



سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی  
موسسه آموزش عالی علمی - کاربردی جهاد کشاورزی

۷۴

## خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک



• محمد علی مشکوة



دانشگاه  
علمی کاربردی  
۳-۴-۱-۰۴۵

بسم الله الرحمن الرحيم

# خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک

گردآوری و تدوین:

محمدعلی مشکوه

انتشارات مؤسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی

تهران: ۱۳۸۶

درسنامه مورد تایید دانشگاه جامع علمی - کاربردی

سرشناسه:	مشکوه، محمدعلی، ۱۳۴۰
عنوان و نام پدیدآور:	خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک /گردآوری و تدوین محمدعلی مشکوه
مشخصات نشر:	تهران: موسسه آموزش عالی علمی - کاربردی وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۶
مشخصات ظاهری:	۱۴۷ ص.: مصور، جدول.
فروست:	انتشارات موسسه آموزش عالی علمی کاربردی وزارت جهاد کشاورزی؛ ۷۴. گروه
شابک:	منابع طبیعی؛ ۱ 978-964-8748-46-8
وضعیت فهرست‌نویسی:	فیبا.
یادداشت:	ص.ع. به انگلیسی. M.A. Meshkat. Arid and semi-arid soils.
یادداشت:	کتابنامه.
موضوع:	خاک.
موضوع:	خاک - - شیمی.
موضوع:	خاک - - رده‌بندی.
شناسه افزوده:	موسسه آموزش عالی علمی - کاربردی وزارت جهاد کشاورزی.
رده‌بندی کنگره:	خ ۳۴۵/م ۵۹۱
رده‌بندی دیویی:	۶۳۱/۴
شماره کتابشناسی ملی:	۱۰۶۳۵۳

عنوان:	خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک
نویسنده:	محمدعلی مشکوه
ناشر:	مؤسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی
ویراستار ادبی:	کاظم مولوردیخانی
ویراستار فنی:	محمد جعفری
طراح جلد:	رضا عابدی
صفحه آرا:	نادیا اکبری
لیتوگرافی، چاپ و صحافی:	دفتر خدمات تکنولوژی آموزشی - نشر آموزش کشاورزی
نویت چاپ:	۱۳۸۶ / اول
شمارگان:	۱۵۰۰ جلد
قیمت:	۱۸۰۰۰ ریال
شابک:	۹۷۸-۹۶۴-۸۷۴۸-۴۶-۸

تمام حقوق برای انتشارات مؤسسه آموزش عالی علمی - کاربردی جهاد کشاورزی محفوظ است

تهران: صندوق پستی ۱۷۵۷-۱۳۱۴۵ تلفن: ۶۶۴۳۰۴۳۷

پست الکترونیک: pub@itvhe.ac.ir

سایت: http://www.itvhe.ac.ir

## پیش‌گفتار ناشر

کتاب و کتاب‌خوانی، یکی از معیارهای توسعه کشورها و جوامع گوناگون است. به این سبب، هر سال سازمان‌های جهانی، مانند یونسکو و...، از آن به مثابه یکی از شاخص‌های توسعه‌یافتگی استفاده می‌کنند و به بررسی میزان انتشار کتاب، نشریه و سایر منابع علمی و اطلاعاتی سازمان‌های آموزشی و پژوهشی می‌پردازند.

تولید منابع علمی و اطلاعاتی، چنان اهمیتی دارد که مهم‌ترین شاخص ارزشیابی کار اعضای هیئت‌های علمی سازمان‌های آموزشی و پژوهشی نیز به‌شمار می‌آید. اما در این زمینه، نیاز مؤسسه‌های آموزشی علمی - کاربردی به متون آموزشی، بیش از دیگر سازمان‌های فرهنگی است؛ زیرا این مؤسسه‌ها، باید از این متون برای تدریس به دانشجویانی استفاده کنند که علاوه بر آموزش‌های رسمی و کلاسیک، به آموزش جنبه‌های کاربردی محتوا و روش‌ها نیز نیازمندند.

مؤسسه آموزش عالی علمی - کاربردی جهاد کشاورزی، با توجه به اهمیت تولید و انتشار منابع اطلاعاتی و به‌ویژه کتاب‌های آموزشی، این مهم را در رأس کارهای خود قرار داده است. شایان ذکر است که تألیف و چاپ بیش از ۱۰۰ عنوان کتاب مربوط به دروس دوره‌های علمی - کاربردی در بخش کشاورزی، در دستور کار این مؤسسه قرار دارد و مسئولان آن امیدوارند با همکاری مدرسان و اعضای هیئت‌های علمی دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی و پژوهشی، در راه افزایش کیفیت این کتاب‌ها گامی اساسی بردارند.

از آن‌جا که انتشار چنین مجموعه‌ای، کاری سترگ و نیازمند توجه و دقت بسیار است، امیدواریم استادان، صاحب‌نظران و مدرسان این کتاب‌ها، ما را در راه ارتقای کیفیت علمی آن‌ها یاری دهند و از ارسال انتقادات و پیشنهادها خود دریغ نورزند. بدون شک، حمایت‌ها و هدایت‌های بی‌دریغ مسئولان آموزش و تحقیقات در سطح وزارت جهاد کشاورزی، اعضای محترم هیئت امنای مؤسسه آموزش عالی علمی - کاربردی و به‌ویژه مدیران عالی سازمان و آموزش کشاورزی، در شکل‌گیری و ادامه چاپ این کتاب‌ها نقش اساسی دارد و امیدواریم نظارت عالیه آنان، تضمین‌کننده کیفیت کار ما باشد.

مجتبی رجب بیگی

مدیرمسئول و رئیس مؤسسه آموزش عالی علمی - کاربردی جهاد کشاورزی

## فهرست مطالب

عنوان صفحه

### فصل اول: سیمای طبیعی مناطق خشک

۱-۱- مقدمه	۳
۱-۲- عوامل جوی	۴
۱-۲-۱- درجه حرارت	۵
۱-۲-۲- باران	۶
۱-۲-۳- باد	۷
۱-۳- پراکنش و درجه خشکی	۱۰
۱-۴- مشخصات عمومی خاک‌های مناطق خشک	۱۳
۱-۴-۱- افزایش غلظت املاح محلول در خاک	۱۳
۱-۴-۲- تشکیل پوسته در سطح خاک	۱۴
۱-۴-۳- تشکیل کانی‌های رسی	۱۵
۱-۴-۴- واکنش خاک‌ها	۱۵
۱-۴-۵- پوشش گیاهی و میزان مواد آلی خاک	۱۶
۱-۴-۶- ساختمان و بافت خاک	۱۸
۱-۴-۷- حاصل خیزی خاک	۱۸
منابع فصل اول:	۲۱

### فصل دوم: طبقه‌بندی مناطق خشک و نیمه‌خشک

۲-۱- سیستم‌های اصلی طبقه‌بندی	۲۵
۲-۱-۱- سیستم طبقه‌بندی اقلیم کوپن	۲۵
۲-۱-۲- روش دومارتن	۲۶
۲-۱-۳- روش گوسن	۲۷
۲-۱-۴- روش ترنت وایت	۲۷
۲-۱-۵- روش‌های تغییر یافته موازنه آب ترنت وایت	۲۹
۲-۱-۶- نتیجه‌گیری	۳۲
۲-۲- انواع اقلیم‌های خشک	۳۳
۲-۲-۱- اقلیم‌های خشک (یا بیابانی)	۳۴
۲-۲-۲- اقلیم‌های نیمه‌خشک	۳۵
۲-۳- علل خشکی	۳۶
۲-۳-۱- چرخش عمومی اتمسفر	۳۶

۴۰	۲-۳-۲- پستی و بلندی
۴۱	۲-۳-۳- پراکندگی دریا و خشکی‌ها
۴۳	۲-۴- خلاصه
۴۵	منابع فصل دوم:

۴۹	فصل سوم: خاک‌های ایران
۵۱	۳-۱- شرایط طبیعی ایران به طور عموم
۵۴	۳-۲- پراکنش جغرافیایی خاک‌های ایران
۵۸	۳-۳- استفاده اراضی در وضع حاضر و استعداد واقعی آن‌ها
۶۱	۳-۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۶۳	منابع فصل سوم:

۶۴	فصل چهارم: عوامل و فرآیندهای خاک‌سازی در مناطق خشک
۶۷	۴-۱- عوامل خاک‌سازی
۶۸	۴-۱-۱- هوازدگی
۷۲	۴-۱-۲- پستی و بلندی
۷۵	۴-۱-۳- سنگ مادر
۷۶	۴-۱-۴- آب زیرزمینی
۷۷	۴-۱-۵- املاح محلول
۷۷	۴-۲- فرآیندهای خاک‌سازی
۷۸	۴-۲-۱- تشکیل سله
۷۸	۴-۲-۲- تشکیل سنگ‌فرش سطحی
۷۹	۴-۲-۳- تشکیل افق‌های کامبیک
۸۰	۴-۲-۴- تشکیل افق‌های آرچلیک و ناتریک
۸۰	۴-۲-۵- تشکیل افق‌های کلسیک و پتروکلسیک
۸۴	۴-۲-۶- تشکیل افق‌های جیپسیک و سالیک
۸۴	۴-۲-۷- تشکیل افق‌های دوری‌پن
۸۵	منابع فصل چهارم:

۸۹	فصل پنجم: طبقه‌بندی خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک
۹۱	۵-۱- تاریخچه طبقه‌بندی خاک
۹۴	۵-۲- گروه‌بندی خاک‌ها در سیستم‌های مختلف طبقه‌بندی



۵-۳- انسواع خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک در سیستم‌های مختلف	
طبقه‌بندی خاک	۹۹
۵-۳-۱- طبقه‌بندی روسی (شوروی سابق)	۹۹
۵-۳-۲- طبقه‌بندی قدیم آمریکایی (U.S.D.A)	۱۰۰
۵-۳-۳- طبقه‌بندی جدید آمریکایی (C.S.C.S)	۱۰۲
۵-۳-۴- طبقه‌بندی فرانسوی	۱۱۸
منابع فصل پنجم:	۱۳۱

فصل ششم: خاک‌های مناطق کویری (فراخشک)	۱۳۳
۶-۱- پوشش غیرخاکی مناطق کویری	۱۳۵
۶-۱-۱- کویر صخره‌ای یا صخره‌زار	۱۳۶
۶-۱-۲- ریگزارها یا کویر ریگی	۱۳۷
۶-۱-۳- کویرهای شنی یا شنزارها	۱۳۸
۶-۱-۴- خاکزار یا کویرهای پودر خاکی	۱۳۸
۶-۱-۵- پوسته‌زارهای آهکی و گچی	۱۳۹
۶-۲- تشکیلات شبه خاک مناطق کویری	۱۴۰
۶-۲-۱- مواد رسوبی منطقه کاملاً کویری	۱۴۰
۶-۲-۲- سولیفلوکسیون کویری	۱۴۰
۶-۲-۳- تاکایرها و مواد شبه تاکایر	۱۴۱
۶-۲-۴- خاک‌های فسیل و بقایای تخریبی در مناطق کاملاً کویری	۱۴۲
منابع فصل ششم:	۱۴۴



# فصل اوّل

سیهای طبیعی مناطق خشک

---

---

## هدفهای رفتاری فصل ۱

انتظار می‌رود دانشجویان پس از مطالعه این فصل بتوانند به سؤالاتی که درباره مسائل زیر مطرح می‌شود، پاسخ لازم را ارائه کنند.

\* ویژگی‌های خاص اقلیمی در مناطق خشک و نیمه‌خشک چگونه است؟

\* مناطق خشک در جهان به چه صورت پراکنده شده‌اند؟

\* خاک‌های مناطق خشک از چه ویژگی‌های خاصی برخوردارند؟

\* ویژگی‌های نزولات آسمانی در مناطق خشک به چه صورت است؟

## فصل اول - سیمای طبیعی مناطق خشک

### ۱-۱- مقدمه

در حالی که تراکم قسمت اعظم از جمعیت جهان به مناطق مرطوب و معتدل محدود می‌گردد، دو منطقه بسیار وسیع دیگر از خشکی زمین تاکنون فقط به طور ناچیز برای سکونت بشر مورد استفاده قرار گرفته است. این دو منطقه شامل نواحی همیشه سبز استوایی (جنگل‌های بارانی استوایی) و مناطق خشک دو نیم‌کره شمالی و جنوبی می‌شوند که چون کمربندی دو طرف حوزه استوایی کره زمین را در برمی‌گیرند. با این‌که مناطق استوایی و مناطق خشک از لحاظ شرایط کلیماتولوژی، ژئومورفولوژی و پدولوژی از هم کاملاً متمایزند، ولی یک وجه مشترک در بین آن‌ها از نظر اثرهای منفی عوامل مؤثر بر روی پدولوژی ملاحظه می‌گردد، که مسلماً این‌ها از نظر اقتصادی و قابلیت بهره‌برداری درخور اهمیت می‌باشند. مثلاً یکی از علل مهم نقصان تدریجی قدرت حاصل‌خیزی خاک‌های منطقه استوایی را باید به شست و شوی دائمی املاح آن نسبت داد، در صورتی که کاهش تدریجی قابلیت حاصل‌خیزی خاک‌های مناطق خشک را باید به سبب تجمع بیش از حد و دائمی املاح محلول در سطح خاک دانست. با وجود این‌که این فعل و انفعالات در دو جهت مختلف انجام می‌گیرند، مع‌ذالک در هر دو حال نتیجه آن از لحاظ بیولوژی و زراعی یک‌سان خواهد بود. البته وجود جنگل‌های همیشه سبز و بسیار انبوه مناطق استوایی در ذهن هر بیننده این فکر را به وجود می‌آورد که زمین‌های این منطقه نیز باید برای منظورهای کشت و زرع خیلی حاصلخیز باشند. این کیفیت یک اشتباه بصری است و زمین‌های این مناطق شاید فقط برای رشد جنگل (که به اعماق ریشه می‌دوانند) مساعد باشند؛ زیرا خاک‌های آن طبق اشاره بالا به خاطر شست و شوی دائمی در حقیقت از لحاظ تأمین مواد غذایی گیاه زراعی بخصوص در قشر سطحی پروفیل فقیر است و در نتیجه دارای قدرت حاصل‌خیزی ناچیز خواهند بود. اما خاک‌های مناطق خشک که در ظاهر بسیار فقیر و غیرقابل

استفاده می‌نمایند، در عمل مثلاً به وسیله آبیاری اغلب بسیار حاصلخیز می‌شوند و قادر به دادن محصول زیادی خواهند بود. در این جا باید توجه داشت که عملیات آبیاری که متأسفانه در اغلب موارد به طرز بسیار اولیه و با روش‌های غلط انجام می‌گیرد، خود می‌تواند نتایج ناگواری را به بار آورد که بخصوص به صورت شور و قلیایی شدن خاک به ظهور می‌رسد. هم‌چنین در مناطق خشک، فرسایش خاک به وسیله آب و باد به شدت رایج است که دلیل آن بهره‌برداری ناصحیح کشاورزی، استفاده بیش از حد از چراگاه‌ها، قطع بی‌رویه جنگل و غیره می‌باشد.

منظور از مقایسه این دو منطقه مختلف آب و هوایی این بود که نشان داده شود در مناطق گرم هم وقتی میزان یکی از فاکتورهای جوی از لحاظ پدولوژی و بیولوژی خارج از حد معمول خود قرار گیرد سبب آثار منفی می‌گردد که به نحوی از انحاء ظاهر خواهد شد. این آثار را ما در مناطقی مورد بحث قرار خواهیم داد که بخصوص فاکتور باران آن نامتعادل است منتهی در جهتی که منطقه با کمبود آن مواجه باشد، یعنی مناطق گرم و خشک. برای مشخص ساختن مناطق خشک (منظور از کلمه مناطق خشک در این جا همان اصطلاح خشک و نیمه‌خشک از لحاظ تقسیمات آب و هوایی می‌باشد) و بخصوص برای این‌که بتوان تأثیر آب و هوای خشک را بر روی قشر سطحی زمین از لحاظ پدولوژی و ژئومورفولوژی و غیره مورد مطالعه قرار داد، ضروری است که وضعیت آب و هوایی این منطقه وسیع را مشخص ساخت.

## ۲-۱- عوامل جوی

منظور از عوامل جوی همان عوامل آب و هوایی می‌باشند که برای شکل دادن منطقه از لحاظ پدولوژی - مورفولوژی و بیولوژی دخالت مستقیم دارند و یا در حقیقت شرط اصلی و اساسی برای این امر می‌باشند. همان‌طور که می‌دانیم فاکتورهای آب و هوایی مجموعه‌ای از اعداد و ارقام هواشناسی هر منطقه است که یا اندازه گرفته شده‌اند و یا این‌که با حدس و تخمین بیان می‌شوند. این عوامل مؤثر شامل درجه حرارت، میزان باران، رطوبت هوا و بالاخره باد (بر حسب جهت و شدت وزش) می‌باشند، که مجموعاً شاخص شرایط آب و هوایی هر منطقه هستند. باید توجه داشت که نه تنها اثر آن‌ها به طور دسته‌جمعی برای تخریب سنگ‌ها و تشکیل و تکامل خاک و غیزه حائز اهمیت می‌باشد بلکه به عنوان فاکتور مؤثر، اثر هر یک از آن‌ها به

طور جداگانه دارای اهمیت خاصی است.

