاده نمود. ساخت سطوح استحصال آب باران به‌منظور ذخیره نزولات آسمانی و بهره‌برداری مناسب از بارندگی جهت ایجاد پوشش گیاهی و بهبود محیط‌زیست روش مناسبی برای مناطق کم باران به‌خصوص نواحی خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود (بازار و همکاران، ۲۰۱۴: کایندا و تایگبنو، ۲۰۱۱). در دنیا پژوهش‌های متعددی در خصوص ایجاد استحصال آب باران و عملکرد آن‌ها صورت پذیرفته است. در همین راستا یا و همکاران (۲۰۱۰) در کشور چین نشان داد که ایجاد سطوح استحصال آب باران با پوشش پلاستیکی الگوی مناسبی مطالعات برای جمع‌آوری آب باران و مصرف آن برای افزایش محصول ذرت دانه‌ای بوده است. وانگ و همکاران (۲۰۰۹) عملکرد سامانه‌های استحصال آب باران در شمال کشور چین را مورد بررسی قرار دادند. نتایج کار آنان نشان داد که این تأسیسات نقش مثبتی در ذخیره آب در مناطق خشک و کم آب دارد و چنین وضعیتی شرایط را برای رشد

و نمو گیاهان فراهم می‌نماید. پناهی و بنی اسدی (۲۰۱۷) نیز بر این باورند که جمع‌آوری نزولات آسمانی در سامانه‌های استحصال آب باران سبب رفع بخشی از نیاز آبی گیاه و بهره‌برداران می‌شود که چنین رویکردی افزایش توان اقتصادی آنان را به‌همراه دارد. خالدیان و حبیبی (۱۳۹۶) در پروژه، بررسی تأثیر فیلترهای سنگریزه‌ای در افزایش ذخیره رطوبتی سامانه‌های استحصال آب باران، در ایستگاه سارال کردستان دریافتند نقش فیلتر سنگریزه‌ای در هدایت رواناب جمع شده به پروفیل خاک مهم است. در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری رطوبت پروفیل خاک در تیمار سامانه استحصال آب باران با پوشش نیمه‌عایق و سامانه با جمع‌آوری بقایای گیاهی و سنگریزه‌ها بیش از سایر تیمارها و در تیمار شاهد کمترین مقدار بوده است. شاه‌رخ‌نیا و زارع (۱۳۹۹) در تحقیقی به تعیین بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی آبیاری درختان انجیر دیم استهبان پرداخت. طرح آزمایشی در قال بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام و مقایسه میانگین داده‌های بدست آمده با به‌کارگیری آزمون دانکن انجام شد. تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی نیز بر اساس تفاوت و نسبت درآمد به هزینه در دو سال انجام گردید. نتایج آزمایش نشان داد که شاخص تنش آبی گیاه از ۰/۶ بیشتر نگردید. با افزایش تعداد دفعات آبیاری تا آبیاری کامل، میزان محصول از ۳/۱ به ۹/۸ کیلوگرم در هر درخت افزایش نشان داد ولی بهره‌وری مصرف آب آبیاری کاهش و از مقدار نامعلوم زیاد در تیمار دیم، به ۰/۶۵ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار بدون تنش رسید. در مورد آبیاری تکمیلی باغات شیب‌دار دیم، تحقیقات گذشته نشان داده است که آبیاری درختان انجیر تأثیری مثبت بر رشد و محصول درختان انجیر داشته است (الدسوکی و همکاران، ۲۰۰۹، کامکارحقیقی و سپاسخواه، ۲۰۱۵، هنر و سپاسخواه، ۲۰۱۵). در این زمینه عبداللهی‌پور و همکاران (۲۰۱۸) کاربرد دو مقدار آبیاری ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ لیتر به‌ازای هر درخت در زمان‌های مختلف را مورد بررسی قرار دادند و

مقدار ۲۰۰۰ لیتر به‌ازای هر درخت و در ابتدای بهار را توصیه نمودند. مرادی‌نژاد و همکاران (۱۴۰۱) در تحقیقی، به استفاده از آب باران در اراضی شیب‌دار پرداختند. نتایج نشان داد که سامانه استحصال آب باران نیمه‌عایق با چاله نهال حاوی فیلتر شنی بیشترین تأثیر را در افزایش رطوبت خاک در منطقه شازند داشته است؛ بنابراین سامانه‌های استحصال آب باران با در نظر گرفتن معیارهای فنی، اقتصادی و اجتماعی یکی از روش‌های مدیریت منابع آب‌و‌خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشند. هدف این تحقیق، تعیین اثر سامانه‌های استحصال آب باران در استقرار و توسعه کشت گل‌محمدی در شرایط دیم و ترویج آن در منطقه است. با ترویج نتایج این طرح می‌توان از نزولات جوی استفاده بهینه نمود. نتیجه این پروژه می‌تواند در توسعه باغات دیم در اراضی شیب‌دار راهگشا باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش: عرصه تحقیق این پروژه در روستای شهید از توابع شهرستان خنداب استان مرکزی است. این روستا در فاصله ۲۰ کیلومتری غرب شهرستان خنداب و در دامنه به طول جغرافیایی $35^{\circ} 8' 49''$ تا $71^{\circ} 9' 49''$ و عرض $34^{\circ} 18' 2''$ تا $34^{\circ} 18' 7''$ قرار دارد. شکل (۱) موقعیت محل اجرای پروژه در کشور، استان، روستا و کاربری قبلی آن را نشان می‌دهد. دلایل انتخاب این روستا به‌عنوان محل اجرای پروژه تطابق شرایط اقلیمی روستا با شرایط اقلیمی منطقه، محصور بودن محل اجرای پروژه، وجود اراضی دامنه‌ای با شیب‌های مناسب حدود ۲۰ درصد، عمق خاک مناسب، امکان آبیاری تکمیلی نهال‌ها، وجود نیروی کارگری در روستا، وجود اراضی مرتعی فقیر و دیم‌زارهای رهاشده، عدم مشکلات اجتماعی در اجرای پروژه، ترویج سامانه‌های استحصال آب باران و اشتغال‌زایی روستایی است.

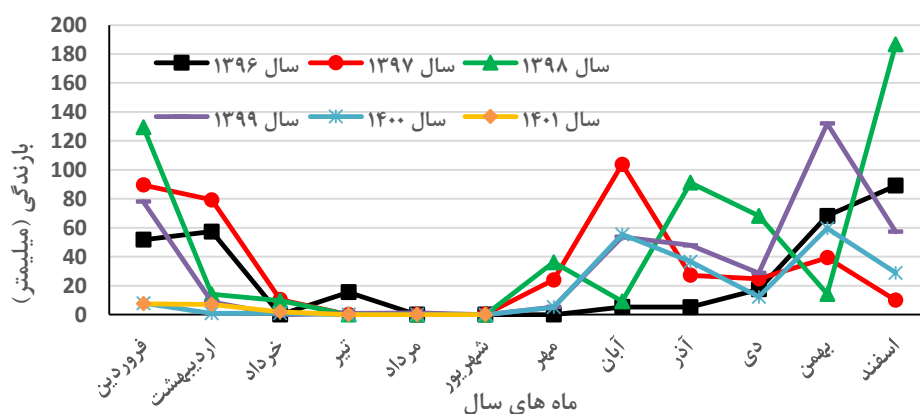


شکل ۱- موقعیت محل اجرای پروژه

بارش‌ها و تأمین آب نهال‌ها

بارش نزولات جوی در سال زراعی در منطقه اجرای پروژه معمولاً از مهرماه شروع و در خردادماه پایان می‌پذیرد. شکل (۲) مقدار بارندگی در سال ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۱

در منطقه خنداب را نشان می‌دهد. در منطقه خنداب در سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۷ در فصول بهار بیشترین بارندگی وجود داشته است. بیشترین و کمترین مقدار باران در شهرستان خنداب در طول دوره، به ترتیب در سال ۱۳۹۸ و ۱۴۰۰ اتفاق افتاده و مقدار آن به ترتیب ۵۵۸ و ۲۰۷ میلی‌متر بوده است.



