



نشریه علمی

مدیریت اراضی

شاپا ۶۲۰۵-۲۳۴۵

جلد ۱۲ / شماره ۱ / سال ۱۴۰۳

صفحه	عنوان
۱.....	بررسی پیامدهای تغییر الگوی کشت اراضی شیب دار کم بازده به باغ‌های دیم در بخش کبگیان شهرستان بویراحمد رستم خورشیدیان، آیت‌اله کرمی و مهدی نوری‌پور
۱۷.....	بررسی تغییر پوشش/کاربری اراضی استان تهران با استفاده از داده‌های سنجش از دور پژمان رودگرمی
۲۹.....	مروری بر مطالعات ارزیابی اقتصادی تخریب سرزمین در جهان بر اساس الگوی تحلیل هزینه - فایده علی‌اکبر دماوندی
۴۵.....	ضرورت آگاهی دانشجویان علوم خاک از اهمیت و کاربرد ریاضیات در گرایش‌های مختلف علم خاک‌شناسی عادل ریحانی‌تبار
۵۷.....	کوددهی پتاسیم در باغ‌های مرکبات علی‌اسدی کنگرشاهی و نگین اخلاقی‌امیری
۸۱.....	تأثیر گلايسين-بتائين و قارچ‌های مايکوزيها بر عملکرد کمی و کیفی گندم دیم در شرایط مزرعه‌ای سید ماشاله حسینی، عزیز مجیدی و هادی پیراسته‌انوشه

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

جلد ۱۲ شماره (۱)

سال ۱۴۰۳

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
استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس	دکتر حسینعلی بهرامی
استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان	دکتر محمدعلی حاج عباسی
استاد سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی	دکتر محمدحسن روزی طلب
دانشیار 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
دکتر عزت‌اله روستازاده
مهندس فاطمه آقاجانی
دو شماره

مدیر داخلی:
ویراستار انگلیسی:
صفحه آرایی:
تعداد انتشار در سال:

این نشریه در پایگاه‌های علمی زیر نمایه می شود: پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC): www.isc.gov.ir پایگاه سیولیکا: https://civilica.com پایگاه بانک اطلاعات نشریات کشور (Magiran): https://www.magiran.com	پایگاه الکترونیکی نشریه مدیریت اراضی: http://lmj.areo.ir آدرس پایگاه الکترونیکی مجله: http://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: ۳۶۳۲۰۱۶۰ (۰۲۶)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

- ۱..... بررسی پیامدهای تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار کم بازده به باغ‌های دیم در بخش کبگیان شهرستان بویراحمد.....
رستم خورشیدیان، آیت‌اله کرمی و مهدی نوری‌پور
- ۱۷..... بررسی تغییر پوشش/کاربری اراضی استان تهران با استفاده از داده‌های سنجش از دور.....
پژمان رودگر می
- ۲۹..... مروری بر مطالعات ارزیابی اقتصادی تخریب سرزمین در جهان بر اساس الگوی تحلیل هزینه – فایده.....
علی‌اکبر دماوندی
- ۴۵..... ضرورت آگاهی دانشجویان علوم خاک از اهمیت و کاربرد ریاضیات در گرایش‌های مختلف علم خاک‌شناسی.....
عادل ریحانی‌تبار
- ۵۷..... کوددهی پتاسیم در باغ‌های مرکبات.....
علی‌اسدی کنگرشاهی و نگین اخلاقی‌امیری
- ۸۱..... تأثیر گلايسين-بتائين و قارچ‌های مایکوریزا بر عملکرد کمی و کیفی گندم دیم در شرایط مزرعه‌ای.....
سید ماشاله حسینی، عزیز مجیدی و هادی پیراسته‌انوشه

راهنمای نگارش مقاله برای چاپ در مجله مدیریت اراضی

با عنایت به اهمیت انتشار یافته های پژوهشی، انتقال و گسترش رهیافت های علمی برای حل مسائل و لزوم انتشار و معرفی دیدگاه ها، نظریات و فن آوریهای نوین در مدیریت اراضی، موسسه تحقیقات خاک و آب بر آن شد تا نسبت به انتشار مجله علمی مدیریت اراضی به عنوان اولین مجله تخصصی در حوزه علم مدیریت اراضی اهتمام ورزیده و سطح آگاهی ها و دانش موجود را در این زمینه ارتقاء بخشد، تا جامعه علمی و کارشناسان حوزه کشاورزی و منابع طبیعی با مفاهیم جدید علمی در زمینه مدیریت اراضی آشنا گردند.

مجله مدیریت اراضی، مجله ای علمی- تخصصی است که با هدف انتشار یافته های تحقیقاتی، معرفی، ترویج و بسط آگاهی های علمی و ارتقاء سطح دانش در بین جامعه علمی مربوطه منتشر می شود، لذا مقالات پژوهشی، کاربردی، ترویجی، گردآوری، علمی مروری، ترجمه ای، روش شناسی، تحلیلی و انتقادی در زمینه های زیر و با هدف اشاعه دانش و ارتقاء سطح آگاهی مخاطبان مشروط بر این که براساس مبانی علمی نگاشته شده و با نگرشی عالمانه به مسائل مدیریت اراضی پرداخته باشند در این مجله قابل پذیرش خواهند بود.

- مدیریت حاصلخیزی خاک
- مدیریت آب در اراضی کشاورزی
- مدیریت اراضی در حوزه آبخیز
- مباحث اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی در مدیریت اراضی
- مدیریت اراضی و محیط زیست
- نقش قوانین و مقررات در مدیریت اراضی
- مدیریت بهره برداری پایدار از اراضی
- نقش ویژگیهای خاک در مدیریت اراضی

شرایط پذیرش مقاله

مقاله می بایست 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 باشد 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 می باشد. مقاله باید به زبان فارسی روان و عاری از غلط های نگارشی باشد. از آوردن واژه های بیگانه که معادل فارسی دارند جدا پرهیز گردد. گواهی پذیرش مقاله فقط پس از اتمام مراحل ویراستاری، تایید داور نهایی و تصویب 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 نمی شود.

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 می باشد. تصویر الکترونیک نامه درخواست و فرم تعهد نامه تکمیل شده در قسمت پرونده مقاله در صفحه شخصی

نویسنده مسئول (ارسال کننده مقاله) قابل بارگزاری می باشد.

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:

- پرکردن 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 آنها مطابق جدول (۱) استفاده شود. پیش از نقطه (.) و کاما (،) گذاشتن فاصله لازم نیست، لیکن پس از آنها، یک فاصله لازم است. اصول نگارش زبان فارسی به طور کامل رعایت شده و از به کاربردن اصطلاحات انگلیسی که معادل فارسی آنها در فرهنگستان زبان فارسی تعریف شده اند، حتی الامکان پرهیز گردد.

جدول ۱- نوع و اندازه قلم بخش های مختلف مقاله

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 علمی "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، نتیجه گیری، پیشنهادها، تشکر و قدردانی (در صورت نیاز) و فهرست منابع باشد. در نگارش مقالات گردآوری، مروری، تحلیلی و انتقادی بر اساس شرایط مقاله قسمت های مواد و روش ها و همچنین نتایج و بحث می تواند حذف گردد. در این شرایط نگارش سایر قسمت های مقاله الزامی است.

عنوان مقاله

عنوان مقاله باید روان، گویا، مختصر، مفید و جذاب بوده و در برگیرنده محتوای موضوع مقاله 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، روش بررسی، یافته ها، نتیجه گیری و ترجیحا دریک پارگراف باشد. چکیده انگلیسی باید ترجمه کامل چکیده فارسی باشد

واژه های کلیدی

واژه های کلیدی بایستی ۳-۶ کلمه باشد. واژه های کلیدی چکیده انگلیسی نیز بایستی ترجمه دقیق واژه های چکیده فارسی باشد. در انتخاب واژه های کلیدی از تکرار واژه هایی که در عنوان مقاله آمده است خودداری فرمایید. واژه های کلیدی خیلی عمومی نباشد.

مقدمه

مقدمه باید دربرگیرنده اهمیت پژوهش انجام شده باشد و به بیان مساله 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 قانع کننده ای نداشته باشد چاپ نخواهد شد.

مواد و روشها

در این قسمت باید شرح مواد و روشهای مورد استفاده در پژوهش، جامعه آماری، روشهای نمونه گیری، اندازه گیریهای 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 می تواند حذف گردد و مقاله ممکن است بخش های دیگری را شامل شود که مطالب در قالب عناوینی متناسب با موضوع مقاله ارائه می گردند.

نتایج و بحث

در این بخش، نتایج بدست آمده از پژوهش به صورت نوشتار همراه شکل و جدول بیان گردد. از بکار بردن عنوان هایی مانند

نمودار، عکس و نقشه خودداری و کلیه آنها با عنوان "شکل" درج شوند. نتایج ارائه شده در جدول‌ها یا شکل‌ها نباید به صورت دیگری مانند منحنی و یا متن نوشتاری در مقاله تکرار گردد. 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 ذکر شود. در متن جدول تا جایی که ممکن است نباید از خطوط افقی و عمودی استفاده کرد.

برای درج عنوان هر شکل، پس از کلمه شکل و شماره آن، نقطه و سپس عنوان ذکر شود. اختصارات موجود در شکل‌ها و جدول‌ها باید در زیرنویس توضیح داده شوند. تمام اعداد متن و توضیحات جدول‌ها و شکل‌ها باید به زبان فارسی ارائه گردد. اندازه فونت توضیحات محورهای نمودارها و اعداد به اندازه کافی بزرگ باشد تا در صورت کوچک کردن نیز خوانا باشند. جدول‌ها و نمودارها حتی المقدور در متن مقاله جاسازی شوند. در صورت لزوم می‌توان از تصاویر و یا عکس‌های مناسب و گویا در مقاله استفاده نمود. محل ارائه تصاویر در متن مقاله مشخص شده باشد. فایل الکترونیک تصاویر در قسمت پرونده مقاله در صفحه شخصی نویسنده مسئول و یا ارسال کننده مقاله در وبگاه مجله بارگزاری 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 منعکس کننده نظر و برداشت کلی نگارنده/گان نسبت به محتوا و مطالب مقاله می‌باشد. 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 بطور روشن حائز اهمیت می‌باشد. راهکارها و فرضیه‌های جدید نیز پیشنهاد گردد. پیشنهادهایی برای پژوهش و کارهای مشابه در 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 و تدوین مقاله 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، 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، حرف اول نام اوکین نویسنده، و سپس نام خانوادگی نویسنده دوم، و حرف اول نویسنده دوم، 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 Lindsay, W.L., 1998. Reduction and oxidation effect on the solubility and transformation of iron oxides. Soil Sci. Soc. Am. J. 62: pp.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 2002, 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 Laird, D.A., 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 Sommers, L.E., 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.

مقاله با یک نویسنده

Fukugawa, N., 2022. Effects of the quality of science on the initial public offering of university spinoffs: evidence from japan. Scientometrics, 127(8), pp.4439-4455

مقاله با دو نویسنده

Haunschild, R. and Bornmann, L., 2022. Relevance of document type in the scores calculation of a specific field-normalized indicator: Are the scores strongly dependent on or nearly independent of the document type handling? Scientometrics, 127(8), pp.4419-4438

مقاله با سه نویسنده

Vakkari, P., Chang, Y.W. and Jarvelin, K., 2022. Largest contribution to LIS by external disciplines as measured by the characteristics of research articles. Scientometrics, 127(8), pp.4419-4438

مقاله با بیش از سه نویسنده

Wheeler, J., Pham, N.M., Arlitsch, K. and Shanks, J.D., 2022. Impact factions: assessing the citation impact of different type of open access repositories. Scientometrics, 127(8), pp.4419-4438

*ضروری است شناسه منحصر به فرد DOI در انتهای ارجاعات هر مقاله درج گردد.

*همچنین 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).

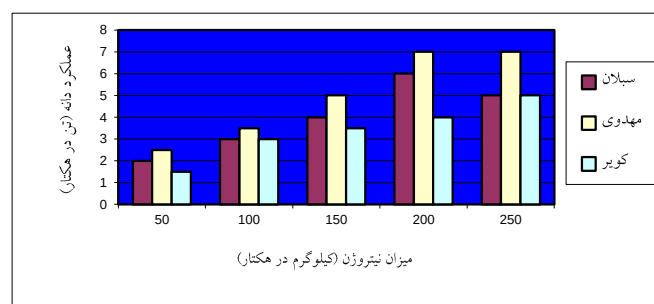
جدول نامناسب

عمق (cm)	pH	EC (dS. m-1)	TNV (%)	OC (%)	Pavail	Kavail.	Mgex ch (Mg.kg-1)	بافت
0-30	8/2	7/6	28	0/62	3/6	290	300	لومی رسی
30-60	8/2	7/2	30	0/50	0/6	295	305	لومی رسی
60-90	7/8	9/5	33	0/21	0/5	332	286	لومی شنی

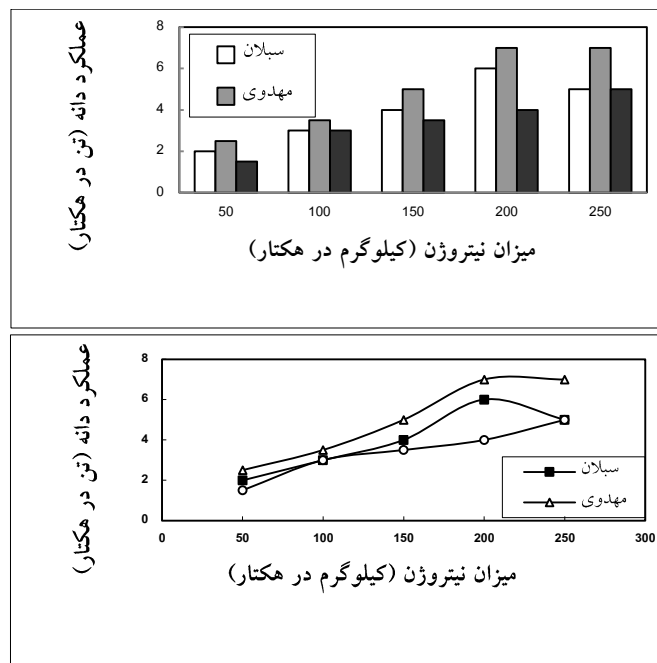
جدول مناسب

عمق (cm)	pH	EC (dS.m ⁻¹)	TNV (%)	OC (%)	Pav	Kav	Mgex (mg.kg ⁻¹)	بافت
0-30	8/3	7/6	28	0/62	3/6	290	300	لومی رسی
30-60	8/2	7/2	30	0/50	/60	295	305	لومی رسی
60-90	7/8	9/5	33	0/21	/50	232	286	لومی شنی

شکل نامناسب



شکل مناسب



نشریه علمی مدیریت اراضی

دکتر حسین اسدی.....	۱ داوری
دکتر علیرضا توکلی.....	۱ داوری
دکتر کبری ثقفی.....	۱ داوری
دکتر محمد جمشیدی.....	۱ داوری
دکتر محمدعلی حاج عباسی.....	۳ داوری
دکتر یعقوب حسینی.....	۲ داوری
دکتر جهانشاه صالح.....	۱ داوری
دکتر ناصر علی اصغرزاد.....	۲ داوری
دکتر ولی فیضی اصل.....	۱ داوری
دکتر منوچهر گرجی.....	۱ داوری
دکتر پرویز گرشاسبی.....	۱ داوری
دکتر محمدحسین محمدی.....	۱ داوری
دکتر محمدرضا مصدقی.....	۳ داوری
دکتر میرناصر نویدی.....	۲ داوری
دکتر محمدرضا نیشابوری.....	۲ داوری
دکتر علیرضا نیکویی.....	۲ داوری

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

بررسی پیامدهای تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار کم بازده به باغ‌های دیم در بخش

کبگیان شهرستان بویراحمد

رستم خورشیدیان، آیت‌اله کرمی* و مهدی نوری‌پور

دانشجوی کارشناسی ارشد ترویج کشاورزی، گروه ترویج و مدیریت توسعه روستایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.

rkhoshidyan@gmail.com

دانشیار گروه مدیریت توسعه روستایی، گروه ترویج و مدیریت توسعه روستایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.

ayatkarami@yu.ac.ir

دانشیار ترویج و آموزش کشاورزی، گروه مدیریت توسعه روستایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.

mnooripoor@yu.ac.ir

دریافت: فروردین ۱۴۰۲ و پذیرش: شهریور ۱۴۰۲

چکیده

این پژوهش با هدف شناسایی پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار کم بازده به باغ‌های دیم در بخش کبگیان شهرستان بویراحمد صورت پذیرفت. با استفاده از نظر کارشناسان سازمان جهاد کشاورزی استان کهگیلویه و بویراحمد، به بررسی علی-مقایسه‌ای تعداد ۱۵۶ نفر (۷۲ بهره‌بردار پذیرنده و ۸۴ بهره‌بردار نپذیرنده طرح) به‌عنوان نمونه در دو مقطع زمانی قبل و بعد از پروژه همت گماشته شد. جمع‌آوری داده‌ها، با استفاده از پرسش‌نامه محقق‌ساخته بود. نتایج نشان داد که هزینه، تولیدات، اشتغال، توان مالی و دارایی، بازار فروش، حمایتی، رقابت، سرمایه‌گذاری، درآمد و تسهیلات تبیین‌کننده ۷۰/۷۷ درصد از کل واریانس پیامدهای اقتصادی طرح بودند. عوامل مهاجرت، مطلوبیت کار، استفاده از دانش و تجربه، مشارکت، احساس تعلق به روستا، رضایت از نهادها، آگاهی، حمایت و تضاد و درگیری مجموعاً ۷۵/۵ درصد از واریانس پیامدهای اجتماعی طرح را تبیین نمودند. کیفیت محیط، الگوی روستا، تغییر در گونه‌ها، میزان مصرف تبیین‌کننده ۶۸/۸۳ درصد از واریانس کل پیامدهای زیست‌محیطی طرح بودند. نتایج حاکی از وضعیت مساعدتر گروه پذیرنده در ابعاد اقتصادی و اجتماعی و زیست‌محیطی نسبت به گروه نپذیرنده طرح بود. به‌علاوه، وضعیت اقتصادی و اجتماعی و زیست‌محیطی افراد پذیرنده طرح در زمان فعلی، مساعدتر از زمان قبل از تغییر الگوی کشت ارزیابی شد. در مجموع یافته‌ها نشان داد، تغییر الگوی کشت موجب بهبود وضعیت اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی ساکنان شده است. همچنین نتایج نشان داد، احتمال پذیرش طرح در افراد دارای میزان درآمد بیشتر، بالاتر است.

واژه‌های کلیدی: ذی‌نفعان پروژه، طرح‌های منابع طبیعی، علی-مقایسه‌ای

*- آدرس ایمیل نویسنده مسئول: ayatkarami@yu.ac.ir

مقدمه

کشاورزی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین فعالیت‌های تولیدی و اقتصادی (Nazarzadehzareh & Dorrani, 2012; Nasrnia, et al., 2022; Alizadeh et al., 2016)، منبع امرارمعاش بخش قابل توجهی از جمعیت فعال در کشورهای در حال توسعه را تأمین می‌نماید (Sharifzadeh, et al., 2023). در کشور ایران نیز کشاورزی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی، حدود ۱۱ درصد از تولید ناخالص ملی و ۲۳ درصد اشتغال را در بر گرفته است (Shahpasand & Savari, 2017). رشد بی‌رویه‌ی جمعیت در سال‌های اخیر و نیاز فزاینده به تأمین مواد غذایی، بهره‌برداری از زمین‌های حاشیه‌ای مانند اراضی شیب‌دار را رواج داده است (Sharifi et al., 2016) که در صورت بهره‌برداری غیراصولی در این اراضی (Fayi et al., 2019) فرسایش خاک نسبت به اراضی مسطح شدت بیشتری خواهد یافت (Gholizadeh, 2018). با توجه به قرارگیری بسیاری از زمین‌های مستعد کشور در کوهپایه‌ها و دامنه‌ها، توجه به بهره‌برداری اصولی در اراضی شیب‌دار ضروری است (Fayzi et al 2019).

استان کهگیلویه و بویراحمد علی‌رغم برخورداری از پتانسیل‌های بالقوه کشاورزی و تنوع آب و هوایی از درآمد چندانی در این حوزه بهره نبرده و با توجه به افزایش روزافزون جمعیت، مهاجرت روستاییان به شهرها و کمبود مواد غذایی و با در نظر گرفتن این نکته که تنها یک چهارم از مناطق استان کهگیلویه و بویراحمد را مناطق هموار تشکیل داده، اهمیت بهره‌برداری اصولی از اراضی شیب‌دار و پرداختن به الگوی کشت این نواحی محرز می‌گردد (Mohammadian, 2010). در این راستا به‌منظور پیشگیری از فرسایش خاک، از اولویت‌های وزارت جهاد کشاورزی، طرح کاربری اراضی شیب‌دار و کم بازده به باغ‌های مثمر است (Fayzi et al 2019). این طرح از مهم‌ترین راهبردهای جهاد کشاورزی برای حمایت از بهره‌برداران است. با توجه به خاک کم‌عمق و شیب بالای اراضی

و همچنین وجود فرهنگ باغداری در مناطق شیب‌دار می‌توان احداث باغ و استفاده از نزولات جوی (باغ‌های دیم) را مناسب‌ترین گزینه ممکن دانست (Sharifi et al., 2016). طرح ذکرشده با هدف صرفه‌جویی در مصرف آب و جلوگیری از فرسایش خاک در اراضی مستعد بارندگی به میزان ۳۰۰ میلی‌متر به بالا برنامه‌ریزی شده است که احداث باغ دیم در اراضی شیب‌دار مناطقی با بارندگی بیش از ۴۰۰ میلی‌متر در اولویت است. چرا که کاهش منابع آب و بارش یک واقعیت مهم و غیرقابل‌انکار در شهرستان بویراحمد محسوب شده و تأثیر کشاورزی و الگوی کشت نیز بر کمبود منابع آب مشهود است (Hosainianzadeh, 2018). با توسعه باغ‌ها در اراضی شیب‌دار میزان فرسایش خاک به حداقل می‌رسد. در این راستا شهرستان بویراحمد به‌منظور تحقق این امر، پروژه توسعه باغ‌ها در اراضی شیب‌دار را در بخش کبگیان از سال ۱۳۸۵ آغاز نموده است (Agricultural Jihad Organization of Kohgiluyeh and Boyer Ahmad province, 2023). تغییر الگوی کشت با توجه به وسعت و شدت آن می‌تواند دارای اثراتی چون شکل‌گیری روابط جدید اقتصادی و اجتماعی در جامعه‌ی جهانی، تغییر در میزان و نوع عرضه و تقاضا، افزایش یا کاهش قیمت محصولات و تغییر در میزان درآمد باشد (Pourtaheri et al., 2014). لذا به‌طور خاص بایستی اثرات اقتصادی و اجتماعی تغییر الگوی کشت را در میان کشاورزان روستایی این منطقه بررسی نمود.

بر اساس نتایج تحقیق (Kolahi & Payeste, 2020)، بدلیل عدم ارزیابی دقیق جنبه‌های اقتصادی اجرای طرح‌های منابع طبیعی، کارآمدی و بازدهی لازم از اجرای طرح‌ها در منطقه حاصل نشده و در اشتغال و یا عدم مهاجرت روستاییان بی‌تأثیر بوده است. به‌علاوه ساکنان در استفاده از منابع روستایی برای اجرای طرح‌ها، رضایت نداشته و در مجموع اکثر روستاییان از انجام دستاوردها و طرح‌ها رضایت نداشتند. ازاین‌رو اجرای این طرح‌ها بر بهبود وضعیت اقتصادی-اجتماعی روستاییان بی‌تأثیر بوده است (Madadi & maleki, 2018) به ارزیابی اثرات

اجتماعی - اقتصادی پروژه‌های منابع طبیعی اجرا شده از دید ذینفعان حوزه آبخیز اندبیل در شهرستان خلخال پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که کاهش مهاجرت، کنترل سیلاب و افزایش حجم آب‌های زیرزمینی از مهم‌ترین دست آوردهای این طرح‌ها است. طرح‌های اجرایی بر سطح اراضی (باغی، کشاورزی، دیمی) و پوشش گیاهی منطقه تأثیر مثبتی داشته و موجب افزایش تولیدات دامی شده است (Mohammadzade et al., 2015). نیز به تحلیل پیامدهای تغییر کاربری اراضی زراعی به باغی از دیدگاه باغداران غرب حوضه آبریز دریاچه ارومیه پرداختند. بر اساس نتایج، کشاورزان در ارزیابی خود بیشتر به جنبه‌های مثبت تغییر کاربری اراضی مربوط به شخص کشاورز مانند افزایش درآمد، کسب سود، کاهش حجم کاری، رفاه و ارتقای پایگاه اجتماعی توجه داشته و به میزان کمتری به جنبه‌های منفی تغییر کاربری اراضی نظیر مصرف بالای سموم و کودهای شیمیایی اشاره نموده‌اند. در پژوهشی (Wang & Macklaren, 2012) به ارزیابی اثرات اقتصادی و اجتماعی طرح تبدیل اراضی شیب‌دار در شهرستان دونهوا^۱ چین پرداختند. بر اساس نتایج به دست آمده این برنامه به‌طور کلی ناکارآمد بوده است. به این علت که در شمال چین ناهمگونی محیطی و بهره‌وری مورد توجه قرار نگرفته و بیش از نیمی از شرکت‌کنندگان وضعیت خود را پس از شرکت در طرح تبدیل اراضی شیب‌دار، بدتر عنوان نمودند. همچنین خانواده‌هایی که با کاهش درآمد مواجه شده بودند، بیش از سایرین بر تحمیلی بودن طرح تبدیل اراضی شیب‌دار توسط دولت تأکید می‌نمودند. همچنین نتایج نشان داد که طرح تبدیل اراضی شیب‌دار منجر به ایجاد اثراتی چون کاهش میزان تولید محصولات کشاورزی، کاهش درآمد خانوارها از محل کشاورزی و کاهش تعداد مشاغل غیرکشاورزی وابسته به فرآوری محصولات کشاورزی شده است.

به دلیل پیامدهای مهم تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار کم‌بازده به باغ‌های دیم، این پژوهش به شناخت

پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار کم‌بازده به باغ‌های دیم در بخش کبگیان شهرستان بویراحمد می‌پردازد تا با شناسایی این آثار سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی‌های لازم در این زمینه صورت پذیرد و از فرسایش شدید خاک و سایر عواقب بهره‌برداری غیراصولی از اراضی شیب‌دار جلوگیری گردد. این امر نه تنها موجب آگاهی مجریان، برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران طرح‌های توسعه روستایی و منابع طبیعی از پیامدها و اثرات اجرای برنامه‌ها می‌شود، بلکه موجب توصیه‌های پژوهشی می‌گردد که در حقیقت پاسخ و بازتابی به احتیاجات بهره‌برداران است.

در بخش کبگیان توپوگرافی منطقه و عدم رعایت مکانیزاسیون، موجبات عدم بازدهی کشاورزی را فراهم نموده است. آبادی‌های این بخش عمدتاً در موقعیت‌های کوهستانی و کوهستانی جنگلی استقرار یافته‌اند و رکن اصلی تأمین معیشت مردم کشاورزی است. این منطقه در سطح توسعه‌یافتگی پایین قرار داشته (Afrakhteh & Tofighian asl 2016) و با توجه به گسترش نگرانی‌ها در خصوص خشکسالی‌های پیش‌آمده (Khazaee, 2014) لزوم توجه به اثرات اجتماعی و اقتصادی تغییر الگوی کشت محرز است. طرح با همکاری اداره‌های جهاد کشاورزی، منابع طبیعی و با نظارت کارشناسان پهنه اجرا شده و زمین‌های شیب‌دار زیر کشت گندم و جو کم‌بازده به کاشت درخت‌های کم‌زحمت و زودبازده انگور و بادام اختصاص یافته است. به اقتضای شرایط در این منطقه شاهد پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی این مهم بوده‌ایم که شناخت و تحلیل آن‌ها در ادامه روند حمایت از تغییر الگوی کشت به‌عنوان راهبردی جایگزین در مقابل بازدهی اندک اراضی شیب‌دار ضروری است. ارزیابی اثرات ناشی از تغییر الگوی کشت جهت بینش بهتر به روش توسعه کشاورزی (Rajini Devi et al., 2020)، بررسی اوضاع جامعه بهره‌بردار و شناخت هنجارها و وضعیت موجود جهت تعیین راهکارهای مناسب ضروری است (Karimi et al.,

2017). لذا، هدف از این پژوهش، بررسی پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار کم بازده به باغ‌های دیم، بخش کبگیان شهرستان بویراحمد است.

روش تحقیق

در این تحقیق، با استفاده از نظر کارشناسان سازمان جهاد کشاورزی استان کهگیلویه و بویراحمد، سه روستای پذیرنده (شامل روستاهای دم‌چنار هادی‌آباد، موگر و باغ تیلکو) و سه روستای نپذیرنده (کبگیون، دروهان نقاره‌خانه و کرکرزار) طرح تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار، با تعداد ۷۷۱ بهره‌بردار انتخاب شدند و به بررسی علی-مقایسه‌ای روستاهای پذیرنده و نپذیرنده طرح در دو مقطع زمانی قبل و بعد از پروژه همت گماشته شد. با توجه به جدول نمونه‌گیری بارتلت، تعداد ۱۵۶ نفر به‌عنوان نمونه تعیین شد که ۷۲ بهره‌بردار پذیرنده و ۸۴ بهره‌بردار نپذیرنده طرح تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار را در دو دسته روستاهای فوق‌الذکر شامل می‌شدند. میانگین سنی پاسخگویان ۴۳/۴۶ سال و انحراف معیار آن ۱۱/۶۶ سال بود. حداقل سن پاسخگویان ۲۴ سال و حداکثر سن افراد ۷۵ سال بود. در پژوهش حاضر، اکثریت پاسخگویان (۱۴۳ نفر) مرد و (۱۳ نفر) زن بوده‌اند. میانگین افراد تحت سرپرستی، سه نفر با انحراف معیار دو است. میانگین مدت زمان سکونت در منطقه، حدوداً ۳۹ سال، با انحراف معیار حدود ۱۱ سال بود. از نظر وضعیت تأهل، تعداد ۱۲۹ نفر متأهل و ۲۷ نفر مجرد بودند. میانگین میزان درآمد حاصل از انجام فعالیت‌های کشاورزی قبل از اجرای تغییر الگوی کشت ۱۰۳,۰۰۰ ریال بوده که پس از تغییر الگوی کشت به ۵۰,۱۲۸,۰۰۰ ریال با میانگین نرخ تورم ۷۳ درصد مطابق آمار بانک مرکزی رسیده است. میانگین اراضی افراد پاسخ‌گو، قبل و بعد از تغییر الگوی کشت حدود پنج هکتار بوده است. رشته تحصیلی اکثر افراد مورد مطالعه، غیرکشاورزی (۱۲۶ نفر) بوده است. از نظر میزان تحصیلات، ۲۳ نفر از افراد پاسخگو (۱۴/۷۴ درصد)، بدون

تحصیلات؛ تعداد ۴۶ نفر (۲۹/۴۹ درصد) دارای تحصیلات زیر دیپلم؛ تعداد ۴۷ نفر (۳۰/۱۳ درصد) دارای تحصیلات دیپلم و تعداد ۴۰ نفر (۲۵/۶۴ درصد) دارای تحصیلات بالاتر از دیپلم بودند.

جمع‌آوری داده‌ها، با استفاده از پرسش‌نامه محقق‌ساخته بود که برای بررسی اعتبار بخش‌های مختلف آن، از روش اعتبار صوری استفاده شد. همچنین جهت آزمون پایایی در این تحقیق از ضریب آلفای کرونباخ استفاده و تعداد ۳۰ پرسش‌نامه برای رفع ایرادات احتمالی پرسش‌نامه در خارج از منطقه و نمونه مورد مطالعه توزیع شد. ضرایب آلفای کرونباخ به‌دست آمده حاکی از پایایی قابل قبول پرسش‌نامه طراحی شده بود. تجزیه و تحلیل داده‌ها، با بهره‌گیری از نرم‌افزار آماری SPSS 25 و انجام آمارهای توصیفی (فراوانی، میانگین، درصد) و استنباطی (نظیر تحلیل عاملی، رگرسیون لجستیک، آزمون تی مستقل و آزمون تی وابسته) صورت پذیرفت. به‌منظور شناسایی مهم‌ترین پیامدهای تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار کم بازده به باغ‌های دیم از تحلیل عاملی اکتشافی استفاده شد. تحلیل عاملی اکتشافی رایج‌ترین نوع عاملی است که در آن ساختار زیربنایی مجموعه نسبتاً بزرگی از متغیرها کشف می‌شود. محقق در این روش تئوری اولیه‌ای ندارد و سعی می‌کند تا از بارهای عامل برای کشف ساختار عاملی داده‌ها استفاده کند (خسروی‌زو و قاسمی، ۱۴۰۲). بدین منظور، اولین مرحله تهیه ماتریس داده‌ها است که شامل جدولی است که ستون‌های آن متغیر و سطور آن افراد مورد مطالعه است. با توجه به کثرت متغیرهای مورد مطالعه، این متغیرها بر مبنای مطالعات پیشین در سه بُعد اقتصادی (۳۸ گویه)، اجتماعی (۳۲ گویه) و زیست‌محیطی (۲۰ گویه) به تفکیک مورد بررسی قرار گرفتند. جهت تعیین مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی از شاخص کفایت حجم نمونه کایرز-میر-آلکین (KMO) و برای اطمینان بیشتر از مناسب بودن داده‌ها از آماره بارتلت استفاده گردید. معناداری آزمون بارتلت در سطح اطمینان یک درصد و مقدار مناسب KMO حاکی از همبستگی و مناسب بودن متغیرهای مورد نظر

برای انجام تحلیل عاملی است. سپس با استفاده از ملاک نگهداری عامل‌های دارای ارزش ویژه بزرگ‌تر از یک، استخراج شد (Aliyari et al., 2022). به منظور افزایش تفسیرپذیری و معناداری نظری شاخص‌ها از روش چرخش عاملی واریماکس استفاده شد. در نهایت، وجه مشترک بین متغیرها با توجه به واریانس مشترک بین آن‌ها شناسایی و بر این اساس عوامل نام‌گذاری شدند (Khosravizo & Ghasemi, 2023). در تحقیق حاضر، به منظور بررسی تعیین‌کننده‌های پذیرش طرح از رگرسیون لجستیک استفاده شد. متغیرهای مستقل شامل سن، تعداد افراد تحت سرپرستی، مدت زمان سکونت در منطقه، میزان درآمد حاصل از انجام فعالیت‌های کشاورزی، میزان کل زمین، جنس، وضعیت تأهل و رشته تحصیلی بود. از ورود هم‌زمان متغیرهای پیش‌بینی کننده به تابع رگرسیون لجستیک استفاده شد. آزمون نسبت درست‌نمایی^۱ به عنوان یکی از معیارهای نیکویی برازش مدل بکار رفت.

یافته‌ها و بحث

تحلیل عاملی پیامدهای اقتصادی تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار

شاخص کفایت حجم نمونه کیسر- مایر- آلکین که نشانگر کفایت حجم نمونه برای وجود حداقل همبستگی لازم در جهت انجام تحلیل عاملی است؛ برابر با ۰/۸۳ محاسبه شد که بیانگر آن است که داده‌ها به دلیل وجود همبستگی لازم برای انجام تحلیل عاملی با هدف تلخیص متغیرها و ایجاد ساختار عاملی جدید مناسب هستند. نتایج آزمون بارتلت در سطح خطای یک درصد معنادار است، بدین معنا که شواهد کافی در جهت رد فرضیه صفر وجود دارد و بدین ترتیب ماتریس داده‌های ناهماني

(وجود حداقل همبستگی) است؛ بنابراین، ماتریس داده‌ها برای انجام تحلیل عاملی مناسب است. با استفاده از ماتریس عاملی، عوامل مشترک و اهمیت نسبی هر متغیر معلوم شد. جدول ۱ نشانگر مقادیر ارزش ویژه شاخص‌های مورد بررسی، بعد از چرخش واریماکس است. بر اساس اطلاعات جدول ۱، تعداد ۱۰ دسته با مقادیر ویژه بالاتر از یک استخراج شدند که ۷۰/۷۷ درصد از واریانس کل عامل-ها را تبیین می‌کردند.

بر اساس یافته‌ها، مهم‌ترین پیامد اقتصادی تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار کم بازده باغ‌های دیم در بخش کبگیان شهرستان بویراحمد، هزینه است. لذا، تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار بر هزینه (به ویژه هزینه تأمین نهاده‌ها (کود، بذر، نهال و غیره)، هزینه تهیه بستر و آماده‌سازی زمین و هزینه هرس و رسیدگی به محصولات) بیش از سایر موارد اثر نهاده است. پس از هزینه، طرح بیشترین اثر را بر تولیدات نهاده است. در دسته تولیدات، گونه‌های میزان تولیدات کشاورزی و باغی در منطقه، سود حاصل از تولیدات و سطح محصولات زراعی به ترتیب از عمده‌ترین پیامدهای اقتصادی تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار هستند. اشتغال، پس از تولیدات مهم‌ترین پیامد اقتصادی تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار کم بازده باغ-های دیم در بخش کبگیان شهرستان بویراحمد است. در این دسته، متغیرهای دسترسی به نیروی کار ماهر؛ میزان اشتغال افراد درحوزه خدمات در منطقه و فراهم آمدن فرصت‌های اشتغال در بخش کشاورزی به ترتیب دارای اهمیت بیشتری می‌باشند. پس از آن، مهم‌ترین پیامد اقتصادی تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار کم بازده باغ‌های دیم به ترتیب شامل توان مالی و دارایی، بازار فروش، حمایتی، رقابت، سرمایه‌گذاری، درآمد و تسهیلات می‌باشند.

^۱ - Log likelihood

جدول ۱- بارهای عاملی مرتبط با پیامدهای اقتصادی تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار

Table 1- Factor loads related to the economic consequences of changing the cultivation pattern of sloping lands

مقدار ویژه	بار عاملی	گویه‌های هر عامل	نام‌گذاری عامل
7.48	0.85	هزینه تأمین نهاده‌ها (کود، بذر، نهال و غیره)	هزینه
	0.84	هزینه تهیه بستر و آماده‌سازی زمین	
	0.83	هزینه هرس و رسیدگی به محصولات	
	0.82	هزینه کاشت محصولات	
	0.81	هزینه بسته‌بندی محصول	
	0.80	هزینه حمل‌ونقل محصول	
	0.77	هزینه نگهداری محصولات برداشت‌شده	
	0.76	هزینه مبارزه با آفات محصولات کشت‌شده	
	0.72	هزینه آبیاری تکمیلی	
3.01	0.83	میزان تولیدات کشاورزی و باغی در منطقه	تولیدات
	0.81	سود حاصل از تولیدات	
	0.79	سطح محصولات زراعی	
	0.74	کیفیت تولیدات زراعی و باغی در منطقه	
2.92	0.74	دسترسی به نیروی کار ماهر	اشتغال
	0.73	میزان اشتغال افراد درحوزه‌ی خدمات در منطقه	
	0.68	فراهم آمدن فرصت‌های اشتغال در بخش کشاورزی	
	0.65	گرایش به مشاغل تولیدی در روستا	
	0.58	میزان اشتغال زنان در بخش کشاورزی در منطقه	
2.70	0.73	میزان قدرت خرید روستاییان	توان مالی و دارایی
	0.72	قیمت اراضی در منطقه	
	0.71	میزان توان پس‌انداز بخشی از درآمد	
	0.67	تعداد دام در منطقه	
	0.64	میزان توان خرید ادوات کشاورزی	
2.37	0.78	اطمینان از کاهش دخالت واسطه‌ها در بازار کشاورزی	بازار فروش
	0.73	اطمینان از بازار فروش محصولات تولیدی	
	0.72	مهارت‌های بازاریابی کشاورزان و باغداران	
	0.64	ورود دلالان و سلف‌خران در روستا	
2.14	0.89	پوشش بیمه‌ای محصولات	حمایتی
	0.77	خرید تضمینی محصولات	
	0.77	میزان اعطای یارانه و تسهیلات	
1.99	0.83	رقابت بر سر منابع جهت انجام فعالیت‌های کشاورزی	رقابت
	0.82	میزان نیاز به نیروی کار اجاره‌ای	
1.54	0.90	میزان سرمایه‌گذاری در خارج از روستا	سرمایه‌گذاری
	0.64	سرمایه‌گذاری روی اراضی	
1.38	0.75	میزان رضایت از درآمد حاصل از شغل	درآمد
	0.73	میزان درآمد خانوار از محل کشاورزی	
1.36	0.69	سهولت در بهره‌مندی از تسهیلات بانکی	تسهیلات
	0.46	گرایش کشاورزان برای دریافت وام‌های بانکی	

تحلیل عاملی پیامدهای اجتماعی تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار

عوامل استخراج‌شده مجموعه مورد تحلیل، همراه با مقدار ویژه، درصد واریانس و بار عاملی آن‌ها در جدول ۲ آورده شده است. پس از چرخش عاملی به روش

واریماکس، متغیرهای پیامدهای اجتماعی تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار در نُه عامل تبیین شدند. بر اساس نتایج به‌دست آمده، نخستین و مهم‌ترین پیامد اجتماعی تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار، مهاجرت نامیده شد. نتایج مطالعه نشان داد، در بین گویه‌های مهاجرت، گویه

مهاجرت موقت برای کار در شهر، مهاجرت دائمی به نقاط شهری و مهاجرت فصلی برای کار در نواحی روستایی به ترتیب از عمده‌ترین پیامدهای تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار هستند. پس از مهاجرت، عمده‌ترین پیامد اجتماعی تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار کم بازده باغ‌های دیم در بخش کبگیان شهرستان بویراحمد مربوط به مطلوبیت کار است. در عامل مطلوبیت کار، متغیرهای برنامه‌ریزی و داشتن طرح و برنامه برای انجام فعالیت‌های مختلف، احساس لذت و رضایت از انجام فعالیت‌های کشاورزی و میزان قدر و منزلت در بین سایر کشاورزان به ترتیب از عمده‌ترین پیامدهای اجتماعی تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار هستند. سومین پیامد مهم اجتماعی طرح تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار استفاده از دانش و تجربه برگزار شده از طرف نهادهای دولتی، استفاده از نظر مروجین و متخصصین کشاورزی برای انجام فعالیت‌های کشاورزی، استفاده از تجربه سایر کشاورزان برای انجام فعالیت‌های کشاورزی و کسب مهارت‌های تخصصی توسط روستاییان اثر داشته است. پس از آن، مهم‌ترین پیامدهای اجتماعی تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار کم بازده باغ‌های دیم به ترتیب شامل مشارکت، احساس تعلق به روستا، رضایت از نهادهای، آگاهی، حمایت و تضاد و درگیری است.

تحلیل عاملی پیامدهای زیست‌محیطی تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار

به منظور بررسی پیامدهای زیست‌محیطی تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار از تحلیل عاملی اکتشافی استفاده شد. محاسبات انجام‌شده حاکی از آن است که انسجام درونی داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب است ($KMO=0/81$) و آماره بارتلت ($1573/38$ =بارتلت) نیز معنادار است.

عوامل استخراج‌شده مجموعه مورد تحلیل، همراه با مقدار ویژه، درصد واریانس و بار عاملی آن‌ها در جدول

۳ آورده شده است. متغیرهای پیامدهای زیست‌محیطی تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار در چهار عامل تبیین شدند. این چهار عامل، مجموعاً $68/83$ درصد از واریانس کل پیامدهای زیست‌محیطی تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار کم بازده باغ‌های دیم منطقه را تبیین نمودند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، نخستین و مهم‌ترین پیامد زیست‌محیطی تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار، کیفیت محیط نامیده شد. در عامل کیفیت محیط، متغیرهای سروصدا و شلوغی در روستا، تغییر در شیب اراضی، تغییر در عمق کاشت، میزان وقوع سیلاب در منطقه، میزان فرسایش خاک کشاورزی، بروز آفات در باغات و مزارع منطقه، میزان کیفیت خاک و حاصلخیزی، میزان فرونشست خاک و میزان آلودگی در خاک به ترتیب از عمده‌ترین پیامدهای زیست‌محیطی تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار هستند. پس از کیفیت محیط، عمده‌ترین پیامد زیست‌محیطی تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار مربوط به آلودگی روستا است. بدین معنا که طرح، موجب ساخت‌وسازهای جدید در روستا، گسترش مکان‌های تفریحی و گردشگری در منطقه، گسترش اسکان غیررسمی و تغییر نوع و الگوی کاربری اراضی روستا شده است. همچنین، تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار در منطقه مورد مطالعه موجب تغییر در گونه‌ها (تغییر در گونه‌های گیاهی در سطح روستا، تأمین علوفه مورد نیاز دام و تغییر در گونه‌های جانوری در سطح روستا) شده است و در نهایت بر میزان مصرف (میزان مصرف کود شیمیایی جهت کشت محصولات، میزان استفاده از ادوات کشاورزی جهت عملیات خاک‌ورزی، میزان استفاده از سموم شیمیایی جهت کشت محصولات و میزان مصرف کود سبز جهت کشت محصولات) اثر نهاده است.

نتایج حاصل از آزمون t -test در جدول ۴ نشان می‌دهد که وضعیت اجتماعی در زمان فعلی نسبت به دوره قبل از تغییر الگوی کشت دچار تغییر گردیده و این تغییر هم در سطح یک درصد معنادار بوده است. همچنین در افراد پذیرنده، بین تغییرات میانگین وضعیت اقتصادی در دو مرحله قبل از تغییر الگوی کشت و زمان فعلی، تفاوت

معناداری وجود دارد. به‌طوری‌که میانگین وضعیت اقتصادی در افراد پذیرنده قبل از تغییر الگوی کشت ۱/۴۵ بوده که در زمان فعلی به ۱/۷۶ افزایش یافته است. لذا می‌توان گفت، در کل، وضعیت اقتصادی افراد مورد مطالعه در وضعیت مساعدی قرار ندارد؛ باین‌حال، ممکن است اجرای طرح اراضی تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار کم بازده به باغ‌های دیم موجب بهبود وضعیت اقتصادی افراد مورد مطالعه شده باشد. در افراد نپذیرنده نیز، بین تغییرات میانگین وضعیت اقتصادی در دو مرحله قبل از تغییر الگوی کشت و زمان فعلی، تفاوت معناداری وجود ندارد. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که وضعیت زیست‌محیطی در زمان فعلی نسبت به قبل از تغییر الگوی کشت به‌طور معناداری بهبود یافته است و میانگین وضعیت زیست‌محیطی در افراد پذیرنده قبل از تغییر الگوی کشت ۲/۹۳ بوده که در زمان فعلی به ۳/۱۱ افزایش یافته است؛ اما در افراد نپذیرنده، بین

تغییرات میانگین وضعیت زیست‌محیطی در دو مرحله قبل از تغییر الگوی کشت و زمان فعلی، تفاوت معناداری وجود ندارد؛ بنابراین، ممکن است طرح وضعیت زیست‌محیطی منطقه را بهبود بخشیده باشد. این یافته همسو با نتایج تحقیق (Madadi & Maleki, 2018) است که اثرات اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی پروژه‌های منابع طبیعی اجرا شده از دید دینفعان حوزه آبخیز اندبیل در شهرستان خلخال را مثبت ارزیابی نمودند. همچنین، همسو با یافته‌های تحقیق (Mohammadzade, 2015) مبنی بر بهبود وضعیت اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی باغداران غرب حوضه آبریز دریاچه ارومیه به‌واسطه‌ی تغییر کاربری اراضی زراعی به باغی است. اما ناهم‌سو با نتایج تحقیق در پژوهشی (Wang & Maclaren, 2012) است که طرح تبدیل اراضی شیب‌دار در شهرستان دونهوا چین را ناکارآمد دانستند.

