



19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



اثر تلفیقی خاک ورزی حفاظتی و سطوح آبگیر باران بر تلفات خاک در اراضی دیم

در استان اردبیل

رضا طلائعی^{۱*}

۱- استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

talaei1969@gmail.com

چکیده

اراضی دیم مناطق خشک و نیمه‌خشک با مشکل کم‌آبی و فرسایش خاک روبه‌رو هستند که رشد گیاهان را محدود می‌کند. برای جبران کاهش مراتع و تأمین علوفه، استفاده بهینه از این اراضی ضروری است. کشت گیاهان لگومی در تناوب با غلات می‌تواند ضمن افزایش تولید علوفه، به کاهش رواناب و فرسایش کمک کند. در این پژوهش، چهار گونه علوفه‌ای (یونجه دیم، ماشک گل خوشه‌ای، نخود علوفه‌ای و خلر) همراه با گندم دیم رقم صدرا در قالب طرح اسپلیت اسپلیت پلات با سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی کندرق اردبیل کشت شدند. عوامل اصلی شامل سطح آبگیر باران (دو سطح: بدون سطح آبگیر و با آن)، نوع خاک‌ورزی (دو سطح: شخم حداقل و شخم معمولی) و نوع محصول زراعی (پنج سطح: چهار گونه علوفه‌ای و یک رقم گندم) در دو سال متوالی با رعایت تناوب کشت مورد بررسی قرار گرفتند. یافته‌ها نشان می‌دهد که تلفیق این سه عامل مدیریتی، می‌تواند کارایی بالایی در کنترل فرسایش، افزایش پایداری خاک و ارتقای حاصلخیزی در اراضی دیم داشته باشد. این رویکرد، به‌عنوان راهکاری پایدار برای مدیریت حوزه‌های آبخیز در مناطق حساس شمال‌غرب ایران پیشنهاد می‌شود.

کلمات کلیدی: بهره‌وری آب، تناوب زراعی، حاصلخیزی خاک، حوزه آبخیز، فرسایش آبی و گیاهان لگومی

مقدمه

فرسایش خاک از مهم‌ترین تهدیدهای زیست‌محیطی و تولیدی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان به‌شمار می‌رود و سالانه میلیون‌ها تن از لایه‌های حاصلخیز خاک را از بین می‌برد. در ایران، به‌ویژه در اراضی دیم شمال‌غرب کشور، به‌دلیل بارندگی‌های کوتاه‌مدت و شدید، شیب زیاد اراضی، مدیریت نامناسب و کاهش پوشش گیاهی، میزان فرسایش خاک در بسیاری از نقاط از حد مجاز جهانی فراتر است؛ مروری بر مطالعات داخلی نشان می‌دهد که برآوردهای نرخ فرسایش در پژوهش‌های مختلف دامنه‌ای گسترده دارند (از حدود ۵ تا بیش از ۶۰ تن در هکتار در سال) و برخی مطالعات میانگین‌هایی نزدیک به ۱۶ تن در هکتار در سال گزارش کرده‌اند (رحمتی و همکاران، ۱۴۰۴).

به‌کارگیری روش‌های مدیریتی و حفاظتی مانند سامانه‌های استحصال آب باران و خاک‌ورزی حفاظتی از راهکارهای مؤثر برای کاهش تلفات خاک و رواناب در اراضی شیب‌دار است. خاک‌ورزی حفاظتی و سیستم‌های کشاورزی حفاظتی با افزایش پوشش سطحی و حفظ بقایای گیاهی موجب کاهش فرسایش سطحی، افزایش نفوذپذیری و بهبود سلامت خاک می‌شوند؛ مرورهای بین‌المللی و مطالعات موردی در ایران نشان داده‌اند که اجرای این روش‌ها می‌تواند به‌طور قابل توجهی تلفات خاک را کاهش دهد، هرچند پذیرش و اجرای آن‌ها در ایران با چالش‌هایی نیز همراه است (Seitz et al., 2019; Cárceles Rodríguez et al., 2022).



