

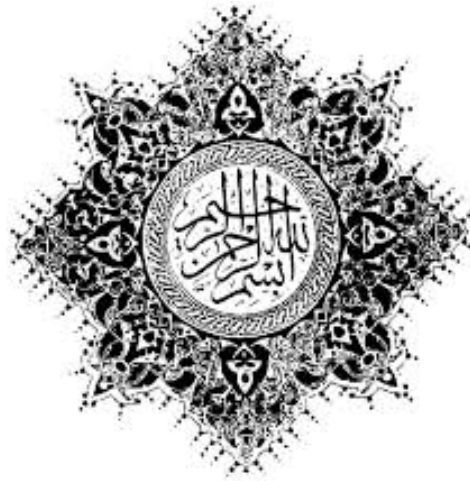


سازمان منابع آبی



راهنمای عملیات اجرایی آبخیزداری

گردآوری و تدوین:
سید پندرام نی‌نوا
مریم محمد رضایی



راهنمای عملیات اجرایی آبخیزداری

گردآوری و تدوین:

مهندس سید پدram نی نیوا

دانشجو دکتری علوم و مهندسی آبخیز-دانشگاه

علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مهندس مریم محمدرضایی

دانشجو دکتری علوم و مهندسی آبخیز-دانشگاه

علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

انتشارات جهاد دانشگاهی واحد استان زنجان

بهار ۱۴۰۲

سرشناسه : نی نیوا، سیدپدرام، ۱۳۷۱-
عنوان و نام پدیدآور : راهنمای عملیات اجرایی آبخیزداری / گردآوری و تدوین سیدپدرام نی نیوا، مریم محمدرضایی؛ تهیه‌کننده
انتشارات جهاد دانشگاهی واحد استان زنجان.
مشخصات نشر : تهران : جهاد دانشگاهی، سازمان انتشارات، ۱۴۰۲.
مشخصات ظاهری : ۱۲۲ ص. : مصور، جدول.
شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۴۶۰-۶۱۶-۵
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
یادداشت : کتابنامه: ص. ۱۱۷.
موضوع : آبخیزداری Watershed management -- ایران Iran -- Watershed management
شناسه افزوده : محمدرضایی، مریم، ۱۳۷۰-
شناسه افزوده : جهاد دانشگاهی. سازمان انتشارات. واحد زنجان
شناسه افزوده : جهاد دانشگاهی. سازمان انتشارات
شناسه افزوده : Press Organization Jahade Daneshgahi
رده بندی کنگره : TC۴۱۳
رده بندی دیویی : ۹۱/۳۳۳
شماره کتابشناسی ملی : ۹۲۰۱۲۹۲
اطلاعات رکورد کتابشناسی : فیپا

راهنمای عملیات اجرایی آبخیزداری

تألیف: مهندس سید پدرام نی نیوا/ مهندس مریم محمدرضایی

ناشر: سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی

تهیه‌کننده: انتشارات جهاد دانشگاهی واحد استان زنجان

چاپ: خوارزمی

نوبت چاپ: اول- ۱۴۰۲

شمارگان: ۱۰۰ نسخه

قیمت: ۶۰/۰۰۰ تومان

شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۴۶۰-۶۱۶-۵

این اثر، مشمول قانون حمایت مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۸۴ است.

هرکسی تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه مؤلف (ناشر) نشر یا پخش یا عرضه نماید مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.



سازمان انتشارات
واحد استان زنجان

نشانی مرکز پخش انتشارات جهاد دانشگاهی: زنجان، دانشگاه زنجان، باشگاه علمی فرهنگی جهاد دانشگاهی

پست الکترونیکی: znacecr@yahoo.com

تلفن: ۰۲۴ - ۳۲۲۸۳۰۱۱

تقدیم به

آه و آبخیزداری که فراز و نشیب‌های
زندگی را به من آموخت...

و

در نهایت تقدیم به تقدیر برای نگارش
سرنوشت‌های جدیدم...

فهرست مطالب

۱۵	 پیشگفتار
۱۷	 فصل اول: مفاهیم و کلیات
۱۸	 ۱-۱- مقدمه
۱۹	 ۱-۲- حوزه آبخیز
۲۰	 ۱-۴- نقش و اهداف علم آبخیزداری
۲۱	 ۱-۵- اقدامات آبخیزداری
۲۳	 فصل دوم: عملیات بیولوژیکی
۲۴	 ۲-۱- مقدمه
۲۴	 ۲-۲- عملیات بیولوژیکی
۲۵	 ۲-۲-۱- بذرپاشی
۲۵	 ۲-۲-۱-۱- اهمیت و هدف انجام عملیات بذرپاشی
۲۶	 ۲-۲-۱-۲- محل و شرایط انجام عملیات
۲۶	 ۲-۲-۱-۳- نحوه انجام عملیات
۲۸	 ۲-۲-۲- بذرکاری
۲۸	 ۲-۲-۲-۱- اهمیت و هدف انجام عملیات بذرکاری
۲۸	 ۲-۲-۲-۲- محل و شرایط انجام عملیات
۳۰	 ۲-۲-۲-۳- نحوه انجام عملیات
۳۲	 ۲-۲-۳- کپه‌کاری
۳۲	 ۲-۲-۳-۱- اهمیت و هدف انجام عملیات کپه‌کاری
۳۳	 ۲-۲-۳-۲- محل و شرایط انجام عملیات

۳۴	 نحوه انجام عملیات	۲-۳-۳
۳۶	 کشت نواری	۲-۳-۴
۳۶	 اهمیت و هدف انجام عملیات کشت نواری	۲-۳-۴-۱
۳۶	 نحوه انجام عملیات	۲-۳-۴-۳
۳۸	 کشت ترازوی	۲-۳-۵
۳۸	 اهمیت و هدف انجام عملیات کشت ترازوی	۲-۳-۵-۱
۳۸	 محل و شرایط انجام عملیات	۲-۳-۵-۲
۳۸	 نحوه انجام عملیات	۲-۳-۵-۳
۴۰	 نهال کاری	۲-۳-۶
۴۰	 اهمیت و هدف انجام عملیات نهال کاری	۲-۳-۶-۱
۴۰	 محل و شرایط انجام عملیات	۲-۳-۶-۲
۴۱	 نحوه انجام عملیات	۲-۳-۶-۳
۴۳	 قلمه کاری	۲-۳-۷
۴۳	 اهمیت و هدف انجام عملیات قلمه کاری	۲-۳-۷-۱
۴۴	 محل و شرایط انجام عملیات	۲-۳-۷-۲
۴۴	 نحوه انجام عملیات	۲-۳-۷-۳
۴۶	 لی فارمینگ	۲-۳-۸
۴۶	 اهمیت و هدف انجام عملیات لی فارمینگ	۲-۳-۸-۱
۴۶	 محل و شرایط انجام عملیات	۲-۳-۸-۲
۴۶	 نحوه انجام عملیات	۲-۳-۸-۳
۴۷	 بیشه زراعی	۲-۳-۹
۴۷	 اهمیت و هدف انجام عملیات بیشه زراعی	۲-۳-۹-۱
۴۸	 محل و شرایط انجام عملیات	۲-۳-۹-۲
۴۸	 نحوه انجام عملیات	۲-۳-۹-۳
۵۱	 حائل ها ساحلی	۲-۳-۱۰
۵۱	 اهمیت و هدف انجام عملیات حائل ها ساحلی	۲-۳-۱۰-۱
۵۱	 محل و شرایط انجام عملیات	۲-۳-۱۰-۲
۵۲	 نحوه انجام عملیات	۲-۳-۱۰-۳
۵۴	 قرق و حفاظت	۲-۳-۱۱
۵۴	 اهمیت و هدف انجام عملیات قرق	۲-۳-۱۱-۱
۵۴	 محل و شرایط انجام عملیات	۲-۳-۱۱-۲
۵۴	 نحوه انجام عملیات	۲-۳-۱۱-۳
۵۷	 فصل سوم: عملیات مکانیکی	
۵۸	 مقدمه	۳-۱
۵۸	 عملیات مکانیکی (سازه ای)	۳-۲

۵۹	 بندهای سبک. ۳-۲-۱
۵۹	 بندهای چوبی ۳-۲-۱-۱
۶۰	 اهمیت و هدف ساخت بندهای چوبی ۳-۲-۱-۱-۱
۶۰	 محل و شرایط انجام عملیات ۳-۲-۱-۱-۲
۶۱	 نحوه انجام عملیات ۳-۲-۱-۱-۳
۶۳	 بندهای فلزی ۳-۲-۱-۱
۶۳	 اهمیت و هدف ساخت بندهای فلزی ۳-۲-۱-۱-۱
۶۴	 محل و شرایط انجام عملیات ۳-۲-۱-۱-۲
۶۴	 نحوه انجام عملیات ۳-۲-۱-۱-۳
۶۶	 بندهای وزنی ۳-۲-۲
۶۶	 بندهای خشکه چین ۳-۲-۲-۱
۶۶	 اهمیت و هدف ساخت بندهای خشکه چین ۳-۲-۲-۱-۱
۶۶	 محل و شرایط انجام عملیات ۳-۲-۲-۱-۲
۶۷	 نحوه انجام عملیات ۳-۲-۲-۱-۳
۶۸	 بندهای سنگی ملاتی ۳-۲-۲-۲
۶۸	 اهمیت و هدف ساخت بندهای سنگی ملاتی ۳-۲-۲-۲-۱
۶۸	 محل و شرایط انجام عملیات ۳-۲-۲-۲-۲
۶۹	 نحوه انجام عملیات ۳-۲-۲-۲-۳
۷۱	 بندهای گابیونی ۳-۲-۲-۳
۷۱	 اهمیت و هدف ساخت بندهای گابیونی ۳-۲-۲-۳-۱
۷۱	 محل و شرایط انجام عملیات ۳-۲-۲-۳-۱
۷۲	 نحوه انجام عملیات ۳-۲-۲-۳-۱
۷۴	 سنگ لاشه ۳-۲-۳
۷۴	 اهمیت و هدف عملیات سنگ لاشه ۳-۲-۳-۱
۷۴	 محل و شرایط انجام عملیات ۳-۲-۳-۲
۷۵	 نحوه انجام عملیات ۳-۲-۳-۳
۷۶	 دایک ۳-۲-۴
۷۶	 اهمیت و هدف عملیات دایک ۳-۲-۴-۱
۷۶	 محل و شرایط انجام عملیات ۳-۲-۴-۲
۷۷	 نحوه انجام عملیات ۳-۲-۴-۳
۸۱	 فصل چهارم: عملیات بیومکانیکی
۸۲	 مقدمه ۴-۱
۸۲	 عملیات بیومکانیکی ۴-۲
۸۲	 کودپاشی ۴-۲-۱
۸۳	 اهمیت و هدف انجام عملیات کودپاشی ۴-۲-۱-۱

۸۳	 ۴-۲-۱-۲ محل و شرایط انجام عملیات
۸۳	 ۴-۲-۱-۳ نحوه انجام عملیات
۸۵	 ۴-۲-۲ پی‌تینگ
۸۵	 ۴-۲-۲-۱ اهمیت و هدف انجام عملیات پی‌تینگ
۸۶	 ۴-۲-۲-۲ محل و شرایط انجام عملیات
۸۷	 ۴-۲-۲-۳ نحوه انجام عملیات
۹۰	 ۴-۲-۳ فاروئینگ
۹۰	 ۴-۲-۳-۱ اهمیت و هدف انجام عملیات فاروئینگ
۹۰	 ۴-۲-۳-۲ محل و شرایط انجام عملیات
۹۲	 ۴-۲-۳-۳ نحوه انجام عملیات
۹۴	 ۴-۲-۵ ریپرزدن
۹۴	 ۴-۲-۵-۱ اهمیت و هدف انجام عملیات ریپرزدن
۹۴	 ۴-۲-۵-۲ محل و شرایط انجام عملیات
۹۵	 ۴-۲-۵-۳ نحوه انجام عملیات
۹۷	 ۴-۲-۶ بانکت‌بندی
۹۸	 ۴-۲-۶-۱ اهمیت و هدف انجام عملیات بانکت‌بندی
۹۸	 ۴-۲-۶-۲ محل و شرایط انجام عملیات
۹۹	 ۴-۲-۶-۳ نحوه انجام عملیات
۱۰۲	 ۴-۲-۷ تراس‌بندی
۱۰۲	 ۴-۲-۷-۱ اهمیت و هدف انجام عملیات تراس‌بندی
۱۰۳	 ۴-۲-۷-۲ محل و شرایط انجام عملیات
۱۰۳	 ۴-۲-۷-۳ نحوه انجام عملیات
۱۰۵	 ۴-۲-۸ بادشکن
۱۰۵	 ۴-۲-۸-۱ اهمیت و هدف انجام عملیات بادشکن
۱۰۶	 ۴-۲-۸-۲ محل و شرایط انجام عملیات
۱۰۶	 ۴-۲-۸-۳ نحوه انجام عملیات
۱۱۱	 ۴-۲-۹ مالچ‌پاشی
۱۱۱	 ۴-۲-۹-۱ اهمیت و هدف انجام عملیات مالچ‌پاشی
۱۱۲	 ۴-۲-۹-۲ محل و شرایط انجام عملیات
۱۱۲	 ۴-۲-۹-۳ نحوه انجام عملیات
۱۱۳	 ۴-۲-۱۰ تورکینست
۱۱۳	 ۴-۲-۱۰-۱ اهمیت و هدف انجام عملیات تورکینست
۱۱۴	 ۴-۲-۱۰-۲ محل و شرایط انجام عملیات
۱۱۵	 ۴-۲-۱۰-۳ نحوه انجام عملیات
۱۱۷	 منابع و مأخذ

فهرست جدول‌ها

۲۷	 جدول ۱-۲- راهنمای عملیات بیولوژیک بذرپاشی
۳۱	 جدول ۲-۲- راهنمای عملیات بیولوژیک بذرکاری
۳۵	 جدول ۲-۳- راهنمای عملیات بیولوژیک کپه کاری
۳۷	 جدول ۲-۴- راهنمای عملیات بیولوژیک کشت نواری
۳۹	 جدول ۲-۵- راهنمای عملیات بیولوژیک کشت ترازوی
۴۳	 جدول ۲-۶- راهنمای عملیات بیولوژیک نهال کاری
۴۵	 جدول ۲-۷- راهنمای عملیات بیولوژیک قلمه کاری
۴۷	 جدول ۲-۸- راهنمای عملیات بیولوژیک لی فارمینگ
۵۰	 جدول ۲-۹- راهنمای عملیات بیولوژیک بیشه‌زراعی
۵۳	 جدول ۲-۱۰- راهنمای عملیات بیولوژیک حائل‌های ساحلی
۵۵	 جدول ۲-۱۱- راهنمای عملیات بیولوژیک قرق
۶۳	 جدول ۳-۱- راهنمای عملیات مکانیکی بندهای چوبی
۶۵	 جدول ۳-۲- راهنمای عملیات مکانیکی بندهای سبک فلزی
۶۸	 جدول ۳-۳- راهنمای عملیات مکانیکی بندهای خشکه چین
۷۰	 جدول ۳-۴- راهنمای عملیات مکانیکی سنگی ملاتی
۷۲	 جدول ۳-۵- قطر سنگ‌های مورد استفاده در گابیون‌ها
۷۳	 جدول ۳-۶- راهنمای عملیات مکانیکی بندهای گابیونی
۷۶	 جدول ۳-۶- راهنمای عملیات مکانیکی سنگ لاشه
۷۷	 جدول ۳-۷- عمق پی دایک‌ها براساس ارتفاع آب (h)
۷۸	 جدول ۳-۸- راهنمای عملیات مکانیکی دایک‌ها
۸۴	 جدول ۴-۱- راهنمای عملیات بیومکانیکی کودپاشی

۸۹	جدول ۲-۴ - راهنمای عملیات بیومکانیکی پیتینگ
۹۳	جدول ۳-۴ - راهنمای عملیات بیومکانیکی فاروئینگ
۹۷	جدول ۴-۴ - راهنمای عملیات بیومکانیکی ریپرزدن
۱۰۱	جدول ۵-۴ - فاصله افقی و عمودی بانکت‌ها
۱۰۹	جدول ۶-۴ - نسبت فاصله از بادشکن و درصد کاهش سرعت باد
۱۱۳	جدول ۷-۴ - راهنمای عملیات بیومکانیکی مالچ پاشی
۱۱۶	جدول ۸-۴ - راهنمای عملیات بیومکانیکی تورکینست

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۲- عملیات بذرپاشی	۲۷
شکل ۲-۲- عملیات کپه‌کاری	۳۵
شکل ۲-۳- عملیات کشت‌نواری	۳۷
شکل ۲-۴- عملیات کشت‌ترازی	۳۹
شکل ۲-۵- عملیات نهال‌کاری	۴۲
شکل ۲-۶- عملیات قلمه‌کاری	۴۵
شکل ۲-۷- عملیات بیشه‌زراعی (کشت دالانی)	۵۰
شکل ۲-۸- عملیات حائل ساحلی	۵۳
شکل ۲-۹- عملیات قرق	۵۵
شکل ۳-۱- بندهای چوبی (چپری)	۶۲
شکل ۳-۲- بندهای سبک فلزی	۶۵
شکل ۳-۳- بندهای خشکه چین	۶۷
شکل ۳-۴- بندهای سنگی ملاتی	۷۰
شکل ۳-۵- بندهای گابیونی	۷۳
شکل ۳-۶- عملیات سنگ لاشه	۷۵
شکل ۳-۵- دایک حفاظتی در کنار آبراهه	۷۸
شکل ۴-۱- عملیات کود پاشی	۸۴
شکل ۴-۲- عملیات پیتینگ	۸۹
شکل ۴-۳- عملیات فاروئینگ	۹۳
شکل ۴-۴- عملیات ریپرزدن	۹۶
شکل ۴-۵- عملیات بانکت‌بندی	۱۰۲

۱۰۴	 شکل ۶-۴- عملیات تراس بندی
۱۱۱	 شکل ۷-۴- بادشکن
۱۱۲	 شکل ۸-۴- مالچ پاشی
۱۱۵	 شکل ۹-۴- تورکینست

پیشگفتار

گسترش روزافزون تقاضا از سوی انسان برای دریافت خدمات مورد نیاز موجب ایجاد فشارها و تغییراتی گسترده در اکوسیستم و منابع طبیعی شده است. فعالیت‌های ناخردمندانه بشر، همگام با پیشرفت و استفاده از تکنولوژی‌های نوین، عامل سرعت بخشیدن به این فشارها و تغییرات است. اجزای اصلی منابع طبیعی و اکوسیستم، آب، خاک و پوشش گیاهی بوده که بهره‌برداری و پایداری در هر کدام از آنان، علاوه بر وابستگی به وجود و توجه به دیگری، نیازمند توجه به واقعیت‌ها، پتانسیل‌ها، شرایط حاکم بر آنان و اتخاذ تصمیمات و اقدامات مدیریتی متناسب با شرایط آنان است. این اجزا متحمل فشارهای زیادی بوده که در بیشتر موارد با عبور این فشارها از حد آستانه تحمل، خسارت‌ها و تخریب‌های زیادی را به همراه داشته است. لذا بایستی در راستای اکوسیستم و منابع طبیعی پایدار، از علوم و اقداماتی با دیدگاهی متناسب با حفظ و مدیریت آب، خاک و پوشش گیاهی با توجه به شرایط حاکم بر آنان در جهت تامین سایر منافع پایدار بهره جست. در این میان علم آبخیزداری به عنوان علم مدیریت آب، خاک و پوشش گیاهی با مجموعه اقدامات و عملیات‌های مدیریتی خود، موجب دستیابی به این اهداف است.

این کتاب در چهار فصل با دیدگاهی مبتنی بر نحوه انجام عملیات اجرایی آبخیزداری به ارائه الگو و راهنمایی مناسب برای مکانیابی عملیات‌ها و افزایش کارایی اجرائیات در راستای

کاهش فشارها و تغییرات ناشی از فعالیت‌های بشری با هدف دستیابی به منابع طبیعی و اکوسیستم پایدار پرداخته است. که فصل‌های آن به شرح زیر و با زبان و مفهومی ساده برای دانشجویان، کارشناسان، محققان و علاقمندان ارجمند گردآوری و تدوین شده است:

در فصل اول مفهوم، نقش و اهمیت آبخیزداری و عملیات‌های آن، بررسی و بیان می‌شود.

در فصل دوم انواع عملیات بیولوژیکی، اهداف، شرایط، نحوه و محل اجرای آنان بررسی و بیان می‌گردد. فصل سوم انواع، اهداف، شرایط، نحوه و محل اجرای عملیات‌های مکانیکی را بیان می‌نماید و فصل چهارم به انواع عملیات‌های بیومکانیکی، اهداف، شرایط، نحوه و محل اجرای آنان می‌پردازد. در نهایت با تمام تلاش‌ها و بررسی‌های لازم در جهت گردآوری و ایجاد همبستگی بین عناوین و مطالب، قطعاً نگاشته‌های کتاب خالی از اشکال، انتقاد و پیشنهاد نیست لذا امید است صاحب نظران این عرصه‌ها با راهنمایی و دلسوزی خود بر پر بار نمودن کتاب و رفع مشکلات آن در آینده بیفزایند و همگان تلاش و کوشش ما را در ارائه اثری ماندگار، دعا گو باشند.

سید پدram نیووا

مریم محمد رضایی

بهار ۱۴۰۲

فصل اول

مفاهیم و کلیات

۱-۱- مقدمه

افزایش جمعیت و به تبع آن دخل و تصرف غیرطبیعی در منابع طبیعی به موجب بهبود و افزایش شاخص‌های اجتماعی و اقتصادی، سبب نامتعادل شدن و ایجاد تغییراتی گسترده در طبیعت شده است (نیو و همکاران، ۱۴۰۱). به گونه‌ای که این تغییرات ممکن است تأثیرات نامطلوبی در اکوسیستم^۱ و منابع داشته باشند (سرمدی و همکاران، ۱۳۹۴). رشد و پیشرفت صنعت و فناوری، سرعت این تغییرات را بسیار افزایش داده است (مرادی و صاحبی، ۱۳۹۵). لذا استفاده از منابع طبیعی به عنوان اصل اساسی زندگی، نیازمند دیدگاهی در راستای پتانسیل‌ها و واقعیت‌های حاکم بر آن است؛ که تحت برنامه‌ریزی و مدیریت اصولی انجام می‌پذیرد؛ هرگونه بهره‌برداری بدون توجه به اصول پایداری، تأثیرات جبران ناپذیر و یا پر هزینه را رقم می‌زند (نیو و همکاران، ۱۴۰۰). به طور کلی گسترش و توسعه جوامع بشر به واسطه افزایش نیاز به توسعه زیرساخت‌ها، همواره با کاهش میزان پوشش گیاهی و در نتیجه ایجاد تغییرات در سیمای سرزمین و به ویژه عامل اساسی در وقوع فرسایش خاک و افزایش انواع ناپایداری در خاک همراه بوده است (جلیلیان و همکاران، ۱۴۰۰). خاک به عنوان یکی از با ارزش‌ترین ثروت‌های ملی هر کشور است (زنگی‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۹)؛ که اگر استفاده از آن براساس استعداد و قدرت تولیدی آن و مبتنی بر رعایت اصول صحیح و علمی باشد، میزان هدر رفت خاک به حداقل می‌رسد (رفاهی، ۱۳۷۹). فرسایش خاک، پدیده‌ای طبیعی است که امروزه به دلیل فعالیت‌های ناخردمندان بشر، همانند تبدیل غیرمنطقی زمین و تخریب پوشش گیاهی، به یکی از مهم‌ترین تهدیدات زیست محیطی در جهان تبدیل شده است (جعفری و کریمی، ۱۴۰۰). چرا که فرسایش خاک به طور طبیعی هنگامی رخ می‌دهد که نیروی باد، قطرات باران یا رواناب بر روی سطح خاک، بیش از نیروی نگهدارنده ذرات آن باشد (May and Place, 2005). ایجاد پوشش گیاهی می‌تواند با کاهش رواناب و رسوب در حفظ خاک و کاهش خسارت حاصلخیزی خاک موثر باشد؛ چرا که فرسایش خاک موجب شستشوی عناصر غذایی خاک‌های سطحی و کاهش حاصلخیزی و قدرت تولید اراضی فرسایش یافته می‌شود (اعتراف و همکاران، ۱۳۹۳). لذا آب، خاک و پوشش گیاهی به عنوان اجزای اصلی

1. Ecosystem

منابع طبیعی محسوب می‌شوند که بهره‌برداری و پایداری در هر کدام، وابسته به وجود و توجه به دیگری است. بنابراین در راستای اکوسیستم و منابع طبیعی پایدار، بایستی از علوم و اقداماتی با دیدگاهی متناسب با حفظ و مدیریت آب، خاک و پوشش گیاهی در جهت تامین سایر منافع پایدار بهره جست. لذا این فصل به شناخت علم، اهداف و اقدامات آبخیزداری به‌عنوان علم مدیریت آب، خاک و پوشش گیاهی می‌پردازد.

۲-۱- حوزه آبخیز

حوزه آبخیز^۱ به سطحی از زمین اطلاق می‌شود که تمامی رواناب ناشی از بارندگی بر روی آن در صورت جریان یافتن از یک دهانه خروجی^۲ (رودخانه، آبراهه و مسیل) خارج و یا در یک آب انباشت (دریاچه و...) ذخیره می‌شود؛ اگر رواناب جریان یافته در یک حوزه آبخیز در نهایت از آن خارج شود، به آن حوزه آبخیز باز و در صورت ذخیره شدن در داخل آن، به آن حوزه آبخیز بسته اطلاق می‌شود (اسمعیلی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

تعریف ارائه شده فوق در واقع تعریف کلاسیک و ابتدایی حوزه‌های آبخیز بوده که کمتر به اهمیت آبخیزها توجه می‌نماید. در تعریف جامع‌تر آن می‌توان گفت که آبخیز یک واحد بیوفیزیکی، اقتصادی و اجتماعی است که با مرزهای تقسیم آب محدود می‌شوند؛ در واقع آبخیز یک سامانه پویا با فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی در مقیاس‌های زمانی و مکانی است (سعدالدین و همکاران، ۱۳۹۶). آبخیزها در برگرنده اشکال مختلفی از اکوسیستم‌ها از جمله جنگل‌ها، مراتع، زراعت و غیره هستند (محمدی و همکاران، ۱۳۹۷). و به‌طور کلی واحدهای مطالعاتی در علوم طبیعی هستند.

۳-۱- علم آبخیزداری

تعاریف مختلفی برای علم آبخیزداری وجود دارد که هرکدام از دیدگاه‌ها و اهداف مختلف برگرفته شده است. اما هر کدام از این تعاریف در برگرنده اصل اساسی علم آبخیزداری در برنامه‌ریزی و مدیریت آبخیزها به جهت پایداری منابع طبیعی است.