جدول ۲- بارهای عاملی مرتبط با پیامدهای اجتماعی تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار

Table 2- Factor loads related to the social consequences of changing the cultivation pattern of sloping lands

نام‌گذاری عامل	گویه‌های هر عامل	بار عاملی	مقدار ویژه
مهاجرت	مهاجرت موقت برای کار در شهر	0.89	3.60
	مهاجرت دائمی به نقاط شهری	0.88	
	مهاجرت فصلی برای کار در نواحی روستایی	0.86	
	مهاجرت روزانه برای کار در نواحی اطراف	0.82	
مطلوبیت کار	برنامه‌ریزی و داشتن طرح و برنامه برای انجام فعالیت‌های مختلف	0.86	3.50
	احساس لذت و رضایت از انجام فعالیت‌های کشاورزی	0.83	
	میزان قدر و منزلت من در بین سایر کشاورزان	0.79	
	میزان حجم کاری جهت انجام فعالیت‌های کشاورزی و باغداری	0.79	
استفاده از دانش و تجربه	استفاده از دوره‌های آموزشی برگزار شده از طرف نهادهای دولتی	0.80	3.29
	استفاده از نظر مروجین و متخصصین کشاورزی برای انجام فعالیت‌های کشاورزی	0.77	
	استفاده از تجربه سایر کشاورزان برای انجام فعالیت‌های کشاورزی	0.73	
	کسب مهارت‌های تخصصی توسط روستاییان	0.71	
مشارکت	میزان مشارکت اعضای خانواده برای انجام فعالیت‌های کشاورزی یا باغی	0.86	3.02
	میزان مشارکت جهت حل مشکلات روستا	0.75	
	میزان مشارکت مالی برای عمران روستا	0.74	
	میزان عضویت کشاورزان و باغداران در نهادها و تشکله‌ها	0.72	
	میزان مشارکت و تبادل نظر کشاورزان و باغداران جهت حل مشکلات زراعی و باغی	0.55	
احساس تعلق به روستا	میزان انگیزه جوانان جهت اشتغال در روستا	0.85	2.72
	منحصر به فرد دانستن روستا و تفاوت آن با دیگر روستاها	0.82	
	میزان انگیزه جوانان جهت سکونت در روستا	0.78	
	احساس تعلق بیشتر کشاورز به روستا	0.76	
رضایت از نهادها	میزان رضایت از عملکرد مسئولان سازمان‌ها و ارگان‌ها	0.90	2.30
	اعتماد به قول و قرارهای نهادها در منطقه	0.77	
	دسترسی به کارشناسان و نخبگان محلی در منطقه	0.75	
آگاهی	میزان آگاهی از وضعیت بازار محصولات تولیدی	0.82	1.94
	میزان آگاهی از نحوه و میزان استفاده از کود و سم	0.77	
	میزان آگاهی از خدمات ارائه‌شده اداره کشاورزی به کشاورزان و باغداران	0.62	
حمایت	میزان سطح پوشش خدمات بیمه کشاورزی	0.85	1.91
	اطمینان از حمایت بانک‌ها از کشاورزان به‌وسیله تسهیل شرایط اخذ وام	0.78	
	میزان اطمینان کشاورزان و باغداران از حمایت جهاد کشاورزی	0.65	
تضاد و درگیری	میزان مراجعه به ریش‌سفیدان در روستا برای حل مسائل	0.95	1.87
	اعتراضات و مناقشات قومی و اجتماعی در منطقه	0.85	

جدول ۳- بارهای عاملی مرتبط با پیامدهای زیست‌محیطی تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار

Table 3- Factor loads related to the environmental consequences of changing the cultivation pattern of sloping lands

مقدار ویژه	بار عاملی	گویه‌های هر عامل	نام‌گذاری عامل
4.67	0.74	سروصدا و شلوغی در روستا	کیفیت محیط
	0.74	تغییر در شیب اراضی	
	0.74	تغییر در عمق کاشت	
	0.73	میزان وقوع سیلاب در منطقه	
	0.73	میزان فرسایش خاک کشاورزی	
	0.71	بروز آفات در باغات و مزارع منطقه	
	0.69	میزان کیفیت خاک و حاصلخیزی	
	0.68	میزان فرونشست خاک	
	0.66	میزان آلودگی در خاک	
3.85	0.85	ساخت‌وسازهای جدید در روستا	الگوی روستا
	0.85	گسترش مکان‌های تفریحی و گردشگری در منطقه	
	0.85	گسترش اسکان غیررسمی	
	0.84	تغییر نوع و الگوی کاربری اراضی روستا	
2.13	0.83	تغییر در گونه‌های گیاهی در سطح روستا	تغییر در گونه‌ها
	0.80	تأمین علوفه مورد نیاز دام	
	0.76	تغییر در گونه‌های جانوری در سطح روستا	
2.11	0.76	میزان مصرف کود شیمیایی جهت محصولات	میزان مصرف
	0.74	میزان استفاده از ادوات کشاورزی جهت عملیات خاک‌ورزی	
	0.68	میزان استفاده از سموم شیمیایی جهت محصولات	
	0.61	میزان مصرف کود سبز جهت محصولات	

جدول ۴- بررسی وضعیت اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی پاسخ‌گویان (زمان قبل و بعد از تغییر الگوی کشت)

Table 4- Investigating of the economic, social and environmental status of the respondents (Before and after the change of cultivation pattern)

گویه‌ها	میانگین*	t		سطح معناداری
		بعد	قبل	
وضعیت اجتماعی	پذیرنده	2.16	2.49	9.54
	نپذیرنده	3.05	2.69	2.94
وضعیت اقتصادی	پذیرنده	1.45	1.76	10.69
	نپذیرنده	2.63	2.68	1.79
وضعیت زیست‌محیطی	پذیرنده	2.93	3.11	5.87
	نپذیرنده	2.97	3.03	1.87

* دامنه میانگین بین یک تا پنج است

بالتر است. همچنین نتایج نشان داد در زمان قبل از تغییر الگوی کشت، بین میانگین وضعیت اجتماعی در افراد پذیرنده و نپذیرنده طرح، تفاوت معناداری وجود دارد. این نتیجه بیانگر آن است که ممکن است، تغییر الگوی کشت،

در مجموع یافته‌ها نشان داد، میانگین وضعیت اجتماعی، در زمان فعلی در افراد پذیرنده (با میانگین ۲/۴۹ و انحراف معیار ۰/۲۰) از میانگین وضعیت اجتماعی در افراد نپذیرنده طرح (با میانگین ۲/۲۰ و انحراف معیار ۰/۲۱)

وضعیت اجتماعی را بهبود بخشید. یافته‌ها مبین آن بود که میانگین وضعیت اقتصادی در زمان فعلی در افراد پذیرنده (با میانگین ۱/۷۶ و انحراف معیار ۰/۲۰) از میانگین وضعیت اقتصادی در افراد نپذیرنده طرح (با میانگین ۱/۶۹ و انحراف معیار ۰/۲۱) بیشتر است. همچنین نتایج نشان داد در زمان قبل از تغییر الگوی کشت، بین میانگین وضعیت اقتصادی تفاوت معناداری وجود دارد؛ به‌طوری‌که میانگین وضعیت اقتصادی در افراد پذیرنده (با میانگین ۱/۴۵ و انحراف معیار ۱/۸۳) از میانگین وضعیت اقتصادی در افراد نپذیرنده طرح (با میانگین ۱/۷۵ و انحراف معیار ۰/۱۶) کمتر است. این نتیجه بیانگر آن است که ممکن است، تغییر الگوی کشت، وضعیت اقتصادی را بهبود دهد. بر اساس یافته‌ها، بین میانگین وضعیت زیست‌محیطی افراد پذیرنده و نپذیرنده

طرح در زمان فعلی طرح تفاوت معناداری وجود دارد؛ به‌طوری‌که میانگین وضعیت زیست‌محیطی در زمان فعلی در افراد پذیرنده (با میانگین ۳/۱۱ و انحراف معیار ۰/۲۰) از میانگین وضعیت زیست‌محیطی در افراد نپذیرنده طرح (با میانگین ۳/۰۱ و انحراف معیار ۰/۲۴) بیشتر است. همچنین نتایج نشان داد در زمان قبل از تغییر الگوی کشت، بین میانگین وضعیت زیست‌محیطی تفاوت معناداری وجود ندارد؛ این نتیجه بیانگر آن است که ممکن است، تغییر الگوی کشت، وضعیت زیست‌محیطی را بهبود دهد. این یافته همسو با نتایج تحقیق (Sharifi et al., 2016) است که اثرات اقتصادی و زیست‌محیطی تبدیل کاربری زراعت دیم به باغ‌های بادام در منطقه دژکرد شهرستان اقلید را مثبت ارزیابی نمودند.

جدول ۵- مقایسه تغییرات میانگین وضعیت اقتصادی و اجتماعی و زیست‌محیطی ساکنان در منطقه مورد مطالعه

Table 5- Comparison of the average changes in the economic, social and environmental status of the residents in the study area

سطح معناداری	آماره t	نپذیرنده (n=۸۴)		پذیرنده (n=۷۲)			
		انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین		
	0.04	2.11	0.21	1.69	0.20	1.76	وضعیت اجتماعی
	0.001	-10.91	0.16	1.75	1.83	1.45	فعلی
	0.001	9.05	0.21	2.20	0.20	2.49	قبل
	0.001	-5.63	0.19	2.33	0.19	2.16	وضعیت اقتصادی
	0.005	2.86	0.24	3.01	0.20	3.11	فعلی
	0.23	-1.20	0.18	2.96	0.17	2.92	قبل
							وضعیت زیست‌محیطی

یافته‌های حاصل از آزمون نسبت درست‌نمایی مربوط به برازش مدل، مقدار این آماره مؤید نیکویی برازش مدل است و مقادیر آماره ضریب تعیین کاکس و نل مقدار ۰/۱۷ و ضریب تعیین نیجل کرک ۰/۲۳ نشان می‌دهد که متغیرهای مستقل توانسته‌اند بین ۰/۱۷ تا ۰/۲۳ درصد از پذیرش طرح را تبیین کنند. نتایج حاصل از ضریب تعیین پزودو^۱ نشان داد که بین ۱۷ تا ۲۳ درصد از واریانس متغیر وابسته توسط متغیرهای مورد نظر تبیین می‌شود. همان‌طور که نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد، با توجه به اعداد ستون Exp(B)، متغیر تأهل بیشترین تأثیر را با ضریب ۳/۸۷ دارد. پس از آن، متغیر درآمد، احتمال پذیرش طرح را به مقدار ۱/۶۵ برابر افزایش می‌دهد. این یافته همسو با نتایج تحقیق

(Fayzi et al., 2019) است که در بررسی عوامل اقتصادی، اجتماعی و فنی- زیست‌محیطی مؤثر بر تغییر کاربری اراضی شیب‌دار مناطق روستایی منطقه‌ی هزار جریب استان مازندران عنوان نمودند متغیر میزان درآمد بر میزان تغییر کاربری زراعی به باغی کشاورزان مؤثر بوده است. همچنین همسو با یافته‌های تحقیق (Gholizadeh Moghaddam et al., 2018) است که در بررسی عوامل مؤثر بر پذیرش باغ‌کاری در اراضی شیب‌دار شهرستان‌های مینودشت و گالیکش استان گلستان اذعان نمودند، درآمد را از مهم‌ترین متغیرهای تبیین‌کننده پذیرش باغ‌کاری در اراضی شیب‌دار عنوان نمودند.

^۱ -Peseudo R-Square

جدول ۶- نتایج رگرسیون لجستیک چند متغیره پذیرش الگوی کشت جدید

Table 6- Results of multivariate logistic regression acceptance of new cultivation pattern

متغیرها	ضریب رگرسیون (B)	خطای استاندارد (S.E)	آماره والد (Wald)	معناداری (p)	نسبت بخت (Exp)
سن	0.02	0.03	0.94	0.33	1.03
تعداد افراد تحت سرپرستی (نفر)	0.20	0.16	1.47	0.23	1.22
مدت زمان سکونت در منطقه (سال)	-0.02	0.02	0.44	0.51	0.98
میزان درآمد حاصل از انجام فعالیت‌های کشاورزی	0.50	0.19	6.65	0.01	1.65
میزان کل زمین	0.10	0.10	1.05	0.30	1.10
جنس	-0.09	0.69	0.02	0.89	.91
وضعیت تأهل	1.35	0.62	4.81	0.03	3.87
رشته تحصیلی	0.36	0.47	0.59	0.44	1.43
ضریب ثابت	-4.73	1.20	15.50	0.001	0.01

جدول ۷، درصد صحت گروه‌بندی را نشان می‌دهد. بر اساس یافته‌ها، ۷۵ درصد از افراد نپذیرنده (۶۳ نفر) و ۵۹/۷ درصد از افراد پذیرنده (۴۳ نفر)؛ به درستی تفکیک شده‌اند. در مجموع، بر اساس یافته‌ها، دقت طبقه‌بندی مدل

رگرسیونی برآورد شده ۶۷/۹ درصد است؛ به عبارتی، این مدل می‌تواند حدود ۶۷/۹ درصد از افراد را به درستی در دو گروه پذیرنده و نپذیرنده طرح تفکیک کند.

جدول ۷- عملکرد پیش‌بینی مدل رگرسیون لجستیک

Table 7- Predictive performance of logistic regression model

مشاهدات	پیش‌بینی		دقت طبقه‌بندی
	نپذیرنده	پذیرنده	
نپذیرنده	63	21	75.0 درصد
پذیرنده	29	43	59.7 درصد
کل (درصد)	75.0 درصد	59.7 درصد	67.9 درصد

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بهره‌برداری غیراصولی از زمین‌های حاشیه‌ای مانند اراضی شیب‌دار، در پاسخ به رشد بی‌رویه جمعیت و نیاز به تأمین مواد غذایی، زمین‌های مستعد کشور در کوهپایه‌ها و دامنه‌ها را با فرسایش شدید خاک مواجه نموده است. لذا اهمیت بهره‌برداری اصولی از اراضی شیب‌دار و توجه به تغییر الگوی کشت این اراضی و اثرات آن محرز است. با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر، تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار کم بازده به باغ‌های دیم در بخش کبگیان شهرستان بویراحمد، پیامدهای اقتصادی به دنبال داشته که به ترتیب شامل افزایش هزینه، تولیدات، اشتغال، توان مالی و دارایی، بازار فروش، حمایتی، رقابت، سرمایه‌گذاری، درآمد و تسهیلات است. لذا تغییر الگوی کشت با وجود تحمیل هزینه بر بهره‌برداران، به واسطه افزایش در

میزان تولیدات باغی، نیاز به نیروی کار و افزایش فرصت‌های شغلی، بازار مناسب و کسب درآمد می‌تواند به افزایش توانمندی مالی و دارایی‌های کشاورزان کمک کند. جهت کاهش هزینه‌های اجرای طرح می‌توان از طریق ترویج و آموزش بهره‌گیری از سامانه‌های آبیاری نوین نظیر آبیاری قطره‌ای، استفاده از آفت‌کش‌های طبیعی و حشرات جهت مبارزه با آفات و کاربرد کودهای آلی اقدام نمود. همچنین، بازدیدهای استانی و خارج از استانی بهره‌برداران از سایر مناطقی که در رابطه با باغات دیم تجربه بیشتری دارند، به چاره‌جویی کاهش هزینه‌ها کمک می‌کند. این بخش از نتایج تحقیق با یافته‌های حاصل از پژوهش (Maleki et al., 2019) که به بررسی اثرات طرح‌های منابع طبیعی و آبخیزداری حوزه قره شیران شهرستان نیر استان اردبیل پرداخته و به درآمدزایی، افزایش تولید و هزینه محصولات باغی در نتیجه اجرای طرح اشاره نمودند، هم‌راستا است.

اقتصادی- اجتماعی و زیست‌محیطی روستاییان تأثیرگذار بوده است. همچنین نتایج آزمون لجستیک نشان داد، احتمال پذیرش طرح در افراد دارای میزان درآمد بیشتر، بالاتر است. لذا با توجه به وضعیت درآمدی ساکنان و اتخاذ سازوکارهایی برای بهبود آن (نظیر اعطای اعتبارات)، می‌توان احتمال پذیرش طرح را در ساکنان افزایش داد.

با توجه به نتایج تحقیق، پیشنهادها زیر ارائه می‌شود:

توصیه می‌شود جهت کاهش هزینه‌های ایجادشده پس از تغییر الگوی کشت، از قبیل هزینه‌های حمل‌ونقل و انبارداری محصولات، با در نظر گرفتن راهبردهای مناسب، به توسعه صنایع فرآوری محصولات باغی در قطب‌های تولید منطقه، نوسازی صنایع فرآوری و تجهیز به فناوری‌های مناسب پرداخت. همچنین می‌توان نیروی انسانی شاغل در بخش صنایع باغی را جهت تهیه بستر و هرس مناسب آموزش داد تا هزینه‌های تغییر الگوی کشت کاهش یابد.

توصیه می‌گردد از طریق کارگاه‌های آموزشی، بازدیدهای میدانی و باغ‌های نمایشی، ایجاد شبکه و ارتباطات بین بهره‌برداران، زمینه ارتقاء مهارت‌های کشاورزان، ترغیب باغداران به ادامه فعالیت‌ها و پذیرش سایر بهره‌برداران را فراهم نمود تا بتوان از این طریق به ادامه روند کاهش مهاجرت در منطقه کمک کرد.

با توجه به کاهش میزان سیلاب در نتیجه‌ی اجرای طرح، می‌توان با پهنه‌بندی نقاط سیل‌خیز، مناطق مستعد وقوع سیلاب را مشخص نمود و اقدامات ترویجی را برای پذیرش طرح در بین کشاورزان این مناطق به‌طور ویژه در دستور کار قرار داد. همچنین با توجه به تغییر الگوی روستا از جمله گسترش مکان‌های تفریحی و گردشگری در منطقه، رایزنی جهت توسعه مناطق گردشگری و تفریحی با توجه به شرایط منطقه و ایجاد غرفه‌های عرضه محصولات دیم در مکان‌های گردشگری توصیه می‌گردد.

همچنین با یافته‌های پژوهش (Nosrati et al., 2022) و (Mohamadzadeh et al., 2015) همسو است. لیکن با نتایج حاصل از تحقیق (Wang & Macklaren, 2012) که در ارزیابی اثرات اقتصادی و اجتماعی طرح تبدیل اراضی شیب‌دار در شهرستان دونهوا چین به کاهش درآمد و اشتغال ناشی از اجرای طرح اشاره نموده‌اند، هم‌راستا نیست. مطابق با نتایج حاصل از تحقیق، کاهش مهاجرت، افزایش مطلوبیت کار، استفاده از دانش و تجربه، مشارکت، احساس تعلق به روستا، رضایت از نهادها، آگاهی، حمایت، تضاد و درگیری به ترتیب از پیامدهای اجتماعی اجرای طرح بوده‌اند. لذا تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار کم‌بازده به باغ‌های دیم اثرات مثبت قابل توجهی را بر جوامع محلی و کشاورزان بر جای نهاده، لیکن برخی تضادها و درگیری‌ها نیز در اثر اجرای این طرح به وجود آمده است. در این راستا برای رفع تعارضات بین بهره‌برداران باغ‌های دیم و منابع طبیعی می‌توان از طریق کاشت سایر درختان دیم مانند زرشک، جهت حصار و حفاظ باغ اقدام نمود. این یافته با نتایج تحقیق سجاسی قیداری و بهروز (Sojasi & Behrooz, 2017) که در تحقیق خود به بررسی تغییرات حاصل از تغییر الگوی کشت محصول زعفران در میان روستاییان دهستان زبرخان در استان خراسان رضوی پرداختند، همسو است. این در حالی است که با نتایج تحقیق (Kolahi M, Payeste, 2020) که به بررسی اثرات طرح-های منابع طبیعی بر مسائل اجتماعی- اقتصادی روستاییان حوضه آبخیز چاه‌نوروز پرداخته و اجرای طرح را بر رضایت ساکنان و عدم مهاجرت روستاییان بی‌تأثیر دانسته‌اند، هم‌جهت نیست. همچنین مطابق با یافته‌ها، کیفیت محیط، الگوی روستا، تغییر در گونه‌ها، میزان مصرف از پیامدهای زیست‌محیطی اجرای طرح بودند که این یافته با نتایج حاصل از تحقیق (Madadi Maleki, 2018) که به بررسی اثرات پروژه‌های منابع طبیعی اجراشده در حوزه آبخیز اندبیل- شهرستان خلخال پرداخته‌اند، همسو است. در مجموع طرح تغییر الگوی کشت اراضی شیب‌دار کم‌بازده به باغ‌های دیم در بخش کبگیان بر بهبود وضعیت

تشکر و قدردانی

بویراحمد در گروه توسعه روستایی دانشگاه یاسوج است

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد با موضوع بررسی پیامدهای تغییر الگوی کشت اراضی شیب-

دار کم بازده به باغ‌های دیم در بخش کبگیان شهرستان

مسئله مورد تأیید نویسندگان مقاله است.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافی وجود ندارد و این

References

1. Afrakhteh, H. and Tofighian asl. S, 2016. Spatial Analysis of Rural Development in the City of Boyer-Ahmad. *Rural Development Strategies*, 3(2), pp.193-214. (InPersian) <https://doi.org/10.22048/rdsj.2016.38652>.
2. Agricultural Jihad Organization of Kohgiluyeh and Boyer Ahmad province, 2023. <https://kb.maj.ir/>.
3. Aliyari, N., Karami, A., and Sharifzadeh, M., 2022. Effects of tourism on subjective dimensions of quality of life: The case of tourist destination villages of Marvdasht County. *International Journal of Agricultural Management and Development*, 12(1), pp.43-62. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.21595852.2021.11.4.7.5>.
4. Alizadeh. L., shayan, H. and ghasemi, M., 2016. An analysis of the effects of socio-economic pistachio planting in central district of Sabzevar. *Jouranl of Jeography and Regional Developent*. 14(1), pp.185-206. (InPersian) <https://doi.org/10.22067/geography.v14i1.40905>.
5. Central Bank of the Islamic Republic of Iran., 2022. https://www.cbi.ir/Inflation/Inflation_FA.aspx
6. Fayzi, B., Keramatzadeh, A., Shirani Bidabadi, F. and Rezaie., A., 2019. Factors affecting the change in the use of sloped land in rural areas. Case: Hajar Jarib area of Mazandaran province. *Space Economy and Rural Development*, 8(2) pp.239-258. (InPersian) URL: <http://serd.khu.ac.ir/article-1-3326-fa.html>.
7. Gholizadeh Moghaddam, M.T., Abedi Sarvestani, A. and Mahboobi, M.R., 2018. Factors influencing adoption of gardening in sloping Lands: A case of minoodasht and Galikesh Counties in Golestan Province. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 49(2), pp.251-262. (InPersian) <https://doi.org/10.22059/ijaedr.2017.122981.667982>.
8. Hosainianzadeh, K., 2018. Investigating virtual water indicators of major garden products in Boyer Ahmad County, Master's Thesis, Department of Water Resources Engineering, Faculty of Agriculture, Malayer University. 1-96. (InPersian)
9. Karimi, K. Karami Dehkordi, E. and Aghajanlu, K., 2017. Assessing the impacts of natural resources management projects on rural households' social capital in the Mahneshan Township. *Journal af Range and Watershed Managemen*, 70(2), pp.479-494. (InPersian) <https://doi.org/10.22059/jrwm.2017.122969.863>.
10. Khazae, K., Shahrivar, A., Najafi, S. and Vafakhah, M., 2014. Study of social and economic meteorological drought index (Case study: KohgiloyehVa Boyerahmad Province). *Extension and Development of Watershed Management*, 3(9), pp.47-54. (InPersian)
11. Khosravizo, A. and Ghasemi, M., 2023. Vulnerability of rural tourism businesses in Covid-19 crisis (Case study: Kalat-e Naderi County, Khorasan Razavi Province). *Sustainable Development of Geographical Environment*, 5(8), pp.189-205. (InPersian) DOI: 10.48308/SDGE.2023.103841.
12. Kolahi M, Payeste M. (2020). Impacts of natural resource projects on socioeconomic issues of villagers at chahnouroz watershed. *Journal of Watershed Management Ressearch*, 11(21), pp.154-164. (InPersian) <http://jwmr.sanru.ac.ir/article-1-981-fa.html>.

13. Madadi E, Maleki M., 2018. Socio-economic impact assessment of the implemented natural resource projects from the Stakeholders perspectives (Case Study: Watershed Andabil- Khalkhal City). *Rangeland*, 12(3). pp 267-280. (InPersian)
<http://rangelandsrm.ir/article-1-642-fa.html>.
14. Maleki, M., Dehghani Bidgoli, R. and Ghane Moghadam, R., 2019. Investigating the effects of natural resources and watershed management plans implemented with the participation of field operators in rural development (Case study: Gharehbiran Basin of the Nir city of Ardebil Province), *Rural Development Strategies*, 5(3) pp.347-362. (InPersian)
<https://doi.org/10.22048/rdsj.2019.128171.1726>.
15. Mohammadian, P., 2010. The effect of changing the cultivation pattern on farmers' income (A case study of the introduction of rapeseed in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Provinces). Master's thesis. Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Marvdasht Branch. (InPersian)
16. Mohammadzade, Sh., Sedighi, H., Pezeshkiran, Gh., Makhdom, M. and Sharifi Kia, M. 2015. Analyzing the impacts of changing agronomic land use to orchard from the viewpoint of orchardist in the west of Urmia lake basin. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 45(4), pp.775-785. (InPersian)
<https://doi.org/10.22059/ijaedr.2014.53850>.
17. Nasrnia, F., Roshan Cheraghian, P. and Ashktorab, N., 2022. Investigating the role of agricultural activities on environmental degradation based on ecological footprint in selected Countries of Mena, *Strategic Research in Agricultural Sciences and Natural Resources*. 7(1), pp.79-92. (InPersian)
<https://doi.org/10.22047/srjasnr.2022.147433>.
18. Nazarzadehzareh, M. and Dorrani. K., 2012. Study obstacles and problems of agriculture extension training courses from extension workers points of view participating in the extension training courses Dezful County. *Procedia- Social and Behavioral Sciences*, 46, pp. 5707 – 5713.
19. Nosrati, M., Barghi, H. and Ghanbari, Y., 2022. Changing the cultivation pattern and its effect on the structure of stable economy (Case study: rural areas of Gilan Province), *Geography and Environmental Sustainability*, 12(2), pp.109-125. (InPersian)
<https://doi.org/10.22126/ges.2022.7432.2498>.
20. Nosrati, M., Barghi, H. and Ghanbari, Y., 2023, Investigating the effects of changing the cultivation pattern from rice to kiwi in the development of rural areas, a case study of Guilan Province (rural households' perspective). *Human Geography Research*, 55(1) pp127-145.
<https://doi.org/10.22059/jhgr.2022.322345.1008285>. (InPersian)
21. Pourtaheri, M., Eftekhari, R. and Savadimalidare., 2014. Social and economic consequences of changing cultivation pattern and its role on rural development, case study: changing cultivation pattern of rice to citrus in Balatajan County of Mazandaran Province. *Geography and Development*, 12(35), pp. 217-232. (InPersian)
<https://doi.org/10.22111/gdij.2014.1564>.
22. Rajini Devi, A.D., Uma Reddy, R., Madavi, B., Ravi, P., and Sadvi. P., 2020. Dynamics of cropping pattern in Karimnagar District of Telangana – A markov chain approach. *Asian Journal of Agricultural Extension, Economics and Sociology*, 37(4), pp. 1-5.
<https://doi.org/10.9734/ajaees/2019/v37i430281>.
23. Shahpasand, M. and Savari, M., 2017. Barriers to sustainable management of agricultural water resources for educating the farmers in the rural regions (Study in the Qeshlaq dam Area in Kurdistan Province), *Environmental Education and Sustainable Development*, 5(3). pp. 87-99. (InPersian)
<https://dorl.net/dor/20.1001.1.23223057.1396.5.3.6.9>.
24. Sharifi, S. Mohamadzade, F. Karimian, A. and Mirghaderi, S.H., 2016. Economic evaluation of converting non- irrigation farms to amygdalus gardens and its impact on soil properties (Case study: Dezhkord Village, Eqlid District), *Journal of Range and Watershed Management*, 69(2), pp. 411-425. (InPersian)

- <https://doi.org/10.22059/jrwm.2016.61692>.**
25. Sharifzadeh, M., Aliyari, V. and Gholami Kaloos, A. 2023. Investigating the impacts of drought on rural households of Kakan District in Boyerahmad County, *Iran Agricultural Extension and Education Journal*, 18, PP. 73-87. (InPersian)
https://www.iaeej.ir/article_169884.html.
26. Shrestha, N. 2021. Factor analysis as a tool for survey analysis. *American Journal of Applied Mathematics and Statistics*, 9(1), pp. 4-11. **DOI: 10.12691/ajams-9-1-2.**
27. Sojasi Qidari, H., and Behrooz, Z., 2017. Analysis of the effects of change in cropping pattern due to drought on saffron production in rural areas of the Zebarkhan district villages. *Rural Development Strategies*, 4(1), pp.40-59. (InPersian)
<https://doi.org/10.22048/rdsj.2017.37086.1463>.
28. Wang, C. and V. Maclaren. 2012. Evaluation of economic and social impacts of the sloping land conversion program: A case study in Dunhua County, China. *Forest Policy and Economics*, 14(1), pp.50-57. **<https://doi.org/10.1016/j.forpol.2011.06.002>.**

بررسی تغییر پوشش / کاربری اراضی استان تهران با استفاده از داده‌های سنجش از دور

پژمان رودگرمی*

بخش تحقیقات آبخیزداری و بهره‌وری آب و خاک، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی تهران، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی،

ایران. roudgarmi@yahoo.com

دریافت: آذر ۱۴۰۲ و پذیرش: تیر ۱۴۰۳

چکیده

تشخیص تغییرات کاربری و پوشش اراضی برای مدیریت و برنامه‌ریزی بهینه منابع طبیعی و بخش کشاورزی مهم است و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای یک فناوری مناسب برای به هنگام نمودن نقشه‌های پوشش و کاربری اراضی است. هدف این مطالعه، تعیین میزان و نوع تغییرات کاربری و پوشش اراضی در استان تهران با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای طی دو دهه گذشته است و برای بررسی این تغییرات در سال ۲۰۰۰ میلادی (۱۳۷۹ خورشیدی) از تصاویر سنجنده ماهواره لندست-۷ و برای سال ۲۰۲۱ میلادی (۱۴۰۰ خورشیدی) از تصاویر سنجنده ماهواره سنتینل-۲ استفاده گردید. پردازش‌های لازم بر روی تصاویر و داده‌های سنجش از دور در نرم‌افزارهای تحلیل مکانی انجام شد و اطلاعات مورد نیاز به‌دست آمد. مساحت اراضی منابع طبیعی و کشاورزی در سال ۲۰۰۰ (۱۳۷۹ خورشیدی) به ترتیب برابر با ۱۰۵۰۱۵۵ و ۱۷۴۱۱۵ هکتار و در سال ۲۰۲۱ (۱۴۰۰ خورشیدی) برابر با ۹۴۶۲۰۰ و ۱۷۰۸۰۰ هکتار برآورد شد. مساحت اراضی منابع طبیعی استان طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ میلادی به میزان ۱۰۳۹۵۵ هکتار در سطح استان کاهش یافته است. در کل بین دو سال ذکر شده به‌میزان ۳۳۱۵ هکتار از مساحت اراضی کشاورزی استان کاسته شده است و همچنین بر اساس نتایج تحقیق حدود ۳۹۰۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی به کاربری ساخته شده تغییر یافته و این وضعیت بدین دلیل است که در این مدت حدود ۳۶۰۰۰ هکتار اراضی منابع طبیعی استان به کشاورزی تغییر کاربری یافته و کاهش بیشتر اراضی کشاورزی را ظاهراً جبران کرده است. در استان بر مساحت اراضی ساخته شده حدود ۱۰۷۱۲۹ هکتار افزوده شده است. از جمله پیشنهادها برای حفظ اراضی کشاورزی و طبیعی، راه اندازی سیستم پایش و مراقبت کاربری و پوشش اراضی با استفاده از قابلیت‌های سنجش از دور و خودداری از تقسیم و کوچک‌تر کردن استان تهران است.

واژه‌های کلیدی: کشاورزی، پوشش گیاهی، ماهواره، لندست، سنتینل-۲

*- آدرس ایمیل نویسنده مسئول: roudgarmi@yahoo.com

نوع مقاله: پژوهشی



مقدمه

یکی از راه‌های ایجاد تعادل میان جمعیت و تولید مواد غذایی برای رفع نیازهای فزاینده جوامع بشری، اولویت دادن به گسترش فعالیت‌های کشاورزی از طریق افزایش تولیدات این بخش با در نظر گرفتن ملاحظات توسعه پایدار است. در همین راستا، تغییر پوشش و کاربری جنگل‌ها و مراتع و اراضی کشاورزی به یکی از نگرانی‌های قابل توجه در سطح دنیا در زمینه تخریب محیط‌زیست و تولیدات و امنیت غذایی تبدیل شده است. تغییر کاربری اراضی را شاید بتوان مهم‌ترین و اضطراری‌ترین چالش منابع خاک کشور به‌ویژه اراضی حاصلخیز کشاورزی دانست که دارای پیامدهای منفی اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و امنیتی است (Asadi, et al., 2022). روند تغییر کاربری اراضی به مسکونی در دهه‌های اخیر به دلیل توسعه بیشتر شهرها و فرهنگ شهرنشینی، رشد جمعیت و نیاز به مسکن، محدودیت اراضی قابل سکونت برای تملک، ارزش افزوده زمین با تغییر کاربری، رشد چشم‌گیرتری داشته است.

در سطح کشور شواهد و موارد گوناگونی بر تغییر پوشش/کاربری اراضی کشاورزی و منابع طبیعی وجود دارد از این جمله (Taheri, et al. (2018 بر اساس تحقیق خود اظهار می‌کنند که در دهه‌های اخیر تغییرات سریع کاربری اراضی و پوشش زمین در شهر گردشگری شاندیز که در ۱۵ کیلومتری غرب کلانشهر مشهد قرار دارد با پیامدهای مهمی مانند تخریب منابع طبیعی، آلودگی‌های محیط زیستی و رشد نامناسب شهر همراه بوده است. (Khalaji (2021 عنوان می‌دارد که در سطح کشور بیش‌ترین تغییر کاربری صورت گرفته در اراضی شهرها، مرتبط با تبدیل کاربری زمین‌های کشاورزی به کاربری‌های شهری است. (Mohammad sharifi, et al. (2020 بر اساس تحقیقی در شهرستان دزفول عنوان کرده‌اند که متغیرهای سن، بُعد خانوار و مساحت اراضی، دارای تأثیر معنی‌دار و مثبت و متغیرهای تعداد افراد شاغل خانواده در بخش کشاورزی، فاصله اراضی تا مرکز شهر، اجاره بهای زمین،

نگرش کشاورزان نسبت به حفظ کاربری اراضی کشاورزی، داشتن شغل اصلی کشاورزی و مرغوبیت و حاصلخیزی اراضی، دارای تأثیر معنی‌دار و منفی بر تغییر کاربری اراضی کشاورزی می‌باشند. (Farzin and Khazai (2021 بر اساس نتایج تحقیق خود در محدوده شهر یاسوج عنوان داشته‌اند که مساحت مرتع و جنگل در بین سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۹۸ به ترتیب از ۲۲۰۸۷ به ۱۲۳۸۱ و از ۱۶۰۹۵ به ۱۵۳۳۲ هکتار کاهش یافته است. Roudgarmi and Amozadeh (2019 مشکلات و کاستی‌های قوانین و مقررات در کشور را از عوامل تصرف و تغییر کاربری اراضی جنگلی عنوان کرده‌اند.

یکی از مبانی مدیریت منابع ذکر شده، اطلاعات مربوط به تغییرات پوشش و کاربری اراضی است و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به‌عنوان روشی مناسب برای این کار مطرح است. در طی سال‌های گذشته علاوه بر پیشرفت قابل ملاحظه در خصوصیات کمی و کیفی تصاویر ماهواره‌ای، پیشرفت‌های زیادی در فنون و روش‌های تحلیل و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای به‌ویژه برای تعیین پوشش و کاربری اراضی صورت گرفته است. تحقیقی با هدف طبقه‌بندی پوشش اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک فیوژن با رویکرد پردازش شی‌گرای تصاویر در حوضه آبخیز قزل‌اوزن انجام شده است (Khezri Ahmedabad and Soleimani, 2017) و پیشنهاد شده برای تهیه نقشه‌های پوشش/کاربری اراضی و آشکارسازی تغییرات، از تکنیک افزایش قدرت تفکیک مکانی تصاویر (فیوژن) و همچنین روش دقیق طبقه‌بندی شی‌گرا استفاده شود. همچنین، بر اساس مطالعات عنوان شده است که برای تولید نقشه‌های طبقه‌بندی کاربری و پوشش زمین، اغلب از روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده استفاده می‌شود (YU et al., 2019).

ذکر این نکته مهم است که واژه‌های کاربری اراضی و پوشش اراضی اغلب به جای یکدیگر استفاده می‌شوند، اما هر واژه معنای منحصر به فرد خود را دارد. پوشش اراضی به پوشش سطح روی زمین مانند پوشش گیاهی، شهری، آب، خاک لخت و غیره اشاره دارد. شناسایی پوشش

روش‌شناسی تحقیق

روش تحقیق در این پروژه از نوع توصیفی بوده و تغییرات کاربری و پوشش کشاورزی و منابع طبیعی (پوشش طبیعی) در استان تهران در طی دو دهه گذشته با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تعیین گردید. اراضی منابع طبیعی شامل جنگل، مرتع و اراضی با پوشش گیاهی محدود و فاقد پوشش گیاهی و اراضی کشاورزی مشتمل بر زراعت، باغ و گلخانه در نظر گرفته شدند. همچنین کاربری و پوشش عرصه‌های ساخته شده مشتمل بر شهرها و روستاها، ساختمان‌ها، سد و دریاچه آن، جاده‌ها، شهرک‌ها و مناطق صنعتی و غیره در نظر گرفته شد.

مراحل اجرا

از تصاویر سنجنده لندست-۷ (Landsat-7) برای سال ۲۰۰۰ و از تصاویر سنجنده ماهواره سنتینل-۲ (Sentinel-2) برای سال ۲۰۲۱ در تحقیق استفاده شد و پردازش‌های لازم بر روی آن‌ها در نرم‌افزارهای سنجنش از دور انجام گردید و داده‌های مورد نیاز به دست آمد.

در این تحقیق از چهار فریم تصاویر ماهواره لندست-۷ که کل محدوده استان تهران را پوشش می‌دهد، استفاده شد که شماره شناسایی این چهار فریم عبارت از ۳۵-۱۶۴، ۳۵-۱۶۵، ۳۶-۱۶۴ و ۳۵-۱۶۳ است. تصاویر ماهواره لندست-۷ از سایت EarthExplorer متعلق به سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده استخراج شد. تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ از وبسایت کوپرنیکوس متعلق به آژانس فضایی اروپا به رایگان تهیه شد.

پردازش تصاویر ماهواره‌ای

تصحیحات تصاویر ماهواره‌ای: برای تصحیح هندسی تصاویر مورد نظر در تحقیق از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و اطلاعات مکانی اصلاح شده استفاده شد. در این مرحله تصاویر زمین مرجع شدند و یک سیستم مختصات واحد برای آن‌ها تعریف شد. بیضوی مرجع WGS-84 با سیستم مختصات UTM برای تصاویر در نظر

اراضی اطلاعات پایه را برای فعالیت‌هایی مانند تهیه نقشه موضوعی و تشخیص تغییرات ایجاد می‌کند. کاربری اراضی به هدفی که از سرزمین استفاده می‌شود مربوط است، به‌عنوان مثال، کاربری کشاورزی یا تفریحی (Nedd et al., 2021). وقتی این دو واژه با هم و یا به‌صورت پوشش/کاربری اراضی استفاده می‌شوند به گروه‌بندی یا طبقه‌بندی اجزای طبیعی و فعالیت‌های انسانی در سرزمین در یک دوره زمانی خاص اشاره دارند. در این مطالعه در نظر است که نحوه تغییرات کاربری و پوشش اراضی منابع طبیعی و کشاورزی در استان تهران در طی دو دهه گذشته در جهت مدیریت بهینه این منابع مشخص شود. به این ترتیب، اطلاعات مناسبی برای مدیریت این منابع و امنیت غذایی منطقه به دست می‌آید. هدف مطالعه، مشخص کردن تغییرات پوشش و کاربری منابع طبیعی و کشاورزی در طی دو دهه گذشته و تعیین تغییرات آن‌ها از کاربری به کاربری دیگر در استان تهران است.

مواد و روش‌ها

منطقه اجرای پروژه تحقیقاتی استان تهران بود. استان تهران به مرکزیت شهر تهران، با وسعتی حدود ۱۳۸۳۵۰۶ هکتار بین ۳۴ تا ۳۶/۵ درجه عرض شمالی و ۵۰ تا ۵۳ درجه طول شرقی واقع شده است. جمعیت این استان طبق برآورد سال ۱۴۰۲ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان تهران ۱۴۲۸۷۰۰۰ است (Management and Planning Organization of Tehran, 2023). از نظر خصوصیات طبیعی، استان دارای ۱۵۵۰ گونه گیاهی است (۵۱۰ جنس و ۸۹ خانواده) و همچنین ۴۰۰ گونه دارویی و ۱۹۲ گونه انحصاری، کمیاب و در معرض خطر تهدید را دارا است. مساحت جنگل‌های استان ۵۹۳۰۰ هکتار و بیش‌ترین تمرکز جنگل‌های طبیعی و دست‌کاشت در شهرستان‌های تهران، شمیران و فیروزکوه است. گونه‌های غالب درختی و درختچه‌ای در اراضی جنگلی شامل گونه‌های ارزشمند ارس، بادام، بنه و گونه‌های همراه شامل شیرخشت، توس، داغداغان و غیره است (Tehran Department of Environment, 2023).

گرفته شد. برای اصلاح هندسی تصاویر ماهواره از نقاط کنترلی استفاده گردید تا رسیدن میزان خطای $RMSD^1$ به مقدار کمتر از نیم پیکسل اصلاح هندسی ادامه یافت. همچنین، تصحیحات لازم رادیومتری با الگوریتم‌های موجود در نرم‌افزار ترست-۲۱۸ بر روی تصاویر ماهواره‌ای انجام شد.

بارسازی تصاویر: به مجموعه فعالیت‌ها برای استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای بارسازی گفته می‌شود. برای رفع نیاز روزافزون به تصاویر با کیفیت بالاتر، روش‌های بارسازی تصویر که کنتراست و اطلاعات لبه تصویر ورودی را بهبود می‌بخشد، روی تصاویر ورودی خام اعمال می‌شود (Kaplan, et al., 2021). در این تحقیق از استرچ و ترکیب بانندی استفاده شد. ترکیب بانندی تهیه شد که پوشش گیاهی را در اراضی کشاورزی و منابع طبیعی بارز و مشخص کند و به این منظور، از باندهای مادون قرمز نزدیک و قرمز ماهواره‌های لندست-۷ و سنتینل-۲ در ترکیب بانندی استفاده گردید. چرا که در این دو طیف، بیش‌ترین و کم‌ترین بازتابش امواج الکترومغناطیسی را از پوشش گیاهی داریم و با ترکیب آن‌ها وجود و مرز پوشش‌های گیاهی به‌خوبی مشخص می‌شود (Parcak, 2009). ترکیب بانندی RGB-432 به‌عنوان یک ترکیب بانندی استاندارد برای تعیین پوشش و کاربری اراضی مطرح است (Liu and Mason, 2016; Agnoletti, 2006) که در آن پوشش گیاهی با رنگ قرمز از سایر پوشش‌ها تفکیک می‌شود. در این تحقیق، برای تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ از ترکیب بانندی ۲-۳-۴ (۴): مادون قرمز نزدیک، ۳: قرمز و ۲: سبز) و در تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ از ترکیب بانندی ۳-۴-۸ (۸): مادون قرمز نزدیک، ۴: قرمز و ۳: سبز) استفاده شد.

طبقه‌بندی تصاویر: برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای بارسازی شده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و با استفاده از نمونه‌های تعلیمی استفاده شد، همچنین از روش بصری برای تشخیص، طبقه‌بندی تصاویر و

تصحیحات لازم به‌صورت توأمان استفاده گردید. با طبقه‌بندی تصاویر، ابعاد و مساحت پوشش و کاربری عرصه‌های منابع طبیعی، کشاورزی و ساخته شده مشخص شد. همچنین از فیلتر اکثریت^۳ برای حذف پیکسل‌های منفرد در نقشه نهایی پوشش و کاربری اراضی یک‌بار استفاده شد. از الگوریتم حداکثر احتمال برای طبقه‌بندی تصاویر استفاده گردید چرا که در بسیاری از تحقیقات نتایج مناسبی را ارائه داده است (Schubert, 2015). طبقه‌بندی تصاویر در نرم‌افزار ILWIS 3.7 انجام پذیرفت.

تعیین مرز محدوده مطالعاتی: مرز محدوده مطالعاتی

در این پروژه مرز استان تهران در سال ۱۳۹۹ بود که برای این کار آخرین نقشه محدوده استان تهران از سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان تهران اخذ شد و سپس رقومی شده و مرز آن در تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. بدین ترتیب، تمامی تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده با این مرز برای تعیین محدوده استان تهران بریده شدند.

تعیین میزان دقت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای:

برای اطمینان از صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای اقدام به ارزیابی دقت طبقه‌بندی می‌شود. به این منظور از دستورالعمل سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استفاده شد (Organization of management and planning of the country, 2006) و از روش ماتریس خطا برای تعیین درصد صحت و اطمینان طبقه‌بندی استفاده گردید. بر اساس این روش برای هر فریم تصویر ماهواره‌ای حداقل ۳۰ نقطه نمونه‌برداری نیاز است.

تعداد ۱۸۵ نقطه کنترلی به‌صورت تصادفی برای پوشش و کاربری‌های مورد نظر تحقیق انتخاب شد (شکل ۱). روش انتخاب نقاط کنترل، سیستماتیک تصادفی بود تا تمامی محدوده استان پوشش داده شود. سپس به‌صورت میدانی و در گوگل ارث پوشش و کاربری واقعی و میدانی نقاط کنترلی به‌دست آمد. بر اساس داده‌های میدانی، ماتریس تداخل یا خطا تهیه شد و درصد صحت و اطمینان عملیات طبقه‌بندی محاسبه گردید. در این روش، حداقل

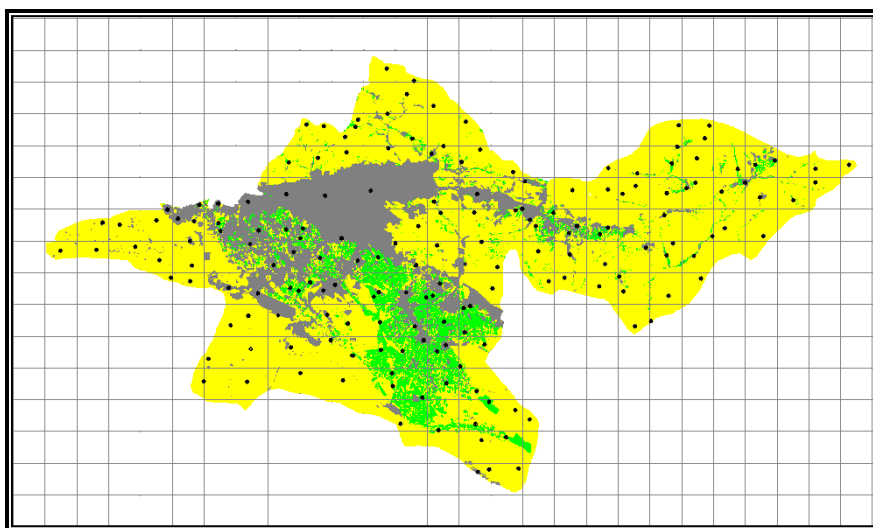
³- Majority

¹- Root-Mean-Square Deviation

²- TerrSet-18

استفاده شده مطابق تصاویر جدید باشد، میزان صحت به دست آمده برای تصاویر ماهواره‌ای روز برای تصاویر سال‌های گذشته قابل استفاده است (Congalton and Green, 2009). این موارد و روش‌های تفسیر یکسان برای تصاویر ماهواره‌ای سال ۲۰۰۰ و ۲۰۲۱ در این تحقیق مد نظر قرار داشت و به آن عمل شد.