19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



آزمایش به صورت طرح اسپلیت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی شامل سطوح آبیگر باران در دو سطح: بدون آبیگر (a1) با آبیگر باران (a2)، فاکتور فرعی شامل نوع خاک‌ورزی در دو سطح: شخم معمولی (b1) و حداقل شخم (b2)؛ فاکتور فرعی شامل گونه‌های لگومینه علوفه‌ای در پنج سطح: گندم (c1)، ماشک گل خوشه‌ای (c2)، خللر (c3)، نخود علوفه‌ای (c4) و یونجه دیم (c5)

اجرای آزمایش

ابتدا عملیات آماده‌سازی زمین انجام شد و تیمارهای مختلف خاک‌ورزی و آبیگر در کرت‌های اصلی و فرعی اعمال گردید. در تیمارهای دارای سطح آبیگر، پشته‌هایی با ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر در فواصل مشخص برای تمرکز رواناب سطحی ایجاد شد. بذر هر یک از گونه‌های لگومینه طبق مقادیر توصیه شده کاشته شد. مدیریت مزرعه شامل کنترل علف‌های هرز به روش مکانیکی و برداشت گیاهان در پایان دوره رشد بود.

اندازه‌گیری متغیرها

برای ارزیابی تلفات خاک، از ظروف جمع‌آوری رسوب در پایین دست هر کرت استفاده شد. در هر رخداد بارندگی، حجم رواناب اندازه‌گیری و سپس نمونه‌های آب گل‌آلود برای تعیین غلظت رسوب به آزمایشگاه منتقل شدند. مقدار رسوب تولیدی (گرم در لیتر) با استفاده از تبخیر آب و توزین بخش جامد تعیین شد. مجموع رسوبات هر دوره و کل فصل محاسبه و به‌عنوان شاخص تلفات خاک گزارش گردید. همچنین، حجم کل رواناب (لیتر در هر کرت) در هر بارندگی ثبت شد تا تغییرات در پاسخ به تیمارهای مدیریتی بررسی شود.

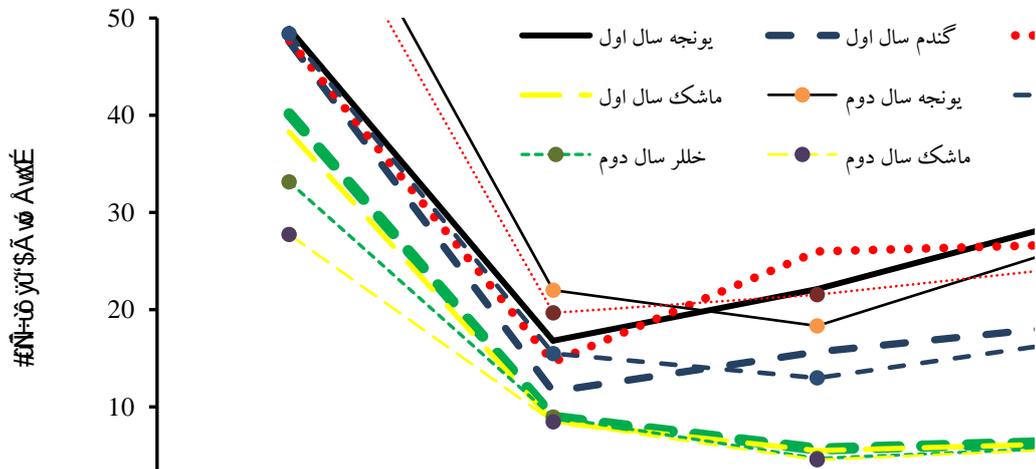
تجزیه آماری داده‌ها

تجزیه واریانس (ANOVA) برای بررسی اثرات اصلی و متقابل فاکتورها بر متغیرهای رواناب و تلفات خاک انجام شد. میانگین تیمارها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. کلیه تجزیه‌ها با نرم‌افزار SPSS و Excel انجام شد.

نتایج و بحث

تغییرات رسوب تولیدی در محصولات زراعی

رسوب تولیدی یا تلفات خاک در هر کرت به میزان خاک حمل‌شده از کرت اطلاق می‌شود و بر حسب گرم در لیتر رواناب بیان شده است. تحلیل داده‌های دو سال متوالی نشان داد که الگوی تغییرات رسوب در سال دوم مشابه سال اول بود، اما تفاوت‌هایی نیز مشاهده شد. در سال دوم، میزان رسوب در یونجه دیم و نخود علوفه‌ای افزایش و در ماشک گل خوشه‌ای و خللر کاهش یافت. این روند در فصل‌های زمستان و بهار سال دوم، کاهش معنی‌دار رسوب را نشان داد که ناشی از رشد بهتر پوشش گیاهی و اجرای مناسب تناوب زراعی بود (شکل ۱).