1. Watershed

2. Outlet

اما به طور کلی آبخیزداری محدود به مدیریت کلیه منابع طبیعی تجدید شونده در پهنه آبخیز معین در محیط طبیعی با تاکید بر سازماندهی و برنامه‌ریزی برای تولید کلان و ارائه خدمات بدون وارد شدن صدمه به منابع آب و خاک و یا مدیریت کلیه منابع طبیعی تجدید شونده جهت تامین آب با کمیت و کیفیت مطلوب نیست (Satterlund and Adams, 1992)، بلکه به دلیل گستره وسیع محیط‌های طبیعی غیرآبی و محصولات تولیدی و امکانات خدماتی در آنها، به‌ویژه معضلات ناشی از تخریب پوشش گیاهی تحت اقدامات و عملیات غیراصولی و نادرست عامل انسانی، آبخیزداری بیشتر مطرح است که پی‌آمدهای آن در هدر رفت خاک در اثر غالب شدن فرسایش تشدید شونده به فرسایش زمین‌شناسی همراه با از دسترس خارج شدن آب به صورت تندآب‌ها و سیلاب‌ها نمود، پیدا می‌کند اما باز هم بدان معنی نیست که در سایر نقاط جهان سایر بخش‌ها و کاربردهای آبخیزداری مطرح نباشد و به‌کار گرفته نشود (اسمعیلی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

۴-۱- نقش و اهداف علم آبخیزداری

گسترش روزافزون تقاضا از سوی انسان برای دریافت خدمات مورد نیاز از آبخیزهای مختلف، سبب شده است تا آبخیزها متحمل فشار زیادی شوند و در برخی موارد با عبور این فشارها از حد آستانه تحمل، خسارت‌ها و تخریب‌های زیادی رخ دهد (زارع و همکاران، ۱۴۰۱). هدف کلی علم آبخیزداری، مدیریت و بهره‌برداری اصولی و بهینه از منابع طبیعی و محیطی در مقیاس آبخیزها در راستای اهداف توسعه پایدار یعنی تامین پایدار منافع فیزیکی، اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی است (سعدالدین و همکاران، ۱۳۹۶). از آنجایی که علم آبخیزداری در حقیقت بیشتر علم شناخت منابع آب و خاک، دو عنصر مهم و حیاتی در آبخیزها است (محسنی و همکاران، ۱۳۹۳). بنابراین علم آبخیزداری در راستای حفظ کمیت و کیفیت این دو عنصر به عنوان هدف اصلی به جهت تامین سلامت آبخیزها و سایر اهداف فرعی تعریف شده در این علم گام برمی‌دارد. که این اهداف فرعی می‌تواند شامل اهداف اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و غیره نیز باشد.

۵-۱- اقدامات آبخیزداری

در یک حوزه آبخیز از نظر درجه تخریب منابع، سه نوع مدیریت را می‌توان اعمال کرد (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰):

- الف: مدیریت حفاظت، یعنی حفظ وضعیت موجود در حالتی که وضعیت مطلوبی باشد.
- ب: مدیریت اصلاحی، یعنی اصلاح و بهبود شرایط و جلوگیری از تخریب منابع.
- ج: مدیریت احیا، یعنی برگرداندن شرایط مطلوب پیشین که بنا به دلایلی از بین رفته باشد.

متأسفانه به دلیل تخریب بیش از حد در کشور، حوزه‌های آبخیز اغلب نیاز به اعمال مدیریت به منظور احیا دارند. به طور کلی اجرای عملیات و اقدامات آبخیزداری در سه سطح اجرایی، مدیریتی و مشارکتی امکانپذیر است که عملیات اجرایی آن به شرح موارد ذیل است:

الف). عملیات بیولوژیکی^۱

ب). عملیات مکانیکی^۲

ج). عملیات بیو مکانیکی^۳

عملیات‌های اجرای مذکور به جهت داشتن کارایی بالا، از یکسری اصول، قوانین و دستورالعمل‌ها پیروی می‌نمایند که در ادامه اصول اجرایی لازم به تفکیک در انواع عملیات اجرایی آنان شرح داده می‌شود.

1. Biological operations

2. Mechanical operation

3. Biomechanical operation

فصل دوم

عملیات بیولوژیکی

۲-۱- مقدمه

حوزه‌های آبخیز در هر منطقه به‌عنوان بزرگترین واحدهای فیزیکی و توپوگرافیک همراه با تنوع اکوسیستمی از اهمیت خاصی برخوردار هستند (محمدی و همکاران، ۱۳۹۷). در برنامه‌ریزی حفاظت و احیای حوزه آبخیز، طرح‌های خاصی برای حفاظت و احیای اراضی مختلف حوزه مورد نیاز است که نیازهای واقعی به شرایط حوزه بستگی دارد و باید این برنامه‌ریزی به شکلی انجام شود که تطابق کامل با نیازها و شرایط منطقه داشته باشد؛ یکی از مهم‌ترین روش‌های حفاظت و احیای حوزه‌های آبخیز روش‌های بیولوژیک است و مهم‌ترین مزیت این روش‌ها استفاده کم از عملیات خاک‌ورزی و دستکاری کم در طبیعت است (حسینی توسل و یوسفی خانقاه، ۱۳۸۶). از آنجایی که یکی از عملیات و اقدامات اجرایی آبخیزداری در سه سطح مدیریت (حفاظت، اصلاح و احیا)، عملیات بیولوژیک است، در این فصل به معرفی، شناخت، هدف، شرایط و نحوه اجرای این عملیات پرداخته شده است.

۲-۲- عملیات بیولوژیک

همانگونه که از نام عملیات بیولوژیک پیداست، اساس این عملیات استفاده از موجودات زنده (گیاهان و جانوران) است؛ مقصود از گیاهان در اینجا ریزترین آنها مثل گل‌سنگ تا بزرگترین آنها چون درختان عظیم الجثه است؛ با این تعریف، گیاهان با ریشه، ساقه، برگ و حتی بقایای خود بر تثبیت و افزایش بهره‌وری از خاک می‌افزایند؛ جانوران نیز به طرق مختلف از جمله کنترل آفات و بیماری‌ها، افزایش باروری گیاهان و کمک به تولید و پراکنش بذر در عرصه‌های طبیعی، گسترش کمی و کیفی گیاهان را افزایش داده و در نهایت تثبیت و پایداری خاک‌ها را به ارمغان خواهند آورد. این تعریف عملیات بیولوژیک طیف وسیعی از عملیات اجرایی را شامل می‌شود که در عرصه‌های طبیعی به اجرا در می‌آید (محسنی و همکاران، ۱۳۹۳). عملیات بیولوژیک در عرصه‌های آبخیز کشور یا به صورت مستقیم و یا به صورت غیر مستقیم اجرا می‌شوند که در هر صورت نیاز به مراقبت ویژه به خصوص در سال‌های اول و دوم تا مستقر شدن خواهند داشت. انتخاب نوع گونه‌های مورد نظر در عرصه‌های حوزه‌های آبخیز کشور با توجه به خصوصیات اقلیمی، خاک‌شناسی و فیزیوگرافی مناطق مختلف دارای اهمیت ویژه‌ای است.

روش بیولوژیک دارای مزایای زیادی است که شامل هزینه کمتر، سرعت انجام در حفظ خاک، تولید چوب، تولید میوه، تولید علوفه، اصلاح و تثبیت شیب دامنه، افزایش نفوذپذیری خاک و اصلاح خاک هستند (قدسی و نصرالهی، ۱۳۹۴). اما به طور کلی عملیات‌های بیولوژیکی شامل بذریاشی^۱، کپه‌کاری^۲، بذرکاری^۳، کشت‌نواری^۴، کشت‌ترازی^۵، قلمه‌کاری^۶، نهال‌کاری^۷، لی‌فارمینگ^۸، آگروفارستری^۹، حائل‌های ساحلی^{۱۰} و قرق/حفاظت^{۱۱} است که دستورالعمل اجرایی هر کدام به تفکیک شرح داده می‌شود.

۱-۲-۲- بذریاشی

بذریاشی یا بذرافشانی روشی از کاشت است که بذرها به صورت درهم در سطح زمین پراکنده می‌شوند. در این روش بستر کاشت آماده نمی‌شود و در قیاس با بذرکاری، میزان بذر، بیشتر در نظر گرفته می‌شود (نیک نهاد، ۱۳۹۱).

۱-۲-۲-۱- اهمیت و هدف انجام عملیات بذریاشی

این نوع عملیات بیولوژیکی جهت احیای خاک و پوشش گیاهی در مراتعی که تخریب پوشش گیاهی صورت گرفته، اما شرایط فیزیکی و اقلیمی منطقه مساعد باشد، به کار گرفته می‌شود (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

-
1. Seed spreading
 2. Mount culture
 3. Seeding
 4. Strip cropping
 5. Contour farming
 6. Cuttings
 7. Transplant
 8. Ley Farming
 9. Agroforestry
 10. Buffer Strips
 11. Exclusion / Preservation

۲-۲-۱-۲- محل و شرایط انجام عملیات

محل و شرایط انجام بذریاشی را دلیل انتخاب این عملیات تعیین می‌نماید. چرا که دلیل بذریاشی عبارتست از: نداشتن وسایل لازم و محدودیت توپوگرافی منطقه (نیک نهاد، ۱۳۹۱). قابل ذکر است از این روش در اواخر زمستان و یا اوایل بهار استفاده می‌شود.

۲-۲-۱-۳- نحوه انجام عملیات

بذریاشی به سه روش انجام می‌گیرد:

- **بذریاشی دستی:** بذر توسط افراد در سطح مرتع پخش می‌شود (شکل ۲-۱). در مناطقی با وسعت کم و در شرایطی که جهت استفاده از ادوات محدودیت داشته باشیم، از این روش استفاده می‌شود؛ در بذرکاری اراضی دیم کم بازده متعلق به روستاییان که معمولاً مساحت کمی دارد، می‌توان با مشارکت صاحبان اراضی از این روش استفاده نمود (نیک نهاد، ۱۳۹۱).
- **بذریاشی با بذریاش:** دو نوع بذریاش وجود دارد:

- الف- **بذریاش چرخشی:** بذر با چرخش (سانتریفوژ) روی زمین پاشیده می‌شود که به دو گروه دستی و پشت تراکتوری (کودپاش) تقسیم می‌شوند (نیک نهاد، ۱۳۹۱).
- ب- **بذریاش غیر چرخشی:** بذور به طور مستقیم روی زمین می‌ریزد. مزایای بذریاش‌ها نسبت به پخش دستی عبارتند از: پخش یکنواخت‌تر بذر، سرعت بذریاشی بیشتر و هزینه کم‌تر؛ در استفاده از بذریاش در کشت مخلوط به دلیل تفاوت وزن و اندازه بذر، محدودیت وجود دارد (نیک نهاد، ۱۳۹۱).

- **بذریاشی با هواپیما و هلی کوپتر:** در عرصه‌های گسترده مانند مناطق بیابانی و دامنه کوه‌ها، به دلیل وسعت زیاد و شیب تند، از هواپیما استفاده می‌شود؛ نمونه موفق بذریاشی هوایی، بذریاشی تاغ در بیابان‌های مرکزی ایران و روی تپه‌های ماسه‌ای است. همچنین از هلی‌کوپتر در بذریاشی اراضی پر شیب می‌توان استفاده کرد (نیک نهاد، ۱۳۹۱).

قابل ذکر است جدول (۱-۲) راهنمای مختصری از عملیات بیولوژیکی بذرپاشی به صورت جمع‌بندی شده از مطالب فوق است.



شکل ۱-۲- عملیات بذرپاشی

جدول ۱-۲- راهنمای عملیات بیولوژیک بذرپاشی

نوع عملیات	هدف عملیات	شرایط انجام عملیات
بذرپاشی	احیای پوشش گیاهی و تقویت خاک	۱- نداشتن وسایل لازم و محدودیت توپوگرافی منطقه ۲- در اواخر زمستان و یا اوایل بهار
	افزایش تولید علوفه	
	جلوگیری از فرسایش و کاهش رواناب	
شرح مختصر انجام عملیات		
در این روش بستر کاشت آماده نمی‌شود و بسته به نوع منطقه پس از تعیین میزان بذر برای سطح مورد نیاز می‌توان به صورت دستی یا با استفاده از بذرپاش و هواپیما اقدام به بذر پاشی نماییم.		

۲-۲-۲- بذرکاری

بذرکاری یکی از روش‌های عمده مرتع‌کاری و در بین روش‌های بیولوژیک، متداول‌ترین و آشناترین روش اصلاح مراتع است؛ بذرکاری که به کشت مستقیم بذر نیز معروف است، در اصطلاح کشاورزی به مفهوم قرار دادن بذر با وسایلی در خاک به منظور تولید گیاه جدید است؛ در اصطلاح مرتع نیز بذرکاری به همان مفهوم بکار گرفته می‌شود؛ بطورکلی در بذرکاری با استفاده از وسایل مکانیکی، بذر گیاهان مرتعی بومی و یا معرفی شده در قشر سطحی خاک قرار می‌گیرد و بر روی آن پوششی از خاک قرار داده می‌شود تا شرایط لازم برای رویش بذر و استقرار نهال را فراهم سازد (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷). در ایران سوابق بذرکاری به سال‌های ۱۳۲۸ برمی‌گردد.

۲-۲-۲-۱- اهمیت و هدف انجام عملیات بذرکاری

بذرکاری در مراتع معمولاً زمانی در دستور کار قرار می‌گیرد که احیاء و اصلاح مراتع از راه‌های عملیات مدیریتی مقدور نبوده و تجدید حیات گونه‌های مرتعی بومی در مدت کوتاهی قابل حصول نباشد و یا مرتع به حدی با گونه‌های نامطلوب اشغال شده باشد که میزان علوفه برای دام در مرتع با توان تولید آن فاصله زیادی داشته باشد، به عبارت دیگر، خاک حاصلخیزی کافی برای تولید علوفه

بیشتر داشته باشد (مقدم، ۱۳۷۷). از فواید عمده مراتع بذرکاری شده بهبود وضعیت درآمدی دامداران ذینفع به واسطه افزایش علوفه است (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷). به طور کلی هدف از این عملیات احیا، اصلاح، بهبود و افزایش تولید علوفه و کاهش فرسایش خاک است.

۲-۲-۲-۲- محل و شرایط انجام عملیات

بذرکاری ممکن است به دو صورت کشت کامل عرصه‌ها با بذر و یا کشت در قسمت‌هایی از مرتع، یا اصطلاحاً میانکاری (کشت‌های نواری، کپه‌ای و شیاری)، به اجرا درآید (Kansas State University, 1998; Wilson et al., 2000).

اما به طور کلی دو شرط برای عملیات بذرکاری وجود دارد و مراتعی در دستور بذرکاری قرار می‌گیرند که دارای دو شرط ذیل باشند:

الف) مراتعی که نتوان آنها را با اعمال مدیریت چرا اصلاح کرد.
 ب) مراتعی که دارای وضعیت فقیر تا خیلی فقیر بوده (رجوع به پیوست فصل) و گونه‌های گیاهی موجود غالباً از گونه‌های نامطلوب بوده و دیگر علوفه ای برای تولید دام نداشته باشند و نیز گونه‌های مرتعی بومی قادر به تجدید حیات نباشند و یا مقدار گونه‌های مرغوب مرتعی در ترکیب پوشش گیاهی کمتر از ۱۰ تا ۱۵ درصد و یا کمتر از دو پایه در هر ۱۵ متر مربع باشد (مقدم، ۱۳۷۷).

علاوه به دو شرط فوق، شرایط زیر نیز حاکم است:

الف). بذرکاری در مکان‌هایی توصیه می‌شود که حداکثر دارای شیب ۲۵ درصد باشد. ماشین آلات مرتع‌کاری معمولاً در شیب‌های بیشتر از ۲۵ درصد نمی‌توانند مورد استفاده قرار گیرند؛ با این وجود با استفاده از نیروی کشنده دام (اسب، قاطر و غیره) و دنباله بندهای سبک (شیارزن، بذرپاش و غلطک‌های کوچک) می‌توان شیب‌های تا ۴۵ درصد را نیز شخم زد و برای کاشت بذر نباتات مرتعی آماده کرد؛ در هر حال لازم است توجه داشت که آماده کردن زمین در اراضی شیبدار نباید موجب تشدید فرسایش خاک شود؛ خاک‌های ایده آل برای بذرکاری نباتات مرتعی خاک‌های عمیق تا نیمه عمیق دارای بافت متوسط است که فاقد شوری و قلیائیت زیاد باشد؛ البته در خاک‌های با بافت نسبتاً سنگین و نیز خاک‌های با بافت نسبتاً سبک هم بذرکاری امکان پذیر است. خاک‌های آبرفتی (آلوویال)، قهوه‌ای و سیروزوم از جمله خاک‌های مناسب برای بذرکاری هستند (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

ب). بذرکاری در اقالیم مرطوب و نیمه خشک سرد و معتدل که حداقل دارای ۲۰۰ میلیمتر بارندگی در سال باشند، توصیه می‌شود؛ در خاک‌های با بافت متوسط، بذرکاری در مناطقی با ۱۸۰ میلیمتر بارندگی نیز موفقیت آمیز خواهد بود. بذرکاری در مناطقی که در طول دوره رویش گیاهان حداقل ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلیمتر بارندگی وجود داشته باشد موفقیت

آمیز است؛ در حدود ۳۵ درصد از مراتع کشور (بخشی از مراتع مناطق رویشی بلوچی، استپی و تمامی مراتع نیمه استپی و مرتفع) در دامنه بارندگی ۲۰۰ تا ۶۰۰ میلیمتر قرار گرفته و برای بذرکاری مناسب هستند؛ بذرکاری در اراضی شنی و پوشیده از ماسه‌های بادی در منطقه نیمه بیابانی، به خصوص ماسه‌های سواحل جنوب با بارندگی بیشتر از ۱۰۰ میلیمتر، نیز از موفقیت برخوردار بوده است (مقدم، ۱۳۷۷).

ج. علاوه بر وجود رطوبت یا بارندگی کافی به ترتیبی که بیان شد، دما یکی دیگر از عوامل محدودکننده بذرکاری و استقرار گیاهان است؛ از این روش، در مناطق کوهستانی مرتفع شمالی کشور حداکثر تا ارتفاع ۳۵۰۰ متر و در مناطق کوهستانی مرتفع جنوبی تا ارتفاع ۴۰۰۰ متر از سطح دریا می‌توان بذرکاری کرد؛ بنابراین، در ارتفاعات بالاتر در هر دو منطقه، به علت کوتاه بودن دوره رویشی، تولید کم و ملاحظات اقتصادی بذرکاری توصیه نمی‌شود (مقدم، ۱۳۷۷).

۳-۲-۲- نحوه انجام عملیات

در بذرکاری اولاً باید گیاهان رقیب نو نهال‌های حاصل از بذرکاری حذف شوند تا بدین وسیله نونهال‌ها از استقرار خوبی برخوردار شوند.

ثانیاً مکان قرار گرفتن بذر در خاک طوری آماده شود که بذر در عمق مناسب قرارگیرد و به سهولت جوانه آن سر از خاک بیرون آورد، هم چنین نفوذ آب در خاک افزایش یابد تا آب بیشتری در اختیار بذر و نونهال قرار گیرد؛ یک بستر کاشت عاری از علف‌های هرز و گیاهان رقیب، شانس موفقیت بذرکاری را افزایش می‌دهد (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

یک بستر مناسب و ایده آل برای گراس‌ها بستری است که خاک رطوبت کافی داشته باشد؛ در این رابطه، هرگاه خاکی در حالت راه رفتن عادی طوری نرم باشد که پاشنه کفش به اندازه یک سانتیمتر در خاک فرو رود، چنین خاکی باید کوبیده شود تا رطوبت کافی در اختیار نونهال‌ها قرار دهد (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

نکته قابل توجه در تهیه بستر کاشت، آن است که تا جایی که ممکن است باید بهم خوردن خاک به حداقل ممکن کاهش یابد؛ این امر سبب می‌شود تا رطوبت و مواد آلی خاک بیشتر

حفظ شوند؛ بستر کاشت دارای خاک دست نخورده همراه با نبود گیاهان رقیب و هرز، بهترین محیط برای جوانه زدن بذر و استقرار نونهال ها خواهد بود (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

معمولا برای کاشت کامل مرتع، ماشین آلات بذرکار مورد نیاز است، این نوع بستر کاشت با استفاده از ماشین آلات مخصوص تهیه بستر کاشت آماده می شود؛ در این نوع از بستر کاشت، زمین شخم خورده و با ادوات تکمیلی خاک نرم و سپس در زمان مناسب بذور گیاهان مرتعی با ماشین بذرکار در عمق مناسب کاشته می شوند (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

قابل ذکر است جدول (۲-۲) راهنمای مختصری از عملیات بیولوژیکی بذرکاری به صورت جمع بندی شده از مطالب فوق است.

جدول ۲-۲- راهنمای عملیات بیولوژیک بذرکاری

نوع عملیات	هدف عملیات	شرایط انجام عملیات
بذرکاری	احیای پوشش گیاهی و اصلاح مراتع	۱- مراتعی که نتوان آنها را با اعمال مدیریت چرا اصلاح کرد. ۲- مراتعی که دارای وضعیت فقیر تا خیلی فقیر بوده و گونه های گیاهی موجود غالبا از گونه های نامطلوب بود ۳- حداکثر شیب ۲۵ درصد
	افزایش تولید علوفه	۴- در مناطق کوهستانی مرتفع شمالی کشور حداکثر تا ارتفاع ۳۵۰۰ متر و در مناطق کوهستانی مرتفع جنوبی تا ارتفاع ۴۰۰۰ متر از سطح دریا می توان بذرکاری کرد
	جلوگیری از فرسایش و رواناب	
شرح مختصر انجام عملیات		
در این روش ابتدا بستر کاشت تهیه می شود. قابل ذکر است در تهیه بستر کاشت تا جایی که ممکن است باید بهم خوردن خاک به حداقل ممکن کاهش یابد چرا که این امر سبب می شود تا رطوبت و مواد آلی خاک بیشتر حفظ شوند همچنین بستر کاشت بایستی دارای خاک دست نخورده همراه با نبود گیاهان رقیب و هرز به جهت جوانه زدن بذر و استقرار نونهال ها باشد. پس از مراحل فوق و تعیین میزان بذر مورد نیاز باتوجه به شرایط عرصه، اقدام به بذرکاری می شود.		

۳-۲-۲- کپه‌کاری

کپه‌کاری یکی از روش‌های بذرکاری است که در آن بذر نباتات مرتعی مورد نظر در چاله‌های حفر شده با دست قرار گرفته و سپس با خاک پوشیده می‌شود؛ به عبارت دیگر کپه‌کاری به معنی کشت لکه‌ای فضاها یا خالی مرتع با حفر چاله‌های کم عمق با دست و گذاشتن بذر نباتات مرتعی مرغوب و سازگار در آن و پوشاندن بذر با قشر نازکی از خاک است؛ در کپه‌کاری، تراکم کپه‌ها بستگی به درجه مورد نظر برای اصلاح مرتع و نیز فرم رویشی گیاهان مورد استفاده دارد. کپه‌کاری می‌تواند آرایش نواری نیز به خود بگیرد (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

این روش سابقه طولانی در کشور نداشته و این عنوان، از سال ۱۳۶۴ با تهیه دستورالعملی با عنوان «روش‌های اجرائی احیاء و اصلاح مراتع کوهستانی» به جمع پروژه‌های اصلاح مراتع دفتر فنی مرتع پیوست؛ چرا که ابداع روشی عملی برای اصلاح مراتع پرشیب کوهستانی، که یکی از معضلات مراتع کشور به شمار می‌رفت، تا اینکه در سال ۱۳۶۴ با پیشنهاد آقای مهندس سید حسین موسوی اقدم، یکی از کارشناسان با تجربه این بخش و با اهتمام آقای مهندس علی فضیلتی، مدیرکل وقت دفتر فنی مرتع، این روش تدوین و تقریباً از همان زمان به اجرا درآمد (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

۱-۳-۲-۲- اهمیت و هدف انجام عملیات کپه‌کاری

کپه‌کاری روشی است دستی که تنها با استفاده از نیروی کارگر انجام می‌گیرد. بنابراین، اولاً از اشتغال‌زایی بالایی برخوردار است و ثانیاً روشی کاملاً بومی بوده و هیچ نوع وابستگی تکنولوژیک ندارد (شکل ۲-۲)؛ گرچه اجرای آن توسط نیروهای دولتی بسیار پرهزینه است، ولی اگر در چارچوب طرح‌های مرتعداری مدیریت مراتع، از جمله اصلاح آنها واقعاً به مرتعداران مربوطه واگذار گردد، کم هزینه‌ترین روش خواهد بود که می‌تواند به راحتی به دست مرتعداران و خانواده یا چوپانان آنان به اجرا درآید (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷). این روش سابقه طولانی در کشور نداشته و این عنوان، از سال ۱۳۶۴ با تهیه دستورالعملی با عنوان «روش‌های اجرائی احیاء و اصلاح مراتع کوهستانی» به جمع پروژه‌های اصلاح مراتع دفتر فنی مرتع پیوست؛ چرا که ابداع روشی عملی برای اصلاح مراتع پرشیب کوهستانی، که

یکی از معضلات مراتع کشور به شمار می‌رفت، تا اینکه در سال ۱۳۶۴ با پیشنهاد آقای مهندس سید حسین موسوی اقدم، یکی از کارشناسان با تجربه این بخش و با اهتمام آقای مهندس علی فضیلتی، مدیرکل وقت دفتر فنی مرتع، این روش تدوین و تقریباً از همان زمان به اجرا درآمد (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

۲-۲-۳-۲- محل و شرایط انجام عملیات

کپه‌کاری در مراتع کوهستانی با شیب بالاتر از ۲۵ درصد و غالباً با شیب‌های بالاتر از ۴۵ درصد انجام می‌گیرد؛ مراتعی در دستور کار کپه‌کاری قرار می‌گیرند که اولاً نتوان آنها را با اعمال مدیریت چرا، بذرکاری با ماشین آلات و دام و نیز با دارای وضعیت فقیر تا خیلی فقیر بوده و گونه‌های گیاهی موجود غالباً از گونه‌های نامطلوب بوده و دیگر علوفه‌ای برای تولید دام نداشته باشند و نیز گونه‌های مرتعی بومی قادر به تجدید حیات نباشند و یا مقدار گونه‌های مرغوب مرتعی کمتر از ۱۰ تا ۱۵ درصد و یا کمتر از ۲ پایه در هر ۱۵ مترمربع باشد (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

خاک‌های ایده آل برای کپه‌کاری نباتات مرتعی خاک‌های دارای بافت متوسط کم عمق تا نیمه عمیق است که فاقد شوری و قلیائیت زیاد باشد؛ البته در خاک‌های با بافت نسبتاً سنگین و نیز خاک‌های با بافت نسبتاً سبک هم کپه‌کاری امکان پذیر است (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

کپه‌کاری در اقلیم‌هایی توصیه می‌گردد که نیمه خشک و مرطوب بوده و حداقل دارای ۲۰۰ میلیمتر بارندگی در سال باشد؛ در خاک‌های با بافت متوسط کپه‌کاری در مناطق با ۱۸۰ میلیمتر بارندگی نیز موفقیت آمیز است؛ کپه‌کاری در مناطقی که در طول دوره رویش گیاهان حداقل ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلیمتر بارندگی وجود داشته باشد موفقیت آمیز است؛ حدود ۳۵ درصد از مراتع کشور (بخشی از مراتع استپی و تمامی مراتع نیمه استپی و جنگل‌های خشک) در دامنه بارندگی ۲۰۰ تا ۵۰۰ میلیمتر قرار گرفته است؛ قسمت‌هایی از این مراتع که دارای شیب بیش‌تر از ۲۵ درصد بوده و در ترکیب گیاهی آن گونه‌های مرتعی مرغوب وجود ندارد و یا به مقدار اندک موجود است، برای کپه‌کاری مناسب هستند. علاوه بر وجود رطوبت یا بارندگی کافی (به شرح بالا)، سرما یکی از عوامل محدود کننده کپه‌کاری و استقرار گیاهان است؛ از این‌روی، ارتفاعات

بیش از ۳۵۰۰ متر به علت کوتاه بودن دوره رویشی و تولید کم و ملاحظات اقتصادی، برای کپه‌کاری توصیه نمی‌شود؛ به‌طور کلی، اراضی سنگریزه دار و واریزه‌ای، اراضی صخره‌ای، اراضی شور و قلیایی، برای کپه‌کاری مناسب نیستند (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

۳-۲-۲- نحوه انجام عملیات

کپه‌کاری در واقع نوعی بستر کاشت چاله‌ای است که در آن چاله‌ها با دست احداث می‌گردد و بذور نیز با دست در چاله‌ها قرار می‌گیرد (معاونت نظارت راهبردی، معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷). تراکم و یا تعداد کپه‌ها بستگی به درجه اصلاح مرتع داشته و ممکن است به صورت نواری و یا پراکنده (به صورت نامنظم) اجرا شود؛ از این روش می‌توان در عرصه‌هایی استفاده کرد که ماشین آلات بذرکاری و دام کشنده ادوات بذرکاری مرتع مانور نداشته و بکارگیری آنها مقرون به صرفه نیست؛ معمولاً شیب‌های بیشتر از ۲۵ درصد و حتی شیب‌های تندتر (۲۵ تا ۶۰ درصد) که مختصر خاکی (حداقل ۱۰ سانتیمتر) داشته باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

برای تهیه بستر کاشت کپه‌ای به این نحو عمل می‌شود که در فواصل معین (بسته به نوع گیاه و درجه تراکم مورد نظر) به وسیله تیشه، گودهایی به عرض لبه تیشه و عمق ۵ تا ۱۰ سانتیمتر ایجاد و سپس چاله‌های مذکور تا عمق ۲ تا ۳ سانتیمتری سطح زمین از خاک پر می‌گردد؛ بعداً تعداد ۴ تا ۶ بذر زنده و خالص در آن قرار گرفته و روی آن با خاک نرم به ضخامت ۱/۵ تا ۲/۵ سانتی‌متر پوشیده می‌شود و با فشار کم پا فشرده می‌شود (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

قابل ذکر است جدول (۳-۲) راهنمای مختصری از عملیات بیولوژیکی کپه‌کاری به صورت جمع‌بندی شده از مطالب فوق است.