### ۱-۲-۱- درجه حرارت

درجه حرارت بالا و تابش شدید آفتاب توأم با فقدان دائمی ابرها از مشخصات کلی منطقه خشک است. اگر این منطقه را در مقام مقایسه با مناطق مرطوبی قراردهیم که دارای درجه حرارت متوسط سالیانه مساوی باشند؛ ملاحظه می شود که در مناطق خشک به علت فقدان ابر و در نتیجه تابش شدیدتر خورشید سطح سنگ ها یا به طور کلی سطح زمین شدیدتر گرم می شود، تا جایی که سطوح اشجار و غیره تا ارتفاع سه متری سطح زمین همیشه درجه حرارت بالاتری را دارا هستند (چنان که معروف است آفتاب خوزستان حتی در سردترین ماه و روز سال سوزان است، اصطلاحاً مغز هوای خوزستان گرم می باشد). به همین ترتیب هم در شب های صاف مناطق خشک، به علت انعکاس شدید گرما، درجه حرارت سطح زمین می تواند حتی تا نقطه انجماد نزول کند. اثر این اختلاف شدید در میزان درجه حرارت شب و روز بخصوص اغلب در سطوح سنگ ها به ظهور می رسد که سبب خرد شدن مکانیکی آن ها می شود و گاهی هم با نزول باران خنک کننده روی این سنگ های گرم این عمل بیش از پیش تشدید می شود. چنان که این امر سابقاً طبق نظریه محققین پدولوژی عامل اصلی خرد شدن و تخریب سنگ ها در مناطق خشک بوده است. اما امروزه عده ای بر این عقیده اند که تأثیر نوسانات درجه حرارت در خرد کردن سنگ ها آن چنان اهمیتی را ندارد که سابقاً فرض می شد.<sup>۱</sup> (۶). با این حال باید یادآور شد که چنین فعل و انفعالی در مناطق خشک به فراوانی صورت می گیرد. بخصوص که انجام تخریب شیمیایی با ریزش باران روی سنگ های گرم تسریع و یا اصولاً امکان پذیر می گردد. معمولاً در فصول خنک اثر چنین فعل و انفعالی برای سنگ های سیلیسی ضعیف تر است.

بارانی که در فصل خنک می بارد به علت دارا بودن گاز کربنیک محلول، در تخریب شیمیایی سنگ های آهکی مؤثرتر است. با توجه به مسئله فوق، باید تشکیل پروفیل نسبتاً عمیق خاک را روی سنگ های آهکی مناطقی خاطرنشان ساخت که دارای زمستان بارانی و

مرطوب می‌باشند. درجه حرارت بالا بخصوص در مناطق نیمه خشک، مواد محلولی را که با نفوذ آب گرم باران در داخل ترک‌ها و شکاف‌های سنگ‌ها به وجود آمده‌اند رسوب داده، تثبیت می‌نماید. آب باران به مرور در داخل ترک‌ها و شکاف‌های بزرگ و کوچک سنگ‌ها نفوذ و به علت درجه حرارت بالا مقداری از ترکیبات سیلیسی و غیره را در خود حل می‌نماید. بعد از به پایان رسیدن ریزش باران این محلول‌های کلوئیدی در اثر تبخیر به طرف سطح سنگ‌ها کشانده می‌شوند و با از دست دادن آب، به صورت ژل رسوب می‌کنند و بالاخره پایان کار آن‌ها به تشکیل پوسته سخت در روی سنگ‌ها و یا حتی در سطح زمین منتهی می‌شود. این کیفیت در مناطق خشک اغلب به چشم می‌خورد.

## ۲-۱-۲-۲- باران

لازم به یادآوری است که در مناطق دارای آب و هوای خشک مقدار آبی که به طور طبیعی در اختیار خاک و گیاه قرار دارد یک رقم بسیار کمی را در قسمت اعظم از طول سال داراست. مسلماً در مناطق کاملاً خشک این کیفیت در تمام طول سال و به عکس در مناطق نیمه‌خشک جزء کمتری از سال را شامل می‌شود. باید توجه داشت که برای تخریب سنگ‌ها و تشکیل خاک در مناطق خشک نه تنها مقدار کل باران و نسبت باران به تبخیر سالیانه مستقیماً مؤثراند بلکه اهمیت آن بیشتر در نحوه توزیع باران سالیانه است، بخصوص این‌که باید دید ریزش باران در فصل‌های سرد یا گرم سال به چه صورت و به چه شدت انجام می‌گیرد، زیرا حتی در جایی که میزان باران سالیانه بسیار بالا باشد، باز هم می‌تواند به علت نامنظم بودن ریزش و نامناسب بودن تقسیم آن، در آخر دوره خشکی همه آثار و فعالیت بیولوژیکی و تجزیه و تخریب به طور کامل متوقف گردد.

در چنین شرایطی با شروع دوره بارانی که اغلب هم به طور سیل‌آسا است، ابتدا قسمت اعظم باران به جای نفوذ در خاک در روی زمین عریان و کاملاً سخت و خشک و بخصوص با بودن کمترین شبی به صورت سیلاب جاری می‌گردد. این هرز آب جاری نیز به سهم خود سبب فرسایش سطح زمین و حمل بقایای گیاهی و پوشش خاکی و غیره خواهد شد. اما اگر زمین فاقد شیب باشد، آب باران به طور راکد در سطح زمین باقی می‌ماند که مسلماً به علت قابلیت نفوذ

ناچیز و تبخیر شدید بدون اینکه آب به داخل خاک نفوذ کند تبخیر شده، به هدر خواهد رفت. علاوه بر این که نحوه تقسیم باران دارای اهمیت است شدت ریزش (مقدار بارانی که در واحد زمان می بارد) نیز یک فاکتور مهم برای درجه خشکزاری و به طور کلی خشکی منطقه به شمار می آید. مسلماً موقعی که باران سیل آساست صرف نظر از عوامل دیگری که قبلاً ذکر شد، امکان نفوذ آن به داخل خاک بسیار کم و با سرعت در سطح زمین به صورت هرز آب جاری می شود و گاهی ممکن است در گودال ها و مناطق پست اگر موجود باشند جمع و در صورت شدید نبودن تبخیر در آن جا برای مدتی طولانی انباشته شوند و با توجه به فرصت کافی البته می توانند سبب اشباع خاک های زمین های تحت نفوذ خود گردند.

به این ترتیب باید گفت که در مناطق خشک از یک طرف تقسیم و قابلیت استفاده از رطوبت حاصل از باران در قشر سطحی زمین، بر حسب مکان و زمان بی اندازه غیر منظم و متغیر است، از طرف دیگر توزیع باران در مناطق خشک می تواند حتی برای یک ناحیه بسیار کوچک هم با مقایسه به محل مجاور آن کاملاً متفاوت باشد و هم چنین خشک سالی هایی با شدت متفاوت و بدون قانون و پیش بینی قبلی به ظهور برسند. علاوه بر آن میانگین باران سالانه چندین ساله مناطق خشک برعکس مناطق مرطوب اختلاف بیشتر و قابل قیاس کمتری را نسبت به هم نشان می دهند، به طوری که هر قدر بر شدت درجه خشکزاری منطقه افزوده گردد، این نامنظمی شدیدتر می شود و امکان هرگونه پیش بینی در این زمینه مشکل تر خواهد شد.

### ۳-۲-۱- باد

باد در مناطق خشک نیز مثل درجه حرارت و باران یکی از عوامل مهمی است که در تجزیه و تخریب سنگ ها و تشکیل خاک دخالت مستقیم دارد. ولی این دخالت فقط برای مناطق نیمه خشک تا خشک ملایم صادق است، در صورتی که طبق نتایج حاصل از تحقیقات جدید در مناطق شدیداً خشک تأثیر باد ناچیز می باشد. اهمیت شرکت باد را در این زمینه می توان به شرح زیر خلاصه کرد:

باد به درجه خشکزاری منطقه بیش از پیش می افزاید. هر قدر شدت وزش باد شدیدتر باشد به همان اندازه تبخیر سریع تر انجام می گیرد و خشکی بیشتر می شود و یا به عبارت



دیگر، نسبت تبخیر به باران بزرگتر می‌گردد. مسلماً صحت این توضیحات در صورتی است که باد در حین وزش، و تحت تأثیر خود، توده‌ی هوای مرطوب را از یک منطقه به منطقه‌ی دیگر نراند (مثل بادهای شرجی خوزستان) که البته در مناطق خشک این وضعیت کمتر پیش می‌آید. در مناطق ساحلی خلیج فارس هنگامی که بادهای گرم و سوزان بعد از عبور از سطح آب‌های خلیج فارس به طرف جلگه خوزستان و سایر مناطق ساحلی این ناحیه رانده می‌شوند، با حمل بخار آب با خود رطوبت هوا را به درجه اشباع می‌رسانند که در این حالت نه تنها زندگی طاقت‌فرساتر می‌گردد بلکه منطقه به این طریق هر چند که مدت آن کوتاه باشد از حالت آب و هوایی خشک شدید به حالت مرطوب برمی‌گردد. البته این وضع یک حالت استثنایی است و برای مناطق خشک هرگز عمومیت ندارد. آنچه را که به طور عموم باید گفت، این است که باد بر شدت تبخیر می‌افزاید و بخصوص وقتی که باد گرم و سوزان باشد رطوبت نسبی هوا می‌تواند حتی به ۷ تا ۸ درصد برسد، که در این صورت گیاهان زراعی مثل گندم و جو قبل از اینکه رشد طبیعی خود را برای رسیدن انجام دهند به رنگ زرد درمی‌آیند و در ظاهر رسیده به نظر می‌رسند، که در این حالت محصول گیاه ۵۰ درصد یا بیشتر تقلیل خواهد یافت. این وضعیت اغلب در مناطق استپی خشک پیش می‌آید که به زارعین خسارات هنگفتی وارد می‌سازد. در ایران نیز حتی در شمال گاهی این وضعیت دیده می‌شود.

تأثیر باد بخصوص در مناطق خشکی شدیدتر است که مسطح و فاقد پوشش گیاهی یا پناهگاه دیگری مثل رشته‌های کوه باشد. چنین مناطقی اگر دارای زمستان سرد توأم با برف باشند، باد، برف‌ها را که منبع بزرگ رطوبت خاک‌های این منطقه را تشکیل می‌دهند جمع و با خود به گودال‌ها و لگن‌های کوچک حمل و انباشته می‌نماید. با این ترتیب با شروع فصل گرم و ذوب شدن این برف‌ها، زمین‌های مسطح از دریافت این قبیل رطوبت طبیعی کاملاً محروم می‌مانند در صورتی که گودال‌ها از آب اشباع می‌شوند و تا مدتی هم پوشیده از آب برف می‌باشند. این قبیل تقسیمات نامنظم رطوبت به وسیله باد را می‌توان حتی در یک منطقه کوچک که دارای میکرورلیف متفاوت باشد نیز ملاحظه نمود. باد تنه و شاخه پوشش ضعیف گیاهی را بعد از خشک شدن و افتادن در سطح زمین و یا حتی گاهی در حین زندگی با ریشه از خاک می‌کند و به نقاط دور دست حمل و در گودال‌ها و دره‌ها انباشته می‌نماید. به این ترتیب باد

در کنار فاکتورهای دیگر از عواملی است که در نقصان مواد آلی و جلوگیری از تشکیل هوموس خاک مستقیماً مؤثر است و نتیجتاً در تبدیل تیپ خاک به تیپ‌های خشک‌تر کمک می‌کند.

باد در حالی که مواد سست قشر سطحی زمین را از جای کنده با خود به نقاط دور حمل می‌کند، ذرات درشت‌تری مثل سنگ‌ریزه و شن درشت را بر جای می‌گذارد و در نتیجه زمین ریگی یا سنگی را به وجود می‌آورد و یا اصطلاحاً سرزمینی با پوشش سنگی یا سنگ‌فرشی تشکیل می‌شود. از طرف دیگر حمل این مواد ریز سبب تشکیل توده‌های شن و خاک روان می‌گردند. این‌ها یا به صورت شن‌های روان در می‌آیند که دائماً در حرکتند و زمین‌های حاصل خیز و آبادی‌ها و غیره را دائماً به نابودی تهدید می‌کنند و اغلب در دل خود فرو می‌برند (مثل ایران که در اغلب نقاط آن این کیفیت به چشم می‌خورد)، یا این‌که سرزمینی را به وجود می‌آورند که از توده‌های عظیم شن پوشیده هستند که این شن‌ها می‌تواند در صورت مساعد بودن شرایط به مرور تثبیت شود که در این صورت بیولوژی نیز می‌تواند فعالیت خود را از نو آغاز کند. این قبیل رسوبات بادی در مناطق سرد تا خنک‌تر مواد لس را تشکیل می‌دهند؛ مثل بعضی از مناطق آسیای مرکزی و آسیای شرقی که تشکیل آن‌ها (لس) امروز هم انجام می‌گیرد، اما در مناطق گرم‌تر به جای لس مواد شبیه به لس تشکیل می‌گردد. مسلماً مواد معلق که باد با خود حمل می‌کند در صورتی آرامش پیدا می‌کنند و انباشته می‌گردند که به موانعی مثل پوشش گیاهی و غیره برخورد نمایند. چنان‌که برای مواد لس و مواد شبیه به آن همین مسئله صادق است. پس این مواد روان در جایی انباشته می‌شوند که میزان رطوبت منطقه بالاتر است. از این مواد (لس) حتی در مناطق استپ خشک با وجود ناچیز بودن باران سالیانه خاک‌های استپی با پروفیل عمیق و با مواد هوموسی نسبتاً مناسب مثل خاک‌های کاستانوزم به وجود می‌آید. حال هر قدر شرایط آب و هوایی مناسب‌تر شود، تیپ خاک مرغوب‌تر و بالاخره از همین مواد لسی بهترین نوع خاک یعنی، خاک چرنوزم تشکیل می‌گردد.

لازم به یادآوری است که اگر این رسوبات بادی به جای ذرات آهک و سیلیکات‌ها، قسمت اعظم آن از ذرات کوارتز تشکیل شده باشد به جای تشکیل خاک‌های حاصلخیز، سبب پیدایش خاک‌هایی با قدرت حاصل‌خیزی ناچیز تا عقیم می‌گردند. همان‌طور که بعداً خواهیم دید ذرات ریز در حین حمل به وسیله باد به سنگ‌ها برخورد می‌نمایند و به تدریج سبب فرسایش آن‌ها نیز

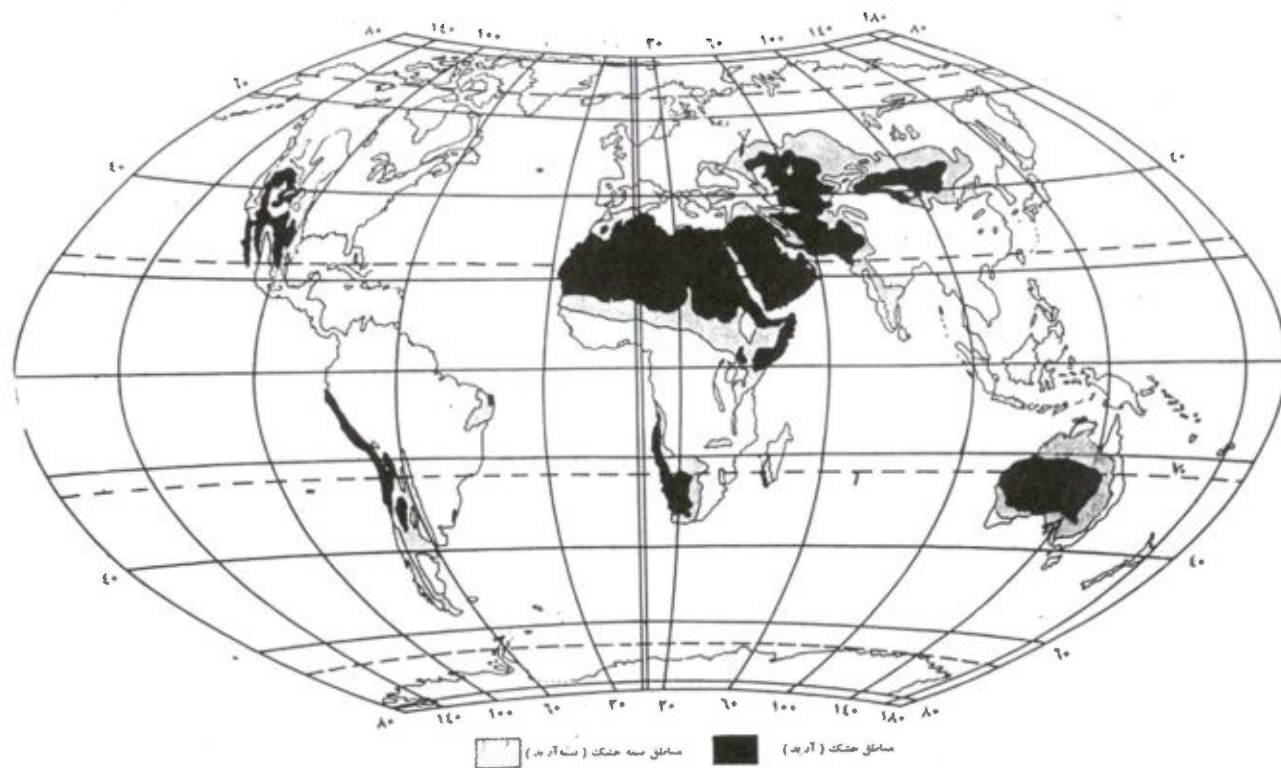
می‌شوند، در این عمل نه تنها ذرات ریزتر و پودرمانندی حاصل می‌شود بلکه یک نوع تخریب فیزیکی نیز انجام می‌گیرد. مضافاً این‌که جهت حرکت این مواد معلق به مناطق دور دست و اغلب به طرف مناطق مرطوب می‌باشد. یعنی، حمل مواد به وسیله باد از ناحیه خشک به طرف منطقه مرطوب است، در صورتی که نقل و انتقال مواد توسط آب از مناطق مرطوب در جهت مناطق خشک انجام می‌گیرد. همچنین باد قادر است در موقع کندن مواد سست از سطح زمین و یا از دیواره کوه‌ها و تپه‌ها آثاری از خود بر جای گذارد که از آن جمله تونل‌ها و یا گودال‌های فرسایشی بادی را باید نام برد، که بعدها این گودال‌ها محل تجمع آب سطحی یا تحت‌الارضی و می‌شوند و اغلب هم شورزارها و خاک‌های نوع تاکایر (تکیر) و غیره را تشکیل می‌دهند.