شکل ۱: تغییرات میانگین رسوب تولیدی (گرم/لیتر) در پنج دوره بارندگی در دو سال متوالی برای پنج محصول زراعی شامل چهار گونه علوفه‌ای شامل یونجه دیم، ماشک گل خوشه‌ای، نخود علوفه‌ای و خلر به همراه یک رقم گندم دیم سازگار با منطقه

نقش سطح آبگیر باران و خاک‌ورزی

نتایج تحلیل ANOVA چهارعاملی نشان داد که سطح آبگیر باران، نوع خاک‌ورزی و نوع محصول اثر بسیار معنی‌داری بر میزان رسوب تولیدی دارند ($p < 0.001$). در دوره‌های اولیه بارندگی، رسوب بیشتر ناشی از رواناب زیاد و پوشش گیاهی کم بود، اما استفاده از سطح آبگیر و روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی موجب کاهش قابل توجه رسوب شد. این نتایج نشان می‌دهد که مدیریت هم‌زمان آبگیر، خاک‌ورزی حفاظتی و انتخاب محصول مناسب بیشترین تأثیر را در کاهش تلفات خاک دارد (جدول ۱).

جدول ۱: نتایج تحلیل واریانس چهارعاملی برای بررسی اثر سال، سطح آبگیر، نوع خاک‌ورزی و نوع محصول و اثرات متقابل آن‌ها بر رسوب تولیدی (گرم بر لیتر)

منبع تنی‌رات	مجموع مربعات (SS)	درجه آزادی (DF)	می‌انگین مربعات (MS)	آماره F	مقدار احتمال (P)	سطح معنی‌داری
سال	4,390,603	1	4,390,603	16229.93	<0.001	***
سطح آبگیر	206,039	1	206,039	761.63	<0.001	***
نوع خاک‌ورزی	335,911	1	335,911	1241.70	<0.001	***
نوع محصول	5,972,582	4	1,493,146	5519.44	<0.001	***
سال × سطح آبگیر	66,661	1	66,661	246.41	<0.001	***
سال × خاک‌ورزی	129,429	1	129,429	478.44	<0.001	***
سطح آبگیر × خاک‌ورزی	40,381	1	40,381	149.27	<0.001	***
سال × محصول	1,580,654	4	395,163	1460.73	<0.001	***
سطح آبگیر × محصول	103,265	4	25,816	95.43	<0.001	***
خاک‌ورزی × محصول	23,570	4	5,892	21.78	<0.001	***
سال × سطح آبگیر ×	8,640	1	8,640	31.94	<0.001	***



19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



***	<0.001	34.78	9,408	4	37,633	خاک‌ورزی سال × سطح آبیگر × محصول
***	<0.001	12.06	3,263	4	13,053	سال × خاک‌ورزی × محصول
***	<0.001	133.90	36,223	4	144,893	سطح آبیگر × خاک‌ورزی × محصول
***	<0.001	40.77	11,029	4	44,114	سال × سطح آبیگر × خاک‌ورزی × محصول