شکل ۲- بارش در ماه‌های مختلف سال‌های پروژه در منطقه خنداب

روش کار

پس از انتخاب محل با حفر پروفیل سنجش عمق خاک انجام شد. کانال به عمق ۸۰ سانتی‌متر با بیل مکانیکی در پایین‌دست سامانه‌ها حفر شد. کانال با مخلوط کاه و

کلش و ترکیب کود دامی با خاک (به میزان ۲۰ درصد حجمی) به‌منظور افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک پر شد. برای انجام پژوهش حاضر، تعداد ۱۵ سامانه آبیگر مستطیلی شکل به ابعاد ۵×۶ متر با استفاده از پشته‌های

خاکی بر روی دامنه‌های با شیب ۲۰ درصد احداث شد. این سامانه‌ها با توجه به قرار گرفتن در شیب دامنه و انجام یکسری تغییرات در بستر آن‌ها، سبب تولید و هدایت رواناب به سمت نقطه هدف (محل کشت نهال) می‌شوند. در پایین دست هر سامانه یک چاله برای کاشت نهال در نظر گرفته شد. پژوهش در قالب سه تیمار سامانه شامل: زمین تمیز شده با استفاده از فیلتر سنگریزه‌ای در چاله نهال، تیمار سامانه نیمه‌عایق با استفاده از فیلتر سنگریزه‌ای در چاله نهال و شاهد (پوشش طبیعی زمین) طبق عرف محل اجرا شدند. برای ساخت سامانه عایق، ابتدا پوشش گیاهی سطح سامانه حذف شد و با استفاده از نایلون ضخیم و یک لایه سه سانتی‌متری از سنگریزه بر روی آن، بستر سامانه عایق شد. شکل (۳-ج) نحوه احداث سامانه عایق (پلاستیک و سنگریزه) را نشان می‌دهد. در شکل (۳-د) سامانه عایق پس از کشت نهال گل‌محمدی دیده می‌شود. فیلترهای سنگریزه‌ای، ستونی از سنگریزه هستند که در قسمت بالادست نهال احداث شده و با استفاده از دو لوله پلیکا به قطر ۱۰ سانتی‌متر و عمق ۴۰ الی ۵۰ سانتی‌متر در هنگام خاکریزی در پای نهال احداث شده و در داخل لوله‌ها سنگریزه ریخته شد. جهت برقراری ارتباط هیدرولیکی بین ستون سنگریزه و خاک چاله و اطراف آن، قسمت پایین لوله

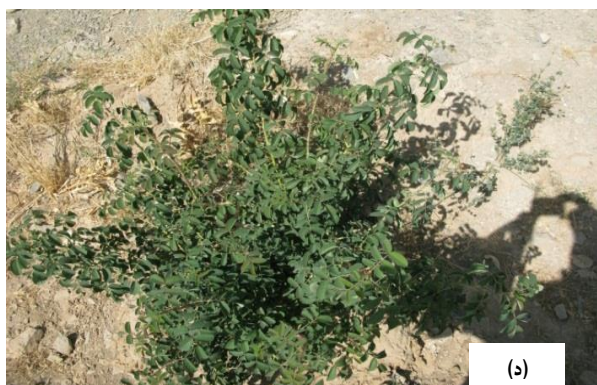
مشبک شد. این فیلترها به منظور نفوذ بهینه رواناب استحصال‌شده به عمق توسعه ریشه درخت به کار رفته است. برای احداث سامانه لخت، پوشش گیاهی و سنگریزه‌های سطح سامانه جمع‌آوری و با زدن غلطک بر روی سطح خاک، امکان افزایش رواناب مهیا شد. شکل (۳-ب) نمونه‌ای از سطح سامانه لخت را نشان می‌دهد. برای انجام کار، نوع رقم گل‌محمدی انتخاب سپس با جمع‌آوری داده‌های بارندگی منطقه، تبخیر و تعرق پتانسیل برآورد و بعد با استفاده از ضریب گیاهی گل‌محمدی که در منطقه کالیبره شده بود نیاز آبی محاسبه شد. با توجه به متوسط بارندگی در ماه‌های مختلف با استفاده از آمار موجود و مقایسه نیاز آبی محاسباتی، ابعاد سامانه محاسبه و طراحی شد. ابعاد سامانه‌ها بر اساس بارش با دوره بازگشت ده ساله و ضریب رواناب تعیین شد. در شکل (الف-۳) نحوه حفر کانال به وسیله بیل مکانیکی و سه نوع تیمار آورده شده است. در مرحله بعد نهال گلدانی گل‌محمدی به تعداد مورد نیاز تهیه شد. سپس یک نهال گل‌محمدی در کانال پایین دست هر یک از سامانه‌ها در وسط کشت شد. در سال اول نهال ممکن است نیاز به آبیاری کمکی داشته باشد. لذا تجهیزات آبیاری کمکی (شلنگ و اتصالات) در فصل تابستان فراهم و آبیاری کمکی انجام شد.



(ب)



(الف)



شکل ۳- مراحل اجرای سامانه و تیمارهای کاشت گل محمدی در اراضی شیب‌دار روستای شهید شهرستان خنداب، الف: حفر کانال توسط بیل مکانیکی، ب: تیمار شاهد سمت راست و فیلتردار سمت چپ، ج: تیمار نیمه عایق فیلتردار، د: نهال تیمار نیمه عایق فیلتردار دو ساله

محاسبه ابعاد سامانه‌ها

سالانه گیاه به میلی‌متر در سال، DR مقدار بارش به میلی‌متر بر اساس دوره بازگشت ده‌ساله، K ضریب رواناب، EFF ظرفیت نگهداشت آب در خاک به درصد هستند که بر اساس رابطه (۱) سطح لازم برای جمع‌آوری رواناب محاسبه شد. مشخصات کمی رابطه (۱) در جدول (۱) آورده شده است.

محاسبه ابعاد سامانه استحصال آب باران بر اساس رابطه (۱) انجام شده است (کریچلی و سیگرت، ۱۹۹۱).

$$MC = RA \times \frac{(WR - DR)}{(DR \times K \times EFF)} \quad (1)$$

در این رابطه MC مساحت آبیگر به مترمربع، RA متوسط گسترش ریشه گیاه به مترمربع، WR نیاز آبی

جدول ۱- محاسبه سطح سامانه‌های آبیگر برای گیاه گل محمدی

مساحت متوسط ریشه (مترمربع)	نیاز آبی سالانه (میلی‌متر)	بارش سالانه با دوره ۱۰ ساله (میلی‌متر)	ضریب رواناب	ضریب نگهداشت (درصد)	مساحت آبیگر مترمربع
۲	۳۶۵	۳۰۳	۰/۳	۲۷/۳	۴۰

سال ۱۳۹۸ تعداد باران نه مورد، برای سال ۱۳۹۹ تعداد باران چهار مورد و برای ۱۴۰۰ هیچ بارندگی در دوره هفت ماهه بالای ۱۰ میلی‌متر وجود نداشت. در مجموع در این دوره پنج ساله در فصل آبیاری از ۱۵۶ مورد بارندگی تعداد ۲۴ مورد باران بالاتر از ۱۰ میلی‌متر رخ داده است. در این زمان ۱۵ درصد بارش‌های در طول دوره بالاتر از ۱۰ میلی‌متر و ۸۵ درصد آن کمتر از ۱۰ میلی‌متر است (جدول ۲)؛ بنابراین در این عرصه جمع‌آوری رواناب امکان‌پذیر است. همچنین میانگین بارش سالانه منطقه در دوره آماری ۱۳۹۶-۱۴۰۰ مطابق جدول (۳) حدود ۳۳۳ میلی‌متر برآورد شده است.