### ۳-۱- پراکنش و درجه خشکی

یکی از علل مهم و ایجاد مناطق خشک، وجود فشار جوئی بالای نیمه‌تروپیک می‌باشد، این فشار بالای نیمه‌تروپیک که همچون کمربندی دور کره زمین را در دو نیمکره شمالی و جنوبی احاطه نموده است، سبب زائل شدن و متفرق کردن ابرها و بالارفتن هوا به اعماق جو می‌شود. حرکت صعودی هوا نیز اغلب سبب ایجاد هوای صاف و آسمان کاملاً فاقد ابر می‌گردد. گسترش این فشار کمربندی در نیمکره شمالی نامنظم و نامحدود است و تقریباً بین ۱۵ تا ۴۵ درجه و در نیمکره جنوبی با تقاطع شدیدتر و نامنظم‌تری بین ۲۰ تا ۳۵ درجه عرض جغرافیایی قرار دارد. منطقه خشک کمربندی کره زمین به طور عموم ممالک زیر را در برمی‌گیرد: ایران، قسمت اعظم افریقای شمالی، شبه جزیره عربستان، قسمت غربی هندوستان، قسمت جنوبی روسیه شوروی، قسمت شمالی مکزیک، قسمت غربی ایالت متحده آمریکا، جنوب غربی افریقا، قسمت مرکز تا غرب استرالیا، قسمت شمالی آرژانتین، سواحل غربی آمریکای جنوبی، شمال شیلی و بخصوص پرو و هم‌چنین اکوادور (شکل ۱). خارج از حوزه فشار کمربندی نیز مناطق خشک با وسعت کم در مدخل منطقه نیمه‌قطبی یافت می‌شود که زمین‌های آن‌ها تا عمق زیاد در زمستان منجمد می‌شوند و در تابستان دوباره از انجماد بیرون می‌آیند و ذوب می‌شوند، مثل سواحل شمالی آسیا و ساحل شمالی آلاسکا و غیره. علاوه بر مناطق خشک منطقه‌ای (زونال) قطعات محدودی از مناطق خشک بین منطقه‌ای (اینترازونال) نیز یافت می‌شوند که

پیدایش آن‌ها به علت احاطه شدن به وسیله کوه‌های مرتفع که به صورت لگن بسته و جدا شده از دریای آزاد درآمده‌اند مانند قسمت کوچکی از جزیره جنوبی زلاندنو و هم‌چنین مناطقی از جزایر مالزی و قسمتی از پاتاگونی شرقی (قسمت جنوبی قاره آمریکا یا جنوب آمریکای جنوبی) که البته اغلب در طول سال خواص آب و هوای نیمه مرطوب را دارا هستند. هم‌چنین مناطقی را باید نام برد که از نواحی ساحلی بسیار دور افتاده‌اند مثل بعضی از مناطق داخلی آسیا (مرکزی) که اغلب دارای آب و هوای خشک می‌باشد (شکل ۱-۱).

همان‌طور که قبلاً اشاره شد برای به دست آوردن یک حد معین یا حدود مشخصی به عنوان مرز شاخص برای مناطق خشک مشکلات فراوانی وجود دارد، مثل نوسانات در میزان بارش سالیانه، تغییرات آب و هوایی در دوره‌های کوتاه یا بلندمدت، بهره‌برداری‌های کشاورزی (مثل از بین بردن پوشش گیاهی و غیره که با فرسایش و یا شورزایی و خشکzایی همراه است) یا وضع رلیف زمین و غیره که همه این‌ها سبب تغییرات دائمی یا موقت در وسعت درجه خشکzایی منطقه می‌گردند. طبق تقسیمات پنک در آب و هوای مرطوب تبخیر کوچک‌تر از باران سالیانه و در منطقه خشک تبخیر بزرگ‌تر از باران سالیانه است. ولی هنگامی که در یک منطقه، میزان تبخیر و باران با هم برابر ( $P=E$ ) است، یعنی، تعادل بین باران سالیانه و تبخیر برقرار باشد در این صورت این حوزه حد فاصل تقریبی بین مناطق نیمه خشک و نیمه مرطوب را بیان خواهد کرد. البته باید توجه داشت که حتی در مدخل خود مناطق خشک که مسلماً بارندگی کوچک‌تر از تبخیر می‌باشد، شدت تأثیر آب و هوای خشک باز هم بستگی به درجه خشکzایی خواهد داشت. برای تعیین درجه خشکzایی پیشنهادها و معادلات فراوانی به وسیله تعداد زیادی از محققین آورده شده است (۴ و ۵) که در این جا برای تأمین منظور ما جدول ۱-۱ را که درجه خشکzایی مناطق خشک را به طور ساده بیان می‌کند آورده می‌شود.



شکل ۱-۱: پراکندگی مناطق خشک و نیمه‌خشک در جهان

جدول ۱-۱: درجه خشکی در مناطق خشک

تأثیر آب و باد	باران سالیانه، میزان املاح	پوشش گیاه	تعداد ماه‌های مرطوب
در صورت موجود بودن پوشش گیاهی تأثیر تخریبی باد و آب ضعیف تا متوسط است	دارای دوره‌های بارانی کوتاه مدت و مشخص، تکمیل آب‌های تحت‌الارضی، آثار شوری و پوسته‌های نمک در گودال‌ها و نقاط پست بعد از تبخیر آب.	علف استپی، ساوانا، جنگل‌های بوته و بوته‌های خار (تیغستان).	۴ تا ۵ ماه
تأثیر باد شدید، تأثیر آب اغلب با وجود ناچیز بودن باران سالیانه بسیار شدید است. وجود گودال‌ها، حفره‌ها، تونل‌های از عملیات باد، شن‌های روان، سنگ‌ریزه یا ریگزارها، صحرای پوشیده از سنگ یا صخره‌زار، شتزار بسیار پراکنده، و وجود باتلاق‌های شورزار. احتمالاً نوام یا تأثیر شدید	باران کمتر فصلی و اغلب با بارش نامنظم. پوسته‌های نمک و غیره در سطح زمین، سله‌های کویری (لاک)، خاک‌های پودری نمکی، شورزارها که خاک با پودر نمک مخلوط یا پوشیده شده است.	پوشش گیاهی ناچیز و از گیاهان نیمه کویری و کناره کویری مثل علف‌های چتری بوته‌های کوتاه و پست اکاسیاه، بوته‌های خار	
باران سبیل آسایی که به ندرت می‌بارد. تأثیر باد بسیار ناچیز، ثابت، ماندن فرم موجود مسطح زمین، بدون شن‌های روان	باران بسیار نادر و به طور سبیل آسا هنوز هم تخریب به وسیله املاح امکان‌پذیر است، شورزارها با پودر نمک	پوشش گیاهی نادر، اغلب کاملاً عاری از هرگونه پوشش گیاهی است، هته کویرها	صفر

از جدول این طور نتیجه گرفته می‌شود: با وجود اینکه منطقه در بررسی کلی سالیانه مشخصات آب و هوای خشک را دارا است ( $P < E$ ) مع‌ذالک ماه‌های مرطوبی نیز در این بین وجود دارند که سبب فرم و شکل دادن منطقه از لحاظ پدولوژی - بیولوژی گشته و از شدت خشک‌زایی آن می‌کاهند. در حقیقت می‌توان گفت درجه خشک‌زایی که در این جا بیان شد به تعداد ماه‌های مرطوب هر منطقه بستگی دارد.

#### ۱-۴-۱- مشخصات عمومی خاک‌های مناطق خشک

##### ۱-۴-۱-۱- افزایش غلظت املاح محلول در خاک

همانطور که بارها اشاره شد بزرگ‌ترین مشکل مناطق خشک، غلظت زیاد املاح محلول



خاک‌های آن می‌باشد. این املاح محلول به مرور محلول خاک و کلوئیدهای آن را اشغال می‌کنند، تا جایی که هرگونه نمو و فعالیت بیولوژی را در آن غیرممکن می‌سازند. یون اصلی یا در حقیقت یون مخرب را در این جا یون سدیم تشکیل می‌دهد که می‌تواند بر حسب شرایط محیط به صورت نمک قلیایی و یا خنثی در خاک انباشته گردد. معمولاً با نقصان تدریجی رطوبت خاک یک منطقه (به علت کم شدن میزان باران سالیانه) ابتدا کربنات کلسیم در پروفیل خاک انباشته می‌گردد. به تدریج که رطوبت خاک با نزدیک شدن به منطقه آب و هوایی خشک کمتر می‌شود نوبت به سولفات کلسیم و نمک‌های محلول مثل کربنات سدیم، سولفات سدیم و کلرید سدیم می‌رسد و بالاخره تا جایی که در مناطق بسیار خشک نمک‌های بسیار حلال و هیگروسکوپیک مثل کلرید منیزیم و کلسیم قادر خواهند بود به مقدار فراوان در عمق سطحی پروفیل خاک انباشته گردند. با بالا رفتن شدت درجه خشکزاری حتی نمک‌های کربنات کلسیم در سطح خاک نیز انباشته گردیده و گاهی پوسته‌های سختی که زمین را به حالت عقیم در می‌آورند تشکیل می‌گردد. پوسته‌های نمک‌های محلول نیز در سطح پروفیل خاک بخصوص در گودال‌ها و لگن‌های پست مناطق خشک به وفور ملاحظه می‌شود.

#### ۲-۴-۱- تشکیل پوسته در سطح خاک

پیدایش پوسته به فرم‌ها و ترکیبات مختلف در سطح پروفیل خاک مشخصات دیگری از خصوصیات مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. پوسته‌های قطور آهک اغلب با حضور آب تحت‌الارضی در پروفیل خاک به وجود می‌آیند که می‌توانند از لحاظ مطالعه ژنتیکی خاک‌ها کمک مؤثری بنمایند.

همان‌طور که قبلاً اشاره شد با بالا آمدن محلول‌های بیکربنات‌دار از اعماق پروفیل به سطح خاک و تبخیر آن‌ها املاح آهک به صورت  $\text{CaCO}_3$  رسوب می‌کند و به مرور به صورت پوسته قطوری در سطح زمین انباشته می‌گردد (۲)، که در این حین نیز سنگ‌های کوچک و سنگ‌ریزه‌هایی را که در سطح پروفیل خاک اغلب به قدر کافی یافت می‌شوند به هم می‌چسبند و به صورت پوششی از کنگلومرات و برکسین (برش)، سطح پروفیل خاک را می‌پوشانند، و چنین می‌نماید که خاک زیر پوشش تخته سنگی دفن گردیده است و بدین ترتیب سرزمینی کاملاً عاری



از هرگونه پوشش گیاهی و فعالیت بیولوژی به وجود می‌آورند. همین‌طور هم پوسته‌ها می‌توانند از خشک شدن محلول کلوئیدی اکسیدهای آهن و منگنز و غیره که در محیط قلیایی ملایم به وجود می‌آیند سطح زمین را بپوشانند.

### ۳-۴-۱- تشکیل کانی‌های رسی

کانی‌های ثانوی در صورتی می‌توانند به قدر کافی تشکیل گردند که رطوبت محیط در یک حالت مناسب قرار داشته باشد. به همین علت در مناطق خشک به دلیل کمبود رطوبت تشکیل کانی رسی در یک حد کمینه‌ای قرار دارد، علاوه بر آن به علت درصد بسیار زیاد آهک در زمین‌های مناطق خشک از تشکیل کانی‌های رسی بیش از پیش جلوگیری به عمل می‌آید. معمولاً کانی‌های ناچیزی که در مناطق خشک به وجود می‌آیند به علت حضور مقدار فراوان فلزات قلیایی و قلیایی خاکی اغلب از نوع مونتموریلونیت و ایلیت می‌باشند که محل تشکیل آن‌ها هم اغلب در افق B است (به علت مناسب‌تر بودن میزان رطوبت) نقل و انتقال کانی‌های رسی در مناطق خشک به استثناء خاک‌های قلیایی یا سولونتز هرگز سابقه ندارد. البته در خاک‌های سولونتز نیز این عمل تحت شرایط معینی انجام می‌گیرد و به هیچ‌وجه نمی‌تواند عمومیت داشته باشد، زیرا این وضعیت در صورتی عملی است که رطوبت منطقه بالا برود و شرایط آب و هوایی تا حد نیمه مرطوبی تغییر وضعیت دهد. نقل و انتقال کانی‌های رسی و احتمال دفع و تجزیه آن‌ها در پروفیل خاک با بالا رفتن درجه رطوبت منطقه، زیاد می‌شود به طوری که در مناطق کاملاً مرطوب به حد بیشینه خود می‌رسد. تشکیل کانی‌های رسی از نوع کائولینت در مناطق خشک تقریباً انجام نمی‌گیرد و اگر به مقدار ناچیزی دیده شود یا به صورت کانی است که از سنگ‌ها سرچشمه می‌گیرد و یا این‌که مربوط به زمان‌های قدیم می‌باشد که منطقه، شرایط آب و هوایی مرطوب‌تری را دارا بوده است.

### ۴-۴-۱- واکنش خاک‌ها

معمولاً به علت وفور کاتیون‌های قلیایی و قلیایی خاکی در زمین‌های مناطق خشک، خاک‌ها خنثی تا قلیایی می‌باشند (pH خاک اغلب بزرگ‌تر از ۷ است). pH اسیدی به ندرت

دیده می‌شود (وجود pH کوچکتر از ۷ فقط در زمین‌هایی که از مواد کوارتزی عاری از ترکیبات قلیایی و قلیایی خاکی تشکیل شوند دیده می‌شود) pH‌های قلیایی حتی بیش از ۱۰ را نیز در مناطق خشک می‌توان ملاحظه نمود که البته به شرایط مخصوص و معینی (خاک‌های سدیمی) محدود می‌شود و هرگز عمومیت ندارد.

#### ۵-۴-۱- پوشش گیاهی و میزان مواد آلی خاک

هر قدر بر درجه خشکزاری افزوده شود به همان اندازه از میزان پوشش گیاهی سطح زمین کاسته می‌گردد. مناطق شدید اکویری (هسته کویرها) تقریباً عاری از پوشش گیاهی می‌باشند. اما در کناره آن‌ها (کویرها) ۳ تا ۴ درصد سطح خاک می‌تواند پوشیده از نبات باشد. برعکس هر قدر به مناطق مرطوب تر نزدیک شویم بر میزان پوشش گیاهی افزوده می‌شود، مثلاً مناطقی که خاک‌های آن‌ها از نوع کاستانوزم می‌باشند؛ یعنی، منطقه نیمه خشک (استپ خشک) تا ۶۵ درصد دارای پوشش گیاهی خواهند بود و در منطقه چرنوزم حتی تا ۹۰ درصد سطح خاک را گیاه پوشانده است. البته مقدار و طول ریشه‌های گیاهان مناطق خشک از لحاظ کمیت بیش از قسمت تنه آن‌ها (ساقه و شاخه و برگ) می‌باشند. در مناطق خشکی که دارای زمستان بسیار سردند کمبود پوشش گیاهی سبب یخ زدن پروفیل خاک (یا مواد سست شبه خاک) حتی تا اعماق ۴ متری می‌شود (شمال شرقی و قسمت مرکزی آسیا)، که در هر حال نتیجه آن نابودی هرگونه فعالیت و موجودیت بیولوژی خواهد بود. با این ترتیب هر قدر در صدد پوشش گیاهی خاک بالا رود به همان اندازه از شدت یخ زدن عمقی پروفیل خاک کاسته می‌شود. همین‌طور هم هر چه پوشش گیاهی کم شود به همان اندازه نیز از تراکم میزان هوموس خاک کاسته خواهد شد. چنانکه از مناطق نیمه خشک استپی (دارای خاک‌هایی با پروفیل عمیق و با افق هوموسی قطور سیاه‌رنگ A می‌باشد) به هسته‌های کویر نزدیک شویم، رنگ خاک نیز روشن‌تر می‌شود تا جایی که میزان هوموس از ۴ درصد به کمتر از ۱ درصد حتی تا صفر نقصان می‌یابد.

با افزایش درجه خشکزاری میزان هوموس نه تنها از لحاظ کمیت کاهش می‌یابد بلکه از لحاظ کیفیت نیز تغییر فاحش پیدا می‌کند یعنی، نسبت‌های اسید هومیک به اسید فولویک تغییر می‌نماید. این دو اسید که در اثر هومیزاسیون مواد آلی به وجود آمده‌اند، و به صورت نمک‌های

هومات کلسیم و منیزیم (البته قسمت اعظم از کلسیم) درآمده‌اند، از لحاظ کیفیت کاملاً مختلف می‌باشند. برای نشان دادن اهمیت این مطلب جدول شماره ۱-۲ که رابطه بین نسبت‌های درصد کربن آن‌ها را با نوع خاک نشان می‌دهد آورده شده‌است. آزمایش‌های انجام شده، مربوط به خاک‌های روسیه شوروی (سابق) است. در این جدول  $C_H$  مقدار کربن برای اسید هومیک و  $C_F$  مقدار کربن اسید فولویک است.

جدول ۱-۲: رابطه بین نوع خاک و نسبت کربن اسید هومیک به اسید فولویک	
نسبت $C_H:C_F$	نوع خاک
۰/۵-۰/۷	خاک قهوه‌ای نیمه کویری (بروزم)
۰/۸-۱	سیروزم (کویر - نیمه کویر)
حدود ۱/۵	کاستانوزم (با رنگ روشن از استپ خشک)
۱/۵ تا ۱/۷	کاستانوزم (با رنگ تیره و با مواد آلی بیشتر مربوط به استپ خشک)
۱/۵ تا ۲/۵	چرنوزم (مربوط به مناطق نیمه خشک، استپ علفی)

طبق جدول ۳ افزایش میزان رطوبت منطقه نه تنها بر مقدار مواد آلی بلکه روی ترکیبات شیمیایی آن نیز اثر مستقیم می‌گذارد، به طوری که با بالا رفتن شدت درجه خشکزاری از مقدار اسید هومیک پایدار و با مولکول‌های درشت و غنی از ازت کاسته و به عکس به درصد اسید فولویک با مولکول‌های پست و فقیر از ازت اضافه می‌شود. فعالیت باکتریولوژی خاک نیز محدود است و در مناطق کاملاً کویری به کم‌ترین حد می‌رسد. حدود فعالیت جانوران کوچک خاکی (حشرات) صرف‌نظر از خاک‌های چرنوزم که اغلب انواع جانوران در آن منزل دارند، در خاک‌های مناطق خشک چندان زیاد نیستند. شیارها و سوراخ‌هایی که به وسیله جانوران خاکی درست می‌شود و با مواد هوموسی قسمت سطحی پروفیل خاک (با قسمت‌های سطحی پروفیل به وسیله مواد معدنی عمقی) پر می‌گردند به نام کروتوین‌ها معروف‌اند و مخصوص خاک چرنوزم می‌باشند که به وفور در پروفیل آن دیده می‌شوند. کروتوین‌ها هم‌چنین در خاک‌های کاستانوزم نیز ملاحظه می‌گردند. از جانورانی که اغلب در مناطق خشک یا در عمق چند سانتی‌متری پروفیل خاک و یا در زیر پوشش‌های سنگی سطحی خاک که سایه و محفوظ است و دارای رطوبت مناسب‌تری می‌باشد ملاحظه می‌گردند گروه *Arehnoidea Coleoptera* و غیره می‌باشند. هم‌چنین حیوانات جونده و حشرات مختلف در خاک‌های نیمه کویری زندگی

می‌کنند که در مخلوط کردن خاک مربوط به افق‌های مختلف پروفیل شرکت دارند (۳).