درصد صحت مورد قبول برای نتایج طبقه‌بندی ۸۰ درصد است. برای تصاویر و داده‌های ماهواره‌ای سال‌های گذشته که برای آن‌ها داده‌های به‌روز و میدانی در دست نیست، از مطابقت طبقه‌بندی انجام‌شده با وضعیت مکانی محیط استفاده شد (Organization of management and planning of the country, 2006). همچنین برای تصاویر ماهواره‌ای سال‌های گذشته در صورتی که روش‌های



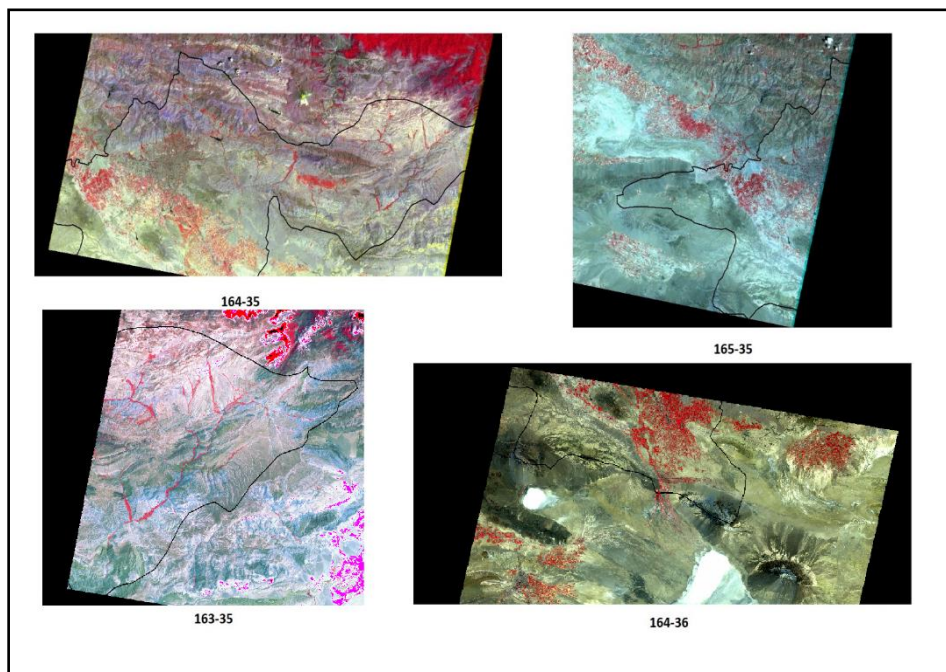
شکل ۱- پراکنش نقاط کنترل برای بررسی دقت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در سطح استان
Figure 1- Distribution of control points to check the classification accuracy of satellite images in the province

نتایج

ترکیب باندی در تصاویر ماهواره‌ای لندست-۷: از ترکیب باندی RGB-432 تصاویر ماهواره لندست ۷ سال ۲۰۰۰ میلادی به عنوان یک ترکیب باندی استاندارد برای طبقه‌بندی پوشش و کاربری اراضی و بارزسازی تصاویر استفاده شد. شکل ۲ تصاویر ماهواره لندست سال ۲۰۰۰ در ارتباط با استان تهران را نشان می‌دهد. در ترکیب باندی تصاویر ماهواره‌ای، پوشش و کاربری‌ها رنگ کاذب یا مجازی داشته و پوشش گیاهی به خوبی با رنگ قرمز از سایر پوشش‌ها تفکیک شده است.

آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی: لایه‌های اطلاعاتی کاربری و پوشش اراضی (منابع طبیعی، کشاورزی و ساخته شده) تهیه شده از تصاویر ماهواره‌ای در هر دو تاریخ با استفاده از تابع Resample بر اساس ویژگی پیکسل‌ها و سیستم مختصات یکسان شدند و سپس با استفاده از روش تلاقی^۴ لایه‌های کاربری و پوشش اراضی در هر دو تاریخ (۲۰۰۰ و ۲۰۲۱) در هم تداخل داده شدند تا تغییرات کاربری در تصاویر ماهواره‌ای بر اساس جدول تلاقی حاصله مشخص شود.

^۴-Cross

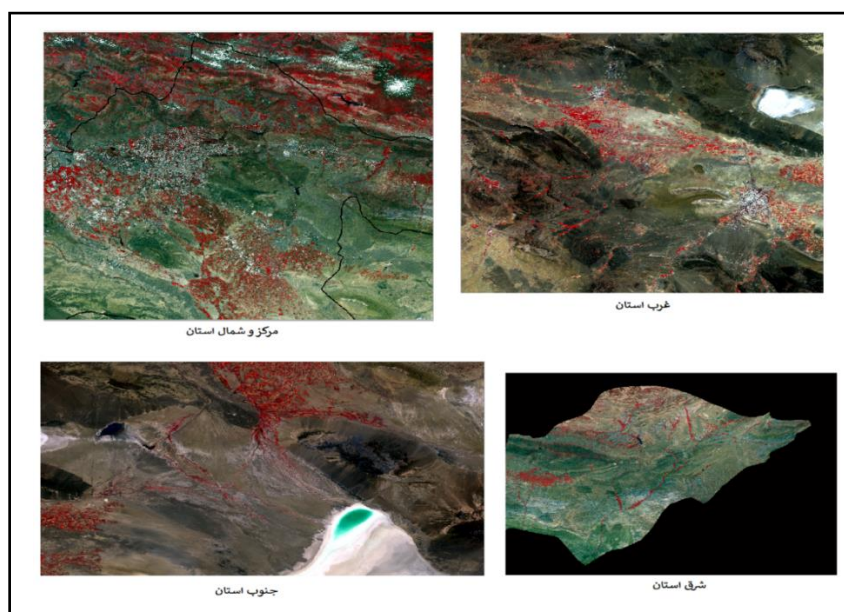


شکل ۲- تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده لندست-۷ با ترکیب رنگی مجازی برای طبقه‌بندی پوشش و کاربری‌های مختلف در سال ۲۰۰۰ (۱۳۷۹ خورشیدی)

Figure 2- Landsat 7 satellite images based on virtual color combination for classification of different covers and uses in 2000

سنجینل-۲ در سال ۲۰۲۱ میلادی در ارتباط با استان تهران را نشان می‌دهد. در ترکیب باندی تصاویر ماهواره‌ای رنگ کاذب یا مجازی وجود دارد و پوشش گیاهی به خوبی با رنگ قرمز از سایر پوشش‌ها تفکیک شده است.

ترکیب باندی در تصاویر ماهواره‌ای سنجینل-۲: ترکیب باندی ۳-۴-۸ برای تصاویر ماهواره سنجینل-۲ با رزولوشن مکانی ۱۰ متر برای بارزسازی تصاویر استفاده شد. شکل شماره ۳ ترکیب باندی بر روی فریم‌های ماهواره



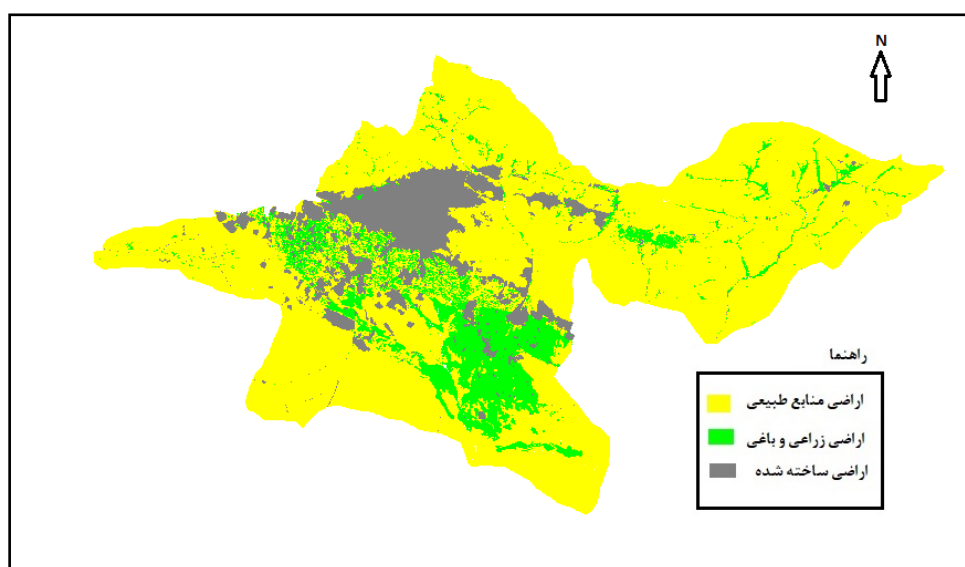
شکل ۳- تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده سنجینل-۲ با ترکیب رنگی مجازی برای طبقه‌بندی پوشش و کاربری‌های مختلف در سال ۲۰۲۱ میلادی (۱۴۰۰ خورشیدی)

Figure 3- Sentinel-2 satellite images based on virtual color combination for classification of different covers and uses in 2021

کشاورزی و منابع طبیعی از تصاویر لندست ETM+ استفاده شد. در این ماه فعالیت‌های زراعی و کشاورزی در حال انجام است و پوشش گیاهی زراعی و باغی مشخص است. بر اساس اقدامات انجام شده، نقشه اراضی ساخته شده، کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران در سال ۲۰۰۰ به شرح شکل ۴ است.

با روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده و تفسیر چشمی، کاربری و پوشش اراضی کشاورزی، منابع طبیعی و ساخته‌شده در سطح استان تعیین گردید. سپس سه طبقه تعیین‌شده در تصاویر ماهواره با هم یکی شده و نقشه کلی استان تهیه شد.

نقشه کاربری اراضی کشاورزی و پوشش منابع طبیعی سال ۲۰۰۰: برای تهیه نقشه پراکنش اراضی

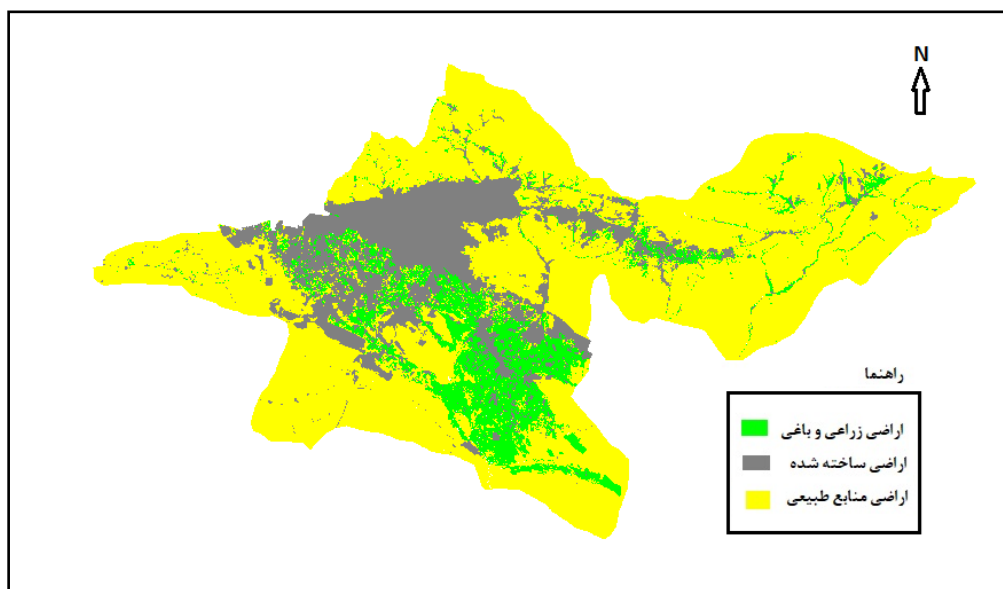


شکل ۴- پراکنش مکانی پوشش و کاربری‌های به‌دست آمده در سطح استان تهران در سال ۲۰۰۰ میلادی (۱۳۷۹ خورشیدی)
Figure 4- Spatial distribution of coverage and uses obtained in Tehran province (2000)

باغی مشخص است. بر اساس اقدامات انجام شده نقشه اراضی ساخته‌شده، کشاورزی و منابع طبیعی در سال ۲۰۲۱ به شرح شکل شماره ۵ است. مساحت پوشش و کاربری اراضی منابع طبیعی، کشاورزی و ساخته‌شده استان تهران در سال ۲۰۲۱ بر اساس عملیات طبقه‌بندی انجام‌شده به ترتیب در حدود ۹۴۶۲۰۰، ۱۷۰۸۰۰ و ۲۶۵۵۰۶ هکتار برآورد شد. کنترل دقت نتیجه طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای بر اساس روش ماتریس خطا در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

مساحت پوشش و کاربری اراضی منابع طبیعی، کشاورزی و ساخته‌شده استان تهران در سال ۲۰۰۰ بر اساس عملیات طبقه‌بندی انجام شده به‌ترتیب در حدود ۱۵۸۳۷۷ و ۱۷۴۱۱۵ و ۱۰۵۰۱۵۵ هکتار برآورد شد.

نقشه کاربری اراضی کشاورزی و پوشش منابع طبیعی سال ۲۰۲۱: برای تهیه نقشه پراکنش اراضی کشاورزی و منابع طبیعی از تصاویر ماهواره سنتینل-۲ در ماه ژوئن استفاده شد. در این ماه فعالیت‌های زراعی و کشاورزی در حال انجام است و پوشش گیاهی زراعی و



شکل ۵- پراکنش مکانی پوشش و کاربری‌های بدست آمده در سطح استان تهران (سال ۲۰۲۱ میلادی)
Figure 5- Spatial distribution of coverage and uses obtained in Tehran province (2021)

جدول ۱- نتایج ماتریس خطا برای کنترل دقت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره سال ۲۰۲۱

Table 1- The results of the confusion matrix of the classification accuracy control of satellite images in 2021

درصد صحت	مجموع	پوشش و کاربری طبقه‌بندی شده (نقاط)				
		اراضی کشاورزی	اراضی ساخته شده	اراضی منابع طبیعی		
85	95	5	9	81	اراضی منابع طبیعی	پوشش و کاربری مشاهده شده میدانی (نقاط)
97	33	0	32	1	اراضی ساخته شده	
88	57	50	5	2	اراضی کشاورزی	
	185	55	46	84		مجموع
		91	70	96		درصد اطمینان

۲۰۲۱ بر اساس طبقه‌بندی‌های ذکر شده بر تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد. مساحت اراضی منابع طبیعی طی ۲۱ سال ۱۰۳۹۵۵ هکتار در سطح استان کاهش یافته است. همچنین طی همین مدت ۳۳۱۵ هکتار از مساحت کل اراضی کشاورزی استان کاسته شده است و ۱۰۷۱۲۹ هکتار بر اراضی ساخته شده افزوده شده است.

شکل شماره ۶ موقعیت مکانی تغییرات کاربری اراضی کشاورزی و پوشش منابع طبیعی را در سطح استان تهران در مدت زمان تحقیق نشان می‌دهد، همچنین جدول شماره ۳ میزان این تغییرات را ارائه می‌دهد

میانگین درصد صحت و درصد اطمینان نقشه کاربری و پوشش تهیه شده به ترتیب ۹۰ و ۸۵/۶۷ است. دقت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با توجه به ماهیت و رزولوشن تصاویر ماهواره‌ای، گستردگی منطقه مطالعاتی و انواع خطاها قابل قبول است.

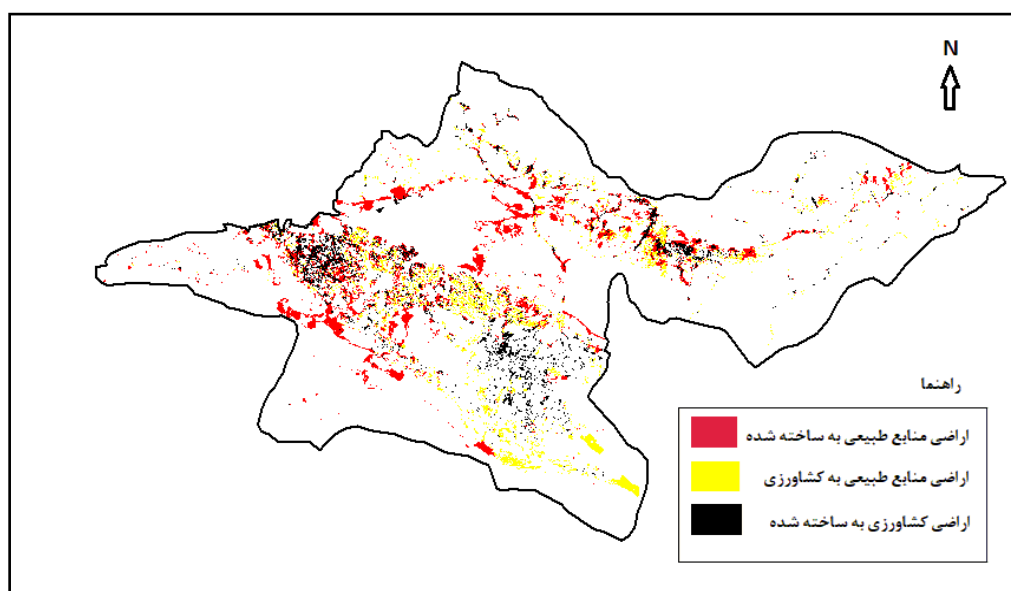
تغییرات پوشش و کاربری اراضی

جدول ۲ میزان تغییرات کاربری اراضی کشاورزی و پوشش منابع طبیعی را طی سال‌های ۲۰۰۰ تا

جدول ۲- مقادیر برآوردی تغییرات کاربری و پوشش اراضی در سطح استان و در مدت زمان تحقیق

Table 2- The amount of land cover/use changes in the province and during the research period

ردیف	پوشش و کاربری اراضی	مساحت کاربری در سال ۲۰۰۰ (هکتار)	مساحت کاربری در سال ۲۰۲۱ (هکتار)	میزان تغییر کاربری (هکتار)	میزان متوسط تغییر سالانه (هکتار)	میزان تغییر کاربری (درصد)
1	اراضی منابع طبیعی	1050155	946200	-103955	4950.2	9.9
2	اراضی کشاورزی	174115	170800	-3315	157.9	2
3	اراضی ساخت شده	158377	265506	+107129	5101.4	40.3



شکل ۶- پراکنش تغییرات کاربری و پوشش اراضی کشاورزی و منابع طبیعی در سطح استان و در مدت زمان تحقیق

Figure 6- Distribution of agricultural and natural cover lands at the province and during the research period

جدول ۳- برآورد تغییر کاربری اراضی کشاورزی و پوشش منابع طبیعی بین سالهای ۲۰۰۰ (۱۳۷۹) تا ۲۰۲۱ (۱۴۰۰)

Table 3- The rate of change in agricultural use and natural resource coverage between 2000 and 2021

ردیف	تغییر کاربری و پوشش	میزان تغییر کاربری و پوشش (هکتار)
1	کشاورزی به ساخته شده	39138
2	منابع طبیعی به کشاورزی	35980
3	منابع طبیعی به ساخته شده	67975

بحث

یکی از شیوه‌های حفاظت و نگهداری زمین‌های

زراعی و باغ‌ها، جلوگیری از تغییر کاربری آن‌ها است. تغییر کاربری در آیین‌نامه اجرایی قانون اصلاح قانون حفظ کاربری اراضی زراعی و باغ‌ها مصوب ۸۶/۳/۲ این‌گونه تعریف شده است: هرگونه اقدامی که مانع از بهره‌برداری و استمرار کشاورزی در اراضی زراعی و باغ‌ها شود. با بررسی مطالعات تغییر کاربری و پوشش اراضی در ایران،

با مرور منابع و تحقیقات گذشته در کشور، مشخص می‌شود کمتر تحقیقی تا بیش از یک میلیون هکتار تغییرات کاربری و پوشش اراضی و در حد یک استان را بررسی کرده است. از این لحاظ مطالعه حاضر زمان‌بر و پیچیده بود.

به‌طورکلی کاهش سطح اراضی جنگل و مرتع و افزایش کاربری اراضی ساخته شده مشخص است. در این رابطه، Salehi, et al. (2019) بر اساس تحقیقی در حوضه آبخیز صفارود در مازندران در فاصله زمانی سال‌های ۲۰۱۴-۱۹۸۶ عنوان داشته‌اند که وسعت اراضی جنگلی به میزان ۱۰/۲۶ درصد کاهش و مساحت مناطق مسکونی ۳/۲۷ درصد افزایش یافته است، Falahatkar, et al. (2016) بر اساس تحقیقی در منطقه دیلمان استان گیلان کاهش ۱۲/۲۳ درصدی اراضی جنگلی و رشد ۷۵/۷۷ درصدی اراضی مسکونی را عنوان کرده‌اند و تحقیق Fathizad, et al. (2014) در منطقه دوبرج استان ایلام حاکی از کاهش وسعت پوشش جنگلی و مراتع متوسط حوضه (به ترتیب ۹/۲ و ۷/۱۷ درصد) و روند افزایشی اراضی مسکونی (۴۰ درصد) بوده است. Momeni et al. (2007) بر اساس تحقیقی در سطح ملی اعلام کرده‌اند تغییر بی‌رویه کاربری اراضی در حواشی کلان شهرهای ایران روی داده است و در دوره زمانی سال ۱۳۳۴ تا ۱۳۸۰ به‌طور متوسط هر سال بیش از ۲۹۵۰ هکتار از اراضی کشاورزی موجود در حواشی کلان شهرهای ایران به مناطق شهری و صنعتی تبدیل شده‌اند و فقط در اثر گسترش افقی هفت کلان‌شهر کشور شامل تهران، اصفهان، کرج، مشهد، اهواز، شیراز و تبریز، بالغ بر ۱۱۸ هزار هکتار از اراضی مرغوب کشاورزی تغییر کاربری یافته به‌طور غیرقابل برگشت از چرخه تولید خارج شده‌اند. همان‌طور که در نتایج این تحقیق قابل مشاهده است تغییر کاربری و پوشش اراضی استان تهران به اشکال مختلف انجام می‌گیرد. در طی ۲۱ سال از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ میلادی، ۱۰۳۹۵۵ هکتار از پوشش طبیعی استان کاهش یافته است، یعنی نرخ تغییر پوشش اراضی منابع طبیعی طی مدت تحقق سالانه به‌طور متوسط ۴۹۵۰/۲ هکتار بوده است. در کل بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ به‌میزان ۳۳۱۵ هکتار از مساحت اراضی کشاورزی استان کاسته شده است و همچنین بر اساس نتایج تحقیق حدود ۳۹۰۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی به کاربری ساخته شده تغییر یافته و این وضعیت بدین دلیل است که در این مدت

حدود ۳۶۰۰۰ هکتار اراضی منابع طبیعی به کشاورزی تغییر کاربری یافته و کاهش بیشتر اراضی کشاورزی را ظاهراً جبران کرده است. مساحت کاربری اراضی ساخته شده به میزان ۱۰۷۱۲۹ هکتار بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ میلادی در سطح استان افزایش یافته است، این مقدار زیاد عمدتاً به دلیل رشد جمعیت و تقاضا برای ساخت‌وساز است. طبق نتایج سرشماری‌های عمومی نفوس مسکن، جمعیت شهر تهران از سال ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۵ حدود ۵/۷ برابر شده است (Fathi, 2018).

استان تهران به‌عنوان یک منطقه با تمرکز جمعیتی و اجتماعی-اقتصادی بالا تغییرات کاربری اراضی بسیار زیادی را دارا است. بر اساس نتایج این تحقیق، رشد کاربری اراضی ساخته‌شده در استان بالا است و تغییر پوشش اراضی طبیعی به اراضی ساخته‌شده روی می‌دهد. البته بحث نحوه استفاده از اراضی و تخصیص آن در منطقه‌ای چون استان تهران بسیار پیچیده است و علت اصلی آن جمعیت بالا و تمرکز زیاد جمعیتی در شهر تهران و حومه آن است. این مسئله بیانگر این است که در زمینه توزیع جمعیت در کشور و برنامه‌ریزی‌های لازم ضعیف عمل شده است. باید در نظر داشت این جمعیت بسیار زیاد در شهر تهران و استان نیازمند اراضی برای انواع احتیاجات خود از قبیل ایجاد مسکن، توسعه صنعتی و کشاورزی، اشتغال، امور خدماتی، مکان‌های آموزشی و غیره هستند و این موارد نیاز است تأمین شود. این موارد چالش‌های است که تمرکز زیاد جمعیت در تهران و حومه آن در زمینه مدیریت و اداره اراضی ایجاد کرده است. این رشد بالای جمعیت در این منطقه و بوجود آمدن نیازهای مختلف به اراضی و منابع طبیعی با حفاظت و حفظ منابع طبیعی در تضاد است و تقاضا برای تغییر کاربری اراضی را بالا می‌برد. همچنین بخش زیادی از اراضی استان در نواحی کوهستانی با شیب زیاد قرار دارد (رشته کوه‌های البرز) که برای اغلب کاربری‌ها مناسب نیست.

پیشنهادهای

پیشنهادهایی که برای حفظ و مدیریت صحیح اراضی کشاورزی و منابع طبیعی می‌توان ارائه داد به شرح زیر است: رعایت قوانین و مقررات حفظ کاربری اراضی توسط کلیه دستگاه‌های دولتی، عمومی (شهرداری‌ها) و بخش خصوصی، راه‌اندازی سیستم پایش کاربری و پوشش اراضی با استفاده از قابلیت‌های سنجش از دور، برنامه‌ریزی و اداره صحیح برای استفاده از اراضی در استان، اجرا و تکمیل طرح کاداستر ملی اراضی و صدور سند رسمی برای همه اراضی، رفع مشکلات و کمبودهای موجود در قوانین و مقررات اراضی از جنبه‌های مختلف، برنامه‌ریزی و اقدام

برای تمرکززدایی از شهر تهران، کنترل رشد جمعیت در تهران، از تقسیم و کوچک‌تر کردن استان تهران خودداری شود و با توجه به وجود ماهیت برنامه‌های توسعه‌ای و عمرانی کشور در قالب استانی در صورت امکان مساحت و محدوده استان برای رفع نیازهای گوناگون به اراضی گسترش یابد.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافعی وجود ندارد و این مسئله مورد تأیید نویسنده مقاله است.

Reference

1. Agnoletti, M. 2006. The Conservation of Cultural Landscapes, CABI, Wallingford.
2. Asadi, H., Basharti, H. and Gorji, M., 2022. Challenges and Limitations of Soil and Land Resources in Iran. *Land Management Journal*, 10(1), 111-134.
doi:10.22092/lmj.2022.358760.309
3. Congalton, R. G. and Green, K., 2009, Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices, CRC Press, Boca Raton.
4. Falahatkar, S., Hosseini, M., Salman Mahini, A. and Ayoubi S., 2016. Prediction of land use changes using LCM model, *Environmental Research*, 7(13), 163-174.
DOR: 20.1001.1.20089597.1395.7.13.22.7
5. Farzin, M. and Khazai M. 2021. Monitoring, forecasting and analysis of forty-year change process of land cover/use around Yasouj city. *Iranian journal of Forest*, 12(4), 525-539.
doi: 10.22034/ijf.2021.127800
6. Fathi, A., 2018. The trend of population changes in Tehran: from the past to the future, *Analytical-Research Bimonthly of Statistics*, 6(1), 32-35.
7. Fathizad, H., Karimi, H., Tazeh, M. and Tavakoli, M., 2014. Prediction of land use change and land cover using satellite data and Markov chain model (case study: Doveraj basin, Ilam province), *Desert Management Journal*, 7(13), pp.163-174.
doi: 10.22034/jdmal.2014.17062
8. Liu, J.G. and Mason P.J. 2016. Image Processing and GIS for Remote Sensing: Techniques and Applications, John Wiley & Sons, Oxford.
9. Kaplan, N. H. Erer, I. and Kumlu, D., 2021. Image Enhancement Methods for Remote Sensing: A Survey. In (Ed.), Recent Remote Sensing Sensor Applications: Satellites and Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) [Working Title]. IntechOpen.
doi:10.5772/intechopen.98527
10. Khalaji, S., 2021. Effects of land use change on land use planning. *Journal of Place and Space Research*, 5(3), 18-5. **DOR: 20.1001.1.25386050.1400.1400.19.1.2**
11. Khezri Ahmedabad, M. and Soleimani, K., 2017. The use of satellite images to prepare the land use map of QezlOzen watershed using fusion technique and object-oriented processing, *Application of geographic information system and remote sensing in planning*, 8 (3), 13-21.
12. Management and Planning Organization of Tehran. 2023. Tehran Province Statistical Information System [Online]. Available at <https://amar.thmporg.ir> [verified 20 Mar. 2024], Tehran.

13. Mohammad Sharifi, M., Haiati, B., Pishbahar, A. and Dashti, G., 2020. Factors affecting agricultural land use change in Dezful city. *Journal of Agricultural Economics Research*, 12(1), 25-44. **DOR: 20.1001.1.20086407.1399.12.45.2.2**
14. Momeni, A., Faraj Nia, A., Taherzadeh, M. and Jamshidi, M., 2007. Investigating the geographical dimensions and production potential of agricultural lands changed in use due to the unplanned development of Iran's megacities. *Geographical Research*, 3, 36-3.
15. Nedd, R. Light, K. Owens, M. James, N. Johnson, E. and Anandhi, A., 2021. A Synthesis of Land Use/Land Cover Studies: Definitions, Classification Systems, Meta-Studies, Challenges and Knowledge Gaps on a Global Landscape. *Land*, 10(9), 994. **doi:10.3390/land10090994**
16. Organization of management and planning of the country, 2006. Rules and guidelines for digital processing of ETM+ satellite images in the extraction of land use and land cover studies of plains organization, Organization of management and planning of the country, Tehran.
17. Parcak, S. H. 2009. Satellite Remote Sensing for Archaeology, Routledge, Oxon.
18. Roudgarmi, P. and Amozadeh Mehdirji, M.T., 2019. Challenges and problems of the country's laws and regulations in preserving forests and pastures. *Iranian journal of Forest*, 11(1), 43-59.
19. Schubert, G., 2015. Treatise on Geophysics, Elsevier Science, Amsterdam.
20. Salehi, N., Ekhtesasi, M. R. and Talebi A., 2019. Predicting locational trend of land use changes using CA-Markov model (Case study: SafarodRamsar watershed), *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 10(34), 106-120.
21. Taheri, F., Rahnama, M.R., Khwarazmi, A. A. and Khakpour B., 2018. The Analysis and Prediction of Land Use Changes Using Multi-Temporal Satellite Data in Shandiz City (Between 2000-2015), *Geography and Development Iranian Journal*, 16(50), 127-142. **doi:10.22111/gdij.2018.3563**
22. Tehran Department of Environment. 2023. Environmental Features of the Province [Online]. Available at <https://tehran.doe.ir/portal/home/195955/>. [Verified 20 Mar. 2024]. Tehran.
23. Yu, Z., et al., 2019, selection of Landsat 8 OLI Band Combinations for Land Use and Land Cover Classification, 8th International Conference on Agro-Geoinformatics (Agro-Geoinformatics), Istanbul, Turkey.

مروری بر مطالعات ارزیابی اقتصادی تخریب سرزمین در جهان بر اساس الگوی تحلیل

هزینه - فایده

علی اکبر دماوندی*

استادیار موسسه آموزش و ترویج کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

damavandi58@gmail.com

دریافت: اردیبهشت ۱۴۰۱ و پذیرش: تیر ۱۴۰۳

چکیده

سرزمین، بستر حیات بشر و از مؤلفه‌های مهم توسعه پایدار اقتصادی به‌شمار رفته و به‌عنوان یک منبع بنیادین برای تولیدات غذایی، حفاظت از تنوع زیستی، عملکرد سامانه‌های منابع آب و ترسیب کربن در نظر گرفته می‌شود. مدیریت مناسب سرزمین می‌تواند از این منابع ارزشمند محافظت کرده و خدمات آن به جوامع انسانی را به حداکثر برساند. بیابان‌زایی، تخریب سرزمین و خشک‌سالی به‌ویژه در مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه مرطوب، رو به تشدید است. عوامل طبیعی و انسانی متعددی در تشدید این فرایند مؤثر هستند. این عوامل به‌طور پیچیده‌ای با یکدیگر در ارتباط بوده و نیز همپوشانی داشته و لذا برای مدیریت پایدار سرزمین ضروری هستند. در این ارتباط، شناسایی اثرات اقتصادی بیابان‌زایی، تخریب سرزمین و خشک‌سالی و معرفی روش‌های مناسب برای ارزیابی پیامدهای آن‌ها بر جوامع انسانی تحت تأثیر، از اقدامات پایه‌ای است. این ارزیابی اقتصادی، نقش بسزایی در سیاست‌گذاری‌های کلان مدیریت پایدار سرزمین و دستیابی به توسعه پایدار داشته و می‌تواند به‌عنوان یک مرجع و مبنا برای کلیه مجریان مرتبط با مدیریت کاربری سرزمین مورد استفاده قرار گیرد. در این مقاله روش تجزیه و تحلیل هزینه - فایده به‌عنوان مبنایی برای ارزیابی اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته و روش‌های تحلیل اقتصادی مبتنی بر آن توصیه شده است. درواقع تلاش در جهت توقف تخریب سرزمین در سطح جهانی، نیازمند ارزیابی تحلیل مناسب اقتصادی است.

واژه‌های کلیدی: بیابان‌زایی، خشک و نیمه‌خشک، مدیریت پایدار سرزمین، توسعه پایدار

* - آدرس ایمیل نویسنده مسئول: damavandi58@gmail.com

نوع مقاله: مروری



مقدمه

سرزمین، بستر حیات بشر و از مؤلفه‌های مهم در توسعه پایدار اقتصادی بشمار رفته و به‌عنوان یک منبع بنیادین برای تولید مواد غذایی، حفاظت از تنوع زیستی، عملکرد سامانه‌های منابع آب و ترسیب کربن در نظر گرفته می‌شود (Braun et al, 2012). مدیریت مناسب سرزمین می‌تواند از این منابع ارزشمند محافظت کرده و خدمات آن به جوامع انسانی را به حداکثر برساند. در مقابل، بیابان‌زایی، تخریب سرزمین و خشک‌سالی^۱ (DLDD) در طی قرن بیستم و بیست و یکم به‌ویژه در مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه مرطوب، رو به تشدید است. عوامل بیوفیزیکی و انسانی متعددی در تشدید این فرایند مؤثر هستند. این عوامل به‌طور پیچیده‌ای با یکدیگر در ارتباط بوده و همپوشانی دارند. برای مهار DLDD عوامل اصلی آن می‌بایست شناسایی شده و ساختارهای لازم برای مدیریت پایدار سرزمین طراحی شوند. در این ارتباط شناسایی اثرات اقتصادی DLDD و معرفی روش‌های مناسب برای ارزیابی پیامدهای تخریب سرزمین بر جوامع انسانی تحت تأثیر، از اقدامات بنیادین است. اگرچه گزارش‌های متعددی در ارتباط با ارزش‌گذاری کالاها و خدمات اکوسیستم در بسیاری از کشورها از جمله ایران تدوین شده و ارزیابی‌های اقتصادی - زیست‌محیطی توسط نهادهای مختلف دانشگاهی تحقیقاتی و اجرایی صورت گرفته است، ولی موضوع ارزیابی اقتصادی تخریب سرزمین و بیابان‌زایی، موضوع نسبتاً نوپایی است که تاکنون کمتر بدان توجه شده است. در عین حال این موضوع اخیراً مورد توجه جدی مجامع جهانی مرتبط مانند کنوانسیون مقابله با بیابان‌زایی قرار گرفته و بر این اساس برنامه‌های گسترده‌ای برای ظرفیت‌سازی جهت استقرار یک نظام جامع ارزیابی اقتصادی تخریب سرزمین در سطح ملی پیشنهاد گردیده است. ارزیابی اقتصادی تخریب سرزمین، نقش بسزایی در سیاست‌گذاری‌های کلان مدیریت پایدار

سرزمین و دستیابی به توسعه پایدار داشته و می‌تواند به‌عنوان یک مرجع و مبنا برای کلیه مجریان مرتبط با مدیریت کاربری سرزمین مورد استفاده قرار گیرد.

در این مقاله روش تجزیه و تحلیل هزینه - فایده^۲ (CBA) به‌عنوان مبنایی برای ارزیابی اقتصادی تخریب سرزمین مورد بررسی قرار گرفته و روش‌های تحلیل اقتصادی مبتنی بر آن توصیه شده است. این روش‌ها می‌تواند در فرایند تصمیم‌گیری برای مدیریت کاربری سرزمین، ارزیابی تخریب سرزمین، سنجش میزان موفقیت و کارایی مدیریت پایدار سرزمین به‌کار گرفته شود. به بیان دیگر، CBA، یک ابزار قدرتمند برای کمک به تصمیم‌گیران و متولیان دولتی جهت انتخاب سیاست‌های مناسب مدیریت کاربری اراضی و در نتیجه مداخله مؤثر و سازگار برای تصمیم‌گیری است. توجه به این امر، به‌ویژه در اکوسیستم‌های سرزمین‌های خشک و منابع مالی محدود، بسیار ضروری است. در واقع تلاش در جهت توقف تخریب سرزمین در سطح جهانی - که به‌موجب آن تخریب سرزمین به‌واسطه مدیریت پایدار سرزمین متوقف شده و یا از طریق احیاء عرصه‌های تخریب یافته جبران می‌شود، نیازمند بهره‌گیری از سیاست‌های متعادل‌کننده بهره‌برداری از منابع طبیعی و ارزیابی تحلیل مناسب اقتصادی است.

بیابان‌زایی، تخریب سرزمین و خشک‌سالی، یکی از چالش‌های عمده فرا روی جمعیت رو به افزایش انسانی در تمامی اقالیم حیاتی به‌ویژه مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه مرطوب است. کنوانسیون مقابله با بیابان‌زایی (UNCCD)^۳ به‌طور کلی، واژه سرزمین خشک^۴ را به این مناطق اطلاق نموده است. خاک یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی هر کشور است. امروزه فرسایش خاک به‌عنوان خطری برای رفاه انسان و حتی برای حیات او به شمار می‌آید. با توجه به روند بسیار کند و بطعی فرایند تشکیل

² - Cost-benefit analysis

³ -United Nations Convention to Combat Desertification

⁴ -Dry Land

¹ -Desertification, Land Degradation and Drought

اثرات اقتصادی و اجتماعی بیابان‌زایی، تخریب سرزمین و خشک‌سالی

بیابان‌زایی، تخریب سرزمین و خشک‌سالی ماهیتی پیچیده داشته و بین عوامل و پیامدهای مختلف آن ارتباطات گسترده‌ای برقرار است. بر اساس تعریف، پیامد اصلی تخریب سرزمین، کاهش قابلیت تولید بهره‌وری و حاصلخیزی خاک است. خاک تخریب یافته با از بین رفتن پوشش گیاهی، آسیب‌پذیری بیشتری نسبت به مخاطرات اقلیمی از جمله خشک‌سالی خواهد داشت. آخرین ارزیابی‌های انجام‌شده در زمینه تخریب سرزمین، نشان‌دهنده آن است که سالیانه ۱۲ میلیون هکتار از زمین‌های حاصلخیز در اثر بهره‌برداری‌های غیراصولی تبدیل به اراضی غیرقابل کشت می‌شود (UNCCD, 2011a). در حال حاضر قریب به یک‌چهارم از اراضی کشاورزی جهان به‌شدت تحت تأثیر تخریب سرزمین قرار گرفته‌اند. شدت تخریب سرزمین در برخی از مناطق به‌گونه‌ای است که امکان احیاء اراضی و بازگشت به شرایط قبلی وجود ندارد (FAO, 2011a). بیابان‌زایی، فرسایش خاک، شوری زایی ثانویه و ماندابی شدن، مصادیقی برای تخریب سرزمین بشمار می‌روند. این مصادیق حداقل یک‌سوم از جوامع انسانی را به نحوی از انحاء، تحت تأثیر قرار می‌دهد (FAO 2011b; Von Braun et al., 2012). تخریب سرزمین در مناطق مختلف جهان به یک‌میزان اتفاق نیفتاده است.

تخریب سرزمین عبارت است از "کاهش و یا زوال قابلیت تولید زیستی و یا اقتصادی کاربری‌های کشاورزی دیم و آبی، مراتع، جنگل‌ها در مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه مرطوب که در نتیجه شیوه کاربری اراضی و یا حاصل از فرایند و یا ترکیبی از فرایندهای حاصل از فعالیت‌های انسانی و الگوهای متأثر از دخالت انسان از قبیل: ۱- فرسایش خاک (فرسایش بادی و آبی)، ۲- زوال فیزیکی، شیمیایی و زیستی یا اقتصادی قابلیت‌های خاک و ۳- کاهش درازمدت پوشش گیاهی طبیعی ایجاد

خاک، بایستی اذعان نمود که در صورت تخریب فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، عملاً فرصتی برای تجدید این منبع حیاتی وجود نخواهد داشت (فارسی، ۱۳۹۹). ازاین‌رو موضوع ارزیابی تخریب سرزمین، موردتوجه محافل علمی و تحقیقاتی جهان قرار گرفته است. به‌هرحال این دیدگاه در اذهان بسیاری از دانشمندان و صاحب‌نظران وجود دارد که جنبه‌های اقتصادی DLDD هنوز به‌قدر کافی موردتوجه سازمان‌ها و نهادهای متولی سیاست‌گذاری سرزمین قرار نگرفته است. سیستم‌های ناهماهنگ تجاری و مالی نیز هنوز پاسخ مناسبی به این چالش‌ها نشان نداده‌اند: درحالی‌که ارزش و قیمت زمین‌های کشاورزی روز بروز در حال افزایش است، سرمایه‌گذاری مطلوب برای جلوگیری از تخریب سرزمین بسیار کند صورت می‌گیرد.

در حال حاضر این توافق جهانی وجود دارد که اثرات اقتصادی DLDD به نحو مطلوب موردتوجه قرار نگرفته و فقدان پروژه‌های ملی پایش و ارزیابی و عدم داده‌های کافی و قابل‌اعتماد، از مهم‌ترین محدودیت‌های مناطق خشک در تدوین برنامه‌های توسعه‌ای پایدار و جامع‌نگر است. بر این اساس، تولید داده‌های اقتصادی معتبر در این زمینه، به‌شدت موردنیاز تصمیم‌گیران مدیریت سرزمین در سطوح مختلف است. در این رابطه نهادهای علمی و تحقیقاتی ملی و بین‌المللی نیازمند تحقیق و بررسی بیش‌تری بوده تا بتواند با ارائه روش‌ها و مدل‌های مناسب، اطلاعات کافی و معتبر را در اختیار تصمیم‌گیران و سیاست‌گذاران امر قرار دهد. رفع این کمبودها به‌هرحال نیازمند استقرار یک سیستم پایش قدرتمند و تبیین شاخص‌های بیوفیزیکی و اقتصادی اجتماعی و ارزیابی وضع موجود و روند یابی تغییرات است.

می‌شود". بر این اساس، "بیابان‌زایی"، یک جزء یا زیرمجموعه‌ای از تخریب سرزمین است که در سرزمین‌های خشک بروز می‌نماید. این سرزمین به‌طور مشخص شامل مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه مرطوب است.

الگوی اصلی ارائه‌شده برای ارزیابی اقتصادی تخریب سرزمین در این مقاله، محاسبه تغییرات ارزش‌های بازاری و غیر بازاری کالاها و خدمات اکوسیستم است که در نتیجه تغییرات کاربری زمین ایجاد می‌شوند. به‌هرحال، علیرغم پیشرفت‌هایی که اخیراً در زمینه شناسایی و پایش اثرات بیوفیزیکی و اقتصادی، اجتماعی تخریب سرزمین صورت گرفته است، همچنان موانع و محدودیت‌هایی برای ارائه الگویی جامع و فراگیر که بتواند در تمامی اکوسیستم‌های مناطق خشک همپوشانی اثرات پیچیده تخریب سرزمین را نمایان ساخته و داده‌های دقیق و قابل‌اعتمادی را ارائه دهد، وجود دارد.

هزینه‌های مستقیم بیابان‌زایی، تخریب سرزمین و خشک‌سالی

بیابان‌زایی و تخریب سرزمین، به‌عنوان عوامل محدودکننده قابلیت تولید و توانایی سرزمین برای ارائه

خدمات اکوسیستم در سطوح محلی، ملی و منطقه‌ای در نظر گرفته می‌شوند. کاهش خدمات اکوسیستم از طریق نشانه‌هایی از جمله کاهش: حاصلخیزی خاک، ظرفیت ترسیب کربن، تولید چوب، قابلیت ذخیره منابع آب زیرزمینی، ظرفیت چرای دام و فرصت برای فعالیت‌هایی چون شکار و توریسم آشکار می‌گردد. تمامی این نشانه‌ها، به‌طور مستقیم، بیانگر پیامدهای اقتصادی تخریب سرزمین می‌باشند.

اثرات و پیامدهای ناشی از خشک‌سالی به‌طور فزاینده‌ای در سطح جهان قابل‌مشاهده است. از دهه ۱۹۶۰ تاکنون تقریباً تمامی عرصه‌های زیر کشت اقلام مهم زراعی، روند تشدید شونده خشک‌سالی را تجربه نموده‌اند. به‌عنوان مثال، سطح جهانی مناطق تحت تأثیر خشک‌سالی که زیر کشت ذرت قرار دارند از ۸,۵ درصد به بیش از دو برابر یعنی ۱۸,۶ درصد افزایش یافته است (Li, et al, 2009). جدول (۱)، مواردی از رویدادهای غیرمعمول جوی را نشان می‌دهد. یافته‌های اخیر علمی شواهد قابل‌توجهی مبنی بر ارتباط گرمایش جهانی با این رویدادها با درجات اطمینان متوسط تا زیاد را ارائه نموده‌اند (بانک جهانی، ۲۰۱۲).

جدول ۱- بر خی از رویدادهای حدی هواشناسی از سال ۲۰۰۰ و پیامدهای اقتصادی و اجتماعی آن
(اقتباس شده از آمار بانک جهانی ۲۰۱۲)

Table 1 - A series of extreme meteorological events since 2000 and their economic and social consequences
(Adapted from World Bank 2012 statistics)

منطقه	علت	پیامدها/ اثرات
آمازون غربی (۲۰۱۰)	خشک سالی، ثبت پایین ترین میزان ارتفاع آب در رودخانه Rio Negro	بروز بیماری های گیاهی و مرگ درختان جنگلی در وسعتی بالغ بر ۳,۲ میلیون کیلومتر مربع
اروپای غربی (۲۰۱۱)	گرم ترین و خشک ترین بهار ثبت شده در کشور فرانسه از سال ۱۸۸۰	افت محصولات زراعی به میزان ۱۲ درصد
ایالات متحده آمریکا (تگزاس، اوکلاهاما، نیومکزیکو، لوئیزیانا) (۲۰۱۱)	ثبت گرم ترین تابستان و خشک سالی از سال ۱۸۸۰	وقوع آتش سوزی وسیع در سطحی بالغ بر سه میلیون جریب و خسارت شش تا هشت میلیارد دلار ناشی از اثرات مستقیم آن
ایالات متحده آمریکا	گرم ترین ماه جولای ثبت شده از سال ۱۸۹۵ و اعلام وضعیت شدید خشک سالی	افزایش شدید قیمت محصولات غذایی ناشی از کاهش تولید اقلام زراعی
روسیه غربی	گرم ترین تابستان ثبت شده از سال ۱۵۰۱	وقوع بیش از ۵۰۰ رویداد آتش سوزی در اطراف مسکو. افت محصولات زراعی به میزان ۲۵ درصد. بیماری و مرگ و میر حدود ۵۵۰۰ نفر و خسارت اقتصادی حدود ۱۵ میلیارد دلار

هزینه های عوامل بیرونی تخریب سرزمین، بیابان زایی و خشک سالی

اثرات بیرونی^۵ تخریب سرزمین متأثر از عدم کفایت فعالیت های مقابله با DLDD در سایر مناطق است. بر اساس این تعبیر، هزینه های تخریب سرزمین را می بایست در خارج از محل وقوع آن و بر اساس تأثیراتی که بر سایر مناطق دارد نیز محاسبه نمود (Hayes, 1997). عوامل بیرونی تخریب سرزمین شامل مواردی از جمله: طوفان های گردوغبار، شوری زایی در مناطق پائین دست، تغییر حجم جریان رودخانه ها، ناپایداری تأمین آب برای کشاورزی آبی، کاهش کیفیت منابع آب شرب و انباشتگی رسوبات در رودخانه ها، کانال های انتقال آب و دریاچه ها و پشت سدها، است. در ارتباط موضوع انباشتگی رسوبات در مخازن سدها این نکته قابل ذکر است که پیامدهایی از جمله کاهش ظرفیت ذخیره سازی، آسیب به تجهیزات سازه ای ذخیره آب، کاهش کارآمدی سدها برای کنترل سیلاب، تخریب و اختلال در شبکه اکولوژیک منابع آب، اختلال در سامانه های حمل و نقل

رودخانه ها و بندرگاه ها، افزایش هزینه های نگهداری و کاهش عمر مفید سدها حاصل از فرسایش خاک و انتقال آن از عرصه های بالادست را می بایست در محاسبه هزینه های عوامل بیرونی DLDD مدنظر قرارداد. هزینه های غیرمستقیم این پیامدها بسیار قابل توجه است: در کشور کنیا هزینه انباشتگی رسوبات در پشت مخازن یک سد در حدود ۱۲۷ میلیون دلار و یا ۱۰۰۰ دلار به ازای هر کیلومتر مربع از حوزه آبخیز بالادست سد در سال ۲۰۰۸ برآورد شده است (Basson, 2010). موضوع تخریب سرزمین در حوزه های بالادست سدها از جمله چالش های اساسی مدیریت منابع آب در کشور ایران نیز به شمار می رود. بر اساس آمار وزارت نیرو هر ساله حدود یک درصد حجم مخازن سدهای کشور را رسوب اشغال می کند. به هر حال هزینه های کلی تخریب سرزمین ناشی از فرسایش خاک علاوه اثرات بیرونی ذکر شده شامل افزایش میزان اتلاف خاک و کاهش حاصلخیزی آن در عرصه های بالادست نیز می گردد (Pimentel, 2006).