شکل ۲-۲- عملیات کپه‌کاری

جدول ۲-۳- راهنمای عملیات بیولوژیک کپه‌کاری

نوع عملیات	هدف عملیات	شرایط انجام عملیات
کپه‌کاری	احیا و اصلاح مراتع	۱- مراتعی که نتوان آنها را با اعمال مدیریت چرا اصلاح کرد. ۲- مراتع کوهستانی با وضعیت فقیر تا خیلی فقیر ۳- شیب بالاتر از ۲۵ درصد و غالباً ۴۵ درصد ۴- در اقلیم نیمه خشک و مرطوب دارای حداقل ۲۰۰ میلیمتر بارندگی سالانه
	افزایش تولید علوفه	
شرح مختصر انجام عملیات		
در این روش ابتدا بستر کاشت به صورت چاله‌ای با فواصل معین به وسیله تیشه تهیه می‌شود. سپس بذور با دست داخل چاله‌ها قرار می‌گیرد. سپس چاله‌ها با خاک رویی چاله پر می‌شود. تراکم و تعداد کپه‌ها به درجه اصلاح مرتع بستگی دارد و به صورت نواری یا پراکنده است.		

۴-۲-۲- کشت نواری

کشت محصولات زراعی و باغی بر روی نوارهای مشخص و آرایش یافته را کشت نواری گویند (شکل ۲-۳)؛ معمولاً کشت نواری را به صورت تناوب زراعی با تلفیقی از گونه‌های مختلف مقاوم به فرسایش مانند گراس‌ها و حبوبات که به آن‌ها گیاهان حایل هم می‌گویند، مورد استفاده قرار می‌دهند (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

۱-۴-۲-۲- اهمیت و هدف انجام عملیات کشت نواری

استفاده از این نوع عملیات بیولوژیکی به منظور جلوگیری از فرسایش خاک در اراضی زراعی در صورت مناسب بودن زمین صورت می‌گیرد (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

۲-۴-۲-۲- محل و شرایط انجام عملیات

این روش هنگامی مورد استفاده قرار می‌گیرد که هنوز تعدادی از گونه‌های مرتعی مطلوب در عرصه وجود داشته و شیب اراضی نیز کمتر از ۲۵ درصد باشد؛ همچنین در مراتعی که ممکن است کشت کامل موجب تشدید فرسایش خاک گردد، برای کشت کامل مرتع بهتر است از کشت نواری در چند نوبت استفاده شود و پس از استقرار گیاهان کاشته شده در یک نوار، نوار دیگری مورد کشت قرار گیرد و این عمل تا پوشش کامل سطح مرتع ادامه یابد (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

۳-۴-۲-۲- نحوه انجام عملیات

در این روش، کشت بذر در نوارهای کشت تهیه شده با روش‌های مختلف (بذرکاری با ماشین بذرکار، بذرپاشی دستی و ماله کشی و غیره) انجام می‌شود؛ کشت بذر در نوارهای تهیه شده با روش‌های مختلف انجام می‌شود. بسته به درجه مورد نظر برای اصلاح مرتع، تعداد و دفعات تکرار نوارها مشخص می‌شود؛ مثلاً هرگاه هدف آن باشد که فقط ۲۵ درصد عرصه بذرکاری و ۷۵ درصد به صورت طبیعی باقی بماند، در این صورت، فاصله دست نخورده در بین دو نوار کشت شده متوالی باید به اندازه سه برابر عرض نوار کاشته شده در نظر گرفته شود (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

قابل ذکر است جدول (۲-۴) راهنمای مختصری از عملیات بیولوژیکی کشت نواری به صورت جمع‌بندی شده از مطالب فوق است.



شکل ۲-۳- عملیات کشت نواری

جدول ۲-۴- راهنمای عملیات بیولوژیک کشت نواری

نوع عملیات	هدف عملیات	شرایط انجام عملیات
کشت نواری	جلوگیری از فرسایش خاک در اراضی زراعی	۱- قابل استفاده در مراتعی که تعدادی از گونه‌های مرتعی مطلوب، وجود دارد.
		۲- قابل استفاده در مراتعی که انجام کشت کامل منجر به تشدید فرسایش خاک نشود.
		۳- حداکثر شیب ۲۵ درصد
شرح مختصر انجام عملیات		
در این روش ابتدا نوارهایی را جهت کشت طراحی می‌نماییم سپس بذرکاری با روش‌های مختلف در نوارهای تهیه شده، انجام می‌شود. قابل ذکر است که تعداد و دفعات تکرار نوارها به درجه اصلاح مرتع بستگی دارد.		

۵-۲-۲- کشت تراز

کشت تراز به عملیاتی گفته می‌شود که شخم بر روی خطوط تراز انجام گرفته، سپس بذور بر روی این محل‌ها کاشته می‌شوند (شواب و فریورت، ۱۳۷۵). شکل ۴-۲ نمایشی از کشت تراز است.

۱-۵-۲-۲- اهمیت و هدف انجام عملیات کشت تراز

این عملیات در اراضی کشاورزی جهت کاهش فرسایش خاک انجام می‌گیرد (شواب و فریورت، ۱۳۷۵). به عبارت دیگر کنتوربندی موجب تشکیل شیارها (جوی و پشته) عمود به شیب غالب مزرعه می‌شود، که این جوی و پشته‌ها منجر به تاخیر سرعت رواناب، کاهش ظرفیت حمل رواناب و افزایش قابلیت نفوذ آب شده، حمل رسوب را کاهش می‌دهند و در نهایت رواناب اضافی را در سرعت غیر فرسایشی تخلیه می‌کند (Fullen et al., 1999).

۲-۵-۲-۲- محل و شرایط انجام عملیات

این عملیات در شیب‌های بین ۳ تا ۱۲ درصد توصیه می‌شود، اما بیشترین تاثیر آن در شیب ۳ تا ۸ درصد است؛ کشت در روی خطوط تراز نسبت به کشت در جهت شیب حدود ۲۱ درصد افزایش محصول را دارد، که این امر به دلیل برخورداری از رطوبت بالا است (رفاهی، ۱۳۸۵). در کشت تراز شیب طولی ردیف‌های محصول نباید از دو درصد تجاوز نماید (شواب و فریورت، ۱۳۷۵). قابل ذکر است شرایط بارندگی در کشت تراز و کشت نواری همان شرایط بذکاری است.

۳-۵-۲-۲- نحوه انجام عملیات

کشت بر روی خطوط تراز شامل شیوه شخم زدن، کاشت و اجرای همه عملیات کشاورزی بر روی خطوط تراز موجود بر دامنه شیب‌دار است (Fullen et al., 1999). در این نوع عملیات، ابتدا شخم بر روی خطوط تراز انجام گرفته، سپس بذور بر روی این محل‌ها متناسب با شیوه‌های مذکور کاشته می‌شوند، که این گونه عملیات معمولاً با تراکتورهای ترازدار در خاک‌های غیرلغزشی اجرا می‌شود.

قابل ذکر است جدول (۵-۲) راهنمای مختصری از عملیات بیولوژیکی کشت نواری به صورت جمع بندی شده از مطالب فوق است.



شکل ۴-۲- عملیات کشت تراز

جدول ۵-۲- راهنمای عملیات بیولوژیک کشت تراز

نوع عملیات	هدف عملیات	شرایط انجام عملیات
کشت تراز	کاهش میزان فرسایش خاک و رواناب سطحی	۱- در اراضی کشاورزی با شیب بین ۳ تا ۱۲ درصد
		۲- کشت دقیقاً بر روی خطوط تراز
		۳- در کشت تراز شیب طولی ردیف‌های محصول نباید از دو درصد تجاوز نماید.
		۴- وجود تراکتور تراز دار در دامنه‌های شیب دار
شرح مختصر انجام عملیات		
در این روش ابتدا متناسب با تراکم کشت بایستی خطوط تراز مشخص شود و پس از شخم بر روی خطوط تراز، بستر کاشت آماده شده و بذور روی این محل‌ها (خطوط تراز) کاشته می‌شوند.		

۶-۲-۲- نهال کاری

نهال کاری عملی است که در آن به جای کشت مستقیم بذر گونه مورد نظر در زمین اصلی، از نهال حاصل از بذر که در خزانه تولید شده است، استفاده می شود؛ بنابراین نهال کاری به مفهوم کشت نهال گیاهان بوته ای یا گندمی در عرصه مورد عمل است؛ بدین منظور ابتدا بذر گیاهان بوته ای مورد نظر با روش های خاص تبدیل به نهال شده و سپس نهال ها با وسایل مکانیکی و یا دستی در آرایش منظم و از قبل طراحی شده در زمین اصلی کشت می شود (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷). شکل ۵-۲ نمونه ای از عملیات نهال کاری را در سطح مراتع نشان می دهد.

۱-۶-۲-۲- اهمیت و هدف انجام عملیات نهال کاری

در بین روش های بیولوژیک، نهال کاری یکی از روش های اصلاح مراتع است؛ اصولا نهال کاری در مراتع به دلیل هزینه سنگین آن، زمانی در دستور کار قرار می گیرد که اصلاح مراتع با استفاده از سایر روش های اصلاحی نظیر مدیریت چرا و کشت مستقیم بذر گونه های مرتعی مقدور نبوده و تجدید حیات گونه های مرتعی بومی در مدت کوتاهی قابل حصول نباشد (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

۲-۶-۲-۲- محل و شرایط انجام عملیات

در مراتعی که پوشش گیاهی دارای وضعیت فقیر تا خیلی فقیر بوده (رجوع به پیوست فصل) و در ترکیب فعلی آنها گونه های موجود غالبا از گونه های نامطلوب است و علوفه ای متناسب با توان تولید مرتع برای تعلیف دام نداشته باشند، نهال کاری در دستور کار قرار می گیرد (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

خاک های ایده آل برای نهال کاری نیز مانند بذرکاری، خاک های دارای بافت متوسط و عمیق تا نیمه عمیق است، ضمن آنکه در نهال کاری خاک های شور و قلیایی نیز قابل کار هستند (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

نهال کاری معمولا در اقلیم های خشک و نیمه خشک (عمدتا خشک) توصیه می شود.

نهال کاری بیشتر در اقلیم خشک با بارندگی کمتر از ۲۰۰ میلیمتر و در اقلیم نیمه خشک گرم در دامنه بارندگی ۲۰۰ تا ۳۵۰ میلیمتر توصیه می شود؛ در صورت تامین نیاز آبی از طریق سفره های آب زیرزمینی (عموما در حاشیه کویرها و پلایاها که سفره های آب زیرزمینی در عمق بسیار کمی قرار دارد)، می توان در بارندگی های کمتر از این مقدار نیز نهال کاری را با موفقیت انجام داد (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

۳-۶-۲- نحوه انجام عملیات

نهال کاری ممکن است در بسترهای طبیعی و یا در بسترهای آماده شده انجام شود؛ در **حالت اول** بدون آنکه سطح خاک و پوشش موجود دستخوش تغییر شود، نهال گیاهان بوته ای در چاله هایی که با فاصله از پیش تعیین شده در عرصه ایجاد می شود؛ این عمل توسط وسایل مکانیکی و یا دستی کشت و پس از پر کردن اطراف ریشه نهال با خاک، نسبت به آبیاری آن اقدام می شود

در **حالت دوم** بستر کاشت ممکن است مانند بسترهای غیر معمولی بذرکاری به صورت شیار و یا چاله های فاصله دار آماده شود؛ نهال کاری معمولا به صورت میان کاری (نواری و یا تمام سطح) اجرا می شود و پوشش گیاهی موجود از بین نمی رود (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

در آماده سازی بستر کاشت باید نفوذ آب در خاک افزایش یابد و آب بیشتری در اختیار نونهال قرار گیرد؛ برای دستیابی به این هدف، بسته به شرایط مختلف رویشگاه، انواع مختلفی از روش کاشت شیار (فارو) و چاله و یا روش ایجاد چاله بدون شیار انجام می شود (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

در روش کاشت شیار یا فارو، با دستگاه شیارکن (فاروئر)، بسته به نوع گونه های مورد کاشت، شیارهایی با فاصله ۱ تا ۳ متر روی خطوط تراز ایجاد و آنگاه روی هر خط تراز با مته چاله کن به فاصله ۱ تا ۳ متر، چاله های کاشت حفر می شود؛ از این روش در عرصه هایی استفاده می شود که عاری از سنگ و صخره بوده و شیب کمتر از ۱۰ درصد باشد؛ همچنین این روش در نقاطی مورد استفاده قرار می گیرد که علاوه بر شیب ملایم، میزان بارندگی بیشتر از مقدار نفوذپذیری خاک باشد (جریان سطحی آب در بارندگی ها وجود داشته باشد)؛ بررسی های

موجود نشان می‌دهد که این حالت در مناطقی با بارندگی ۱۷۰ تا ۲۵۰ میلیمتر نتیجه بهتری به دست می‌دهد (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

و در روش ایجاد چاله بدون شیار، از مته‌های مارپیچی به قطرهای مختلف (۳۰، ۴۵ و ... سانتیمتر) استفاده می‌شود. انتخاب مته بستگی به بافت خاک و مقاومت آن دارد؛ به طوری که هر چه بافت خاک سنگین‌تر باشد از مته‌های با قطر کمتر و بالعکس در خاک‌های با بافت سبک از مته‌های با قطر بزرگتر (ترجیحا ۴۵ سانتیمتر) استفاده می‌شود (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

قابل ذکر است جدول (۶-۲) راهنمای مختصری از عملیات بیولوژیکی نهال‌کاری به صورت جمع‌بندی شده از مطالب فوق است.



شکل ۵-۲- عملیات نهال‌کاری

جدول ۶-۲- راهنمای عملیات بیولوژیک نهال کاری

نوع عملیات	هدف عملیات	شرایط انجام عملیات
نهال کاری	اصلاح مراتع	۱- این روش، زمانی استفاده می شود که اصلاح مراتع با استفاده از روش های مدیریت چرا و کشت مستقیم بذر گونه های مرتعی مقدور نبوده و تجدید حیات گونه های مرتعی بومی در مدت زمان کوتاه قابل حصول نباشد.
	افزایش تولید علوفه	۲- در مراتع با پوشش گیاهی فقیر تا خیلی فقیر ۳- در خاک های دارای بافت متوسط و عمیق تا نیمه عمیق ۴- در اقلیم خشک و نیمه خشک دارای بارندگی بین ۲۰۰ تا ۳۵۰ میلیمتر
شرح مختصر انجام عملیات		
نهال کاری در بسترهای طبیعی یا بسترهای آماده در چاله هایی با فواصل منظم و به صورت دستی یا با استفاده از ابزارهای مکانیکی انجام می شود.		

۷-۲-۲- قلمه کاری

قلمه کاری یک روش غیر جنسی تکثیر گیاهی است. قلمه زدن عبارت است از رشد و نمو و تکامل بعضی از قسمت های گیاهی قطع شده از پایه اصلی. قلمه زدن یکی از طرق بسیار متداول ازدیاد غیر جنسی گیاهان است؛ یک قلمه می تواند قطعه ای از ساقه، ریشه یا برگ باشد؛ در قلمه ساقه، ریشه های نا به جا بایستی تشکیل یابند و در قلمه ریشه شاخه های نا به جا باید به وجود آیند و قلمه برگ برای اینکه رشد کند و به اصطلاح بگیرد، باید در روی آن هم ریشه های نابجا و هم شاخه های نا به جا رشد و تکامل یابند (خلیقی، ۱۳۷۶).

۱-۷-۲-۲- اهمیت و هدف انجام عملیات قلمه کاری

قلمه زدن یک روش ساده و کم هزینه نسبت به سایر روش های بیولوژیکی است (اسمعلی و عبداللهی، ۱۳۹۰). یک راه معمول برای تکثیر گیاهان است (شکل ۲-۶). این کار معمولاً

به‌عنوان «ریشه‌زایی گیاه» یا «رشد دادن قلمه‌ها» شناخته می‌شود. که درنهایت جهت رسیدن به نهال با هزینه کمتر است و اهداف نهال‌کاری را در بر می‌گیرد.

۲-۲-۷-۲- محل و شرایط انجام عملیات

این روش بیولوژیکی معمولاً در اراضی مربوط به حاشیه رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، تالاب‌ها و مخازن سدها که خاک آنها رطوبت کافی داشته باشد و از لحاظ بافت نیز مناسب باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد، همچنین نوع نهال‌های مورد نظر برای قلمه کاری باید از گونه‌های درختی انتخاب شوند که استعداد رویش از طریق قلمه را دارا باشند (اسمعی و عبدالهی، ۱۳۹۰). قلمه‌ها پس از جدا شدن از گیاه اصلی، به‌منظور ریشه دار شدن باید در بستر مناسب قرار گیرند.

قلمه‌هایی که به‌راحتی ریشه‌دار می‌شوند در مواد مختلف از جمله خاک، ریشه‌دار می‌شوند، لیکن این نوع بستر کاشت برای آن دسته از قلمه‌ها که به‌سختی ریشه‌دار می‌شوند عاملی مهم است (خلیقی، ۱۳۷۶). به‌طور کلی، قلمه‌ها را می‌توان در خاک، ماسه، تورب، ورمیکولیت، پرلیت، و آب قرار داد. حتی می‌توان هیچ‌یک از مواد بالا را مصرف نکرد و قلمه‌ها را برای ریشه دار شدن در یک هوای مرطوب قرار داد؛ موادی که می‌توان از آن‌ها به‌عنوان بستر مناسب برای کاشت قلمه استفاده کرد: خاک، ماسه، پوده، ورمیکولیت، پرلیت، آب می‌باشد (جعفری و همکاران، ۱۳۹۱).

۲-۲-۷-۳- نحوه انجام عملیات

قلمه کاری اصولاً یک روش ساده و کم هزینه نسبت به دیگر پروژه‌های بیولوژیکی است ولی از لحاظ کاربرد دارای محدودیت‌هایی است؛ قلمه کاری اغلب به دور روش در عرصه‌های مورد نظر انجام می‌شود، روش اول این است که قلمه‌های تهیه شده به‌طور مستقیم به محل‌های پیش‌بینی شده برای کاشت انتقال می‌یابند؛ در روش دوم قلمه‌های آماده شده در گلدان‌ها یا خزانه‌های مناسب پرورش یافته و پس از ریشه دوانی به عرصه‌ی اصلی انتقال می‌یابند (اسمعی و عبدالهی، ۱۳۹۰).

قابل ذکر است جدول (۲-۷) راهنمای مختصری از عملیات بیولوژیکی قلمه‌کاری به صورت جمع‌بندی شده از مطالب فوق است.



شکل ۶-۲- عملیات قلمه‌کاری

جدول ۷-۲- راهنمای عملیات بیولوژیک قلمه‌کاری

نوع عملیات	هدف عملیات	شرایط انجام عملیات
قلمه‌کاری	تکثیر گیاهان به جهت کاهش هزینه نهال‌کاری و دست‌یابی به اهداف تعریف شده در نهال‌کاری	۱- در اراضی مربوط به حاشیه رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، تالاب‌ها و مخازن سدها که دارای خاک با رطوبت کافی باشند. ۲- انتخاب بستر کاشت در این روش بسیار مهم است زیرا قلمه گیاه بایستی در خاک مناسب ریشه دار شود.
شرح مختصر انجام عملیات		
در این روش ابتدا قلمه‌های از گونه‌های مدنظر تهیه می‌گردد و سپس قلمه‌ها در گدان‌ها یا خزانه‌های مناسب پرورش می‌یابند و سپس با ظهور ریشه (ریشه دوانی) به محل‌های پیش‌بینی شده جهت کاشت منتقل می‌شوند.		

۸-۲-۲- لی فارمینگ

سیستم لی فارمینگ تلفیقی از زراعت و دامداری است در واقع در سیستم لی فارمینگ کشت گیاهان یک ساله از خانواده بقولات در تناوب با غلات دیم است که از سوی موسسه تحقیقاتی کشاورزی دیم ایکاردا (ICARDA) ارائه شده است.

۱-۸-۲-۲- اهمیت و هدف انجام عملیات لی فارمینگ

هدف از این سیستم این است که بدون آیش گذاشتن زمین این فرصت ایجاد شود که مقدار ماده آلی خاک افزایش و مقدار غذا برای احشام کشاورزان تامین گردد. به عبارت دیگر کشت گیاهان علوفه‌ای یک ساله از خانواده بقولات در تناوب زراعت دیم غلات، این فرصت را ایجاد می‌کند تا بدون آیش گذاشتن زمین، ضمن افزایش قوت خاک غذای کافی و لازم را برای احشام بوجود آورد.

۲-۸-۲-۲- محل و شرایط انجام عملیات

محل اجرای این عملیات در واقع دیم‌زارها است. شرایط اجرای این روش در واقع همان هدف آن است چرا که این عملیات تلفیق زراعت با دامداری است (تناوب غله با مرتع).

۳-۸-۲-۲- نحوه انجام عملیات

در این عملیات علوفه یک ساله از خانواده بقولات در تناوب زراعت دیم غلات بروی اراضی کشت می‌شود.

قابل ذکر است جدول (۸-۲) راهنمای مختصری از عملیات بیولوژیکی لی فارمینگ به صورت جمع‌بندی شده از مطالب فوق است.

جدول ۸-۲- راهنمای عملیات بیولوژیک لی فارمینگ

نوع عملیات	هدف عملیات	شرایط انجام عملیات
لی فارمینگ	افزایش مقدار ماده آلی خاک	اجرا در دیم‌زارها
	تامین غذا برای احشام کشاورزان	
شرح مختصر انجام عملیات		
در این عملیات علوفه یک ساله از خانواده بقولات در تناوب با زراعت دیم غلات بروی اراضی کشت می‌شود.		

۹-۲-۲- بیشه‌زراعی

بیشه‌زراعی عبارت است از سیستم مدیریت زمینی است که در آن درختان یا بوته‌ها با محصولات زراعی و تولیدات دامی در قطعه‌ای یکسان از زمین باهم ترکیب می‌شوند (شکل ۲-۷). این مورد فناوری جدید برای حفاظت موثر آب و خاک محسوب می‌شود (Blanco and Lal, 2008). عملیات بیشه‌زراعی نیز به میانه‌کاری بین پرچین‌ها موسوم است. سیستم‌های متعدد بیشه‌زراعی را می‌توان به پنج اقدام عمده طبقه‌بندی نمود:

- ۱- دالانی
- ۲- کشاورزی جنگلی
- ۳- حایل جنگلی ساحلی
- ۴- بادشکن
- ۵- تلفیق جنگل و مرتع

۱-۹-۲-۲- اهمیت و هدف انجام عملیات بیشه‌زراعی

سیستم‌های بیشه‌زراعی در بین گزینه‌های نوین واقع شده است که مدیریت و حفاظت آب و خاک، احیای حاصلخیزی خاک و کنترل بیابان‌زایی را در بر می‌گیرند؛ در این سیستم علاوه بر کنترل فرسایش خاک، تولیدات قابل ملاحظه درختی نیز فراهم می‌شود؛ بیشه‌زراعی مزایای

اکولوژیکی و محیطی متعددی را در بر دارد و در نهایت جزو اقدامات حفاظتی چندمنظوره محسوب می‌شود که برخی از اهداف مهم آنها به شرح ذیل است:

۱- کاهش رواناب و فرسایش خاک

۲- بهبود زیستگاه حیات وحش و زمین

۳- کاهش تغییر اقلیم جهانی

۴- امنیت غذایی

عملیات بیشه‌زراعی منجر به کاهش شیب‌ها و طول موثر دامنه می‌شود (Blanco and Lal, ۲۰۰۸).