#### ۱-۴-۶- ساختمان و بافت خاک

ساختمان خاک در مناطق خشک اغلب از ذرات درشت تشکیل گردیده است و بخصوص، گاهی قسمت اعظم پروفیل متشکل از سنگ‌های ریز و درشت می‌باشند. بافت خاک‌های مناطق خشک اغلب دارای وضع و فرم مشخصی نیستند و به علت مشخص نبودن بافت نمی‌توان بر حسب قرارداد کلی تعریفی برای آن‌ها قائل شد. بیشتر خاک‌های مناطق خشک از مواد سست و شل تشکیل شده‌اند و فقط به طور ضعیف دارای بافتی به صورت بافت اسفنجی می‌باشند. در بعضی از تیپ‌های خاک افق‌های عمقی (مثلاً بعد از افق A یا بعد از لایه‌های چند سانتی متری سطحی) به علت این‌که مواد کانی رسی در آن‌ها معمولاً بیشتر است (به علت رطوبت زیادتر و تخریب شدیدتر و یا علل دیگر)، فشرده می‌باشند. این فشردگی خاک می‌تواند ملایم تا شدید باشد، تا جایی که نفوذ آب را به اعماق پروفیل مشکل می‌سازند و هم‌چنین فرم‌های مختلف بافت را تشکیل می‌دهند که مخصوص خاک سنگین می‌باشد. در این صورت برای چنین افقی اغلب این فرصت پیش می‌آید تا با یون‌های سدیم و گاهی منیزیم اشباع گردند که مسلماً به درجه سنگینی و میزان تخریب ساختمان خاک بیش از پیش افزوده خواهد شد.

#### ۱-۴-۷- حاصل‌خیزی خاک

مواد غذایی گیاهی خاک‌های مناطق خشک از لحاظ کیفیت و کمیت به علت خشکزاری دائمی دارای خصوصیات فراوانی می‌باشند که در مناطق مرطوب هرگز نظیر آن دیده نمی‌شود. درباره مشخصات شیمیایی خاک‌های مناطق خشک همان‌طور که قبلاً بحث شد باید وجود pH قلیایی، مواد آلی ناچیز، نتیجتاً فقدان ازت، کمبود فسفر قابل جذب گیاه (که در عین حال میزان فسفر کل اغلب بسیار بالاست) شدت تثبیت فسفر و اغلب هم پتاس و غیره را نام برد. امکان رقابت کاتیون‌ها از لحاظ تغذیه نبات بسیار شدید می‌باشد و یا در حقیقت باید گفت چهار کاتیون اصلی ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) هر یک به سهم خود در این‌جا به نحوی از انحاء در تعویض یونی خودنمایی می‌نمایند، که نتیجه آن به صورت کمبود یا مسمومیت در گیاه به ظهور

می‌رسد. عناصر فرعی یا میکروالمنت‌ها در خاک‌های مناطق خشک به مقدار فراوان یافت می‌شوند اما به علل فراوان مثل واکنش قلیائی محیط، وجود آهک زیاد، میزان ناچیز مواد آلی، رطوبت ناچیز، خشکی دوره‌ای بسیار شدید خاک (گاهی رطوبت خاک حتی به ۲ تا ۳ درصد هم می‌رسد) و درجه حرارت بالای آن (که گاهی به بیش از ۷۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد) میزان قابل استفاده این عناصر (میکروالمنت‌ها) برای گیاه به کمترین حد ممکن رسیده یا حتی جذب آن‌ها را غیرممکن می‌سازند.

نتیجه می‌گیریم که پدولوژی مناطق خشک با کمبود رطوبت خاک، ضعف فعالیت بیولوژی، فقیر بودن خاک از کلوتیدهای جاذب یونی مثل اسیدهای هومینی و کانی‌های رسی، کندی و یا عدم تشکیل و تکامل صحیح خاک، فرسایش شدید، تهدید شورزاری و کویری شدن دست به گریبان می‌باشند، که باید برای ایجاد و توسعه کشاورزی همه این مشکلات را دقیقاً شناخت تا بتوان با موفقیت به مبارزه با آن‌ها پرداخت. برای این‌که اهمیت این مبحث به طور ساده‌تر بیان گردد، جدول شماره ۱-۳ دینامیک خاک را در دو منطقه خشک و مرطوب، با هم مقایسه می‌کند.

جدول ۱-۳: مقایسه ویژگی‌های خاک‌های مناطق خشک و مناطق مرطوب (۱).

دینامیک و موجودیت		ویژگی خاک
در مناطق مرطوب	در مناطق خشک	
جنگل‌های انبوه، خاک با پوشش گیاهی کاملاً پوشیده است.	علفهای استپی، بوته‌های علفی و هم‌چنین درخت‌های پراکنده در ساوانا خشک، بالاخره خاک می‌تواند تا حدودی پوشیده از نبات و یا کاملاً لخت باشد.	پوشش طبیعی خاک به وسیله گیاهان
پوشش سنگی به طور معمول هرگز دیده نمی‌شود، مگر در حالت‌های بسیار استثنایی که محل تحت تأثیر فرسایش بادی و آبی با توجه به رلیف قرار گرفته باشد.	پوشش سنگی و بوسته‌ها اغلب دیده می‌شود بخصوص در حدفاصل بین منطقه خشک و نیمه خشک.	پوشش خاک به وسیله پوشش سنگی و بوسته‌ها
بیشتر اوقات حرکت به طرف پایین است، بخصوص شستشوی املاح از افق‌های سطحی و عمق شخم به اعمال پروفیل انجام	بیشتر اوقات (به طور عموم همیشه) به طرف بالا است به طوری که سبب انباشته شدن املاح در سطح خاک، عمق شخم	جهت حرکت محلول‌های خاک

ادامه جدول ۱-۳

دینامیک و موجودیت		ویژگی خاک
در مناطق مرطوب	در مناطق خشک	
می‌گیرد. کوچکتر یا مساوی ۷ (اغلب و واکنش خاک اسیدی است).	یا سایر عمق‌های پروفیل خاک بزرگتر از ۷ (اغلب واکنش خاک قلیائی تا خنثی است).	pH خاک
کائولینیت، ایلیت و سایر کانی‌های تغییر و تبدیل یافته، تمایل شدید برای تجزیه و تخریب کانی‌های رسی حتی آن‌هایی که در مواد اولیه وجود دارند.	تمایل جهت تشکیل کانی‌های جدید فقط به طور ضعیف وجود دارد، اغلب هم به صورت مونتموریلونیت و سایر کانی‌های رسی قابل انبساط سه لایه می‌باشند. کائولینیت به عنوان تشکیلات جدید وجود ندارد.	کانی‌های رسی تازه تشکیل شده
معمولاً زیادتر است. قسمت اعظم آن‌ها اسیدهایی با مولکول‌های پست می‌باشند و به علاوه قسمتی فقر هم اسید هومیک محلول در آب هستند که اغلب به صورت ترکیب آزاد می‌باشند.	در خاک‌های امتهی به چند درصد می‌رسد که دارای هومات فراوان از ازت می‌باشد. با بالا رفتن شدت خشک‌زای هوموس کم و هومات فقیر درمی‌آیند، معمولاً مواد هوموسی اغلب به صورت هومات کلسیم و منیزیم می‌باشند.	میزان هوموس و مشتقات آن
میزان یون سدیم بسیار ناچیز است اما یون‌های $H_2^{2+}$ و $Al^{2+}$ و $Fe^{2+}$ می‌توانند گاهی یا اغلب قسمت اعظم یون‌ها را تشکیل دهند.	اغلب یا قسمت اعظم با یون‌های $Mg^{2+}$ و $Ca^{2+}$ میزان یون سدیم قابل تمویض محدود است و درصد زیاد آن همیشه به محل‌ها و شرایط معینی (مثل سولونترز) اختصاص دارد.	نوع کاتیون‌های قابل تمویض خاک
به مقدار فراوان موجود است.	اغلب وجود ندارد	اکسیدهای آزاد $Al_2O_3$ و $Fe_2O_3$ تا آن حدی که در حین تشکیل خاک جدیداً به وجود آمده باشند.
به طور عموم کمتر است.	به طور عموم بسیار زیاد است اما میزان ازت ناچیز می‌باشد.	میزان مواد غذایی گیاهی

■ منابع فصل اول:

- ۱- قبادیان، عطاءالله، ۱۳۶۳. پدولوژی مناطق خشک و نیمه خشک، انتشارات عمیدی.
- 2- Franz, H. and G. 1968. Beitrag zur kenntnis der Bodenbildung von kalkkrusten in Boeden der warmen Trockengebieten. Z. f. Pflanzenernaeh. u. Dungung, Bodk. B. 121, H. 1.
- 3- Joffe, J. S. 1949. Pedologie. New Brunswick u. New Jersey.
- 4- Keller, R. 1961. Gewaseer und Wasserhaushalt des fest landes. Berlin.
- 5- Walter, H. 1957. Die klima - Diagramme der Waldsteppengebieten und Steppengebieten in Osteuropa. Stuttgarter Geographische Studien 69, (Lautensach - Festschrift).
- 6- Wilhelmy, H. 1958. Klimamorphologie der Massengesteine. Braunschweig.



## سؤالات فصل ۱

- ۱- سه عامل مهم اقلیمی در مناطق خشک را نام ببرید.
- ۲- ویژگی‌های حرارتی در مناطق خشک را شرح دهید.
- ۳- کمربند خشکی کره زمین بین کدام عرض‌های جغرافیایی واقع شده است.
- ۴- چرا pH خاک‌های مناطق خشک معمولاً بازی است.
- ۵- دلایل غیرقابل جذب بودن عناصر غذایی کم مصرف (میکروالمنت‌ها) برای گیاه در خاک‌های مناطق خشک را نام ببرید.

## فصل دوم

طبقه‌بندی مناطق خشک و نیمه خشک

---

---

## هدفهای رفتاری فصل ۲

انتظار می‌رود دانشجویان پس از مطالعه این فصل به سؤالاتی که دربارهٔ مسائل زیر مطرح می‌شود پاسخ مناسب ارائه دهند.

- \* دلیل وجود تنوع و طبقه‌بندی‌های مختلف اقلیم مناطق خشک چیست؟
- \* سیستم‌های طبقه‌بندی اقلیم‌های خشک عمدتاً بر چه اصولی مبتنی است؟
- \* وجوه مشترک و تمایز سیستم‌های طبقه‌بندی اقلیم‌های خشک کدامند؟
- \* از منابع و پتانسیل‌های موجود در مناطق خشک و بیابانی چگونه می‌توان بهره‌برداری اقتصادی و پایدار نمود؟

## فصل دوم - سیمای طبیعی مناطق خشک

### ۱-۲- سیستم‌های اصلی طبقه‌بندی

لغت خشک (از کلمه *arere* به معنی خشک بودن) به معنی کمبود بارندگی است. کمبود بارندگی خصوصیت اصلی مناطق خشک می‌باشد. به همین دلیل، تلاش‌های اولیه برای طبقه‌بندی اقلیم‌های خشک عموماً بر مبنای مقدار بارندگی سالانه بوده است. اما، مقدار بارندگی در مناطق خشک معیار کاملی از خشکی نیست، مگر آن که پراکنش بارندگی نیز مدّ نظر قرار گیرد که خود به عوامل متعدّدی بستگی دارد (۱).

محققان مختلف اقلیم‌های خشک را بر مبنای شاخص‌های متعدّدی از قبیل ترکیب ساده‌ای از بارندگی با عواملی چون دما، تبخیر، رطوبت نسبی و یا بر اساس طول فصل خشک یا فصل رشد و اشکال مختلف پوشش گیاهی، طبقه‌بندی کرده‌اند. اخیراً، مدل‌های مختلفی تهیه شده است که در آن‌ها از روابط ساده مثل نسبت بارندگی به تبخیر و تعرّق تا روابط پیچیده خاک - گیاه - اتمسفر استفاده شده است (۱۲).

شرح کامل کلیّه سیستم‌های طبقه‌بندی که در منابع علمی وجود دارد یا حتی روش‌هایی که به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند، خارج از چارچوب این کتاب است؛ ولی برخی نمونه‌های طبقه‌بندی اقلیمی که در آن‌ها از رهیافتهای مختلفی استفاده شده است، به طور خلاصه توضیح داده می‌شود:

### ۱-۲-۱- سیستم طبقه‌بندی اقلیم کوپن

به نظر کوپن گیاهان بهترین معیار از کلیّت یک اقلیم هستند (۱۰). این روش، بهترین سیستم شناخته شده و به طور گسترده‌ای مورد پذیرش قرار گرفته است؛ زیرا بر اساس معیارهای نسبتاً

ساده‌ای است که می‌توان آن‌ها را در اکثر مناطق دنیا اندازه‌گیری و یا برآورد نمود (که معمولاً مبنی بر مقدار و پراکنش بارندگی و دما می‌باشد). به همین دلیل، این روش برای مقایسه کلی مناطق و اقلیم‌ها و محدودیت‌های اشکال مختلف بهره‌برداری از زمین مفید شناخته شده است (۲۱). فرضیات این روش عبارت‌اند: (الف) هرچه درجه حرارت بیشتر باشد برای حفظ درجه مشابهی از خشکی به بارندگی بیشتری نیاز است، (ب) اگر بارندگی در فصل سرد حادث شود به مقدار کمتری بارندگی نیاز می‌باشد، و بالعکس اگر بارندگی به صورت یک‌نواخت در سراسر سال توزیع شود یا در زمانی نازل شود که هوا گرم است، به مقدار بیشتری بارندگی نیاز می‌باشد. کوپن در ابتدا پنج نوع اصلی اقلیم را تعریف نمود که فقط یکی از آن‌ها اقلیم خشک است و شامل مناطقی است که متوسط بارندگی آن‌ها کمتر از تبخیر می‌باشد.

اقلیم‌های خشک به نوبه خود به دو گروه تقسیم می‌شوند، یکی اقلیم‌های بیابانی (یا اقلیم‌های خشک) که در آن‌ها مقدار بارندگی برای تولید محصولات زراعی کافی نیست، و دیگری اقلیم‌های استپی (یا اقلیم‌های نیمه‌خشک) که در آن‌ها مقدار بارندگی برای تولید انواع معینی از گیاهان زراعی کافی است، مشروط به آن که از روش‌های مدیریتی مناسب استفاده شود. علف‌های چمنی مهمترین گیاهان بومی استپها می‌باشند. تقسیم‌بندی جزئی بر مبنای توزیع فصلی بارندگی است، بدین معنی که بارندگی عمدتاً در طی شش ماه خنک‌تر سال (بارندگی زمستانه) صورت می‌گیرد یا این که در طول شش ماه گرم‌تر سال (بارندگی تابستانه) اتفاق می‌افتد. در غیر این صورت، گفته می‌شود که توزیع فصلی مشخصی وجود ندارد.

تقسیم‌بندی نهایی بر مبنای دما است؛ یعنی، اگر میانگین دمای سالانه بیشتر از ۱۸ درجه سانتی‌گراد باشد، اقلیم گرم و خشک و اگر کمتر از ۱۸ درجه سانتی‌گراد باشد اقلیم سرد و خشک در نظر گرفته می‌شود. چون عرض جغرافیایی عامل اصلی تعیین‌کننده دما است، طبقه‌بندی اراضی خشک به صورت زیر نیز انجام می‌شود: (۱) مناطق بیابانی با عرض جغرافیایی کم (یا گرم)، (۲) مناطق استپی با عرض جغرافیایی کم و (۳) مناطق بیابانی و استپی با عرض جغرافیایی متوسط (سرد).

## ۲-۱-۲- روش دومارتن

دومارتن (۴) تلاش کرد تا یک رابطه تجربی بین دما و بارندگی پیدا کند تا به وسیله آن

تعریف دقیق‌تر و جامع‌تری از اقلیم‌های خشک حاصل شود. این رابطه به صورت «شاخص خشکی» ارائه شد و می‌تواند در یک دوره چند روزه، یک ماه، یک فصل، یا یک سال مورد استفاده قرار گیرد:

$$I = \frac{np}{t+10}$$

که در آن:  $I$ ، شاخص خشکی؛  $n$ ، تعداد روزهای بارانی؛  $p$ ، میانگین میلی‌متر بارندگی در روز و  $t$  میانگین دما در طی دوره موردنظر بر حسب درجه سانتی‌گراد است. وقتی شاخص فوق برای یک سال محاسبه شود،  $I < 20$  نشان‌دهنده یک اقلیم خشک و  $20 < I < 30$  نشان‌دهنده یک اقلیم نیمه خشک است.

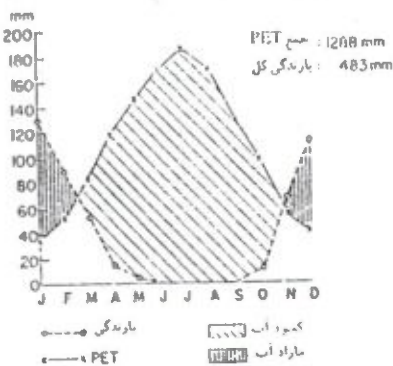
### ۳-۱-۲- روش گوسن

گوسن بر اساس مطالعات بر روی گیاهان طبیعی، یک طبقه‌بندی اقلیمی ارائه داد که بر مبنای تعداد ماه‌های خشک در یک سال بود. اگر برای یک ماه  $p < 2t$  باشد، آن ماه خشک در نظر گرفته می‌شود، که در عبارت مذکور  $p$  میانگین ماهیانه بارندگی (سانتی‌متر) و  $t$  میانگین ماهیانه دما ( $^{\circ}\text{C}$ ) است. این طبقه‌بندی در اقلیم‌های مدیترانه‌ای نتایج خوبی داد، اما در مقیاس جهانی موفقیت کمتری یافته است (۲۳).