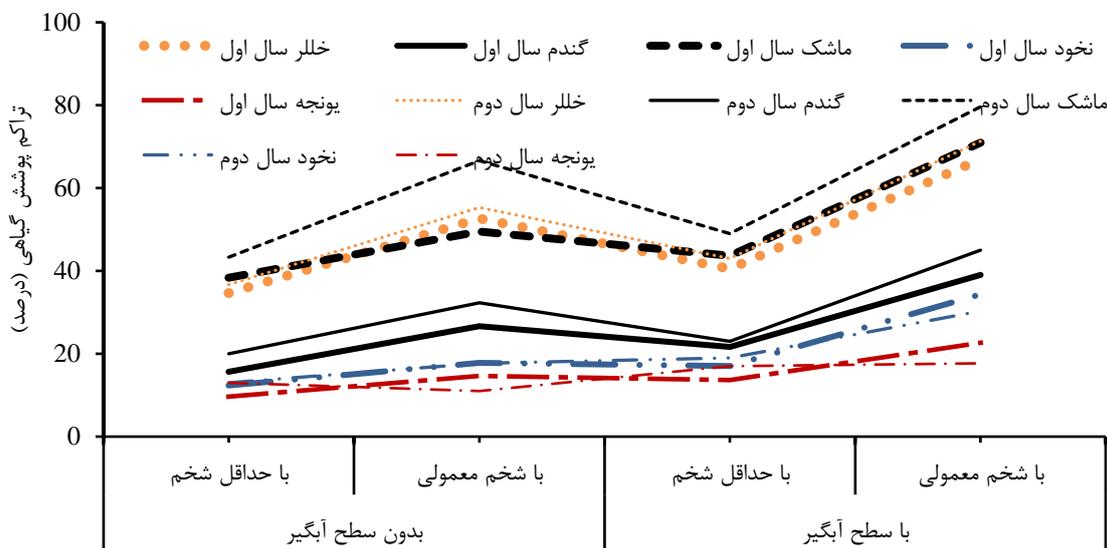
*** معنی‌دار در سطح احتمال $p < 0.001$

اثر ترکیبی عوامل مدیریتی

نتایج نشان داد که اثر ترکیبی سطح آبیگر باران، نوع خاک‌ورزی و نوع محصول بیشترین نقش را در کاهش رسوب دارد. به ویژه تعامل سه‌گانه "سطح آبیگر × خاک‌ورزی × محصول" و تعامل چهارعاملی "سال × سطح آبیگر × خاک‌ورزی × محصول" در تبیین تغییرات رسوب بسیار معنادار بود ($p < 0.001$). این یافته‌ها نشان می‌دهد که یکپارچگی مدیریت زراعی و توجه به شرایط سالانه برای کاهش تلفات خاک و حفظ پایداری مزرعه ضروری است (جدول ۲).

نقش نوع محصول در کاهش رسوب

تحلیل دانکن برای کل فصل زراعی نشان داد که نخود علوفه‌ای و یونجه دیم بیشترین رسوب را تولید می‌کنند، در حالی که ماشک گل خوشه‌ای و خللر کمترین میزان رسوب را داشتند. گندم در سطح متوسط قرار گرفت. این نتایج تأکید می‌کند که انتخاب محصولاتی با توان حفاظتی بالا، مانند خللر و ماشک، نقش مهمی در کاهش فرسایش خاک دارد (جدول ۳).



تیمارهای عوامل مختلف سطوح آبگیر و خاکورزی

شکل ۲: مقایسه میانگین تولید رسوب کل فصل زراعی برای پنج محصول

جدول ۲: مقایسه میانگین تولید رسوب در پنج دوره رشد و بارندگی در دو سال متوالی بصورت زوجی

دوره رشد و بارندگی	میانگین	انحراف می‌هار	مقدار t	درجه آزادی	سطح معنی دار
اول آبان تا نیمه آذر ماه	-۵/۱۰	۳۰/۰۸	-۱/۳۱۴	۵۹	۰/۱۹۴
نیمه آذر ماه تا آخر دی ماه	-۲/۸۲	۴/۴۹	-۴/۸۷	۵۹	۰/۰۰۰
اول بهمن تا نیمه اسفند ماه	۲/۵۴	۱/۵۰	۱۳/۱۲	۵۹	۰/۰۰۰
نیمه اسفند ماه تا آخر فروردین	۱/۴۸	۰/۸۶	۱۳/۳۰	۵۹	۰/۰۰۰
اول اردیبهشت تا نیمه خرداد ماه	۱/۳۶	۰/۵۸	۱۸/۰۷	۵۹	۰/۰۰۰

جدول ۳: گروه‌بندی محصولات بر اساس توانایی مهار فرسایش (دانکن)

گروه بندی	محصول	توضیح
a	نخود علوفه‌ای	بیشترین رسوب
a	یونجه دیم	رسوب بالا
b	گندم	رسوب متوسط
c	ماشک گل خوشه‌ای	کمترین رسوب
c	خللر	کمترین رسوب

بنابراین براساس نتایج به دست آمده می توان موارد زیر را استنتاج کرد:

- نوع محصول: نقش کلیدی در تولید رسوب دارد؛ محصولات با ریشه عمیق و پوشش گیاهی مناسب رسوب را کاهش می‌دهند.



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



- خاک‌ورزی: خاک‌ورزی حفاظتی یا حداقل شخم اثر مهمی در کاهش فرسایش دارد.
- سطح آبگیر باران: استفاده از آبگیر مناسب، نفوذپذیری خاک را افزایش و رواناب سطحی را کاهش می‌دهد.
- مدیریت یکپارچه: ترکیب صحیح محصول، خاک‌ورزی و سطح آبگیر، اثر متقابل قابل توجهی بر کاهش تلفات خاک دارد.