۲-۲-۹-۲- محل و شرایط انجام عملیات

اصولا این سیستم برای ناحیه‌هایی با شدت بارندگی بالا، دامنه‌های شیب‌دار و پوشش گیاهی تنک با مقادیر بالای رواناب و فرسایش خاک ضروری هستند (Blanco and Lal, 2008). تعداد گونه‌های درختی یا بوته‌ای مورد استفاده در بیشه‌زراعی بسیار فراوان است که برخی از عوامل موثر بر انتخاب آنان، به شرح ذیل است:

۱- نرخ رشد

۲- پتانسیل رشد مجدد

۳- خصوصیات پوشش و برگ

۴- کشت (بذر یا قلمه)

۵- سیستم ریشه

۶- کاربردها (تولید چوب، میوه، علوفه و ...)

۲-۲-۹-۳- نحوه انجام عملیات

در کشت دالانی محصولات زراعی یا باغی و گلکاری در دالان‌های عریضی بین پرچین‌های به پهنای یک تا پنج متر از درختان یا بوته‌ها مرسوم است.

در هنگام طراحی سیستم بیشه زراعی (کشت دالانی) باید به نکات زیر توجه نمود:

الف). ردیف‌های درخت یا بوته‌ها باید فضای مناسب داشته باشند تا با نیازهای مواد غذایی، حرارتی، زیستی و نور در مورد گیاهان کشاورزی تطبیق داده شوند. رقابت شدید برای آب و مواد غذایی، تولید گیاهان کشاورزی ردیفی یا رشد درخت در مراحل اولیه توسعه را کاهش می‌دهد.

ب). ردیف‌های درخت باید در جهت شرقی- غربی، تعیین جهت شوند تا استفاده از نور خورشید را به حداکثر ممکن برسانند.

ج). پرچین‌های درختی باید برخلاف باد غالب و جهت شرقی- غربی کشت شوند تا ضمن کاهش فرسایش بادی، تامین کننده نور کافی باشند.

ح). فاصله بین پرچین‌ها از ۱۰ تا ۲۵ متر متغیر است که این به شرایط و اهداف ناحیه‌ای و محلی بستگی دارد.

خ). به جهت جلوگیری از خصوصیت آللوپاتی فاصله پیشنهادی بین پرچین‌ها ۱۲ متر معرفی شده است.

قابل ذکر است جدول (۹-۲) راهنمای مختصری از عملیات بیولوژیکی بیشه زراعی به صورت جمع‌بندی شده از مطالب فوق است.



شکل ۷-۲- عملیات بیشه‌زراعی (کشت دالانی)

جدول ۹-۲- راهنمای عملیات بیولوژیک بیشه‌زراعی

نوع عملیات	هدف عملیات	شرایط انجام عملیات
بیشه‌زراعی	کاهش رواناب و فرسایش خاک	۱- مورد استفاده برای مناطقی با شدت بارندگی بالا، دامنه‌های شیب‌دار و پوشش گیاهی تنک با مقادیر بالای رواناب و فرسایش خاک. ۲- توجه به انتخاب صحیح درخت یا بوته
	بهبود زیستگاه حیات وحش و زمین	
	کاهش تغییر اقلیم جهانی	
	امنیت غذایی	
شرح مختصر انجام عملیات		
در این روش ، محصولات زراعی یا باغی و گلکاری به صورت ردیفی در جهت شرقی - غربی ، در دالان‌های عرضی بین پرچین‌های به پهنای ۱۰ تا ۱۲ متر از درختان قرار می‌گیرد.		

۱۰-۲-۲- حائل‌ها ساحلی

حائل‌ها نوارها و یا راهروهایی پوشیده از پوشش گیاهی دائمی هستند که برای کاهش فرسایش آب و بادی استفاده می‌شود؛ انواع و شیوه مدیریت نوارهای حائل شامل: حائل‌های ساحلی، نوارهای فیلتری، موانع چمنی، آبراهه‌های چمنی، مرزهای اراضی و بادشکن‌ها هستند (Blanco and Lal, 2008). در این میان نوارهای حائل ساحلی، نوارهای پهن و مخلوطی از گونه‌های گیاهی چوبی دائمی و علفی در امتداد زمین‌های کشاورزی هستند (شکل ۸-۲).

۱-۱۰-۲- اهمیت و هدف انجام عملیات حائل‌ها ساحلی

حائل‌های حفاظتی برای کاهش رواناب، سرعت باد، فیلترکردن رسوبات و دفع رسوبات شیمیایی که در بالا دست اکوسیستم‌ها باقی مانده‌اند، طراحی می‌شوند. سیستم‌های حائل اغلب بین زمین‌های کشاورزی و پیکره‌های آبی پایه‌گذار می‌شوند که به‌منظور کاهش رسوبات و مواد مغذی که به داخل آبراهه جریان می‌یابند، طراحی می‌شوند (Blanco and Lal, 2008).

۲-۱۰-۲- محل و شرایط انجام عملیات

حائل‌های ساحلی در امتداد زمین‌های کشاورزی هستند و عواملی که باید در طراحی این حائل‌ها مدنظر قرارگیرند عبارتند از:

۱. پهنا: طراحی پهنای نوارها بستگی به گونه‌های گیاهی، شیب زمین و مقدار رواناب دارد. بهترین اصول آن است که پهنای حائل بین ۱۰ الی ۳۰ متر باشد. حائل کم عرض (کمتر از ۱۰ متر) نه می‌تواند بر بار رسوبی زیاد موثر باشند و نه برای بهبود زیستگاه حیات وحش تاثیرگذار هستند.

۲. پوشش گیاهی: ترکیب گونه‌های جنگلی و گونه‌های علفی در نوارهای پهن (بیشتر از ۱۰ متر) برای افزایش توانایی نوارهای حائل در دفع مواد مغذی موثر است.

سایر موارد:

- الف). پوشش گیاهی متراکم با ریشه‌های عمیق و فراوان برای نوارهای حائل پیشنهاد می‌شود.
- ب). از ترکیبی از گونه‌های متنوع مثل درخت، بوته و علف‌ها برای طراحی حائل‌ها نسبت به گونه‌های مجزا به منظور افزایش کارایی حائل‌ها ترجیح داده می‌شود.
- ج). حائل‌های درختی برای تثبیت خطوط ساحلی مهم هستند در حالی که حائل‌های گیاهی با ریشه‌های ظریف، نفوذ آب و پایداری ساختمان خاک را تامین می‌کند.
- ح). هدر رفت مواد مغذی و رسوبات به طور خطی همزمان با افزایش ریشه زیست توده کاهش می‌یابد.
- د). درختان با ریشه‌های بزرگ نیز زهکشی را از راه سست کردن خاک و نفوذ آب تسریع می‌کند.
- م). در فرسایش بادی باید نوار حائل متراکم و بلند باشد.

۳-۱۰-۲- نحوه انجام عملیات

در اجرای این عملیات بین زمین‌های کشاورزی و پیکره‌های آبی با در نظر گرفتن شرایط فوق، متناسب با طول مدنظر، نوارهایی با پهنای ۱۰ متر به بالا را ایجاد و در این نوارها اقدام به کاشت درخت و پوشش گیاهی مناسب با منطقه می‌شود.

قابل ذکر است جدول (۱۰-۲) راهنمای مختصری از عملیات بیولوژیکی حائل‌های ساحلی به صورت جمع‌بندی شده از مطالب فوق است.



شکل ۸-۲- عملیات حائل ساحلی

جدول ۱۰-۲- راهنمای عملیات بیولوژیک حائل‌های ساحلی

نوع عملیات	هدف عملیات	شرایط انجام عملیات
حائل‌های ساحلی	کاهش رواناب، سرعت باد، فیلترکردن رسوبات و دفع رسوبات شیمیایی	۱- حائل‌های ساحلی در امتداد زمین‌های کشاورزی قرار می‌گیرند. ۲- طراحی پهنای این نوارها به گونه‌های گیاهی، شیب زمین و مقدار رواناب بستگی دارد. ۳- به منظور افزایش دفع مواد مغذی توسط نوارهای حائل، ترکیب گونه‌های جنگلی و گونه‌های علفی در نوارهای پهن (بیشتر از ۱۰ متر) انجام می‌گیرد. ۴- برای نوارهای حائل، پوشش گیاهی متراکم با ریشه‌های عمیق پیشنهاد می‌شود. ۵- به منظور کنترل بهتر فرسایش بادی، باید نوار حائل متراکم و بلند باشد.
شرح مختصر انجام عملیات		
در این روش، بین زمین‌های کشاورزی و پیکره‌های آبی نوارهایی با پهنای ۱۰ متر به بالا ایجاد و در این نوارها اقدام به کاشت درخت و پوشش گیاهی سازگار با منطقه می‌شود.		

۱۱-۲-۲- حفظت

حفاظت و قرق عبارت است از روشی مدیریتی که وقتی روش‌های اجرایی به تنهایی کفایت نکند، به منظور احیای پوشش گیاهی یک منطقه در نظر گرفته می‌شود.

۱-۱۱-۲-۲- اهمیت و هدف انجام عملیات قرق

قرق یک روشی مدیریتی است که با هدف کمک به استقرار و افزایش کارایی به‌تر اقدامات بیولوژیکی و غیره است. اجرای قرق در مراتع موجب افزایش پوشش گیاهی و نفوذپذیری آب در خاک شده که خود کاهش فرسایش خاک را در مراتع به دنبال دارد (Tadesse et al., 2002).

۲-۱۱-۲-۲- محل و شرایط انجام عملیات

محل قرق در واقع همان محل اجرای عملیات‌های آبخیزداری است و شرایط انجام آن در نظر گرفتن تمامی راه‌کارهایی است که منجر به استقرار بهتر و افزایش کارایی عملیات‌های اجرا شده می‌شود. در بیشتر موارد قرق با حذف عبور و مرور برای یک مدت زمانی خاص انجام می‌گیرد (شکل ۹-۲).

۳-۱۱-۲-۲- نحوه انجام عملیات

در این روش به منظور حفاظت از عرصه، برای مدت زمان مشخص اجازه ورود داده نمی‌شود تا گیاهان فرصت تجدید رویش را بیابند. جهت ممانعت از ورود، دور تا دور عرصه را می‌توان با سیم احاطه نمود.

قابل ذکر است جدول (۱۱-۲) راهنمای مختصری از عملیات بیولوژیکی قرق / حفاظت به صورت جمع‌بندی شده از مطالب فوق است.



شکل ۹-۲- عملیات قرق

جدول ۱۱-۲- راهنمای عملیات بیولوژیک قرق

نوع عملیات	هدف عملیات	شرایط انجام عملیات
قرق / حفاظت	احیای پوشش گیاهی یا افزایش کارایی عملیات اجرایی بیولوژیکی	این روش مدیریتی زمانی اجرا می شود که دیگر روش های مدیریتی اصلاحی در یک منطقه کفایت نکند.
شرح مختصر انجام عملیات		
در این روش جهت ممانعت از ورود و فرصت به تجدید رویش گیاهان، دور تا دور عرصه را برای یک بازه زمانی خاص با سیم احاطه می نمایند.		

پیوست فصل دوم:

براساس آیین نامه اجرائی بند (ب) ماده (۱۲) قانون افزایش بهره‌وری در محاسبه خسارات وارده به عرصه‌های منابع طبیعی، درجه بندی یا وضعیت مراتع به شرح ذیل است:

وضعیت مراتع	تعریف
مراتع خوب	آن دسته از مراتعی که توان تعلیف یک واحد دامی در هر هکتار به مدت یک دوره چرا (میانگین ۱۲۰ روزه) داشته باشد.
مراتع متوسط	آن دسته از مراتعی که توان تعلیف یک واحد دامی در هر دو هکتار به مدت یک دوره چرا (میانگین ۱۲۰ روزه) داشته باشد.
مراتع ضعیف یا فقیر	آن دسته از مراتعی که توان تعلیف یک واحد دامی در هر سه هکتار به مدت یک دوره چرا (میانگین ۱۲۰ روزه) داشته باشد.

فصل سوم عملیات مکانیکی

۳-۱- مقدمه

یکی دیگر از عملیات و اقدامات اجرایی آبخیزداری در سه سطح مدیریت (حفاظت، اصلاح و احیا)، عملیات مکانیکی است، در این فصل به معرفی، شناخت، هدف، شرایط و نحوه اجرای این عملیات پرداخته شده است.

۳-۲- عملیات مکانیکی (سازه‌ای)

روش‌های کنترل فرسایش به دو دسته مستقیم (سازه‌ای) و غیرمستقیم (غیرسازه‌ای) طبقه‌بندی می‌شوند که انتخاب روش فقط به هدف و شرایط کار بستگی دارد (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰). اقدامات غیرسازه‌ای دشوارتر هستند چرا که با تغییر رفتار مردم و آبخیزنشینان سروکار دارند و از گروه بهترین اقدامات مدیریتی است (سعدالدین و همکاران، ۱۳۹۶). اما اقدامات سازه‌ای پرهزینه‌تر اما سریع‌تر هستند و اجرای آن زمانی آغاز می‌شود که علایم فرسایش نمایان گردد و مبارزه پیشگیرانه سودمند نباشد به‌طور کلی اقدامات سازه‌ای در موارد زیر انجام می‌شود:

۱. در مکان‌هایی که حفاظت غیرمکانیکی امکان‌پذیر نباشد.
۲. در موارد بحرانی و مواقعی که محدودیت زمان وجود داشته باشد.
۳. در مواردی که توجیه اقتصادی وجود داشته باشد و یا از نظر سیاسی و اجتماعی، حائز اهمیت باشد.

برخی اظهار نظرها در مجامع علمی روش‌های سازه‌ای را به کلی نفی می‌کنند (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰). لذا عملیات مکانیکی در پروژه‌های آبخیزداری براساس کاربری خاص اراضی در عرصه‌های آبخیز کشورمان طراحی و اجرا می‌شود. برخی از این روش‌ها موجب کاهش طول شیب دامنه‌ها و تعدادی نیز موجب حذف شیب دامنه‌ها می‌گردد (محسنی و همکاران، ۱۳۹۳). از آنجا که شیب و طول آن طبق مدل فرسایش جهانی در کاهش میزان فرسایش خاک موثر است اجرای این پروژه‌های آبخیزداری در کاهش فرسایش و رواناب تاثیرگذار

خواهد بود؛ همچنین این گونه عملیات عمدتاً به منظور تثبیت آبراهه‌ها و رودخانه‌ها، به صورت طولی و عرضی طراحی و اجرا می‌شوند (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰). یکی از راه‌های مبارزه مستقیم با فرسایش، احداث بندهای اصلاحی (بندهای سبک و وزنی) و غیره است که در ادامه دستورالعمل اجرایی هر کدام به تفکیک شرح داده می‌شود.

۱-۲-۳- بندهای سبک

بندهای سبک بندهایی هستند که به دلیل وزن، تعادل آن‌ها به طریق دیگری تامین می‌شود و به لحاظ ساختار، این گونه بندها نمی‌توانند ارتفاع زیادی بگیرند. بر همین اساس در صورتی که پایه‌های این گونه بندها از مصالح خوب ساخته شده باشد، مقاومت آن‌ها نیز بیشتر خواهد شد. این گونه سازه‌ها باتوجه به این که پایداری آن‌ها براساس وزن آن‌ها نبوده بلکه با استفاده از پایه‌های بتنی، فلزی و چوبی مستحکم شده در داخل زمین و نیز مهار آن‌ها، نسبت به نیروهای واژگونی (هیدرواستاتیک) پایداری نشان می‌دهند، بدین سبب به چنین سازه‌هایی در پروژه‌های آبخیزداری، بند سبک (مهار شده) می‌گویند و تحلیل پایداری آن‌ها از طریق بررسی لنگرهای واژگونی است. این گونه بندها حداکثر تا ارتفاع کوتاهی از بستر آبراهه‌ها ساخته می‌شوند و کاربرد محدودتری خواهند داشت (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

۱-۲-۳-۱- بندهای چوبی

بندهای چوبی^۱ از نوع بندهای سبک هستند و شامل سه دسته بندهای چپری، سرشاخه‌ای و الواری هستند (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰). که به شرح ذیل هستند:

الف- بندهای چپری: در بندهای چوبی از نوع چپری، به جای پایه چوب‌ها و صفحات مشبک، از نخ و نی استفاده می‌شود؛ پایه‌های اصلی بند را با یک سری سیم پایداری می‌کنند.

ب- بندهای سرشاخه‌ای: این بندهای چوبی از چند پایه و سرشاخه‌های درختی ساخته می‌شوند.

ج- بندهای الواری: این نوع بندها از پایه‌های چوبی و تنه‌ی درختان ساخته می‌شوند.

۱-۱-۱-۲-۳- اهمیت و هدف ساخت بندهای چوبی

الف- بندهای چپری: بندهای چپری به منظور کنترل فرسایش خندقی، در مواردی استفاده می‌شوند، که طول آبراهه یا کانال خندق کمتر از ۱۰۰ متر و مساحت حوزه بالادست محل بند، کمتر از ۱ هکتار باشد (کاکه و همکاران، ۱۳۹۲).

ب- بندهای سرشاخه‌ای: بندهای سرشاخه‌ای با هدف کنترل فرسایش در آبراهه‌ها و خندق‌هایی به کار می‌روند که طول کانال آن‌ها کمتر از ۱۰۰ متر و سطح حوزه بالادست، کمتر از ۲ هکتار است (کاکه و همکاران، ۱۳۹۲).

ج- بندهای الواری: بندهای اصلاحی الواری به منظور تثبیت آبراهه‌های کوچک و خندق‌ها با طول کمتر از ۱۰۰ متر و سطح آبخیز کمتر از ۲ هکتار مورد استفاده قرار می‌گیرد (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

شکل (۱-۳) نمونه‌ای از بندهای چوبی را نشان می‌دهد.

۲-۱-۱-۲-۳- محل و شرایط انجام عملیات

الف- بندهای چپری: این بندهای اصلاحی در آبراهه‌های با شیب ملایم (کمتر از ۱۰ درصد) و سطح آبخیز کوچک احداث می‌شوند؛ ارتفاع حداکثر آنها ۱ متر و طول تاج آنها حداکثر ۲/۵ متر است؛ در مناطقی که فعالیت جانوران، نی و چوب را از بین می‌برند، نباید احداث شوند (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

ب- بندهای سرشاخه‌ای: شیب آبراهه برای بندهای سرشاخه‌ای بین ۵ تا ۱۲ درصد تغییر می‌کند، اما طول آبراهه نباید بیشتر از ۱۰۰ متر شود. سطح حوزه آبخیز این بندها نیز باید کمتر از ۱ هکتار باشد، تا رواناب تمرکز زیادی ایجاد نکند؛ ارتفاع حداکثر این بندها نیز ۱ متر است. پایه‌های چوبی قطری بین ۸ تا ۱۲ سانتیمتر و طولی بین ۱ تا ۱/۵ متر دارند؛ جنس این چوب‌ها را از درختانی مانند توسکا، کاج، بید و سپیدار انتخاب می‌کنند؛ این بندها سازگاری خوبی با طبیعت دارند (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

ج- بندهای الواری: حداکثر ارتفاع این نوع بندها، ۱/۵ متر از کف بستر است؛ در قسمت

سراب، دیواره های باله ای با زاویه ی ۳۰ تا ۴۵ درجه به شکل قیف به کناره ها مرتبط می شوند؛ این دیواره ها باید حدود نیم متر از هر طرف آنکراژ داشته باشند؛ فضای بین دستک ها و دسواره ی باله ای نباید خالی بماند (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

۳-۱-۲-۳- نحوه انجام عملیات

الف- بندهای چپری: شیوه ساخت این نوع بندها، شبیه شیوه ساخت بندهای سبک فلزی است، که در خاک کوبیده می شوند و تا عمق مشخصی در خاک فرو می روند؛ با این تفاوت که به جای شبکه از حصیر و به جای پایه از چوب استفاده می شود؛ عمر متوسط این بندها بین ۲ تا ۳ سال است (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

برای ساخت بندهای چپری، دو ردیف تیر چوبی را به طور قائم در عرض کف آبراهه خندق کوبیده و در حدفاصل آن ها شاخه های نازک درختان را که محکم به هم بسته شده اند، قرار می دهند و با هم به تیرهای چوبی می بندند؛ این بندها برای آبراهه های کوچکی کاربرد دارند که سطح حوزه بالادست آن ها کم باشد؛ هم چنین جنس مصالح بستر این بندها باید به گونه ای انتخاب شود که امکان فرو بردن پایه های چوبی در زمین وجود داشته باشد (کاکه و همکاران، ۱۳۹۲).

ب- بندهای سرشاخه ای: این بندها نیز با فرو کردن تنه ها و سرشاخه های درختان در بستر ساخته می شوند. جنس بستر این بندها باید امکان فرو بردن پایه های چوبی را داشته باشد. البته استحکام این بندها را می توان با پیچ کردن یا متصل کردن چند تخته افقی به پشت تیرهای عمودی افزایش داد (کاکه و همکاران، ۱۳۹۲).

ج- بندهای الواری: شیوه ساخت این نوع بندها به این صورت است که با مصالح برداشت شده در محل پر می شوند؛ پایه های چوبی نصب شده بین نصف تا یک سوم طول داخل زمین کوبیده می شوند و درصد به طرف بالا دست شیب خواهند داشت (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

قابل ذکر است جدول (۳-۱) راهنمای مختصری از عملیات مکانیکی بندهای چوبی به صورت جمع بندی شده از مطالب فوق است.



شکل ۱-۳- بندهای چوبی (چپری)

جدول ۱-۳- راهنمای عملیات مکانیکی بندهای چوبی

نوع عملیات	هدف عملیات	شرایط انجام عملیات
بندهای چوبی	کنترل فرسایش خندقی در آبراهه‌ها	۱- این روش در آبراهه‌های با شیب ملایم به کار گرفته می‌شود. ۲- در آبخیزهای با مساحت کوچک‌تر از یک هکتار می‌توان استفاده کرد.
شرح مختصر انجام عملیات		
در این روش بایستی تیرها یا پایه‌های چوبی به صورت عمودی در آبراهه کوبیده شوند، که جنس این بندها بایستی امکان فرو رفتن در بستر را داشته باشد. سپس استقامت این بندها را می‌توان با پیچ کردن یا متصل کردن چند تخته افقی به پشت تیرهای عمودی، افزایش داد.		

۱-۲-۳- بندهای فلزی

بندهای سبک فلزی^۱ عبارتند از یک سری پایه‌های فلزی (آهنی، نبشی یا تیر) که در خاک کوبیده می‌شوند و تا عمق مشخص در خاک فرو می‌روند؛ این گونه بندها به لحاظ ساختار نمی‌توانند ارتفاع زیادی بگیرند؛ پایداری در این گونه بندها، براساس وزن آنها نبوده بلکه با استفاده از پایه‌های بتنی، فلزی و چوبی مستحکم شده در داخل زمین و نیز مهار آنها نسبت به نیروهای واژگونی (هیدرواستاتیک) است (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

۱-۱-۲-۳- اهمیت و هدف ساخت بندهای فلزی

در این گونه بندها هدف از احداث، ایجاد شرایط مناسب برای رشد گیاه است، که پایداری آن‌ها به وسیله مهارهایی در بالادست تامین می‌شود (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

۲-۱-۳- محل و شرایط انجام عملیات

این گونه از بندها، بیشتر در اراضی مارنی مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ در اراضی شور (غیرمارنی) که خاصیت خورندگی فلز زیاد است، عمر این قبیل بندها کاهش پیدا می‌کند؛ ارتفاع این بندها نیز حدود ۱ متر است؛ به دلیل نفوذپذیری خوب بدنه این بندها، فشار هیدرواستاتیک پشت آن‌ها کم است؛ این بندها در مناطقی احداث می‌شوند، که سیلاب‌ها نتوانند تخته سنگ‌ها و قلوه سنگ‌ها را جا به جا کنند (اسمعیلی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

در این نوع از بندها، کناره‌ها از محور مستقیم بند حدود یک ششم عرض سرریز به سمت سراب کشیده می‌شوند، تا انحنای لازم در سرریز پدید آید؛ پایه‌ها در فواصل تقریبی ۰/۶ تا ۱ متری از هم دیگر قرار گرفته و ۶۰ تا ۹۰ سانتی متر در زمین کوبیده می‌شوند؛ کوبیدگی به صورتی است که در وسط، یک فاصله ی خالی برای عبور آب به وجود آید (اسمعیلی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

۳-۱-۲- نحوه انجام عملیات

به منظور احداث این نوع بندها، مراحل زیر به ترتیب انجام می‌گیرد (اسمعیلی و عبداللهی، ۱۳۹۰):

- ۱- شیار ی به عمق ۲۵ سانتی متر عمود بر جهت جریان در کف آبراهه کنده می‌شود.
- ۲- پایه‌های اصلی تا ۶۰ سانتی متر به داخل کوبیده می‌شود. به منظور افزایش پایداری، هنگام نصب شیب ۱۰ درصدی به سمت بالادست به آن داده می‌شود.
- ۳- پایه‌های مهار ی در عمق ۲۵ سانتی متری در فاصله‌ای مناسب نصب می‌شوند (به ازای هر دو پایه اصلی یک پایه مهار ی).
- ۴- شبکه‌های توری در روی پایه‌های اصلی نصب می‌شوند (یا استفاده از صفحات مشبک با اتصال سیم) (شکل ۳-۲).
- ۵- صفحات مشبک در فواصل ۳۰ در ۳۰ سانتی متر به پایه‌های اصلی بسته می‌شوند.
- ۶- سیم‌های مهار ی از نوک و وسط پایه‌ها به مهارها متصل می‌شوند.
- ۷- پشت شبکه توری را کاه و کلش می‌ریزند و روی آن را با خاک دستی تا ارتفاع ۷۰ سانتی متری پر می‌کنند، سپس با غلطک دستی می‌کوبند.

۸- جلوی سرریز را با شاخ و برگ می پوشانند و یک تیرمهاری ایجاد می کنند تا تشکیل یک کف بند دهد.

۹- روی خاکریزی پشت بند را در اولین فصل مساعد کشت می کنند.