داده‌برداری شاخص‌های گیاهی شامل ارتفاع نهال، سطح تاج پوشش، در همه تیمارها به‌دقت در طول پنج سال اندازه‌گیری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

با توجه به آمار موجود در ایستگاه خنداب، در فصول آبیاری از اول فروردین تا آخر مهرماه برای این پنج سال (۱۳۹۶-۱۴۰۰)، تعداد ۱۵۶ رویداد بارندگی رخ داده است. به ترتیب برای سال ۱۳۹۶ تعداد باران بالای ۱۰ میلی-متر پنج مورد، برای سال ۱۳۹۷ تعداد باران شش مورد، برای

جدول ۲- تعداد رویدادهای بارندگی در فصول نیاز به آبیاری

سال	تعداد بارندگی	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	مجموع
۱۳۹۶	مجموع رویدادها	۱۴	۱۵	۱	۳	۰	۰	۰	۳۳
	بالاتر از ۱۰ میلی متر	۳	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۵
۱۳۹۷	مجموع رویدادها	۱۲	۲۵	۷	۰	۰	۲	۸	۵۴
	بالاتر از ۱۰ میلی متر	۱	۵	۰	۰	۰	۰	۰	۶
۱۳۹۸	مجموع رویدادها	۱۲	۷	۴	۱	۰	۰	۳	۲۷
	بالاتر از ۱۰ میلی متر	۶	۲	۰	۰	۰	۰	۱	۹
۱۳۹۹	مجموع رویدادها	۱۷	۱۰	۰	۱	۱	۱	۴	۳۴
	بالاتر از ۱۰ میلی متر	۳	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۴
۱۴۰۰	مجموع رویدادها	۴	۱	۲	۱	۰	۰	۰	۸
	بالاتر از ۱۰ میلی متر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مجموع رویدادهای ماهانه		۵۹	۵۸	۱۴	۶	۱	۳	۱۵	۱۵۶
میانگین رویدادهای ماهانه		۱۱/۸	۱۱/۶	۲/۸	۱/۲	۰/۲	۰/۶	۳	۳۱/۲

جدول ۳- میانگین بارش (میلی متر) ماهانه ایستگاه خنداب در دوره آماری پنج ساله (۱۳۹۶-۱۴۰۰)

بارندگی (mm) در ماههای سال										
مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد
۲۵/۵	۴۴/۶	۳۹/۶	۲۶/۵	۴۱/۶	۵۶/۵	۶۵/۵	۲۵/۷	۳/۴	۱/۵	۱/۳
۱/۴	۱/۳	۱/۳	۱/۴	۱/۳	۱/۴	۱/۳	۱/۴	۱/۳	۱/۴	۱/۳

بیان می‌کند. تابستان خشک‌ترین فصل سال در این منطقه است. بارش‌های پاییزه و زمستانه نیز عملاً گیاه از آن‌ها بهره‌برداری نمی‌کند. ولی ذخیره شدن این رطوبت در لایه‌های زیرین خاک و اضافه شدن بارش‌های بهاری به این لایه رطوبتی به تأمین نیاز آبی گیاه کمک می‌کند.

بر اساس دوره آماری پنج ساله، کمترین بارش سالانه در سال ۱۴۰۰ حدود ۲۰۷ میلی‌متر، بیشترین آن در سال ۱۳۹۸ حدود ۵۵۸ میلی‌متر است. با توجه به میانگین بارش سالانه انتخاب محل اجرای پروژه تحقیقی ترویجی کاشت گل محمدی از نظر بارش مناسب است. جدول (۴) میزان تأمین آب از طریق بارندگی و نیاز خالص آبیاری را

جدول ۴- بارندگی فصلی در سال‌های مختلف (میلی متر) در منطقه خنداب

فصل/سال	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	میانگین
بهار	مقدار	۷۸	۸۱/۹	۵۹/۶	۵۱/۴	۲۹	۱۵۵	۱۰۹	۱۷۹	۱۵۳	۸۶/۷	۹۰/۱۹
	درصد	۲۷	۳۳	۲۷	۱۷	۱۰	۴۸	۳۵	۴۴	۲۷	۲۱	۵
تابستان	مقدار	۰	۴/۸	۰	۲	۰/۹	۰	۱۵/۴	۰/۲	۰	۲	۲/۱۳
	درصد	۰	۲	۰	۱	۰/۳	۰	۵	۰	۰	۰/۵	۰
پاییز	مقدار	۱۶۱	۱۰۵	۱۰۳	۱۲۵	۱۷۰	۱۱۲	۱۰۵	۱۵۵	۱۳۶	۱۰۷	۱۱۶/۵
	درصد	۵۴	۴۲	۴۶	۴۲	۵۶	۳۵	۳	۳۸	۲۴	۲۶	۴۷
زمستان	مقدار	۵۵	۵۹/۲	۵۸/۵	۱۱۸	۱۰۱	۵۶/۳	۱۷۴/۷	۷۳/۹	۲۶۹	۲۱۷/۸	۱۱۶/۷۲
	درصد	۱۹	۲۴	۲۶	۴۰	۳۳	۱۷	۵۶	۱۸	۴۸	۵۳	۴۸
جمع	۲۹۴	۲۵۰	۲۲۱	۲۹۶	۳۰۰	۳۲۳	۳۱۰	۴۰۸	۵۵۸	۴۱۳	۲۰۷	

دوم اردیبهشت تا دهه اول شهریور به آبیاری تکمیلی نیاز دارد. برای هر هکتار گل محمدی بدون احتساب بارش مؤثر مقدار ۳۶۵ مترمکعب در هکتار در سال آب لازم است. ولی با اعمال بارش مؤثر مقدار ۲۰۴ مترمکعب در سال آب نیاز

بارندگی فروردین ماه نیاز آبی گیاه گل محمدی را تأمین می‌کند. به علت وجود رطوبت در زمین در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد میزان نیاز آبی ۱۵ درصد کمتر است. با توجه به بارندگی مؤثر منطقه، گل محمدی از دهه

است؛ بنابراین سامانه‌های جمع‌آوری رواناب باید به گونه‌ای طراحی و اجرا شوند که با توجه به بارندگی منطقه آب مورد نیاز نهال جمع‌آوری شود. بارش‌های پاییزه و زمستانه نیز عملاً گیاه از آن‌ها بهره‌برداری نمی‌کند. ولی ذخیره شدن رواناب بارش‌های زمستانه و بهاری در لایه رطوبتی چاله نهال به تأمین نیاز آبی گیاه در فصل خشک کمک می‌کند. با این وجود، گیاه نیاز به آبیاری کمکی دارد. مقدار آب، بسته به نیاز آبی گیاه است. آبیاری تکمیلی هر سی روز یک‌بار با ۲۰ لیتر آب انجام شد. در آبیاری نهال‌ها آب یکجا در چاله ریخته شده است. در چاله‌هایی که مجهز به فیلترشنی بودند در زمان کوتاهی آب از طریق آن زهکش شده. زیرا فیلتر از نوع شن درشت و مساحت آن (لوله فیلتر) ۷۰ سانتی‌متر مربع است.