### ۴-۱-۲- روش ترنت وایت

ترنت وایت (۱۶) روش دومارتن را به وسیله واردکردن مفهوم موازنه آب بهبود بخشید. در طبقه‌بندی ترنت وایت دو عنصر اساسی وجود دارد: (الف) عرضه آب به شکل بارندگی و (ب) تقاضا برای آب که ناشی از تبخیر و تعرق است. بارندگی و تبخیر و تعرق دلایل هواشناسی متفاوتی دارند و ممکن است با یکدیگر از نظر کمیت و توزیع فصلی بسیار متفاوت باشند. از دیدگاه بارندگی، وقتی بارندگی بیشتر از تبخیر و تعرق باشد، ترنت وایت اقلیم مربوط را مرطوب در نظر می‌گیرد؛ و اقلیم خشک به اقلیمی می‌گوید که در آن مقدار تبخیر و تعرق به طور قابل توجهی بیشتر از بارندگی است.

هم‌چنین ترنت وایت بین تبخیر و تعرق حقیقی<sup>۱</sup> که ممکن است در یک اقلیم خشک به علت کمبود رطوبت، بسیار کم باشد و تبخیر و تعرق بالقوه<sup>۲</sup> که عبارت از مقدار آبی است که در شرایط ایده‌آل رطوبت خاک و پوشش گیاهی از سطوح آن‌ها تبخیر می‌شود، مقادیر متفاوتی قائل شد. تبخیر و تعرق بالقوه فقط به اقلیم بستگی دارد و ترنت وایت، با مقایسه آن با میزان بارندگی، یک سیستم طبقه‌بندی برای اقلیم‌های خشک ارائه داد. در روش ترنت وایت، تبخیر و تعرق بالقوه توسط یک فرمول تجربی که شامل میانگین ماهیانه دما و متوسط طول روز است، محاسبه می‌شود. وقتی منحنی تبخیر و تعرق بالقوه و بارندگی ترسیم شوند، می‌توان زمان و مقدار فزونی تبخیر و تعرق بر بارندگی را تعیین نمود (شکل ۲-۱). وقتی بارندگی برای تأمین آب موردنیاز جهت تبخیر و تعرق بالقوه، کافی باشد، «شاخص رطوبتی» مساوی با صفر در نظر گرفته می‌شود؛ این شاخص در اقلیم‌های مرطوب مقادیر مثبت و در اقلیم‌های خشک مقادیر منفی به خود می‌گیرد.



شکل ۲-۱: مقایسه بارندگی فصلی (R) و تبخیر و تعرق بالقوه (PET): تغییرات R و PET در طول سال در دو منطقه الف (بالا) و منطقه ب (پایین). PET با استفاده از فرمول پنمن محاسبه شده است. در روش ترنت وایت، برای ساده‌تر شدن

1. Actual evapotranspiration.
2. Potential evapotranspiration.



روش و بدون آن که ارزش آن کاهش یابد، از اثر سایر عوامل مهم دیگر بر تبخیر (مثل باد، رطوبت و تابش خورشیدی) صرف نظر شده است و فرض تغییرات این عوامل با تغییرات دما هماهنگ است.

ویرمانی و همکاران (۲۲) پس از ارزیابی هفت روش مهم طبقه‌بندی اقلیمی، نتیجه‌گیری نمودند که روش‌هایی که در آن‌ها از بارندگی و تبخیر و تعرق بالقوه (PET) استفاده می‌شود بر دیگر روش‌ها برتری آشکاری دارند؛ زیرا این دو پارامتر در ارزیابی موازنه آبی یک منطقه جزو مهم‌ترین عوامل به شمار می‌آیند. موازنه آبی عامل اصلی مؤثر بر تولید محصولات زراعی در دیم‌زارهای مناطق نیمه‌خشک است. در مناطق گرمسیری، روش ترنت‌وایت مقدار تلفات آب را کمتر تخمین می‌زند؛ در این مناطق شدت خشکی بیشتر از شمال آمریکا است که روش ترنت‌وایت در آن جا ابداع شده است (۶).

#### ۵-۱-۲- روش‌های تغییر یافته موازنه آب ترنت‌وایت

پس از ابداع روش ترنت‌وایت، چندین روش دیگر که مبتنی بر اعمال تغییراتی در روش ترنت‌وایت بود ارائه شد؛ از جمله:

**روش میگز:** میگز (۱۳) با تغییراتی در سیستم ترنت‌وایت نقشه‌هایی تهیه کرد که در آن پراکنش اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک در جهان نشان داده شده است. در این روش تقسیمات اصلی اقلیمی بر پایه درجه خشکی (بسیار خشک، خشک و نیمه‌خشک) است که در آن از «شاخص رطوبتی» ترنت‌وایت استفاده شده است:

اقلیم	شاخص رطوبتی ترنت‌وایت
اقلیم بسیار خشک	۵۷- یا کمتر
اقلیم خشک	۴۰- تا ۵۷-
اقلیم نیمه‌خشک	۲۰- تا ۴۰-

حد پایین منطقه نیمه‌خشک یعنی، ۲۰- تقریباً حدی است که فراتر از آن کمبود بارندگی عامل اصلی محدود کننده کشاورزی نیست. مرز تقسیم بین منطقه نیمه‌خشک و خشک یعنی، ۴۰-، مناطقی را شامل می‌شود که در آن‌ها با به کارگرفتن روش‌های مناسب می‌توان اراضی قابل

کشت را به زراعت دیم اختصاص داد. در اقلیم بسیار خشک، هیچ‌گونه روند مشخصی برای بارندگی وجود ندارد و در آن‌ها عدم وجود بارندگی در طی ۱۲ ماه متوالی نیز ثبت شده است. در روش میگز، زیرگروه‌هایی نیز بر اساس دما در نظر گرفته شده است که در آن از میانگین سردترین و گرم‌ترین ماه‌های سال به صورت زیر استفاده می‌شود: زیر  $0^{\circ}\text{C}$ ؛ بین  $0^{\circ}\text{C}$  و  $10^{\circ}\text{C}$ ؛ بین  $10^{\circ}\text{C}$  و  $20^{\circ}\text{C}$ ؛ بین  $20^{\circ}\text{C}$  و  $30^{\circ}\text{C}$ ؛ و بالاتر از  $30^{\circ}\text{C}$ . در این روش تقسیم‌بندی ریزتری نیز وجود دارد که مبنی بر روش کوپن بر مبنای فصل وقوع بارندگی است.

میگز از روش خود برای بیابان‌های سرد آلاسکا، سبیری، و غرب فلات تبت استفاده نمود. در این مناطق متوسط دما در گرم‌ترین ماه سال کمتر از  $10^{\circ}\text{C}$  است، و حتی با انجام آبیاری نیز نمی‌توان محصول رضایت‌بخشی را برداشت نمود.

**روش تول:** تول (۱۸) یک روش طبقه‌بندی پیشنهاد نمود و آن را اقلیم‌های فصلی زمین<sup>۱</sup> نامید. روش نامبرده بر مبنای دو گروه متغیرهای اصلی یعنی، گرمایی و رطوبتی بود. در این روش تأکید اصلی بر روی طول مدت فصول (ماه‌های) خشک و مرطوب است و کمتر بر استفاده از مقادیر سالانه بارندگی، دما و رطوبت تأکید دارد. یک ماه در صورتی مرطوب در نظر گرفته می‌شود که میانگین بارندگی آن بیشتر از تبخیر و تعرق بالقوه باشد. بنا بر روش تول مناطق گرمسیری، به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

گرمسیری بارانی	۷ تا ۱۲ ماه مرطوب
گرمسیری مرطوب - خشک	۴/۵ تا ۷ ماه مرطوب
گرمسیری خشک	۲ تا ۴/۵ ماه مرطوب
گرمسیری نیمه‌بیابانی	کمتر از ۲ ماه مرطوب

این روش طبقه‌بندی برای توصیف مناطق گرمسیری آفریقا و جنوب آمریکا نتایج رضایت‌بخشی داده است. «مؤسسه تحقیقات بین‌المللی گیاهان زراعی برای مناطق گرمسیری نیمه خشک»<sup>۲</sup> (ICRISAT) از روش تول برای مشخص نمودن حوضه فعالیت خود استفاده

1. Seasonal climates of earth.

2. International Crops Research Institute for the Semi-arid Tropics.

می‌کند.

**روش هارگریوز:** در این روش طبقه‌بندی، با استفاده از احتمالات مربوط به وقوع بارندگی به جای متوسط ماهانه بارندگی، درصد احتمال خطر کمبود بارندگی تعیین می‌شود. هارگریوز (۸) یک شاخص رطوبت قابل دسترس<sup>۱</sup> (MAI) ارائه داد و آن را به صورت نسبت بارندگی ماهانه (که احتمال وقوع آن مقدار بارندگی و یا بیشتر از آن ۷۵ درصد باشد) به تبخیر و تعرق بالقوه ماهانه تعریف نمود. در این روش مناطقی که دارای ۳ تا ۴ ماه متوالی با  $MAI > 0.33$  باشند به عنوان نیمه‌خشک در نظر گرفته می‌شوند و برای کشت گیاهان زراعی که به یک دوره ۳ تا ۴ ماهه نیاز دارند، مناسب هستند.

**روش بایلی:** بایلی (۲) پیشنهاد نمود که به جای استفاده از مقادیر تبخیر و تعرق بالقوه (PET)، از مقادیر مربوط به تبخیر حقیقی<sup>۲</sup> (AE) برای اندازه‌گیری اثربخشی و کارایی بارندگی استفاده شود، و بدین ترتیب شاخص رطوبتی بایلی (S) را ارائه داد:

$$I = \frac{S}{6/37}$$

که در آن I نسبت بارندگی از مقدار تبخیر مطلوب (OE) است، که مقدار آن حدود ۸۰ درصد حداکثر تبخیر است. بارندگی که تکافوی OE را بنماید، بارندگی مطلوب (OP) نامیده می‌شود.

**شاخص خشکی UNESCO:** یونسکو (۱۹) بر اساس شاخص خشکی P/PET (P)، بارندگی؛ PET، تبخیر و تعرق بالقوه) انواعی از مناطق اقلیمی را تعریف نمود. در این روش چهار نوع مناطق خشک مشخص شدند:

- خیلی خشک ( $P/PET < 0.3$ ): بیابان‌های عاری از گیاه، به استثنای گیاهان زودگذر<sup>۳</sup> و گیاهان بوته‌ای<sup>۴</sup> که در بنتر رودخانه‌ها می‌رویند.
- خشک ( $0.3 < P/PET < 0.6$ ): مناطق خشک با گیاهان چند ساله و یک‌ساله پراکنده که برای چرای دام‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

1. Moisture availability index.

2. Actual evaporation.

3. Ephemerals.

4. Shrubs.

● **نیمه‌خشک ( $0/5 < PET < 0/2$ ):** استپ و بوته‌زارهای گرمسیری که در آن زارعت دیم به طور گسترده به اجرا گذاشته می‌شود.

● **نیمه‌مرطوب ( $0/75 < P/PET < 0/5$ ):** دارای پوشش گیاهی متراکم‌تر که در آن‌ها زارعت دیم انجام می‌شود و از گیاهان سازگار به خشکی‌های موقت استفاده می‌شود. بنابر نظر هاتفیلد (۹)، طبقه‌بندی مناطق با استفاده از روش یونسکو دقیق نیست و ممکن است در طبقه‌بندی یک محل معین خطاهای بزرگی حادث شود.

**روش FAO:** فائو (۵) سعی کرده‌است بر اساس طبقه‌بندی اقلیم‌های خشک بر مبنای دوره رشد، روش یونسکو را بهبود بخشد. دوره رشد عبارت است از تعداد روزها در طی سال که در آن‌ها  $PET > 0/5$  می‌باشد به اضافه یک دوره که طی آن ۱۰۰ میلی‌متر آب ذخیره شده در منطقه ریشه، قابل استفاده گیاه باشد. در این روش، روزهایی که دمای آن‌ها برای رشد گیاه کافی نیست (میانگین دما برابر با ۵ تا ۶°C) در محاسبه طول دوره رشد حذف می‌شوند. با استفاده از این روش، مناطق به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

● **بسیار خشک<sup>۱</sup>:** بدون روزهایی با  $PET > 0/5$ ، فاقد دوره رشد

● **خشک<sup>۲</sup>:** دارای ۱ تا ۷۴ روز دوره رشد

● **نیمه‌خشک<sup>۳</sup>:** دارای ۷۵ تا ۱۱۹ روز دوره رشد

## ۶-۲- نتیجه‌گیری

طبقه‌بندی اقلیم‌ها در سطح جهانی و منطقه‌ای و مشخص نمودن خصوصیات اقلیمی، باعث می‌شود انتقال علم، تجربه و روش‌های تولیدی مفید و موفق از یک بخش دنیا به دیگر نقاط تسهیل شود. این مزیت در صورت استفاده از سایر سیستم‌های جهانی طبقه‌بندی منابع، مثل سیستم طبقه‌بندی منابع خاک، دو چندان خواهد شد (۲۱). اما، از لحاظ سادگی و کامل بودن، هیچ یک از روش‌های طبقه‌بندی ارائه شده، مطلوب نیستند. به علاوه، محدودیت اصلی کلیه این روش‌های طبقه‌بندی در مورد اقلیم‌های خشک این است که دارای تنوع قابل ملاحظه‌ای

هستند؛ این اقلیم‌ها با فرآیندهای پیچیده اتمسفری کنترل می‌شوند که به سادگی در اثر تغییرات حرکت هوا، جریان‌های اقیانوسی و دما دست‌خوش تغییر می‌شوند. در نتیجه، پارامترهای مربوط به وضعیت هوا و (مخصوصاً) بارندگی در مدل میانگین، نوسان‌های قابل توجهی دارند. سایرمانیام و ساستری (۱۴)، در بررسی یک دوره ۷۵ ساله دریافتند که در این دوره ۳۹ سال خشک و ۳۷ سال مرطوب وجود داشته است؛ آن‌ها نتیجه‌گیری کردند که تعریف یک اقلیم می‌تواند از سالی به سال دیگر تغییر کند. والتن (۲۴) اظهار داشت که تغییرات زیاد بارندگی در مناطق خشک، استفاده از میانگین بارندگی سالانه را غیر مؤثر می‌کند؛ بنابراین، بر تفسیر هر نوع شاخص اقلیمی تأثیر می‌گذارد. تحت این شرایط، استفاده از مقادیر میانگین در روش‌های طبقه‌بندی موجب می‌شود، این روش‌ها بخش اعظم اهمیت خود را از دست بدهند؛ بنابراین، مرز بین مناطق مختلف اقلیمی به خوبی مشخص نمی‌شود و همواره تغییر می‌کند. عدم توجه به چنین نوساناتی، مشکلات بزرگی مثل توفان‌های گرد و غبار دهه ۱۹۳۰ در آمریکا و بیابانی شدن مناطق بزرگی را از دنیا طی سال‌های اخیر، دربرداشته است. به منظور ارتباط دادن عوامل اقلیمی با نظام‌های بهره‌برداری اراضی و عملیات مدیریتی، از روش عملی طبقه‌بندی اقلیمی زیر که برای این هدف مناسب‌تر است (با توجه به محدودیتهای آن)، استفاده شده است.

## ۲-۲- انواع اقلیم‌های خشک

انواع اصلی اقلیم‌های خشک از نظر محل آن‌ها و رژیم دمایی عبارت‌اند: (الف) اقلیم‌های خشک (یا بیابانی) با بارندگی ناکافی برای تولید گیاهان زراعی؛ (ب) اقلیم‌های نیمه‌خشک که در آن‌ها یک فصل خشک و یک فصل مرطوب به صورت متناوب وجود دارد. سه نوع متفاوت مناطق نیمه‌خشک وجود دارد:

- اقلیم گرمسیری عاری از یخبندان ساوانا<sup>۱</sup> با بارندگی تابستانه؛
- اقلیم قاره‌ای استپی در عرض‌های جغرافیایی میانه با فصول مشخص گرم و سرد و عمدتاً دارای بارندگی تابستانه؛

● اقلیم مدیترانه‌ای با زمستان‌های ملایم، یخبندان‌های تصادفی، بارندگی زمستانه و تابستان‌های گرم.

در هر سه نوع اقلیم نیمه‌خشک ذکر شده، نواحی حاشیه‌ای وجود دارند که در آن‌ها متوسط بارندگی سالانه نسبتاً کم است. به واسطه تنوع زیاد بارندگی که مشخصه این نواحی است، در برخی سال‌ها امکان تولید گیاهان زراعی وجود دارد و در برخی دیگر چنین امکانی نیست. این نواحی برای کشاورزی دیم بسیار مخاطره‌آمیز است.

### ۱-۲-۲- اقلیم‌های خشک (یا بیابانی)

در این کتاب به اقلیم‌هایی خشک گفته می‌شود که در آن‌ها امکان کشت گیاهان زراعی وجود ندارد، مگر آن که بارندگی روش‌های جمع‌آوری و پخش آب، یا با آبیاری تکمیل شود. در بهترین حالت، از چنین مناطقی می‌توان برای دامپروری به صورت پراکنده استفاده نمود. معمولاً از حد فوقانی ۲۵۰ میلی‌متر بارندگی برای مشخص نمودن اقلیم‌های خشک استفاده می‌شود (در نقاطی که بارندگی تابستانه دارند، این حد ۴۰۰-۵۰۰ میلی‌متر است). در این مناطق باران به ندرت می‌بارد و کاملاً غیرقابل پیش‌بینی است. ممکن است چندین سال بدون بارندگی نیز وجود داشته باشد. باران‌ها ممکن است بسیار شدید باشند و باعث ایجاد سیل شوند. شدت تابش خورشیدی در این مناطق بسیار زیاد است، مگر در مواردی که وجود گرد و غبار زیاد در اتمسفر باعث کاهش تابش خورشیدی می‌شود. توانایی برای بقا تحت شرایط بیابانی، از خصوصیات لازم برای گیاهان طبیعی و خشکی‌پسند مناطق خشک می‌باشد. بسیاری از این گیاهان از طریق کاهش سطوح تعرق‌کننده، خود را با محیط سازگار کرده‌اند، و در نتیجه گیاهانی کوتاه‌قامت و دارای سطح برگ اندک هستند.

از بیابان‌های دنیا به طور سنتی در نظام‌های رمه‌داری استفاده می‌شود، این نظام به شکل گله‌دار مدرن تغییر نموده است.