⁵ - Off-site costs

تنفسی در اثر وجود گردوغبار اتمسفری ناشی از فرسایش بادی و دیگر آلاینده‌های هوا و در نهایت شیوع و گسترش بیماری‌های عفونی که در نتیجه مهاجرت جوامع انسانی بروز می‌کند، خواهد بود.^۹

بر اساس گزارش سازمان ملل متحد در مورد وضعیت گرسنگی در جهان (FAO, 2012)، نزدیک به ۸۵۰ میلیون نفر یعنی حدود یک‌هشتم جمعیت جهان، طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۲، تحت تأثیر سوءتغذیه مزمن قرار داشته و در حدود ۱,۱ میلیارد نفر نیز دسترسی مناسب به آب آشامیدنی بهداشتی نداشته‌اند. گزارش فوق اعلام نموده است که بیشترین میزان شاخص جهانی گرسنگی (Global Hunger Index) به ترتیب مربوط به کشورهای برون‌دی (در مرکز خاوری آفریقا و شرق کشور زئیر)، اریتره، هائیتی، اتیوپی، چاد و تیمور شرقی بوده است (IFPRI^{۱۰}, 2012). نکته قابل توجه این است که این کشورها با بیشترین میزان تخریب سرزمین، بیابان‌زایی و خشک‌سالی نیز مواجه می‌باشند. بر اساس یک مدل اقتصادی-زیستی که با استفاده از شاخص‌های ترکیبی اثرات تخریب سرزمین، رشد جمعیت، زیرساخت‌های اقتصادی، افزایش خطرپذیری ناشی از خشک‌سالی بر تولیدات کشاورزی و امنیت اجتماعی و امنیت غذایی انجام یافت، محققین فوق این‌گونه نتیجه گرفتند که تأثیرات غیرمستقیم خشک‌سالی بر کاهش رفاه اجتماعی که در نتیجه افزایش قیمت محصولات زراعی و دامی به وجود آمده است، به مراتب بیش از میزان تأثیرات مستقیم خشک‌سالی بر تولید محصولات بوده است.

تخریب سرزمین، بیابان‌زایی و خشک‌سالی از طریق کاهش ظرفیت خدمات اکوسیستم از جمله کاهش میزان ترسیب کربن در مقیاس جهانی، می‌تواند تلاش‌های اعمال‌شده در جهت کاهش اثرات تغییرات آب و هوایی را تحت تأثیر قرار دهد. یافته‌های اخیر تحقیقاتی، ارتباط

شوری زایی در مناطق خشک را نیز می‌توان یکی دیگر از اثرات بیرونی تخریب سرزمین به‌شمار آورد. شوری زایی عاملی است که می‌تواند عرصه‌های کشاورزی، اکوسیستم‌های طبیعی، روستاها، منابع آب سطحی و زیرزمینی و سایر تأسیسات منابع انسانی هم‌جوار را تحت تأثیر قرار دهد. از جنبه اقتصادی، به اثرات بیرونی DLDD به‌عنوان مشکلات ایجادکننده نارسائی بازار^۶ ناشی از شرایط خارج یک سیستم اقتصادی^۷ نگاه می‌شود. این نارسائی‌ها شامل هزینه‌های اضافی است که برای تولید یک محصول در یک عرصه کشاورزی تحت تأثیر اثرات بیرونی تخریب سرزمین با سایر عرصه‌های کشاورزی و یا بین بخش کشاورزی تحت تأثیر و سایر بخش‌های اقتصادی پرداخت می‌شود. هزینه‌های جهانی ناشی از شوری زایی مناطق کشاورزی در سطح جهانی در حدود ۱۲ میلیارد دلار در سال برآورد شده است (Pannell, 2001).

هزینه‌های غیرمستقیم^۸ بیابان‌زایی، تخریب سرزمین و خشک‌سالی

ماهیت پیچیده DLDD، پیامدهای ترکیبی و چندوجهی قابل توجهی را به دنبال دارد. به‌عنوان مثال، کاهش تولید محصولات کشاورزی در یک منطقه می‌تواند منجر به افزایش قیمت غذا گردد. این افزایش قیمت، به‌شدت بر جوامع فقیر روستایی، صنایع غذایی و معضلات ناشی از سوءتغذیه تأثیر خواهد گذاشت. بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی (رفرنس!)، تأثیرات بالقوه بیابان‌زایی، تخریب سرزمین و خشک‌سالی بر بهداشت، شامل مواردی از جمله: افزایش تهدیدات سوءتغذیه ناشی از کاهش منابع مناسب آب و غذا، کاهش کیفیت بهداشتی آب شرب و محصولات غذایی وابسته به آن و در نتیجه گسترش بیماری‌های وابسته به آب و غذای ناسالم، بیماری‌های

^۹ - <http://www.who.int/globalchange/ecosystems/desert/en/index.html>

^{۱۰} - International Food Policy Research Institute

^۶ - Market failure

^۷ - Externalities

^۸ - Indirect costs

این نکته تأکید دارد که آنچه برای فرایند تصمیم گیران مهم است این است اطلاعات هزینه و فایده گزینه‌های مختلف کاربری سرزمین در اختیارشان قرار گیرد. بدین ترتیب تصمیم گیران مدیریت سرزمین قادر خواهند بود تا با این اطلاعات گزینه‌های مطلوب را انتخاب و آثار و پیامدهای تخریب سرزمین و سطوح کنترل آن را مدیریت نمایند. به بیان دقیق‌تر، اطلاعات هزینه و فایده، تصمیم گیران را قادر خواهد نمود تا درباره روش‌های اجرایی کنترل علل تخریب سرزمین، سطوح اثرگذاری آن و نیز پیامدهای ناشی از تخریب سرزمین قضاوت نمایند. سطوح اثرگذاری تخریب سرزمین تعیین کننده تأثیرات تخریب سرزمین (اعم از تأثیرات درونی و بیرونی) بر روی خدمات اکوسیستم و سود جوامع انسانی در سطوح مختلف محلی، ملی و حتی بین‌المللی از این خدمات است. این نکته حائز توجه است که بسیاری از خدمات اکوسیستم جنبه بازاری نداشته و به‌طور مستقیم قابل تبدیل به پول نیستند. همین‌طور بسیاری از منافع ناشی از مدیریت پایدار سرزمین در مقایسه با مدیریت ناپایدار، به‌عنوان موارد اضافی و خارج از حیطه مدیریت در نظر گرفته شده و در محاسبات کاربری اراضی قرار در نظر گرفته نمی‌شوند. این امر موجب می‌گردد تا ارزش‌گذاری سرزمین کمتر از خدمات و منافع واقعی آن باشد. الگوهای نوین محاسبه هزینه و سود ارزش‌های غیر بازاری کالاها و خدمات اکوسیستم را به‌صورت کمی در نظر گرفته و بدین ترتیب این ارزش‌ها را هم‌تراز با کالاهای بازاری قرار می‌دهد. بر این اساس روش ارزیابی هزینه و فایده یک مکانیسم مؤثر برای کمک به تصمیم گیران برای درک جامع‌تر از عواقب و نتایج کاربری اراضی است. این ارزیابی با لحاظ نمودن ارزش کمی خدمات و کالاهای غیر بازاری به مدیران نشان می‌دهند که در فرایند مدیریت سرزمین بطور واقعی چه به دست می‌آورند و برای به دست آوردن آنچه میزان هزینه می‌کنند.

افزایش میزان گرمایش جهانی را با افزایش فراوانی رویدادهای حدی اتمسفری تأیید می‌نمایند (Petoukhov, et al., 2013). این رویدادها می‌توانند به میزان فراوانی آستانه‌های تحمل و انعطاف‌پذیری جوامع انسانی در مواجهه با خطرات و بلایای طبیعی محدود نمایند. به‌عنوان مثال در صورتی که سه منطقه تولیدکننده محصولات کشاورزی به‌طور هم‌زمان تحت تأثیر پدیده خشک‌سالی قرار گیرند، تولیدات کشاورزی در سطح جهانی توان جبران کاهش محصولات کشاورزی در این مناطق را نداشته و در نتیجه تأمین نیاز غذایی جمعیت کنونی جهان با خطر جدی روبرو خواهد شد. قابل ذکر است که این رویداد درگذشته اتفاق افتاده است ولی نیاز جمعیت جهانی به‌مراتب کمتر از میزان حاضر و در حدی بوده است که تولیدات کشاورزی در سایر نقاط بتواند آن را جبران نماید. علاوه بر این، نتایج حاصل از تحلیل اثرات خشک‌سالی بر رشد اقتصادی کشورها که از طریق بررسی اطلاعات مرتبط در دوره زمانی ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۳ انجام یافت، نشان داد که اقتصاد کشورهای فقیر جهان بیش از سایر کشورها تحت تأثیر خشک‌سالی قرار گرفته و روند بروز خشک‌سالی برخی از این کشورها تا ۱۵ سال پی‌درپی نیز استمرار یافته است.

بهره‌گیری از الگوی تجزیه و تحلیل هزینه- فایده در ارزیابی

اقتصادی تخریب سرزمین

اگرچه اخیراً پیشرفت‌های قابل توجهی در زمینه ارزیابی خسارت وارد به منابع طبیعی به دلیل تخریب سرزمین و تخریب خاک به‌دست آمده است، لیکن به نظر نمی‌رسد یافته‌های به‌دست آمده از این پیشرفت‌ها توانسته باشد سیاست‌های حاکم بر منابع طبیعی را به‌قدر کافی بهبود بخشد. اطلاعات به‌دست آمده از ارزیابی هزینه‌های تخریب سرزمین، صرف‌نظر از اینکه با چه دقتی انجام شده باشند، تنها می‌تواند ما را اندکی به اخذ تصمیم برای نحوه مدیریت سرزمین یاری دهد (Yesuf et al., 2005). موضوع فوق بر

داخلی^{۱۳} (IRR) برای بر سرمایه‌گذاری به دست آید. نرخ بازده داخلی مشخص‌کننده نرخ بهره‌ای است که وقتی با ارزش خالص فعلی هزینه‌ها جمع شود معادل ارزش خالص فعلی سود ناشی از سرمایه‌گذاری فوق گردد.

محاسبه سود حاصل از خدمات اکوسیستم در ارتباط با مقابله با تخریب سرزمین

یکراه مناسب برای تشخیص هزینه‌ها و منافع حاصل از شیوه‌های مختلف کاربری اراضی این است که تأثیرات هر نوع کاربری را بر کالاها و خدمات اکوسیستم موردبررسی قرار داد. خدمات اکوسیستم در سند ارزیابی توسعه هزاره^{۱۴} (MDG's) در زمینه‌های مختلف مرتبط با: خدمات پشتیبانی (چوب، علوفه، آب شیرین، گیاهان دارویی و...) خدمات تنظیمی (تنظیم‌کننده شرایط اقلیمی از طریق ذخیره و ترسیب کربن، کنترل آلاینده‌های منابع آب)، خدمات فرهنگی (ارزش‌های معنوی، زیبایی‌شناختی و تفرجی) و خدمات حمایتی (حفاظت آب‌و‌خاک و چرخه‌های غذایی اکوسیستم)، تعریف‌شده‌اند. اگرچه خدمات پشتیبانی به‌عنوان یک زیرساخت در فرایند ارائه سایر خدمات به‌شمار می‌روند ولی این خدمات اغلب جنبه نامحسوسی داشته و به درستی و به شکل مطلوب در ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم محاسبه نمی‌شوند. در واقع، بسیاری از هزینه‌های ناشی از تخریب سرزمین بر خدمات پشتیبانی اکوسیستم متمرکز شده است. به این ترتیب، هزینه‌های مستقیم ناشی از تخریب سرزمین را می‌توان به کاهش حاصلخیزی اراضی کشاورزی و کاهش تولید محصولات دامی نسبت داد. به‌هرحال این خدمات در ارتباط و تأثیر و تأثر از یکدیگر بوده و کاهش خدمات پشتیبانی خود می‌تواند بر خدمات تنظیمی، حمایتی و فرهنگی تأثیرگذار باشد.

ایده کلی سیستم ارزیابی هزینه و فایده بر این منطق استوار است که سود حاصل از کلیه فعالیت‌هایی که در راستای احیاء اکوسیستم و مدیریت پایدار سرزمین به دست می‌آید را در مقابل کلیه هزینه‌های ناشی از تخریب سرزمین قرار داده و این دو را باهم مقایسه کنیم (Quillérou and Thomas, 2012). روش‌های متعددی در رابطه با محاسبه هزینه‌های تخریب سرزمین ارائه شده است این روش‌ها در جدول ۲ خلاصه شده‌اند. به‌طورکلی، روش‌های محاسبه هزینه‌های تخریب سرزمین می‌بایست مواردی همچون علل ریشه‌ای تخریب سرزمین، اثرات مستقیم و غیرمستقیم و نیز تأثیرات داخلی مناطق مبتلا به اثرات و پیامدهای بیرونی و خارج از عرصه‌های تخریب یافته را موردتوجه قرار داده و ارتباط این اثرات را با هزینه‌های موردنیاز برای مقابله با تخریب سرزمین و مدیریت پایدار سرزمین را روشن نمایند. خروجی این روش‌ها منجر به تعریف شاخص‌هایی خواهد شد که امکان استقرار سیستم هزینه و سود مدیریت پایدار سرزمین را محقق خواهد کرد. بر این اساس، می‌توان یک سیستم طبقه‌بندی برای هزینه‌ها طراحی نمود تا بتوان برای هر اقدام جدیدی که در راستای مدیریت پایدار سرزمین پیشنهاد می‌گردد تصمیم‌گیری نمود.

ارزیابی اقتصادی هرگونه فعالیت و مداخله در کاربری اراضی و انتخاب اولویت‌های مطلوب در برنامه‌های مدیریت کاربری زمین نیازمند این است که ارزش خالص فعلی^{۱۱} (NPV) محاسبه شود. بر این اساس لازم است تا کلیه هزینه‌های تنزیل^{۱۲} شده از نتایج آتی این برنامه‌ها از فواید تنزیل شده آن‌ها در آینده کسر گردد. این ارزیابی همچنین می‌تواند بر اساس محاسبه نرخ بازده

^{۱۱} - Net Present Value

^{۱۲} - کاربرد تنزیل: discount (انگلیسی)، escompte (فرانسه) در مفهوم ارزیابی طرح‌های سرمایه‌گذاری به معنای محاسبه ارزش نقدی و فعلی مبلغ مدت دار در آینده است. به بیان دیگر، هدف از این کاربرد به دست آوردن ارزش فعلی درآمدها و هزینه‌های حال و آتی طرح‌های اقتصادی و مقایسه آن‌ها با همدیگر می‌باشد

^{۱۳} - Internal Rate of Return

^{۱۴} Millennium Development Goals

سنجش قابلیت ترسیب کربن و یا حفظ مواد مغذی خاک و محاسبه ارزش بازاری کربن و مواد مغذی خاک اندازه‌گیری شود. مدل‌های ارزیابی علت و معلولی عوامل بیوفیزیکی تخریب سرزمین که در این ارتباط بکار گرفته شده‌اند (ازجمله روش‌هایی بررسی تأثیرات مدیریت کاربری اراضی بر خدمات تنظیمی اکوسیستم) نتایج قابل اعتمادی را در این خصوص به دست داده‌اند. هم‌اکنون نرم‌افزارهای مختلفی برای واسنجی مدل‌های ارزیابی علت و معلولی نظیر InVest^{۲۰} و ARIES^{۲۱} معرفی شده است. در این ارتباط بنیاد اقتصادی اکوسیستم‌ها و تنوع زیستی^{۲۲} (TEEB) اطلاعات جامعی را در خصوص نحوه استفاده از مدل‌های ارزش‌گذاری و ارزیابی اقتصادی محیط‌زیست ارائه نموده است.

هزینه‌های مرتبط با اجتناب از تخریب سرزمین

هزینه‌های فرصت^{۲۳}

اگر یک فرد و یا یک بنگاه، از میان چندین انتخاب متفاوت یکی را برگزیند، هزینه فرصت این فرد یا بنگاه، معادل است با هزینه مرتبط با بهترین انتخاب ممکن از بین سایر انتخاب‌های باقی‌مانده که از آن صرف‌نظر شده است. مفهوم هزینه فرصت نقش مهمی را در تضمین اینکه منابع کمیاب به صورت کارا مورد استفاده قرار گرفته‌اند یا نه بازی می‌کند؛ بنابراین محدود به هزینه‌های پولی و یا مالی نمی‌شود و هر چیزی که دارای ارزش باشد و از آن صرف‌نظر شده باشد، می‌تواند به عنوان هزینه فرصت تلقی شود. از آن جمله می‌توان به هزینه واقعی محصول صرف‌نظر شده، زمان و یا لذت ازدست‌رفته اشاره کرد.

اعمال مدیریت پایدار سرزمین SLM و یا به تعبیر دیگر توقف و معکوس کردن فرایند تخریب سرزمین، نیازمند پرداخت هزینه است. این هزینه‌ها بدین لحاظ تحمیل

خدمات پشتیبانی^{۱۵} به‌طور معمول از طریق اندازه‌گیری تغییرات میزان بهره‌وری عرصه‌های کشاورزی و توسط کشاورزان در داخل محدوده مناطق تحت تأثیر مورد ارزیابی قرار گیرد. بر این اساس هزینه‌های تخریب سرزمین با ارزیابی عملکرد محصول در سطوح مختلف تخریب سرزمین مورد سنجش قرار می‌گیرد (Alfsen et al., 1996; Pimentel et al., 1995). خدمات پشتیبانی همچنین می‌تواند از طریق محاسبه هزینه‌های جایگزین و اضافی که مردم محلی برای پرهیز از پیامدهای تخریب سرزمین می‌پردازند محاسبه شود. به عنوان مثال، پرداخت برای کود بیشتر برای زمین هزینه‌های اجباری است که کشاورزان برای فرسایش خاک می‌پردازند. فرسایش خاک موجب تحلیل مواد مغذی خاک شده و کشاورزان مجبورند برای جبران این معضل میزان مصرف کود در اراضی خود را افزایش دهند (Stoorvogel, 1990).

خدمات فرهنگی اکوسیستم^{۱۶} مانند اکوتوریسم می‌تواند از طریق روش‌هایی از جمله روش تمایل به پرداخت^{۱۷} (WTP)، و یا تمایل به پذیرش^{۱۸} (WTA) جبران خسارت از طریق تعریف بازارهای فرضی در قالب مطالعات کاربردی مورد ارزیابی قرار گیرد. به عنوان نمونه، ارزش خدمات بهداشتی اکوسیستم برای جوامع تحت تأثیر از پیامدهای تخریب سرزمین می‌تواند با محاسبه سوء تغذیه ناشی از کمبود و یا کاهش کیفیت مواد غذایی و یا پیامدهای بهداشتی ناشی از طوفان‌های گردوغبار از طریق محاسبه هزینه‌ای که مردم برای درمان بیماری‌ها، تأمین دارو و یا کاهش درآمد به واسطه ناتوانی در انجام کار می‌پردازند مورد ارزیابی قرار گیرد (سازمان بهداشت جهانی ۲۰۰۹).

خدمات تنظیمی^{۱۹} مانند مواد مغذی موجود در خاک و قابلیت ترسیب کربن در خاک می‌تواند از طریق

¹⁵ -Provisioning services

¹⁶ -cultural ecosystem services

¹⁷ -willingness to pay

¹⁸ -willingness to accept

¹⁹ -Regulating services

²⁰ -Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs

²¹ -Artificial Intelligence for Ecosystem Services

²² -The Economics of Ecosystems and Biodiversity

²³ - Opportunity costs

پرداخت برای خدمات اکوسیستم (PES)، دریافت موافقت‌ها و مجوزها انجام دهند. فرایند مذاکرات برای متقاعد ساختن مجریان ذی‌ربط و یا مسائل فنی اجرای پروژه می‌تواند بسیار هزینه‌بر و طولانی باشد. در این ارتباط می‌بایست شناخت دقیقی تأثیرات حاشیه‌ای پروژه بر روی منابع آب‌وخاک و سایر تأثیرات منطقه‌ای و ملی پروژه وجود داشته باشد. بدین ترتیب می‌بایست هزینه‌های معامله را از هزینه‌های اجرای پروژه جدا نموده و در محاسبات هزینه-فایده مدنظر قرارداد. لازم به ذکر است بسیاری از پروژه‌های انتقال آب و احداث سدهای بزرگ در کشور به لحاظ نادیده گرفتن این هزینه‌ها، سال‌ها به مرحله اجرا نمی‌رسند و یا در مراحل آغازین اجرای طرح با مشکلات و چالش‌های عظیم اقتصادی و اجتماعی مواجه می‌شوند.

هزینه‌های پیاده‌سازی و اجرا^{۲۷}

هزینه‌های پیاده‌سازی شامل کلیه هزینه‌های اجرایی است که به‌طور مستقیم برای عملیاتی نمودن مدیریت پایدار کاربری اراضی اعمال می‌شود این هزینه‌ها می‌تواند شامل مواردی چون: توسعه جنگل‌کاری، هزینه‌های ارتقاء کار آبی در یک اکوسیستم زراعی، احداث سازه‌های استحصال آب باران، اعمال برنامه‌های حفاظت از عرصه‌های طبیعی و احیاء شده برای جلوگیری از تخریب مجدد، همچون برداشت چوب از جنگل و چرای غیرمجاز، کشاورزی پایدار، مدیریت مرتع و دام وابسته به آن، توانمندسازی جوامع محلی و تشکله‌ها، اقدامات ترویجی و آموزشی برای اینکه اقدامات حفاظتی و احیائی سرزمین توسط جوامع محلی مدیریت شود. تمامی موارد عنوان‌شده نیازمند هزینه‌بر است. این هزینه‌ها ممکن است توسط دولت، بخش خصوصی و یا جوامع و تشکله‌های بهره‌بردار پرداخت شود. به‌هرحال در یک سیستم ارزیابی هزینه و فایده نیازاست تا تمامی هزینه‌ها و محل تأمین منابع آن

می‌شوند که ماهیت تخریب سرزمین با بهره‌برداری از منابع طبیعی در ارتباط است. چرای بیش از ظرفیت حمل مراتع، برداشت چوب و یا محصولات از جنگل و مرتع، مواردی از بهره‌برداری می‌باشند که خود منافعی را به دنبال دارند. مقابله با تخریب سرزمین، حداقل در کوتاه‌مدت، با برخی از منافع فوق، در تعارض است. بر این اساس و بنا به تعریف ارائه‌شده هزینه عدم دریافت منافع حاصل از بهره‌برداری بی‌رویه در اثر اعمال مدیریت پایدار سرزمین، هزینه فرصت برای SLM تلقی می‌شود. شناسایی و اندازه‌گیری هزینه فرصت، یک از چالش‌های اصلی پیاده‌سازی مکانیسم‌های مالی نظیر پرداخت مالیات برای بهره‌مندی از خدمات و کالاهای اکوسیستم^{۲۴} (PES) در فرایندهایی نظیر^{۲۵} (REDD+) که علاوه بر بازسازی جنگل‌های تخریب‌شده و احیاء آن‌ها به شناسایی و مقابله با عوامل ریشه‌ای تخریب جنگل اشاره دارد- است. بدین ترتیب در هرگونه سیاست‌گذاری تغییر کاربری اراضی می‌بایست این ملاحظه را داشته باشیم که چه فرصت‌های جایگزینی تحت تأثیر قرار خواهد گرفت.

هزینه‌های معامله^{۲۶}

هزینه معامله یا هزینه تراکنش در اقتصاد و رشته‌های مرتبط، به هزینه‌های انجام یک دادوستد اقتصادی گفته می‌شود. هزینه معامله در فرایند محاسبه مدیریت منابع طبیعی و کاربری اراضی نقش دارد. به‌طور مثال مدیران پروژه‌های مدیریت سرزمین می‌بایست ضوابطی را برای انتخاب محل پروژه در نظر بگیرند. سپس می‌بایست مذاکراتی را با مالکین و سایر مجریان برای اعمال برنامه

²⁴ -payment for ecosystem services

²⁵ -Reducing Emissions from Deforestation and forest

Degradation- شایان ذکر است از سال ۲۰۰۵، موضوع (REDD) با اضافه

کردن مفاهیمی همچون حفاظت (conservation) و مدیریت

پایدار (sustainable management) در جنگل، اصلاح شده و با اصطلاح

(REDD+) تعریف گردیده است.

²⁶ -Transaction costs

²⁷ -Implementation costs

توسعه (مانند پرداخت وام به بنگاه‌های کوچک زودبازده و یا پرداخت یارانه‌های مستقیم) می‌تواند خروجی‌های یک طرح مدیریت پایدار سرزمین را تحت تأثیر قرار دهد. در چنین شرایطی، وضعیت موجود (قبل از اجرای طرح) را نمی‌توان به‌عنوان تنها مبنا برای ارزش نهادن به نتایج پس از اجرای آن در نظر گرفت. علاوه بر این، باید در نظر داشت که روش هزینه-فایده تنها به بررسی مطلوبیت یک اقدام برای گروهی از مجریان مشخص در یک محدوده جغرافیایی خاص می‌پردازد. در صورتی که ارزش‌های سطوح بالاتر در سطح ملی و بین‌المللی می‌تواند بر میزان این مطلوبیت اثرگذار باشد (Bockstael et al., 2000). بر این اساس لازم است تا در طراحی سیستم ارزیابی هزینه فایده برای مدیریت پایدار سرزمین کلیه کنش‌گران مرتبط با کاربری اراضی شناسایی شده و نسبت بهره‌مندی آنان از نتایج قابل‌انتظار در سطوح مختلف محلی، استانی، ملی و بین‌المللی ارزیابی شود. همچنین لازم است تا تغییرات اعمال‌شده در مقاطع مختلف زمانی کوتاه، میان و بلندمدت مورد ارزیابی قرار گیرد. در طرح‌های مدیریت پایدار سرزمین در مناطق خشک این انتظار وجود دارد که منافع حاصل از اقدامات اجرایی در دوره‌های بلندمدت به دست آید. در چنین شرایطی انتخاب نرخ تنزیل (Discount rate) می‌تواند محاسبات هزینه-فایده را به‌شدت تحت تأثیر قرار دهد.

روشن و شفاف باشد. مسلماً یکی از مهم‌ترین موانع موجود کشور در مقابل نهایی شدن طرح‌های مدیریت پایدار سرزمین به ساختار و نظام بودجه‌ریزی برای این طرح‌ها مرتبط می‌شود. در بسیار از موارد اعتبارات این گونه طرح‌ها به‌طور سالیانه و تنها از طریق رایزنی با نهادهای مختلف استانی و ملی تأمین می‌شود. درعین حال اعتبارات مصوب در بسیاری از موارد به‌طور کامل و به هنگام تخصیص نمی‌یابد. در این ارتباط نیاز است تا دستگاه‌های اجرایی بطور مشخص زیان حاصل از عدم تأمین اعتبار را برای پروژه‌های نیمه‌تمام خود مشخص نمایند. کارشناسان اجرایی اغلب بدین موضوع تأکید دارند که عدم تأمین اعتبار در میانه راه بسیاری از طرح‌های مدیریت پایدار سرزمین می‌تواند تبعات منفی در اذهان جوامع بهره‌بردار و عدم اعتماد آنان به چنین پروژه‌هایی باشد.

جنبه‌های آشکار و پنهان روش ارزیابی هزینه-فایده در طرح‌های مدیریت پایدار سرزمین

به‌طور معمول، ارزیابی هزینه-فایده به ارزیابی تغییرات حاصل از یک طرح در یک چارچوب ثابت و ایستا می‌پردازد؛ اما واقعیت این است که تغییرات عمده در سایر بخش‌ها می‌تواند در طول زمان و در قالب یک چارچوب پویا و دینامیک، نتایج مورد انتظار طرح را تغییر دهد. به‌طور مثال تغییرات عمده در شرایط بیوفیزیکی مانند خشک‌سالی‌ها و یا تغییرات کلان بازار مانند تغییر قیمت محصولات غذایی و یا تغییر سیاست‌ها و برنامه‌های کلان

جدول ۲- ارزش گذاری هزینه‌های تخریب سرزمین (و یا هزینه‌های مقابله با آن) (UNCCD,2013)

Table 2 - Valuing the costs of land destruction (or the costs of dealing with it) (UNCCD, 2013)

عوامل بیابان‌زایی، تخریب سرزمین و خشک‌سالی عوامل ریشه‌ای (U) عوامل مستقیم (P)	نتایج	اثرات داخلی / بیرونی	نوع اثرات	هزینه‌های مستقیم (D)/ غیرمستقیم (I)	متدولوژی ارزش گذاری هزینه
توپوگرافی (P)	بهره‌وری کشاورزی	داخلی	کاهش تولید محصولات کشاورزی	D	ارزیابی بهره‌وری عوامل تولید
پوشش زمین (P)			کاهش مواد مغذی خاک ناشی از فرسایش	D/I	محاسبه هزینه نهاده‌های جایگزین مانند کود
قابلیت فرسایش‌پذیری خاک (P)			سوء تغذیه	D	'(DALYs)', ^۲ (VSL) ، تحلیل هزینه بیماری ^۳ ، تحلیل هزینه روزهای کاری ازدست‌رفته ^۴
هجوم گونه‌های مهاجم و آفات (P)			شوری زایی	D	محاسبه هزینه‌های اجتناب و کاهش اثرات شوری زایی
مدیریت ناپایدار سرزمین (P)	دامداری بسته/ وابسته به مرتع	داخلی	کاهش گوشت، شیر و سایر محصولات دامی	D	روش ارزیابی بهره‌وری عوامل تولید،
گسترش اراضی کشاورزی (P)	کیفیت و کمیت منابع آب	داخلی/بیرونی	سیل‌خیزی	D	محاسبه هزینه‌های اجتناب از وقوع سیل
برداشت چوب (P)			کاهش جمعیت آبزیان	D/I	روش ارزیابی بهره‌وری عوامل تولید،
برداشت علوفه از مراتع (P)			انباشتگی رسوب در رودخانه‌ها و مخازن	D/I	محاسبه هزینه‌های جایگزین ^۵ (هزینه لایروبی مخازن، هزینه احداث سدهای جدید به‌جای سدهای انباشته از رسوب و یا جایگزین‌های دیگر برای تأمین آب و انرژی. هزینه‌های اجتناب از خسارت شامل هزینه‌های کاهش گل آلودگی و هزینه‌های تصفیه و پالایش منابع آب، ارزیابی بهره‌وری عوامل تولید کشاورزی) کاهش بازده تولیدات کشاورزی در اثر کاهش کیفیت منابع آب
توسعه صنعتی و نیازهای توسعه‌ای (P)			تأثیر بر سلامت و بهداشت	D/I	(DALYs)، (VSL) ، تحلیل هزینه بیماری ، تحلیل هزینه روزهای کاری ازدست‌رفته
عوامل مربوط به جمعیت (U)			تخلیه سفره‌های آب زیرزمینی	D	محاسبه هزینه‌های جایگزین (افزایش هزینه‌های پمپاژ و هزینه‌های کف‌شکنی و عمیق کردن چاه‌های موجود)
ساختارهای مرتبط با مالکیت (U)			تأثیر بر سلامت و بهداشت	I	(DALYs)، (VSL) ، تحلیل هزینه بیماری ، تحلیل هزینه روزهای کاری ازدست‌رفته.
عوامل تولید کشاورزی (U)		داخلی/بیرونی	عدم آسایش و راحتی	D	محاسبه هزینه مهاجرت/ هزینه واکنش‌های رفتاری اجتماع
تغییرات فناوری (U)			کاهش کار آبی نیروی کار	D/I	محاسبه ارزش کاهش قابلیت نیروی کار
دسترسی به خدمات ترویج و آموزش (U)	تنوع زیستی	داخلی	کاهش قابلیت استفاده از منابع غذایی حیات‌وحش	D	محاسبه هزینه فرصت برای زمان اضافی که برای صیادی و ماهیگیری صرف می‌شود
فقر (U)			کاهش گونه‌های نادر و در معرض خطر	D	روش رجحان اظهارشده ^۶
تمرکزگرایی (U)			کاهش تنوع ژنتیکی	D	روش رجحان اظهارشده
قوانین (U)			کاهش ظرفیت‌های تعدیل اثرات تغییر اقلیم	D	اندازه گیری کربن ترسیب یافته و محاسبه قیمت آن بر اساس بازار جهانی کربن . بهره‌برداری از الگوهای محاسبه و ارزیابی ترسیب کربن نظیر مکانیسم توسعه پاک CDM
سیاست‌های رسمی دولت (U)		داخلی	کاهش تعداد بازدیدکنندگان	D	روش رجحان اظهارشده
	اکو توریسم و ارزش‌های تفریحی				محاسبه هزینه‌های مسافرت
					روش ارزش دارایی

۱- Disability Adjusted Life Years (DALYs) – سال‌های زندگی با ناتوانی تعدیل‌شده: این شاخص به‌منظور ارزیابی کیفیت زندگی استفاده می‌شود. اندازه این شاخص از مجموع سال‌های ازدست‌رفته به علت مرگ زودرس (YLL=years of life lost) و سال‌های ازدست‌رفته به علت زندگی توأم با ناتوانی (YLD=years lived with disability) به دست می‌آید. توجه این شاخص به پیامدهای غیر مرگبار بیماری‌ها و کمی کردن برخی مقیاس‌های کیفی است. ۲- (VSL) – value of statistical life – ارزش آماری زندگی انسان: عبارت است از میزان تمایل به پرداخت افراد جامعه برای کاهش یک مورد مرگ از بین افرادی که فوت می‌کنند. مفهوم VSL بارزش زندگی انسان (VL) که ارزش حیات یک فرد خاص است، کاملاً متفاوت است؛ بنابراین در این برآورد از مفهوم V.S.L استفاده می‌شود. که با مفهوم ارزش زندگی یک فرد خاص موردنظر متفاوت است و در سرتاسر دنیا نیز برای سیاست‌گذاری و تصمیم‌گیری‌های حکومتی و اجتماعی از آن استفاده می‌شود. ۳- cost of illness analysis – ۴- Cost of lost working days – لینک <http://www.hse.gov.uk/statistics/lfs/calculation.htm> اطلاعات جامعی در خصوص روش‌های ارزیابی اقتصادی تحلیل هزینه روزهای کاری ازدست‌رفته ارائه می‌دهد. ۵- Replacement cost – ۶- Stated preference method – در این روش با طراحی یک بازار فرضی برای یک محصول بدون قیمت از افراد درباره تمایل به پرداخت Willingness to pay یا تمایل به دریافت Willingness to accept برای بهبود و یا عدم بهبود برای محصول کیفی موردنظر سؤال می‌شود. بر اساس این روش برای کالا یا خدمات قیمت‌گذاری نشده (فاقد بازار) بازاری فرضی در نظر گرفته‌شده و بر مبنای آن می‌توان میزان تقاضای افراد را برای این‌گونه کالاها و خدمات از طریق اظهارات اعلام‌شده آنان که با ابزار پرسشنامه به دست می‌آید سنجید.

نتیجه گیری

مروری بر آمار جهانی شاخص قیمت محصولات غذایی نشان دهنده آن است که قیمت این محصولات (۲۰۱۲) به دو برابر قیمت آن در سال ۱۹۹۰ رسیده است. این بدان معنا است که ارزش زمین به عنوان یک سرمایه تولیدی، افزایش یافته است. افزایش قیمت زمین و نیاز بیش تر به آن می تواند زمینه ساز تغییرات کاربری جنگل و مرتع و تبدیل آن به اراضی کشاورزی، مسکونی و صنعتی شده و بدین لحاظ به عنوان یک علامت برای تخریب سرزمین به شمار رود. از طرفی افزایش قیمت زمین ممکن است در صورت وجود یک سیستم جامع مدیریت سرزمین، انگیزه سرمایه گذاری جهت احیاء زمین های تخریب یافته و یا پذیرش مدیریت پایدار سرزمین را تقویت نماید. واقعیت آن است که اگرچه ارزش زمین و خاک سالم بیش از پیش افزایش می یابد ولی هنوز تا استقرار یک سیستم جامع مدیریت و خروج از وضعیت کنونی فاصله زیادی وجود دارد. ما هنوز نیازمند ارتقاء دانش خود از اثرات تخریب سرزمین در داخل مناطق مبتلا به و نیز تأثیر و تأثر این مناطق با عوامل بیرونی و هزینه های مترتب بر آن هستیم. همین طور لازم است تا دانش خود را درباره فواید مستقیم و غیرمستقیم ناشی از مدیریت پایدار سرزمین ارتقاء دهیم. ارتقاء دانش و شناخت از این پدیده پیچیده موجب خواهد شد تا کار آیی سرمایه گذاری برای مدیریت پایدار سرزمین افزایش یافته و بخصوص از دیدگاه اجتماعی مورد پذیرش قرار گیرد.

عدم شناخت و اطلاع دقیق از پیامدهای بیرونی تخریب سرزمین، اغلب موجب وخیم تر شدن ارتباط بین دولت و مجریان محلی می شود. جوامع محلی در اکثر مواقع درباره الزامات منطقه ای و ملی مقابله با تخریب سرزمین موافق نیستند. به بیانی دیگر منافع حاصل از مقابله با تخریب سرزمین در سطوح مختلف محلی و ملی یکسان نیست (Quillerou and Thomas, 2012). ارزیابی و تحلیل اقتصادی می تواند به ایجاد یک فضای بهتر برای مذاکره بین

مجریان محلی و ملی و شفاف شدن منافع و هزینه ها در سطوح مختلف منجر شود. ارزیابی هزینه - فایده از طریق آشکار کردن کلیه ارزش های سرزمین ابزاری کارآمد برای تصمیم گیران و نیز مالکین سرزمین برای شناسایی و تعیین کاربری اراضی در شرایط حاضر و آینده خواهد بود. توجه به الگوهای نوین ارزیابی اقتصادی در بخش منابع طبیعی موجبات نهادینه سازی ملاحظات زیست محیطی در سایر طرح های توسعه ای را فراهم آورده و با آشکار کردن میزان کمی و قابل محاسبه اثرات اقتصادی مستقیم و غیرمستقیم و اثرات داخلی و بیرونی نتایج حاصل از مدیریت پایدار سرزمین، متولیان منابع طبیعی را در فرایند رازینی برای تخصیص اعتبارات بخش منابع طبیعی و پادار نمودن این اعتبارات کمک می کند. ذکر این نکته ضروری است که برای سنجش جامع منافع و هزینه ها نیاز است تا تحلیل درست و جامعی از مجریان داشته باشیم. بدین لحاظ اعمال روش های تحلیل شبکه مجریان^{۲۸} و تعیین قدرت و اثرگذاری نقش آفرینان، از اولین اقداماتی است که می بایست در فرایند ارزیابی های اقتصادی و اجتماعی سرزمین و برنامه ریزی برای مدیریت پایدار سرزمین مدنظر قرار گیرد. تاکنون تحلیل های با ارزشی در خصوص ارزش اقتصادی تخریب سرزمین در سطح جهان و به ویژه در کشور صورت نگرفته است.

برخی تحلیل های کیفی موردی صورت گرفته که پاسخگوی چالش های مورد نیاز در این بخش نیست. در صورت کمی کردن ارزش های سرزمین از جنبه های مختلف ما را قادر به ارزیابی و تحلیل درست می رساند. این نوع تحلیل مبتنی بر هزینه - فایده می بایستی در تمامی موضوعات مرتبط مانند اکوسیستم ها، اقلیم، خاک، منابع طبیعی و سایر اجزای اکوسیستم صورت گیرد. ضرر و زیان ناشی از تخریب به این منابع طبیعی تجدیدشونده به منظور

تعارض منافع

آگاهی بخشی در تمامی سطوح جامعه، بایستی در دستور

در این مقاله تعارض منافع وجود ندارد و این

کار قرار گیرد.

مسئله مورد تأیید نویسنده مقاله است.

References

1. Barriopedro, D., Fischer, E. M., Luterbacher, J., Trigo, R. M., & Garcia-Herrera, R. 2011. The hot summer of 2010: redrawing the temperature record map of Europe. *Science* (New York, N.Y.), 74 332(6026), 220–4.
2. Braun, J., Gerber, N., Mirzabaev, A., Nkonya, E., 2012. The Economics of Land degradation. An Issue Paper for Global Soil Week, Berlin November 18. – 22. Draft for discussion. International Food Policy Research Institute (IFPRI), Washington D.C. October 10.
3. Engel, S., Pagiola, S., & Wunder, S., 2008. Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues, *Ecological Economics*, 65, 663-674.
4. Farsi, Razieh, Yeganeh, Hassan, Hossein Alizadeh, Mohsen and Azimi, Mozghan Al-Sadat, 2017. Estimating the economic value of the role of vegetation in controlling soil erosion (case study: Kechik watershed). *Journal of Soil Conservation Research*, 6, 137-152. DOI: 10.22069/jwsc.2020.17763.3331 (in persian)
5. FAO 2011a. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture. Managing systems at risk. Rome. Italy.
6. FAO 2011b. Sustainable Land Management in Practice Guidelines and Best Practices for Sub-Saharan Africa. Rome. Italy.
7. Geist and Lambin, 2004. Dynamic causal patterns of desertification. *Bioscience* 54, 817-829. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[0817:DCPOD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0817:DCPOD]2.0.CO;2)
8. Hayes, G., 1997. An Assessment of the National Dryland Salinity. R, D & E Programme, LWRRDC Occasional Paper No 16/97, Land and Water Resources Research and Development Corporation, Canberra.
9. <http://www.unccd.int/Lists/OfficialDocuments/cop9/18add1eng.pdf>
10. <http://www.unccd.int/Lists/OfficialDocuments/cop10/cst5eng.pdf>
11. <http://www.terrafrica.org/about/land-degradation/>
12. IFPRI 2011a. Global Hunger Index. The Challenge of Hunger: Taming Price Spikes and Excessive Food Price Volatility. International Food Policy Research Institute. Washington D.C.
13. IFPRI 2011b. The economics of desertification, land degradation, and drought. Washington, USA .
14. Kabubo-Mariara, J., 2007. Poverty and rural livelihoods in Kenya: Evidence from a semi-arid region. In: Tisdell, C. (Ed.) *Poverty, Poverty Alleviation and Social Disadvantage: Analysis, Case Studies and Policies*. Serials Publications, India.
15. Li, Y., Ye, W., Wang, M., & Yan, X., 2009. Climate change and drought: a risk assessment of crop yield impacts. *Climate Research*, 39 (June), 31–46. DOI: 10.3354/cr00797
16. Nachtergaele F, Petri M, Biancalani R, Van Lynden G, and Van Velthuisen H., 2010. Global Land Degradation Information System (GLADIS). Beta Version. An Information Database for Land Degradation Assessment at Global Level. Land Degradation Assessment in Drylands Technical Report, no. 17. FAO, Rome, Italy.

17. Pagiola, S., B. Bosquet., 2009. Estimating the Costs of REDD+ at the Country Level. Version 2.2, 24 February. Forest Carbon Partnership Facility World Bank. Washington D.C.
18. Pannell, D.J., 2001. "Dryland salinity: economic, scientific, social and policy dimensions", The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics, 45(4):517-546. **DOI: 10.1111/1467-8489.00156**
19. Pannell, D.J., McFarlane, D.J. and Ferdowsian, R., 2001. "Rethinking the externality issue for dryland salinity in Western Australia", The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics, 45(3):459:476. **<https://doi.org/10.1111/1467-8489.00152>**
20. Petoukhov, V., Rahmstorf, S., Petri, S., & Schellnhuber, H.-J. (n.d.). 2013. Quasiresonant amplification of planetary waves and recent Northern Hemisphere weather extremes. PNAS, in review. **DOI: 10.1073/pnas.1222000110**
21. Pimentel D, Harvey C, Resosudarmo P, Sinclair K, Kurz D, McNair M, et al., 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. Science 267(5201):1117–23. **DOI: 10.1126/science.267.5201.1117**
22. Quillérou, E. and Thomas, R., 2012, Costs of land degradation and benefits of land restoration: A review of valuation methods and suggested frameworks for inclusion into policy-making, CAB Reviews 2012 7, No. 060, CAB International. **DOI: 10.1079/PAVSNNR20127060**
23. Requier-Desjardins M, Adhikari B, Sperlich S., 2011. Some notes on the economic assessment of land degradation. Land Degradation & Development 22: 285–298. **<https://doi.org/10.1002/ldr.1056>**
24. WHO, 2009. WHO Guide to Identifying the Economic Consequences of Disease and Injury.
25. World Bank, 2012. Why a 4°C Warmer World must be avoided. A Report for the World Bank by the Potsdam Institute for Climate Impact Research and Climate Analytics, Washington, U.S.
26. Yesuf, M., Mekonnen, A., Kassie, M. and J. Pender., 2005. Cost of Land Degradation in Ethiopia: A Critical Review of Past Studies. Environmental Economics Policy Forum in Ethiopia and International Food Policy Research Institute.
27. UNCCD, 2nd scientific conference report, 2013. The Economics of Desertification, Land degradation and drought methodologies and analysis for decision making.