شکل ۲-۳- بندهای سبک فلزی

جدول ۲-۳- راهنمای عملیات مکانیکی بندهای سبک فلزی

نوع عملیات	هدف عملیات	شرایط انجام عملیات
بندهای سبک فلزی	ایجاد شرایط لازم و مناسب برای رشد گیاه	۱- این گونه از بندها، در اراضی مارنی مورد استفاده قرار می گیرند. ۲- ارتفاع این بندها نیز حدود ۱ متر است ۳- این بندها در مناطقی احداث می شوند که سیلاب نتواند تخته سنگ ها و قلوه سنگ ها را جا به جا کند.
شرح مختصر انجام عملیات		
در این روش ابتدا شیار به عمق ۲۵ سانتی متر عمود بر جهت آبراهه ایجاد می شود. سپس پای های اصلی را تا ۶۰ سانتیمتری خاک می کوبند. پایه های مهاری را نیز در عمق ۲۵ سانتی متری نصب می کنند. بعد از آن، شبکه های تور یا صفحات مشبک روی پایه های اصلی نصب می شود. سپس پشت شبکه های توری را کاه و کلش می ریزند و روی آن را با خاک دستی پر می کنند و با غلتک می کوبند. جلوی سرریز را نیز شاخ و برگ ریخته و روی خاکریزی را با گیاه مناسب کشت می کنند.		

۳-۲-۲- بندهای وزنی

بندهای وزنی بندهایی هستند که پایداری آنان از طریق وزنشان تامین می شود. پی وزن های بندی باید توان تحمل بارگذاری را داشته باشد. برای جلوگیری از خطر ترک خوردن بند، در هر ۱۰ متر، یک مفصل پیش بینی می شود (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰). برخی انواع بندهای وزنی عبارتند از: بند خشکه چین^۱، سنگی ملاتی^۲ و بندهای گابیونی^۳.

۳-۲-۲-۱- بندهای خشکه چین

بندهای خشکه چین عبارتند از چیدن سنگ های زاویه دار به صورت منظم در مسیر یک آبراهه کم اهمیت (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰). به عبارت دیگر خشکه چین به روی هم یا کنار هم چیدن سنگ ها یا عناصر ساختمانی به شکل منظم و بدون استفاده از ملات گفته می شود. شکل (۳-۳) نمونه ای از بندهای خشکه چین را نشان می دهد.

۳-۲-۲-۱-۱- اهمیت و هدف ساخت بندهای خشکه چین

بندهای خشکه چین عبارتند از چیدن سنگ های زاویه دار به صورت منظم در مسیر یک آبراهه کم اهمیت (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

۳-۲-۲-۱-۲- محل و شرایط انجام عملیات

این گونه بندها با ارتفاع و فواصل معینی ساخته می شوند؛ بندهای خشکه چین به علت نداشتن پایداری سنگ ها عمدتاً تا ارتفاع ۱ متر و حداکثر ۱٫۵ متر از بستر طراحی و اجرا می شوند؛ دارای انعطاف پذیری مناسبی هستند و در آبراهه هایی که میزان دبی آنها از مقدار مشخص افزایش نیابد، ساخته می شوند (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

1. Dry Stone
2. Masonry check Dams
3. Gabions

۳-۱-۲-۲-۳- نحوه انجام عملیات

در بندهای خشک چین در صورت مهیا بودن بایستی از مصالح بستر استفاده شود. در این روش پس از احقاق شرایط احداث، اقدام به چینش سنگ‌ها بروی همدیگر می‌شود و سازه حاصل از آن به علت استفاده نکردن از ماده یا ابزار مهار کننده خشک چین نامیده می‌شود. قابل ذکر است جدول (۳-۳) راهنمای مختصری از عملیات مکانیکی بندهای خشک چین به صورت جمع‌بندی شده از مطالب فوق است.



شکل ۳-۳- بندهای خشک چین

جدول ۳-۳- راهنمای عملیات مکانیکی بندهای خشکه چین

شرایط انجام عملیات	هدف عملیات	نوع عملیات
۱- این بندها تا ارتفاع ۱ متر و حداکثر ۱/۵ متر از بستر طراحی و اجرا می شوند. ۲- دارای انعطاف پذیری مناسبی هستند و در آبراهه هایی با میزان مشخص دبی احداث می شوند.	کنترل فرسایش و رسوب	بندهای خشکه چین
شرح مختصر انجام عملیات		
در بندهای خشک چین در صورت مهیا بودن بایستی از مصالح بستر استفاده شود. در این روش پس از احقاق شرایط احداث، اقدام به چینش سنگها بروی همدیگر می شود و سازه حاصل از آن به علت استفاده نکردن از ماده یا ابزار مهار کننده خشک چین نامیده می شود.		

۳-۲-۲-۲- بندهای سنگی ملاتی

بندهای ملاتی عبارتست از ساخت یک سری بند سیل گیر در مسیر یک آبراهه که با استفاده از سنگ و ملات سیمان ساخته شده است (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰). شکل (۳-۴) نمونه ای از سازه سنگی ملاتی را نشان می دهد.

۳-۲-۲-۲-۱- اهمیت و هدف ساخت بندهای سنگی ملاتی

بندهای توری سنگی در حوزه های آبخیزی که رسوبات بار کف نسبتاً زیاد است و یا اینکه آبراهه هایی که دارای فرسایش کناره ای و فرسایش بستر باشند کاربرد مناسبی خواهد داشت (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

۳-۲-۲-۲-۲- محل و شرایط انجام عملیات

این گونه سازه ها دارای انعطاف پذیری کمتری نسبت به بندهای توری سنگی هستند و در مناطقی که دارای ساختار زمین شناسی و خاکشناسی سستی باشند، طراحی و اجرا می

شوند؛ حداقل ابعاد سنگ‌ها در این بندها، دارای ۱۵ سانتیمتر ارتفاع، ۲۰ سانتیمتر عرض و ۴۰ سانتیمتر طول می باشد. بندهای سنگی ملاتی نیز در عرض آبراهه‌ها ساخته می‌شوند (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

مقدار مواد لازم برای ساخت ۱ متر مکعب ملات، ۳۵۰ کیلوگرم سیمان، ۱ متر مکعب شن شسته شده و ۲۲۰ لیتر آب است؛ بسته به نوع سنگ، معمولاً وزن مخصوص این بندها ۲۲۰۰ کیلوگرم در مترمکعب است؛ این گونه بندها نیز با ارتفاع و فواصل معینی اجرا می‌شوند و دارای منافذی با ابعاد ۱۰ در ۲۰ سانتیمتر در بدنه جهت کاهش فشار هیدرواستاتیک هستند؛ کف آن‌ها دارای شیب جزئی به طرف پایاب است؛ مسئله مهم در این بندها، یخ زدگی است. هنگام انتخاب سنگ باید از سنگ‌های مقاوم به یخبندان استفاده کرد (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

۳-۲-۲-۲-۳ نحوه انجام عملیات

در این نوع بندها، عمق پی حدود ۰/۲ ارتفاع بند به اضافه ضخامت پاشنه (حدود ۴۰ تا ۶۰ سانتیمتر در پایاب) در نظر گرفته می‌شود؛ بدین ترتیب عمق پی برای ارتفاع ۲ تا ۰/۸ متر، بین ۰/۸ تا ۲/۲ متر تغییر می‌کند؛ برای افزایش پایداری بند (به خصوص در آبراهه‌های باریک) و هم چنین کاهش خطر کنده شدن کناره‌ها، معمولاً دستک‌ها را درون بدنه آبراهه، به طول ۰/۷ تا ۱/۵ متر آنکراژ (ادامه دادن دستک‌ها در دیواره آبراهه) می‌دهند (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

پس از ساخته شدن بند، پشت آن تا ارتفاع ۵۰ سانتیمتری زیر سرریز با خاکریزی با شیب سببی بالادست بالا می‌آید؛ خاکریزی باعث کم شدن اثر نیرو به جداره ی بند و کاهش فشار تحتانی می‌شود؛ خاکریزی پشت بند به گونه ای انجام می‌شود که حفرات زهکشی بند نیایند؛ برای طراحی بندها با دبی طراحی دارای ۵۰ سال یا بیشتر، گاهی به جای سنگ از آجر استفاده می‌شود (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

قابل ذکر است جدول (۴-۳) راهنمای مختصری از عملیات مکانیکی بندهای سنگی ملاتی به صورت جمع‌بندی شده از مطالب فوق است.



شکل ۴-۳- بندهای سنگی ملاتی

جدول ۴-۳- راهنمای عملیات مکانیکی سنگی ملاتی

شرایط انجام عملیات	هدف عملیات	نوع عملیات
۱- طراحی و اجرا در عرض آبراهه و در مناطق دارای ساختار زمین شناسی و خاکشناسی سست ۲- مسئله مهم در بندهای سنگی ملاتی، یخ زدگی است، که هنگام انتخاب سنگ باید از سنگ های مقاوم به یخبندان استفاده شود.	جلوگیری از فرسایش کناره ای و بستر رودخانه	بندهای سنگی ملاتی
شرح مختصر انجام عملیات		
در این روش بند با در نظر گرفتن دبی طراحی، با ارتفاع و عمق پی مناسب ساخته می شود. پس از آن تا ارتفاع ۵۰ سانتی متر جهت کاهش نیرو دیواره و فشار تحتانی، پشت آن خاکریزی می شود.		

۳-۲-۲-۳- بندهای گابیونی

گابیون ها، سازه های دائمی متشکل از سنگ ها و سنگریزه های پوشیده شده در حصارهای فلزی هستند، که بر روی یکدیگر چیده شده اند و بخشی از تکنیک های قدیمی استفاده شده برای دیوارهای تاخیری، حفاظت سردیوارهای آبگذر، پایدار کردن سدها، دایک ها و کانال ها محسوب می شوند (Blanco and Lal, 2008).

۳-۲-۲-۳-۱- اهمیت و هدف ساخت بندهای گابیونی

این سازه ها با هدف کنترل فرسایش خندقی با کاهش سرعت رواناب، افزایش رسوب گیری و کاهش کانالیزه شدن، سرعت جریان را کاهش می دهند؛ اصولاً گابیون ها برای پایداری دامنه های شیبدار با خاک های غیرچسبنده یا مواد ماسه ای در مکان هایی که عملیات کنترلی دیگر با طبیعت پیچیده پایینی (پوشش گیاهی، حصیرهای سطحی، حصارهای سیلت) امکان کنترل فرسایش را ندارند، استفاده می شوند (Blanco and Lal, 2008).

۳-۲-۲-۳-۱- محل و شرایط انجام عملیات

گابیون ها در ۳ شکل سبدي، کیسه ای و تشکی ساخته شده اند، اما تمامی آنها متشکل از سبدهای پر شده از قلوه سنگ و سنگ هستند، که به وسیله سیستم استیل شبکه ای ۶ ضلعی گالوانیزه شده شکل می گیرند؛ سبدهای گابیونی، سازه های مستطیلی با ابعادی حدود ۱ متر ارتفاع، ۱ متر عرض و طولی معادل ۳ الی ۵ متر هستند، که مانند آجرها در یک سازه به تقریب عمودی در امتداد دیواره های رودخانه و در پایین دست اراضی شیب دار، بر روی یکدیگر چیده می شوند؛ تشک به طور نرمال، کم ضخامت است (۰/۵-۰/۲ متر) و برای پایداری بستر کانال استفاده می شود (Blanco and Lal, 2008). روش توری های گابیونی برای سرعت آب ۲ تا ۴/۵ متر بر ثانیه و رودخانه های با شعاع انحنا بزرگتر از ۲۵۰ متر قابل استفاده است (اسمعلی و عبداللهی، ۱۳۹۰). در این روش، سازه به نحوی طراحی می شود که بخش صاف سنگ ها رو به جلو و در ارتباط با شبکه سیمی به منظور اطمینان از دوام طولانی باشد و زیباشناسی منطقه را بهبود بخشد (Blanco and Lal, 2008).

۱-۳-۲-۳- نحوه انجام عملیات

به منظور احداث دیواره های گابیونی، ابتدا شیب کناره ها را تا یک حد معقول مثلاً ۱ به ۲ تعدیل می کنند؛ توری استیل مخصوص این کار که ۳۰ سانتیمتر ارتفاع، ۱ متر عرض و ۲ تا ۴ متر طول دارند، روی زمین پهن می شوند و با فواصل تقریبی ۸۰ سانتیمتر به وسیله ی میخ های آهنی ۲۰ تا ۳۰ سانتیمتری به زمین کوبیده می شوند؛ سنگ ها در داخل توری ریخته می شوند و با استفاده از سیم های گالوانیزه ۳ میلیمتری به هم وصل می شوند؛ هم چنین جدول ۵-۳ قطر سنگ های مورد استفاده در گابیون ها را نشان می دهد (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

در زیر گابیون ها نیز فیلتر اجرا می شود اما ضخامت آن کمتر از سنگ چین است. معمولاً یک فیلتر ۳۰ سانتیمتری در زیر گابیون کفایت کار را می کند. دیواره را تا دو برابر عمق آبشستگی در عرض بستر ادامه می دهند و هم چنین برای آن یک پاشنه نیز در نظر می گیرند (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

قابل ذکر است جدول (۶-۳) راهنمای مختصری از عملیات مکانیکی بندهای گابیونی به صورت جمع بندی شده از مطالب فوق است.

جدول ۵-۳- قطر سنگ های مورد استفاده در گابیون ها

ضخامت سنگ چین (سانتیمتر)	قطر سنگ (سانتیمتر)		سرعت بحرانی (متر بر ثانیه)	سرعت حداکثر (متر بر ثانیه)
	اندازه تقریبی	D _{۵۰}		
۱۵-۱۷	۱۰-۷	۸٫۵	۳٫۵	۴٫۲
	۱۵-۷	۱۱	۴٫۲	۴٫۵
۲۵-۲۳	۱۰-۷	۸٫۵	۳٫۶	۵٫۵
	۱۵-۷	۱۲	۴٫۵	۶٫۱
۳۰	۱۲-۷	۱۰	۴٫۲	۵٫۵
	۱۵-۱۰	۱۲٫۵	۵	۶٫۴
۵۰	۲۰-۱۰	۱۵	۵٫۸	۷٫۶
	۲۵-۱۲	۱۹	۶٫۴	۸



شکل ۵-۳- بندهای گابیونی

جدول ۶-۳- راهنمای عملیات مکانیکی بندهای گابیونی

نوع عملیات	هدف عملیات	شرایط انجام عملیات
بندهای گابیونی	افزایش پایداری دامنه های شیب دار	۱- گابیون ها در مناطقی که امکان کنترل فرسایش را ندارند، استفاده می شوند.
	کنترل فرسایش خندقی	۲- سبدهای گابیونی متشکل از سنگ و قلوه سنگ در امتداد دیواره های رودخانه و در پایین دست اراضی شیب دار، بر روی یکدیگر چیده می شوند.
	کاهش سرعت جریان رواناب	۳- قابل استفاده برای سرعت آب ۲ تا ۴/۵ متر بر ثانیه و رودخانه های با شعاع انحنای بزرگتر از ۲۵۰ متر

شرح مختصر انجام عملیات

در این روش ابتدا شیب دیواره را تعدیل کرده و سپس توری با ابعاد مشخص روی زمین پهن می شود. بعد از آن به فواصل معین توسط میخ های آهنی در زمین کوبیده می شود، سنگ ها در توری ریخته می شوند و با سیم های گالوانیزه به هم متصل می شوند. قابل ذکر است در نظر گرفتن دبی طراحی با ارتفاع بند و ... ضروری است.

۳-۲-۳- سنگ لاشه

سنگ لاشه^۱ به سنگ یا دیگر مواد قرارداده شده توسط انسان گفته می شود که برای محافظت از سازه های ساحلی در برابر برخورد آب، امواج و فرسایش توده های یخ ساخته می شود (شکل ۳-۶).

۳-۲-۳-۱- اهمیت و هدف عملیات سنگ لاشه

به عبارت دیگر، ریپ رپ مانع سنگی مقاوم به فرسایش است. این مانع جهت حفاظت خاک از فرسایش کناری رودخانه به کار میرود. همچنین از ریپ رپ برای حفاظت شیب های ناپایدار استفاده می شود.

۳-۲-۳-۲- محل و شرایط انجام عملیات

سنگ لاشه ها برای محافظت از کرانه ها، بستر جریان ها، تکیه گاه پل ها، زیرساخت های اساسی و دیگر تأسیسات ساحلی در برابر فرسایش به کار می روند. به طور کلی موارد استعمال: سنگ لاشه را می توان برای تثبیت شیب های بریده شده، شیب ها و کف کنار کانال ها، ورودی و خروجی مجاری آب، پل ها، زهکش شیب ها و کنار آبراهه ها استفاده کرد. گرانیته و بلوک های بتنی از انواع سنگ های رایج در ساخت سنگ لاشه هستند. باید به جای ابعاد یکسان سنگ ترکیبی از انواع ابعاد مختلف استفاده شود. همچنین این ابعاد بستگی به حداکثر جریان دارد. ریپ رپ باید بادوام باشد به طوری که چرخه های ذوب و یخبندان در کوتاه مدت نباید به ریپ رپ صدمه ای وارد کند. سنگ های آتشفشانی همچون گرانیته برای ساخت ریپ رپ مناسب

هستند. ضخامت لایه ریپ رپ باید حداقل ۲ برابر قطر سنگ‌ها باشد. معمولاً بین ریپ رپ و خاک سطحی زیر ریپ رپ قرار می‌گیرد و از جابه جایی خاک جلوگیری میکند

۳-۲-۳- نحوه انجام عملیات

معمولاً عملیات سنگ لاشه از جمع آوری سنگ‌های سرگردان از روی زمین مناطق مورد نظر ساخته می‌شود، لذا کم هزینه می باشد؛ این عملیات با استفاده از نیروی کارگر و وسایل مکانیکی انجام می‌گیرد (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

در این روش، ابتدا سنگ‌ها را در ابعاد مختلف از مکان‌های مورد نظر، جمع‌آوری کرده، سپس بایستی آنها را در کنار هم قرار داد. در این روش بایستی منافذ بین سنگ‌ها با نحوه آرایش مناسب پر شود و سنگ‌ها به صورت ثابت روی هم و در کنار هم تا ارتفاع مشخصی قرار گیرند. قابل ذکر است جدول (۳-۶) راهنمای مختصری از عملیات مکانیکی سنگ لاشه به صورت جمع‌بندی شده از مطالب فوق است.



شکل ۳-۶- عملیات سنگ لاشه

جدول ۶-۳- راهنمای عملیات مکانیکی سنگ لاشه

نوع عملیات	هدف عملیات	شرایط انجام عملیات
لاشه سنگ	کاهش آبشویی	۱- وجود کرانه‌ها، بستر جریان‌ها، تکیه‌گاه پل‌ها، زیرساخت‌های اساسی و دیگر تأسیسات ساحلی فرسایش‌پذیر.
	کاهش فرسایش کناری	۲- وجود سنگ‌های مقاوم
	کاهش قدرت تخریب امواج	
شرح مختصر انجام عملیات		
در این روش، سنگ‌های جمع‌آوری شده از محل یا آرایش مناسب در کناره آبراهه‌ها یا ساحل دریا، با ضخامت حداقل ۲ برابر قطر سنگ‌ها قرار می‌گیرند.		

۴-۲-۳- دایک

به منظور محافظت از سیلاب دشت‌ها و تأسیسات، ممکن است از خاکریزهای موازی با رودخانه به نام دایک یا گوره استفاده شود (اسمعی و عبداللہی، ۱۳۹۰).

۱-۴-۲-۳- اهمیت و هدف عملیات دایک

احداث دایک منجر به کاهش سرعت رواناب و جلوگیری از فرسایش خواهد شد؛ در عملیات ساماندهی رودخانه‌ها گاهی دایک‌ها را همراه با اپی‌ها به کار می‌برند؛ زیرا در عمل، احداث دایک‌ها منجر به افزایش سرعت در بستر می‌شود؛ در غیر اینصورت بایستی سرعت آب را با محاسبات هیدرولیکی کنترل کرد، تا از حد آستانه فرسایش بیشتر نشود (اسمعی و عبداللہی، ۱۳۹۰).

۲-۴-۲-۳- محل و شرایط انجام عملیات

این سازه‌ها در جاهایی ساخته می‌شوند که از نظر اقتصادی، سیلاب خسارت زیادی وارد

می‌کند و اهمیت زیادی دارد؛ این دیواره‌ها از مصالح دیگر مانند بتن هم ساخته می‌شود؛ نوع دیواره دایک‌ها بسته به سرعت جریان آب، رسوب، مصالح و ... تعیین می‌شود (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

۳-۴-۲-۳- نحوه انجام عملیات

طراحی دایک‌ها باید با دقت صورت گیرد؛ زیرا خاکریزها باعث محدود کردن جریان می‌شوند، اما باید توجه کرد که این محدودیت نتایج دیگری نیز ممکن است، به صورت زیر داشته باشد (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰):

الف) افزایش سرعت جریان سیل و افزایش دبی در پایین دست

ب) افزایش ارتفاع سیل در زمان سیلاب

ج) کاهش شیب سطح آب در بالاتر از خاکریز که منجر به رسوب گذاری می‌شود.

عمق پی دایک‌ها در رودخانه‌های مستقیم، ۵/۰ متر و برای مسیل‌های بدون انحنا، ۱ متر در نظر گرفته می‌شود؛ در رودخانه‌های غیرمستقیم، عمق دایک‌ها براساس ارتفاع آب (h) از جدول (۷-۳) و روابط مربوط به دست می‌آید (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

جدول ۷-۳- عمق پی دایک‌ها براساس ارتفاع آب (h)

نوع رودخانه	شرایط	عمق پی
با انحنای جزئی	جریان عادی	$H = 0.5 + 1.4 h$
	جریان طغیانی	$H = 1 + 1.6 h$
با انحنای شدید	جریان عادی	$H = 0.5 + 1.7 h$
	جریان طغیانی	$H = 1 + 2 h$

چنانچه از مصالح خاکی برای احداث دایک‌ها استفاده شود، نکات فنی و قوانین حاکم بر آن

شبهه سدهای خاکی است؛ در دایک ها با توجه به شکل ساخت آن با مقطع دوزنقه ای، طرف پایاب به طور قائم ساخته شده و فاصله ی بین آن با کناره ی رودخانه توسط خاکریزی پرمی شود؛ شیب طرف سراب نیز که در تماس با جریان رودخانه است، مشابه شیب بدنه بندها حدود ۲۰ درصد در نظر گرفته می شود (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

قابل ذکر است جدول (۸-۳) راهنمای مختصری از عملیات مکانیکی دایک به صورت جمع بندی شده از مطالب فوق است.



شکل ۵-۳- دایک حفاظتی در کنار آبراهه

جدول ۸-۳- راهنمای عملیات مکانیکی دایک ها

نوع عملیات	هدف عملیات	شرایط انجام عملیات
دایک ها	کاهش سرعت رواناب	۱- دایک ها در جاهایی ساخته می شوند که از نظر اقتصادی، سیلاب خسارت زیادی وارد می کند.
	جلوگیری از فرسایش	۲- این دیواره ها از خاک یا بتن ساخته می شوند.
		۳- شیب طرف سراب که در تماس با جریان رودخانه می باشد، مشابه شیب بدنه بندها حدود ۲۰ درصد در نظر گرفته می شود.
شرح مختصر انجام عملیات		
در این روش، از مصالح خاکی برای احداث دایک ها استفاده می شود که نکات فنی و قوانین حاکم بر آن شبهه به سدهای خاکی است. در دایک ها که دارای مقطع دوزنقه ای هستند، طرف پایاب به طور قائم ساخته می شود و سپس فاصله ی بین آن با کناره ی رودخانه توسط خاکریزی پرمی شود.		

پیوست فصل دوم:

فرمول های مورد استفاده برای محاسبات مربوط به بندها به شرح جدول ذیل است:

نوع بند	فرمول مورد استفاده
بندهای سنگی ملاتی و بندهای گابیونی	محاسبه عرض تاج: $H \cdot 0.3 = b$ ارتفاع بند و عرض پایین بند از رابطه زیر به دست می آید: $0.2H + B = b$
مشخص کردن تعداد بند در آبراهه یا فاصله بین بندها	$D = \frac{H}{P - I}$ در این رابطه: I شیب حد به متر بر متر (صدم)، P شیب آبراهه به متر بر متر و H ارتفاع بند به متر است.

فصل چہارم

عملیات بیومکانیکی

۴-۱- مقدمه

آخرین حالت اقدامات اجرایی آبخیزداری در سه سطح مدیریت (حفاظت، اصلاح و احیا)، عملیات مکانیکی است، در این فصل به معرفی، شناخت، هدف، شرایط و نحوه اجرای این عملیات پرداخته شده است.

۴-۲- عملیات بیومکانیکی

عملیات بیومکانیک به تلفیقی از عملیات مکانیکی و بیولوژیک اطلاق می‌گردد؛ در حقیقت نقش باز دارنده و کوتاه مدت جلوگیری از فرسایش خاک به عملیات مکانیکی و نقش تثبیت دراز مدت آن به عملیات بیولوژیک واگذار شده است (محسنی و همکاران، ۱۳۹۳). عملیات بیومکانیکی شامل: کودپاشی^۱، فاروئینگ^۲، پیتینگ^۳، ریپرزدن^۴، تراس بندی (سکوبندی)، بانکت بندی^۵، بادشکن^۶، مالچ پاشی^۷ و تورکینست^۸ است که در ادامه دستورالعمل اجرایی هر کدام به تفکیک شرح داده می‌شود.

۴-۲-۱- کودپاشی

کمبود مواد غذایی یکی از عوامل محدود کننده رشد گیاهان است، بنابراین به روش تامین این مواد غذایی توسط انسان کود دهی می‌گویند. دادن کود (آلی و شیمیایی) به رشد گیاهان کمک می‌نماید (محسنی و همکاران، ۱۳۹۳).

-
1. Fertilizing
 2. Contour Furrowing
 3. Pitting
 4. Ripping
 5. Contour Trenching
 6. Windbreaker
 7. Mulch
 8. Turkey nest

۱-۲-۴- اهمیت و هدف انجام عملیات کودپاشی

هدف کودپاشی در مراتع و جنگل‌ها تامین مواد غذایی و افزایش رشد گیاهان است. به عبارت دیگر کودپاشی جهت تقویت خاک و احیای پوشش گیاهی صورت می‌گیرد (اسمعلی و عبداللهی، ۱۳۹۰)

۲-۱-۲- محل و شرایط انجام عملیات

کودپاشی در خاک‌های عمیق با بافت متوسط (ساختمان خوب) که میزان بارندگی بیش از ۳۵۰ میلی‌متر باشد توصیه می‌شود (شکل ۴-۱).