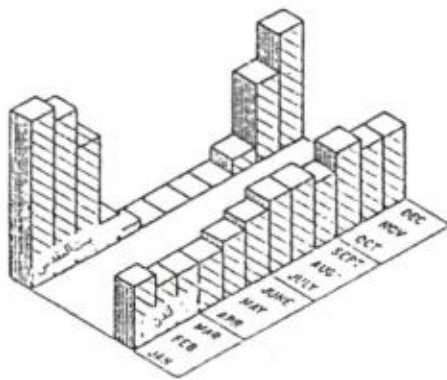
**اقلیم‌های خشک و گرم:** این اقلیم‌ها شامل بیابانها و مناطق نیمه‌بیابانی هستند که دارای کمتر از دو ماه فصل مرطوب می‌باشند. غالباً از این مناطق در سیستم عشایری استفاده می‌شود. شکار نیز می‌تواند منبعی برای درآمد باشد.

**اقلیم‌های خشک و خنک<sup>۱</sup>:** بیابان‌های واقع در عرض‌های جغرافیایی میانه در مناطقی هستند که از اقیانوس‌ها دور می‌باشند و یا بین آن‌ها اقیانوس‌ها یا کوه‌های بلند قرار دارد. چنین اقلیم‌هایی در بخش‌هایی از آمریکا، کانادا، سیبری و آرژانتین یافت می‌شوند. زمستان‌های سرد و طولانی، خاک سرد، فصل رشد کوتاه، تابش شدید خورشید در تابستان، دمای بالا طی روز در تابستان و فزونی تبخیر بالقوه بر بارندگی از مشخصات چنین اقلیم‌هایی هستند (۱۵).

**اقلیم‌های خشک و سرد<sup>۲</sup>:** بیابان‌های سرد که میانگین دمای گرم‌ترین ماه‌های آن‌ها کمتر از  $10^{\circ}\text{C}$  است، و حتی در صورت استفاده از آبیاری امکان تولید رضایت‌بخش در آن‌ها وجود ندارد، جزء این اقلیم‌ها هستند، که در بحث این کتاب نمی‌گنجند.

## ۲-۲-۲- اقلیم‌های نیمه‌خشک

کلمه نیمه‌خشک می‌تواند همراه‌کننده باشد، زیرا به معنی اقلیمی است که بین خشک و مرطوب قرار دارد و مقدار بارندگی آن متوسط می‌باشد. اقلیم‌های نیمه‌خشک دارای یک فصل خشک هستند، که با یک فصل کم و بیش مرطوب که طی آن مقدار بارندگی ممکن است بیشتر از یک اقلیم مرطوب باشد، در تناوب قرار دارد. برای مثال، در بیت‌المقدس که دارای یک اقلیم نیمه‌خشک است، متوسط بارندگی سالانه آن ۶۰۰ میلی‌متر است که با بارندگی لندن (۶۲۰ میلی‌متر) تقریباً مساوی است؛ بیت‌المقدس دارای یک فصل کاملاً خشک است که ۶ تا ۷ ماه دوام دارد، در صورتی که لندن در تمام طول سال یک اقلیم مرطوب است (شکل ۲-۲).



شکل ۲-۲: توزیع فصلی بارندگی در اقلیم‌های نیمه‌خشک (بیت المقدس) و مرطوب (لندن) که در آن‌ها متوسط بارندگی سالانه تقریباً یکسان است (به ترتیب ۶۰۰ و ۶۲۰ میلی‌متر).

1. Cool.

2. Cold.



این موضوع در مقایسهٔ بارندگی اقلیم نیمه خشک معتدل با اقلیم نیمه خشک گرمسیری نمایان تر است. در هندوستان مناطق کم باران دارای متوسط بارندگی سالانه ۵۰۰ تا ۹۰۰ میلی متر هستند (۲۰)، در حالی که مقدار بارندگی در مناطق نیمه خشک مرطوب تر به ۱۲۵۰ میلی متر می رسد (۲۵). بارندگی بالاتر از متوسط می تواند بیشتر از بارندگی کمتر از متوسط بر عملکرد، اثر منفی بگذارد.

بنابراین، نام مناسب تر برای این اقلیم ها «اقلیم های دارای فصل خشک»<sup>۱</sup> است. اما، به منظور اجتناب از اضافه شدن بر اصطلاحاتی که مدام نیز تغییر می کنند، در ادامهٔ این کتاب هم چنان از اصطلاح نیمه خشک استفاده خواهد شد.

در طول فصل خشک، تولید گیاهان زراعی فقط در صورتی میسر است که در فصل مرطوب آب در خاک ذخیره شده باشد و یا از آبیاری استفاده شود.

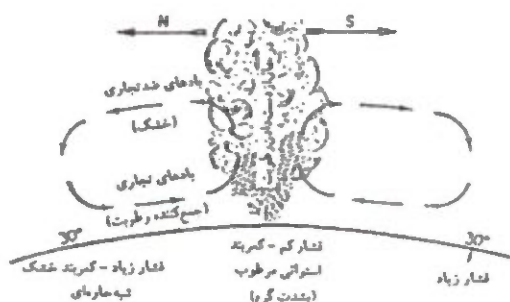
### ۲-۳-۲- علل خشکی

بارندگی عموماً زمانی اتفاق می افتد که تودهٔ هوای مرطوب بالا برود، منبسط و سرد شود. در نتیجهٔ این عمل، بخار آب متراکم می شود و بارندگی به وقوع می پیوندد. توزیع بارندگی در سطح جهان تحت تأثیر عوامل زیادی قرار دارد که مهم ترین آن ها عبارت اند از: خصوصیات چرخش عمومی اتمسفر؛ پستی و بلندی و توزیع دریاها و خشکی ها (۳).

#### ۲-۳-۱- چرخش عمومی اتمسفر

۲-۳-۱-۱- چرخهٔ هیدرولوژیکی: رطوبت موجود در زمین در یک چرخش مداوم قرار دارد (شکل ۲-۳) که به آن «چرخهٔ آب» یا «چرخهٔ هیدرولوژیکی» می گویند. آب تحت تأثیر انرژی خورشید از سطح خاک و آب تبخیر شده و به وسیلهٔ چرخش های معمولی اتمسفر جابه جا می شود. سرانجام، هوای مرطوب سرد شده به نقطهٔ تقطیر می رسد و ممکن است به صورت بارندگی نازل شود.

1. Seasonally dry climates.



شکل ۲-۳: نمایش شمایی الگوی چرخش اتمسفر بین استوا و عرض‌های جغرافیایی ۳۰ درجه شمالی و جنوبی

#### ۲-۳-۱-۲ علت: دلیل اصلی چرخش عمومی اتمسفر، گرم شدن

غیریک نواخت زمین با خورشید می‌باشد. مناطق قطبی در طی سال با کمبود گرما مواجه‌اند، در حالی که کمربند استوایی بیش از آن چه که گرما از طریق تابش از دست می‌دهد، از خورشید گرما دریافت می‌کند. اختلاف دما بین نوار استوایی و قطب‌ها، انرژی لازم را برای چرخش اتمسفر فراهم می‌نماید و موجب انتقال گرما از عرض‌های جغرافیایی پایین به طرف عرض‌های جغرافیایی بالاتر می‌شود، در نتیجه این عمل، گرما در سراسر زمین توزیع می‌شود. به زبان بسیار ساده، هوای گرم شده در نواحی استوایی بالا می‌رود و به سوی قطب حرکت می‌کند، و در طول این حرکت به تدریج گرمای خود را از طریق تشعشع از دست داده و در قطب‌ها بر زمین می‌نشینند. سپس این هوای سرد شده در نزدیکی سطح زمین حرکت می‌کند و به نوار استوایی باز می‌گردد.

این الگوی نظری چرخش اتمسفر در امتداد نصف‌النهارها صورت می‌گیرد و همان‌طور که گفته شد اختلاف دما در امتداد نصف‌النهارها عامل اصلی این حرکت است. اما، تجربه نشان داده است که فقط یک چرخش ساده آن‌گونه که در بالا گفته شد، وجود ندارد؛ در واقع سه سیستم چرخش اصلی وجود دارد که هر یک خصوصیات خاص خود را دارند. این سیستم‌ها موجب پیدایش الگوهای معین وزش باد و بارندگی می‌شوند که کارکرد هر یک از آن‌ها هنوز به طور کامل درک نشده است.

۱-۳-۲- سیستم‌های منطقه‌ای<sup>۱</sup>: (۱) در منطقه استوایی، یک نوار نسبتاً کم‌فشار و بسیار یک‌نواخت وجود دارد که دولدروم<sup>۲</sup> نامیده می‌شود.

(۲) در عرض‌های جغرافیایی نیمه‌گرمسیری یک نوار پهن پرفشار و یک‌نواخت وجود دارد. در نیمکره شمالی این نوار پرفشار تقریباً بین عرض‌های جغرافیایی ۲۵ و ۳۵ درجه شمالی قرار گرفته است و بخش اعظم آن روی اقیانوس‌ها واقع شده است. در نیمکره جنوبی، این نوار تقریباً در امتداد عرض جغرافیایی ۳۰ درجه جنوبی قرار دارد، و کره زمین را دور می‌زند (۷).

(۳) در مجاورت قطب شمال و جنوب (مدار ۶۶ درجه شمال و جنوب) کمربندهایی با فشار کم وجود دارد. در دو قطب جغرافیایی، مناطق با فشار نسبتاً زیاد یافت می‌شوند.

۱-۴-۲- سیستم‌های اصلی چرخش: اثر توأم اختلاف دما در امتداد نصف‌النهارها، گردش زمین و کمربندهای فشاری، سه چرخش عمده را در اتمسفر زمین ایجاد می‌کنند.

**کمربند کم‌فشار استوایی:** وجود نوار کم‌فشار استوایی باعث می‌شود هوای موجود در نزدیکی سطح زمین از کمربندهای پرفشار نیمه‌گرمسیری به طرف استوا حرکت کند. چون این جریان هوا از روی اقیانوس‌های گرم و جنگل‌های مناطق گرمسیری می‌گذرد، مقدار زیادی بخار آب با خود حمل می‌کند. زمین‌های گرم مناطق گرمسیری نیز به نوبه خود هوا را گرم می‌کنند و در نتیجه این توده هوا منبسط و سبک می‌شود و صعود می‌کند. به تدریج که هوای گرم بالا می‌رود، با از دست دادن مقداری از انرژی خود، کم‌کم سرد می‌شود. وقتی هوا به اندازه‌ای سرد شد که از نقطه شبنم پایین‌تر رفت، ابرها تشکیل می‌شوند. تداوم سرد شدن هوا موجب بارندگی شدید، به ویژه در بعدازظهر و عصرها می‌شود. این پدیده عملاً در سراسر سال رخ می‌دهد و از ویژگی‌های کمربند استوایی است.

**کمربند پرفشار نیمه‌گرمسیری:** هوایی که از منطقه کمربند استوایی بالا رفته است، با از دست دادن رطوبت خود به طرف دو قطب شمال و جنوب به حرکت خود ادامه می‌دهد. این حرکت در ارتفاعات بالای اتمسفر صورت می‌گیرد. هنگامی که این توده هوا به مدار ۳۰ درجه شمالی یا جنوبی رسید، مسیر حرکت آن به علت چرخش زمین به دور خود منحرف می‌شود.

این امر موجب تراکم هوا در بالای این مدارها (که مدارهای اسب نامیده می‌شوند) شده، مراکز پرفشار را در روی زمین ایجاد می‌کند.

آن قسمت از جریان هوا که گرمای خود را از دست داده است، به تدریج در کمربند پرفشار منطقه نیمه گرمسیری به پایین سقوط می‌کند. این هوا به مقدار زیادی خشک است، طوری که هیچ‌گونه تقطیری صورت نمی‌گیرد و آسمان صاف و بدون بارندگی باقی می‌ماند. به همین دلیل، در این عرض‌های جغرافیایی، مناطق خشک و نیمه‌خشک زیادی وجود دارد. در زمستان، توفان‌هایی که گاهی از عرض‌های جغرافیایی بالاتر می‌رسند، مقدار کمی بارندگی ایجاد می‌کند. علاوه بر چرخش هوا در قسمت‌های بالای اتمسفر، بادهای سطحی نیز بر تعیین رژیم بارندگی در مناطق خشک تأثیر دارند. به دلیل وجود فشار زیاد در منطقه نیمه گرمسیری، جهت وزش بادهای سطحی از این منطقه به طرف استوا می‌باشد، و بدین ترتیب جایگزین هوایی می‌شود که از استوا به طرف بالا حرکت می‌کند. این بادهای سطحی به جای این که در نیمکره شمالی از طرف شمال و در نیم‌کره جنوبی از طرف جنوب بوزند، به علت گردش زمین از مسیر خود منحرف می‌شوند؛ جهت انحراف در نیم‌کره شمالی به طرف راست و در نیم‌کره جنوبی به طرف چپ می‌باشد، و بدین ترتیب به بادهای شمال شرقی و جنوب شرقی تبدیل می‌شوند. این بادهای تجارتی<sup>۱</sup> می‌گویند. این بادهای ملایم و پایداراند و رطوبت را از ناحیه کمربند نیمه گرمسیری، به خارج آن منتقل می‌کنند. با حرکت هوا از ناحیه کمربند نیمه گرمسیری به طرف استوا، دمای آن افزایش می‌یابد و میزان رطوبت نسبی آن پایین باقی می‌ماند. در این وضعیت آسمان صاف، هوا گرم و بارندگی اندک است. هر جا که بادهای تجارتی مجبور به عبور از کوهستان باشند، بارندگی در قسمت پیش‌کوه<sup>۲</sup> صورت می‌گیرد، اما قسمت پس‌کوه<sup>۳</sup> هم‌چنان خشک باقی می‌ماند. با نزدیک‌تر شدن بادهای تجارتی به استوا، بر مقدار رطوبت آن‌ها افزوده می‌شود و پایداری خود را از دست می‌دهند؛ اما، این بادهای هرگز به استوا نمی‌رسند، بلکه در فاصله‌ای از آن به طبقات بالاتر صعود می‌کنند. در نتیجه، بین دو کمربند بادهای تجارتی، نوار باریکی با فشار کم ایجاد می‌شود که به آن نوار دولدروم یا نوار استوایی آرام می‌گویند. در این

1. Trade winds.

2. Windward side.

3. Leeward side.

نوار هوا معمولاً آرام و وزش باد بسیار ملایم است.

چرخش عمومی اتمسفر که شامل کمربند کم‌فشار استوایی و کمربندهای پرفشار نیمه‌گرمسیری است، عامل اصلی پیدایش اکثر مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا بین عرض‌های جغرافیایی ۲۰ و ۳۰ درجه می‌باشد. در این عرض‌های جغرافیایی، خشکی حتی بر مقدار بارندگی بر روی اقیانوس‌ها اثر می‌گذارد و نشان می‌دهد که یک عامل جلوگیری‌کننده از پیدایش بارندگی در این فرآیند نقش دارد. در این مناطق بیابان‌های گرمسیری و نیمه‌گرمسیری بزرگی یافت می‌شوند. حاشیه شرقی قاره‌ها در جهت رو به باد قرار دارند؛ این حواشی تحت نفوذ جریان هوایی قراردارند که از روی اقیانوس عبور می‌کند و نسبتاً گرم و مرطوب و در نتیجه بارندگی آن‌ها زیاد است. بنابراین، این مناطق را می‌توان ادامه مناطق گرمسیری پرباران دانست (۱۷).

**کمربندهای کم‌فشار در نزدیکی قطب‌ها:** حرکت هوا به طرف قطب‌ها از منطقه پرفشار نیمه‌گرمسیری به سوی مناطق نیمه‌قطبی است و عمدتاً این حرکت در سطح زمین می‌باشد. انحراف جهت این بادهای که در اثر گردش زمین صورت می‌گیرد، موجب پیدایش بادهایی می‌شود که به آن‌ها «جریان‌ات غربی عرض میانه»<sup>۱</sup> و یا به طور ساده بادهای غربی می‌گویند. این بادهای تحت تأثیر عوامل ثانوی قرار دارند و به این دلیل مقدار و جهت وزش آن‌ها ثابت نیست. این بادهای در مناطقی می‌وزند که بین عرض‌های جغرافیایی ۳۵ و ۶۰ درجه شمالی و جنوبی قرار دارند. این نواحی دارای اقلیم سرد و مرطوب هستند.

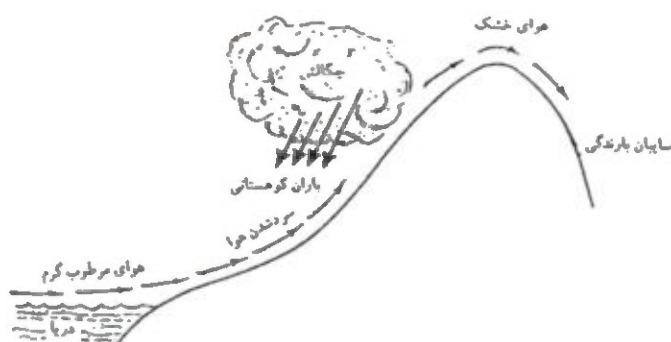
به طور خلاصه می‌توان گفت که سیستم‌های چرخش اتمسفر که دارای خصوصیات منطقه‌ای هستند، عامل اصلی تعیین‌کننده اقلیم‌های جهان می‌باشند. این اقلیم‌ها همان‌گونه که تمدن‌های اولیه به وجود آن‌ها پی برده بودند، در عرض‌های جغرافیایی مختلف قرار گرفته‌اند.

## ۲-۳-۲- پستی و بلندی

هنگامی که بلندی یا رشته‌کوهی در مقابل جریان باد قرار می‌گیرد، هوای مرطوب مجبور است از آن بالا رود، که در نتیجه این عمل سرد و متراکم می‌شود و بارندگی رخ می‌دهد. به این

1. Mid-latitude westerlies.

بارندگی، «بارندگی کوهستانی»<sup>۱</sup> می‌گویند (شکل ۲-۴).



شکل ۲-۴: تأثیر پستی و بلندی بر بارندگی: بارندگی کوهستانی

هنگامی که هوا در پشت سلسله کوه به پایین سقوط می‌کند، قبلاً رطوبت خود را از دست داده است. با پایین آمدن هوا، دمای آن بالا می‌رود و رطوبت نسبی آن کاهش می‌یابد. به همین علت، بارندگی در قسمت پشت کوه‌ها اندک است. مثال‌های بارزی از این مناطق را که اصطلاحاً به آن‌ها سایبان بارندگی<sup>۲</sup> می‌گویند، در بیابان پاتاگونی که در سایبان بارندگی کوه‌های آند واقع شده است و بسیاری از بیابان‌های استرالیا در پشت سواحل کوئینزلند که در سایبان بارندگی کوه‌هایی که در مسیر بادهای جنوب شرقی قرار گرفته‌اند، می‌توان مشاهده کرد. فلات‌های مرتفع نیز اغلب خشک هستند، زیرا هوای مرطوب قبل از آن که به این ارتفاعات برسد، رطوبت خود را از دست می‌دهد.