ضرورت آگاهی دانشجویان علوم خاک از اهمیت و کاربرد ریاضیات در گرایش‌های

مختلف علم خاک‌شناسی

عادل ریحانی تبار*

استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

areyhani@tabrizu.ac.ir

دریافت: آبان ۱۴۰۲ و پذیرش: تیر ۱۴۰۳

چکیده

سؤالی که برای بسیاری از دانشجویان کشاورزی به‌ویژه علوم خاک در مقطع کارشناسی از دیرباز مطرح بوده و هست، این است که اساساً چرا باید ریاضی خواند؟ در علوم خاک به چه میزان مهارت ریاضی احتیاج است و دانشجوی این رشته چقدر باید ریاضی بداند؟ آیا در علوم خاک واقعاً از مشتق، انتگرال و یا معادلات دیفرانسیل استفاده می‌شود؟ یکی از دلایلی که ممکن است دانشجویان توجه کافی به ریاضیات نداشته باشند این است که آن‌ها ارتباط آن را با علوم خاک نمی‌دانند. در این مقاله تحلیلی سعی شده است با ارائه چندین مثال ساده کاربردی در گرایش‌های مختلف علوم خاک از جمله فیزیک خاک، بیولوژی خاک، شیمی و حاصلخیزی خاک نشان داده شود که شناخت و کاربرد فرمول‌ها و روابط ریاضی جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات و نتیجه‌گیری یا پیش‌بینی انواع فرایندها در خاک ضرورت دارد. به‌عنوان مثال نشان داده می‌شود که چگونه از مشتق، انتگرال و معادلات دیفرانسیل در قالب قوانین مختلف در مطالعه انتقال آب، املاح و انرژی در خاک یا محاسبه نیاز آبی گیاه و پاسخ گیاه به کود مصرفی برای کسب بیشینه عملکرد استفاده می‌شود. به‌کارگیری نمونه مسائل ارائه‌شده و خیلی مسائل مشابه کاربردی دیگر در تدریس دروس ریاضی توسط مدرسان این دروس برای رشته‌های کشاورزی از جمله گروه علوم خاک به تقویت انگیزه و شوق دانشجویان این رشته به یادگیری بهتر ریاضیات منجر شده و پاسخ مستدل و ملموس به چرایی و ضرورت تدریس ریاضی برای دانشجویان رشته مذکور خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: انتقال املاح، دانش ریاضی، علم خاک، معادلات دیفرانسیل

* - آدرس ایمیل نویسنده مسئول: areyhani@tabrizu.ac.ir

نوع مقاله: مروری



مقدمه

به اعتقاد گالیله پدر علم نوین (۱۵۸۸)، کتاب طبیعت به زبان ریاضیات نگاشته شده است و هر فرایند و پدیده‌ای در جهان قابل بیان با روابط ریاضی است. پیدایش، تکامل و فرایندهای خاک نیز بخشی از جهان هستند که می‌توانند توسط معادلات ریاضی تبیین شوند. از طرفی خاک‌ها در اثر فرایند هوازدگی از سنگ‌ها مشتق می‌شوند. این اشتقاق بی‌شبهت به مشتق‌گیری از معادلات دیفرانسیل در روابط ریاضی نیست و به همین دلیل قیاس بی‌جایی نیست که گفته شود اگر از خاک نسبت به زمان انتگرال بگیریم به مواد مادری می‌رسیم که تحت تأثیر اقلیم، پستی و بلندی، جامعه زیستی و زمان به خاک تبدیل شده‌اند. جنی^۱ (۱۹۴۲) خاک‌شناس آمریکایی نقش آن‌ها را در قالب معادله حالت^۲ به صورت $S = f(cl, o, r, p, t, \dots)$ ارائه داد. در این معادله S نماینده حالت یا وضعیت خاک و حرف f بیانگر تابع بودن است. بر اساس معادله مذکور در صورت مشخص بودن ماهیت تابع f و پنج متغیر (فاکتور خاک سازی)، می‌توان وضعیت یک خاک را از نظر تکامل مشخص کرد و یا اینکه می‌توان با تغییر دادن یک عامل و ثابت نگه داشتن سایر عوامل کم و کیف اثر عامل مورد نظر را روی وضعیت خاک پیش‌بینی نمود (Singer & Munns, 2005).

خاک محیط متخلخل، زنده و پویای پیچیده‌ای است که گونه‌های مختلف مواد و انرژی در آن در واکنش با یکدیگر و در حال تغییر و تبدیل و نقل و انتقال هستند. امروزه، خاک هم به عنوان یک اکوسیستم و هم یک منبع ارزشمند جهانی به رسمیت شناخته شده است. کانی‌ها و مواد آلی خاک از مؤلفه‌های اصلی تشکیل دهنده این سرمایه طبیعی (خاک) هستند. در این میان جوامع میکروبی نیز با تنوع وسیع موجبات بروز طیف گسترده‌ای از تغییر و تبدیلات مواد و هوازدگی کانی‌ها می‌شوند (Sposito, 2016). فهم این فرایندها و پیش‌بینی سرعت و

جهت آن‌ها تنها از طریق پی بردن به قوانین حاکم بر آن‌ها با به کارگیری روابط و فرمول‌های ریاضی است.

علوم خاک^۴ تلفیقی از گرایش‌های گوناگون همچون شیمی خاک، فیزیک خاک، بیولوژی خاک، حاصلخیزی خاک و رده‌بندی خاک است. این شاخه‌ها برخلاف تصور عام، جدا یا مستقل از هم نیستند و همگی از پیکره زنده و پویا بنام خاک صحبت می‌کنند؛ و تنها ابزار ادغام و تلفیق اطلاعات حاصله از این محیط طبیعی ریاضیات هست. درک مفاهیم زیربنایی و فرایندهای جاری در هر کدام از گرایش‌های مذکور مباحث ساده‌ای نیستند و کاربرد آن‌ها برای مدیریت خاک و حفاظت از تخریب آن علاوه بر اطلاعات میدانی یا آزمایشگاهی نیاز به بهره‌گیری از روابط و فرمول‌های ریاضی است. به عبارت دیگر روش ساده بیان و تدریس این پدیده‌ها، استفاده از زبان ریاضیات، همراه با به کارگیری شیوه‌های محاسباتی با کامپیوتر است (Bybordi, 1993). در بخش‌های زیر ضرورت به کارگیری فرمول‌ها و روابط ریاضی و شیوه محاسبات در تعدادی از مسائل به عنوان مثال در هر کدام از گرایش‌های علوم خاک نشان داده می‌شود. هدف غایی این است که نشان داده شود یکی از اساسی‌ترین ملزومات برای هر مهندس علوم خاک، تسلط لازم بر ریاضیات و به کارگیری آن در حل مسائل و پیش‌بینی لازم است (Coyne & Thompson, 2006). البته پیشرفت فناوری استفاده روزافزون از برنامه‌های نرم‌افزاری و مدل‌های کامپیوتری را موجب گردیده و دامنه بهره‌گیری از آن‌ها در علوم خاک گسترده‌تر شده است که پرداختن به این مدل‌ها و نرم‌افزارها از حوصله این نوشتار خارج است ولی بدیهی است که شرط لازم استفاده از این مدل‌ها و نرم‌افزارها تسلط بر مفاهیم ریاضیات مقدماتی است.

ریاضیات و پیدایش و رده‌بندی خاک

مطالعه منشأ و فرایندهای پدورژنیک خاک‌های تشکیل شده بر روی انواع مواد مادری در موقعیت‌های متفاوت، گرایش پیدایش و رده‌بندی خاک را تشکیل

³ -Function
⁴ -Soil Science

¹ -Jenny
² -State equation

ریاضیات در فیزیک خاک

شاید بتوان گفت بیشترین کاربرد ریاضی در علوم خاک در بخش فیزیک خاک است. در به دست آوردن ساده‌ترین ویژگی‌ها همچون چگالی ظاهری، توزیع اندازه ذرات، اجزای پتانسیل آب در خاک تا محاسبه فرایندهای پیچیده جریان آب و گرما و یا انتقال املاح در خاک همگی مستلزم استفاده از روابط ریاضی هستند (Bybordi, 1993). در بسیاری از مسائل و تمرینات درس فیزیک خاک، علاوه بر اینکه دانشجو باید مباحث مرتبط با خود این درس را بداند، برای انجام محاسبات لازم است بر درس ریاضی هم مسلط باشد. با ذکر چند مثال در زیر امید است حق مطلب ادا شود.

مثال ۱: اگر ۱۲ گرم از نمونه خاکی دارای ۶۰ درصد شن، ۳۰ درصد سیلت و ۱۰ درصد رس باشد، سطح هر بخش را محاسبه و میزان مشارکت هر بخش در سطح کل خاک را تعیین کنید. سطح ویژه ذره شن ۳۰ و سیلت ۱۵۰۰ و رس $3000000 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ فرض شود.

حل: در ابتدا جرم هر بخش محاسبه می‌شود.

$$12 \text{ g} \times 60\% = 7.2 \text{ g Sand}, 12 \text{ g} \times 10\% \text{ Clay} = 1.2 \text{ g Clay}, 12 \text{ g} \times 30\% \text{ Silt} = 3.6 \text{ g Silt}$$

در مرحله بعد مساحت هر بخش محاسبه می‌شود.

$$7.2 \text{ g Sand} \times 30 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1} = 216 \text{ cm}^2, 3.6 \text{ g Silt} \times 1500 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1} = 5400 \text{ cm}^2, 1.2 \text{ g Clay} \times 3000000 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1} = 3.6 \times 10^6$$

در مرحله سوم با جمع زدن این اعداد سطح کل ذرات خاک برابر 3605616 cm^2 محاسبه می‌شود. در مرحله چهارم میزان مشارکت هر بخش در سطح کل محاسبه می‌شود.

$$\text{Sand: } \frac{216 \text{ cm}^2}{3605616 \text{ cm}^2} \times 100 = 0.006 \%$$

$$\text{Silt: } \frac{5400 \text{ cm}^2}{3605616 \text{ cm}^2} \times 100 = 0.15 \%$$

$$\text{Clay: } \frac{3600000 \text{ cm}^2}{3605616 \text{ cm}^2} \times 100 = 99.84 \%$$

نتیجه این است که سطح ویژه خاک‌ها با ماده آلی ناچیز عملاً توسط بخش رس خاک مشخص می‌شود و دو بخش دیگر نقش چندانی در آن ندارند.

می‌دهد. نظریه‌های گوناگونی درباره منشأ و ماهیت ژنتیکی خاک‌های تکامل یافته بر روی انواع سنگ‌ها ارائه شده‌اند که از حوصله این مقاله خارج است. در بسیاری از آن‌ها روابط ریاضی و آماری به عنوان ابزار مورد استفاده توسط متخصصان بوده است. به عنوان مثال در اثر هوادیدگی حجم مواد مادری تغییر می‌کند (Tazikeh et al, 2013). این تغییر حجم از تغییر میزان خلل و فرج و همچنین خروج عناصر محلول در اثر فرایند هوادیدگی حاصل می‌شود. بر این اساس شاخص تغییر حجم^۵ (به عنوان شاخص هوا دیدگی) از رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

$$\epsilon_{i,w} = \left(\frac{p_p \cdot C_{i,p}}{p_w \cdot C_{i,w}} - 1 \right) \quad (1)$$

در این رابطه $C_{i,w}$ و $C_{i,p}$ بیانگر غلظت عنصر شاخص (غیرمتحرک) به ترتیب در مواد مادری و خاک است. همچنین p_w و p_p رم مخصوص ظاهری مواد مادری و خاک هستند. اگر این شاخص مثبت باشد نشان دهنده رقیق شدن عنصر شاخص و اگر منفی باشد نشان دهنده غنی شدن آن در مواد حاصل از هوادیدگی مواد مادری است. همچنین با دانستن شاخص $\epsilon_{i,w}$ می‌توان مقدار هدر رفت یا کسب عناصر متحرک (j) در یک سیستم هوادیدگی را معین کرد. در همین راستا رابطه انتقال جرم (۲) توسط متخصصان رده بندی خاک بکار رفته است (رفرنس فرمول).

$$\tau_{i,w} = \frac{p_p \cdot C_{j,p}}{p_w \cdot C_{j,w}} (\epsilon_{i,w} + 1) - 1 \quad (2)$$

پارامترها در رابطه ۱ تعریف شده‌اند. اگر مقدار عددی شاخص $\tau_{i,w}$ منفی باشد نشانه هدر رفت (رقت) و مقادیر مثبت نشانه غنی شدن عنصر متحرک در خاک است (Tazikeh et al, 2013).

تعالی هر علم از جمله خاکشناسی هنگامی است که جنبه کمی پیدا کند. با تلاش‌های اخیر متخصصان پیدایش و رده بندی خاک می‌توان امیدوار بود که این علم نیز از تنگنای توصیفی خود درآمده و با استفاده بیشتر از روابط ریاضی به مقام شایسته خود در میان علوم جدید برسد.

^۵ - Volume change (Pedogenic strain)

ساعت است. مطلوب است محاسبه مقدار تقریبی تغییر رطوبت در لایه خاک (Hanks & Ashcroft, 1980).

حل: بر اساس اصل بقای جرم، آب از بین نرفته و نابود نمی‌شود. مقدار آبی که داخل خاک می‌شود یا در خاک ذخیره می‌گردد یا از آن خارج می‌شود. اصل مذکور در مورد جریان یک بعدی آب در خاک در قالب ریاضی به صورت زیر بیان می‌شود.

$$\frac{\partial \theta_v}{\partial t} = - \frac{\partial J_w}{\partial s} \quad (5)$$

θ_v رطوبت حجمی، t زمان، J_w شدت جریان آب و s فاصله است. علامت منفی هم برای این است که تغییر رطوبت با زمان بر خلاف تغییر شدت جریان با فاصله است. اگر بخواهیم به جواب تقریبی برسیم می‌توانیم با ساده‌سازی معادله ۵ فرض کنیم که تغییر رطوبت حجمی خاک در واحد زمان برابر است با خارج قسمت تفاضل شدت جریان ورودی و خروجی به فاصله مکانی (ضخامت لایه) است؛ بنابراین داریم:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \theta_v}{\partial t} &= - \frac{\partial J_w}{\partial s} \simeq - \frac{\Delta J_w}{\Delta s} \\ &\simeq - \frac{J_w(out) - J_w(in)}{\Delta s} \\ &\simeq - \frac{3 \frac{cm}{h} - 5 \frac{cm}{h}}{10 \text{ cm}} = \frac{2 \frac{cm}{h}}{10 \text{ cm}} \\ &\simeq 0.20 \text{ h}^{-1} \end{aligned}$$

یعنی به علت بزرگ‌تر بودن شدت جریان ورودی نسبت به خروجی در یک ساعت ۲۰ درصد به رطوبت خاک در لایه سه سانتی‌متری اضافه می‌شود.

البته جواب مذکور یک برآورد تقریبی از حل ساده و تقریبی معادله دیفرانسیل جزئی (معادله ۵) است. دقت این برآورد بستگی به این دارد که شدت جریان ورودی و خروجی در چه فاصله زمانی اندازه‌گیری بشوند. هر چه فاصله زمانی کوتاه باشد برآورد تغییر رطوبت حجمی خاک در واحد زمان دقیق‌تر است. کوتاه‌ترین فاصله زمانی لحظه است اما در عمل وسیله‌ای که بتوان به کمک آن لحظه به لحظه اندازه‌گیری‌ها را انجام داد وجود ندارد. البته با انتخاب فواصل زمانی کوتاه خطای اندازه‌گیری شدت جریان نیز زیاده‌تر می‌شود. لذا اندازه‌گیری‌ها بر اساس فواصل زمانی منطقی انجام می‌گیرد. توجه شود که نرخ یا

مثال ۲: نمونه خاکی در ۲۵ درجه سلسیوس دارای پتانسیل ماتریک، ψ_m ، -۶۰۰ میلی بار و پتانسیل اسمزی، ψ_{os} ، -۵۰ میلی بار است. فشار بخار واقعی هوای خاک، e ، را محاسبه کنید (Hanks & Ashcroft, 1980).
حل: رابطه فشار بخار هوای خاک با پتانسیل آب یا رطوبت خاک با معادله ۳ بیان می‌شود:

$$\psi_w = \frac{RT}{V_m} \ln \frac{e}{e^0} = \frac{RT}{V_m} (\ln e - \ln e^0) \quad (3)$$

در معادله مذکور، ψ_w پتانسیل آب خاک (بار)، R ثابت عمومی گازها ($82 \text{ bars cm}^3/\text{mol K}$)، T درجه حرارت (K)، V_m حجم مولال آب ($18 \text{ cm}^3/\text{mol}$)، e فشار بخار هوای خاک (با هر واحدی) و e^0 فشار بخار هوای اشباع در شرایط هم‌دمای هوای خاک است (با همان واحد e). از معادله ۳ داریم:

$$\begin{aligned} \Rightarrow \frac{\psi_w V_m}{RT} &= \ln e - \ln e^0 \Rightarrow \ln e \\ &= \ln e^0 + \frac{\psi_w V_m}{RT} \\ \Rightarrow e &= e^0 \times \exp\left(\frac{\psi_w V_m}{RT}\right) \quad (4) \end{aligned}$$

مقادیر R و V_m جلوتر ارائه شدند. ψ_w هم از رابطه زیر محاسبه می‌شود. توضیح اینکه در این رابطه ψ_w پتانسیل کل آب و ψ_{os} و ψ_p به ترتیب پتانسیل ماتریک، پتانسیل اسمزی و پتانسیل فشاری هستند.

$$\begin{aligned} \psi_w &= \psi_p + \psi_{os} + \psi_m \\ &= 0 + (-50) + (-600) \\ \Rightarrow \psi_w &= -650 \text{ mbar} \end{aligned}$$

مقدار e^0 در ۲۵ درجه سلسیوس برابر با ۳۱/۶۷۱ میلی بار است (Hanks & Ashcroft, 1980)

$$e = 31.671 \text{ mbar} \times \exp\left(\frac{-0.65 \text{ bar} \times 18 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}}}{82 \text{ bars} \frac{\text{cm}^3}{\text{molK}} \times 298 \text{ K}}\right)$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow e &= 31.671 \text{ mbar} \times \exp(-4.788 \times 10^{-4}) \\ &= 31.671 \text{ mbar} \times 0.99952 = \\ &= 31.656 \text{ mbar} \end{aligned}$$

مثال ۳: شدت جریان غیرماندگار آب به داخل لایه‌ای از خاک به ضخامت سه سانتی‌متر برابر پنج سانتی‌متر در ساعت و شدت جریان خروجی از آن سه سانتی‌متر در

$$3.15 \times 10^7 \text{ sec} = \text{یک سال}$$

در نهایت این یافته‌ها را در معادله کلی انتقال املاح به صورت روان-انتشار (CDE) یعنی رابطه ۶ قرار می‌دهیم.

$$C(x,t) = \frac{C_0}{2} \left\{ \operatorname{erfc} \left(\frac{x - \bar{v}t}{2\sqrt{D_h t}} \right) + \exp \left(\frac{\bar{v}x}{D_h} \right) \operatorname{erfc} \left(\frac{x - \bar{v}t}{2\sqrt{D_h t}} \right) \right\} \\ \Rightarrow C = \frac{725}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{15 - (2.61 \times 10^{-7} \times 3.15 \times 10^7)}{2 \times \sqrt{3.91 \times 10^{-7} \times 3.15 \times 10^7}} \right) \\ + \left[\exp \left(\frac{2.61 \times 10^{-7} \times 15}{3.91 \times 10^{-7}} \right) \right] \\ \times \operatorname{erfc} \left(\frac{15 + (2.61 \times 10^{-7} \times 3.15 \times 10^7)}{2 \times [\sqrt{3.91 \times 10^{-7} \times 3.15 \times 10^7}]} \right) \\ = 362.5 \operatorname{erfc} (0.966) \\ + \exp(10.01) \times \operatorname{erfc} (3.31) \\ = 62 \frac{\text{mg}}{\text{lit}} \quad (6)$$

بنابراین یک سال پس از نفوذ شیرابه و پساب این زباله از کف گودال به خاک، کلر به همراه جریان آب با غلظت ۶۲ میلی گرم بر لیتر وارد سفره آب زیرزمینی می‌شود.

تابع خطا و متمم تابع خطای هر کمیت که به ترتیب با $\operatorname{erf}(x)$ و $\operatorname{erfc}(x)$ نشان داده می‌شود و به صورت زیر تعریف شده‌اند (Bybordi, 1993).

در شکل ۱، نمودار تابع خطا که تقریباً بین ۱- و ۱ تغییر می‌کند نشان داده شده است.

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt.$$

میزان تغییر رطوبت خاک با زمان متفاوت است و مقدار محاسبه شده در مثال فوق ($0.20 h^{-1}$) در واقع میانگین تغییرات لحظه به لحظه رطوبت در فاصله زمانی یک ساعت است (Hanks & Ashcroft, 1980).

مثال ۴: در یک گودبرداری که برای انباشتن و دفع زباله بکار می‌رود، غلظت یون کلر که وارد جریان آب زیرزمینی می‌شود ۷۲۵ میلی گرم بر لیتر است و سفره آب دارای مشخصات زیر است (Bybordi, 1993):

$$K = 3 \times 10^{-5} \text{ m/sec},$$

$$\bar{v}\psi_h = 0.002 \text{ (شیب پتانسیل آبی)}$$

$$n = 0.23 \text{ (تخلخل مؤثر)}$$

$$D^* = 1 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{sec}$$

(ضریب انتشار مولکولی یون کلر در آب خاک)

مطلوب است محاسبه غلظت یون کلر یک سال پس از ورود شیرابه از زباله به آب زیرزمینی در فاصله ۱۵ متری حل: ابتدا میانگین سرعت جریان آب (V) در منافذ خاک را از روی هدایت هیدرولیکی، شیب پتانسیل ماتریک و تخلخل مؤثر محاسبه می‌کنیم.

$$V = \frac{K \bar{v}\psi_h}{n} = \frac{3 \times 10^{-5} \times 0.002}{0.23}$$

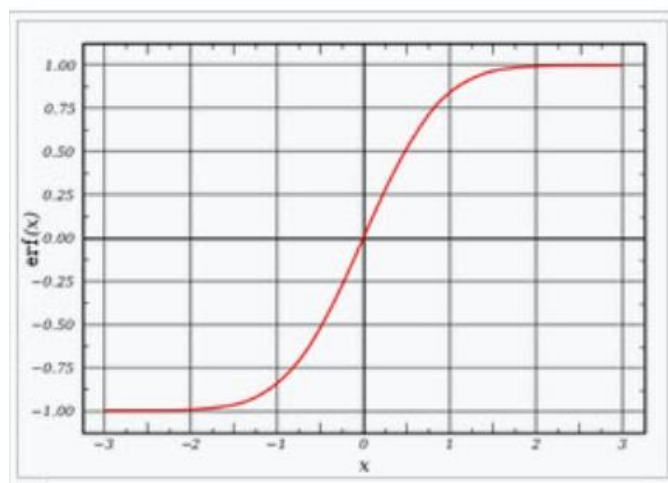
$$\Rightarrow V = 2.61 \times 10^{-7} \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

در مرحله دوم ضریب انتشار آبی (D_h) یون کلر را تعیین می‌کنیم، یعنی:

$$D_h = \alpha_L \cdot V + D^* = 1.5 \times 2.61 \times 10^{-7} + 1 \times 10^{-9}$$

$$\Rightarrow D_h = 3.91 \times 10^{-7} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

در محاسبات بالا α_L یا ضریب انتشار پذیری ۶ برابر ۰/۱ طول مسیر جریان که در اینجا ۱۵ متر است در نظر گرفته می‌شود (Bybordi, 1993). در مرحله سوم یک سال زمان را بر حسب ثانیه بدست می‌آوریم:



شکل ۱- نمودار تابع خطا (Bybordi, 1993)

Figure 1- The error function diagram (Bybordi, 1993)

همان‌طور که مشاهده گردید فیزیک خاک عمدتاً به مطالعه فرایندهای نقل و انتقال مواد و انرژی در خاک می‌پردازد و مفاهیم زیر بنایی آن‌ها همانا فیزیک و ریاضیات هستند که در قالب قوانین مختلف ارائه شده‌اند لذا برای تجزیه و تحلیل فرایندهای مذکور و پیش‌بینی‌ها اجتناب از ریاضیات غیر ممکن است.

مثال ۵: فاصله بین بادشکن‌های با ارتفاع ۱۲ متر را به شرطی که سرعت باد در دوره بازگشت پنج‌ساله در ارتفاع ۱۵ متری برابر ۴۰ کیلومتر در ساعت باشد و جهت باد ۱۵ درجه از عمود به حفاظ انحراف پیدا کند را تعیین کنید.

$$D = 595 \frac{12}{40} \times 0.96 = 171 \text{ m} \quad \text{حل:}$$

پوشش گیاهی نیز می‌تواند با ایجاد حفاظ روی خاک باعث کاهش فرسایش آبی شود و مقدار کاهش فرسایش به ارتفاع و تراکم پوشش یا آسمانه گیاه بستگی دارد. محققان برای محاسبه اثر پوشش آسمانه در کاهش فرسایش خاک معمولاً از روابط ریاضی همچون رابطه ۸ استفاده می‌کنند که در آن FC نسبت سطح زمین پوشیده شده توسط آسمانه و H ارتفاع مؤثر آسمانه ($0.6 \times$ ارتفاع کل آسمانه بر حسب متر) است. CC عامل اثر آسمانه گیاه در کاهش فرسایش خاک است.

$$Cc = 1 - Fc[EXP(-0.34 \times H)] \quad (۸)$$

مثال ۶: اثر پوشش آسمانه گیاهی در کاهش فرسایش آبی را با ارتفاع متوسط یک متر و تصویر قائم ۶۰ درصد خاک به دست آورید. با فرض اینکه قطر متوسط قطرات باران دو

همان‌طور که مشاهده گردید فیزیک خاک عمدتاً به مطالعه فرایندهای نقل و انتقال مواد و انرژی در خاک می‌پردازد و مفاهیم زیر بنایی آن‌ها همانا فیزیک و ریاضیات هستند که در قالب قوانین مختلف ارائه شده‌اند لذا برای تجزیه و تحلیل فرایندهای مذکور و پیش‌بینی‌ها اجتناب از ریاضیات غیر ممکن است.

ریاضیات و فرسایش و حفاظت خاک

هنگامی که خاک توسط آب یا باد از محل طبیعی خود انتقال داده می‌شود فرسایش به وقوع می‌پیوندد و حاصل آن به تدریج بیابان‌زایی یا گسترش بیابان و پر شدن مخزن سدها، کاهش کیفیت هوای شهرها و ده‌ها مشکل ریز و درشت است (Rafahi, 1999). یکی از شیوه‌های مقابله با فرسایش بادی احداث بادشکن‌ها است که ممکن است از مواد مصنوعی یا از درختان و نباتات بلند مانند ذرت نیز تشکیل شوند. مهم‌ترین عامل موفقیت در عملکرد بادشکن‌ها انتخاب درست فاصله بین آن‌ها هست. در این راستا رابطه ۷ ارائه شده است (Rafahi, 1999)

$$D = 595 \frac{h}{v} \cos \theta \quad (۷)$$

در این رابطه D طول حفاظتی بادشکن بر حسب متر و h ارتفاع بادشکن بر حسب متر و v سرعت باد در ارتفاع ۱۵ متری از سطح زمین بر حسب کیلومتر در ساعت است. θ

مثال ۹: اگر تجزیه سوپسترا (پیش ماده) در خاک از معادله سینتیکی مرتبه اول تبعیت کند چند درصد از آن پس از هفت روز در خاک باقی می ماند، ثابت معادله 0.12 day^{-1} است (Coyne & Thompson, 2006).

حل: معادله سینتیکی مرتبه اول به شکل نمایی به صورت رابطه ۱۰ و شکل خطی آن نیز به صورت رابطه ۱۱ است.

$$S_t = S_0 e^{-kt} \quad (10)$$

$$\ln S_t = \ln S_0 - k \quad (11)$$

اگر $S_0 = 100\%$ که مقدار سوپسترا در لحظه شروع است فرض کنیم و $k = 0.12 \text{ day}^{-1}$ آنگاه خواهیم داشت:

$$S_t = S_0 e^{-kt} \Rightarrow S_t = (100\%) e^{-(7 \text{ days})(0.12/\text{day})} \\ \Rightarrow S_t = 43\%$$

البته اگر مسئله از طریق شکل خطی شده معادله حل شود دوباره به همان عدد خواهیم رسید:

$$\ln S_t = \ln S_0 - k t \Rightarrow \ln S_t = \ln 100 - (7 \text{ days})(0.12 \text{ day}^{-1}) \\ \Rightarrow \ln S_t = 4.605 - 0.84 \Rightarrow \ln S_t = 3.765 \\ \Rightarrow S_t = 43\%$$

ریاضیات در بیولوژی خاک

در بیولوژی خاک روابط ریاضی برای محاسبه تعداد باکتری های رشد یافته در خاک یا محیط کشت در شرایط ایده آل، تعیین بیشینه نرخ رشد باکتری ها در محیط، تعیین ضریب عملکرد باکتری ها و نیز پیش بینی نرخ بقای ریزجانداران در محیط بکار می روند.

مثال ۱۰: اگر در یک محیط کشت هشت عدد باکتری کشت شود و زمان دو برابر شدن (t_d) یک ساعت باشد، پس از ۲۴ ساعت چه تعداد باکتری خواهیم داشت؟

حل: $N_0 = 8, t = 24 \text{ h}, t_d = 1 \text{ h} \Rightarrow N_t = N_0 \times 2^{t/t_d}$
 $2^{24/1} \Rightarrow N_t = 8 \times 2^{24/1} \Rightarrow N_t = 134217728$

مثال ۱۱: در صورتی که تجزیه سلولز از معادله سینتیکی مرتبه اول با ثابت سرعت 0.08 day^{-1} تبعیت کند، اگر ۱۰۰ گرم از آن به مدت یک هفته در خاکی انکوبه شود، چقدر سلولز در خاک باقی خواهد ماند؟ همچنین میزان سلولز معدنی شده را پس از هفت روز محاسبه کنید (Coyne & Thompson, 2006).

میلی متر بوده و قطر آن ها پس از تجمع در روی آسمانه گیاهی افزایش نیافته باشد.

حل: $C_c = (1 - 0.6)[\text{EXP}(1 - 0.34 \times 0.6)] = 0.51$

به زبان ساده پوشش گیاهی باعث کاهش ۵۱ درصدی فرسایش آبی شده است.

البته کاربرد ریاضیات در گرایش حفاظت خاک محدود به روابط ساده ریاضی ذکر شده در این چند مثال نیست. در مدل های پیش بینی فرسایش خاک از ریاضیات پیشرفته همچون انتگرال های چندگانه و روابط دیفرانسیل نیز استفاده می شود.

ریاضیات در شیمی و بیوشیمی خاک

مثال ۶: pH محلول 0.002M (مولار) اسید HCl را محاسبه کنید (Coyne & Thompson, 2006).

حل: با توجه به اینکه اسید کلریدریک اسید قوی بوده و تفکیک پروتون در آن به طور کامل اتفاق می افتد، لذا غلظت پروتون تقریباً برابر با 0.002M خواهد بود:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log[0.002] = 2.7$$

مثال ۷: pH محلول 10^{-8}M (مولار) اسید HCl محاسبه کنید (Sposito, 2016).

حل: لگاریتم منفی غلظت 10^{-8}M برابر هشت است اما pH محلول ۸ نخواهد بود. چون یونیزاسیون آب خالص تولید پروتون با غلظت 10^{-7}M خواهد کرد. لذا داریم:

$$\text{pH} = -\log(10^{-7} + 10^{-8}) = 6.96$$

مثال ۸: اگر یک هیدروکربن بر اساس معادله سینتیکی مرتبه صفر در خاک تجزیه شود، چقدر زمان می برد که ۷۵ درصد آن ناپدید شود، اگر نرخ تجزیه week^{-1} S_0 ۰/۱ باشد (Coyne & Thompson, 2006).

حل: معادله سینتیکی مرتبه صفر به صورت زیر است.

$$S_t = S_0 - kt \quad (9)$$

هست و در آن S_0 غلظت پیش ماده یا سوپسترا در زمان شروع و S_t غلظت همان پیش ماده در زمان t است. k هم ثابت سرعت تجزیه است. ۷۵ درصد تجزیه یعنی مقدار باقی مانده برابر ۲۵ درصد S_0 است با این توضیحات داریم:

$$S_t = S_0 - kt \Rightarrow 0.25 S_0 = S_0 - (0.1 S_0 \text{ week}^{-1})(t) \Rightarrow t = 7.5 \text{ weeks}$$

حل:

$$S_t = S_0 e^{-kt} \Rightarrow S_t = (100 \text{ g}) e^{-\left(\frac{0.08}{\text{day}}\right)(7 \text{ days})} \\ \Rightarrow S_t = 57 \text{ g}$$

این ۵۷ گرم میزان باقی‌مانده است، ولی معمولاً خاک‌شناسان علاقه‌مند هستند که بدانند چقدر از ماده آلی (سلولز) معدنی می‌شود تا اینکه چقدر باقی می‌ماند. سلولز معدنی (S_m) شده برابر با سلولز اولیه (S_0) منهای سلولز باقی‌مانده (S_t) است. با این توصیف مقدار S_m در هفت روز به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$S_m = S_0(1 - e^{-kt}) = (100 \text{ g})(1 - e^{-\left(\frac{0.08}{\text{day}}\right)(7 \text{ days})}) \\ \Rightarrow S_m = 42.9 \text{ g}$$

ریاضیات در حاصلخیزی خاک و توصیه کودی

در اوایل قرن بیستم، به خواست دولت آلمان در راستای گسترش کشت گندم، یکی از محققان برجسته مرکز تحقیقات کشاورزی آن کشور بنام میچرلیخ در بیش از دو هزار مزرعه زیر کشت گندم، رابطه مقادیر کود مصرفی با عملکرد گندم را بررسی و به این نتیجه رسید که در مقادیر اولیه کود مصرفی تولید به ازای هر واحد کود مصرفی، افزایش بیشتری دارد، اما هر چه مقدار کود مصرفی افزایش می‌یابد افزایش عملکرد کمتر می‌شود. بعدها این یافته بنام قانون بازده نزولی مشهور شد. معادله قانون بازده نزولی به شکل رابطه ۱۴ تعریف می‌شود.

$$y = A(1 - 10^{-cx}) \quad (14)$$

و در حالت لگاریتمی به صورت $\log(A - y) = \log A - C(x)$ بیان می‌شود. در این معادله y عملکرد

مورد انتظار، A حداکثر عملکرد یا محصول ممکن یا توان ژنتیکی گیاه و x میزان کود مصرفی و C نیز به ضریب میچرلیخ معروف است. یکی از اشکالات این معادله آن است که وقتی کود مصرف نشود ($x = 0$) عملکرد (y) هم صفر می‌شود، درحالی‌که در واقعیت چنین نیست. لذا همکار میچرلیخ، بری معادله اولیه را به شکل رابطه ۱۵ اصلاح کرد.

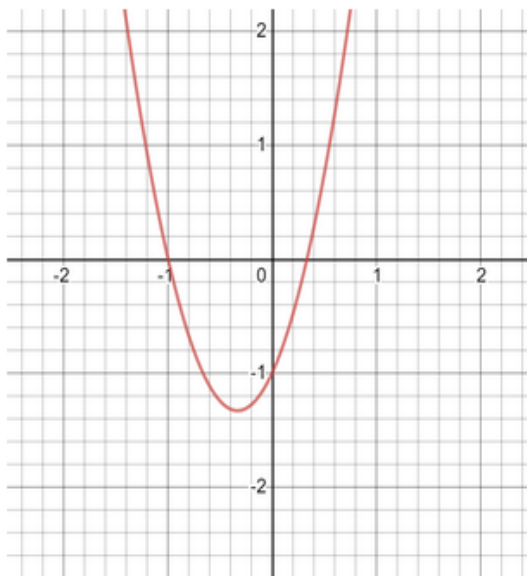
$$\log(A - y) = \log A - C_1 x - C_2 b \quad (15)$$

این معادله بنام معادله میچرلیخ-بری معروف است و b مقدار عنصر غذایی قابل استفاده خاک است. البته هنوز یکی از ایرادات اساسی این معادله یعنی عدم ورود به بحث مسمومیت عناصر پابرجا است (Havlin et al, 2017). امروزه می‌دانیم که با ادامه مصرف کودها عملاً رابطه بین عملکرد و کود از معادله درجه دوم یعنی رابطه ۱۶ تبعیت می‌کند.

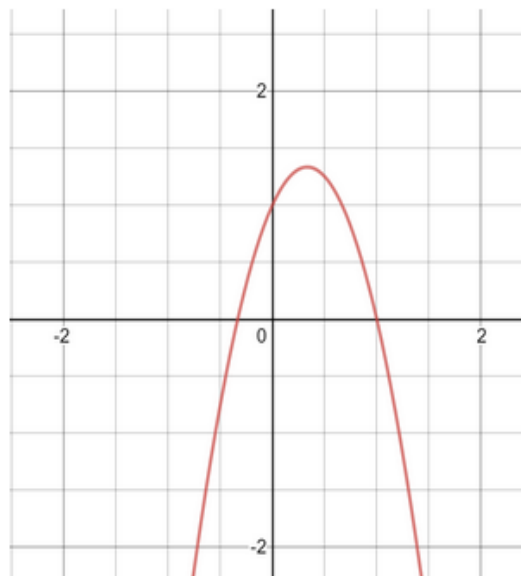
$$Y = ax^2 + bx + c \quad (16)$$

در این معادله علامت x^2 یعنی a اگر منفی باشد معادله دارای نقطه بیشینه یا ماکزیمم و در صورت مثبت بودن دارای نقطه کمینه یا مینیمم خواهد بود (شکل ۲). در نقاط بیشینه یا کمینه شیب منحنی یا $\frac{dy}{dx}$ برابر صفر است. از این نکته برای محاسبه مقدار کود لازم (x) برای کسب بیشینه عملکرد یا بیشینه سود اقتصادی استفاده می‌شود (Malakouti et al, 2006).

$$y = 3x^2 + 2x - 1$$



$$y = -3x^2 + 2x + 1$$



شکل ۲- معادله درجه دوم و نمایش نقاط کمینه و بیشینه منحنی

Figure 2- Quadratic equation and showing the minimum and maximum points of the curve

شش تن بر هکتار باشد، آنگاه سطح بحرانی پتاسیم خاک را برای رسیدن به عملکرد نسبی ۹۰ درصد محاسبه کنید. در صورت لزوم جرم خاک در هکتار را سه میلیون کیلوگرم فرض کنید (Malakouti et al, 2006).

$$\log(A - y) = \log A - C_1x - C_2b$$

$$x = 0 \quad \text{و} \quad C_2 = 0.001 \quad \text{و} \quad A = 6000 \frac{kg}{ha} \quad \text{و} \quad R_y = 600 \times \frac{90}{100}$$

$$\Rightarrow R_y = 5400 \frac{kg}{ha} \quad (\text{عملکرد نسبی مطلوب})$$

$$\Rightarrow \log(6000 - 5400) = \log 6000 - 0.001 \times b$$

$$\Rightarrow 2.778 = 3.778 - 0.001 b \Rightarrow b = 1000 \frac{kg K_2O}{ha}$$

$$\Rightarrow 3 \times 10^6 \frac{kg Soil}{ha} \sim 1000 kg K_2O$$

$$\Rightarrow 1 kg Soil \quad b = ? \quad \Rightarrow b = 333 \frac{mg K_2O}{kg Soil}$$

$$b = 333 \div 1.2 = 278 \frac{mg K}{kg Soil} = \text{سطح بحرانی}$$

مثال ۱۲: معادله میچرلیخ- بری برای عنصر پتاسیم بر اساس K_2O در یک منطقه زراعی کالیبره شده و ضریب مربوط به عنصر پتاسیم در خاک ۰/۰۰۱ تعیین شده است. اگر حداکثر عملکرد (محصول) گندم در این منطقه حل:

$$\frac{dy}{dx} = -0.004x + 0.85 = \frac{\$0.45lbN}{\$4.5/bu}$$

$$\Rightarrow -0.004x + 0.85 = 0.1 \Rightarrow x = \frac{0.75}{0.004}$$

مشاهده می‌شود که برای کسب بیشترین سود باید حدود ۲۸ کیلوگرم N بر هکتار کمتر مصرف شود و لذا همیشه بیشینه عملکرد برابر بیشینه سود حاصل از تولید محصول نیست و به قیمت کود و قیمت محصول بستگی دارد. اگر قیمت کود شیمیایی افزایش یابد اما قیمت گندم یا ذرت ثابت بماند، میزان کود مصرفی برای بیشترین کسب سود کاهش می‌یابد. در مقابل، اگر قیمت گندم یا ذرت افزایش یابد و قیمت کود ثابت بماند، مقدار کود شیمیایی مصرفی برای بیشترین کسب سود افزایش می‌یابد؛ اما اگر نسبت قیمت محصول و کود تقریباً ثابت بماند، یعنی هر دو افزایش یا کاهش یابد، تغییرات قیمت کود و محصول تأثیر خیلی کمی بر میزان کود مورد نیاز برای ماکزیمم سوددهی خواهد داشت. البته باز نوسانات شدید مقادیر کود مورد نیاز را تغییر خواهد داد.

مثال ۱۴: شیب منحنی مربوط به معادله میچرلیخ،

$$y = A(1 - 10^{-cx}) \text{ در مبدأ مختصات چیست؟}$$

حل: در ریاضیات عمومی دو قانون وجود دارد که بدون توجه به آن‌ها حل این مسئله میسر نیست که این دو، قانون مشتق برای حاصل ضرب دو تابع و قانون مشتق برای تابع لگاریتمی است.

$$۱) y = u \ln u \rightarrow y' = u' \ln u + u' / u \times u = u' \ln u + u'$$

$$۲) y = a^u \rightarrow \ln y = u \ln a \Rightarrow y'/y = u' \ln a$$

$$\Rightarrow y' = (u' \ln a) a^u$$

حال با توجه به این دو اصل داریم:

$$y = A(1 - 10^{-C_x}) = A - A \times 10^{-C_x} \Rightarrow y' = 0 - [-A C 10^{-C_x}]$$

$$\Rightarrow y' = A C 10^{-C_x}$$

$$y = 10^{-C_x}$$

از طرفین لگاریتم می‌گیریم

$$\rightarrow \log y = \log 10^{-C_x} \rightarrow \log y = -C_x \log 10$$

مثال ۱۳: رابطه بین عملکرد (محصول) گندم با میزان نیتروژن مصرفی در یکی از مناطق ایالات متحده آمریکا به صورت $Y = -0.002x^2 + 0.85x + 70$ به دست آمده است که در آن Y عملکرد دانه (bu/a) و x مقدار کود نیتروژن (lb/a) است. مقدار نیتروژن مورد نیاز برای حصول بیشینه (ماکزیمم) عملکرد و بیشینه سود اقتصادی را محاسبه کنید. هر پوند (lb) نیتروژن در این منطقه ۰/۴۵ دلار آمریکا (\$) و هر بشکه محصول (bu) برابر ۴/۵ دلار (\$) ارزش دارد (Havlin et al, 2017).

حل: الف) میزان کود مصرفی (در این مثال کود نیتروژن) برای حاصل شدن ماکزیمم یا بیشینه عملکرد (Y) نقطه‌ای در منحنی عملکرد در مقابل کود مصرفی است که شیب منحنی صفر شود. با این توضیح داریم:

$$\frac{dy}{dx} = -2 \times 0.0020 x + 0.85$$

(مشتق معادله درجه دوم):

$$\Rightarrow \frac{dy}{dx} = 0 \Rightarrow -0.004x \times 0.85 = 0 \Rightarrow x$$

$$= 212 \frac{lbN}{a}$$

توجه شود که پوند انگلیسی که هنوز در آمریکا رایج بوده و در کتاب‌های معتبر حاصلخیزی خاک استفاده می‌شود برابر $\frac{kg}{2.2}$ یا $\frac{1 ha}{2.47}$ یا ۴۵۴/۵ گرم است. همچنین ایکر (acre) برابر $\frac{1 ha}{2.47}$ یا ۴۰۴۸ مترمربع است. اگر هر پوند بر ایکر را در ۱/۱۲ ضرب کنیم تبدیل به $\frac{kg}{ha}$ خواهد شد:

$$\frac{lb}{a} \times 1.12 = \frac{kg}{ha}$$

با این توضیحات در این مسئله برای ماکزیمم عملکرد باید $212 \frac{lb N}{a} \times 1.12$ یا $237.4 \frac{kg}{ha}$ نیتروژن مصرف شود.

محاسبه میزان نیتروژن برای سود بیشینه یا ماکزیمم

به دلیل وابستگی سود به قیمت کود و قیمت فروش محصول، کود مصرفی برای سود بیشتر برابر با کود مصرفی برای بیشترین عملکرد نیست. برای این محاسبه اولین مشتق تابع پاسخ را برابر با نسبت هزینه کود (در این مسئله نیتروژن) به روی قیمت محصول قرار می‌دهیم:

است، آیا میانگین مقدار نیتروژن (N) در خاک مزرعه A از خاک مزرعه B متفاوت است؟

(Coyne & Thompson, 2006)

Soil A: 18,16,18,15,19 Soil B: 17,17,18,14,19

حل: فرض صفر (H_0) را چنین در نظر می‌گیریم که مقدار نیتروژن در هر دو خاک برابر است. برای رد یا قبول این فرض مقدار معناداری α را 0.05 در نظر می‌گیریم. ($\alpha = 0.05$). در ابتدا اعداد، جهت محاسبه راحت پارامترهای مورد نیاز در جدول زیر سامان‌دهی می‌شوند.

Sample	Soil A		Soil B	
	X_A	X_A^2	X_B	X_B^2
1	18	324	17	289
2	16	256	17	289
3	18	324	18	324
4	15	225	14	196
5	19	361	19	361

$$\bar{X}_A = \frac{86}{5} = 17.2, \bar{X}_B = \frac{85}{5} = 17.0$$

$$S_A^2 = \frac{\sum X_A^2 - \frac{(\sum X_A)^2}{n}}{n-1}, \quad S_B^2 = \frac{\sum X_B^2 - \frac{(\sum X_B)^2}{n}}{n-1}$$

$$= \frac{1490 - \frac{(86)^2}{5}}{5-1}, \quad = \frac{1459 - \frac{(85)^2}{5}}{5-1}$$

$$\Rightarrow S_A^2 = 2.7, \quad S_B^2 = 3.5$$

در ادامه واریانس ادغام‌شده یا مشترک^۷ محاسبه می‌شود:

$$Sp = \frac{\sqrt{(n_A-1)S_A^2 + (n_B-1)S_B^2}}{\sqrt{n_A + n_B - 2}} = \frac{\sqrt{(5-1)2.7 + (5-1)3.5}}{\sqrt{5+5-2}} = 1.76$$

$$\Rightarrow t = \frac{\bar{X}_A - \bar{X}_B}{Sp \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{17.2 - 17.0}{1.76 \sqrt{\frac{1}{5} + \frac{1}{5}}} = 0.18$$

چون $0.18 < 1.860$ لذا می‌توان فرض صفر را پذیرفت و قبول کرد که مقدار N در خاک A برابر خاک B است.

$$\frac{\dot{y}}{y} = -C \rightarrow \dot{y} = -C_y \rightarrow \dot{y} = -C10^{-Cx}$$

شیب در مبدا

$$x \rightarrow 0 \rightarrow \dot{y} = (-C10^{-Cx_0}) \times (-A) = AC$$

جواب AC است. A حداکثر توان ژنتیکی گیاه برای تولید C و ضریب معادله میچرلیخ است. شیب در مبدأ یعنی در مقادیر بسیار کم مصرف کود سرعت رشد گیاه تابع حاصل ضرب A (توان ژنتیکی) و ضریب C میچرلیخ است. مثال ۱۵) در دو مزرعه A و B هر کدام پنج بار نیتروژن کل خاک (mg kg^{-1}) اندازه‌گیری و اعداد زیر به دست آمده

اگر با درجه آزادی هشت به جداول آماری مراجعه شود و با فرض ($\alpha = 0.05$) مشاهده خواهد شد که t جدول 1.860 است.

⁷ -pooled variance (sp)

نتیجه‌گیری

در این مقاله با ارائه چندین مسئله ساده و حل آن‌ها نشان داده شد که دانشجوی علوم خاک حین تحصیل و پس از فارغ‌التحصیلی به‌عنوان یک خاک‌شناس حرفه‌ای، جهت موفقیت در این علم باید به روابط ریاضی پایه تسلط کامل داشته باشد. نشان داده شد که جهت اندازه‌گیری و توصیف ویژگی‌های خاک و پیش‌بینی پدیده‌ها نیازمند روابط ریاضی هستیم و به‌کارگیری ریاضیات در تمام گرایش‌های علوم خاک ضرورت دارد. قدرت درک مفاهیم پایه ریاضی این است که به ما امکان می‌دهد تا در بسیاری از سامانه‌های مختلف خاک برون‌یابی کنیم و آن سامانه‌ها را با عبارات ساده ریاضی توصیف کنیم. امید از تدوین این مقاله آن است که مدرسين ریاضی دانشجویان علوم خاک، مثال‌های بیشتری از مسائل کاربردی علوم خاک را در تدریس خود بگنجانند و دانشجویان علوم خاک با انگیزه بیشتری به مهارت‌های ریاضی خود بیافزایند و ضمن اعتماد به نفس برای ادامه تحصیل و کار حرفه‌ای در خاک‌شناسی، توشه کافی از ریاضیات به همراه داشته باشند. همچنین امید است که مجریان تصمیم‌گیر در مورد دروس ارائه‌شده به

دانشجویان علوم خاک موافق این عقیده باشند که علاوه بر ریاضیات عمومی، امروزه دانشجوی علوم خاک نیازمند ریاضیات پیشرفته و آشنایی با معادلات دیفرانسیل است.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از سردبیر محترم مجله جناب آقای دکتر بشارتی، اعضای محترم هیات تحریریه و کلیه داوران محترم این مقاله به دلیل ارایه نکته نظرات ارزشمند تشکر می‌کنم. از دوست و همکار ارجمندم جناب آقای دکتر محمد حسین محمدی استاد محترم دانشگاه تهران به دلیل ارایه پیشنهادات ارزشمند تشکر می‌کنم. از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تبریز سپاسگزارم و در نهایت از کلیه مدرسان درس ریاضیات در دانشکده‌های کشاورزی به ویژه گروه علوم خاک تشکر می‌کنم.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافی وجود ندارد و این مسئله مورد تأیید نویسنده مقاله است.