اثر تیمارها بر روی صفات ارتفاع و تاج

جدول (۵) به ترتیب تجزیه واریانس صفت ارتفاع در بوته‌ها و مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر صفت ارتفاع در بوته‌های گل محمدی طی پنج سال آزمایش را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج این جدول، بیشترین عملکرد افزایش ارتفاع بوته طی پنج سال آزمایش مربوط به تیمار روش فیلتر همراه با سامانه نیمه‌عایق است. با این حال اختلاف عملکرد بوته در این تیمار با روش مرسوم در مدت چهار سال در سطح آماری یک‌درصد معنی‌دار و در سال ۱۳۹۷ در سطح پنج‌درصد معنی‌دار است. با توجه به

جدول مقایسه میانگین، در روش سامانه نیمه‌عایق با فیلتر، به دلیل بالاتر بودن، مقدار نزولات دریافتی در پای بوته عملکرد دو صفت بیشتر از دو تیمار دیگر است. کمترین عملکرد مربوط به شاهد است که با مقادیر مشاهده شده دو تیمار دیگر در سطح آماری پنج درصد اختلاف معنی‌دار است. یکی از دلایل عملکرد پایین در روش شاهد، کاهش رطوبت نسبت به دو تیمار دیگر می‌تواند است. در سال‌های اولیه اجرا، به واسطه کمبود مقدار رطوبت موجود در خاک، رشد بوته نسبت به دو حالت دیگر کمتر است. با توجه به جدول (۵) تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری بر روی صفات ارتفاع و تاج (به جز صفت ارتفاع در سال ۱۳۹۷ که در سطح پنج درصد معنی‌دار است). در سطح آماری یک درصد معنی‌دار است ($P < 0.01$).

جدول (۶) مقایسه میانگین صفات تاج در طی پنج سال را نشان می‌دهد. بیشترین طول ارتفاع و تاج مربوط به تیمار سوم (با فیلتر و سامانه نیمه‌عایق) و کمترین ارتفاع و تاج مربوط به تیمار شاهد است. در مجموع نتیجه تجزیه واریانس دو صفت نشان داد که تیمار سامانه نیمه‌عایق با فیلتر در سطح معنی‌داری (یک درصد) نسبت به تیمارهای شاهد و تیمار با فیلتر تفاوت معنی‌داری داشتند، به‌طوریکه در طی سال‌های (۱۳۹۶-۱۴۰۰) تیمار با فیلتر و سامانه نیمه‌عایق با میانگین عملکرد یا زیست‌توده بیشتری را در مقایسه با شاهد داشتند که در مجموع سامانه نیمه‌عایق و فیلتر باعث افزایش عملکرد رشد بوته نسبت به دو تیمار دیگر را دارند.

جدول ۵- تجزیه واریانس صفت ارتفاع در بوته‌های گل محمدی در شهرستان خنداب

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات (سال ۱۳۹۶)	میانگین مربعات (سال ۱۳۹۷)	میانگین مربعات (سال ۱۳۹۸)	میانگین مربعات (سال ۱۳۹۹)	میانگین مربعات (سال ۱۴۰۰)
تیمار	۲	**۵۶/۸۳	*۲۶۱/۳۳	**۲۸۱۰/۰۸۰	**۴۰۸۷/۳۷	**۸۱۸۱/۱۶
اشتباه	۷۲	۲/۰۸	۷۲/۶۷	۵۹/۷۳۷	۱۱۰/۶۹	۲۰۳/۴۴۶
ضرب تغییرات (درصد)	-	۳/۷۳	۸/۳۲	۷/۳۱۶	۱۰/۳۶	۱۳/۵۳۷

** و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد*، معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد NS عدم معنی‌داری

جدول ۶- تجزیه واریانس صفت تاج در بوته‌های گل‌محمدی در سایت روستای شهید شهرستان خنداب

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات (سال ۱۳۹۶)	میانگین مربعات (سال ۱۳۹۷)	میانگین مربعات (سال ۱۳۹۸)	میانگین مربعات (سال ۱۳۹۹)	میانگین مربعات (سال ۱۴۰۰)
تیمار	۲	**۸۰۴/۳۳	**۳۷۸۷/۲۱	**۳۰۱۱/۳۲۰۰	**۶۹۲۸/۸۹	**۵۷۵۰/۹۷
اشتباه	۷۲	۷۶/۱۹	۷۹/۷۵	۱۴۵/۰۸۶۶	۲۳۱/۱۳	۲۵۴/۹۴
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۳/۶۹	۸/۱۷	۱۰/۸۵۵	۱۲/۰۵	۱۴/۱۲

** و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد*، معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد NS عدم معنی‌داری

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که با احداث سامانه استحصال آب باران می‌توان اقدام به جمع‌آوری آب باران نمود و اراضی دیم‌زار شیب‌دار را زیر کشت گل‌محمدی دیم برد. آماربرداری پنج ساله طرح نشان داده بیشتر از ۹۰ درصد نهال‌ها مستقر شده‌اند. همچنین تیمار سامانه نیمه‌عیاق با فیلتر در پای نهال با میانگین عملکرد یا بیومس بیشترین مقدار را در مقایسه با شاهد داشتند که در مجموع سامانه استحصال آب باران نیمه عایق با فیلتر باعث افزایش عملکرد رشد بوته نسبت به دو تیمار دیگر را دارند. با احداث باغ در اراضی شیب‌دار به‌اهدافی مانند افزایش تولیدات غذایی و باغی مفید و مورد نیاز و دارای ارزش افزوده، افزایش درآمد، اشتغال مولد، کاهش فقر و بی‌کاری، کاهش پدیده مهاجرت می‌رسیم. همچنین باعث افزایش صادرات و ارزآوری، مثبت‌تر کردن تراز تجاری خواهد شد. از نظر حفظ محیط‌زیست باعث جلوگیری از تخریب، تبدیل و تغییر کاربری نامناسب اراضی زراعی و ملی، ایجاد پدیده گردوغبار و اثرات زیان‌بار آن، پیش‌گیری از فرسایش خاک و سیل‌های ویرانگر می‌شود. از نظر منابع آب باعث ذخیره نزولات آسمانی، برقراری بیلان مثبت آبی سفره‌های زیرزمینی می‌شود. همچنین به حفظ ذخایر ژنتیکی و تنوع گونه‌ای، برقراری امنیت غذایی، گسترش صنایع تبدیلی جانبی، فرآوری و ... می‌رسیم. برای این‌کار از آب باران به‌عنوان آب سبز " بهترین آب برای درخت‌کاری" به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم استفاده می‌شود.

پیشنهادهای

اگرچه سامانه استحصال آب باران نیمه‌عیاق با فیلتر بارش بیشتری را جمع‌آوری می‌نماید و رطوبت بیشتری را در پروفیل خاک تأمین می‌کند و رشد نهال‌ها نیز بهتر است ولی به لحاظ هزینه، دست‌کاری طبیعت با توجه به اینکه تیمار عایق نیاز به حفاظت و نگهداری بیشتری دارد و عمر پوشش پلاستیکی محدودیت دارد به‌نظر می‌رسد سامانه استحصال آب باران طبیعی کاربردی‌تر است. چنانچه در زمینه سامانه‌های استحصال آب باران و احداث باغات شیب‌دار برنامه‌ریزی شود و رواناب سطوح عایق جمع‌آوری و ذخیره گردد به‌آسانی اراضی دیم‌زاری و مراتع فقیر زیر کشت گل‌محمدی دیم قرار خواهد گرفت. مدیریت صحیح در اجرا و مراحل کاشت و داشت نهال در طول سال، پراکنش بارش از نظر زمانی با نیاز زمانی گل‌محمدی به آب نیز در این کار خیلی مهم است. نکته دیگر اینکه سامانه استحصال آب باران نیمه‌عیاق و تمام عایق دارای هزینه بالایی هستند، بنابراین برای این کار باید از فناوری‌هایی استفاده کرد که علاوه بر کاهش هزینه، مقدار ضریب رواناب نیز برای بهره‌گیری از بارش‌هایی با عمق کمتر از ده میلی‌متر هم افزایش یابد. در واقع احداث سطح عایق برای جمع‌آوری آب باران در مناطق خشک و نیمه‌خشک ضروری است ولی برای کاهش هزینه احداث باید فناوری آن بهبود یابد. همچنین استفاده از تکنیک سامانه‌های استحصال آب باران، علاوه بر تثبیت عملکرد، حفظ منابع آب کشور و کمک به اقتصاد کشاورزان، موجب مدیریت بهینه منابع آب و کاهش فشار بر منابع آبی بخش کشاورزی شود.