۳-۱-۲- نحوه انجام عملیات

میزان کود مصرفی به نوع کود، میزان فقر اراضی و میزان بارندگی بستگی دارد ولی بیشتر محققان میزان مطلوب مصرف کودهای شیمیایی را ۱۵۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌دانند (محسنی و همکاران، ۱۳۹۳).

انجام کودپاشی به چندین روش صورت می‌گیرد:

الف- دستی

ب- مکانیزه (تراکتور، پهباد و ...)

قابل ذکر است جدول (۴-۱) راهنمای مختصری از عملیات بیومکانیکی کودپاشی به صورت جمع‌بندی شده از مطالب فوق است.



شکل ۴-۱- عملیات کود پاشی

جدول ۴-۱- راهنمای عملیات بیومکانیکی کود پاشی

نوع عملیات	هدف عملیات	شرایط انجام عملیات
کود پاشی	تامین مواد غذایی	۱- وجود خاک عمیق ۲- وجد خاک با بافت متوسط ۳- وجود بارندگی سالانه بیش از ۳۵۰ میلی متر
	افزایش پوشش گیاهی و تولید علوفه	
	شرح مختصر انجام عملیات	
در این روش بایستی با توجه به گونه گیاهی و نوع کود مدنظر، به صورت دستی یا از طریق ابزار آلات اقدام به کود پاشی می شود.		

۴-۲-۲- پیتینگ

پیتینگ عبارت است از ایجاد چاله‌های کوچک در سطح مراتع به منظور افزایش نفوذ آب حاصل از نزولات آسمانی به داخل خاک و مهار رواناب ناشی از آن که منجر به افزایش رطوبت قابل استفاده گیاهان و بذور آنها و در نتیجه افزایش تولید علوفه می‌شود (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷). شکل ۴-۲ نمونه‌ای از عملیات پیتینگ را نشان می‌دهد.

۴-۲-۲-۱- اهمیت و هدف انجام عملیات پیتینگ

این شیوه نقش بسیار مؤثری در احیاء و اصلاح سطوح سله بسته و خاک‌های کوبیده شده مراتع ایفا می‌کند. در ابتدای ایجاد چاله‌ها، علاوه بر ذخیره شدن مقداری برف زمستانی در آنها، ۷/۵ تا ۱/۵ میلی‌متر آب اضافی نیز در پروفیل خاک ذخیره می‌شود. این رطوبت اضافی، محیط مناسبی را داخل چاله‌ها و اطراف آنها برای رشد گونه‌های مرغوب مرتعی، به خصوص گراس‌ها (گندمیان)، به وجود آورده و موجب افزایش درصد تاج پوشش گیاهی و تولید علوفه می‌شود (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

پیتینگ اغلب مقدار جذب رطوبت خاک را در داخل چاله و اطراف آن تا ۲ برابر افزایش داده و میزان رواناب حاصل از بارندگی‌های شدید را کاهش می‌دهد و محل مناسبی را برای تجمع لاشبرگ‌ها و بذرهایی که به وسیله باد جابجا می‌شوند، فراهم می‌آورد. تولید علوفه نیز بعضاً تا ۱۰۰ درصد افزایش پیدا می‌کند. برای ارتقاء حاصلخیزی خاک، پوشش گیاهی باقیمانده در طی مراحل توالی گیاهی، باعث ایجاد جوامع گیاهی مطلوب‌تر خواهد شد همچنین آب با حرکت زیر قشری خود در خاک، نمک‌های تجمع یافته در سطح خاک را حل کرده و آنها را از منطقه فعالیت ریشه گیاهان آبشویی می‌کند. لذا بهبود نفوذ آب، پاسخ مثبت ساختمان خاک را به همراه دارد؛ بدین ترتیب که افزایش جذب مولکول‌های آب توسط شبکه‌های رس در خاک تحتانی، موجب اتساع آنها و اعمال فشار به سمت بالا و کناره‌ها می‌گردد و در هنگام خشک شدن، شبکه‌های رس منقبض شده، موجب ایجاد و توسعه ترک‌هایی در سطح خاک می‌شوند که در نهایت ساختمان خاک را بهبود می‌بخشند (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

۲-۲-۴- محل و شرایط انجام عملیات

به طور کلی عملیات پیتینگ در سطح مراتع با وضعیت ضعیف تا متوسط اجرا می شود. البته در مراتع ضعیف و خیلی ضعیف لازم است همزمان با اجرای پیتینگ، بذرکاری یا بذریاشی با استفاده از گونه های مرغوب و سازگار نیز انجام پذیرد تا به جای تهاجم علف های هرز و گونه های نامطلوب به داخل چاله ها، امکان رویش و استقرار این گیاهان فراهم گردد. به طور خلاصه، می توان محل ها و شرایط مناسب اجرای عملیات پیتینگ در مراتع را به شرح زیر مطرح نمود:

(الف). از نظر شیب، این روش برای اراضی کم شیب و نسبتاً هموار مناسب است. مناسب ترین شیب برای اجرای پیتینگ ۳ تا ۵ درصد و حداکثر تا ۸ درصد می باشد.

(ب). گونه های مرتعی مرغوب بایستی حداقل به میزان ۱۵ تا ۲۵ درصد در ترکیب پوشش گیاهی منطقه حضور داشته باشند در غیر این صورت، بذرکاری همزمان مورد نیاز خواهد بود.

(پ). خاک منطقه نباید نفوذ پذیری بالایی داشته باشد، زیرا در این خاک ها، به طور طبیعی یا رواناب سطحی وجود ندارد و یا بسیار اندک است. به طور کلی خاک هایی با بافت ریز و متوسط، بهترین نتایج را به دنبال داشته است. بر روی خاک های خیلی سبک و شنی که از فرسایش پذیری بالایی برخوردارند، علاوه بر کم بودن عمر چاله ها و پر شدن سریع آنها، اعمال پیتینگ که موجب از بین رفتن بخشی از پوشش گیاهی موجود می شود، ممکن است خطر تشدید فرسایش خاک را در منطقه افزایش دهد. همچنین، پیتینگ بر روی خاک های خیلی سنگین و خیلی رسی نیز مؤثر نیست. در خاک های رسی آهکی و رسی شنی، آن تنها در درجات خیلی بالا بر روی نتایج حاصل از این عملیات تاثیر می گذارند. ایجاد اسیدیت (pH) و (EC) شوری خاک، چاله بر روی خاک های بسیار سنگ و سنگریزه دار، رویشگاه های بوته ای (مثل درمنه زارها) و بسیاری از تیپ های بوته ای بیابانی، مفید نبوده است.

(ج). بهتر است ایجاد چاله ها در پاییز، پس از نخستین بارندگی و یا هر زمان دیگری که رطوبت خاک در حد مطلوب جهت رشد بذور باشد، انجام گیرد. در صورتی که نیاز به

بذر پاشی وجود داشته باشد، این عمل بایستی بلافاصله پس از ایجاد چاله‌ها، یعنی در مدتی که سطح خاک ریخته شده در حاشیه آنها هنوز نرم و متخلخل است، انجام گیرد تا در اثر بارندگی و یا وزش باد، بذوره داخل خلل و فرج خاک نفوذ کرده و تعدادی از آنها در عمق مناسب مستقر شوند و در شرایط مناسبی برای جوانه زدن و استقرار قرار گیرند. (خ). به منظور جلوگیری از تخریب سریع چاله‌ها و دادن فرصت کافی برای سبز شدن و استقرار گیاهان جدید در داخل آنها، باید حداقل به مدت یک تا دو سال پس از اجرای عملیات پیتینگ از ورود دام به منطقه جلوگیری به عمل آید.

(م). میزان حداقل بارندگی سالیانه منطقه حدوداً بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر بوده و ناحیه مورد نظر باید دارای رواناب کافی باشد، به طوری که در بارندگی‌های بیش از ۱۰ میلی‌متر آب در داخل چاله‌ها تجمع پیدا کند.

(ه). در صورت نیاز می‌توان عملیات پیتینگ را هر ۱۰ سال یک بار در مرتع تجدید کرد، ولی همانگونه که قبلاً اشاره شد، یک اجرای موفق آن است که در طول مدتی که چاله‌ها به وظیفه خود در ذخیره آب عمل می‌نمایند، پوشش گیاهی مناسب در داخل آنها مستقر شود و خود وظیفه ذخیره رطوبت را بعد از پر شدن چاله‌ها به عهده گیرند.

(و). اجرای پیتینگ درست قبل از شروع فصل رشد، نه تنها از رشد و استقرار گونه‌های علوفه‌ای باقی‌مانده حمایت می‌کند، بلکه حرکت خاک را کاهش و عمر مفید چاله‌ها را نیز افزایش می‌دهد. مناسب‌ترین زمان برای اجرای عملیات پیتینگ، دقیقاً مطابق با زمان مناسب برای بذرکاری در مرتع است.

۳-۲-۴- نحوه انجام عملیات

پس از مشخص شدن شرایط و محل انجام عملیات، نحوه اجرای عملیات به شرح ذیل است:

(الف). ردیف‌های چاله‌ها باید حتی الامکان بر روی خطوط تراز و یا در جهتی نزدیک به آن ایجاد شوند یا حداقل عمود بر شیب عمومی منطقه قرار بگیرند.

(ب). فاصله ردیف‌ها باید کم و به نحوی انتخاب گردد که به منظور کاهش رقابت و افزایش رطوبت خاک به نفع گونه‌های مرغوب، حداقل یک سوم از پوشش گیاهی نامطلوب

موجود در اثر اجرای پیتینگ از بین برود. به طور کلی، چاله‌ها ۱۰ تا ۲۰ درصد سطح مرتع را اشغال می‌کنند.

پ). ابعاد چاله‌ها برحسب نوع خاک، نوع دستگاه چاله‌کنی که در دسترس قرار دارد، میزان و خصوصیات بارندگی‌ها، نوع گونه‌ها و روش بذرکاری و دیگر شرایط منطقه تغییر می‌کند، اما معمولاً طول این چاله‌ها از ۶۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر، عرض آنها حدود ۲۰ و عمق آنها از ۵/۷ تا ۲۰ سانتی‌متر متغیر است و ردیف‌هایی ۶/۰ تا ۱ متر از همدیگر فاصله دارند، احداث می‌شوند.

ت). چاله‌های کم عرض متداول که با استفاده از پیت‌های دیسکی یا هیدرولیکی ایجاد می‌شوند، عموماً منجر به استقرار مناسب گراس‌های بذرکاری شده می‌گردند، اما اغلب به دلیل پر شدن سریع توسط خاک حاصل از طوفان‌های تابستانی، پس از یکی دو سال، عملاً اثر بخشی خود را در حفظ و ذخیره آب از دست می‌دهند.

ث). چاله‌های عریض و کم عمق با ابعاد ۱/۵ در ۲/۵ متر و عمق حدود ۱۵ سانتی‌متر (در گودترین نقطه)، عمر مفید بیشتری نسبت به چاله‌های معمولی مرسوم دارند و ضمناً موجب حذف پوشش گیاهی مزاحم و بذور گیاهان مهاجم در این محدوده می‌شوند.

قابل ذکر است جدول (۲-۴) راهنمای مختصری از عملیات بیومکانیکی پیتینگ به صورت جمع‌بندی شده از مطالب فوق است.

جدول ۲-۴- راهنمای عملیات بیومکانیکی پی‌تینگ

نوع عملیات	هدف عملیات	شرایط انجام عملیات
پی‌تینگ	افزایش جذب رطوبت خاک	۱- شیب ۳ تا ۵ درصد و حداکثر تا ۸ درصد
	احیاء و اصلاح سطوح سله بسته و خاک‌های کوبیده شده مراتع	۲- وجود ۱۵ تا ۲۵ درصد گونه‌های مرتعی مرغوب در پوشش گیاهی
	افزایش پوشش گیاهی و تجمع لاشبرگ	۳- وجود خاک با نفوذ پذیری بالایی
	کاهش رواناب و افزایش نفوذ	۴- وجود بارندگی سالانه ۱۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر
		۵- قرق یک یا دو ساله در صورت احداث بروی دامنه‌ها
		۶- تجدید عملیات هر ۱۰ سال
شرح مختصر انجام عملیات		
در این روش قبل از شروع فصل رشد یا در پاییز پس تعیین مکان مورد نظر باتوجه به شرایط درج شده، ابتدا مسیر حفر چاله‌ها بروی خطوط تراز تعیین می‌شود و سپس اقدام به ایجاد چاله‌هایی با طول ۶۰ تا ۱۰۰ سانتیمتری و عرض حدود ۲۰ و عمق ۷/۵ تا ۲۰ سانتی‌متر با فاصله ردیف‌های ۰/۶ تا ۱ متر از همدیگر می‌شود. چاله‌های عریض و کم عمق با ابعاد ۱/۵ در ۲/۵ متر و عمق حدود ۱۵ سانتی‌متر (در گودترین نقطه)، عمر مفید بیشتری نسبت به چاله‌های معمولی مرسوم دارند. قابل ذکر است		



شکل ۲-۴- عملیات پی‌تینگ

۳-۲-۴- فاروئینگ

سیستم فاروئینگ، که به سیستم خطوط کنتور، کنتور فارو و شیارهای تراز هم مرسوم است، نوعی سیستم کشاورزی است که در مناطق کم باران به منظور استفاده حداکثر از آب و حفظ و ذخیره آن در خاک و به تبع آن، حفاظت خاک و کنترل فرسایش صورت می‌گیرد (محسنی و همکاران، ۱۳۹۳). ایجاد کنتورفارو عبارت است از ایجاد جوی‌های کم عمق بر روی خطوط تراز در سطح مراتع که هدف از آن نفوذ دادن آب در خاک به منظور افزایش پوشش گیاهی و تولید علوفه و جلوگیری از تشکیل رواناب سطحی و فرسایش خاک است (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

کنتور فارو در مقایسه با احداث تراس‌ها، به جابجایی خاک کمتری نیاز دارد و مانند بانکت‌ها عمل کرده و از حرکت رواناب روی دامنه‌های شیب‌دار جلوگیری می‌کنند (محسنی و همکاران، ۱۳۹۳).

۱-۳-۲-۴- اهمیت و هدف انجام عملیات فاروئینگ

هدف از ایجاد کنتورفارو به عنوان یک نوع عملیات اصلاحی در مراتع، ذخیره‌سازی نزولات آسمانی در خاک و استفاده از رطوبت اضافی جمع‌آوری شده در داخل فاروها برای رشد گونه‌های مرغوب مرتعی است که علاوه بر آن، هدف کنترل رواناب‌های سطحی نیز تأمین می‌گردد (شکل ۳-۴). لذا نکته مهمی که باید در انتخاب محل ایجاد کنتورفارو در نظر گرفته شود، علاوه بر شیب، وجود رواناب، حاصلخیزی و استعداد طبیعی خاک است.

۲-۳-۲-۴- محل و شرایط انجام عملیات

الف). کنتورفارو باید در مناطقی ایجاد گردد که رواناب وجود داشته باشد و این عمل بتواند نفوذپذیری خاک و در نتیجه میزان آب ورودی به آن را افزایش دهد. لذا، بر روی خاک‌های سبک که به طور طبیعی نفوذپذیری کافی داشته و فاقد رواناب سطحی به دنبال بارندگی‌ها هستند، ایجاد شیار بی‌تأثیر خواهد بود.

ب). احداث کنتورفارو در مناطقی با خاک کم عمق (کمتر از ۳۰ سانتی متر) و غیر حاصلخیز و

فاقد استعداد طبیعی بالا، در افزایش تولید علوفه و پوشش گیاهی نتیجه بخش نخواهد بود. در خاک‌های شنی و سنگ ریزه دار و نیز خاک‌های فشرده خیلی رسی و رسی آهکی خیلی سنگین نباید اقدام به ایجاد فارو نمود، مگر اینکه ایجاد شیار تنها به منظور کنترل هرز آب‌های شدید انجام گرفته باشد. همچنین، در اراضی شدیداً ناهموار و سنگلاخی که قرار دادن کامل شیارها بر روی خطوط تراز تا انتهای مسیر، تقریباً غیر ممکن است، و نیز در مناطقی که در خطر فرسایش توده‌ای خاک وجود دارد، نباید عملیات کنتورفارو اعمال گردد. به طور کلی، احداث کنتورفارو بهترین نتیجه را در خاک‌هایی با بافت متوسط تا نسبتاً سنگین و با سطح کوبیده شده و یا خاک‌هایی با یک لایه کم عمق رسی، خواهد داشت.

پ). عملیات کنتورفارو به منظور اصلاح مرتع در شیب‌های ملایم (کمتر از ۱۰ درصد) موفق‌تر است، اما، تا شیب حداکثر ۲۰ درصد نیز نتایج مطلوبی به بار می‌آورد. از نظر میزان بارندگی نیز ایجاد کنتورفارو، همانند پی‌تینگ، در مناطقی با متوسط بارندگی سالیانه ۱۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر توصیه شده است.

ت). پوشش گیاهی منطقه باید دارای درصد قابل قبولی از گونه‌های مرغوب مرتعی، خصوصاً گراس‌های چندساله و ریزوم‌دار به عنوان منبع تولید بذر، باشد. میزان این گونه‌ها در ترکیب گیاهی، متناسب با میزان بارندگی و توان رویشگاه، نباید از ۱۰ درصد کمتر باشد. در غیر اینصورت، باید همزمان یا بلافاصله پس از ایجاد شیارها که خاک حاصل از عملیات هنوز کوبیده نشده است، با گونه‌های مرغوب (حتی الامکان بومی) و سازگار با شرایط محیطی منطقه، اقدام به بذرکاری نمود. در شرایط نامساعد محیطی می‌توان نهال بوته‌های مرغوب را نیز در کنار شیارها و در لب پایین شیب زمین نشا کرد. ج). ایجاد کنتورفارو در اراضی شیب دار، در جهت عمود بر شیب غالب و در اراضی نسبتاً مسطح برای ذخیره برف، عمود بر جهت باد غالب صورت می‌گیرد.

خ). پس از ایجاد فارو، حداقل به مدت یک سال نباید اجازه چرای دام در مراتع تحت عمل داده شود. اگر توأم با ایجاد فارو بذرکاری یا نهال‌کاری هم صورت گرفته باشد، ممنوعیت چرا بایستی برای دو فصل رشد اعمال گردد تا شیارها و لبه‌های آنها کاملاً تثبیت شوند. ح). شیارها بایستی دقیقاً بر روی خطوط تراز ایجاد گردند تا آب جمع شده در داخل آنها

جریان افقی پیدا نکند و باعث تشدید فرسایش نگردد. در شرایط خاص که فاروها اجباراً از خطوط میزان منحرف شده و شیب پیدا می‌کنند، باید با ایجاد بندهای کوچک و عرضی خاک، طول فاروها را به قطعات کوچکتری تقسیم نمود. در این حالت، تعیین کاملاً دقیق خطوط تراز که پرهزینه نیز هست، ضرورت نخواهد داشت. برای این منظور، می‌توان در هنگام احداث فاروها با ماشین آلات، پس از طی طول مورد نظر دستگاه فاروئر را از خاک خارج و با طی فاصله کوتاهی، مجدداً آن را وارد خاک نمود و در صورت استفاده از نیروی کارگر، لازم است آموزش لازم را برای قطع فاروها در طول‌های معین به آنان داد.

۳-۳-۲-۴- نحوه انجام عملیات

به‌طور کلی انجام عملیات کن‌تور فارو، بایستی شیارها دقیقاً بروی خطوط تراز ایجاد گردد طول فاروهای منقطع بین ۴۰ تا ۶۰ متر (یا بر حسب نیاز، کمتر) و فاصله انقطاع آنها بین ۶۰ تا ۹۰ سانتیمتر در نظر گرفته می‌شود. به‌طور کلی، ایجاد فارو با فاصله بیشتر از ۱/۵ تا ۱/۸ متر تاثیر و کارایی چندانی در اصلاح مرتع نخواهد داشت و برای این منظور، شیارهای کوچک به عرض حداقل ۱۸ و عمق ۲۳ سانتیمتر ترجیح داده می‌شوند (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

قابل ذکر است جدول (۳-۴) راهنمای مختصری از عملیات بیومکانیکی فاروئینگ به صورت جمع‌بندی شده از مطالب فوق است.



شکل ۳-۴- عملیات فاروئینگ

جدول ۳-۴- راهنمای عملیات بیومکانیکی فاروئینگ

نوع عملیات	هدف عملیات	شرایط انجام عملیات
فاروئینگ	ذخیره سازی نزولات آسمانی	۱- وجود رواناب سطحی ۲- وجود خاک با عمق بیشتر از ۳۰ سانتی متر ۳- شیب کمتر از ۱۰ درجه دارای موفقیت بیشتر و حداکثر شیب اجرایی ۲۰ درصد.
	کنترل و کاهش رواناب سطحی	۴- بارندگی سالانه ۱۰۰ تا ۳۰۰ میلی متر ۵- وجود گونه مرغوب مرتعی در پوشش گیاهی (بالای ۱۰ درصد)
	افزایش پوشش گیاهی اصلاح مراتع	۶- قرق یک ساله پس از اجرا
شرح مختصر انجام عملیات		
در این روش بایستی شیارها دقیقاً بروی خطوط تراز ایجاد گردد طول فاروهای منقطع بین ۴۰ تا ۶۰ متر (یا بر حسب نیاز، کمتر) به طور کلی، ایجاد فارو با فاصله بیشتر از ۱/۵ تا ۱/۸ متر تاثیر و فاصله انقطاع آنها بین ۶۰ تا ۹۰ سانتیمتر در نظر گرفته می شود کارآیی چندانی در اصلاح مرتع نخواهد داشت و برای این منظور، شیارهای کوچک به عرض حداقل ۱۸ و عمق ۲۳ سانتیمتر ترجیح داده می شوند.		

۵-۲-۴- ریپرزدن

ریپرزدن عبارت است از شکستن و متلاشی کردن سخت لایه‌های فشرده شده و نفوذ ناپذیر خاک در مناطق بیابانی که از نفوذ آب و توسعه ریشه گیاهان، جلوگیری می‌کنند. ریپرزدن اگر در زمین مناسب انجام گیرد، تاثیر قابل ملاحظه‌ای در افزایش تولید علوفه مرتع خواهد داشت (شکل ۴-۴).

۱- ۵-۲-۴- اهمیت و هدف انجام عملیات ریپرزدن

به طور کلی هدف از ریپرزدن، شکستن لایه نفوذ ناپذیر موجود در اعماق مختلف خاک‌های مناطق بیابانی است، به نحوی که امکان نفوذ آب و فعالیت ریشه‌های گیاهان فراهم گردد. در اغلب مراتع بیابانی، با وجود اینکه ظاهراً خاک سطحی دارای نفوذ پذیری کافی است، وجود لایه‌های غیرقابل نفوذ مانند سخت لایه‌های رسی، گچی یا آهکی در زیر آن، که از ویژگی‌های بارز مناطق بیابانی است، از نفوذ و ذخیره شدن آب کافی در خاک جلوگیری کرده و باعث ایجاد رواناب‌های سطحی یا زیرقشری می‌گردد و بعضاً باقی ماندن آب در بالای لایه غیرقابل نفوذ و تبخیر آن، موجب شور شدن خاک نیز می‌گردد. در برخی مراتع نیز خاک سنگین و نسبتاً عمیق سطحی از نفوذ آب جلوگیری کرده و باعث جاری شدن آب حاصل از بارندگی‌ها در سطح زمین و خارج شدن آن از دسترس گیاهان می‌گردد. در چنین شرایطی، به دلیل وجود جریان‌های شدید آب سطحی و عدم امکان نفوذ آن در عمق خاک، کاربرد روش‌های پیتینگ و ایجاد کنتورفارو موثر نبوده و بایستی از روش ریپرزدن استفاده شود.

۲- ۵-۲-۴- محل و شرایط انجام عملیات

ریپرزدن احتیاج به ماشین آلات سنگین و صرف هزینه‌های زیادی دارد و لذا این روش اصلاحی را باید در مواقعی مورد استفاده قرار داد که شرایط طبیعی و وضعیت لایه‌های خاک مرتع، لزوم اجرای آن را کاملاً تایید نماید، به گونه‌ای که اجرای سایر عملیات ذخیره نزولات آسمانی در آن منطقه بی‌تاثیر باشند.

زمین‌هایی با سخت لایه نفوذ ناپذیر، اما در عین حال با قابلیت تولید علوفه بالا، جهت

کاربرد ماشین آلات ریپر زن توجیه پذیر هستند. این اراضی ممکن است شامل اراضی پست (کفه‌ها)، اراضی پخش سیلاب دارای لایه‌های سفت و محدودکننده، رویشگاه‌های اصلاحی و غیره باشد.

در خاک‌های کم عمق که بر روی سنگ مادر قرار گرفته‌اند (مانند انتی سول‌ها)، و نیز در اراضی با شیب تند نباید ریپر زد. خاک منطقه باید عمیق با بافت سنگین تا خیلی سنگین باشد و وجود سخت لایه از شرایط عمده موفقیت این روش است.

مناسب‌ترین زمان برای اجرای عملیات ریپر زدن هنگامی است که خاک کاملاً خشک باشد تا لایه نفوذ ناپذیر در اثر ریپر زدن خرد و متلاشی گردد. در اثر ریپر زدن در شرایطی که خاک مرطوب باشد، سخت لایه به صورت کلوخ‌های عظیمی از زمین خارج شده و خرابی‌های بزرگی را در سطح مرتع به وجود می‌آورد.

در خاک‌هایی با خاکدانه‌های سفت و خشن و ساختمان ضعیف (مکعبی بزرگ، منشوری یا توده‌ای) و نیز خاک‌های دارای لایه‌های آهکی سخت و خرد شده تا عمق ۸۰ تا ۹۰ سانتی‌متر از سطح خاک، می‌توان ریپر زد.

در صورتی که پوشش گیاهی منطقه دارای وضعیت ضعیف یا خیلی ضعیف باشد، بهتر است بلافاصله بعد از ریپر زدن بذریاشی (با گراس‌ها و یا گونه‌های دیگر) یا نهال کاری صورت گیرد تا علاوه بر کنترل فرسایش، ساختمان خاک هم سریع‌تر بهبود حاصل نماید. این امر در ارضی شیبدار از اهمیت بیشتری برخوردار است.