References

1. Bybordi, M., 1993. Soil Physics. Tehran University Press. 5th Ed. 671p. (In Persian)
2. Coyne, M.S., and J.A. Thompson., 2006. Math for Soil Scientists, 1st Ed. Thomson Press, Canada, 281p.
3. Havlin, J.L., Tisdale, S.L. Nelson, W.L. & Beaton, J.D., 2017. Soil Fertility and Fertilizers, an Introduction to Nutrient Management, 8th Ed. Pearson India Education Services . Chennai. Delhi, 520p.
4. Malakouti, M.J., Karimian, N. & Keshavarz, P., 2006. Diagnosis and Recommendation Integrated System for Balanced Fertilization. Sixth Edition. Tarbiat Modarres University Press. 6th, 222p. (In Persian)
5. Malakouti, M.J., 2018. Optimal Fertilizer Use Recommendations for Yield Increase and Production of Healthy Crops. 4th Ed. Moballegan Press. 457p. (In Persian)
6. Hanks, R. J., & Ashcroft G.A., 1980. Applied Soil Physics. 2nd Ed. Springer New York, 214p.
7. Sposito, G., 2016. The Chemistry of Soils. 2nd Ed. Oxford University Press. UK, 330p.
8. Singer, M., & Munns, N.D., 2005. Soils an Introduction. 6th Ed. Pearson Press, USA, 630p.
9. Rafahi, GH. 1999. Wind Erosion and Conservaion. 1st Ed. Tehran University Press. 320p. (In Persian)
10. Tazikeh, H., Pashaei Aval, A., Khormali, F and Ayoubi, Sh., 2013. The origin and morphology of soils formed on limestone rocks in Aq- Emam area (northeast Golestan province). Journal of Water and Soil Conservation. 20(6)1-24. (In Persian). https://jwsc.gau.ac.ir/issue_151_305.html

کوددهی پتاسیم در باغ‌های مرکبات

علی اسدی کنگرشاهی* و نگین اخلاقی امیری

دانشیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،

ساری، ایران. kangarshahi@gmail.com

استادیار بخش علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،

ساری، ایران. neginakhlahi@yahoo.com

دریافت: آبان ۱۴۰۲ و پذیرش: تیر ۱۴۰۳

چکیده

هدف از این بررسی، ارزیابی مدیریت کوددهی پتاسیم برای درختان مرکبات بود. این ارزیابی می‌تواند به شناخت بهتر نیاز پتاسیمی، مقدار کوددهی، زمان مناسب کوددهی، روند جذب و انتقال پتاسیم در این درختان منجر شود که در بهینه‌سازی توصیه‌های کودی پتاسیم بسیار مؤثر است. به‌طور میانگین در درختان یک باغ بارده یک هکتاری مرکبات حدود ۳۰۰ تا ۷۵۰ کیلوگرم پتاسیم وجود دارد که حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد آن در برگ‌ها و ۴۵ تا ۶۰ درصد آن در میوه‌های این درختان است. بر اساس نتایج بلندمدت آزمایش‌های کوددهی مرکبات در ایران و برخی مناطق مختلف جهان برای پایداری تولید، بهبود عملکرد و کیفیت میوه، رشد مناسب و سلامت درختان مصرف حدود ۵۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم پتاسیم (K_2O) در هکتار در سال نیاز است که حدود ۵۰ تا ۷۰ درصد از این پتاسیم مصرفی در تولید میوه‌ها مشارکت دارد، حدود پنج درصد آن در ساختار درختان رسوب و ذخیره می‌شود و تعادل بین پتاسیم مصرفی و جذب شده توسط درختان با واکنش‌های جذبی و واجدبی با سطوح تبادلی خاک ایجاد می‌شود. نتایج پژوهش‌های مختلف نشان داده است که بیشترین نیاز و راندمان جذب پتاسیم در درختان مرکبات در مرحله دوم رشد میوه رخ می‌دهد؛ اما در زمان حداقل فعالیت (زمستان)، شروع فصل رشد و پس از برداشت، راندمان جذب بسیار کم است؛ بنابراین در زمانی که جذب پتاسیم از خاک هنوز بسیار کم است ذخیره پتاسیمی در بافت‌های قدیمی‌تر بیشترین نقش در رشد و توسعه برگ‌ها، سرشاخه‌ها، گل‌ها و میوه‌چه‌ها در اوایل فصل رشد (شروع رشد سرشاخه‌ها، گلدهی و تشکیل میوه) دارند. بر این اساس محلول‌پاشی کودهای پتاسیمی هم نقش مهمی در تنظیم عرضه پتاسیم به اندام‌های جدید در حال رشد و توسعه، به‌ویژه در شروع فصل رشد دارد. بنابر آنچه گفته شد هدف از کوددهی پتاسیم تضمین پایداری تولید، افزایش عملکرد، افزایش کیفیت انبارمانی و کاهش ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی میوه‌ها است و کوددهی خاکی قبل از گلدهی و تشکیل میوه تأثیری در رشد سرشاخه‌های بهاره، گلدهی و تشکیل میوه در سال جاری ندارد. لذا توصیه می‌شود که باغ‌داران، کوددهی خاکی قبل از گلدهی و تشکیل میوه را متوقف نمایند و به‌تدریج، مقدار مصرف (درصدی از نیاز سالانه) را متناسب با فنولوژی رشد میوه از اواسط تا اواخر مرحله اول شروع نمایند و در مرحله دوم رشد میوه به حداکثر مقدار مصرف ارتقا داده شود.

واژه‌های کلیدی: تغذیه پتاسیم، فنولوژی رشد میوه، کودهای پتاسیم، نیاز پتاسیم

* - آدرس ایمیل نویسنده مسئول: kangarshahi@gmail.com

مقدمه

به‌طورکلی مدیریت مصرف پتاسیم در درختان میوه از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است و مصرف بهینه آن برای افزایش عملکرد، بهبود اندازه و کیفیت میوه ضروری است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۲). پتاسیم به مقدار زیاد در برگ و بافت میوه مرکبات وجود دارد (اوبرضا و مورگان، ۲۰۱۱). پتاسیم در درختان مرکبات بسیار متحرک است و به‌آسانی از سلول به سلول دیگر یا از یک اندام به اندام دیگر حرکت می‌کند؛ اما پتاسیم از برگ‌های پیر به‌آسانی و با راندها بالا به تنه و پوست درختان برگشت داده نمی‌شود. به‌طورکلی حدود ۳۰ درصد از پتاسیم برگ‌ها در هنگام پیری و ریزش، به تنه و پوست درختان برگشت داده می‌شود؛ بنابراین پتاسیم چندان در فصل زمستان در اندام‌های درختان ذخیره نمی‌شود. لذا درختان در اوایل فصل از ذخیره کافی پتاسیم برای تقسیم سلولی میوه‌چه‌های جوان و دیگر اندام‌های مرستمی برخوردار نیستند. از طرف دیگر، شدت جذب پتاسیم از ریشه و انتقال آن به اندام هوایی درختان مرکبات، متناسب با شدت رشد رویشی درختان است و معمولاً در اوایل فصل رشد، حداقل است و در اوایل فصل تابستان به حداکثر می‌رسد (اوبرضا و مورگان، ۲۰۱۱؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۳). به‌طورکلی غلظت پتاسیم برگ از ۱/۲ تا ۱/۷ درصد برای تولید مرکبات مناسب است و معمولاً عملکرد و اندازه میوه مرکبات در غلظت‌های پتاسیم حدود ۰/۵ تا ۰/۸ درصد کاهش می‌یابد کمبود پتاسیم در اواخر فصل رشد، موجب افزایش حساسیت درختان مرکبات به سرمای زمستان می‌شود. در مقابل، مصرف زیاد کود پتاسیم نیز مقاومت به سرمای درختان مرکبات را

افزایش نمی‌دهد (تاکر و همکاران، ۱۹۹۵؛ مصطفی و صالح، ۲۰۰۶).

نتایج پژوهش‌های مختلف نشان داده است که عوامل متعددی در اندازه و کیفیت میوه مرکبات مؤثر هستند یکی از مهم‌ترین این عوامل، مدیریت کوددهی به‌ویژه کوددهی پتاسیم است. افزایش کوددهی پتاسیم موجب افزایش اندازه میوه، افزایش ضخامت پوست و اسیدیته عصاره می‌شود (بومن، ۱۹۹۸ و ۱۹۹۹؛ بومن و همکاران، ۲۰۰۸؛ ارنر و همکاران، ۱۹۹۳). کمبود پتاسیم موجب کاهش میزان فتوسنتز برگ، افزایش حساسیت درختان به تنش‌های زنده و غیرزنده، کاهش تولید کربوهیدرات‌ها، کاهش تشکیل میوه، تشدید ریزش میوه، افزایش چین خوردگی آلبو و افزایش پارگی پوست میوه مرکبات می‌شود (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۰). همچنین کمبود پتاسیم موجب کاهش عملکرد و کیفیت میوه مرکبات می‌شود. کاهش غلظت پتاسیم به کمتر از حد مطلوب در درختان مرکبات، ابتدا موجب کاهش رشد رویشی و زایشی (بدون بروز علائم کمبود ظاهری) می‌شود. عدم مصرف مناسب پتاسیم در درختان مرکبات با عملکرد زیاد می‌تواند موجب بروز علائم کمبود در اواخر تابستان و اوایل پاییز شود. با کمبود پتاسیم در برگ، ابتدا علائم برگ‌ها به شکل زرد شدن نوک و حاشیه برگ‌های مسن ظاهر می‌شود (شکل ۱) و سپس توسعه می‌یابد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۳)؛ بنابراین هدف این مقاله، درک بهتر اهمیت پتاسیم، ارزیابی پاسخ درختان مرکبات به کوددهی پتاسیم، شناخت جذب و انتقال پتاسیم و مقدار کوددهی، زمان مناسب کوددهی، روش کوددهی پتاسیم برای درختان مرکبات است که می‌تواند در مدیریت و بهینه‌سازی توصیه‌های کودی پتاسیم بسیار مؤثر باشد.



شکل ۱- علائم کمبود پتاسیم در برگ درختان مرکبات (ارنر و همکاران، ۱۹۹۹)

Fig 1- Symptoms of potassium deficiency in the leaves of citrus trees (Erner et al., 1999)

پتاسیم در خاک

به‌طور کلی شعاع یون پتاسیم دهیدراته (آبگیری شده) حدود $0/۱۳۳$ نانومتر است و تعداد اکسیژن‌های اطراف یون پتاسیم دهیدراته (دارای آب) از ۸ تا ۱۴ عدد تغییر می‌کند لذا پیوندهای پتاسیم- اکسیژن بسیار ضعیف بوده و انرژی دهیدراته آن‌ها، کمتر از انرژی دهیدراته منیزیم و کلسیم است بنابراین نسبت غلظت محلول به غلظت تبدیلی آن در خاک، بیشتر از کاتیون‌های منیزیم و کلسیم است. پتاسیم به مقدار زیادی در خاک وجود دارد اما بیشتر از ۹۰ درصد آن به‌طور نسبی برای درختان میوه به‌صورت آنی غیرقابل استفاده است زیرا به‌طور عمده، توسط ذرات رس (میکا و دیگر کانی‌ها) تثبیت شده است. بیشتر پتاسیم قابل استفاده خاک در سطح ذرات رس یا هوموس جذب شده است و بخش کوچکی از پتاسیم به شکل محلول در خاک وجود دارد و به‌طور کلی، این شکل‌ها با هم در حال تعادل هستند. هم‌زمان که پتاسیم محلول خاک به‌وسیله درختان جذب می‌شود این پتاسیم می‌تواند توسط یون‌های جذب سطحی شده جبران شود و پتاسیم تبدیلی نیز می‌تواند به‌تدریج به‌وسیله شکل‌های غیرقابل استفاده‌تر به آرامی جایگزین شود؛ بنابراین در برخی خاک‌ها، درختان میوه بدون مصرف پیوسته پتاسیم می‌توانند محصول خوبی تولید کنند (باشور و سایه، ۲۰۰۷؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۳).

پتاسیم در خاک معمولاً به پنج شکل وجود دارد که شامل پتاسیم محلول، پتاسیم قابل تبادل، پتاسیم به‌سختی

قابل تبادل، پتاسیم غیر قابل تبادل و کانی‌های پتاسیم است. پتاسیم محلول خاک، منبع قابل استفاده آنی پتاسیم برای درختان میوه است و مقدار آن به مدیریت کوددهی، مقدار خروج پتاسیم از خاک در سال قبل (با برداشت میوه)، سرعت هوازدگی خاک و عوامل مؤثر بر ثابت تعادل بین پتاسیم محلول و جذب سطحی شده بستگی دارد. پتاسیم در محلول خاک، به‌طور عمده به شکل یونی (K^+) است و مقداری نیز به شکل کمپلکس‌های جفت یونی یا کمپلکس‌های آلی محلول وجود دارد که مقدار آن‌ها نسبت به شکل یونی بسیار کم است. دامنه غلظت پتاسیم قابل تبادل در خاک (استخراج شده با محلول استات آمونیوم نرمال)، از ۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است. به‌طور کلی دامنه غلظت ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌گرم پتاسیم قابل تبادل در کیلوگرم خاک برای رفع نیاز درختان بارده مرکبات در خاک‌های آهکی کفایت می‌کند، اما این دامنه کفایت در خاک‌های بدون آهک و اسیدی حدود ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است (جدول ۱). تعادل بین پتاسیم محلول و قابل تبادل سریع است و معمولاً در چند دقیقه، کامل می‌شود؛ اما تعادل بین پتاسیم به‌سختی قابل تبادل و پتاسیم قابل تبادل یا محلول، بسیار کندتر بوده و امکان دارد به روزها یا حتی ماه‌ها زمان نیاز داشته باشد. بیشتر پتاسیم غیرقابل تبادل، بین صفحات رس در موقعیت‌های قابل دسترس برای تبادل با کاتیون‌های محلول قرار دارد و با جذب پتاسیم محلول و قابل تبادل توسط درختان، پتاسیم غیر قابل تبادل به شکل‌های قابل تبادل و محلول تبدیل می‌شود. در مقابل، با

مصرف کودهای پتاسیمی در خاک، پتاسیم از شکل محلول و قابل تبادل به شکل‌های غیر قابل تبادل تبدیل خواهد شد. البته تبدیل از شکل غیر قابل تبادل به قابل تبادل، همیشگی نیست و در برخی خاک‌ها بسیار کند و ناچیز است. در مقابل، با کوددهی پتاسیم بخشی از پتاسیم به محل‌های قابل تبادل و بخشی دیگر به محل‌های غیر قابل تبادل می‌رود و ممکن است پتاسیم وارد شده به محل‌های غیرقابل تبادل، به آسانی نتواند با جذب پتاسیم توسط ریشه و کاهش پتاسیم محلول خاک به محلول خاک وارد شود (منگل و کربای، ۲۰۰۱؛ باشور و سایه، ۲۰۰۷؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۳).

تحرک پتاسیم در خاک و انتقال آن به سطح ریشه

پتاسیم موجود در خاک و هر کود پتاسیمی (سولفات پتاسیم، کلرید پتاسیم، نترات پتاسیم و ...) که به خاک منطقه ریشه درختان اضافه شود برای جذب، ابتدا باید حل شده و وارد محلول خاک شود و سپس همراه با جریان آب به سطح ریشه منتقل گردد. حرکت آب به سطح ریشه تحت تأثیر اختلاف پتانسیل آبی خاک اطراف ریشه و پتانسیل آبی سطح ریشه است. برای ایجاد و تشدید این اختلاف پتانسیل آبی، وجود ریشه‌ها و برگ‌های فعال و مؤثر ضروری است. تبخیر و تعرق از برگ‌ها موجب ایجاد کشش و حرکت جریان آب در آوندهای چوبی می‌شود که در نهایت به سلول‌های سطح ریشه می‌رسد و موجب کاهش پتانسیل آب در سطح ریشه شده و آب از خاک اطراف ریشه (با پتانسیل آبی بیشتر) به سطح ریشه (با پتانسیل آبی کمتر) منتقل می‌شود. همراه با حرکت و انتقال آب به سطح ریشه، عناصر غذایی محلول در آن (به‌ویژه پتاسیم) نیز به سطح ریشه منتقل می‌شوند. همچنین در خاک‌های با بافت سنگین و خاک‌های دارای رس‌های تثبیت کننده پتاسیم، انتقال پتاسیم همراه با جریان آب به سطح ریشه به تنهایی نمی‌تواند نیاز درختان را تأمین کند؛ بنابراین بخشی از نیاز پتاسیمی درختان از طریق انتشار به سطح ریشه منتقل می‌شود که تحت تأثیر اختلاف غلظت آن بین

محلول خاک منطقه نزدیک ریشه و سطح ریشه است. برای ایجاد و تشدید این اختلاف غلظت و انتشار به سطح ریشه، وجود ریشه‌ها در حال رشد و فعال ضروری است. به‌طورکلی از علائم شروع فعالیت مجدد درختان مرکبات، رشد سرشاخه‌های سال جاری است که در منطقه شمال کشور رشد مجدد سرشاخه‌ها عمدتاً از اواسط فروردین ماه شروع شده و در اواسط تا اواخر اردیبهشت‌ماه کامل می‌شود؛ بنابراین در مرکبات شمال شروع جذب عناصر غذایی از اواسط فروردین‌ماه با حداقل راندمان شروع می‌شود و سپس افزایش می‌یابد و در اوایل تا اواسط تابستان (با توجه به نوع رقم) به حداکثر می‌رسد. در بیشتر مناطق جنوب کشور، رشد مجدد سرشاخه‌ها از اوایل تا اواخر اسفندماه شروع و در اواخر فروردین‌ماه کامل می‌شوند؛ بنابراین جذب و انتقال عناصر به سطح ریشه با راندمان حداقلی از اسفندماه شروع و در فروردین و اردیبهشت به حداکثر می‌رسند (اسدی کنگرشاهی، ۱۳۹۸؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۳).

پتاسیم در درختان مرکبات

پتاسیم، به مقدار زیاد در برگ، بافت‌های رویشی و میوه درختان مرکبات وجود دارد (جدول‌های ۲، ۳ و ۴). اگرچه یکی از وظایف پتاسیم، فعال‌سازی آنزیم‌ها است اما مقدار کمی از پتاسیم، در مولکول‌های کمپلکس وجود دارد و بیشتر آن به شکل یونی، به‌عنوان یون محلول برای حفظ تورژسانس سلول عمل می‌کند که شامل سلول‌های جوان در حال رشد و همچنین سلول‌های نگهبان است که باز و بسته شدن روزنه‌ها را کنترل می‌کنند. پتاسیم در درختان مرکبات بسیار متحرک بوده و به‌آسانی به سلول وارد یا از آن خارج می‌شود یا از یک اندام به اندام دیگر حرکت می‌کند. شدت جذب پتاسیم در درختان مرکبات، متناسب با شدت رشد رویشی درختان است و در اوایل فصل تابستان به حداکثر می‌رسد. پتاسیم در بافت میوه درختان تجمع می‌یابد و نقش اساسی در رشد میوه دارد. کمبود پتاسیم، اندازه میوه را به میزان زیادی کاهش می‌دهد.

مهم‌ترین علائم ظاهری کمبود پتاسیم در درختان مرکبات
(اسدی کنگرشاهی، ۱۳۹۸؛ سرواستاوا، ۲۰۱۳):

علائم ابتدا با زرد شدن نوک و حاشیه برگ‌ها شروع می‌شود سپس در نوک و حاشیه‌ها توسعه می‌یابد. بخش‌های مرده یا لکه‌ها ابتدا در برگ‌های مسن‌تر ظاهر می‌شود. به‌طور کلی جابجایی و انتقال پتاسیم از برگ‌های بالغ و ورود آن به برگ‌های جوان و دیگر اندام‌های مریستمی در حال رشد، موجب زرد شدن برگ‌ها می‌شود و در کمبود شدید، قهوه‌ای شدن (بافت مردگی) برگ‌ها رخ خواهد داد. علائم اولیه اغلب با توقف رشد سرشاخه‌ها شروع می‌شود و سپس سرشاخه‌ها تنک و برگ‌ها تا اندازه ای برنزه شده و با توسعه کمبود برگ‌ها ظاهری مات (درخشش یا شفافیت طبیعی کم) خواهند داشت.

برگ‌ها اغلب چروکیده و پیچ می‌خورند، رشد شوت‌های انتهایی جدید ضعیف شده و به علت فقدان قدرت مکانیکی به حالت خمیده (S شکل) ظاهر می‌شوند. کمبود پتاسیم موجب کاهش فرآیند چوبی شدن دستگاه آوندی خواهد شد و در کمبود شدید، خم شدن سرشاخه‌ها و آسیب دستگاه آوندی افزایش می‌یابد.

کاهش رشد و اندازه برگ

زیادی ریزش برگ در بهار پس از گلدهی

پیچ‌خوردگی و تاب برداشتن برگ‌ها به طرف سطح پایین برگ (پیچ‌ها، کلماتین‌ها و لیمو).

کاهش تشکیل میوه، تعداد میوه و عملکرد

کاهش اندازه میوه، نازک و صاف شدن پوست میوه.

کاهش مواد جامد محلول (TSS)، اسیدیته و ویتامین C در آب میوه

افزایش ترک خوردن یا شکاف خوردن میوه.

افزایش چین‌خوردگی پوست میوه‌ها (کریزینگ) به‌ویژه در نارنگی‌ها

افزایش ریزش میوه (به‌ویژه میوه‌های ریزتر) قبل از بلوغ و قبل از برداشت

افزایش درصد پوسیدگی میوه‌ها در انبار (کاهش زمان انبارمانی)

مهم‌ترین علائم ظاهری زیادی پتاسیم در درختان مرکبات
(اسدی کنگرشاهی، ۱۳۹۸؛ سرواستاوا، ۲۰۱۳):

افزایش اندازه میوه (شکل ۲)

ضخیم و خشن شدن پوست میوه

سنگ‌پایی شدن میوه به‌ویژه در نارنگی‌های انشو، کلماتین -

ها، پیچ‌ها و ... (شکل ۳)

کاهش عصاره میوه

کاهش کیفیت و رنگ عصاره میوه

کاهش کیفیت رنگ پوست میوه به‌ویژه در پرتقال‌های ناول

(لیمویی شده رنگ میوه).

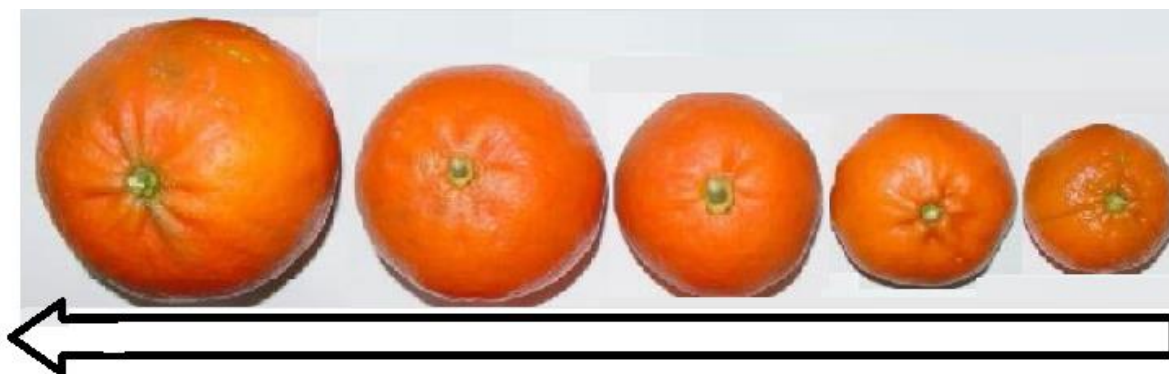
تولید میوه‌های با پوست خشن و میزان عصاره کم

جدول ۱ - راهنمای تفسیر نتایج تجزیه پتاسیم خاک برای درختان مرکبات در خاک‌های آهکی (اسدی کنگرشاهی، ۱۳۹۸)

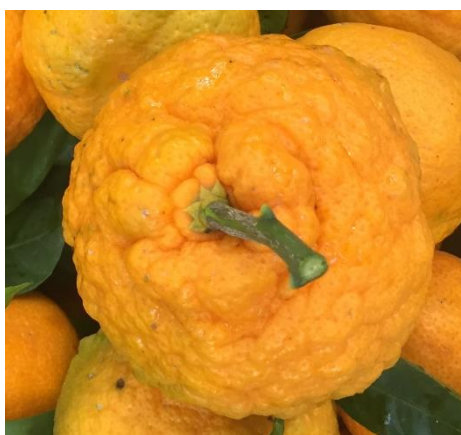
Table 1. Guidelines for interpretation of soil analysis data for citrus trees in calcareous soils trees

(Asadi Kangarshahi, 2019)

عنصر element	کمبود Deficient	کم Low	مطلوب Optimum	زیاد High	خیلی زیاد Excess
میلی گرم در کیلوگرم mg/kg					
پتاسیم potassium (استات آمونیم) (Ammonium acetate)	<100	100-200	200-300	300-500	>500



شکل ۲- تأثیر مصرف پتاسیم در اندازه میوه (ارنر و همکاران، ۱۹۹۳)
Fig 2- Effect of potassium application on fruit size (Erner et al., 1993)



شکل ۳- تأثیر مصرف زیادی پتاسیم در سنگ‌پایی شدن میوه (اسدی کنکرشاهی، ۱۴۳۹)
Fig 3- The effect of high application of potassium on peel thickness of citrus fruit (Asadi Kangarshahi, 2019)

جدول ۲- دامنه مطلوب پتاسیم (درصد) در برگ برخی ارقام مختلف مرکبات (شاخه‌های انتهایی میوه‌دار)

Table 2- Optimum range of potassium (%) in the leaves of some different citrus cultivars (fruiting branches)

عنصر غذایی	نارنگی‌های	پرتقال‌های	پرتقال‌های خونی	نارنگی‌های	پرتقال‌های	گریپ‌فروت	لیموها
Nutrient	انشو	ناول	Blood oranges	کلمانتین	ناول	grapefruit	lemons
	Satsuma mandarins	Navel oranges		Clementine tangerines		Valencia oranges	
Potassium (%)	0.9-1.3	0.7-1.5	0.8-1.7	0.9-1.3		0.95-1.5	0.8-1.9

جدول ۳- غلظت پتاسیم (درصد بر اساس وزن خشک) در اندام‌های مختلف درختان مرکبات

Table 3- Potassium concentration in dry matter from various parts of citrus trees

اندام درخت	برگ‌های جوان	برگ‌های	سرشاخه‌ها	بازوها	تنه	طوقه	ریشه‌های	ریشه‌های فیبری
Tree components	Immature leaves	مسن	Twigs	Limbs	اصلی	Taproot	چوبی	Fibrous roots
غلظت (درصد)	1.4	1.01	0.41	0.29	0.28	0.26	0.47	0.98
Concentration (%)								

جدول ۴- مقدار پتاسیم در میوه برخی ارقام مرکبات

Table 4- Potassium content in the fruit of some citrus varieties

رقم Variety	کل میوه Whole fruit	پوست Peel	بخش خوراکی Pulp
درصد بر اساس وزن خشک (%) Dry weight (%)			
پرتقال تامسون ناول Tamson navel orange	1.21	0.48	1.40
نارنگی انشو Satsuma mandarin	1.07	0.63	1.13
لیمو lemon	0.96	0.58	1.03
گریپ فروت grapefruit	1.34	0.67	1.52

پاسخ درختان مرکبات به کوددهی پتاسیم

گزارش‌های اسدی کنگرشاهی (۱۳۹۸) نشان داد که بین غلظت پتاسیم برگ و عملکرد درختان نارنگی انشوی میاگاوا، همبستگی مثبت معنی‌داری ($R^2=0.92^{**}$) وجود دارد و بیشترین عملکرد، وزن متوسط و غلظت پتاسیم برگ از شروع مصرف خاکی پتاسیم (کودآبیاری) از اواسط مرحله اول تشکیل میوه به‌علاوه محلول‌پاشی پتاسیم یک هفته پس از تشکیل میوه و اواخر فاز دوم رشد میوه حاصل شد؛ اما در مقابل، مصرف خاکی پتاسیم قبل از شروع گلدهی، کمترین عملکرد، وزن متوسط میوه و غلظت پتاسیم برگ را داشت (شکل ۴). پاسخ ضعیف درختان به مصرف خاکی پتاسیم در اوایل فصل (قبل از شروع رشد) به فیزیولوژی درختان و احتمالاً شیمی خاک مربوط می‌شود، در مورد فیزیولوژی درختان، به علت فعالیت پایین ریشه در اوایل فصل و راندمان جذب بسیار پایین آن است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۳). نتایج پژوهش‌های مختلف نشان داده است که زمان مصرف پتاسیم برای افزایش اندازه و کیفیت میوه بسیار مهم است. مصرف پتاسیم پس از تشکیل میوه در فاز اول رشد میوه، فرآیند تقسیم سلولی را تشدید می‌کند. حدود ۷۰ درصد از اندازه نهایی میوه، به تعداد سلول‌ها در میوه بستگی دارد بنابراین تعداد سلول‌های بیشتر در مرحله اول رشد میوه، پتانسیل بزرگ‌تر شدن میوه‌ها در پایان مرحله دوم رشد را امکان‌پذیر می‌سازد. به‌طور معمول، تقسیم سلولی در فاز دوم رشد میوه به شدت کاهش و یا متوقف می‌شود (مانسلیس، ۱۹۹۷؛ لوات، ۱۹۹۹؛ مورگان و همکاران، ۲۰۰۵) بنابراین تغییر اندازه میوه در طول فاز دوم رشد میوه، ناشی از بزرگ شدن

سلول‌ها است. به‌طور کلی برای تعیین حدود بحرانی عناصر غذایی در خاک، با توجه به این‌که جذب عناصر غذایی توسط ریشه درختان میوه از لایه‌های مختلف خاک انجام می‌شود و همچنین درصد جذب از این لایه‌ها نامشخص است بنابراین استفاده از حدود بحرانی عناصر غذایی در خاک، برای تخمین یا تعیین نیاز پتاسیمی درختان مرکبات از کارایی چندانی برخوردار نیست (اسدی کنگرشاهی و همکاران، ۱۳۸۰؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۳).

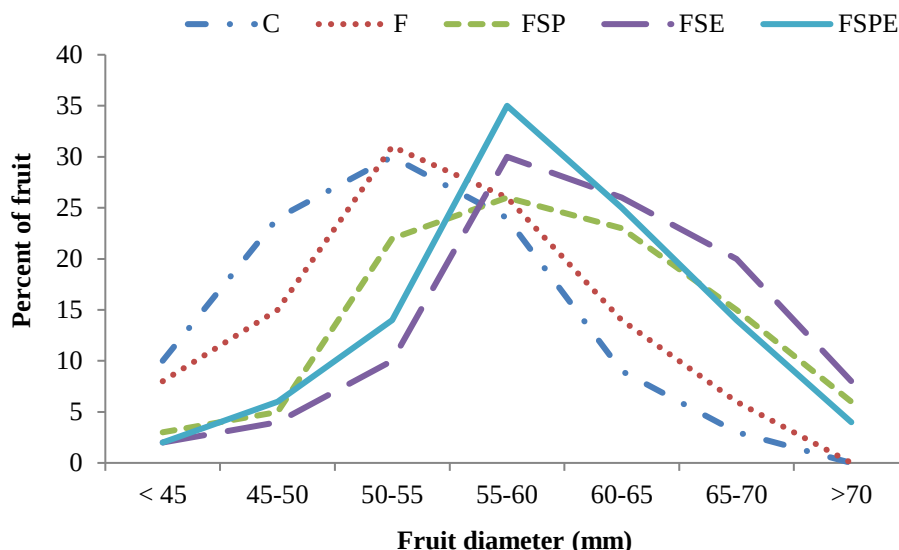
نتایج پژوهش‌های مختلف نشان داده است که نیاز پتاسیمی (K_2O) بیشتر ارقام در باغ‌های بارده مرکبات تقریباً معادل با نیاز نیتروژنی (N) آن‌ها به روش کوددهی خاکی است؛ اما اگر پتاسیم برگ این باغ‌ها در چند سال متوالی به‌ویژه در خاک‌های آهکی کمتر از حد مطلوب باشد این میزان می‌تواند تا حدود ۲۵ درصد نسبت به میزان مصرف نیتروژن افزایش یابد (اوبرضا، ۲۰۰۳؛ اوبرضا و مورگان، ۲۰۱۱). اگر کود پتاسیمی در یک سال مصرف شود برای تعیین این‌که در سال بعد چقدر پتاسیم مصرف شود نیاز است دوباره تجزیه خاک و برگ انجام شود. بر اساس تفسیر نتایج این تجزیه‌ها و متوسط عملکرد باغ، نسبت به مصرف کودهای پتاسیمی اقدام شود. اگر مقدار پتاسیم قابل استفاده خاک بیش از حد کفایت و غلظت پتاسیم در برگ نیز در حد مطلوب و بیشتر باشد می‌توان مصرف خاکی کودهای پتاسیمی را متوقف کرد یا آن را به حداقل رساند؛ اما مصرف کودهای محلول پتاسیمی (مانند نترات پتاسیم و.....) به شکل محلول‌پاشی برای افزایش اندازه و بهبود کیفیت میوه، در مراحل خاص فنولوژی (به‌ویژه پس از

کوددهی خاکی

نتایج گزارش‌های مختلف نشان داده است که پتاسیم در خاک‌هایی با بافت سنگین (رسی، رس سیلتی و رس شنی) و همچنین در خاک‌های با بافت نسبتاً سنگین (لوم رسی، لوم رسی سیلتی و لوم رسی شنی) به‌ویژه اگر دارای مقدار قابل‌توجهی ماده آلی نیز باشند تحرک بسیار محدودی دارد، لذا در این خاک‌ها، مصرف پتاسیم باید به روشی باشد که بتواند پتاسیم را در از نظر مکانی در مجاورت ریشه قرار دهد (چالکود یا نواری) و از نظر فنولوژی رشد، در زمان حداکثر نیاز درختان بارده به پتاسیم (از اواخر مرحله اول رشد میوه تا اواخر مرحله دوم رشد میوه) بتواند نیاز درختان را تأمین کند. در مقابل، در خاک‌های با بافت متوسط و سبک (لوم، لوم شنی، لوم سیلتی، شن لومی و شنی)، به‌ویژه اگر دارای مقدار ماده آلی آن‌ها نیز کم باشد توانایی نگهداری پتاسیم بسیار کمی دارند لذا در این خاک‌ها پتاسیم به‌آسانی به منطقه ریشه و لایه‌های پایینی پروفیل خاک و زیر منطقه ریشه منتقل می‌شود لذا در این خاک‌ها، مصرف بخش عمده پتاسیم به روش سرک یا پخش سطحی در زیر تاج درختان از اواخر از اواخر مرحله اول رشد میوه تا اواخر مرحله دوم رشد میوه توصیه می‌شود (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۲۰۱۶ و ۲۰۲۳؛ اوبرضا، ۲۰۰۳). راندمان جذب پتاسیم در روش کوددهی خاکی می‌تواند تا حدود ۶۰ درصد افزایش یابد (پاپادوپولوس، ۲۰۰۱). به‌طورکلی منابع کودی پتاسیم برای مصرف خاکی (چالکود، نواری، سرک و پخش سطحی) در جدول‌های ۵ و ۶ آمده است.

تشکیل میوه و اواخر فاز دوم رشد میوه) به باغداران توصیه می‌شود (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۳؛ اسدی کنگرشاهی، ۱۳۹۸).

به‌طورکلی پایه‌های مختلف مرکبات اختلاف کمی در جذب پتاسیم دارند؛ اما در بین ارقام (پیوندک‌ها)، اختلاف زیادی در جذب پتاسیم وجود دارد. به‌طوری‌که در پرتقال‌های تامسون‌ناول، واشنگتن‌ناول، ناولینا مصرف زیاد پتاسیم و نیتروژن موجب رشد بیش از اندازه میوه (به اصطلاح محلی کله‌ای شده) خواهد شد و به شدت بازپسندی آن‌ها را کاهش می‌دهد. همچنین در پرتقال‌های تامسون‌ناول، واشنگتن‌ناول، ناولینا و گریپ‌فروت‌ها، مصرف زیاد پتاسیم اثرات نامطلوبی در پوست و عصاره میوه دارد؛ اما در پرتقال‌های خونی، سانگین‌ها و هاملین مصرف پتاسیم موجب افزایش اندازه میوه و بهبود کیفیت می‌شود لذا مصرف بیشتر پتاسیم برای این ارقام توصیه می‌شود. به‌طورکلی در بیشتر نارنگی‌ها و هیبریدهای آن‌ها، مصرف بیشتر پتاسیم موجب افزایش اندازه میوه خواهد شد بدون این‌که تأثیر نامطلوبی در اسیدیته عصاره، رنگ پوست یا کیفیت بافت پوست داشته باشد. در نارنگی‌های پیش‌رس میگاوا، مصرف زیاد پتاسیم می‌تواند درصد میوه‌های پاستنگی را به‌شدت افزایش دهد و موجب کاهش بازپسندی آن‌ها شود (ارنر و همکاران، ۱۹۹۹؛ اسدی کنگرشاهی، ۱۳۹۸).



شکل ۴- تأثیر مدیریت مصرف پتاسیم در اندازه و توزیع نسبی قطر میوه (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۵) (در محور افقی، C: شاهد، F: کودآبیاری، FSP: کودآبیاری به علاوه محلولپاشی پس از تشکیل میوه، FSE: کودآبیاری به علاوه محلولپاشی پس از ریزش فیزیولوژی میوه، FSPE: کودآبیاری به علاوه محلولپاشی پس از تشکیل و ریزش فیزیولوژی میوه)

Fig. 4- The effect of potassium application management on the size and relative distribution of the fruit diameter (Asadi Kangarshahi and Amakhali Amiri, 2015) (on the horizontal axis, C: Control, F: Fertigation (FSP), Fertigation and foliar spray after fruit set (FSE), Fertigation and foliar spray after June drop (FSPE), Fertigation and foliar spray after fruit set and June drop).

جدول ۵- منابع کودی پتاسیم برای مصرف خاکی (چالکود یا نواری) درختان مرکبات (اسدی کنگرشاهی، ۱۳۹۸)
Table 5- Sources of potassium fertilizers for soil application (cultan or strip) of citrus trees (asadi Kangarshahi, 2018)

درصد پتاسیم (K ₂ O)	فرمول شیمیایی	کود
Potassium percent (K ₂ O)	Chemical formula	Fertilizer
50	K ₂ SO ₄	سولفات پتاسیم (سنگی یا نامحلول) Potassium sulfate (insoluble)
22	K ₂ Mg(SO ₄) ₂ ·2H ₂ O	سولفات پتاسیم منیزیم Potassium, magnesium sulfate

جدول ۶- منابع کودی پتاسیم برای مصرف خاکی (سرک یا پخش سطحی) درختان مرکبات (اسدی کنگرشاهی، ۱۳۹۸)
Table 6- Sources of potassium fertilizers for soil application (vinegar or surface spreading) of citrus trees (asadi Kangarshahi, 2018)

درصد پتاسیم (K ₂ O)	فرمول شیمیایی	کود
Potassium percent (K ₂ O)	Chemical formula	Fertilizer
50	K ₂ SO ₄	سولفات پتاسیم (سولوپتاس)
60	KCl	کلرید پتاسیم
44	KNO ₃	نیترات پتاسیم

مقادیر زیادی پتاسیم در مقایسه با سایر عناصر غذایی نیاز دارند و سرعت انتشار پتاسیم از سطوح تبدلی و تثبیت شده در سطوح تبدلی رس های خاک کمتر از میزان تقاضای پتاسیم این درختان به ویژه در مرحله دوم رشد میوه است،

کود آبیاری

کودآبیاری مناسب ترین روش برای مصرف پتاسیم در باغ های مرکبات است (بومن، ۱۹۹۸؛ اسدی کنگرشاهی، ۱۳۹۸). با توجه به این که درختان مرکبات به

لذا مصرف کودهای پتاسیمی از اواخر مرحله اول تا اواخر مرحله دوم رشد میوه برای افزایش عملکرد و کیفیت میوه ضروری است (به‌ویژه در ارقام با عملکرد بالا و ارقام دارای تناوب باردهی در سال آور). این کوددهی به‌ویژه در باغ‌های که از آبیاری قطره‌ای استفاده می‌شود اهمیت بسیار بیشتری دارد، زیرا در این باغ‌ها حجم خاک اشغال شده توسط ریشه فعال کم است و تمام حجم خاک منطقه ریشه، به درختان برای تأمین پتاسیم کمک نمی‌کند (کافکافی و تارشیتزکی، ۲۰۱۱). در خاک‌هایی که دارای مقدار قابل توجهی ماده آلی یا رس هستند، تحرک پتاسیم در خاک محدود است، زیرا بار مثبت یون پتاسیم موجب می‌شود که این یون توسط کمپلکس تبادل کاتیونی ذرات بار منفی خاک نگهداری و

تحرک آن کم شود. در مقابل در خاک‌های شنی، با مقادیر بسیار کم رس یا مواد آلی، توانایی نگهداری پتاسیم بسیار کم است لذا شستشوی آن به لایه‌های پایینی پروفیل خاک و زیر منطقه ریشه انجام می‌شود (اوبرضا، ۲۰۰۳). با توجه به این وضعیت و با توجه به اینکه درختان مرکبات به مقدار زیادی پتاسیم نیاز دارند، یک برنامه کوددهی مناسب با نرخ نسبتاً بالایی از پتاسیم برای درختان بارده مرکبات نیاز است. به‌طور کلی راندمان جذب پتاسیم در روش کودآبیاری در مرحله دوم رشد میوه می‌تواند تا حدود ۹۰ درصد افزایش یابد (پاپادوپولوس، ۲۰۰۱). به‌طور کلی منابع کودی پتاسیم برای کودآبیاری در جدول ۷ آمده است.

جدول ۷- منابع کودی پتاسیم برای کودآبیاری درختان مرکبات (اسدی کنگرشاهی، ۱۳۹۸)

Table 7- Sources of potassium fertilizers for fertigation of citrus trees (asadi Kangarshahi, 2018)

درصد پتاسیم (K ₂ O) Potassium percent (K ₂ O)	فرمول شیمیایی Chemical formula	کود Fertilizer
50	K ₂ SO ₄	سولفات پتاسیم (سولوپتاس)
60	KCl	کلرید پتاسیم
34	KH ₂ PO ₄	مونوپتاسیم فسفات
53	K ₂ HPO ₄	دی پتاسیم فسفات
44	KNO ₃	نیترات پتاسیم
26	KH ₂ PO ₃	فسفیت پتاسیم

محلول‌پاشی

محلول‌پاشی پتاسیم نمی‌تواند جایگزین مصرف خاکی آن شود بلکه بیشتر به‌عنوان یک روش تکمیلی استفاده می‌شود و محلول‌پاشی پتاسیم در خاک‌های آهکی در رفع کمبود و تأمین پتاسیم درختان مرکبات بسیار مؤثر است (بومن، ۱۹۹۸؛ ساروی، ۲۰۱۲). پرتقال‌های والنسیا با پایه نارنج نسبت به دیگر پایه‌ها تمایل بسیار کمتری برای جذب پتاسیم دارد و از راندمان جذب کمتری نیز برخوردار هستند لذا برای این درختان به‌ویژه در سال آور، علاوه بر مصرف خاکی یا کودآبیاری، محلول‌پاشی کودهای پتاسیمی مناسب به‌ویژه پس از مرحله ریزش فیزیولوژی میوه‌چه‌ها و قبل از بلوغ میوه‌ها توصیه می‌شود. از این‌رو، محلول‌پاشی پتاسیم در طول دوره گل‌دهی و پس از گل‌دهی تأثیر زیادی در اندازه میوه دارد زمانی که پتاسیم برای تقسیم سلولی و بزرگ شدن سریع سلول‌ها استفاده می‌شود (باری و باور،

۱۹۹۷؛ بومن، ۱۹۹۸؛ لوات، ۱۹۹۹). محلول‌پاشی پتاسیم در اواخر تابستان و پاییز نیز در برخی سال‌ها برای ارقام پرتقال، گریپ‌فروت و نارنگی‌های میان‌رس و دیررس می‌تواند مفید باشد. در برخی موارد، مصرف پاییزی آن مؤثرتر است (به‌ویژه، در سال‌های با تابستان و پاییز مرطوب) زیرا طول روز کوتاه‌تر و آب‌وهوای سردتر می‌تواند میزان توسعه میوه‌ها (انبساط سلولی) را بعد از مهرماه در بیشتر سال‌ها به‌طور چشم‌گیری کاهش دهد؛ بنابراین، محلول‌پاشی پتاسیم برای بزرگ شدن میوه‌ها در این ارقام در اواخر تابستان یا اوایل پاییز توصیه می‌شود و این محلول‌پاشی پتاسیم، اگر در شهریورماه یا مهرماه انجام شود در افزایش اندازه میوه (با توجه به رقم) بسیار مؤثر خواهد بود (بومن، ۱۹۹۷ و ۲۰۰۱؛ برگر و همکاران، ۱۹۹۶).

نتایج پژوهشی مختلف نشان داده است که استفاده از نیترات پتاسیم برای محلول‌پاشی، می‌تواند

موجب افزایش سریع پتاسیم برگ شود زیرا جذب پتاسیم از این کود، نسبتاً سریع است. البته اثر مثبت آن نیز کوتاه مدت تر است. همچنین اثر محلول پاشی نیترات پتاسیم در افزایش پتاسیم برگ در مقایسه با مصرف خاکی نیترات پتاسیم و دیگر کودهای پتاسیمی، بسیار سریع تر است (پیچ و همکاران، ۱۹۶۳؛ کالورت و اسمیت، ۱۹۷۲؛ روبرتس، ۲۰۰۸). نتایج مطالعات مختلف نشان داده است که محلول پاشی پتاسیم می تواند اندازه میوه های مرکبات را حدود ۲۵ تا ۳۵ درصد نسبت به شاهد افزایش دهد. محلول پاشی پتاسیم قبل از گل دهی، پس از گل دهی و محلول پاشی تابستانه، متوسط قطر میوه پرتقال والنسیا را ۰/۴۰ تا ۰/۶۰ سانتی متر افزایش داد که می تواند معادل افزایش یک کلاس یا بیشتر در اندازه میوه باشد. هنگامی که محلول پاشی پاییزه برای گریپ فروت انجام شد قطر میوه های گریپ فروت حدود ۰/۲۰ تا ۰/۴۰ سانتی متر افزایش یافت که معادل افزایش نیم تا یک کلاس در اندازه میوه است. محلول پاشی پتاسیم معمولاً موجب افزایش نسبی تعداد میوه های درشت نسبت به میوه های کوچک نمی شود بلکه موجب می شود که تعداد قابل ملاحظه ای از میوه ها، از نظر اندازه به کلاس بالاتر بروند (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۵؛ بومن، ۱۹۹۸؛ توکر و همکاران، ۱۹۹۵؛ ساروی و همکاران، ۲۰۱۲).