نهال رایگان، بذر رایگان و ادوات کشاورزی مورد نیاز پیش‌بینی شود. از طرف دیگر، با توجه به شیب نسبتاً زیاد اراضی موجود در کشور، می‌توان توصیه کرد طرح‌ها و برنامه‌های ترویجی و حفاظتی با اولویت زمین‌هایی که شیب بیشتری دارند، اجرا شود.

در انتخاب محل کشت گل محمدی به صورت دیم، باید دقت نمود که محلی انتخاب شود که حداقل میزان بارندگی آن ۳۵۰ میلی‌متر در سال باشد. گل محمدی به لحاظ شرایط درختچه‌ای و ریشه‌های عمیق و وسیعی که تولید می‌کند کمترین میزان آبیاری را نیاز دارد. هرگز گل آن سرما نمی‌زند و روند صعودی افزایش عمق ریشه از سال دوم به بعد باعث می‌شود که رطوبت را از زمین بگیرد.

آموزش‌های ترویجی برای ایجاد درک و آگاهی و تقویت نگرش مساعد نسبت به حفاظت خاک و ایجاد پوشش گیاهی و کاشت درختان مثمر برای بهره‌برداران تدارک دیده شود. همچنین پذیرش ایجاد باغ در اراضی شیب‌دار، اولویت خاصی برای ارائه خدمات دولتی به کشاورزان تحت پوشش باشد. این موضوع از نگاه منافع عمومی حاصل از حفاظت خاک قابل توجیه است، زیرا حمایت از کشاورزان به منظور تشویق باغ‌کاری در اراضی شیب‌دار، به معنی حمایت از کاهش فرسایش و حفظ منابع پایه کشور است که نفع آن به همه آحاد جامعه می‌رسد؛ بنابراین، پیشنهاد می‌شود در برنامه‌های حفاظت خاک در اراضی شیب‌دار، سهم مناسبی برای اعطای وام بلاعوض،

فهرست منابع

۱. بنی‌اسدی، م. و پناهی، ب. ۱۳۹۶. بررسی تأثیر استفاده از سامانه‌های سطوح حوضه مدیریت شده در افزایش تولیدات گیاهی. مهندسی آبیاری و آب، (۹)، ۳۴، ۲۰۷-۲۲۲.
۲. بیرانوند، ز.، گنجی، ن. و آقارضی، ح. ۱۳۹۶. تأثیر سامانه‌های استحصال آب باران بر تغییرات رطوبت پروفیل خاک در چاله نهال بادام. مجله پژوهش آب ایران جلد ۱۱ شماره ۱ پیاپی ۲۴ بهار ۹۶ صفحات ۴۵ تا ۵۴.
۳. حبیبی، ن.؛ و خالدیان، ح. ۱۳۹۶. بررسی تأثیر فیلترهای سنگریزه‌ای در افزایش ذخیره رطوبتی سامانه‌های سطوح آبیگر در ایستگاه سارال کردستان. سیزدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. مهرماه ۱۳۹۷، دانشگاه محقق اردبیلی.
۴. سلطانی، م.، سلیمانی، ک.، حبیب‌نژادروشن، م. و جلیلی، خ. ۱۳۹۶. مکان‌یابی مقایسه‌ای جمع‌آوری آب باران (مطالعه موردی: حوضه مخوران و خسروآباد استان کرمانشاه). مهندسی اکوسیستم بیابان، (۱۸)، ۷. ص ۴۹-۶۲.
۵. شاهرخ نیا، م. ع. و زارع، ح. ۱۳۹۹. تعیین بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی آبیاری درختان انجیر دیم استهبان. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۳۴(۳): ۳۱۷-۳۳۶.
۶. عبدالحی پور، م.، کامکارحقیقی، ع. ع. و سپاسخواه، ع. ر. ۱۳۹۷. اثر زمان و میزان آبیاری تکمیلی در فواصل مختلف از تنه درختان بر توزیع آب خاک، تبخیر و تبخیر و تعرق در باغات انجیر دیم. مدیریت آب کشاورزی، شماره ۲۰۳، ۳۲۲-۳۳۲.
۷. عشقی‌زاده، م. ۱۳۹۷. تعیین پتانسیل استحصال آب باران بر اساس عوامل ژئومورفولوژیکی و فرآیند آنالیز سری مراتبی (حوضه آبخیز کلات، خراسان رضوی). سامانه سطوح حوضه آبریز، دوره هفتم، جلد ۲۲.
۸. مرادی نژاد، ا.، م. کریمی، ر. پورمتین و ع. صابری (۱۴۰۱) استفاده از آب باران در اراضی شیب‌دار جهت کشت گل محمدی. مجله مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز. ۲(۳): ۳۱-۴۳.
۹. نکویی مهر، م. و الیاسی، ز. ۱۳۹۶. اثربخشی استفاده از روش‌های برداشت آب باران در بهبود شاخص‌های گیاهی در شرایط دیم، ششمین همایش ملی سامانه‌های سطوح آبیگر باران، بهمن ۱۳۹۶، خمینی شهر.

10. Al-Desouki, M., Abd El-Rahman, I., Sahar, A. 2009. Effect of some antitranspirants and supplementary irrigation on growth: yield and fruit quality of Sultani fig (*Ficus carica*) grown in the Egyptian western coastal zone under rainfed conditions. *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 5, 899-908.
11. Critchley W. and K. Siegert. 1991. *Water Harvesting: a manual for the Design and Construction of Water Harvesting Scheme for Plant Production*.
<http://www.fao.org/docrep/U3160E/u3160e00>
12. Honar, T., Sepaskhah, A.R. 2015. Effect of using potassium on increasing resistance of fig trees to drought. National Drought Research Institute, Shiraz, Iran, pp.113.
13. Kahinda J. M. and Taigbenu A. E. (2011). Rainwater harvesting in South Africa: Challenges and opportunities. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 36(14-15), 968-976.
14. Kamgar-Haghighi, A.A., Sepaskhah, A.R. 2015. Effects of different levels of supplementary irrigation and pruning times on rainfed fig trees in wet and dry years. National Drought Research Institute, Shiraz, Iran, pp.102.
15. Meter K., Basu, N., Tate, E. & Wyckoff, J. (2014). Monsoon harvests: the living legacies of rainwater harvesting systems in South India. *Environmental Science & Technology*, 48, pp 4217–4225.
16. Rockstrom, J., Karlberg, L., Wani, S.P., Barron J. & Hatibu, N. (2009), Managing water in rainfed agriculture- The need for a paradigm shift, *Agricultural Water Management*, 87(4):543-550.
17. Stanton, D. (2005). Roaded catchments to improve reliability of farm dams. Government of Western Australia, Department of Agriculture, Bulletin 4660.
18. Wang Y., Xie Z., Malhi S. S., Vera C. L., Zhang Y. and Wang J. (2009). Effects of rainfall harvesting and mulching technologies on water use efficiency and crop yield in the semiarid Loess Plateau, China. *Agricultural water management*. 96(3): 374-382.
19. Yazar A., Kuzucu M., Celik I., Sezen S. M. and Jacobsen S. E. (2014). Water harvesting for improved water productivity in dry environments of the Mediterranean region case study: Pistachio in Turkey. *Journal of agronomy and crop science*, 200(5), 361-370.
20. Yi L., Shenjiao Y., Shiqing L., Xinping C. and Fang C. (2010). Growth and development of maize (*Zea mays* L.) in response to different field water management practices: Resource capture and use efficiency. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150(4): 606-613.