۳-۵-۲-۴- نحوه انجام عملیات

به طور کلی ریپر زدن عملیات نیرو بری است که برای انجام آن به ماشین آلات سنگین و پر قدرت نیاز است. میزان نیروی مورد نیاز برای این کار به عمق و ضخامت لایه نفوذ ناپذیری بستگی دارد که باید با ریپر شکسته شود. بدین ترتیب که، هر قدر سخت لایه در عمق بیشتری قرار گرفته یا ضخامت آن بیشتر باشد، عمق نفوذ تیغه ریپر باید بیشتر شود و همین امر موجب افزایش نیروی مورد نیاز می‌شود. بنابراین از آنجایی که عمق عملیات بستگی به ضخامت لایه نفوذ ناپذیر داشته، پس به طور کلی از ۲۵ تا ۹۰ سانتیمتر متغیر است و فاصله مناسب بین ردیف‌ها نیز ۱۲۰ تا ۱۸۰ سانتیمتر است (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).

قابل ذکر است جدول (۴-۴) راهنمای مختصری از عملیات بیومکانیکی ریپرزدن به صورت جمع بندی شده از مطالب فوق است.



شکل ۴-۴- عملیات ریپرزدن

جدول ۴-۴- راهنمای عملیات بیومکانیکی ریپرزدن

نوع عملیات	هدف عملیات	شرایط انجام عملیات
ریپرزدن	شکستن لایه نفوذ ناپذیر	۱- وجود لایه نفوذ ناپذیر
	ذخیره سازی نزولات آسمانی، کنترل و کاهش رواناب سطحی	۲- پاسخگو نبودن سایر روش های ذخیره نزولات آسمانی
		۳- عدم اجرا در خاک های کم عمق و شیب های تند
		۴- نهال کاری در صورتی که وضعیت پوشش گیاهی منطقه ضعیف باشد
	افزایش پوشش گیاهی و تولید علوفه	۵- اجرا در زمانی که خاک کاملاً خشک باشد
شرح مختصر انجام عملیات		
در این روش بایستی با استفاده از ماشین آلات سنگین و پر قدرت و باتوجه به عمق لایه، به طور کلی از ۲۵ تا ۹۰ سانتیمتر با فاصله بین ردیف های ۱۲۰ تا ۱۸۰ سانتیمتر اقدام به شکستن لایه های نفوذ ناپذیر عمقی نمود.		

۴-۲-۶- بانکت بندی

بانکت احداث جوی ها، پشته ها یا حفره هایی بر روی خطوط تراز است که به منظور جمع آوری آب های حاصل از بارش برف و باران، کاهش سرعت آب و افزایش نفوذ آن به داخل زمین احداث می شود (شکل ۴-۶). به عبارت دیگر بانکت ها کانال ها یا شیارهای ممتد یا منقطع هستند که در جهت عمود بر شیب دامنه ساخته می شوند (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰). همچنین بانکت در مناطقی که جریان آب های سطحی شدید باشد، برای کنترل سیلاب احداث می گردد. بانکت نوع پیشرفته فارو است با این تفاوت که بانکت در شیب زیاد زده می شود از نظر مساحت هم بانکت عریض تر و عمیق تر هستند.

بانکت ها شامل:

۱. بانکت گردان
۲. بانکت روی خطوط تراز
۳. بانکت با مقطع دوزنقه‌ای
۴. بانکت با شیب خاک برداری ملایم
۵. بانکت مخصوص کشت غلات.

۱-۶-۲-۴- اهمیت و هدف انجام عملیات بانکت‌بندی

تاثیر بانکت‌بندی بر کاهش فرسایش خاک از طریق کم کردن طول شیب دامنه‌ها صورت می‌گیرد، بدین ترتیب که سرعت رواناب بر روی یک دامنه قبل از اینکه به آستانه فرسایش برسد از طریق بانکت‌های احداث شده محدود می‌شود و به عبارت دیگر رواناب حرکت یافته در بین فواصل بانکت‌ها فرصت کافی جهت رسیدن به سرعت آستانه‌ی فرسایش را نخواهد داشت و آب جاری شده در داخل بانکت‌ها جمع خواهد شد (عطایی و آنالویی، ۱۳۹۲). هدف از طراحی و احداث بانکت‌ها به شرح زیر است (محسنی و همکاران، ۱۳۹۳):

۱. افزایش نفوذپذیری خاک و ذخیره نزولات آسمانی در آن.
۲. افزایش تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی.
۳. جلوگیری از ایجاد هرز آب‌های سطحی یا کنترل و مهار آن‌ها.
۴. ایجاد پوشش گیاهی سازگار با منطقه یا تقویت پوشش گیاهی موجود.
۵. ایجاد تفرجگاه و احیای اکوسیستم‌هاب رو به انقراض.
۶. تحول و تسریع در تولید خاک و افزایش حاصل خیزی آن.

۲-۶-۲-۴- محل و شرایط انجام عملیات

بانکت‌بندی که معمولاً در اراضی مرتعی و جنگلی کاربرد زیادی دارد، برخلاف تراس‌ها امکان ساخت بانکت‌ها در شیب‌های ۲۵ درصد هم وجود دارد به طوری که عموماً در آن دسته از اراضی که شیب آنها کمتر از ۴۰ درصد است ایجاد می‌شوند. احداث بانکت و خصوصاً تراس‌بندی، از روش‌های پرهزینه‌ای هستند که کمتر به‌عنوان یک

روش اصلاحی در مراتع کاربرد دارند و اغلب در اراضی زراعی، احداث باغات میوه، درختکاری و عملیات آبخیزداری به کار گرفته می شوند.

در احداث بانکت ها عمق خاک عامل بسیار مهمی به شمار می رود و در اراضی که عمق خاک کمتر از ۴۵ سانتیمتر باشد، قابل اجرا نمی باشند. به طور کلی، عملیات بانکت بندی نباید موجب ظاهر شدن سنگ بستر شود. همچنین، در خاک های فشرده و رسی که قابلیت نفوذ اندکی دارند، نباید اقدام به ایجاد بانکت، خصوصاً بانکت افقی، کرد زیرا در این صورت، لایه فوقانی خاک در اثر جذب آب اشباع شده و امکان لغزش در جهت شیب فراهم خواهد شد. خاک هایی با میزان املاح زیاد و تشکیلات مارنی نیز برای احداث بانکت مناسب نیستند. بانکت ها نباید آبراهه های بزرگ را که بیش از ۶۰ سانتی متر عمق دارند، قطع نمایند. همچنین در عرض خندق هایی که مقطعی بزرگتر از ۵/۰ در ۵/۰ متر دارند، نباید بانکت بندی کرد.

در مناطقی که میزان تبخیر زیاد بوده و رواناب دارای املاح زیادی باشد و نیز از میزان عمق آب زیرزمینی اطلاعاتی در دست نباشد، نباید از بانکت افقی استفاده شود. روی خاک رسی، مارنی و شنی مجاز به احداث بانکت نیستیم (بروی خاک های مارن مجاز به اجرای هیچ کدام از روش ذخیره نزولات نیستیم چون در اثر جذب آب باد کرده و ایجاد لغزش را زیاد می کنند).

۳-۶-۲-۴- نحوه انجام عملیات

بانکت بندی که معمولاً در اراضی مرتعی و جنگلی کاربرد زیادی دارد. با توجه به اینکه بر روی یک دامنه شیب های متغیری وجود دارد، لذا فاصله بین بانکت ها بر روی زمین نیز متغیر خواهد بود و از آنجا که برای هر شیب نمی توان محاسبه جداگانه ای انجام داد، لذا محاسبات را بر اساس اختلاف ارتفاع عمودی بانکت ها (H) پایه گذاری می کنند. ضمناً با توجه به اینکه فرسایش در نتیجه دو عامل وزن آب و انرژی پتانسیل مربوط به اختلاف ارتفاع به وجود می آید، محاسبه فاصله بر اساس فاصله عمودی، اصولی تر خواهد بود. فرمول های زیادی در این رابطه ارائه شده که ذیلاً مورد اشاره قرار می گیرند (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری،

فرمول Ramser که در رابطه (۱) ارائه گشته است:

$$H = \frac{P}{13.3} + 0.6 \pm 0.15$$

رابطه (۱):

$$P = \tan \alpha = \frac{H}{L} \rightarrow \text{شیب دامنه}$$

فرمول آمریکایی که در رابطه (۲) ارائه گشته است:

$$\text{الف: } H = \left(2 + \frac{P}{4}\right) \times 0.305$$

رابطه (۲):

$$\text{ب: } H = \left(3 + \frac{P}{4}\right) \times 0.305$$

$$\text{پ: } H = \left(1 + \frac{P}{4}\right) \times 0.305$$

در رابطه (۲)، قسمت الف برای بارش‌های حدود ۳۳۰ میلیمتر، قسمت ب برای بارش‌های بین ۳۳۰ تا ۷۵۰ میلیمتر و برای بارش‌های بالاتر از ۷۵۰ میلیمتر استفاده می‌شود. فرمول ساکاردی (الجزایر) که در رابطه (۳) ارائه گشته است:

رابطه (۳):

$$H = [p(260 \pm 10)]^{\frac{1}{3}}$$

که برای شیب‌های کمتر از ۲۵ درصد کاربرد دارد. در این رابطه عدد ثابت ۲۶۰ براساس نفوذپذیری، عمق و تراکم بین ۲۵۰ تا ۲۷۰ تغییر خواهد کرد.

فرمول نخجوانی که در رابطه (۴) ارائه گشته است:

رابطه (۴):

$$H = \sqrt{150P}$$

در جدول شماره ۴-۵ فاصله افقی و عمودی بانکت‌ها در شرایط مختلف دیواره ارائه شده است.

جدول ۵-۴- فاصله افقی و عمودی بانکت‌ها

فاصله ردیف‌ها به متر				
درصد شیب	شستشو و ریزش دیواره زیاد		شستشو و ریزش دیواره کم	
	عمودی	افقی	عمودی	افقی
۱۰	۱/۴	۱۴	۲/۷	۲۷
۲۰	۲/۷	۱۰	۳	۱۵
۴۰	۳/۶	۹	۴	۱۰
۶۰	۵	۸	۵	۸

در مواردی که عوارض و پستی و بلندی زمین ناهمگن باشد، یکنواخت کردن فاصله بانکت‌ها بر روی زمین مشکل است با کم شدن شیب، فاصله بانکت‌ها از هم زیاد م شود و افزایش شیب بانکت‌ها را به هم نزدیکتر خواهد ساخت؛ توصیه می‌شود که محل شروع بانکت‌ها از نقطه‌ای که شیب زیادی دارد، در نظر گرفته شود و در مواردی نیز که فاصله بانکت‌ها با تغییر شیب به بیش از برابر فاصله دلخواه برسد، یک بانکت فرعی بین آن دو ایجاد گردد. در محل تقاطع بانکت‌ها با آبراهه‌ها، همواره احتمال تخریب وجود دارد و لازم است جوی بالاتراز آبراهه ایجاد شود. اختلاف ارتفاع بدین ترتیب محاسبه می‌شود:

رابطه (۳):

$$\frac{\text{عرض آبراهه} + \text{عمق آبراهه}}{2}$$

در طرفین آبراهه‌ها نیز ایجاد دو پشته با ارتفاع کافی برای جلوگیری از ورود آب بانکت‌ها به درون آنها ضروری است. در برخورد با آبراهه‌ها و خندق‌های بزرگ، باید حداقل در فاصله ۲ متری خندق، بانکت را به کمک بندهای عرضی کوتاه مسدود نمود و سپس مسیر را بار دیگر از فاصله دو متری بعد از خندق ادامه داد. ایجاد بند از سرریز شدن آب بانکت به داخل خندق یا آبراهه ممانعت می‌کند.



شکل ۵-۴- عملیات بانکت بندی

۷-۲-۴- تراس بندی

تراس بندی عبارت است از شکست شیب زمین و تبدیل آن به سطح تقریباً افقی که طی آن شیب دامنه را شکسته و به صورت پلکانی خاکریزی و خاکبرداری می نمایند (معاونت نظارت راهبردی و معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷).
به طور کلی تراس ها شامل (محسنی و همکاران، ۱۳۹۳):

۱. تراس های مسطح
۲. تراس های شیبدار (کانالی)
۳. تراس های سکویی (پله ای)
۴. تراس های آبیاری

۱-۷-۲-۴- اهمیت و هدف انجام عملیات تراس بندی

نقش و وظیفه تراس ها، کاهش طول شیب زمین است که تا حدودی، از فرسایش ورقه ای و فرسایش شیاری جلوگیری می کند (۴-۶). از تشکیل گالی ها جلوگیری و هرزآب در عمق خاک

ذخیره می‌گردد. در اغلب مناطق شیب‌دار، تراس‌بندی در کاهش فرسایش حاصل از هرزآب و نیز کاهش هرزآب به خوبی عمل می‌کند (محسنی و همکاران، ۱۳۹۳).

قابل ذکر است تراس‌ها برعکس بانکت‌بندی موجب حذف شیب طولی دامنه‌ها می‌شوند لذا تاثیرشان بر روی رواناب و کاهش فرسایش خاک از طریق حذف نمودن شیب صورت می‌گیرد. این گونه عملیات با حذف و یا کم نمودن شیب طولی موجب عدم حرکت رواناب بر روی دامنه شیب‌دار شده و میزان رواناب خروجی را کاهش می‌دهد.

۲-۷-۲-۴- محل و شرایط انجام عملیات

تراس‌بندی معمولاً بر روی اراضی شیب‌دار با شیب ۸ تا ۱۲ درصد طراحی و اجرا می‌گردند و هر چه شیب دامنه افزایش یابد حجم خاک‌برداری و خاکریزی نیز بیشتر شده و هزینه احداث تراس بیشتر می‌شود بنابراین تراس‌ها تنها در اراضی که توجیه اقتصادی و فنی لازم را دارا باشند اجرا خواهد شد.

۳-۷-۲-۴- نحوه انجام عملیات

برای طراحی تراس‌ها از فواصل عمودی بین آنها استفاده می‌شود و بر این اساس همه فرمول‌های تئوریک و تجربی از طریق فواصل عمودی آنها ابداع شده‌اند (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

در اجرای عملیات سکو‌بندی به نکات زیر باید توجه کرد:

- خاک‌کنده شده را در قسمت پایین سکو ریخته تا دیواره سکو ایجاد گردد.
- برای محکم بودن دیواره‌های خاکی در پایین دیواره گیاهان بوته‌ای و یا درخت کاشته شود.
- عرض سکوها بستگی به زمین دارد. هرچه شیب زمین کمتر باشد عرض سکو باید بیشتر شود؛ عرض سکوها از ۱ تا ۳ متغیر است.

به طور کلی منظور از فاصله تراس، فاصله عمودی دو تراس متوالی است یا فاصله کف نهر تراس اولی

تا کف نهر تراس دومی. رابطه (۴) برای محاسبه فاصله عمودی یا تفاوت ارتفاع (کف نهر) دو تراس متوالی در مناطق خشک و در حالتی که خاک غیرمقاوم به فرسایش (بدون پوشش) است به کار می‌رود و رابطه (۵) برای محاسبه فاصله عمودی یا تفاوت ارتفاع نهر (کف نهر) دو تراس متوالی برای مناطق مرطوب که طبیعتاً پوشش گیاهی وجود دارد است (محسنی و همکاران، ۱۳۹۳).

$$V.I = as + b \quad \text{رابطه (۴):}$$

$$V.I = as + 0.8 \times b \quad \text{رابطه (۵):}$$

در روابط فوق:

$V.I$: فاصله عمودی برحسب فوت، a : ضریبی که مقدار آن در جهان بین $0/6$ تا $0/3$ و در ایران بین $0/5$ تا $0/4$ متغیر است، s : شیب طبیعی زمین برحسب درصد (بدون اعشار) و معادل شیب طبیعی زمین است و b : یک مقدار ثابت که برای خاک با قابلیت فرسایش زیاد و بدون پوشش یا با پوشش ضعیف برابر یک و برای خاک مقاوم به فرسایش و با پوشش گیاهی خوب مساوی دو است (محسنی و همکاران، ۱۳۹۳).



شکل ۶-۴- عملیات تراس بندی

۸-۲-۴- بادشکن

بادشکن یک روش بیومکانیکی حفاظت خاک در برابر فرسایش بادی است که در این روش، موانعی در مقابل باد قرار می‌گیرند تا جلوی سرعت باد را قبل از رسیدن به سرعت آستانه بگیرد که این موانع را بادشکن گویند (شکل ۷-۴)؛ بادشکن‌ها به دو صورت زنده مانند کاشت درختان، درختچه‌ها و بوته‌ها و غیر زنده مانند استفاده از چپر، حصیر، نی یا تنه درختانند که عمدتاً از مورد اول استفاده می‌کنند (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰).

در بادشکن معمولاً از پوشش‌های گیاهی به عنوان مانع استفاده می‌شود. کارکرد اولیه بادشکن‌ها کاهش سرعت باد، تغییر جهت و زاویه باد در اطراف بادشکن است؛ بطوریکه کارایی موثر بادشکن‌ها به عواملی همچون ارتفاع، پهنا یا عرض بادشکن، میزان تخلخل و زاویه بادشکن نسبت به باد بستگی دارد (Price, 1993).

۱-۸-۲-۴- اهمیت و هدف انجام عملیات بادشکن

تحقیقات اولیه در رابطه با عملکرد بادشکن‌ها از سال ۱۹۳۰ با تأکید بر کاهش و کنترل سرعت باد، جلوگیری از تجمع برف و گرد و غبار و پراکنده شدن آفت کش‌ها مورد استفاده قرار گرفت؛ همچنین بادشکن‌ها با هدف افزایش تولید محصولات و محافظت از حیات وحش، ساختمان‌ها، کاهش فرسایش خاک و کاهش آلودگی صوتی و بهبود ویژگی‌های زیبایی بادشکن شناختی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ از لحاظ بررسی ویژگی‌های آیرودینامیکی‌ها بعنوان مانع برای محافظت کاربری‌ها در سمت و در پشت بادشکن از اثرات بادهای نامساعد بکار می‌روند؛ ممانعت از جریان باد و تغییر دادن الگوهای جریان در سمت و در پشت بادشکن از کارکردهای اصلی بادشکن‌ها به حساب می‌آید (Buck et al., 2009).

به طور کلی بادشکن سرعت باد را کاهش می‌دهد و در نتیجه فرسایش را محدود می‌کند؛ این کاهش حدود ۱۵ درصد سرعت باد در پشت بادشکن تراواست؛ در تغییر میکرو اقلیمی محلی و افزایش عملکرد گیاهان زراعی موثر است؛ خسارت ناشی از آثار مکانیکی باد را کاهش می‌دهد؛ از حیوانات اهلی محافظت می‌کند و بازدهی دام‌ها را افزایش می‌دهد؛ خوراک، هیزم و زیستگاه برای حیات وحش به وجود می‌آورد؛ تبخیر آب از خاک و نیز تعرق گیاهان را کاهش می‌دهد؛ اختلاف شدید دما را تعدیل می‌کند (گندمکار و میرطالبی، ۱۳۹۷).

۲-۸-۴- محل و شرایط انجام عملیات

بادشکن‌های طبیعی معمولاً از چند ردیف درخت یا درختچه تشکیل می‌شوند که در جهت عمود بر جریان باد قرار دارند؛ بادشکن طبیعی دارای مزایای متعدد و تأثیرات مثبت فراوانی بر فاکتورهای محیطی است که از جمله این مزایا می‌توان به تأثیر بادشکن‌ها بر درجه حرارت، رطوبت هوا و خاک، سرعت باد، میزان تبخیر و ... اشاره نمود (امیدوار، ۱۳۹۶). بنابراین محل و شرایط انجام عملیات بادشکن باتوجه به هدف آن و وجود باد و اثرات مخرب آن است.

۳-۸-۲-۴- نحوه انجام عملیات

براساس ضوابط و معیارهای فنی احداث بادشکن بیولوژیک، ضابطه شماره ۶۵۸ سال ۱۳۹۳، به طور کلی بادشکن‌ها به دو دسته بیولوژیک (زنده) و غیربیولوژیک (غیرزنده) تقسیم می‌شوند و از هر نوعی که باشند دارای ویژگی‌های مشترکی هستند. از مهمترین ویژگی‌های مشترک بادشکن‌ها می‌توان به ارتفاع بادشکن‌ها، فاصله بین ردیف‌های بادشکن‌ها، عرض (ضخامت) بادشکن‌ها و در نهایت به تراکم بادشکن‌ها اشاره نمود. ویژگی‌های یاد شده در طراحی و احداث بادشکن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. در زیر شرح مختصری از ویژگی‌های مورد اشاره ارائه می‌گردد.

الف: ارتفاع بادشکن‌ها

- **ارتفاع بادشکن غیرزنده:** از آنجا که در بادشکن‌های غیرزنده ارتفاع همیشه ثابت باقی خواهد ماند، بنابراین تعیین ارتفاع به ویژه از نظر تعیین فاصله بین ردیف‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اگر ارتفاع بادشکن کم در نظر گرفته شود، سطح کمتری را در مقابل سرعت باد پوشش داده و تعداد ردیف‌های بعدی افزایش خواهد یافت این امر باعث افزایش هزینه‌های اجرایی خواهد شد. بالعکس اگر ارتفاع بادشکن غیرزنده زیاد در نظر گرفته شود، گرچه فاصله ردیف‌ها بیشتر و تعداد ردیف‌ها کاهش می‌یابد، اما در برخی از نواحی مورد حمایت در شبکه بادشکن سرعت باد بیش‌تر از سرعت آستانه فرسایش بادی شده و باعث وقوع فرسایش بادی در عرصه می‌شود. از آن مهم‌تر اینکه

مقاومت بادشکن در مقابل بادهای شدید کاهش یافته و خطر شکستگی بادشکن بسیار محتمل خواهد بود. در صورت وقوع چنین حادثه‌ای، علاوه بر هدر رفتن هزینه‌های انجام شده، فرسایش بادی بسیار بیشتر از قبل از احداث بادشکن به منطقه خسارت وارد خواهد نمود. بنابراین، بهتر است ارتفاع بادشکن‌های غیرزنده حداقل ۵۰ و حداکثر ۱۵ سانتیمتر، بدون احتساب پی (قسمتی که در داخل خاک قرار می‌گیرد) در نظر گرفته شود. البته در مواردی که مقاومت مصالح به کاررفته خوب باشد، حداکثر ارتفاع بادشکن برابر ۲۰۰ سانتیمتر در نظر گرفته می‌شود، مشروط براینکه هزینه مصالح به کاررفته دارای توجیه اقتصادی باشد.

- **ارتفاع بادشکن‌های زنده:** کاهش سرعت باد، با ارتفاع بادشکن رابطه مستقیم دارد. ارتفاع در بادشکن‌های زنده در مراحل اولیه احداث بادشکن ثابت نبوده و به مرور زمان با رشد اندام‌های هوایی گیاه کاشته شده افزایش می‌یابد. این افزایش ارتفاع تا رسیدن به رشد نهایی گیاه ادامه خواهد داشت. در این گونه موارد لازم است خواهش‌های اکولوژیکی و ویژگی‌های مورفولوژیکی گونه‌های به کاررفته برای احداث بادشکن دقیقاً شناسایی و با شرایط اکولوژیکی و ادا فیزیکی عرصه‌ها مطابقت داشته باشد. در این زمینه به کارگیری گونه‌های بومی از اولویت بسیار بالایی برخوردار می‌باشد. در خصوص بادشکن‌های زنده مهمترین مشکل در رابطه با تعیین ارتفاع بادشکن، عدم کارایی ارتفاع این بادشکن‌ها در مراحل اولیه کاشت به دلیل کوتاه بودن اندام‌های نهال‌های کاشته شده است که عملاً تاثیر چندانی در کاهش سرعت باد، به ویژه در تپه‌های ماسه‌ای فعال نخواهد داشت. در این زمینه به کارگیری راهکارهای مناسب ضروری است. از عمده‌ترین این راهکارها میتوان به موارد زیر اشاره نمود:

۱. در ناهمواری‌های ماسه‌ای فعال به دلیل تحرک سریع ماسه‌های روان و خطر مدفون شدن نهال‌ها، پیشنهاد می‌شود که بادشکن زنده در پیشانی ارگ احداث نشده و در صورت احداث باید عملیات نهال‌کاری، در پناه بادشکن‌های غیرزنده صورت پذیرد.
۲. در ناهمواری‌های ماسه‌ای نیمه فعال و یا کم فعال اگر لازم است که حتماً بادشکن زنده احداث شود، باید برای این منظور از گونه‌های سریع‌الرشدی بهره گرفته شود که علاوه

بر سازگاری با شرایط اکولوژیکی و ادا فیکه منطقه و مقاومت در مقابل خشکی، نهال‌ها در زمان کاشت دارای اندام‌های هوایی حداقل به ارتفاع یک متر بوده و در سال سوم رشد نیز به حداقل ارتفاع مورد نظر جهت احداث بادشکن برسند.

۳. در اطراف اراضی زراعی باید از گونه‌های سریع‌الرشد سازگار با شرایط اکولوژیکی منطقه استفاده شود که پس از رشد متوسط اندام‌های هوایی در کوتاه مدت، ارتفاعی را ایجاد نماید که سطح قابل توجهی از اراضی را در مقابل بادهای فرساینده، به منظور کاهش تعداد ردیف‌های بعدی و افزایش سطح حفاظت شده، پوشش دهد. همچنین، فرآورده‌های تولیدی اصلی و فرعی بادشکن‌های زنده، میتواند منبع مناسبی جهت تامین درآمد و یا برخی از مایحتاج جوامع محلی باشد. ضمناً، از آنجایی که در اغلب موارد عرض و یا ضخامت شبکه بادشکن زنده اطراف مزارع شامل بیش از ۲ ردیف درخت است، بنابراین به منظور رعایت تنوع گونه‌ای در کاشت درختان، بهتر است درختان ساقه بلند در ردیف وسط قرار گرفته و حتی المقدور از گونه‌هایی باشند که ارتفاع متوسط اندام هوایی آنها بیش از ردیف‌های طرفین باشد. در صورتی که ۲ ردیف درخت مدنظر باشد درختان ساقه بلند در ردیف دوم و درختان یا درختچه‌های ساقه کوتاه در ردیف اول قرار گیرند. این امر نقش موثری در حفاظت ردیف‌های بعدی، افزایش مقاومت بادشکن و کنترل مناسب‌تر بادهای فرساینده خواهد داشت. در نهایت، چنانچه استفاده از یک گونه مدنظر باشد، بهتر است زمان کاشت درخت متغیر باشد بدین ترتیب که سال اول ردیف وسط و سال‌های بعد ردیف‌های کناری کاشته شوند تا ارتفاع بادشکن در عرض به صورت مطبوع درآید.