نتایج این پژوهش نشان داد که مدیریت تلفیقی خاک‌ورزی، سطح آبگیر باران و انتخاب گونه‌های گیاهی می‌تواند نقش کلیدی در کاهش رسوب و تلفات خاک در اراضی دیم و شیب‌دار ایفا کند. تحلیل آماری تولید رسوب در مراحل مختلف بارندگی بیانگر آن است که میزان تلفات خاک به شدت تحت تأثیر نوع محصول، نوع خاک‌ورزی و وجود سطح آبگیر باران قرار دارد. گیاهانی مانند ماشک گل خوشه‌ای و خللر که تاج‌پوشش متراکم و ریشه‌های گسترده دارند، کمترین رسوب را تولید کرده و توانستند به‌طور مؤثری تلفات خاک را کاهش دهند، در حالی که یونجه دیم و نخود علوفه‌ای به دلیل پوشش کمتر و استقرار کند، بیشترین رسوب را داشتند.

نتایج مطالعه نشان داد که استفاده از مدیریت آب مناسب و خاک‌ورزی حفاظتی می‌تواند تأثیر قابل توجهی در کاهش رواناب و فرسایش خاک داشته باشد. به‌طور کلی، تیمارهای دارای خاک‌ورزی کمینه یا حفاظت‌شده همراه با تدابیر مدیریت آب، کاهش معنی‌داری در تولید رسوب نسبت به شرایط فاقد این اقدامات ایجاد کردند. این یافته‌ها با مطالعات Blanco-Canqui و همکاران (2015) مطابقت دارد. همچنین گزارش (FAO (2024) بر اهمیت شیوه‌های پایدار مدیریت آب و خاک برای کاهش فرسایش و حفظ حاصلخیزی تأکید می‌کند، که نتایج این مطالعه با این رویکردها همخوانی دارد.

بررسی درصد تاج‌پوشش گیاهی نیز نشان داد که تیمارهایی با حداقل شخم و سطح آبگیر، بیشترین پوشش گیاهی را ایجاد کرده و همبستگی منفی و معنی‌داری بین تاج‌پوشش و وزن رسوب تولیدی ($r = -0.562^{**}$) مشاهده شد. این امر تأکید می‌کند که پوشش گیاهی متراکم به‌ویژه لگووم‌ها، نقش تثبیت‌کننده خاک را ایفا کرده و به کاهش رواناب و فرسایش کمک می‌کند (Feng et al., 2022; Roy et al., 2025). خللر و ماشک گل خوشه‌ای نه تنها رسوب کمتری تولید کردند بلکه در تیمارهای دارای سطح آبگیر و شخم حداقلی، بهترین عملکرد حفاظتی را داشتند.

نتیجه‌گیری

در مجموع، یافته‌ها نشان می‌دهد که انتخاب گونه مناسب گیاهان علوفه‌ای، اعمال خاک‌ورزی حفاظتی و استفاده از سطح آبگیر باران به‌طور همزمان می‌تواند به کاهش چشمگیر تلفات خاک، مهار رواناب و بهبود پوشش گیاهی منجر شود. این نتایج بر اهمیت طراحی سامانه‌های مدیریتی تلفیقی تأکید دارد که هم بهره‌وری منابع خاک و آب را افزایش دهد و هم پایداری اکوسیستم زراعی را ارتقاء دهد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله مراتب سپاس و قدردانی خود را از مسئولین و همکاران گرامی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل و پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری بخاطر حمایت‌ها و فراهم آوردن شرایط اجرای پروژه تحقیقاتی و سازمان جهاد کشاورزی به‌واسطه حمایت‌های مالی ارزشمندشان ابراز می‌دارم.