با توجه به این که حداکثر سود اقتصادی مرکبات به ویژه در نارنگی های انشو، کلمانتین، پیچ ها، پرتقال های خونی، پرتقال های والنسیا و ... از میوه های با اندازه متوسط و درشت حاصل می شود بنابراین روش محلول پاشی و زمان مصرف پتاسیم تأثیر زیادی در افزایش اندازه میوه دارد و محلول پاشی پتاسیم پس از تشکیل میوه و ریزش فیزیولوژی میوه چه ها، مهم ترین مراحل زمانی محلول پاشی پتاسیم برای افزایش اندازه میوه این ارقام است (اسدی کنگرشاهی، ۱۳۹۸؛ ساروی و همکاران، ۲۰۱۲). بر اساس نتایج پژوهش های اسدی کنگرشاهی (۱۳۹۸) و اسدی

کنگرشاهی و اخلاقی امیری (۱۳۹۵) برای افزایش اندازه میوه ها و رسیدن به حداکثر سود اقتصادی، محلول پاشی پتاسیم پس از تشکیل میوه از حداکثر کارایی برخوردار است، همچنین محلول پاشی پس از ریزش فیزیولوژی میوه چه ها و در اواسط و اواخر مرحله دوم رشد میوه توصیه می شود که از راندمان بالایی برخوردار است و تأثیر زیادی در افزایش اندازه میوه دارد. نتایج پژوهش های مختلف نشان داده است که محلول پاشی پتاسیم درصد میوه های ریز را کاهش و در مقابل درصد میوه های متوسط و درشت را افزایش می دهد؛ بنابراین محلول پاشی پس از تشکیل میوه، پس از ریزش فیزیولوژی میوه چه ها و در زمان توسعه میوه، تأثیر زیادی در افزایش اندازه میوه دارد لذا به باغداران توصیه می شود از مصرف پتاسیم قبل از شروع رشد پرهیز کنند و در مقابل مصرف پتاسیم را متناسب با فنولوژی رشد میوه، پس از تشکیل میوه شروع کنند. نتایج تأثیر مدیریت مصرف پتاسیم بر توزیع نسبی اندازه میوه نارنگی انشو در شکل ۱ آورده شده است. این نتایج نشان می دهد که محلول پاشی پتاسیم پس از تشکیل میوه و محلول پاشی در طول مرحله دوم توسعه میوه، موجب افزایش نسبی تعداد میوه های با اندازه بزرگ تر شد و در مقابل تعداد میوه های ریز کاهش یافت (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۵). بر اساس نتایج این پژوهش، مهم ترین مرحله کلیدی فنولوژی درختان مرکبات برای افزایش اندازه میوه مرکبات، محلول پاشی پس از تشکیل میوه و ریزش فیزیولوژی میوه چه ها است. محلول پاشی پتاسیم در فراهمی پتاسیم مورد نیاز برای میوه چه ها در طول مرحله تقسیم سلولی پس از تشکیل میوه بسیار مؤثر است. همچنین پتاسیم کافی در طول مرحله بزرگ شدن سریع سلول ها برای ادامه رشد سلول ها نیاز است (اسدی کنگرشاهی، ۱۳۹۸؛ بومن و همکاران، ۲۰۰۸؛ اوبرضا و مورگان، ۲۰۱۱؛ ارنر و همکاران، ۱۹۹۹). به طور کلی منابع کودی پتاسیم برای محلول پاشی در جدول ۸ آمده است.

جدول ۸- منابع کودی پتاسیم برای محلول‌پاشی درختان مرکبات (اسدی کنگرشاهی، ۱۳۹۸)

Table 8- Sources of potassium fertilizers for foliar spray of citrus trees (asadi Kangarshahi, 2018)

درصد پتاسیم (K ₂ O) Potassium percent (K ₂ O)	فرمول شیمیایی Chemical formula	کود Fertilizer
34	KH ₂ PO ₄	مونوپتاسیم فسفات Monopotassium phosphate
53	K ₂ HPO ₄	دی پتاسیم فسفات Dipotassium phosphate
44	KNO ₃	نیتрат پتاسیم Potassium nitrate
26	KH ₂ PO ₃	فسفیت پتاسیم Potassium phosphite

منابع کودی پتاسیم و امکان اختلاط آن‌ها

نتایج مقایسه تأثیر کودهای مونوپتاسیم فسفات، نیترات پتاسیم و سولفات پتاسیم بر عملکرد مرکبات نشان داد که بیشترین عملکرد از کود مونوپتاسیم فسفات حاصل شد و کودهای نیترات پتاسیم و سولفات پتاسیم به ترتیب پس از آن قرار داشتند. بیشترین درصد قند میوه نیز از کود مونوپتاسیم فسفات بود و پس از آن سولفات پتاسیم و نیترات پتاسیم قرار گرفتند. بیشترین درصد عصاره و کمترین اسیدیته عصاره نیز از مونوپتاسیم فسفات بود بیشترین شاخص برداشت میوه نیز به ترتیب از مونوپتاسیم فسفات، سولفات پتاسیم، نیترات پتاسیم حاصل شد (شیگور و سریواستوا، ۲۰۱۳). نتایج گزارش‌های اسدی کنگرشاهی (۱۳۹۸) و اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری (۱۴۰۲) نیز نشان داد که بیشترین عملکرد، شاخص برداشت و قند میوه و همچنین کمترین اسیدیته عصاره از مصرف مونوپتاسیم فسفات حاصل شد. به‌طورکلی باید توجه داشته داشت که

در هنگام مصرف کودهای محلول پتاسیمی توسط سامانه‌های آبیاری تحت فشار (آبیاری قطره‌ای) یا در تانک کود برای محلول‌پاشی از اختلاط این کودها با کودهایی که ناسازگار یا موجب کاهش حلالیت می‌شوند اجتناب کنند زیرا که امکان رسوب و گرفته شدن قطره‌چکان‌ها را افزایش می‌دهد و همچنین در محلول‌پاشی موجب کاهش راندمان جذب و در مواردی امکان خسارت به میوه را تشدید می‌کند؛ بنابراین توصیه می‌شود در هنگام اختلاط کودهای پتاسیمی با سایر کودها در تانک کود برای کودآبیاری یا در تانک محلول‌پاشی دقت شود که از کودهایی استفاده شود که امکان اختلاط داشته باشند و به‌اصطلاح، با هم سازگاری داشته باشند. در جدول ۹، منابع کودی که امکان اختلاط دارند و همچنین اختلاط‌هایی که موجب کاهش حلالیت و یا رسوب می‌شوند نشان داده شده است. این جدول‌ها، به‌عنوان جدول راهنما برای اختلاط کودهای پتاسیمی با سایر کودهای شیمیایی برای کودآبیاری یا محلول‌پاشی است (اسدی کنگرشاهی، ۱۳۹۸).

جدول ۹- سازگاری و امکان اختلاط کودهای پتاسیمی با برخی کودها و ترکیبات شیمیایی معمول برای کود آبیاری و محلول پاشی (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۳)

Table 9- Compatibility and the possibility of mixing potassium fertilizers with some fertilizers and common chemical compounds for fertigation and foliar spraying (Asadi Kangarshahi and Akhlaghi Amiri, 2014)

کود Fertilizer	اوره Urea	نیترات آمونیم Ammonium nitrate	سولفات آمونیم Ammonium sulfate	نیترات کلسیم Calcium nitrate	کلرید کلسیم Calcium chloride	سولفات پتاسیم Potassium sulfate	نیترات منیزیم magnesium nitrate	سولفات آهن Iron sulfate	سولفات منگنز Manganese sulfate
نیترات پتاسیم Potassium nitrate	✓	R	✓	R	✓	R	R	✓	✓
کود Fertilizer	سولفات روی Zinc sulfate	سولفات مس Copper sulfate	کلات‌های آهن Iron chelates	کلات‌های منگنز Manganese chelates	کلات‌های روی Zinc chelates	کلات‌های مس Copper chelates	سولفات منیزیم magnesium sulfate	اسید فسفریک Phosphoric acid	اسید سولفوریک Sulfuric acid
نیترات پتاسیم Potassium nitrate	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

✓- سازگار (قابل اختلاط)، R- کاهش حلالیت، X- ناسازگار (غیر قابل اختلاط)

✓-compatible, R- reducing solubility, X- incompatible

کود Fertilizer	اوره Urea	نیترات آمونیم Ammonium nitrate	سولفات آمونیم Ammonium sulfate	نیترات کلسیم Calcium nitrate	کلرید کلسیم Calcium chloride	نیترات منیزیم magnesium nitrate	فسفات آمونیم Ammonium phosphate	سولفات آهن Iron sulfate	سولفات منگنز Manganese sulfate	سولفات پتاسیم Potassium sulfate
کلرید پتاسیم Potassium chloride	✓	✓	✓	✓	R	✓	✓	✓	✓	R
کود Fertilizer	سولفات روی Zinc sulfate	سولفات مس Copper sulfate	کلات‌های آهن Iron chelates	کلات‌های منگنز Manganese chelates	کلات‌های روی Zinc chelates	کلات‌های مس Copper chelates	سولفات منیزیم magnesium sulfate	اسید فسفریک Phosphoric acid	اسید سولفوریک Sulfuric acid	نیتریک Nitric acid
کلرید پتاسیم Potassium chloride	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

✓- سازگار (قابل اختلاط)، R- کاهش حلالیت، X- ناسازگار (غیر قابل اختلاط)

✓-compatible, R- reducing solubility, X- incompatible

کود Fertilizer	اوره Urea	نیترات آمونیم Ammonium nitrate	سولفات آمونیوم Ammonium sulfate	نیترات کلسیم Calcium nitrate	کلرید کلسیم Calcium chloride	نیترات منیزیم magnesium nitrate	فسفات آمونیم Ammonium phosphate	سولفات آهن Iron sulfate	سولفات منگنز Manganese sulfate	فسفات پتاسیم Potassium phosphate
سولفات پتاسیم Potassium sulfate	√	√	R	X	X	X	√	R	R	R
کود Fertilizer	سولفات روی Zinc sulfate	سولفات مس Copper sulfate	کلات‌های آهن Iron chelates	کلات‌های منگنز Manganese chelates	کلات‌های روی Zinc chelates	کلات‌های مس Copper chelates	سولفات منیزیم magnesium sulfate	اسید فسفریک Phosphoric acid	اسید سولفوریک Sulfuric acid	اسید نیتریک Nitric acid
سولفات پتاسیم Potassium sulfate	R	R	√	√	√	√	R	√	R	√

√- سازگار (قابل اختلاط)، R- کاهش حلالیت، X- ناسازگار (غیر قابل اختلاط)

√-compatible, R- reducing solubility, X- incompatible

کود Fertilizer	اوره Urea	نیترات آمونیم Ammonium nitrate	سولفات آمونیوم Ammonium sulfate	نیترات کلسیم Calcium nitrate	کلرید کلسیم Calcium chloride	نیترات منیزیم magnesium nitrate	فسفات آمونیم Ammonium phosphate	سولفات آهن Iron sulfate	سولفات منگنز Manganese sulfate	فسفات پتاسیم Potassium phosphate
منو یا دی پتاسیم فسفات Meno or Dipotassium phosphate	√	√	√	X	X	X	R	X	X	R
کود	سولفات روی Zinc sulfate	سولفات مس Copper sulfate	کلات‌های آهن Iron chelates	کلات‌های منگنز Manganese chelates	کلات‌های روی Zinc chelates	کلات‌های مس Copper chelates	سولفات منیزیم magnesium sulfate	اسید فسفریک Phosphoric acid	اسید سولفوریک Sulfuric acid	اسید نیتریک Nitric acid
منو یا دی پتاسیم فسفات Meno or Dipotassium phosphate	X	X	X	R	R	R	X	R	√	√

√- سازگار (قابل اختلاط)، R- کاهش حلالیت، X- ناسازگار (غیر قابل اختلاط)

√-compatible, R- reducing solubility, X- incompatible

پتاسیم و اندازه میوه

به‌طور کلی رشد رویشی درختان مرکبات، معمولاً پاسخ چندانی به مصرف کودهای پتاسیمی ندارند اما برخلاف رشد رویشی، رشد میوه‌چه‌ها و اندازه میوه‌ها به‌شدت تحت تأثیر غلظت پتاسیم (از کمبود شدید تا زیادی پتاسیم) است. حفظ غلظت پتاسیم در دامنه مطلوب در کیفیت خارجی میوه‌ها اهمیت زیادی دارد. پتاسیم خیلی زیاد موجب ایجاد میوه‌های بزرگ با پوست ضخیم، خشن و با رنگ ضعیف می‌شود. در مقابل، پتاسیم کم و خیلی کم موجب تولید میوه‌های کوچک می‌شود که معمولاً مناسب تازه‌خوری یا صادرات نیستند. مصرف پتاسیم به‌ویژه موقعی که غلظت پتاسیم برگ پایین است تأثیر زیادی در افزایش اندازه میوه دارد. تأثیر مثبت کوددهی پتاسیم در اندازه میوه مرکبات به‌خوبی اثبات شده است و افزایش تولید با کوددهی پتاسیم و با پتاسیم برگ در دامنه کفایت بین ۱/۵ تا ۱/۷ انتظار می‌رود. در مقابل مصرف زیادی پتاسیم نیز ممکن است منجر به افزایش ضخامت و زبری پوست شود (اسدی کنگرشاهی، ۱۳۹۸؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۵؛ مورگان و همکاران، ۲۰۰۵). نتایج مقدار پتاسیم و نیتروژن در درختان مرکبات و توزیع آن‌ها نشان داده است که مقدار پتاسیم در اندام‌های رویشی کمتر از نیتروژن است اما در میوه‌ها، مقدار پتاسیم بیشتر از نیتروژن است. به‌طور کلی بیشترین عملکرد درختان مرکبات از نسبت نیتروژن به پتاسیم در برگ، بین ۲/۴ تا ۳ حاصل می‌شود (با نیتروژن بیشتر از ۲/۱ درصد و پتاسیم بیشتر از ۰/۸ درصد) اما برای حداکثر اندازه میوه، نسبت نیتروژن به پتاسیم در برگ حدود ۱/۶ تا ۲/۲ درصد (با مقدار پتاسیم بیشتر از ۰/۹ درصد و نیتروژن بیشتر از ۱/۸ درصد) توصیه می‌شود (لوات، ۲۰۰۲). هر دوی این عناصر سرعت جذب سریع و تحرک بالایی در سیستم آوندی دارند بنابراین

محلول‌پاشی و همچنین مصرف خاکی این عناصر تأثیر مثبتی در اندازه میوه دارند (لوات، ۲۰۰۲).

پتاسیم و شکاف خوردن میوه

شکاف خوردن میوه مرکبات با دیگر میوه‌ها متفاوت است. این تفاوت به علت مرفولوژی خاص میوه مرکبات است که شامل گوشت و پوست است به‌علاوه پوست از یک لایه اسفنجی سفید داخلی به نام پوست داخلی^۱ یا آلبیدو^۲ و یک لایه خارجی پوست خارجی^۳ یا فلاپودو^۴ تشکیل شده است. در طول مرحله اول توسعه میوه (مرحله تقسیم سلولی)، عمده سلول‌های فلاپودو تشکیل می‌شوند و پس از آن تقسیم سلولی فلاپودو کاهش می‌یابد و در مقابل سلول‌های گوشت در مرحله دوم رشد میوه، شروع به توسعه می‌کنند. فشار ایجاد شده ناشی از توسعه سریع گوشت میوه موجب ایجاد ترک‌های ریز و شروع شکاف خوردن در خامه یا ناف انتهای میوه می‌شود؛ محلی که پوست در آن نازک‌تر و استحکام ساختمانی آن نیز نسبت به بخش‌های دیگر پوست کمتر است (شکل ۵). برخی عوامل محیطی می‌توانند موجب توسعه ضعیف‌تر پوست شوند و پوست را به شکاف خوردن مستعدتر نمایند. این عوامل شامل عدم تعادل عناصر غذایی به‌ویژه پتاسیم و فسفر، شرایط اقلیمی گرم و مرطوب، آبیاری نامنظم و محصول زیاد هستند. به‌هر حال به نظر می‌رسد تنش در طول مرحله اول توسعه میوه (II) که عمده یا بخش اعظم سلول‌های فلاپودو تشکیل می‌شوند و پیوستگی ساختمانی آن‌ها تعیین می‌گردد، مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده حساسیت میوه‌ها به شکاف خوردن میوه است. محصول زیاد (تعداد زیاد میوه)، آبیاری نامناسب و همچنین کوددهی نامناسب و ناکافی در طول این دوره بحرانی، پتانسیل شکاف خوردن میوه را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۰؛ برگمن، ۱۹۹۲).

3- exocarp

4 - flavedo

1- mesocarp

2- albedo



شکل ۵- شکاف خوردن میوه پرتقال‌های ناول (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۰)
Fig. 5- Splitting in Navel oranges fruit (asadi Kangarshahi and Akhlaghi Amiri, 2011)

پتاسیم و تنش سرما و یخبندان

به‌طور کلی مصرف پتاسیم موجب افزایش تحمل درختان به تنش‌های محیطی مانند افزایش تحمل به تنش سرما می‌شود که عمدتاً ناشی از کاهش پتانسیل اسمزی شیره سلولی به علت افزایش نسبت اسیدهای چرب اشباع‌نشده به اشباع‌شده در حضور پتاسیم در شیره سلولی می‌شود (اسدی کنگرشاهی، ۱۳۹۸). در مقابل کمبود پتاسیم، حساسیت درختان را به تنش سرما افزایش می‌دهد که به علت نقش آن در افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن است (شکل ۶). به‌طور کلی، تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن توسط آنزیم‌های اکسید کننده $NADPH$ و ضعیف شدن سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدان در میزان خسارت سلول‌ها ناشی از تنش سرمایی، اهمیت بسیار زیادی دارند. با توجه به این که کمبود پتاسیم، موجب افزایش فعالیت آنزیم $NADPH$ اکسیداز می‌شود، بنابراین کمبود آن در درختان مرکبات در معرض تنش سرما، تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن را در این درختان به‌طور فزاینده‌ای افزایش می‌دهد همچنین تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌تواند به علت اختلال در انتقال الکترون فتوسنتزی و تثبیت دی‌اکسیدکربن باشد. بررسی‌های میدانی متعدد نگارندگان نشان داده است که پتاسیم در تحمل درختان به تنش‌های سرما و یخبندان بسیار مؤثر است و در طول فصل زمستان، درختان مرکبات با کمبود پتاسیم، حساس‌تر به تنش سرما و یخبندان هستند (شکل ۳). پتاسیم تأثیر مطلوبی در تنظیم آب و فتوسنتز

گیاهان دارد. از آنجایی که خسارت سرما اغلب موجب دهیدراسیون پروتوپلاسم می‌شود لذا مصرف پتاسیم می‌تواند منجر به بهبود فتوسنتز و سازگاری اقلیمی بهتر شود (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۳). پژوهش‌های یاسینی و همکاران (۱۴۰۰) در دو سال بر روی ارقام تامسون ناول و پرتقال خونی (مورو) در استان مازندران نشان داد که در سال اول آزمایش میانگین عملکرد در تیمار شاهد برای پرتقال رقم مورو و تامسون ناول به ترتیب، ۴۰ و ۷۵ کیلوگرم به ازای هر درخت بود، اما در تیمار کودی (مصرف پتاسیم و منیزیم بر اساس نتایج تجزیه خاک، برگ، عملکرد و فنولوژی رشد میوه)، عملکرد پرتقال مورو و تامسون ناول به ترتیب به ۷۲ و ۱۷۵ کیلوگرم به ازای هر درخت افزایش یافت. در سال دوم آزمایش عملکرد پرتقال مورو و تامسون ناول در شاهد و تیمار کودی به ترتیب از ۸۰ و ۱۴۰ کیلوگرم به ۱۵۵ و ۳۰۵ کیلوگرم به ازای هر درخت افزایش یافت. همچنین در سال اول میانگین درصد ماده خشک پرتقال مورو و تامسون ناول به ترتیب از ۱۵/۶ و ۲۲ درصد در شاهد، به ۱۷/۱ و ۲۴/۴ درصد در تیمار مصرف پتاسیم و منیزیم رسید و در سال دوم، از ۱۸/۱ و ۲۲/۳ درصد در شاهد به ۲۰ و ۲۵/۲ درصد در تیمار مصرف پتاسیم و منیزیم افزایش یافت. تحمل به تنش سرما میوه پرتقال مورو و تامسون ناول در سال اول، در شاهد به ترتیب صفر و ۱- و در تیمار مصرف پتاسیم و منیزیم حدود ۲- و ۵- درجه سانتی‌گراد بود اما در سال

تأمین پتاسیم لازم برای رشد و توسعه سلول‌های میوه حیاتی است و از مهم‌ترین مراحل زمانی مصرف پتاسیم برای افزایش اندازه میوه، بهبود کیفیت میوه، افزایش ماده خشک، افزایش زمان انبارمانی، افزایش تحمل به تنش سرما و یخبندان و پایداری تولید است.



شکل ۶- خسارت شدید ناشی از تنش سرما در درختان مرکبات دارای کمبود شدید پتاسیم در شرق مازندران (۱۳۹۷)
Fig 6- Severe damage caused by cold stress in citrus trees with severe potassium deficiency in the east of Mazandaran (2017)

سازی آنزیم‌های اکسید کننده NADPH و گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود و کمبود پتاسیم منجر به افزایش معنی‌داری در فعالیت آنزیم‌های اکسید کننده NADPH با تولید هم زمان گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود. همچنین برخی گزارش‌ها نشان می‌دهند که تولید گونه‌های فعال اکسیژن، پاسخ اولیه به کمبود پتاسیم توسط آنزیم‌های اکسید کننده NADPH و تولید گونه‌های فعال اکسیژن است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۹۵، مارشور، ۱۹۹۵)؛ بنابراین، تولید گونه های فعال اکسیژن ناشی از تنش شوری در شرایط کمبود پتاسیم می‌تواند تشدید شود. همچنان‌که سمیت سدیم موجب کمبود پتاسیم در سلول‌ها می‌شود، افزایش در تولید گونه‌های فعال اکسیژن توسط آنزیم‌های اکسید کننده NADPH در شرایط تنش شوری، ممکن است نتیجه اختلال در وضعیت تغذیه‌ای پتاسیم در برگ باشد؛ بنابراین،

دوم از ۱- و ۳- درجه سانتی‌گراد در شاهد به ۴- و ۹- درجه سانتی‌گراد در تیمار مصرف پتاسیم و منیزیم رسید. با توجه به نتایج این پژوهش رعایت اصول مصرف بهینه کودی برای کلیه باغ‌های مرکبات کشور توصیه می‌شود. مصرف پتاسیم پس از ریزش فیزیولوژی میوه‌چه‌ها در طول مرحله توسعه سلول‌ها (فاز دوم رشد میوه)، برای

پتاسیم و تنش شوری

به‌طورکلی مصرف پتاسیم موجب افزایش تحمل به تنش‌های محیطی مانند افزایش تحمل به تنش شوری، تنظیم بالانس آب داخلی و تورژساس سلول، تنظیم ورود یا خروج سدیم در پلاسماهای سلول‌های ریشه می‌شود (اسدی کنگرشاهی، ۱۳۹۸). پتاسیم، خسارت سلول‌های گیاهی را نسبت به تنش شوری کاهش می‌دهد. نسبت پتاسیم به سدیم (K/Na) در درختان مرکبات، شاخص مناسبی برای ارزیابی تحمل تنش شوری است و می‌تواند شاخص مناسبی برای غربال کردن تحمل ژنوتیپ‌ها به سدیم باشد. گیاهانی که دارای حساسیت خیلی زیاد به تنش شوری هستند، معمولاً حساسیت زیادی نیز به کمبود پتاسیم دارند و ظرفیت پایینی برای جذب پتاسیم از محیط دارند. تنش شوری بیانگر یک تنش اکسیداتیو است و موجب فعال

به‌علت تأثیر مشخص پتاسیم، در متابولیسم کربن فتوسنتزی و تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) در سلول‌های کلروپلاست، اگر قابلیت استفاده این عناصر در خاک و فراهمی آن‌ها برای درختان پایین باشد صدمه اکسیداسیون نوری در درختانی که در شرایط محیطی با امکان وقوع تنش‌های غیرزنده مانند خشکی، سرما و شوری رشد می‌کنند، تشدید می‌شود. مدیریت مصرف و فراهمی کافی عناصر غذایی معدنی مانند نیتروژن، پتاسیم، منیزیم، کلسیم و روی، برای پایداری و ثبات فعالیت‌های فتوسنتزی، مصرف انرژی نورانی و تثبیت دی‌اکسیدکربن ضروری است (سریوستاوا و سینگ، ۲۰۰۳؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۵)؛ بنابراین، مدیریت کوددهی درختان میوه (به‌ویژه پتاسیم) یک عامل بسیار مهم برای محافظت درختان مرکبات در مقابل خسارت ناشی از تنش‌های محیطی بحرانی مانند تنش شوری و ... است.

پتاسیم و آفتاب سوختگی میوه‌ها

نتایج پژوهش‌های اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری (۱۳۹۵) در مورد تأثیر مدیریت مصرف پتاسیم بر درصد میوه‌های دارای لکه‌های آفتاب سوختگی نشان داد مصرف پتاسیم به روش کود آبیاری در فصل رشد متناسب با فنولوژی رشد میوه و محلول‌پاشی پتاسیم پس از تشکیل میوه، تقسیم سلولی، ریزش فیزیولوژی و انبساط سلولی موجب کاهش معنی‌داری در درصد میوه‌های دارای لکه آفتاب سوختگی در درختان مرکبات می‌شود به‌طوری‌که کودآبیاری پتاسیم به‌علاوه محلول‌پاشی پس از ریزش فیزیولوژی میوه (FSE) و کودآبیاری به‌علاوه محلول‌پاشی پس از تشکیل و ریزش فیزیولوژی میوه (FSPE) دارای کمترین درصد میوه‌های دارای لکه‌های آفتاب سوختگی بودند (شکل ۷). نتایج پژوهش‌های متعدد نشان داده است که خسارت اکسیداسیون نوری مانند تولید گونه‌های فعال اکسیژن ناشی از جذب اضافی نور در کلروپلاست‌ها، یک عامل کلیدی مؤثر در صدمه و مرگ سلول‌های در معرض تنش‌های محیطی است. کلروپلاست‌ها، محل‌های اصلی

تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن هستند و انتقال الکترون فتوسنتزی، عامل اصلی تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن مانند رادیکال سوپراکسید (O_2^-) و رادیکال هیدروکسیل (OH^-) است. گونه‌های فعال اکسیژن برای ساختمان سلول‌های زنده، سمی بوده و مسئول تخریب کلروفیل، اسیدهای نوکلئیک، لیپیدهای غشایی و پروتئین‌ها هستند (مارشنر، ۱۹۹۵؛ منگل و کربی، ۲۰۰۱). تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن، به‌ویژه در شرایطی افزایش می‌یابد که جذب انرژی نوری، بیشتر از ظرفیت انتقال الکترون‌های فتوسنتزی باشد. بیشتر تنش‌های محیطی، انتقال الکترون فتوسنتزی و تثبیت دی‌اکسیدکربن را در مراحل مختلف فرآیند فتوسنتزی کاهش می‌دهند؛ بنابراین هم‌زمانی و برهم‌کنش یک تنش محیطی با شدت نور بالا، ممکن است خسارت اکسیداسیون نوری شدیدی به کلروپلاست سلول‌های بافت برگ و پوست میوه‌های جوان ایجاد کند و در نتیجه می‌تواند سبب ایجاد لکه‌های زرد یا نکروزه در بافت برگ و سطح پوست میوه‌ها بشود. کاهش کلروفیل در بافت برگ موجب کاهش راندمان فتوسنتزی و در نتیجه کاهش پتانسیل عملکرد درختان می‌شود؛ اما ایجاد لکه‌های نکروزه در بافت پوست میوه‌ها که به آفتاب‌سوختگی معروف است (شکل ۷). معمولاً این آفتاب سوختگی موجب کاهش کیفیت ظاهری میوه‌ها و در برخی موارد شکاف‌خوردن آن‌ها می‌شود (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۳؛ کاکمک و همکاران، ۱۹۹۴).

وضعیت تغذیه‌ای درختان به‌ویژه پتاسیم، به‌طور عمده بر انتقال الکترون فتوسنتزی و تثبیت دی‌اکسیدکربن به شکل‌های مختلف تأثیر دارد. کمبود پتاسیم، حساسیت درختان میوه را به صدمه اکسیداسیون نوری افزایش می‌دهد اگر مصرف آن کمتر از نیاز درختان باشد و درختان در معرض نور شدید قرار گیرند، معمولاً علائم کلروز برگ، نکروز و اختلال در رشد درختان بسیار شدیدتر خواهد بود. کمبود پتاسیم سبب کاهش قابل ملاحظه‌ای در متابولیسم کربن فتوسنتزی و مصرف کربن تثبیت شده، می‌شود (کاکمک و اینگل، ۱۹۹۹؛ منگل و کربی، ۲۰۰۱)؛ بنابراین،

اکسیژن مولکولی و خسارت اکسیداسیون نوری می‌شود. این افزایش الکترون‌های نوری و تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن، دلیل اصلی حساسیت برگ‌ها و میوه‌های دارای کمبود پتاسیم به نور شدید و ایجاد ناهنجاری‌هایی مانند کلروز و نکروز شدن برگ‌ها و همچنین آفتاب‌سوختگی میوه‌ها است (وانچی و همکاران، ۲۰۰۴؛ کاکمک، ۲۰۰۵).

کمبود پتاسیم سبب تجمع توده‌ای کربوهیدرات‌ها در برگ‌های منبع خواهد شد که موجب کاهش یا توقف تثبیت کربن فتوسنتزی می‌شود (کاکمک، ۲۰۰۵؛ گریسون، ۱۹۸۱؛ راهنمای تولید و تحقیقات مرکبات، ۲۰۰۷). هم‌زمان با این تغییرات در متابولیسم کربن فتوسنتزی، مقدار نسبی انرژی نورانی مصرف نشده و الکترون‌های نوری در گیاهان با کمبود پتاسیم افزایش می‌یابد که منجر به فعال‌سازی نوری



شکل ۷- میوه‌های دارای لکه‌های آفتاب سوختگی (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۳)

Fig 7- Sunburn spots in citrus fruits (asadi Kangarshahi and Akhlaghi Amiri, 2014)

کلروپلاست‌ها شوند که موجب خسارت به کلروفیل، اکسیداسیون لیپیدها و در نتیجه، مرگ سلول‌ها می‌شوند؛ بنابراین درختان مرکبات در معرض تنش خشکی و نور شدید به مصرف پتاسیم بیشتری نیاز دارند (شکل ۸). علاوه بر این، کاهش رطوبت خاک در منطقه ریشه موجب کاهش جریان پخشیدگی پتاسیم در محلول خاک به سمت ریشه می‌شود که می‌تواند کمبود پتاسیم را تشدید کند به‌ویژه در درختان مرکبات با بار زیاد (سال آور) در مرحله دوم رشد میوه که نیاز درختان به پتاسیم بالاست، درحالی‌که ممکن است در این زمان، پتاسیم به مقدار کافی در خاک منطقه ریشه وجود داشته باشد. همچنین کمبود پتاسیم، موجب کاهش رشد ریشه می‌شود که به علت کاهش حجم خاک در دسترس و کاهش سطح جذب می‌تواند کمبود پتاسیم در اندام هوایی را تشدید کند. درختان در شرایط تنش خشکی، مواد محلول با وزن ملکولی کم (مواد محلول سازگار) در واکوئل‌هایشان تجمع می‌دهند. این مواد محلول سازگار شامل اسیدهای آمینه، قندها و ... هستند که با واکنش‌های

پتاسیم و تنش خشکی

به‌طورکلی مصرف پتاسیم موجب افزایش تحمل به تنش‌های محیطی مانند افزایش تحمل به تنش خشکی می‌شود که به علت نقش آن در تنظیم بالانس آب داخلی و تورژساس سلول‌ها در پلاسماالمای سلول‌های ریشه است (اسدی کنگرشاهی، ۱۳۹۸). تأثیر پتاسیم بر افزایش حساسیت به تنش خشکی به دلیل نقش آن در کنترل حرکت روزنه‌ها به‌خوبی مستند شده است. درختانی که کمبود شدید پتاسیم داشته باشند به علت کنترل کمتر بر باز و بسته شدن روزنه‌ها، به تنش خشکی حساس‌تر هستند. تنش خشکی در درختان موجب کاهش فتوسنتز خواهد شد و تثبیت کربن نیز به علت کاهش فراهمی دی‌اکسیدکربن از طریق روزنه‌ها، کاهش می‌یابد. کاهش فراهمی دی-اکسیدکربن موجب می‌شود الکترون‌های اضافی ناشی از فرآیندهای نوری فتوسنتز سبب احیا اکسیژن و تبدیل آن به رادیکال‌های آزاد اکسیژن شوند. این رادیکال‌های فعال اکسیژن می‌توانند سبب خسارت‌های اکسیداسیون نوری در

معمول بیوشیمیایی سلول تداخل ندارند و فقط نقش تنظیم اسمزی در طی تنش دارند یکی از این مواد محلول سازگار، پرولین است که پتاسیم در ساخت و تجمع آن نقش مهمی دارد؛ بنابراین به‌طور کلی کمبود پتاسیم، حساسیت درختان را به تنش خشکی افزایش می‌دهد که به احتمال زیاد، ناشی از نقش پتاسیم در تنظیم حرکت روزنه‌ها، تنظیم پتانسیل اسمزی سلول‌ها و افزایش تولید اسیدآمین پیرولین است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۹۵). پتاسیم در تنظیم فعالیت روزنه‌ها و خشی شدن الکتریکی در سلول‌های گیاهی نقش

دارد و برای بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی مانند تشکیل قندها، نشاسته، سنتز پروتئین، تقسیم سلولی و رشد مطلوب گیاهان ضروری است؛ بنابراین کمبود پتاسیم موجب اختلال در باز و بسته شدن سلول‌های استومات‌ها، کاهش جذب دی‌اکسید کربن، کاهش عملکرد و در نتیجه کاهش راندمان پایین آب مصرفی در محصولات خسارت دیده از کمبود پتاسیم می‌شود. (منگل و کرمبای، ۲۰۰۱؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۳).



شکل ۸- تنش خشکی و کمبود پتاسیم در درختان نارنگی انشو (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۲)

Fig 8- Drought stress and potassium deficiency in Satsuma mandarin trees (Asadi Kangarshahi and Akhlaghi Amiri, 2012)

پتاسیم و انبارمانی

به‌طور کلی کمبود پتاسیم موجب کاهش زمان انبارمانی میوه‌ها می‌شود که ناشی از افزایش میزان تنفس سلول‌ها و افزایش احتمال آلودگی‌ها به بیماری‌های قارچی است. افزایش تنفس سلول‌ها به علت تجمع قندهای محلول و تجمع ترکیبات نیتروژنی محلول با وزن مولکولی کم در سلول‌ها است که سوسترهای مناسبی برای آنزیم‌های تنفسی هستند. افزایش احتمال به آلودگی‌های قارچی به‌طور عمده ناشی از تأثیر کمبود پتاسیم در کاهش فعالیت برخی آنزیم‌ها و همچنین کاهش تولید برخی ماکرومولکول‌های آلی است (سریواستاوا و سینگ، ۲۰۰۳). پتاسیم در افزایش فشار اسمزی در لوله‌های غربالی و در نتیجه جریان مواد فتوسنتزی از منبع (برگ‌ها) به مخزن (میوه‌ها) نقش زیادی

دارد؛ بنابراین پتاسیم در ورود ساکارز از برگ‌ها به آوندهای آبکشی و همچنین سرعت حرکت این مواد در آوندها مؤثر است. در درختانی که کمبود پتاسیم دارند مقدار کمتری از مواد فتوسنتزی از برگ‌ها به میوه‌ها منتقل می‌شود که به‌طور عمده ناشی از نیاز بیشتر برگ‌ها به قند برای تنظیم اسمزی، کاهش تولید ساکارز، کاهش بارگیری آوندهای آبکشی برای ساکارز، کاهش جریان ساکارز در لوله‌های غربالی و همچنین کاهش نفوذپذیری غشا واکوئل سلول‌های ذخیره به ساکارز در بافت اندام‌های ذخیره‌ای است. مهم‌ترین عاملی که در انبارمانی میوه‌های مرکبات نقش دارد میزان قند میوه است که پتاسیم در انتقال آن از برگ‌های منبع به میوه‌ها بسیار مؤثر است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۵).

نتیجه‌گیری و توصیه ترویجی

پتاسیم موجود در خاک و هر کود پتاسیمی (سولفات پتاسیم، کلرید پتاسیم، نترات پتاسیم و ...) که به خاک منطقه ریشه درختان داده شود برای جذب، ابتدا باید حل شده و وارد محلول خاک شوند و سپس همراه با جریان آب به سطح ریشه منتقل شوند. حرکت آب به سطح ریشه تحت تأثیر اختلاف پتانسیل آبی خاک اطراف ریشه و پتانسیل آبی سطح ریشه است. برای ایجاد و تشدید این اختلاف پتانسیل آبی، وجود ریشه‌ها و برگ‌های فعال و مؤثر ضروری است. تبخیر و تعرق از برگ‌ها موجب ایجاد کشش و حرکت جریان آب در آوندهای چوبی می‌شود که در نهایت به سلول‌های سطح ریشه می‌رسد و موجب کاهش پتانسیل آب در سطح ریشه شده و آب از خاک اطراف ریشه (با پتانسیل آبی بیشتر) به سطح ریشه (با پتانسیل آبی کمتر) منتقل می‌شود. همراه با حرکت و انتقال آب به سطح ریشه، عناصر غذایی محلول در آن نیز به سطح ریشه منتقل می‌شوند. به‌طور کلی از علائم شروع فعالیت مجدد درختان مرکبات، رشد سرشاخه‌های سال جاری است که در منطقه شمال کشور رشد مجدد سرشاخه‌ها عمدتاً از اواسط فروردین ماه شروع شده و در اواسط تا اواخر اردیبهشت‌ماه کامل می‌شود؛ بنابراین در مرکبات شمال شروع جذب عناصر غذایی از اواسط فروردین‌ماه با حداقل راندمان شروع می‌شود و سپس به ترتیب افزایش می‌یابد و در اوایل تا اواسط تابستان (با توجه به نوع رقم) به حداکثر می‌رسد. در بیشتر مناطق جنوب کشور، رشد مجدد سرشاخه‌ها از اوایل تا اواخر اسفندماه شروع و در اواخر فروردین‌ماه کامل می‌شوند؛ بنابراین جذب و انتقال عناصر به سطح ریشه با راندمان حداقلی از اسفندماه شروع و در فروردین و اردیبهشت به حداکثر می‌رسند.

به علت نقش کودهای پتاسیمی در اندازه، کیفیت و زمان انبارمانی میوه، توصیه می‌شود مقدار پتاسیمی که بر اساس تفسیر نتایج تجزیه خاک، برگ و عملکرد برای یک

سال زراعی درختان بارده مرکبات تعیین می‌شود در مناطق شمالی حدود ۱۰ درصد آن خرداد، ۳۰ درصد تیر، ۳۰ درصد مرداد و ۳۰ درصد شهریور (متناسب با رقم ممکن است ۱۰ تا ۲۰ درصد تغییر کند)، در مناطق جنوبی (استان فارس و کرمان) حدود ۱۰ درصد آن در اردیبهشت، ۲۰ درصد خرداد، ۲۰ درصد مرداد، ۲۵ درصد شهریور و ۲۵ درصد مهر (متناسب با رقم ممکن است ۱۰ تا ۲۰ درصد تغییر کند) و در مناطق جنوبی (هرمزگان) حدود ۱۰ درصد فروردین، ۲۰ درصد اردیبهشت، ۲۰ درصد خرداد و ۱۰ درصد نیمه اول تیر، ۱۰ درصد نیمه دوم مرداد، ۲۰ درصد شهریور و ۲۰ درصد مهر (متناسب با رقم ممکن است ۱۰ تا ۲۰ درصد تغییر کند) مصرف شود. محلول‌پاشی‌های ضروری پتاسیم متناسب با فنولوژی درختان برای باغ‌های مرکبات در مناطق شمال و جنوب کشور شامل محلول‌پاشی مونوپتاسیم فسفات (با غلظت سه در هزار) با اوره (با غلظت دو تا سه در هزار) و مویان مناسب (با غلظت نیم در هزار) یا نترات پتاسیم (با غلظت سه در هزار)، اسید فسفریک (با غلظت نیم تا یک در هزار) و اوره (با غلظت دو در هزار) و مویان مناسب (با غلظت نیم در هزار) از اواسط تا اواخر فاز دوم رشد میوه و محلول‌پاشی مونوپتاسیم فسفات (با غلظت پنج تا ۱۰ در هزار) با اوره (با غلظت دو تا سه در هزار) و مویان مناسب (با غلظت نیم در هزار) یا نترات پتاسیم (با غلظت پنج تا شش در هزار)، اسید فسفریک (با غلظت یک در هزار) و اوره (با غلظت سه تا چهار در هزار) با مویان (با غلظت نیم در هزار) بلافاصله پس از برداشت میوه است.

References

1. Asadi Kangarshahi, A. and Akhlaghi Amiri, N., 2016. Effect of potassium application in different phonological stages on yield and quality of Satsuma mandarin. *Soil Research*, 30(2), pp. 137-148. **DOI:10.22092/IJSR.2016.106716** (In Persian)
2. Asadi Kangarshahi, A. and Akhlaghi Amiri, N., 2016. Frost in fruit trees (Foundations, Principles and practical strategies to reduce damage). Agricultural Extension and Education Publications. (In Persian)
3. Asadi Kangarshahi, A. and Akhlaghi Amiri, N., 2014a. Advanced and Applied Citrus Nutrition. Agricultural Extension and Education Publications. (In Persian)
4. Asadi Kangarshahi, A. and Akhlaghi Amiri, N., 2014b. Advanced and Applied Citrus Nutrition. Agricultural Extension and Education Publications. (In Persian)
5. Asadi Kangarshahi, A. and Akhlaghi Amiri, N., 2011. Recognition of some environmental damage and physiological disorders of citrus fruits. Technical Journal No. 501, Soil and Water Research Institute. Karaj, Iran. (In Persian)
6. Asadi Kangarshahi, A., 2019. Nutrition Management of Citrus Trees (1th ed.). Agricultural Extension and Education Publications. (In Persian)
7. Asadi Kangarshahi, A. and Akhlaghi Amiri, N., 2012. Die-back, citrus decline and some environmental damages of citrus fruits in East Mazandaran. Extension Technical Publication, Mazandaran Agricultural Jihad Organization. (In Persian)
8. Asadi Kangarshahi, A. and Akhlaghi Amiri, N., 2003. The effect of potassium, magnesium and their interaction on the yield and quality of citrus fruits. The 3rd Congress of Horticultural Sciences of Iran, Karaj, Iran. (In Persian)
9. Asadi Kangarshahi, A., Akhlaghi Amiri, N., Mahmoudi, M. and Malkouti, M.J., 2001. Recognition of nutritional disorders in Mazandaran citrus orchards (restrictions and recommendations), I: macro-elements. Technical publication number 268. Agricultural education publication. Agricultural Research and Training Organization, Ministry of Agriculture, Karaj, Iran. (In Persian)
10. Bashour, I. and Sayegh, A.A., 2007. Methods of Analysis for Soils of Arid and Semi-Arid Regions. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. pp. 49-53.
11. Berger, H., Opazo, J., Drellana, S. and Galletti, L., 1996. Potassium fertilizers and orange postharvest quality. *Proc. Int. Soc. Citriculture*, 2, pp.759- 761.
12. Bergmann, W., 1992. Nutritional disorders of plants. Jena: Gustav Fischer Verlag. 353 p.
13. Boman, B.J., 1997. Effectiveness of fall potassium sprays on enhancing grapefruit size. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 110, pp. 1-7.
14. Boman, B.J., 1998. Post bloom and summer foliar K effects on grapefruit size. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 111, pp. 128 – 135.
15. Boman, B. J., 2001. Foliar nutrient sprays influence yield and size of ‘Valencia’ orange. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 114, pp. 83-88.
16. Boman, B.J., Obreza, T.A. and Morgan, K.T., 2008. Citrus best management practices: fertilizer rate recommendation and precision application in Florida. *Proc. Inter. Soc. Citriculture*, 1, pp. 573 – 578.
17. Cakmak, I., 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *J. Plant Nutrition and Soil Science*, 168, pp. 521-530.
DOI: 10.1002/jpln.200420485
18. Cakmak, I. and Engels, C., 1999. Role of mineral nutrients in photosynthesis and yield formation. In: Mineral nutrition of crops: Mechanism and implications. Z. Rengel (ed.). The Haworth Press, NewYork, pp. 141-168.
19. Cakmak, I., Hengeler, C. and Marchner, H., 1994. Changes in phloem export of sucrose in leaves in response to phosphorus, potassium and magnesium deficiency. *J. Exp. Bot.* 45, pp. 1251 – 1257. **<http://dx.doi.org/10.1093/jxb/45.9.1251>**

20. Calvert, D.V., 1969. Spray application of potassium nitrate for citrus on calcareous soil. *Proceedings 1th International Citrus Symposium*, pp. 24-27.
21. Calvert, D.V. and Smith, R.C., 1972. Correction of potassium deficiency of citrus with KNO₃ sprays. *J. Agric. Food. Chem*, 20, pp. 659 -661.
22. Citrus Research Intl. Production Guidelines, 2007. Integrated Citrus Production: Vol. II. Physiological disorders: Section VI. Citrus Res. Intl., Nelspuit, South Africa.
23. Erner, Y., Cohen, A., and Mangen, H., 1999. Fertilizing for high yield citrus. 2nd Edition. Inter. Potash Institute (IPI), Bulletin No 4, pp. 12-34.
24. Erner, Y., Kaplan, Y., Artzi, B. and Hamou, M., 1993. Increasing citrus fruit size using auxins and potassium. *Acta Hort*, 329, pp.112- 119.
DOI: 10.17660/ActaHortic.1993.329.20
25. Grierson, W., 1981. Physiological disorders of citrus fruits. *Proc. Int. Soc. Citriculture*, 3, pp. 764-767.
26. Hopkins, W.G. and Huner, N.P.A., 2004. Plant and Inorganic Nutrient. P. 241-257. Introduction to plant physiology. 3rd ed. John Wiley and Sons. Inc. Publishers.
27. Kafkafi, U. and Tarchitzky, J., 2011. Fertigation: A tool for efficient fertilizer and water management. First edition, IFA, Paris, France and IPI. Horgen. Switzerland, May 2011.
28. Karley, A.J. and White, P.J., 2009. Moving cationic minerals to edible tissues: Potassium, magnesium, calcium. *Current Opinion in Plant Biology*, 12, pp. 291–298.
DOI:10.1016/j.pbi.2009.04.013
29. Lovatt, C.J., 1999. Timing citrus and avocado foliar nutrient application to increase fruit set and size. *Hort. Technology*, 9, pp. 606-612.
30. Marschner, H., 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd Edition Academic Press, San Diego, 889pp.
31. Malkuti, M. J., Shahabi, A.A. and Bazargan, K., 2015. Potassium in agriculture (the role of potassium in the production of healthy agricultural products). Mobaleghan publications, Tehran, Iran. (In Persian)
32. Mengel, K. and Kirkby, E. A., 2001. Principles of plant nutrition. 5th edition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 848pp.
33. Monselise, S.P., 1997. Citrus fruit development: Endogenous systems and external regulation. *Proc. Int. Soc. Citricult*, 2, pp. 664-668.
34. Mostafa, E.A.M. and Saleh, M.M.S., 2006. Response of Baledy mandarin trees to girdling and potassium sprays under sandy soil condition. *Res. J. Agric and Biol. Sci*, 2, pp. 137-141. <https://www.researchgate.net/publication/23545915>
35. Obreza, T.A., 2003. Importance of potassium in Florida citrus nutrition program. *Better Crops*, 87, pp. 19-22.
36. Obreza, T.A. and Morgan, K.T., 2011. Nutrition of Florida Citrus Trees. UF, University of Florida, IFAS Extension.
37. Page, A.L., Nartin, J.P. and Ganje, T.J., 1963. Foilar absorption and translocation of potassium by citrus. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci*, 82, pp. 165-171.
38. Roberts, T.L., 2008. Improving nutrient use efficiency. IFA Agriculture Conference, 27Feb, Kunming China.
39. Sarrwy, S.M.A., heikh, M.H.S., kabeil, S. and Shamseldin, A., 2012. Effect of foliar application of different potassium forms supported by zinc and leaf mineral contents, yield and fruit quality of Baledy mandrine trees. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 12, pp. 490-498. **DOI: 10.5829/idosi.mejsr.2012.12.4.1698**
40. Shirgure, P. S. and Srivastava, A. K., 2013. Plant growth, leaf nutrient status, fruit yield and quality of Nagpur mandarin (Citrus reticulate Blanco) as influenced by potassium (K) fertigation with four potash fertilizer sources. *Scientific J. Crop. Sci.*, 2(3), pp. 36-42.