Effects of rainwater runoff harvesting surface systems on a number of components of Damask rose grown on sloping lands

A. Moradinejad*, M Karimi, and R Pourmatin

Assistant Prof., Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Arak, Agricultural Research Education & Extension Organization (AREEO). Tehran, Iran. amir_24619@yahoo.com

PhD in horticulture, expert in agricultural field and zone. Khandab Branch of Agricultural Organization. mah.kara@yahoo.com

MSc in Horticulture and Head of Extension Department, Jihad Agriculture Organization of Central Province. r_pourmatin@yahoo.com

Received: October 2022 and Accepted: January 2023

Abstract

Shortage of water resources as a limiting factor in farm production plays an important role in determining the type of agricultural activities possible in a region. Rainwater harvesting is one of the most significant management techniques to combat water scarcity. The major practice in this field involves the establishment of rain fed gardens of Damask rose with due heed paid to the implementation of such relevant techniques as rainwater collection, rainwater conversion to runoff, water storage, and evaporation control. It is the objective of the present study to determine the effects of rainwater runoff harvesting surface systems on the development of Damask rose cultivations in rainy conditions as well as the methods that can be adopted for its extension. The study was carried out over a period of five years using three treatments and five replications on sloping lands. For this purpose, an area with a slope of about 20% was chosen. The water harvesting surface systems including cleaned ground treatment using filters in seedling holes, treatment of semi-insulated catchment surfaces using filters in seedling holes, and the control were implemented in accordance with local practices. The parameters of height and canopy were measured annually during the five years of the study period. The results showed that the treatment with the semi-insulating surface system outperformed the others. This was attributed to the effects of spring rainfall on filter treatments and semi-insulated filter systems.

Keywords: Sloping land, Water harvesting system, Damask rose, Rain fed, Khandab city

* - Corresponding author's email: amir_24619@yahoo.com

Effects of organic fertilizers (compost, cow dung, and poultry manure) and urea on yield and some agronomic characteristics of two forage maize (*Zea mays* L.) cultivars

M. Ghasemzadeh Ganjei*, S. Khavari, and S. F. Fazeli Kakhaki

Assistant Prof., Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran. farshidganjehie@yahoo.com

Assistant Prof., Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran. khavaris80@yahoo.com

Assistant Prof., Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran. sf_fazeli@yahoo.com

Received: July 2022 and Accepted: January 2023

Abstract

Improving physical structures and stimulating soil micro-organisms through adding organic fertilizers lead to facilitated release of nutrients and increased plant growth. In order to investigate the effects of organic fertilizers (compost as well as cow and poultry manures) and urea on some morphological traits and yield components of corn plant, an experiment was carried out in 2019-2021 at Torogh Station of Khorasan Razavi Agricultural Research and Education Center using a split plot arrangement based on a randomized complete block design with three replications. The main plots were organic compost of urban waste (16 and 32 t.ha⁻¹), cow manure (24 and 48 t.ha⁻¹), poultry manure (9.5 and 19 t.ha⁻¹), urea chemical fertilizer (225 and 450 kg.ha⁻¹), and no fertilizer (the control) while the subplots were two corn cultivars (namely, KSC704 and KSC260). Results showed that the use of organic fertilizers significantly ($p \leq 0.01$, $p \leq 0.05$) improved cob diameter and length as well as dry and wet forage yields. The highest plant height (285 cm) was obtained with 24 t.ha⁻¹ of cow manure in the KSC704 cultivar. Also, the maximum wet and dry biomasses (75 and 30.5 t.ha⁻¹, respectively) and the maximum ear length (23.1 cm) were observed in KSC704 cultivar with application of 32 t.ha⁻¹ of compost. The lowest dry matter yield was observed in the KSC260 cultivar under the treatments with different levels of urea fertilizer and the control. In general, organic fertilizers (compost and poultry and cow manures) yielded better results with respect to the traits examined in the KSC704 cultivar than in KSC260. Positive and significant correlations were also established between dry forage and height ($r = 0.54^{**}$) as well as cob length ($r = 0.57^{**}$) and stem diameter ($r = 0.71^{**}$). Generally speaking, application of a maximum of 32 tons of compost per ha, compared to other treatments, proved more significantly advantageous in the commercial KSC704 cultivar.

Keywords: Plant height, Dry forage, Cob length, Organic fertilizer, Chemical fertilizer

* - Corresponding author's email: farshidganjehie@yahoo.com

An overview of the challenges facing the selection of proper remote sensing indices in soil salinity studies

Sh. Rahmani Siyalarz and A. Keshavarzi*

MS.c. Student, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tehran.

shahla.rahmani@ut.ac.ir

Assistant Prof., Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tehran,

alikeshtarzi@ut.ac.ir

Received: July 2022 and Accepted: January 2023

Abstract

Soil salinity, caused by nature and/or human activities, is a major environmental problem, especially in arid and semi-arid regions. High soil salinity negatively affects crop growth and productivity that ultimately leads to land degradation. It is, therefore, essential to monitor and map soil salinity, especially because an early-enough effective soil rehabilitation program can be developed and implemented to prevent and control the adverse effects on regional ecology, food security, and agricultural development. Soil salinity can be identified using both direct indicators that reflect surface soil salt properties and indirect indices. In this regard, remote sensing has been found to outperform traditional techniques as it offers fast and cost-effective monitoring and mapping techniques for soil salinity assessment. The present review study strives to identify not only the challenges in selecting relevant remote-sensing indicators as reported in previous studies of soil salinity but also the spectral indices used in soil salinity investigations that might be of help to land management at a regional level. This endeavor involves vegetation and salinity indices most commonly used in detecting and mapping soil salinity. Using the different remote sensing indicators, of brightness index (BI), salinity index (SI), normalized differential vegetation index (NDVI), and normalized differential salinity index (NDSI) were found to reveal the highest correlations between ground data and those obtained from satellite images of salinity-affected soils. Moreover, the choice of appropriate bands or indices for remote-sensing were found to depend on soil conditions, geographical area, climatic conditions, satellite data, physiography of the area, and land use.

Keywords: Remote Sensing, Remote sensing indices, Satellite images, Vegetation index, Salinity index

* - Corresponding author's email: alikeshtarzi@ut.ac.ir

Investigating soil quality indicators in different tillage systems under rapeseed cultivation in Kermanshah Province

A. Haydari, A. Beheshti Ale Agha*, F. Rakhsh, and H.R. Chaghazardi

MSc Graduate in Soil Fertility and Biotechnology, Department of Soil Science, Razi University, Kermanshah, Iran. amin72heidary@gmail.com

Associate Prof., Department of Soil Science, Razi University, Kermanshah, Iran. beheshtiali97@gmail.com

Ph.D. Graduate, Department of Soil Science, Zanzan University, Iran. rakhsh.fatemeh@alumni.znu.ac.ir

Assistant Prof., Department of Soil Science, Razi University, Kermanshah, Iran.

hamidrezachaghazardi@yahoo.com

Received: June 2022 and Accepted: August 2022

Abstract

Tillage is an important component of soil management that can drastically contribute to improved soil quality and sustainable agriculture by modifying soil physical, chemical, and biological properties. One of the most useful tools for assessing soil management practices in different tillage systems is soil quality assessment based on quantitative indices. The present study was conducted to investigate the effects of different tillage intensities of no tillage, reduction tillage, and conventional tillage systems used as experimental variables on soil quality at the research farm of Agriculture and Experimental Natural Resources located in Kermanshah Province. The experiment was performed in a factorial randomized complete block design at the two depths of 0-25 and 25-50 cm. Soil property measurements showed that all the studied traits were affected by tillage intensity. It was found that soil properties underwent positive changes toward improved soil quality when the tillage system was changed from the conventional to the more conservative one. Compared to physical and chemical characteristics, biological ones showed greater positive changes and microbial biomass carbon revealed the highest variations of 53.49% and 42.45%. Moreover, integrated and Nemoro quality indices (NQI) showed the highest values in conservation, reduction, and traditional tillage systems, in a descending order. Finally, the integrated quality index (IQI) was found more accurate in determining soil quality.