19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



فهرست منابع

- اسفندیاری، ف.، ینسری، م.، ادهمی، م.، و مصطفی‌زاده، ر. (۱۴۰۳). ارزیابی و پهنه‌بندی پتانسیل فرسایش خاک با استفاده از شاخص‌های ژئومورفومتری و رویکرد فازی در حوضه خیاوچای مشکین‌شهر. مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۱۵(۵۶): ۲۸-۴۵.
- رحمتی، ا.، احمدی دهرشید، ف.، سلیمان‌پور، س. م. و چوبین، ب. (۱۴۰۴). مروری بر برخی مطالعات، روش‌ها و برآوردهای فرسایش خاک و رسوبدهی در ایران. تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۶(۵): ۱۱۱۹-۱۱۴۵.
- وزارت جهاد کشاورزی استان اردبیل. (۱۴۰۳). سیمای کشاورزی ایران. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی. ۵۱ صفحه.
- Blanco-Canqui, H., Shaver, T., Lindquist, J., Shapiro, C., Elmore, R., Francis, C. and Hergert, G. (2015). Cover crops and ecosystem services: Insights from studies in temperate soils. *Agronomy Journal*, 107(6), 2449–2474. <https://doi.org/10.2134/agnonj15.0086>
- Cárceles Rodríguez, B., et al. (2022). Conservation Agriculture as a Sustainable System for Soil Health: A Review. *Soil Systems*. PDF retrieved from <https://www.irancan.org/wp-content/uploads/2023/01/CA-and-soil-health-A-review-soil-systems-06-00087.pdf>
- FAO. (2016). Soils and pulses: symbiosis for life. Retrieved from <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/083a0b41-703e-4977-b50f-6cf870d22538/content>
- Feng, Y., Schmid, B., Loreau, M., Forrester, D. I., Fei, S., Zhu, J., Tang, Z., Zhu, J. and Fang, J. (2022). Multispecies forest plantations outyield monocultures across a broad range of conditions. *Science*, 376(6595), 865–868. <https://doi.org/10.1126/science.abm6360>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2024). The state of food and agriculture 2024: Value-driven transformation of agrifood systems. FAO. <https://doi.org/10.4060/cd2616en>
- Roy, P. D., Dey, S., Bhogapurapu, N. and Chakraborty, S. (2025). Retrieval of Surface Soil Moisture at Field Scale Using Sentinel-1 SAR Data. *Sensors*, 25(10), 3065. <https://doi.org/10.3390/s25103065>
- Seitz, S. (2019). Conservation tillage and organic farming reduce soil erosion. PDF retrieved from https://www.irancan.org/wp-content/uploads/2021/12/Seitz2018_Article_Conservation_TillageAndOrganicF.pdf
- Sheikh, V. (2021). Assessing the status and importance of rainwater harvesting. *Journal of Water Harvesting Research*, 4(1): 40–53. PDF retrieved from https://jwhr.birjand.ac.ir/article_1773_5ec524b253235e5c1a53d236760fe54a.pdf
- Solgi, A., Naghdi, R., Zenner, E. K., Hemmati, V., Keivan Behjou, F., Masumian, A. (2021). Evaluating the effectiveness of mulching for reducing soil erosion in Hyrcanian forest road slopes. *Croatian Journal of Forest Engineering*. 259-268 Pages. PDF retrieved from <https://crojfe.com/site/assets/files/4585/solgi.pdf>

Integrated effects of conservation tillage and rainwater harvesting systems on soil loss in rainfed lands of Ardabil Province

Reza Talaei^{1*}

^{1*} Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, Tel. (Fax): +9821 44901214, Corresponding author: Talaei1969@gmail.com

Abstract

Rainfed lands in arid and semi-arid regions face challenges of water scarcity and soil erosion, which limit crop growth. To compensate for rangeland degradation and meet forage demand, efficient use of rainfed



19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



areas is essential. Cultivating legume species in rotation with cereals can enhance forage production while reducing runoff and soil erosion. In this study, four forage legumes (*Medicago sativa* L., *Vicia villosa* Roth, *Pisum sativum* L., and *Lathyrus sativus* L.) along with a drought-tolerant wheat cultivar (*Triticum aestivum* 'Sadra') were planted in a split-split plot design with three replications at the Kandarag Agricultural Research Station in Ardabil Province. The main factors included: (1) rainwater harvesting (with and without rainwater catchment system, RCS), (2) tillage method (conventional vs. minimum tillage), and (3) crop type (five species). The integration of these three management strategies effectively decreases erosion, strengthens soil sustainability, and enhances productivity in dryland farming systems. This integrated approach is recommended as a sustainable strategy for watershed management in the sensitive landscapes of northwestern Iran.

Keywords: Water use efficiency, Agricultural rotation, Soil fertility, Catchment management, Water erosion and Legume crops.