### ۳-۲-۳- پراکندگی دریا و خشکی‌ها

پیدایش باد ممکن است در نتیجه گرم و سرد شدن فصلی خشکی‌ها باشد، که در تابستان به سرعت گرم و در زمستان به سرعت سرد می‌شوند. این بادهای را اصطلاحاً «موسمی»<sup>۳</sup> می‌گویند. بادهای موسمی در تابستان مرطوب هستند و جهت وزش آن‌ها به طرف خشکی است، در حالی

1. Orographic rain.

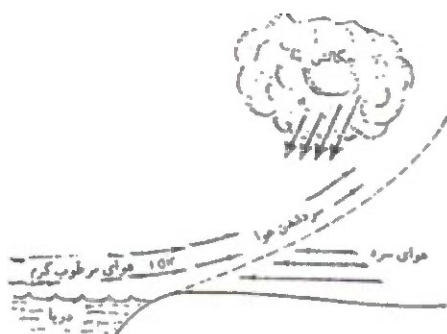
2. Rain-shadow.

3. Monsoon.

که در زمستان عکس این موضوع صادق است.

بخش اعظم سطح کره زمین را دریاها فراگرفته‌اند؛ بنابراین، توزیع خشکی و دریاها فقط در مناطقی مثل آسیا و تا حدودی آفریقا، آمریکا و استرالیا که وسعت خشکی‌ها زیاد است، بر الگوهای اقلیمی اثر چشم‌گیری می‌گذارند. در این قاره‌ها جریان باد به شدت تحت تأثیر اختلاف گرمایی بین زمین و دریا قرار دارد. هوایی که از روی دریاها گرم می‌گردد انباشته از رطوبت است. هنگامی که این هوا در داخل خشکی حرکت می‌کند، هر عاملی مانند کوه یا وجود توده‌های (جبهه‌های) هوای سرد که باعث بالا رفتن این هوا می‌شود، موجب سرد شدن، تراکم و بارندگی می‌شود (شکل ۵-۲). بالا بودن دما، زیادی رطوبت هوا و بارندگی زیاد از جمله ویژگی‌های مناطقی هستند که در مجاورت اقیانوس‌های گرم قرار دارند. اما، بادهای مرطوب به تدریج که در داخل خشکی پیش می‌روند، رطوبت خود را از دست می‌دهند به طوری که مناطقی که فاصله آن‌ها از اقیانوس‌های گرم زیاد است، اغلب خشک هستند. بیابان‌گی نمونه‌ای از مناطق خشک است که فاصله آن‌ها از اقیانوس زیاد می‌باشد. از خصوصیات مناطق خشک داخل قاره‌ها این است که امکان دارد در تمام فصول سال بارندگی داشته باشند، البته احتمال وقوع بارندگی در تابستان بیشتر از زمستان است. در زمستان، دمای کم باعث کاهش ظرفیت نگهداری رطوبت در هوا می‌شود، در صورتی که در تابستان هوای گرم و مرطوب که از اقیانوس‌ها می‌آید، موجب ایجاد بارندگی می‌شود. اما، اگر در سواحل، جریان‌های دریایی سرد وجود داشته باشد که جهت حرکت آن‌ها نیز به موازات ساحل باشد، در این صورت سواحل اقیانوس‌ها نیز ممکن است خشک باشند، به ویژه اگر دمای منطقه نیز زیاد باشد. این وضعیت از مشخصات سواحل گرمسیری و نیمه‌گرمسیری غربی است که در آن‌ها جهت حرکت جریان‌های دریایی که منشأ قطبی دارند به طرف استوا می‌باشد. هوای گرم که از روی اقیانوس‌ها به سمت خشکی حرکت می‌کند به تدریج که از روی آب‌های سرد ساحلی عبور می‌کند، حرارت خود را از دست می‌دهد و مه‌های غلیظی تولید می‌شود. هوایی که رطوبت خود را از دست داده است در زمان گذشتن از روی خشکی در اثر گرمای سطح زمین، گرم می‌شود و رطوبت نسبی آن کاهش پیدا می‌کند. بدین ترتیب، مناطق ساحلی که دارای آب‌های سرد هستند، خشک و نیمه‌خشک می‌باشند و اغلب در سواحل و در صبح هنگام، مه ناپایدار مشاهده می‌شود.





شکل ۲-۵: اثر توده هوای سرد در بالا رفتن هوای گرم و مرطوب

بیابان‌های شیلی، پرو و جنوب غربی آفریقا نمونه بارزی از خشکی‌هایی هستند که علت ایجاد آن‌ها جریان‌های سرد اقیانوسی است.

#### ۲-۴- خلاصه

از میان تمام عواملی که باعث ایجاد خشکی می‌شوند، دو عامل مهم عبارت از: فقدان شرایطی که بتواند توده‌های عظیم هوا را به طریق آدیاباتیک<sup>۱</sup> (صعود هوا بدون آن که رطوبت خود را از دست بدهد یا دمای محیط را جذب کند - بی دررو) به بالا صعود دهد و دیگری فاصله زیاد خشکی از منابع رطوبتی اقیانوسی‌هایی است که در مسیر حرکت بادهای غالب قرار گرفته‌اند (۱۱). مناطق اصلی خشک دنیا در جاهایی قرار دارند که یک یا هر دو عامل ذکر شده وجود دارد:

- ۱- در بیابان‌های مسطح آفریقا (صحرا)، عربستان، و استرالیا که در آن‌ها بادهای تجارتی می‌وزند، عامل اصلی خشکی، فقدان فرایندهای بالابرنده هوا است. البته در داخل این مناطق قسمت‌های مجزایی به صورت «جزایر مرطوب» مثل کوه‌ها (کوه‌های اطلس در شمال آفریقا) وجود دارند که موجب صعود توده‌های هوا می‌شوند و میزان بارندگی در آن‌ها بیشتر از دشت‌های اطراف است (۱۱).

1. Adiabatic.

دلایل کمبود فرآیندهای پویای بالابرنده هوا (صعود هوا) در این مناطق خشک واقع در عرض‌های جغرافیایی پایین عبارت‌اند از:

الف) این مناطق از استوا دور هستند و نمی‌توانند به شدت تحت تأثیر امواج سیکلونی برون گرمسیری<sup>۱</sup> که موجب افزایش بارندگی می‌شوند، قرار گیرند.

ب) از طرف دیگر آن‌قدر نیز به قطب‌ها نزدیک نیستند تا از جریان هوای گرم گرمسیری که به طرف قطب‌ها می‌وزند استفاده کنند.

ج) هم‌چنین این خشکی‌ها در قسمت‌های دور و غربی واقع شده‌اند و تحت تأثیر فعالیت توفان‌های مرطوب کرانه شرقی دریاها قرار نمی‌گیرند.

۲- در داخل قاره‌ها به خصوص مناطقی که به وسیله رشته کوه‌ها احاطه شده‌اند (مغولستان، جنوب غربی سیبری، دشت‌های بزرگ در آمریکا).

۳- در سواحل غربی گرمسیری و نیمه گرمسیری قاره‌ها (پرو، شمال شیلی).

۴- در شیب‌هایی که پشت کوه‌های رو به باد قرار دارند (پاتاگونی، بیابان استرالیا).

۵- در فلات‌های مرتفع (تبت).

دلیل خشکی مناطق یادشده دوری آن‌ها از منابع طبیعت است. این دوری ممکن است به علت فاصله آن‌ها باشد یا به دلیل «دوری هیدرومتئورولوژیکی» باشد که در اثر رشته کوه‌ها ایجاد شده و مانع از ورود هوای مرطوب می‌شود (۱۱).

## ■ منابع فصل دوم:

- ۱- آرنون، آی. ۱۳۷۷. اصول و عملیات کشاورزی مناطق خشک. مترجمان: عوض کوچکی و افشین سلطانی، دفتر خدمات تکنولوژی آموزشی، معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی، وزارت جهاد کشاورزی، کرج.
- 2- Bailey, H. P., 1979. Semi-arid climates: their definition and distribution. In: A. E. Hall (Editor), Agriculture in semi-arid environment. Springer, Berlin, pp. 37-97.
- 3- Butzer, K. W., 1961. Climatic change in arid regions since the Pleistocene. *Arid Zone Res.*, 17:31-56.
- 4- De Martonne, E., 1962. Une nouvelle fonction climatologique: l'indice d'aridité. *La Meteorologie Nouvelle*, 2: 449-158.
- 5- FAO, 1978. The state of food and agriculture 1977. *Ecological Studies*, Vol. 34. Springer, Berlin, pp. 3-9.
- 6- Grove, A. T., 1980. Climatic classification: concepts for dry tropical environments. In: Climatic Classification: A Consultants Meeting. ICRISAT, Patancheru, A. P., India, pp. 1-16.
- 7- Hare, F. K., 1961. The causation of the arid zone. *Arid Zone Res.*, 17: 25-30.
- 8- Hargreaves, G. H., 1971. Precipitation dependability and potential for agricultural production in northern Brazil. EMBRAPA & Utah State College Public. 74-D-159. Brazilia and Logan, UT.
- 9- Hatfield, J. L., 1990. Agroclimatology of semiarid lands. *Soil Sci.*, 13: 9-26.
- 10- Köppen, W, and Geiger, R., 1936. *Handbuch der kimatologie*, Gebr. Borntraeger, Berlin.
- 11- McDonald, J. E., 1959. Climatology of arid lands. *Arid Lands Colloquia*, 1958-59: 3-13. Univ. Arizona, Tempe, Az.
- 12- Meher-Homji, V. M., 1980. Classification of semi-arid tropics: climatic and phytogeographic approaches. In: Climatic classification: A Consultant's Meeting. ICRISAT, Patancheru, A. P., India, pp.

7-16.

13- Meigs, P., 1953. World distribution of arid and semi-arid homoclimates. *Arid Zone Res.*, 2: 203-210.

14- Subramaniam, V. P. and Sastri, C. V. S., 1969. A study of aridity and droughts. *Ann. Arid Zone*, 8: 18-22.

15- Thorne, D. W. and Thorne, M. D., 1979. Soil, water and crop production, Avi Publishing Company. Westport, CT.

16- Thornthwaite, C. W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.*, 38 (1): 55-49.

17- Trewartha, G. T., 1954. An introduction to climate. McGraw-Hill, New York.

18- Troll, C., 1965. Seasonal climates of the earth. In: E. Rodenwalt and H. Juszat (Editors). *World maps of climatology*. Springer, Berlin, p. 28.

19- Unesco. 1977. World map of desertification. UN Conf. Desertification. A/Conf. 74/2., FAO, Rome.

20- Venkateswarlu, J., 1984. Soil problems with vertisols with particular reference to surface soil conditions and water relations. In: *Proc. Int. Workshop on Soils*, Austral. Centre for Int. Agr. Res., Canberra, Australia, pp. 105-115.

21- Vinck, A. P. A., 1975. Land use in advancing agriculture. Springer, Berlin.

22- Virmani, S. M., Huda, A. K. S., Reddy, S. J., Sivakumar, M. V. K. and Bose, M. N. S., 1978. Approaches used in classifying climates with special reference to dry climates. *Agroclimatology Progr. Reo.* 2, ICRUSAT Patancheru, A. P., India.

23- Wallen, C. C., 1966. Arid zone meteorology. In: E. S. Halls (Editor). *Arid lands: A geographic appraisal*. UNESCO. Paris, pp. 31-50.

24- Walton, K., 1969. The arid zones. Aldine, Chicago.

- 25- Willey, R. W., Singh, R. P. and Reddy, M. S. 1989. Cropping systems for vertisols in different rainfall regimes in the semi-arid tropics. In: J. R. Burford and K. L. Sahrawat (Editors), Management of vertisols for improved agricultural production. ICRISAT, Patancheru, A. P. India, pp. 119-131.

## سؤالات فصل ۲

- ۱- بهترین معیار از کلیت اقلیم از دیدگاه کوپن چیست؟
- ۲- چرا مدل طبقه‌بندی اقلیمی کوپن به عنوان بهترین سیستم شناخته و پذیرفته شده است؟
- ۳- در تعریف شاخص خشکی دومارتن از کدام پارامترهای جوئی استفاده شده است؟
- ۴- عناصر اصلی در طبقه‌بندی ترنت وایت را نام ببرید.
- ۵- مبنای طبقه‌بندی اقلیم‌های خشک در روش FAO چیست؟
- ۶- محدودیت اصلی و مشترک در روشهای مختلف طبقه‌بندی اقلیم‌های خشک چیست؟

---

---

କଳାକାରମାନଙ୍କ

ପ୍ରତିମା



### هدف‌های رفتاری فصل ۳

انتظار می‌رود دانشجویان پس از مطالعه این فصل بتوانند پاسخگوی سؤالات مطرح شده

دریارهٔ مباحث زیر باشند:

- \* شرایط اقلیمی کشور ایران به طور کلی چگونه است؟
- \* وسعت و پراکندگی اقلیم‌های مختلف در کشور به چه صورت است؟
- \* توزیع جغرافیایی و محدودهٔ خاک‌های مسئله‌دار در کشور چگونه است؟
- \* چگونه می‌توان از اراضی مسئله‌دار کشور بهره‌برداری مناسب و پایدار نمود؟
- \* چه ارتباطی بین اقلیم‌ها و خاک‌های مختلف در کشور وجود دارد؟

## فصل سوم - سیمای طبیعی مناطق خشک

### ۱-۳- شرایط طبیعی ایران به طور عموم

توجه به شرایط آب و هوای کشور که در زیر به طور مختصر مورد بحث قرار می‌گیرد، نشان می‌دهد که ایران به استثناء سواحل بحر خزر جزء مناطق آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک جهان می‌باشد و تبخیر بر میزان باران سالانه آن به طور کامل تفوق دارد. سواحل بحر خزر که به صورت نواری واقع بین دامنه‌های شمالی البرز و کناره‌های بحر خزر استان‌های مازندران و گیلان را در بر می‌گیرد پوشیده از جنگل‌های انبوه و علف می‌باشد. این منطقه دارای تابستان مرطوب و زمستان ملایم است. درجه حرارت متوسط تابستان آن حدود ۳۲ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد و حرارت متوسط زمستان تقریباً به ۵ تا ۱۱ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. علاوه بر آن اختلاف درجه حرارت روز و شب این منطقه به علت رطوبت زیاد هوا و پوشش گیاهی فراوان، چندان زیاد نیست.

مناطق ساحلی خلیج فارس و بحر عمان دارای آب و هوای بسیار گرم و در عین حال مرطوب می‌باشد. حرارت متوسط سالیانه آن حدود ۲۸ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد و درجه حرارت متوسط تابستان ۳۳ تا ۳۸ درجه سانتی‌گراد، درجه حرارت متوسط کمینه تقریباً ۱۵ درجه اما درجه حرارت بیشینه در تابستان می‌تواند حتی به بیش از ۵۰ درجه سانتی‌گراد بالغ گردد. رطوبت نسبی به طور متوسط حدود ۵۰ درصد می‌باشد. نقاط کوهستانی فلات ایران (مثل مناطق البرز، آذربایجان، کردستان و لرستان تا قسمت شمالی حوزه فارس) دارای تابستانی با حرارت متوسط حدود ۳۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشند و حرارت متوسط زمستان آن‌ها تقریباً به ۲۵- درجه سانتی‌گراد می‌رسد. لگن‌های فلات مرکزی ایران که از کویرها و استپ‌های خشک (نیمه کویر) تشکیل می‌شوند بیشترین درجه حرارت تابستان آن‌ها تا ۵۰ و کمترین درجه حرارت در زمستان به ۱۵- درجه سانتی‌گراد می‌رسد (۲).

میزان تقسیم باران در ایران نیز کاملاً متغیر می‌باشد که در این جا فقط به ذکر چند نقطه از مملکت اکتفا می‌گردد. میزان باران در شمال ایران یعنی، از ترکمن صحرا که از مرز ایران و روسیه (ترکمنستان) شروع می‌شود بسیار ناچیز و حدود ۱۵۰ میلی‌متر می‌باشد اما به تدریج به طرف گرگان تا آستارا افزایش می‌یابد، به طوری که در گرگان حدود ۶۰۰ میلی‌متر، ساری ۸۰۰ میلی‌متر، رامسر حدود ۱۳۰۰ میلی‌متر و رشت حدود ۱۴۰۰ میلی‌متر بالغ می‌گردد. تهران که ارتفاع آن نسبت به سطح دریا ۱۲۲۰ متر می‌باشد باران سالیانه آن به حدود ۲۵۰ میلی‌متر می‌رسد. میزان باران سالیانه در تبریز حدود ۳۰۰ میلی‌متر، در ارومیه حدود ۴۰۰ میلی‌متر، کرمانشاه ۳۸۰ میلی‌متر، اصفهان حدود ۱۱۵ میلی‌متر، شیراز حدود ۳۸۰ میلی‌متر، زاهدان حدود ۱۱۷ میلی‌متر و زابل ۸۵ میلی‌متر، کرمان حدود ۱۵۰ میلی‌متر، مشهد حدود ۲۵۰ میلی‌متر و بندرعباس حدود ۲۱۰ میلی‌متر و آبادان به حدود ۱۵۰ میلی‌متر می‌رسند (باید یادآوری شود، ارقامی که راجع به باران سالیانه و درجه حرارت آورده شدند، هرگز اعداد مطلق نیستند؛ زیرا در منابع مختلف ارقام متفاوت ملاحظه می‌شود البته نه با اختلاف زیاد). راجع به اوضاع زمین‌شناسی ایران می‌توان گفت که فلات ایران همچون کلوخه‌ای خرد شده و در هم ریخته است که بزرگ‌ترین تحولات ژئولوژی آن در دوره میوسن (دوران سوم زمین‌شناسی که میوسن دوره‌ای از آن می‌باشد و از ۷۰ میلیون سال قبل شروع گردید) حدود ۱۴ تا ۱۶ میلیون سال قبل به وقوع پیوسته است. در اواسط میوسن تمام فلات ایران بلند شده و عملیات کوهزایی نیز ادامه پیدا کرده است و همچنین لگن‌های حاصل از دریای میوسن از اقیانوس‌ها کاملاً جدا شده، در حقیقت هرگونه رابطه آن‌ها با دریای آزاد قطع گردیده است. در تعقیب این تحولات و با ظهور آب و هوای گرم و خشک و جریان ناچیز آب بدین دریاها بسته، منتج به خشک شدن تدریجی این دریاها گردید. با خشک شدن این دریاها رسوبات فراوانی مثل گچ و نمک بر جای ماندند. همین امر سبب شد که در تمام رسوبات مربوط به دوره میوسن به طور وفور گچ و نمک انباشته گردند و این کیفیت را می‌توان واقعاً به عنوان یک بدشانسی ژئولوژی برای سرزمین ایران نامید، زیرا این املاح امروز در همه جا به صورت‌های مختلف (شورزارها و غیره) دامن‌گیر کشور ما می‌باشند. احتمالاً از میوسن تا امروز تغییرات زیادی به وقوع نپیوسته است. فقط در این بین، تعدادی آتشفشان مثل آرات، دماوند و غیره ظاهر شدند که دوباره در دوره پلیوسن خاموش

گردیده‌اند. در پلیستوسن (حدود ۶۰۰ تا ۷۵۰ هزار سال قبل) چند دوره مرطوب و باران‌تروپیک نسبت داده می‌شود. اما تحولات جالب‌تر در هولوسن (از حدود ۱۰ تا ۱۵ هزار سال قبل تاکنون) به وقوع پیوستند. پیدایش دشت‌های ساحلی دریای خزر و خلیج فارس، تشکیل شنزارها و ریگزارها و شن‌های روان و همچنین مقداری از ته‌نشست‌ها و رسوبات در نقاط پست و گودال‌ها از هولوسن منشأ می‌گیرند. به عنوان نمونه دشت ساحلی خلیج فارس مثل خوزستان را باید نام برد. جلگه حاصل‌خیز خوزستان که در جنوب غربی ایران واقع شده محل جولانگاه و رسوب‌گذاری رودخانه‌های کارون و سایر رودخانه‌های کوچک‌تر می‌باشد، این رودخانه‌ها متفقاً با رودخانه‌های دجله و فرات سالیانه به میزان فراوانی رسوبات به خلیج فارس می‌ریزند و به همین علت و علل دیگر خلیج فارس با پس‌روی خود سالیانه حدود ۱۶ تا ۲۰ متر بر وسعت خوزستان می‌افزاید (۲).