41. Srivastava, A.K. and Singh, S., 2003. Citrus Nutrition. International Book Distributing Co. INDA.
42. Srivastava, A.K., 2013. Nutrition deficiency symptomology in citrus: An effective diagnostic tool or iust an aid for post-mortem analysis. *Agricultural Advances*, 2, pp. 177-194.
43. Tucker, D.P.H., Alva, A.K., Jackson, L.K. and Wheaton, T.A., 1995. Nutrition of Florida Citrus, Univ. Fla., IFAS, SP-169. 61pp.
44. Wunche, J.N., Bowen, J., Woolf, A. and McGhie, T., 2004. Sunburn on apples – causes and control mechanisms. *Acta Hort*, 636, pp. 631 – 636.
DOI: 10.17660/ActaHortic.2004.636.78
45. Yasini, K., Malkuti, M.J., Asadi Kangarshahi, A. and Roadbari, S., 2021. Two -year study on the role of balanced fertilization in orange fruit yield increase and tolerance to frost in orange fruit. *J. Hort. Plants Nutr*, 4(2), pp. 137-148. **DOI:10.22070/HPN.2022.5333.1087**
(In Persian)

تأثیر گلايسين-بتائين و قارچ‌های مايکوري‌زا بر عملکرد کمی و کیفی گندم ديم در

شرایط مزرعه‌ای

سيد ماشاله حسيني*، عزيز مجیدی و هادی پيراسته انوشه

دانشيار، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز.

mhoseini20@yahoo.ca

دانشيار، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، ارومیه. az.majidi89@gmail.com

مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد و بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع

طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز. h.pirasteh.a@gmail.com

دریافت: شهریور ۱۴۰۲ و پذیرش: تیر ۱۴۰۳

چکیده

گزارش‌ها بیانگر تأثیر امیدبخش استفاده از قارچ‌های مايکوري‌زا و گلايسين-بتائين برای بهبود تحمل به خشکی گندم (*Triticum aestivum* L.) و در نتیجه افزایش کمی و کیفی محصول در شرایط ديم است. بنابراین، آزمایش حاضر، با هدف بررسی این تأثیر به‌صورت آنفارم در شرایط خاک‌های آهکی در منطقه آبرده استان فارس در سال زراعی ۱۴۰۰-۰۱ در شرایط مزرعه‌ای اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل (۱) استفاده از مایه تلقیح قارچ‌های مايکوري‌زا به‌صورت بذرمال پیش از کشت به‌علاوه برگ‌پاشی گلايسين-بتائين بر مبنای سیستم تلفیقی تغذیه گیاهی و (۲) مدیریت رایج مزرعه به‌عنوان شاهد بود. مایه تلقیح قارچ اندومايکوري‌زا شامل ترکیبی از سه گونه *Rhizophagus irregularis*، *Funneliformis mosseae* و *Glomus etunicatum* به میزان دو درصد (دو کیلوگرم همراه با ماده مویان با یکصد کیلوگرم بذر) و برگ‌پاشی گلايسين-بتائين با غلظت پنج میلی‌گرم در هر لیتر در مراحل اولین گره ساقه و آبستنی بود. نتایج نشان داد که کاربرد قارچ‌های مايکوري‌زا و گلايسين-بتائين در تیمار تحقیقاتی با افزایش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله موجب افزایش عملکرد گردید. عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در تیمار تحقیقاتی به‌ترتیب حدود ۶۰، ۳۹ و ۱۴ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود. همچنین، غلظت نیتروژن، فسفر، آهن، منگنز و روی دانه گندم تحت تأثیر تیمار تحقیقاتی افزایش معنی‌داری داشت؛ که بیانگر بهبود کیفیت دانه در شرایط تیمار تحقیقاتی بود. به‌طور کلی، به نظر می‌رسد که کاربرد مایه تلقیح قارچ‌های مايکوري‌زا به‌صورت بذرمال قبل از کشت به همراه محلول‌پاشی شاخساره‌ای گلايسين-بتائين می‌تواند باعث افزایش ۶۰ درصدی عملکرد دانه و بهبود کیفیت محصول (محتوای نیتروژن، فسفر، آهن، منگنز و روی دانه) در شرایط ديم گردد، که پایداری محصول و افزایش درآمد کشاورزان را نیز به دنبال خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: تغذیه بهینه، خشکی، ديم، عملکرد، کیفیت دانه

* - آدرس ایمیل نویسنده مسئول: mhoseini20@yahoo.ca

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات اساسی کشور است که کاهش مقدار و تغییر الگوی پراکنش نزولات جوی طی چند دهه گذشته عملکرد آن را به‌ویژه در شرایط ديم با خطر کاهش تولید مواجه کرده است (Majidi et al., 2020). بر اساس آخرین آمار رسمی، در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ میزان تولید محصول گندم ديم در کشور ۴/۴۷ میلیون بوده که ۷۴/۹۸ درصد کل محصولات زراعی ديم را شامل می‌شود. سطح زیر کشت گندم ديم در همان سال ۴/۵۴ میلیون هکتار برآورد گردید (Anonymous, 2023).

گیاهان به طرق مختلف در مقابل تنش خشکی مقابله می‌کنند. یکی از روش‌های کاربردی افزایش پایداری تولید گیاهان در شرایط تنش خشکی، استفاده از گونه‌های کارا با درجه همزیستی بالای قارچ‌های مايکوري‌زا و استفاده از ترکیبات گلايسين-بتائين است (Jamshidi et al., 2009). بررسی‌ها نشان داده است که قارچ‌های مايکوري‌زا قادر هستند که اثرات نامطلوب تنش خشکی را در گیاهان تعدیل کنند (Augé, 2001). همزیستی قارچ مايکوري‌زا با اغلب گیاهان در شرایط تنش خشکی باعث بهبود تولید از طریق جذب بیشتر عناصر غذایی غیرمتحرک مانند فسفر، روی و مس شده و تحمل گیاهان به خشکی را با بهبود جذب آب و پتانسیل آماس برگ، کنترل منافذ روزنه‌ای و تعرق، افزایش طول و عمق ریشه و توسعه هیف‌های انتهایی افزایش می‌دهد (Sajedi & Sajedi, 2009). قارچ مايکوري‌زا ارتباط آب با گیاه میزبان را به‌وسیله افزایش دسترسی گیاه به آب خاک، افزایش نسبت تعرق و کاهش مقاومت روزنه‌ای به‌وسیله تغییر در تعادل هورمون‌های گیاهی بهبود می‌بخشد (Elwan, 2001). اوسنوبی (Thangaraj et al., 2022) گزارش کرد که تلقیح بوته‌های سورگوم با قارچ مايکوري‌زا سبب افزایش طول ریشه و عملکرد گردیده و میزان تحمل به تنش خشکی گیاهان مذکور را بهبود بخشید. یکی دیگر از مؤثرترین روش‌ها برای مقابله با تنش

خشکی، ذخیره مواد تنظیم‌کننده اسمزی است. مواد تنظیم‌کننده فشار اسمزی بیشتر شامل اسیدهای آمینه، قندها و برخی یون‌های معدنی، هورمون اسید آسبیزیک و پروتئین‌ها هستند (Anjum et al., 2023). تجمع این ترکیبات محلول در سلول‌ها یک عکس‌العمل عمومی برای غلبه بر پیامدهای منفی کمبود آب در تولید محصولات زراعی است که به‌عنوان یک مکانیسم سازگاری و معیار انتخاب در برنامه‌های اصلاح نباتات برای ارتقاء عملکرد دانه در محیط‌های خشک پیشنهاد شده است (Khan et al., 2021; Anjum et al., 2023).

مجیدی و همکاران (Majidi et al., 2020) نشان دادند که آمینواسید گلايسين-بتائين همراه با مایه تلقیح قارچ‌های مايکوري‌زا از ترکیباتی است که برای مقابله با تنش خشکی و بهبود عملکرد محصول در گندم می‌تواند مؤثر باشد. آن‌ها گزارش کردند که درصد کلونیزاسیون ریشه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر مایه تلقیح قارچ مايکوري‌زا قرار گرفته و از ۹/۹ درصد در تیمار شاهد به ۴۰/۷ درصد افزایش یافت. کاربرد مایه تلقیح مايکوري‌زا باعث افزایش وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، محتوی پروتئین دانه، غلظت عناصر فسفر، روی و مس در دانه شد.

عملکرد گندم ديم در کشور از ۲۱۸ کیلوگرم در هکتار در بوشهر تا ۲۴۵۵ کیلوگرم در هکتار در مازندران متغیر است؛ با این حال، عملکرد گندم ديم در استان فارس (۵۷۵ کیلوگرم در هکتار) به‌طور قابل توجهی کمتر از میانگین کشوری (۹۸۶ کیلوگرم در هکتار) است؛ بنابراین، استفاده از رهیافت‌های کاربردی برای افزایش عملکرد و پایداری تولید گندم ديم در استان فارس، موضوعی حیاتی برای حفظ و ارتقاء تولید این محصول در کشور است. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی مدیریت بهینه تغذیه بر مبنای سیستم تلفیقی تغذیه گیاهی^۱ با استفاده از مایه تلقیح قارچ‌های مايکوري‌زا و محرک رشد گلايسين-بتائين جهت

افزایش تولید کمی و کیفی محصول گندم دیم در شرایط دیم اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به دنبال یک پژوهش تحقیقاتی (Majidi et al., 2020) و به صورت یک پروژه تحقیقی ترویجی در شرایط دیم در روستای خسرو شیرین شهرستان آباده در استان فارس در سال ۱۴۰۰-۰۱ انجام شد. بدین منظور، تیمار برتر به دست آمده از پژوهش تحقیقاتی در مزرعه یکی از کشاورزان پیشرو با شرایط مناسب و با مدیریت بهینه در مقیاس وسیع بررسی گردید. پروژه شامل یک تیمار: ۱) استفاده از مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزا جهت بذر مال بذور گندم به میزان دو درصد قبل از کشت به علاوه برگ‌پاشی گلاسیسین-بتائین به غلظت پنج میلی گرم در لیتر در دو مرحله ظهور اولین گره و آبستنی و شاهد ۲) مصرف کود مطابق عرف کشاورزان منطقه بود. مایه تلقیح قارچ اندومایکوریزا شامل ترکیبی از سه گونه *Rhizophagus Funneliformis mosseae* به *Glomus etunicatum* و *irregularis* به میزان دو درصد بود. از میان کودهای پایه، بر مبنای تفسیر نتایج آزمون خاک میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره مصرف شد و نیازی به استفاده از کودهای فسفردار و پتاسه نبود. در تیمار شرایط بهره‌بردار، تنها کود شیمیایی

اوره (۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) تحت مدیریت کشاورز مصرف شد و هیچ‌گونه قارچ و محلول‌پاشی استفاده نشد. هم در کرت‌های استفاده از قارچ‌های میکوریزا + گلاسیسین-بتائین و هم در کرت‌های مدیریت کشاورز، یک سوم کود نیتروژن در هنگام کاشت و مابقی طی دو قسط در مراحل اوج پنجه‌زنی و ظهور سنبله مصرف شد.

قبل از کشت از هر کدام از کرت‌های آزمایشی، نمونه‌های مرکب خاک تهیه و برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شد که نتایج آن در جدول ۱ آمده است. با توجه به یکنواختی کرت‌های آزمایشی، از هر کرت سه نمونه از عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری به صورت زیگزاگ گرفته شد و برای آزمون خاک با هم مخلوط شدند (Bahrampour and Akhavan, 2015). بافت خاک به روش هیدرومتری، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع با هدایت سنج الکتریکی، واکنش خاک در گل اشباع (pHs) به وسیله الکتروود شیشه‌ای، کربن آلی به روش اکسید کردن با اسیدسولفوریک غلیظ در مجاورت دی کرومات پتاسیم، فسفر قابل استفاده با روش اولسن، پتاسیم قابل استفاده به روش استات آمونیوم نرمال و غلظت عناصر کم مصرف به روش دی‌تی‌پی‌ا اندازه‌گیری شدند (Emami et al., 1996; Ali Ehyaei, 1997).

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری

Table 1- Some soil physicochemical properties of the experimental field at 0-30 cm depth

ECe (dS.m ⁻¹)	pH	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	Texture	OC (%)	OM (%)
0.27	8.14	16	61.6	22.4	Silty loam	1.4	2.42
TNV (%)	P (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	Cu (mg.kg ⁻¹)	Fe (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)	Mn (mg.kg ⁻¹)	
20.6	30	1060	2.7	12.12	0.22	21.7	

تیمارها، دو متر در نظر گرفته شد. رقم گندم مورد استفاده توده گل حیدری و تاریخ کاشت ۱۵ آبان بود. در هنگام کشت، مایه تلقیح قارچ اندومایکوریزا به میزان دو کیلوگرم همراه با ماده مویان با یکصد کیلوگرم بذر گندم

اندازه هر کرت، ۲۱۶ مترمربع بود و هر کرت آزمایشی شامل ۳۶ خط (عمیق کار دیم با عرض کار ۲/۲ متر) به طول ۳۰ متر و به عرض ۷/۲ متر در نظر گرفته شد. فاصله بین ردیف‌ها بیست سانتی متر و فاصله بین

مخلوط شد. برای اینکار بذر مورد نیاز برای کشت را روی پوشش نایلونی ریخته، سپس مایه تلقیح و ماده مویان را بر مبنای نسبت فوق محاسبه و با بذر مخلوط شد و پس از خشک شدن (حدود یک ساعت)، بذرها با تراکم ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار کشت شدند.

در طول فصل رشد مزرعه از نظر ابتلا به علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها نیازمند کنترل نبود. برگ پاشی گلايسين-بتائين در مرحله ظهور اولین گره (کد ۳۱ زیداکس) در بهار سال ۱۴۰۱ و مرحله نمو آبستنی (کد ۴۹ زیداکس) به انجام رسید. گلايسين بتائين استفاده شده مربوط به شرکت Sigma-Aldrich با کد ۶۱۹۶۲ و وزن مولکولی ۱۱۷/۱۵ گرم در مول بود.

در کرت آزمایشی توصیه تحقیقات، برگ پاشی آمینواسید گلايسين-بتائين با غلظت پنج میلی‌گرم در هر لیتر معادل دو کیلوگرم در ۴۰۰ لیتر آب برای یک هکتار در هنگام غروب آفتاب اعمال گردید.

در مرحله برداشت محصول، خطوط کشت ۴، ۸، ۱۲، ۱۸، ۲۲، ۲۶ و ۳۰ را با حذف یک متر از ابتدا و انتهای کرت برداشت گردید. عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، اجزای عملکرد دانه شامل تعداد سنبله در مترمربع (شمارش سنبله‌های بارور در چهار نمونه تصادفی یک مترمربعی)، تعداد دانه در سنبله (در ۱۰ سنبله به‌صورت تصادفی) و وزن هزار دانه (توزین چهار

نمونه صدتایی بذر) اندازه‌گیری شد. وزن کل نمونه‌های برداشت‌شده به‌عنوان عملکرد بیولوژیک و وزن دانه‌ها به‌عنوان عملکرد دانه در نظر گرفته شد. از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت به دست آمد. یک نمونه بذر از هر تیمار آزمایشی به وزن تقریبی ۵۰۰ گرم جهت اندازه‌گیری غلظت عناصر غذایی به آزمایشگاه منتقل گردید. در این نمونه‌ها غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس مطابق روش‌های استاندارد موسسه تحقیقات خاک و آب اندازه‌گیری شد (امامی و همکاران، ۱۳۷۵؛ علی‌احیایی و همکاران، ۱۳۷۶). داده‌های جمع‌آوری‌شده پس از آزمون همگونی واریانس‌ها (Levene's Test)، مورد تجزیه واریانس قرار گرفت؛ و میانگین‌ها با استفاده از آزمون t (با ۱۰ تکرار) در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند. تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس تجزیه آماری، تلقیح قارچ‌های مايکوري‌زا و برگ پاشی گلايسين-بتائين به‌عنوان تیمار تحقیقاتی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله داشت (جدول ۲)؛ ولی تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه نداشت.

جدول ۲- تأثیر کاربرد تیمار بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه گندم

Table 2- The effect of treatment on yield components and grain yield of wheat

تیمار Treatment	تعداد سنبله در مترمربع Spike number m ⁻²	تعداد دانه در سنبله Seed number spike ⁻¹	وزن هزار دانه Thousand kernel weight (g)	عملکرد دانه Grain yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg ha ⁻¹)	شاخص برداشت Harvest index (%)
Treatment	297.0 ^b	13.7 ^a	35.5 ^a	1487 ^a	3630 ^a	40.1 ^a
Control	357.8 ^a	7.6 ^b	33.7 ^a	913 ^b	2605 ^b	35.3 ^b
MS _t	4.65 [*]	55.35 ^{**}	3.62 ^{ns}	39.19 ^{**}	26.03 ^{**}	18.72 [*]

میانگین‌های با حروف یکسان در هر ستون بر اساس آزمون t تفاوت معنی‌دار ندارند.

The means with similar letters in each column had no significant difference based on the T-test

بود (جدول ۲)، به‌طوری‌که کرت‌های شاهد ۲۰/۵ درصد تعداد سنبله بیشتری نسبت به تیمار تحقیقاتی داشت. با

نتایج نشان داد که تعداد سنبله در متر مربع در تیمار تحقیقاتی به‌طور معنی‌داری کمتر از شاهد کشاورز

میزان ۵۹/۹، ۳۹/۳ و ۱۳/۷ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود (جدول ۲).

نتایج تجزیه داده‌ها نشان داد که غلظت نیتروژن، فسفر، آهن، منگنز و روی دانه گندم تحت تأثیر تیمار تحقیقاتی قرار گرفت (جدول ۳)؛ ولی تأثیر آن بر غلظت پتاسیم و مس دانه معنی‌دار نبود. کاربرد قارچ‌های میکوریزا و محلول‌پاشی گلاسیسین-بتائین به ترتیب با افزایش ۱۹/۸، ۱۹/۸، ۶۸/۶، ۱۶/۰ و ۵۲/۲ درصدی غلظت نیتروژن، فسفر، آهن، منگنز و روی دانه گندم نسبت به تیمار شاهد همراه بود. میانگین غلظت پتاسیم در تیمارهای تحقیقاتی و شاهد به ترتیب ۰/۷۰ و ۰/۶۷ درصد و میانگین غلظت مس به ترتیب ۷/۲۵ و ۷/۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۳).

وجود این، تعداد دانه در سنبه تیمار تحقیقاتی به طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود، به طور میانگین کاربرد قارچ‌های میکوریزا و گلاسیسین-بتائین با افزایش ۸۰/۳ درصدی تعداد دانه در سنبه همراه بود. وزن هزار دانه در بین کرت‌های تحقیقاتی از نظر آماری یکسان بود و دامنه ای بین ۳۰ تا ۳۸ گرم داشت؛ با وجود این میانگین وزن هزار دانه در تیمارهای تحقیقاتی و شاهد به ترتیب برابر با ۳۵/۵ و ۳۳/۷ گرم بود (جدول ۲).

عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در تیمار تحقیقاتی به طور معنی‌داری بیشتر از کرت‌های شاهد بود (جدول ۲). تلقیح قارچ‌های میکوریزا و محلول‌پاشی گلاسیسین-بتائین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را به ترتیب ۵۷۴ و ۱۰۲۵ کیلوگرم در هکتار افزایش داد. به طور میانگین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در کرت‌های تحقیقاتی به

جدول ۳- غلظت عناصر غذایی در دانه گندم در تیمار و شاهد

Table 3- Nutrient concentration in wheat grain in the treatment and control

Treatment	N (%)		P (%)		K (%)		Fe (mg.kg ⁻¹)		Mn (mg.kg ⁻¹)		Zn (mg.kg ⁻¹)		Cu (mg.kg ⁻¹)	
Treatment	1.87	a	0.33	a	0.70	a	139.50	a	45.25	a	17.50	a	7.25	a
Control	1.56	b	0.28	b	0.67	a	82.75	b	39.00	b	11.50	b	7.00	a
MSt	0.102	*	0.01	*	0.005	ns	357.58	**	110.74	*	16.08	**	0.021	ns

میانگین‌های با حروف یکسان در هر ستون بر اساس آزمون t تفاوت معنی‌دار ندارند

The means with similar letters in each column had no significant difference based on the T-test

گیاهی به میزان بالا در پاسخ به انواع تنش‌های محیطی ستنز می‌شود (Majidi et al., 2020)؛ که کاربرد خارجی آن نیز می‌تواند سبب بهبود تحمل به خشکی و در نتیجه افزایش رشد و عملکرد دانه در شرایط دیم گردد. گلاسیسین-بتائین با نفوذ به داخل برگ‌های گیاهی، بلافاصله به ریشه‌ها، مریستم‌ها و برگ‌های توسعه‌یافته منتقل می‌شود و اندام‌های گیاهی در حال نمو و توسعه را از تنش حفظ می‌کند (He et al., 2011)؛ به عنوان مثال یکی از اثرات حفاظتی این ماده، جلوگیری از صدمه به فتوسیسستم II در کلروفیل هاست (Allakhverdiev et al., 2003).

به نظر می‌رسد که افزایش عملکرد دانه گندم در اثر کاربرد قارچ‌های میکوریزا و گلاسیسین-بتائین به دلیل

نتایج نشان داد که استفاده از قارچ‌های میکوریزا و گلاسیسین-بتائین باعث افزایش عملکرد بیولوژیک و دانه گندم در شرایط دیم می‌گردد. شواهد زیادی مبتنی بر افزایش تحمل به خشکی در گیاهان زراعی توسط قارچ‌های میکوریزا وجود دارد. یکی از دلایل این تأثیر مثبت این است که در شرایط خشکی گیاهان تلقیح شده با میکوریزا، آب و مواد غذایی بیشتری نسبت به گیاهان تلقیح نشده جذب می‌کنند (Jamshidi et al., 2009). ریشه بسیاری از گیاهان به وسیله میکوریزای بومی خاک کلونیزه می‌شود. این قارچ‌ها قادر به جذب و انتقال مواد آلی به گیاهان هستند (Chalk et al., 2006). از سوی دیگر، گلاسیسین-بتائین نیز به عنوان یک دسته از مواد آلی سازگار در بسیاری از گونه‌های

محیطی حفظ می‌کند (Gupta et al., 2014; Gupta & Thind, 2015).

غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس در دانه گندم رشد کرده تحت مدیریت تحقیقاتی به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بود که نشان‌دهنده تأثیر مثبت کاربرد قارچ‌های مايکوري‌زا و گلايسين-بتائين بر کیفیت دانه بود. مايکوري‌زا آربوسکولار قادر به افزایش جذب و انتقال و قابلیت دسترسی به عناصر معدنی مانند فسفر، نیتروژن، مس و روی به گیاه میزبان خود است که به نوبه خود می‌تواند سبب افزایش رشد و عملکرد در شرایط خشکی گردد (Jamshidi et al., 2009). اثرات مثبت ناشی از تأثیر تلقیح مايکوري‌زا بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه ممکن است ناشی از افزایش جذب مواد معدنی توسط ریشه گیاهان باشد که ضمن تأیید این نتایج در پژوهش حاضر با یافته‌های سایر محققان که افزایش در اجزای عملکرد را ناشی از بهبود وضعیت جذب عناصر و آب به‌وسیله هیف دانسته‌اند (Clark & Zeto, 2000)، مطابقت دارد. بهبود جذب عناصر غذایی توسط ریشه بوته‌های گندم تیمار شده با قارچ‌های مايکوري‌زا و گلايسين-بتائين می‌تواند به افزایش توان جذب آب توسط ریشه‌ها و همچنین افزایش طول و عمق ریشه و توسعه هیف‌های انتهایی نسبت داده شود (Sajedi & Sajedi, 2009; Allakhverdiev et al., 2003).

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به نتایج این پژوهش که به‌صورت یک تحقیق آن‌فارم^۳ و در شرایط واقعی کشاورزان انجام شد، استفاده از قارچ‌های مايکوري‌زا توأم با گلايسين-بتائين می‌تواند باعث افزایش قابل توجه عملکرد دانه در شرایط ديم گردد که افزایش درآمد کشاورزان را نیز به دنبال دارد؛ بنابراین، استفاده از مایه تلقیح قارچ‌های مايکوري‌زا به‌صورت بذرمال قبل از کشت به همراه محلول‌پاشی

افزایش تعداد دانه در سنبه باشد. اثر تیمارهای تحقیقاتی باعث شده است که تعداد دانه‌های پوک کمتر و در نتیجه تعداد دانه‌های بارور بیشتر گردد. جمشیدی و همکاران (Jamshidi et al., 2009) نشان دادند که تیمار گیاهان آفتابگردان با قارچ‌های مايکوري‌زا آربوسکولار سبب کاهش درصد پوکی دانه می‌شود. در شرایط ديم، تلقیح قارچ‌های مايکوري‌زا و محلول‌پاشی گلايسين-بتائين با بهبود وضعیت آبی گیاه موجب تخصیص میزان بالاتری از مواد فتوسنتزی به مبداهای فیزیولوژیک^۱ شده و در نتیجه تعداد دانه بیشتری پر گردید که موجب افزایش صفت تعداد دانه در سنبه گردیده است (Gupta & Thind, 2015). ضمن اینکه گلايسين-بتائين منبع غنی از نیتروژن و کربن به‌منظور رشد بیشتر است، لذا سبب افزایش تولید مواد پرورده برای پرکردن تعداد دانه بیشتری می‌شود (Miri & Zamani Moghadam, 2014). افزایش اجزای عملکرد و در نتیجه عملکرد دانه در اثر همزیستی با قارچ مايکوري‌زا همچنین می‌تواند به بهبود جذب عناصر غذایی غیرمتحرک مانند فسفر، روی و مس، بهبود جذب آب و پتانسیل آماس برگ و کنترل منافذ روزنه‌ای و تعرق نسبت داده شود (Sajedi & Sajedi, 2009).

در بین اجزای عملکرد وزن هزار دانه، صفتی تقریباً ثابت است و کمتر تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد. این موضوع به دلیل محدودیت مبداهای^۲ در گندم و سایر غلات است (Emam et al., 2013). در این مطالعه، در اثر کاربرد قارچ‌های مايکوري‌زا و گلايسين-بتائين تعداد دانه در سنبه افزایش یافت، بنابراین افزایش مواد پرورده تولیدی محصول فتوسنتز در تعداد دانه بیشتری ذخیره می‌شد و میانگین وزن دانه‌ها بدون تغییر باقی ماند. از نظر فیزیولوژیک، نقش حفاظتی گلايسين-بتائين به‌طور مستقیم از طریق اثر مثبت روی آنزیم‌ها و سیالیت غشاء و به‌طور غیرمستقیم از طریق نقش آن در انتقال پیام به‌عنوان یک حفاظت‌کننده اسمزی، سلول‌ها را از تنش‌های

1 -Physiological sinks

2. -Sink limited

3.-On-farm research

شاخساره‌ای گلیسین-بتائین برای افزایش عملکرد گندم
در مزارع دیم پیشنهاد می‌شود. غلظت ۲۰ گرم قارچ‌های
مایکوریزا به ازای هر کیلوگرم بذر و پنج میلی گرم
آمینواسید گلیسین-بتائین در هر لیتر توصیه می‌گردد.

References

1. Ali Ehyaei, M., 1997. Description of soil chemical analysis methods. Agriculture Research, Education and Extension Organization. No 1024. (In Persian).
2. Allakhverdiev, S.I., Hayashi, H., Nishiyama, Y., & Ivanov, A.G. 2003. Glycine betaine protects the D1/D2/Cyt559 Complex of Photosystem II against photo-induced and heat-induced inactivation. *Journal of Plant Physiology*, 160, pp. 41-49. <https://doi.org/10.1078/0176-1617-00845>
3. Anjum, N.A., Thangavel, P., Rasheed, F., Masood, A., Pirasteh-Anosheh, H., & Khan, N.A. 2023. Osmolytes: efficient oxidative stress-busters in plants. P. 399-409. In Ansari, M.W., Singh, A.K., Tuteja, N. (Eds.), *Global Climate Change and Plant Stress Management*. John Wiley & Sons, Ltd, New York. <https://doi.org/10.1002/9781119858553.ch27>
4. Anonymous, 2023. Agricultural statistics of 2021-22. 1st Volume: Field Crops. The Ministry of Agriculture-Jahad of Iran. (In Persian).
5. Augé, R.M., 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza*, 11, pp. 3-42. <https://doi.org/10.1007/s005720100097>
6. Bahrampour, T., & Akhavan, K., 2015. The Sampling of soil, water and plant and proper fertilizer recommendations. Agriculture Research, Education and Extension Organization. Technical Manual, No 51, Registration code 48072. (In Persian).
7. Chalk, P.M., Souza, R.D.F., Urquiaga, S., Alves, B.J.R., & Boddey, R.M., 2006. The role of arbuscular mycorrhiza in legume symbiotic performance. *Soil Biology and Biochemistry*, 47, pp. 487-499. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.05.005>
8. Clark, R.B., & Zeto, S.K., 2000. Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. *Journal of Plant Nutrition*, 23, pp. 876 -902. <https://doi.org/10.1080/01904160009382068>
9. Elwan, L.M., 2001. Effect of soil water regimes and inoculation with mycorrhiza on growth and nutrients content of maize plants. *Journal of Agricultural Research*, 28, pp. 162-172.
10. Emam, Y., Hosseini, E., Rafiei, N., & Pirasteh-Anosheh, H., 2013. Response of early growth and sodium and potassium ions concentrations in ten barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars in salinity tension conditions. *Crop Physiology Journal*, 19, pp. 5-15. <http://dorl.net/dor/20.1001.1.2008403.1392.5.19.1.0>
11. Emami, A., Ali Ehyaei, M., & Behbahanizadeh, A.A., 1996. Methods of chemical analysis of soil and plants. Soil and Water Research Institute, No 982. (In Persian).
12. Gupta, N., & Thind, S., 2015. Improving photosynthetic performance of bread wheat under field drought stress by foliar applied glycine betaine. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17, pp. 75-86. <http://dorl.net/dor/20.1001.1.16807073.2015.17.1.6.7>
13. Gupta, N., Thind, S.K., & Bains, N.S., 2014. Glycine betaine application modifies biochemical attributes of osmotic adjustment in drought stressed wheat. *Plant Growth Regulation*, 72, pp. 221-228. <https://doi.org/10.1007/s10725-013-9853-0>
14. He, C., Zhang, W., Gao, Q., Yang, A., Hu, X., & Zhang, J., 2011. Enhancement of drought resistance and biomass by increasing the amount of glycine betaine in wheat seedlings. *Euphytica*, 177, pp. 151-167. <https://doi.org/10.1007/s10681-010-0263-3>
15. Jamshidi, E., Ghalavnd, A., Salahi, A., Zare, M.J., & Jamshidi, A.R., 2009. Effect of *Arbuscular mycorrhizal* on yield, yield components and plant characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drought stress conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 11, pp. 136-150. (In Persian). <http://dorl.net/dor/20.1001.1.15625540.1388.11.2.4.6>
16. Khan, M.T., Ahmed, S., Shah, A.A., Noor Shah, A., Tanveer, M., El-Sheikh, M.A., & Siddiqui, M.H., 2021. Influence of zinc oxide nanoparticles to regulate the antioxidants enzymes, some osmolytes and agronomic attributes in *Coriandrum sativum* L. grown under water stress. *Agronomy*, 11(10), 2004. <https://doi.org/10.3390/agronomy11102004>
17. Majidi, A., Rejali, F., Mahmoudi Kamelabad, H., Khalilzadeh, G., & Valizadeh Osalo, G., 2020. Investigating the effect of mycorrhizal fungi, humic acid and glycine betaine on

- agronomic characteristics and yields of rainfed wheat cultivars. Final Report, No 58869. Dryland Agricultural Research Institute, AREEO (in Persian).
18. Miri, H.R., & Zamani Moghadam, A., 2014. The effect of external usage of glycine betaine on corn (*Zea mays* L.) in drought condition. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(4), pp. 704-717. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/gsc.v12i4.24221>
 19. Sajedi, N.A., & Sajedi, A., 2009. Effect of drought stress, mycorrhiza and zinc rates on agro-physiologic characteristics of maize cv. KSC704. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 11 (3), pp. 202-222 (In Persian) <http://dorl.net/dor/20.1001.1.15625540.1388.11.3.2.6>
 20. Thangaraj, K., Li, J., Mei, H., Hu, S., Han, R., Zhao, Z., & Kamatchi Reddiar, D., 2022. Mycorrhizal colonization enhanced Sorghum bicolor tolerance under soil water deficit conditions by coordination of proline and reduced glutathione (GSH). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70(14), pp. 4243-4255. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c07184>

Effects of glycine-betaine and mycorrhizal fungi application on the quantitative and qualitative performance of dryland wheat in field conditions

S. M. Hosseini*, A. Majidi, and H. Pirasteh-Anosheh

Associate Prof.; Department of Soil and Water Research; Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center; Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO); Shiraz, Iran.

mhoseini20@yahoo.ca

Associate Prof.; Department of Soil and Water Research; West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center; AREEO; Urmia, Iran. az.majidi89@gmail.com

Assistant Prof.; National Salinity Research Center; AREEO; Yazd, Iran. h.pirasteh.a@gmail.com

Assistant Prof.; Department of Natural Resources Research; Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center; AREEO; Shiraz, Iran. h.pirasteh.a@gmail.com.

Received: September 2023 and Accepted: July 2024

Abstract

Reports are indicative of the promising effects of using mycorrhizal fungi and glycine betaine on enhancing drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) and, thereby, increasing its yield and quality under rainfed farming. The present investigation was carried out as an on-farm experiment in Abadeh characterized by calcareous soils, Fars Province, in the 2021-22 growing season under field conditions. The experimental treatments included: 1) application of mycorrhizal fungi inoculum to seeds before cultivation + foliar spray of glycine betaine in accordance with the integrated plant nutrition system, and 2) the control involving common field management. The endomycorrhizal inoculum consisted of a mixture of the three species of *Funneliformis mosseae*, *Rhizophagus irregularis*, and *Glomus etunicatum* at 2% (2 kg with surfactant in 100 kg of seeds) and glycine betaine foliar spray applied at 5 mg L⁻¹ during early stem node and booting stages. The measured characteristics consisted of grain yield components (No. of ears per m², No. of grains per ear, and one thousand-grain weight), grain yield, biological yield, harvest index, and seed quality (grain concentrations of N, P, K, Fe, Mn, Zn, and Cu). The results showed that using mycorrhizal fungi and glycine betaine in the experimental treatment led to significantly rising yield as evidenced by the increased grain numbers per ear. Grain yield, biological yield, and harvest index in the experimental treatment were found to be higher by about 60%, 39%, and 14%, respectively, than those of the control. Furthermore, the wheat grain quality measures of nitrogen, phosphorus, iron, manganese, and zinc concentrations in the same treatment were found to have significantly increased. In general, it seems that application of seed-applied mycorrhizal fungi inoculant before planting along with glycine betaine foliar spraying is capable of increasing grain yield by 60% and improving crop quality (as indicated by grain nitrogen, phosphorus, iron, manganese, and zinc contents) under rainfed conditions, which leads to sustainable production and higher farmers' income.

Keywords: Drought, Grain quality, Optimum nutrition, Rainfed, Yield

*- Corresponding author's email: mhoseini20@yahoo.ca

Potassium Fertilization in Citrus Orchards

A. Asadi Kangarshahi* and N. Akhlaghi Amiri

Associate Professor of Soil and Water Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran. kangarshahi@gmail.com

Assistant professor of Agronomy and Horticultural Science Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran. neginakhlaghi@yahoo.com

Received: November 2023 and Accepted: July 2024

Abstract

This study was conducted to evaluate potassium fertilization management on citrus orchards as an effort to gain a better understanding of the potassium requirement, amount of fertilization, and proper timing of potassium application as well as potassium uptake and transfer in citrus trees. The findings can be effectively employed in formulating horticultural recommendations toward optimized potassium application. On average, mature citrus trees contain 300 to 750 kg/ha of K, 15 to 20 percent of which is found in the leaves and 45 to 60 percent in the fruits. Long-term citrus fertilization experiments in Iran and elsewhere have revealed that around 50 to 200 kg/ha of potassium as K_2O is annually needed to achieve sustainable production, improved fruit yield and quality, and proper tree growth and health. Around 50-70% of this amount is consumed in fruits, about 5% deposited in tree structure and organs, and the balance between the potassium absorbed and that consumed is made up by absorption and desorption reactions at soil exchange surfaces. Studies in the past have shown that the highest K-requirement and K-uptake rate in citrus trees belong to the period from June drop to fruit maturation (i.e., the second stage of fruit growth) but that the lowest uptakes are observed during minimum activity (i.e., in the winter), at the beginning of the growing season, and after harvesting. The potassium stored in older tissues, therefore, plays the greatest role in the growth and development of leaves, branches, flowers, and fruits during the early growing season (i.e., the beginning of twig growth, flowering, and fruit setting) when potassium uptake from the soil is still at its lowest. Like the tree potassium reserves, foliar application of potassium fertilizers will, therefore, play an important role in regulating the supply of potassium to the newly growing and developing organs, especially at the beginning of the growing season. The purpose of potassium fertilizer application is, therefore, to ensure sustainable production, enhanced tree performance, improved fruit storage, and reduced fruit physiological disorders. Obviously, application of potassium fertilizer to soil prior to flowering and fruit setting has been found to have no effects on the development of spring twigs, nor on the current year flowering or fruit setting. It may, therefore, be recommended that producers should stop soil application of fertilizers before flowering and fruit setting, but start K application (percentage of the annual requirement) from the middle to the end of the first stage and gradually increase it to its maximum during the second stage of fruit maturation.

Keywords: Fruit growth phenology, K fertilizers, K nutrition, K requirement

*- Corresponding author's email: kangarshahi@gmail.com
<https://doi.org/10.22092/lmj.2024.363801.345>

Do Students of Soil Science and its Subfields Need to Know Math and its Applications?

A. Reyhanitabar*

Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
areyhani@tabrizu.ac.ir

Received: November 2023 and Accepted: July 2024

Abstract

Many students of agriculture, particularly those of soil science, raise the question whether it is necessary to learn and do mathematics. If yes, the question arises as to how much of mathematical knowledge is really needed by students of these disciplines. Will derivatives, integrals, or differential equations be needed in soil science? One reason why some students may not take their mathematics courses serious is their failure to appreciate their relevance to soil science. This paper presents practical examples of math applications in such varied fields as soil physics, biology, chemistry, and soil fertility to illustrate how usefully the knowledge of mathematical formulas can be exploited in data analysis and drawing sound practical conclusions. The examples range from the application of differential equations embedded in relevant physical laws to the study of water and energy transport in soil to that of quadratic equations used to determine plant water demand or plant response to fertilizer application toward maximizing crop yield. It is imperative for lecturers of mathematics at departments of Agriculture and Soil Science to use such illustrative examples as compelling reasons for their students to appreciate why they need to master mathematics and to gain a better understanding of its relevance to their fields of study.

Keywords: Differential Equations, Mathematical knowledge, Soil Science, Solute transport

*- Corresponding author's email: areyhani@tabrizu.ac.ir
<https://doi.org/10.22092/lmj.2024.364138.347>

A review study of global economic evaluations of land degradation based on cost-benefit analysis

A. A. Damavandi*

Assistant Prof., Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO).
damavandi58@gmail.com

Received: April 2022 and Accepted: June 2024

Abstract

Land is a source of human life and an important component of sustainable development. It is a vital resource for producing food, preserving biodiversity, and facilitating natural management of water systems, which also serves as a carbon sequestering medium. Appropriate land management can protect the resources and maximize their benefits to human society. This is while desertification, land degradation, and drought (DLDD) are unfortunately the growingly accelerated processes, particularly in arid, semi-arid and dry sub-humid areas. The underlying biophysical and anthropogenic causes of land degradation are multiple, overlapping, and interrelated in a complex manner that are embedded in the understanding of the 'economics of DLDD's set of methodologies for assessing the true societal impacts of land degradation. These form the cornerstone of solutions that determine how best financial, technical, and human resources might be allocated to tackle DLDD. The current paper estimates the costs of DLDD, or alternatively, the benefits of sustainable land management (SLM), for different parts of the world. Cost-Benefit Analysis (CBA) should account for both benefits and costs of halting land degradation. CBA is a powerful tool to help decision makers in their objective selection of different land-use management strategies and, thereby, implement effective, resilience-building interventions when funding is limited. In this regard, the Cost-Benefit Analysis (CBA) method is exploited in this study as a basis for the economic analysis of land degradation. It is, indeed, appropriate economic analysis of the phenomena involved that underlies the efforts to halt or alleviate land degradation on a global scale.

Keywords: Desertification, Arid and Semi-Arid, Sustainable Land Management, Sustainable Development

*- Corresponding author's email: damavandi58@gmail.com
<https://doi.org/10.22092/lmj.2024.358370.302>

Using remote sensing systems to monitor land cover/use changes in Tehran Province

P. Roudgarmi*

Watershed Management and Water and Soil Productivity Research Department, Tehran Research and Education Center of Agriculture and Natural Resources, AREEO, Iran. roudgarmi@yahoo.com

Received: December 2023 and Accepted: July 2024

Abstract

Identification of changes in land use and vegetative cover serves important functions not only for optimal management of natural resources but also for planning by the agricultural sector. Satellite imaging is a technique of special benefits for updating land use and cover maps. It was the objective of the current article to exploit satellite data to determine the extent and types of land cover/use changes in Tehran Province over the past two decades. For this purpose, use was made of Landsat-7 satellite images of Tehran Province prepared in the year 2000 and the Sentinel-2 satellite images of 2021. The images along with the relevant remote sensing data were subsequently subjected to processes in the spatial analysis software. Using the data thus obtained, the areas of natural resources and agricultural lands were estimated to be 1,050,155 and 174,115 hectares, respectively, in the year 2000 while those in 2021 were estimated at 946,200 and 170,800 ha. Clearly, the area of natural resources in the province shrank by 103,955 ha during the period from 2000 to 2021 and a total reduction of 3315 ha was recorded for the agricultural land area in the province during the same period. . Moreover, a land use change of about 39000 hectares was observed in agricultural land area in favor of built-up area. This is because about 36000 ha of the natural resources area in the province was changed to agricultural use so as to partially compensate for the farmland area occupied by new settlements, resulting in the total built-up land area in the province to rise to 107,129 ha. A number of suggestions have been put forth for preserving agricultural and natural resources lands in this province, the most promising ones include deployment of a monitoring land use system with remote sensing capabilities and stringent regulations to ban further divisions of Tehran Province into smaller administrative units.

Keywords: Agriculture, Vegetation, Satellite, Landsat, Sentinel-2

*- Corresponding author's email: roudgarmi@yahoo.com
<https://doi.org/10.22092/lmj.2024.364353.348>

Consequences of changing cultivation patterns on low-yield steep lands to rainfed gardens

A case study of Kabgian District of Boyer Ahmad County

R. Khorshidiyan, A. Karami*, and M. Nooripoor

M.Sc. Student of Agricultural Extension, Department of Rural Development Management, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran. rkhoshidiyan@gmail.com

Associate Prof., Department of Rural Development Management, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran. ayatkarami@yu.ac.ir

Associate Prof., Agricultural Extension & Education, Department of Rural Development Management, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran. mnooripoor@yu.ac.ir

Received: April 2023 and Accepted: September 2024

Abstract

This study was implemented to identify the economic, social, and environmental consequences of changing cultivation patterns on low-yield steep lands to rainfed gardens in Kabgian District of Boyer Ahmad County. Drawing upon expert opinion at the Agricultural Jihad Organization of Kohgiluyeh and Boyer Ahmad Province, a causal-comparative study was conducted using 156 individual stakeholders (72 as project pros and 84 as cons) as a sample population at two points in time (before and after project implementation). Data were collected using a researcher-made questionnaire. The results showed that cost, production, job creation, financial power and assets, sales market, support, competition, investment, income level, and bank facilities explained 70.77% of the total variance of the project's economic consequences while migration, job desirability, knowledge and experience requirements, participation, belongingness to the village, satisfaction with local institutions, project awareness, support, and conflicts explained 75.5% of the variance of the project's social consequences. The quality of the environment, living standards in the village, changes in species, and household consumption levels explained 68.83% of the variance of the project's total environmental consequences. Generally speaking, the results indicated a more favorable situation to the project pros than to the cons in terms of economic, social, and environmental consequences. In addition, the post-project economic, social, and environmental status of the project pros was evaluated as more desirable than before changing the cultivation pattern. Overall, the findings showed that changing the cultivation pattern at the village level led to improvements in the stakeholders' economic, social, and environmental conditions. Furthermore, the results revealed that the stakeholders with higher income levels were more likely to accept the project.

Keywords: Project stakeholders, Natural resource projects, Causal-comparative

* - Corresponding author's email: ayatkarami@yu.ac.ir
<https://doi.org/10.22092/lmj.2023.361412.325>

Subject	Page
Consequences of changing cultivation patterns on low-yield steep lands to rainfed gardens A case study of Kabgian District of Boyer Ahmad County.....	1
<i>R. Khorshidiyan, A. Karami, and M. Nooripoor</i>	
Using remote sensing systems to monitor land cover/use changes in Tehran Province.....	2
<i>P. Roudgarmi</i>	
A review study of global economic evaluations of land degradation based on cost-benefit analysis.....	3
<i>A. A. Damavandi</i>	
Do Students of Soil Science and its Subfields Need to Know Math and its Applications?.....	4
<i>A. Reyhanitabar</i>	
Potassium Fertilization in Citrus Orchards.....	5
<i>A. Asadi Kangarshahi and N. Akhlaghi Amiri</i>	
Effects of glycine-betaine and mycorrhizal fungi application on the quantitative and qualitative performance of dryland wheat in field conditions.....	6
<i>S. M. Hosseini, A. Majidi, and H. Pirasteh-Anosheh</i>	

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

Journal of Land Management

***Vol. 12, No. 1*
2024**

**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	Professor, 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, PhD	Associate Prof., College of Agriculture and Natural Resources, Tehran University
Aziz Momeni, PhD	Associate Prof., Soil and Water Research Institute
Mohammad H. Roozitalab, PhD	Professor, Agricultural Research, Education and Extension Organization
Saeed Saadat, PhD	Associate Prof., Soil and Water Research Institute
Mohammad R. Shahpasand, PhD	Associate Prof., Imam Khomeini Higher Education Center

Executive Manager:	Farhad Moshiri, PhD
English Editor :	Ezatollah Roustazadeh, PhD
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 12/ No. 1/ 2024

Subject	Page
Consequences of changing cultivation patterns on low-yield steep lands to rainfed gardens A case study of Kabgian District of Boyer Ahmad County.....	1
<i>R. Khorshidiyan, A. Karami, and M. Nooripoor</i>	
Using remote sensing systems to monitor land cover/use changes in Tehran Province.....	2
<i>P. Roudgarmi</i>	
A review study of global economic evaluations of land degradation based on cost-benefit analysis.....	3
<i>A. A. Damavandi</i>	
Do Students of Soil Science and its Subfields Need to Know Math and its Applications?.....	4
<i>A. Reyhanitabar</i>	
Potassium Fertilization in Citrus Orchards.....	5
<i>A. Asadi Kangarshahi and N. Akhlaghi Amiri</i>	
Effects of glycine-betaine and mycorrhizal fungi application on the quantitative and qualitative performance of dryland wheat in field conditions.....	6
<i>S. M. Hosseini, A. Majidi, and H. Pirasteh-Anosheh</i>	