Keywords: Integrated quality index, Microbial biomass, Nemoro quality index, Soil degradation, Soil protection

* - Corresponding author's email: beheshtiali97@gmail.com

Factors Affecting Change of Agricultural Land Management and Ownership in Iran: Application of Fuzzy Cognitive Maps Extracted from Expert Opinions

M. Ghanbari, F. Rostami, and Sh. Geravandi*

M.Sc. Graduate of Agricultural Extension and Education, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran. Maryamghanbari803@ymail.com

Assistant Prof., Department of Agricultural Extension and Education, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran. Fr304@yahoo.com

Assistant Prof., Agricultural Extension and Education, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran. Sh.geravandi1@gmail.com

Received: April 2021 and Accepted: December 2021

Abstract

The present quantitative-qualitative study is an effort to identify the factors involved in changes in agricultural land management/ownership. The required data were collected using unstructured deep individual interviews, focus groups, group discussions with a panel of 32 landlords, and direct observations in Mahidasht region, Kermanshah Province. The data thus obtained were initially coded using the conventional content analysis method to extract 40 key concepts affecting changes in agricultural land ownership. The concepts thus identified were used to develop a questionnaire that was subsequently administered to the target population and the emerging data were converted to fuzzy numbers according to the type and intensity of the effect of each concept. In the next step, the relevant matrix was implemented in the Mental Modeler software to develop the corresponding fuzzy cognitive map. The results showed that the most important stimuli for changing agricultural land management/ownership are landlord age, uncertain fixed income, landlord's life quality, land consolidation, and stringent regulations for tenants. It was also found that the most important affected stimuli involved in arable land management change include agricultural risks, migration of youths, production cost per unit area, and inefficient government agencies. Based on the results obtained and considering the importance of owners' age in changes in agricultural land management/ownership, planners and policymakers are recommended to provide more facilities for the youths in rural areas by empowering them, raising their skill levels, and introducing income-generating crops as the means to create attractions and encourage the youths to stay on farms in rural areas.

Keywords: Cash tenancy, Tenant, Change of land management, Landlord, Change of ownership

* - Corresponding author's email: Sh.geravandi1@gmail.com

Fingerprinting of Water Sediments of Beheshtabad Basin Using Natural Soil Tracers

A. Gheibipor, N. Gharahi*, R. Zare Bidaki, and R. Zamani Ahmad-Mahmoodi

M.Sc. Graduate of Soil and Water Conservation, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, P.O. Box 115, Shahrekord, Iran. azita.gh1371@gmail.com

Assistant Prof., of Environmental Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. na_gharahi@yahoo.co.uk

Assistant Prof., of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

Associate Prof., of Environmental Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

Received: July 2022 and Accepted: January 2023

Abstract

The fingerprinting technique determines the contributions of land units to sedimentation in an area. In conventional techniques, a composite set of proper diagnostic properties and a multivariate mixing model are employed to estimate the relative contributions of sediment sources to the sediments transported into a watershed outlet. The present study uses the fingerprinting technique to determine the contributions by different sediment sources in the Beheshtabad Basin covering an area of 308 km². For this purpose, 36 soil samples were taken from sedimentary sources (at depths of 0-5 cm) and 10 sediment samples from the watershed outlet. The initial traces including Fe, Cu, Mg, Na, Ca, K, lime, organic carbon, N, and P were measured and evaluated using the Kruskal-Wallis test. In the second stage, an optimal combination of tracers for each source was obtained using diagnostic analysis functions, and in the final step, the contribution of each land use to sedimentation was determined for each sampling method using the multivariate model due to Collins et al. The contributions of agricultural, rangeland, rainfed, and residential land uses were determined to be 67.88, 7.63, 19.40, and 5.10%, respectively. Results showed that agricultural activities held the maximum share of 67.88% to sediment production. Given the fact that the high contribution of agricultural lands to sedimentation in the study area, it is recommended that agricultural operations and practices need to be revised and monitored in order to help the sedimentation process to abate.

Keywords: Fingerprinting, Diagnostic analysis functions, Land use, soil erosion, Sediment source

* - Corresponding author's email: na_gharahi@yahoo.co.uk

Optimization of cropping pattern at Khorramdarreh Agro-industrial Complex

F. Bayat*, Gh. R. Peykani Machiani, M. R. Jahansuz, and S. Soleimani

Professor, Department of Agriculture and Plant Breeding, University of Tehran, Karaj, Iran. bayatfarhad@ut.ac.ir

Prof., Department of Agricultural Economics, University of Tehran, Karaj, Iran. rpeykani@ut.ac.ir

Professor, Department of Agriculture and Plant Breeding, University of Tehran, Karaj, Iran. jahansuz@ut.ac.ir

Director, Division of Agronomy, Khorramdareh Agro-Industrial Complex, Zanjan, Iran. saeid_j55@yahoo.com

Received: May 2022 and Accepted: August 2022

Abstract

Nowadays, agro-industrial complexes play an important role in food security, especially in developing countries, due to their advantages such as facilitating planning, increasing food production, reducing consumer costs, encouraging innovation and technological development, creating job opportunities, and enhancing food availability. The current study was performed to develop a cultivation program that would minimize water consumption and maximize income at Khorramdareh agro-industrial complex covering an area of 1262 ha in Zanjan Province. The ordinary least squares method (POLS) due to Peykani was used in Lingo v.18 to analyze the economic data sets (the 2100-2020 time series) on irrigated crops including wheat, barley, corn, canola, and alfalfa at the complex under study. The results indicated an increase of 118.18% in the area under barley cultivation. In contrast, the areas under wheat, canola, maize, and alfalfa cultivations decreased by 33.33%, 73.19%, 34.79%, and 20.44%, respectively. It was also found that the optimized cropping pattern developed for the complex would decrease the total cultivated area (by 25.87%), water consumption (25.32%), machine working hours (25.70%), labor (25.87%), as well as fertilizer (30.50%) and pesticide (39.45%) consumptions compared to those measured for the current cropping pattern although the current net income would remain almost invariable (showing an increase of only +0.09%) while no crop would be removed from the current pattern. It was, therefore, concluded that the estimations seemed realistic.

Keywords: Agricultural complex, Cropping pattern, Crops, Economic planning

* - Corresponding author's email: bayatfarhad@ut.ac.ir

Estimation of Recreational Carrying Capacity of Kani Mamatekeh Watershed Park in Sanandaj

P. Arabkhazaeli*, Gh. Vahabzadeh Kebria, S. R. Mousavi, and J. Zandi

PhD student of Watershed Management, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

arabkhazaeli.parsaa@gmail.com

Associate Professor, Department of Watershed Management, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources. **vabzadeh.ghorban@gmail.com**

Assistant Professor, Department of Watershed Management, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources. **srmmousavi@gmail.com**

PhD Graduate in Watershed Management, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources. **jalal.zandi2010@gmail.com**

Received: January 2022 and Accepted: August 2022

Abstract

Man is regarded a major source of adverse impacts on nature; a fundamental strategy in tourism should, therefore, be the control of tourist behavior at natural sites. The carrying capacity of a promenade and its use should be proportional to its ecological capacity; otherwise, destruction will result. Estimation of the carrying capacity of natural recreational sites allows planners to know the permissible number of tourists that can enter any recreational resort. This estimate will serve as a measure of preventing decline in the natural capacity of ecosystems and a means of providing desirable tourism services to visitors in a sustainable manner. In order to attain and maintain the appropriate carrying capacity, certain principles should be observed and necessary corrective and protective measures taken. These include restoration of vegetation as well as water and soil conservation, among others, that should be placed at the top of tourism planning of a given resort. In the present study, the recreational carrying capacity of Kani Mamatekeh in Sanandaj watershed park was determined. According to the results obtained, the physical carrying capacity within the recreational site was 19272 visitors per day and 7034280 people per year while the daily and annual real carrying capacities of the region across the intensive recreation area were 2767 and 431186, respectively. It was also found that the physical carrying capacity would reduce by as much as 86% if the ecological constraints in the watershed park including number of rainy days, number of frosty days, bioclimatic conditions of the region, and the mating seasons for the wildlife were considered.