لازم به یادآوری است که درصد تقلیل سرعت باد مستقل از میزان سرعت است. مثلاً بادشکنی که سرعتی معادل ۳۰ کیلومتر در ساعت را به ۱۰ کیلومتر در منطقه‌ای به فاصله ۸ برابر ارتفاع بادشکن تقلیل می‌دهد، همانند بادشکنی است که بادی با سرعت معادل ۴۰ کیلومتر در ساعت را به ۲۰ کیلومتر در ساعت در همان فاصله کاهش دهد. ارتفاع متوسط درختان بادشکن ۱۰/۵ متر است و چون در سال‌های اول درختان به چنین ارتفاعی نخواهند رسید اثر آن‌ها نیز کمتر خواهد بود. معمولاً ارتفاع نهایی بادشکن را به جای ارتفاع بلوغ، ارتفاع درختان و درختچه‌ها

در سن ۲۰ سالگی در نظر می‌گیرند. در مورد مسافتی که در جلو و پشت بادشکن سرعت باد در آن کاهش می‌یابد، اختلاف نظر زیادی وجود دارد، به طوری که گرکو اظهار می‌دارد که کاهش سرعت باد در جلو بادشکن در فاصله‌ای ۹ تا ۱۰ برابر ارتفاع بادشکن و در پشت بادشکن تا ۳۰ برابر ارتفاع آن است. طبق نظریه تاهال، سرعت باد در فاصله ۱۰ تا ۲۰ برابر ارتفاع بادشکن کاهش می‌یابد و در فاصله ۳۰ تا ۴۰ برابر ارتفاع بادشکن کاهشی وجود ندارد. همچنین، در فاصله ۵ تا ۱۰ برابر ارتفاع در پشت بادشکن کاهش سرعت باد اتفاق می‌افتد. سازمان کشاورزی استرالیا نیز با تاکید بر فاصله ای معادل ۲۰ برابر ارتفاع جهت کاهش سرعت باد، این نکته را یادآوری می‌نماید که اگر چه در بعضی موارد بادشکن‌ها ۲۵ تا ۳۰ برابر ارتفاع را نیز پوشش می‌دهند، ولی در تپه‌ها و مناطقی که الگوی باد پیچیده است، فاصله تا ۲۰ برابر ارتفاع یا کمتر توصیه می‌شود (جدول ۶-۴).

جدول ۶-۴- نسبت فاصله از بادشکن و درصد کاهش سرعت باد

فاصله از بادشکن	H۵	H۱۰	H۱۵	H۲۰	H۲۵	H۳۰
درصد کاهش سرعت باد	۷۸ درصد	۶۶ درصد	۳۵ درصد	۱۴ درصد	۱۰ درصد	۴ درصد

لازم به یادآوری است که در مجموع هر چند که اختلافاتی جزئی در نظریات مختلف وجود دارد، ولی می‌توان اینگونه نتیجه‌گیری نمود که به طور معمول در فاصله بیش از ۳۰ برابر ارتفاع بادشکن هیچگونه کاهشی در سرعت باد وجود ندارد و عمدتاً فاصله موثر تا ۲۰ برابر ارتفاع پس از بادشکن است. همچنین در جلوی بادشکن نیز فقط تا فاصله حدود ۵ برابر ارتفاع بادشکن کاهش سرعت باد ایجاد می‌شود.

ب: فاصله بین ردیف‌های بادشکن

فاصله بین ردیف‌های بادشکن علاوه بر ارتفاع بادشکن به عوامل دیگری نظیر سرعت آستانه فرسایش بادی، حداکثر سرعت باد در دوره برگشت موردنظر، شیب دامنه‌ها، تراکم بادشکن و... نیز بستگی دارد، به طوریکه هر اندازه ارتفاع بادشکن زیاد باشد، فاصله بین

ردیف‌ها نیز بیشتر خواهد بود. همچنین هر چه شیب دامنه‌ها بیشتر باشد فاصله بین ردیف‌های بادشکن کمتر بوده و بالعکس هر چه شیب کمتر باشد، فاصله بین ردیف‌های بادشکن بیشتر خواهد بود. هر چند که موارد یاد شده در طراحی بادشکن‌ها مهم هستند، ولی مهمترین اصل در رابطه با فاصله بین ردیف‌های بادشکن سرعت آستانه فرسایش بادی است. بنابراین رعایت قوانین مدیریتی حریم در زمین فاصله بین ردیف‌های بادشکن حکم فرما است.

در مورد تعیین فاصله بین بادشکن‌ها بررسی‌های زیادی انجام گرفته است و دراف و زینک بر اساس آزمایش‌های تونل باد به این نتیجه رسیده اند که طولی که یک بادشکن حمایت می‌کند از رابطه (۶) به دست می‌آید:

$$d = 17h \left(\frac{vm}{v} \right) \cos \alpha \quad \text{رابطه (۶):}$$

که در آن:

d = طول حفاظتی بادشکن (فاصله بین ردیف‌های بادشکن) بر حسب متر

H = ارتفاع بادشکن بر حسب متر

V_m = سرعت آستانه فرسایش در ارتفاع ۴۵ متری حداقل سرعت باد بر حسب کیلومتر بر

ساعت در ارتفاع ۱۵ متری که برای انتقال مواد لازم است

V = سرعت باد موجود در ارتفاع ۱۵ متری بر حسب کیلومتر در ساعت

α = زاویه انحراف جهت باد غالب از خط قائم بادشکن

گاهی اوقات برای احداث بادشکن وجود عوارضی مانند جاده‌ها، کانال‌ها و... بر روی زمین، احداث بادشکن در جهت عمود بر جهت باد غالب را با مشکل روبرو می‌نماید و این امر باعث به وجود آمدن و تشکیل زاویه‌ای بین جهت بادشکن با جهت باد غالب می‌گردد. بدیهی است که در این صورت تاثیر بادشکن کمتر خواهد بود و باید فاصله دو بادشکن را کمتر در نظر گرفت. از اینرو لازم است که عدد به دست آمده در $\cos$ آن زاویه ضرب گردد.



شکل ۷-۴ - بادشکن

۹-۲-۴ - مالچ پاشی

مالچ به هر گونه پوششی اطلاق می شود که برای محافظت و ارتقاء کیفیت خاک، روی سطح خاک گسترده می شود (شکل ۴-۸). مالچ ها به دو دسته ارگانیک و غیر ارگانیک تقسیم بندی می شوند: مالچ های ارگانیک عمدتاً شامل بقایای گیاهی و محصولات کشاورزی، پوست خرد شده درختان، تراشه های چوب و برگ درختان هستند. مالچ های غیر ارگانیک شامل لاستیک و پلاستیک بازیافتی، مواد آلی، سنگریزه و سایر مواد غیر طبیعی هستند. قابل ذکر است مالچ باشی باتوجه به نقش آن در کاهش تبخیر و گاه تثبیت بیولوژیکی به عنوان عملیات بیومکانیکی معرفی شده است.

۱-۹-۲-۴ - اهمیت و هدف انجام عملیات مالچ پاشی

مالچ ها بسته به نوع استفاده، ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک مختلفی از خود بروز می دهند. اما به طور کلی از مالچ در تثبیت بیولوژیکی، کاهش فرسایش خاک و رواناب، کاهش ریزگرد و حرکت ماسه های روان و کاهش تبخیر استفاده می شود (مجدی و همکاران، ۱۳۸۵؛ بنی حبیب و وزیری، ۱۳۹۷؛ Hagen, 2010؛ He et al., 2008؛ Goodrich et al., 2009؛ Ed- vardsson, 2010؛ Adekalu et al., 2007 و Huang et al., 2013). در مباحث کشاورزی، مالچ ها

(بقایای گیاهی) با ایجاد یک لایه مجزا بین هوا و خاک دمای خاک را تنظیم می‌کنند به این معنی که یک خاک دارای مالچ در تابستان خنک تر از خاک بدون مالچ است و سبب کاهش تبخیر و حتی در افزایش نفوذپذیری می‌شود.

۴-۲-۹-۲- محل و شرایط انجام عملیات

محل و شرایط اجرای عملیات مالچ‌پاشی وابسته هدف آن (کاهش فرسایش خاک، تثبیت ماسه، افزایش نفوذ پذیری، تثبیت بیولوژیکی، کاهش تبخیر و غیره) است بنابراین از مالچ می‌توان در هر موقع از سال استفاده کرد.

۴-۲-۹-۳- نحوه انجام عملیات

مالچ‌ها به دو دسته ارگانیک و غیر ارگانیک تقسیم بندی می‌شوند. که مطمئناً حالت غیر ارگانیک آن دارای هزینه بیشتری است. لذا متناسب با نوع آن، پوششی محافظ بروی خاک به جهت تامین هدف در یک بازه زمانی مشخص ایجاد می‌گردد. قابل ذکر است جدول (۴-۷) راهنمای مختصری از عملیات بیومکانیکی مالچ‌پاشی به صورت جمع بندی شده از مطالب فوق است.



شکل ۴-۸- مالچ‌پاشی

جدول ۷-۴- راهنمای عملیات بیومکانیکی مالچ پاشی

نوع عملیات	هدف عملیات	شرایط انجام عملیات
مالچ پاشی	کاهش فرسایش آبی و بادی	محل و شرایط اجرای عملیات مالچ پاشی وابسته به هدف آن است.
	ثبیت بیولوژیکی	
	افزایش نفوذپذیری و کاهش تبخیر	
	افزایش کیفیت خاک	
	شرح مختصر انجام عملیات	
متناسب با نوع مالچ پاشی، پوششی محافظ بروی خاک به جهت تامین اهداف آن در یک بازه زمانی مشخص ایجاد می گردد.		

۱۰-۲-۴- تورکینست

در واقع خاک ریزها یا سازه هایی برای تجمع آب هستند که باتوجه به کاربرد آن دارای تعریف متفاوتی هستند برای مثال:

در زمینه کشاورزی، تورکینست یک خاک ریز خاکی کاملاً محصور است که با پمپاژ از یک منبع آب، پر می شود (شکل ۹-۴).

در زمینه آبخیزداری، تورکینست سازه ای است که در حاشیه مسیل و رودخانه ها به صورت حوضچه های منفردی ایجاد می شوند.

۱-۱۰-۲-۴- اهمیت و هدف انجام عملیات تورکینست

اهمیت و هدف انجام عملیات تورکینست وابسته زمینه اجرایی آن است. در زمینه کشاورزی هدف ذخیره آب و انتقال آسان به سایر نقاط است و در زمینه آبخیزداری ذخیره آب و تله

اندازی رسوب می باشد (در صورتی تا ارتفاع مفید ۵ متر اجرا شوند از نظر رسوب گیری اهمیت خواهند داشت اما اگر ارتفاع مفید آنها بین ۵ تا ۱۵ متر باشد بیشتر از نقطه نظر ایجاد تاخیر در رواناب و ذخیره آب مدنظر خواهد بود (محسنی و همکاران، ۱۳۹۳)).

۲-۱۰-۴- محل و شرایط انجام عملیات

در زمینه کشاورزی تورکینست باید حد امکان در ارتفاعات ایجاد گیرد تا بتوان آب را از آنها به سایر قسمت های ملک منتقل نمود.
در زمینه آبخیزداری موارد زیر را باید در نظر داشت:

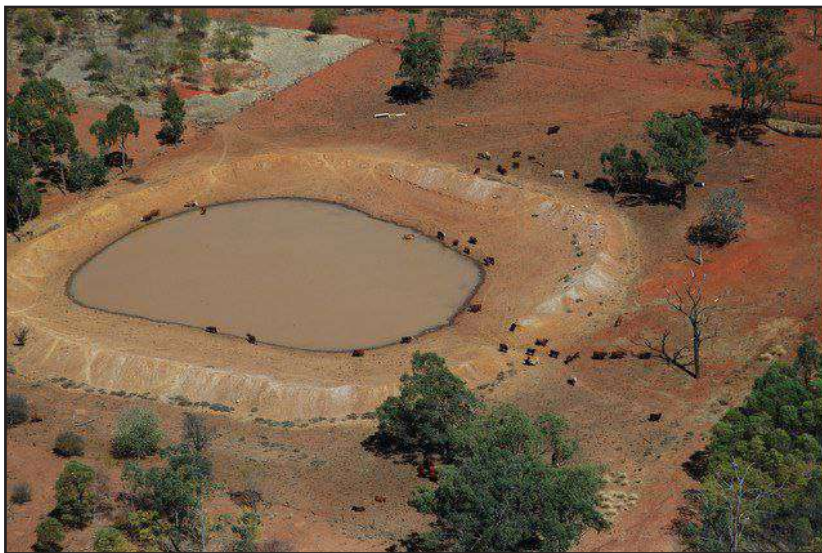
- الف). شیب آبراهه و مسیل ها بیشتر از ۷ درصد نباشد.
- ب). تا حد امکان، نوع خاک محل مورد نظر، رسی، شنی یا هر نوع خاکی باشد که با کوبیدگی و رطوبت لازم، ۸۰ درصد تراکم را به دست آورد.
- ج). مقدار املاح محلول در آب و خاک از قبیل گچ و آهک، به ترتیب کمتر از ۱۵ و ۲۰ درصد باشد.
- ح). ارتفاع عوارض طبیعی محل های انتخاب شده کمتر از ۲ متر باشد تا در هنگام سرریز، مشکلی ایجاد نشود.
- د). در صورت مناسب بودن شیب و دیگر عوامل موثر، محل تورکینست نزدیک به حوضه تولید سیلاب باشد و در غیر این صورت، به دلیل ازدیاد فاصله، سیلاب گل آلود خواهد بود.
- م). برای کارایی و بهره برداری بیشتر، تورکینست در بالادست مادر چاه قنات و چاه های عمیق احداث شود.
- ن). تورکینست را می توان در صورتی که مسیل وحشی و ظغیانگر نباشد، به طور مستقیم در مسیر آبراهه احداث کرد. زیرا رسوب بیشتری خواهد داشت. در غیر این صورت، می توان با استفاده از عوارض زمین و شیب طبیعی اطراف مسیل، برای احداث تورکینست انحرافی، به طوری که محل ورودی آب محل سرریز باشد اقدام کرد. در این مورد می توان محل برگشت آب به آبراهه اصلی (سرریز) را برای پایداری بیشتر با دیواره گابیونی محکم کرد اما

این نوع تورکینست رسوب کمتری دارد و فقط باید در پایان هر جریان، در صورت وجود سرریز، آن را اصلاح کرد (محسنی و همکاران، ۱۳۹۳).

۳-۱۰-۲-۴- نحوه انجام عملیات

به طور کلی تورکینست‌ها نیز همانند بندهای خاکی از مصالح مواد بستر ساخته می‌شوند با این تفاوت که مقطع طولی آن‌ها مستقیم نبوده بلکه برحسب شرایط محیطی انحنا دارد. در ساخت تورکینست باید هدف مشخص گردد، سپس شرایط لازم برای آن بررسی و متناسب با شرایط، اقدام به ایجاد چاله‌های تورکینست نمود.

قابل ذکر است جدول (۸-۴) راهنمای مختصری از عملیات بیومکانیکی تورکینست به صورت جمع‌بندی شده از مطالب فوق است.



شکل ۹-۴- تورکینست

جدول ۸-۴- راهنمای عملیات بیومکانیکی تورکینست

شرایط انجام عملیات	هدف عملیات	نوع عملیات
۱- در کشاورزی، تورکینست باید در ارتفاعات قرار گیرد، تا بتوان آب از آن به سایر قسمت‌ها منتقل شود. ۲- در آبخیزداری، شیب آبراهه و مسیل‌ها از ۷ درصد تجاوز نکند. ۳- بافت خاک رسی، شنی یا هر نوع خاکی باشد که با کوبیدگی، ۸۰ درصد تراکم را داشته باشد. ۴- مقدار املاح محلول در آب و خاک، به ترتیب از ۱۵ و ۲۰ درصد تجاوز نکند. ۵- تورکینست را در مناطقی که مسیل ضعیف‌تر نباشد، می‌توان به طور مستقیم در مسیر آبراهه احداث کرد، زیرا رسوب بیشتری خواهد داشت.	ذخیره آب و تله اندازی رسوب	تورکینست
شرح مختصر انجام عملیات		
تورکینست‌ها از مصالح مواد بستر ساخته می‌شوند، که مقطع طولی آن‌ها متناسب با شرایط محیطی انحنای دارد. در ساخت تورکینست پس از تعیین هدف، شرایط لازم برای آن بررسی و متناسب با شرایط، می‌توان اقدام به ایجاد چاله‌های تورکینست نمود.		

منابع و مأخذ

- اسمعلی، ا.، عبداللہی، خ.، ۱۳۹۰. آبخیزداری و حفاظت خاک، انتشارات محقق اردبیلی، اردبیل.
- اعتراف، ح.، دری، م.ع.، نیک‌کامی، د.، ۱۳۹۳. تاثیر نوع پوشش گیاهی بر رواناب و رسوب و مواد غذایی خاک اراضی شیب‌دار مراوه‌تپه، مجله مهندسی و مدیریت آبخیز، جلد ۶، شماره ۳، ص: ۲۳۱-۲۲۴.
- امیدوار، ک.، ۱۳۹۶. مخاطرات طبیعی، انتشارات دانشگاه یزد، یزد.
- بروشکه، ا.، ۱۳۸۴. تراس بندی و سکوبندی روش سنتی بهره برداری و حفاظ آب و خاک (مطالعه موردی استان آذربایجان غربی)، نهمین کنگره علوم خاک ایران، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، تهران.
- بنی حبیب، م.ا.، وزیری، ب.، ۱۳۹۷. ارزیابی کارایی مالچ پاشی در افزایش میزان نفوذ عمقی آب باران به داخل خاک، اکوهیدرولوژی، دوره ۵، شماره ۲، ص: ۶۱۳-۶۰۳.
- جعفری، غ.ح.، کریمی، ز.، ۱۴۰۱. برآورد هدررفت خاک ناشی از فرسایش آبی حوضه آبریز جزلاچای با استفاده از سه مدل Fargas، FSM و BLM، پژوهش‌های فرسایش محیطی، سال ۱۲، دوره ۱، ص: ۵۷-۴۱.
- جعفری، م.، طهمورث، م.، قدوسی، ج.، ۱۳۹۱. مبارزه بیولوژیک با فرسایش خاک. انتشارات دانشگاه تهران، تهران، چاپ دوم.
- جلیلیان، ش.، نی‌نیوا، س.ب.، جلیلیان، ش.، ۱۴۰۰. معرفی گونه‌های گیاهی مناسب مهار فرسایش شیاری، مجله مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک، جلد ۱، شماره ۲، ص: ۸۵-۶۸.
- حسینی‌توسل، م.، یوسفی‌خانقاه، ش.، ۱۳۸۶. ارائه روشی برای مدیریت و احیای حوزه‌های آبخیز با استفاده از برنامه‌های مناسب بیولوژیکی (مطالعه موردی حوزه آبخیز گرکباغی)، همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، دانشگاه یاسوج.
- خلیقی، ا.، ۱۳۷۶. گلکاری (پرورش گیاهان زینتی ایران). تهران: روزبهان.
- رفاهی، ح.ق.، ۱۳۸۵. فرسایش آبی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران.
- رفاهی، ح.، ۱۳۷۹. فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران.
- زارع، س.، شکوهمیده، ه.، بهلکه، م.، چمنی، ر.، صادقی، ح.ر.، ۱۴۰۱. اثربخشی دانش بومی در مدیریت پایدار حفاظت آب و خاک، سومین کنفرانس بین‌المللی و ششمین کنفرانس ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل.
- زنگی‌آبادی، م.، رنگ‌آور، ع.ص.، رفاهی، ح.ق.، شرفا، م.، بی‌همتا، م.ر.، ۱۳۸۹. بررسی مهمترین عوامل تاثیرگذار بر فرآیند فرسایش خاک در مراتع نیمه‌خشک کلات، نشریه آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۴، ص: ۷۴۴-۷۳۷.
- سرمدی، ف.، عبادی، ح.، محمدزاده، ع.، ۱۳۹۴. آشکارسازی تغییرات مناطق شهری مبتنی بر شبکه عصبی، ویژگی‌های مکانی و الگوریتم ژنتیک با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بزرگ مقیاس، مجله سنجش از دور و GIS ایران، سال ۷، شماره ۲، ص: ۶۸-۵۵.
- سعدالدین، ا.، شهابی، م.، بای، م.، ۱۳۹۶. ارزیابی و مدیریت جامع آبخیزها: اصول و رویکردهای مدل‌سازی و تصمیم‌گیری، انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- شواب، گ.، فریورت، ر.، ۱۳۷۵. مهندسی خاک و آب. چاپ سوم. ترجمه حق‌نیا، غ. ح. و علیزاده، ا.، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

- عطایی، ه، آنالویی، ا، ۱۳۹۲. نقش فعالیت های آبخیزداری (بانکت و چکدم) در جلوگیری از فرسایش خاک، فصلنامه اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره: ۲۲، شماره: ۸۶.
- قدسی، ع، نصرالهی، ا، ۱۳۹۴. طراحی عملیات بیولوژیک آبخیزداری شهرستان دلیجان مطالعه موردی حوزه آبخیز چال نخجیر، اولین همایش ملی پژوهش های کاربردی در نگهداشت محیط زیست، آب و منابع طبیعی، دانشگاه اراک، اراک.
- کاکه، ج، نظری سامانی، ع. ا، عبدالشاه نژاد، م. ۱۳۹۲. فرسایش و حفاظت خاک. موسسه فرهنگی هنری دیباگران. تهران.
- گندمکار، ا. میرطالبی، آ. س. ۱۳۹۷. بررسی نقش بادشکن در جلوگیری از فرسایش و کاهش ریزگردها در کویر میقان اراک، دومین همایش بین المللی گرد و غبار، ایلام.
- مجدی، ه، کریمیان اقبال، م، کریم زاده، ح. ر. جلالیان، ا، ۱۳۸۵. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال ۱۰، شماره ۳، ص: ۱۴۸-۱۳۷.
- محسنی، ب، رزاقیان، ه، درزی نفت چالی، ع، رزاقیان، ه، ۱۳۹۳. آبخیزداری با معرفی جدیدترین مدل های حوزه آبخیز، چاپ اول، انتشارات سخن گستر، مشهد.
- محمدی، ط، دستورانی، م. ت. عظیم زاده، ح. ر. جعفرپور، ع، ۱۳۹۷. بررسی عملکرد عملیات بیولوژیکی آبخیزداری بر ترسیب کربن خاک (مطالعه موردی: حوزه آبخیز گلستان فارس)، مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال ۱۲، شماره ۴۱، ص: ۴۱-۳۱.
- مرادی، م، صاحبی، م. ر. ۱۳۹۵. آشکارسازی تغییرات مبتنی بر اطلاعات طیفی، بافتی و لبه با استفاده از الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات، همایش ملی ژئوماتیک، دانشگاه آزاد اسلامی.
- معاونت نظارت راهبردی، معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷. ضوابط و دستورالعمل های فنی مرتع، نشریه ۴۲۲، تهران.
- معاونت نظارت راهبردی، معاونت آبخیزداری، ۱۳۸۷. ضوابط و دستورالعمل های فنی مرتع- دستورالعمل اصلاح مراتع با استفاده از روش های ذخیره نزولات آسمانی، نشریه ۴۱۹، تهران.
- معاونت نظارت راهبردی، معاونت آبخیزداری، ۱۳۹۳. ضوابط و معیارهای فنی احداث بادشکن بیولوژیک، نشریه ۶۵۸، تهران.
- مقدم، م. ر. ۱۳۷۷. مرتع و مرتعداری، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران.
- نیک نهاد، ح. جزوه درسی. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان معاونت پژوهشی و فناوری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، گروه مدیریت مرتع.
- نی نیوا، س. پ.، خشتابه، ر، ستاروند، ع، ۱۴۰۱. حریم در ایران (الگوی جهت اجرائیات مهندسی و مدیریت پایدار اکوسیستم)، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی زنجان.
- نی نیوا، س. پ.، شهرپور، م، نجفی نژاد، ع، ۱۴۰۰. معادلات و روش های پیش بینی فرسایش شخم و برآورد جابجایی خاک ناشی از عملیات خاک ورزی در حوضه چهل گزی استان کردستان، نشریه علمی مدیریت اراضی، جلد ۹، شماره ۲، ص: ۲۳۱-۲۲۱.
- Adekalu, K. O., Olorunfemi, I. A., & Osunbitan, J. A. (2007). Grass mulching effect on infiltration, surface runoff and soil loss of three agricultural soils in Nigeria. Bioresource technology, 98(4), 912-917.

- Blanco, H., & Lal, R. (2008). Principles of soil conservation and management (Vol. 167169). New York: Springer.
- Buck, J., Thevathasan, A., Nair, P.R., Garrett, M., Andrew, S., Gillespie, R., J., John, Sud-meyer, T., Clason, S. 2009. North American Agroforestry: An integrated science and practice.
- Edvardsson, K. (2010). Evaluation of dust suppressants for gravel roads: Methods development and efficiency studies (Doctoral dissertation, KTH).
- Fullen, M. A. Mitchell D. J. Barton A. P. Et al. 1999. Soil erosion and conservation in Yunnan Province, China. Ambio 28: 125–129.
- Goodrich, B. A., Koski, R. D., & Jacobi, W. R. (2009). Monitoring surface water chemistry near magnesium chloride dust suppressant treated roads in Colorado. Journal of environmental quality, 38(6), 2373–2381.
- Hagen, L. J. (2010). Erosion by wind: Modeling. Encyclopedia of Soil Science. 2nded, London: Taylor and Francis publishers.
- He, J. J., Cai, Q. G., & Tang, Z. J. (2008). Wind tunnel experimental study on the effect of PAM on soil wind erosion control. Environmental monitoring and assessment, 145(1), 185–193.
- Huang, J., Wu, P., & Zhao, X. (2013). Effects of rainfall intensity, underlying surface and slope gradient on soil infiltration under simulated rainfall experiments. Catena, 104, 93–102.
- Kansas State University, 1998, Establishing Native Grasses, Department of Agronomy. MF–229.
- May, L., & C. J. Place., (2005). A GIS-based model of soil erosion and transport. Freshwater forum. 48–61 pp
- Price, L.W. Hedges and shelterbelts on the Canterbury Plains, New Zealand: transformation of an antipodean landscape, Annals of the Association of American Geographers, 83(1) (1993) 119–140.
- Satterlund, D. R., & Adams, P. W. (1992). Wildland watershed management. John Wiley & Sons Inc.
- Taddese, G., Saleem, M., Abyie, A., & Wagnew, A. (2002). Impact of grazing on plant species richness, plant biomass, plant attribute, and soil physical and hydrological properties of vertisol in East African highlands. Environmental management, 29(2), 279–289.
- Wilson, R. E., Young, J. A., Medlyn, G. W., Deforest, S. 2000. New Artificial Seeding for Rangelands. Rangelands, 22(2), 9–12.

Guide to watershed management operations

By:

Seyed Pedram Nainiva

Maryam Mohammadrezaei