Keywords: Sustainable Tourism, Ecotourism, Ecological Constraints

* - Corresponding author's email: arabkhazaeli.parsaa@gmail.com

Review of food security indices in Iran and the forgotten role of soil

Y. Safari*

Assistant Prof., Water and Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. yaser.safari@shahroodut.ac.ir

Received: April 2022 and Accepted: August 2022

Abstract

Food security is a multidisciplinary concept aimed at assessing the individuals' access to sufficient, safe, and nutritious food. Achieving sustainable food security requires simultaneous consideration of a vast range of environmental, economic, social, and political aspects and their possible interactions. Accurate assessment of the present situation of food security at regional, national, and global levels is the prerequisite to the adoption of targeted strategies in future. Given the pervasiveness of food security, multiple indices have been developed by certain international organizations to measure the degree of food insecurity. Yet, what these seem to share is their neglect or even total ignorance of the role(s) natural resources, especially soil, play in food production. Application of such indices should consequently lead to inaccurate and misleading results, especially in areas confronted with environmental constraints and land degradation problems. Accordingly, the present paper aims to review and identify the indicators used in every index in an attempt to evaluate the extent to which the food security indices most commonly used in Iran address food production. Furthermore, the study pursues to determine accurately the impact of each single aspect of soil degradation on food security dimensions and, thereby, stress the necessity for paying heed to the key role soil plays in achieving food security, especially in Iran.

Keywords: Food security; Soil degradation; Soil quality; Sustainable production

* - Corresponding author's email: yaser.safari@shahroodut.ac.ir

Factors affecting farmers' decline to convert sloping agricultural lands to orchards The Study Case of Galikesh County, Golestan Province

M. R. Mahboobi* and Z. Teimouri Koohsar

Associate Prof., Department of Agricultural Extension and Education, Faculty of Agricultural Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. Mahboobi47@gmail.com
Ph.D Graduate of Agricultural Education, Khuzestan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Molasani, Iran. Teimuri.zahra@yahoo.com

Received: July 2022 and Accepted: January 2023

Abstract

It is the main objective of the present study to identify the factors affecting farmers' unwillingness to convert their sloping agricultural lands into orchards. The study is a descriptive and survey one using a statistical population of 250 farmers in Galikesh County, Golestan Province, who rejected the idea of changing their sloping crop lands to orchards. For this purpose, 150 farmers were selected using the multi-stage random sampling method and the Krejcie and Morgan Table and a questionnaire was used to collect data in 2021. The content and face validities of the questionnaire were confirmed using the opinions of extension, soil protection, and horticulture experts at Golestan Agricultural Jihad Organization. The validity of the questionnaire was determined using Cronbach's alpha method to obtain a coefficient of 0.85 and data analysis was performed using SPSS19. Based on the results obtained, the following 12 factors affected farmer unwillingness listed in a descending order of significance: non-availability of production tools, farmers' subculture, complex cultivation operations, lack of government support, investment cost, lack of confidence in experts, lack of knowledge, non-compliance behavior, non-observable operation results, sparsely distributed agricultural lands, uneconomical results, and lack of confidence in responsible government agencies. These parameters explained about 75.189% of the total variance among the factors involved. Also, the results indicated that extending low-interest loans, high-quality and high-yield seedlings, water availability, and tools and implements to farmers as well as communication with influential local leaders and trustees to solicit their opinions during the various stages of protection operations may be suggested as helpful in convincing farmers to accept the conversion.

Keywords: Soil erosion, Conservation agriculture, Sloping lands, Galikesh County

* - Corresponding author's email: Mahboobi47@gmail.com

**Ministry of Jihad-e-Agriculture
Agricultural Research, Education and Extension Organization
Soil and Water Research Institute**

Journal of Land Management

***Vol. 11, No. 1*
2023**

**Manager-in-Charge: Hadi Asadi Rahmani, PhD
Director General, Soil and Water Research Institute**

**Editor-in-Chief: Hossein Besharati, PhD
Professor, Soil and Water Research Institute**

Editorial Board

Naser Aliasgharzad, PhD	Professor, Faculty of Agriculture, Tabriz University
Hossein Asadi, PhD	Associate Prof., College of Agriculture and Natural Resources, Tehran University
Hossein Besharati, PhD	Professor, Soil and Water Research Institute
Hossein A. Bahrami, PhD	Associate Prof., Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University
Mohammad R. Balali, PhD	Assistant Prof., Soil and Water Research Institute
Manuchehr Gorji, PhD	Professor, College of Agriculture and Natural Resources, Tehran University
Mohammad A. Hajabbasi, PhD	Professor, Faculty of Agriculture, Isfahan Industrial University
Mohammad H. Mohammadi	Associate Prof., College of Agriculture and Natural Resources, Tehran University
Aziz Momeni, PhD	Associate Prof., Soil and Water Research Institute
Mohammad H. Roozitalab, PhD	Associate Prof., Agricultural Research, Education and Extension Organization
Saeed Saadat, PhD	Assistant Prof., Soil and Water Research Institute
Mohammad R. Shahpasand, PhD	Imam Khomeini Higher Education Center

Executive Manager: Farhad Moshiri
Type and Design: Fatemeh Aghajani

**Postal Address: P. O. Box: 317793545, Karaj – IRAN
Tel / Fax: 026-36220160
Soil and Water Research Institute Website: www.swri.ir
Journal Website: <http://lmj.areo.ir>**

Journal of Land Management



ISSN: 2345-6205

Volume 11/ No. 1/ 2023

Subject	Page
Factors affecting farmers' decline to convert sloping agricultural lands to orchards The Study Case of Galikesh County, Golestan Province.....	1
<i>M. R. Mahboobi and Z. Teimouri Koohsar</i>	
Review of food security indices in Iran and the forgotten role of soil.....	2
<i>Y. Safari</i>	
Estimation of Recreational Carrying Capacity of Kani Mamatekeh Watershed Park in Sanandaj.....	3
<i>P. Arabkhazaeli, Gh. Vahabzadeh Kebria, S. R. Mousavi, and J. Zandi</i>	
Optimization of cropping pattern at Khorramdarreh Agro-industrial Complex.....	4
<i>F. Bayat, Gh. R. Peykani Machiani, M. R. Jahansuz, and S. Soleimani</i>	
Fingerprinting of Water Sediments of Beheshtabad Basin Using Natural Soil Tracers.....	5
<i>A. Gheibipor, N. Gharahi, R. Zare Bidaki, and R. Zamani Ahmad-Mahmoodi</i>	
Factors Affecting Change of Agricultural Land Management and Ownership in Iran: Application of Fuzzy Cognitive Maps Extracted from Expert Opinions.....	6
<i>M. Ghanbari, F. Rostami, and Sh. Geravandi</i>	
Investigating soil quality indicators in different tillage systems under rapeseed cultivation in Kermanshah Province.....	7
<i>A. Haydari, A. Beheshti Ale Agha, F. Rakhsh, and H.R. Chaghazardi</i>	
An overview of the challenges facing the selection of proper remote sensing indices in soil salinity studies.....	8
<i>Sh. Rahmani Siyalarz and A. Keshavarzi</i>	
Effects of organic fertilizers (compost, cow dung, and poultry manure) and urea on yield and some agronomic characteristics of two forage maize (Zea mays L.) cultivars.....	9
<i>M. Ghasemzadeh Ganjeie, S. Khavari, and S. F. Fazeli Kakhaki</i>	
Effects of rainwater runoff harvesting surface systems on a number of components of Damask rose grown on sloping lands.....	10
<i>A. Moradinejad, M Karimi, and R Pourmatin</i>	