فرم فلات ایران در درجه اول به وسیله چند رشته از کوه‌های شمال و جنوب و مرکز مشخص می‌گردد. کوه‌های شمال ایران را سلسله جبال البرز تشکیل می‌دهد که مرتفع‌ترین آن قله دماوند با ارتفاع ۵۶۷۰ متر در قسمت شمال غربی هم‌چنین آرات به ارتفاع ۵۱۵۷ متر می‌باشد. رشته‌های البرز فلات ایران را از دریای خزر جدا می‌سازند. رشته‌های جنوبی که از سلسله جبال زاگرس تشکیل گردیده‌اند رابطه فلات مرکزی ایران را از دریای آزاد جهان قطع نمودند و ارتفاع مرتفع‌ترین قسمت آن حدود ۵۰۰۰ متر می‌باشد. کوه‌های محوری قسمت شرقی ایران از یک طرف به دنبال زاگرس و از طرف دیگر به دنباله البرز منتهی می‌گردد و بالاخره کوه‌های مرکزی کشور را باید نام برد که در داخل فلات ایران قرار گرفته‌اند. ملاحظه می‌گردد که فلات مرکزی ایران به وسیله رشته کوه‌های طولی از شمال و جنوب و شرق و غرب به صورت لگنی بسته مهار شده است. گودال‌های بزرگی که در فلات مرکزی ایران بر جای مانده‌اند به وسیله ته‌نشست‌های جوان پر شده‌اند. عمیق‌ترین محل این گودال‌ها در دشت لوت با ارتفاع ۲۶۰ متر قرار دارد. مهم‌ترین این لگن‌ها را کویر بزرگ و دشت لوت تشکیل می‌دهند، که محتوی شورزارها، باتلاق‌های نمک، شنزارها و یا استپ‌های خشک پوشیده از ریگ و سنگ‌ریزه، با شیب صفر تا ۳ درجه می‌باشند که از این دشت‌های بی‌پایان پوشیده از شن، ریگ و سنگ، کوه‌هایی چون قارچ به صورت جزیره‌ای سر در آورده‌اند. بزرگ‌ترین شورزارهای ایران را کویر

نمک تشکیل می‌دهد که مساحت آن به حدود ۵۵۰۰۰ کیلومتر مربع بالغ می‌گردد. کویر نمک جزء شدیدترین و کامل‌ترین کویرهای جهان است. این کویر تقریباً فاقد هرگونه فعالیت بیولوژی می‌باشد. پوشش جنگلی در فلات ایران اغلب به دامنه‌های کوه‌ها محدود می‌گردد. در صورتی که داخل لگن‌ها یا دشت‌ها پوشش جنگلی ناچیز یا اصلاً وجود ندارد. مثلاً پوشش گیاهی انبوه دامنه‌های شمالی البرز را می‌توان نام برد که البته علت این امر باران زیادتر این نقاط است. مسلماً نباید انتظار داشت که این کیفیت باید شامل سایر مناطق گردد مثلاً دامنه‌های جنوبی رشته کوه زاگرس تقریباً فاقد پوشش گیاهی می‌باشند. اغلب فعالیت زندگی مردم در مناطق کوهستانی بخصوص در فلات مرکزی ایران به داخل دره‌ها محدود می‌گردد و یا این‌که در دامنه‌های مناطق کوهستانی نیز به طور محدود انتشار و توسعه دارند. فرسایش و شورزاری در ایران به شدت رایج است که با فعالیت عملیات کشاورزی هر روز بر دامنه آن افزوده می‌گردد. پوشش خاکی سرزمین ایران به طور عموم از سیروزم شروع و به کاستانوزم ختم می‌گردد در این فاصله کلیه گروه‌های فرعی خاکی نیز در آن واقع می‌گردند مثل شنزارها، صخره‌زارها، ریگزارها، خاک‌های کوهستانی کویری، خاک‌های کویری، خاک‌های آلوئال. اما بخصوص از خاک‌های شور و قلیایی و در مناطق شمالی کشور از خاک‌های جنگلی نیز باید یاد کرد. بهره‌برداری از این زمین‌ها اکثراً به صورت دیم‌کاری و دامداری است. چراگاه‌ها دائمی و یا به طور دورگردی و عشایری مورد استفاده می‌باشند (۳، ۵ و ۶).

## ۲-۳- پراکنش جغرافیایی خاک‌های ایران

خاک‌های ایران بر اساس روش طبقه‌بندی جامع خاک‌ها (Soil Survey Staff, 1999) در نقشه یک میلیونیم منابع و استعداد خاک‌های ایران، در سطح زیر گروه رده‌بندی شده‌اند (۱). ترکیب واحدهای نقشه فوق شامل یک زیر گروه غالب (Dominant soil component) و یک زیر گروه همراه (Minor soil component) و یک زیر گروه الحاقی (Inclusion of soil map unit) می‌باشد (۸). برای هر واحد نقشه بافت سطحی و شیب عمومی خاک غالب نیز مشخص شده است. استعداد هر واحد خاک برای کاربری‌های اصلی نظیر جنگل، مرتع و اراضی کشاورزی در قالب واحدهای اشکال زمین (لندفرم) تعیین گردیده است (۴). ساختار

راهنمای نقشه منابع و استعداد خاک‌های ایران بر مبنای Soter (۷) سامان‌دهی شده و در آن مشخصات کلیه واحدهای نقشه به طور مفصل تشریح شده است. تشریح جزئیات نقشه و راهنمای آن در این مقال نمی‌گنجد. در این جا به ذکر مشخصات رده و زیرگروه‌های اصلی خاک بسنده شده است. واحدهایی از نقشه شامل اراضی متفرقه می‌باشد که این اراضی فاقد هرگونه پوشش خاکی است و قادر به نگهداری گیاهان و یا دارای استعداد تولید کشاورزی نمی‌باشد. جدول شماره ۳-۱ مساحت خاک‌های کشور را در سطح رده و زیرگروه نشان می‌دهد. پراکنش جغرافیایی رده‌های خاک موجود در کشور در شکل شماره ۳-۱ نشان داده شده است. انواع خاک‌های موجود در مناطق مختلف کشور بر مبنای خصیصه‌های آب و هوایی، لندفرم و

جدول ۳-۱: مساحت خاک‌های کشور در سطح رده و زیرگروه (۱).

رده	زیرگروه	مساحت	
		هکتار	درصد
Alfisols	Typic Hapludalfs	۷۶۲۸۱۷	۰/۴۷
	Typic Paleudalfs	۳۰۸۰۹۵	۰/۱۹
	Molic Endoaqualfs	۴۹۰۳۳	۰/۰۳
	Typic Endoaqualfs	۱۲۳۷۰۴	۰/۰۸
جمع		۱۲۴۳۶۴۹	۰/۷۷
Aridisols	Xeric Haplogypsisds	۷۱۸۸۹۴۷	۴/۴۵
	Typic Haplogypsisds	۵۳۷۴۹۴	۰/۳۳
	Xeric Calcigypsisds	۱۴۲۷۱۹۷	۰/۸۸
	Ustic Calcigypsisds	۱۲۹۳۹۸	۰/۰۸
	Typic Calcigypsisds	۲۴۷۸۹۰۰	۱/۵۳
	Typic Petrogypsisds	۵۶۵۵۵۴	۰/۳۵
	Xeric Haplogypsisds	۲۳۱۱۵۰۷	۱/۴۲
	Lithic Ustic Haplocalcids	۶۱۲۵۲۸۹	۳/۷۷
	Typic Haplocalcids	۵۴۷۱۸	۰/۰۳
	Lithic Xeric Haplocalcids	۴۳۷۹۹۹	۰/۲۷
	Petrogypsic Haplosalids	۳۰۸۶۸۰۷	۱/۹۰
	Typic Haplosalids	۵۳۰۴۹	۰/۳۳
	Gypsic Haplosalids	۲۸۱۴۸۴۳	۱/۷۳



ادامه جدول ۳-۱

مساحت		زیرگروه	رده
درصد	هکتار		
۰/۳۰	۴۸۶۷۶۱	Gypsic Aquisalids	
۱/۳۹	۲۲۵۰۹۴۲	Typic Aquisalids	
۱۸/۷۶	۲۹۹۴۹۴۰۵	جمع	
۰/۰۳	۵۰۵۷۷	Lithic Udorthents	Entisols
۰/۸۹	۱۴۴۳۱۷۰	Typic Torriorthents	
۳/۹۵	۶۴۱۳۶۶۷	Lithic Xeric Torriorthents	
۰/۶۰	۹۸۱۷۹۲	Xeric Torriorthents	
۳/۲۵	۵۲۷۹۳۹۵	Lithic Ustic Torriorthents	
۰/۱۵	۲۳۷۲۳۰	Ustic Torriorthents	
۲/۱۹	۳۵۵۷۶۴۱	Lithic Torriorthents	
۱/۱۰	۱۷۸۵۷۲۵	Typic Ustorthents	
۰/۳۵	۵۹۰۹۳۲	Lithic Ustorthents	
۳/۶۰	۵۸۵۱۱۳۰	Typic Xerorthents	
۰/۳۵	۵۶۶۹۵۳	Lithic Xerorthents	
۰/۲۹	۴۷۴۳۴۹	Ustic Torritluvents	
۰/۸۱	۱۳۰۹۳۱۳	Aquic Torritluvents	
۱/۰۶	۱۷۲۴۱۷۲	Xeric Torritluvents	
۱/۰۰	۱۶۲۰۵۳۱	Typic Torritluvents	
۰/۳۹	۶۲۵۴۳۶	Typic Ustorthents	
۰/۶۱	۹۸۶۶۲۱	Typic Xerotluvents	
۲۰/۶۲	۳۳۴۹۸۶۳۴	جمع	
۰/۰۱	۲۱۶۷۶	Typic Dystrudepts	
۰/۰۴	۶۵۷۷۳	Lithic Dystrudepts	
۰/۱۰	۱۶۴۴۳۲	Humic Dystrudepts	
۰/۰۳	۴۳۳۵۲	Dystric Eutrudepts	
۰/۱۱	۱۸۶۸۵۸	Thpic Endoaquepts	
۰/۲۴	۳۹۴۶۶۳	Typic Endoaquepts	
۰/۳۲	۵۲۳۹۵۵	Lithic Calcicstepst	



ادامه جدول ۳-۱

مساحت		زیرگروه	رده
درصد	هکتار		
۱/۶۸	۲۷۲۷۶۵۹	Typic Calcicustepts	Inceptisols
۰/۳۵	۵۷۳۵۵۰	Typic Haplustepts	
۰/۶۵	۱۰۴۷۹۰۹	Gypsic Haplustepts	
۰/۱۰	۱۵۵۱۱۹۱	Fluventic Haplustepts	
۱/۸۷	۳۰۳۳۸۹۴	Lithic Calcixerpts	
۳/۵۷	۵۷۹۳۱۷۰	Typic Calcixerpts	
۰/۴۸	۷۷۸۰۷۹	Typic Haplustepts	
۰/۳۷	۶۰۶۰۱۳	Lithic Haplustepts	
۰/۲۱	۱۹۷۰۲۴۲	Gypsic Haplustepts	
۳/۲۲	۵۲۳۶۱۲۹	Fluventic Haplustepts	
۱۴/۳۵	۲۴۷۱۸۵۴۵	جمع	
۰/۲۴	۳۹۵۵۱۳۹	Typic Argiudolls	Mollisols
۰/۱۹	۳۰۸۳۰۳	Lithic Argiudolls	
۰/۳۳	۵۳۸۱۹۵	Typic Hapludolls	
۰/۰۶	۱۰۳۸۱۵	Lithic Hapludolls	
۰/۰۸	۱۳۵۹۷۰	Typic Endoaquolls	
۰/۱۱	۱۸۴۹۲۷	Calcic Argixerolls	
۰/۱۶	۲۵۳۳۸۶	Typic Calcixerolls	
۰/۹۹	۱۶۰۸۹۲۴	Lithic Calcixerolls	
۰/۱۰	۱۶۹۶۶۱	Fluventic Haploxerolls	
۲/۲۶	۳۶۹۸۳۲۰	جمع	
۰/۱۳	۲۱۸۰۲۸	Chromic Calcixererts	Vertisols
۰/۱۳	۲۱۸۰۲۸	جمع	
۶/۱۱	۹۹۲۳۴۷۷	Badlands	
۰/۰۴	۷۱۳۷۴	Coastal sands	
۳/۶۸	۵۹۷۷۰۸۳	Dune lands	
۰/۵۳	۸۶۰۴۹۴	Kalut	
۰/۶۳	۱۰۲۹۳۰۸	Marshlands, lagoon	

ادامه جدول ۳-۱

مساحت		زیرگروه	رده
درصد	هکتار		
۱/۸۰	۲۹۳۰۴۱۲	Playa	Miscellaneous
۱۱/۸۵	۱۹۲۴۱۷۶۳	Stony rocklands	
۱۴/۷۰	۲۳۸۵۴۲۸۰	Rock Outcrops	
۰/۱۴	۲۱۹۶۵۲	Salt plugs	
۳/۰۵	۴۹۴۵۲۸۹	Salt flats	
۰/۱۰	۱۵۶۰۱۹	Urban areas	
۰/۴۸	۷۷۴۸۴۷	Water	
۴۳/۱۱	۶۹۹۸۳۹۹۸	جمع	
۱۰۰	۱۶۳۳۱۰۵۷۹	جمع کل	

زمین‌شناسی تفکیک و در نقشه یک میلیونیم منابع و استعداد خاک‌های ایران مشخص شده‌اند. شکل شماره ۳-۲ پراکنش جغرافیایی لند فرم‌های موجود در کشور را نشان می‌دهد.

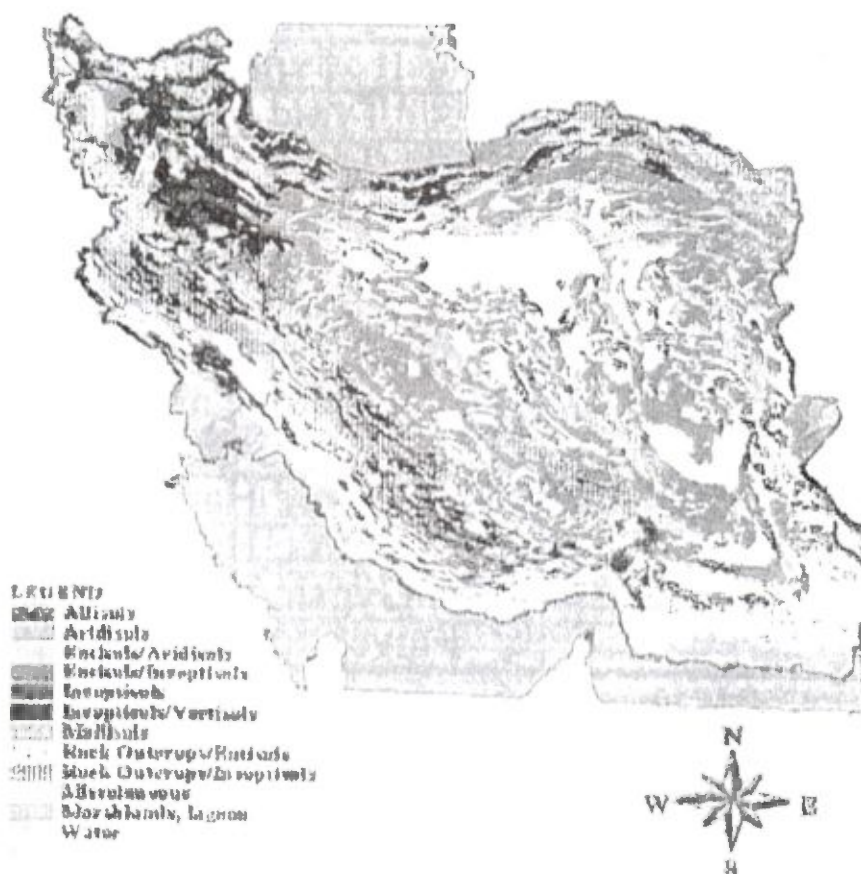
### ۳-۳- استفاده اراضی در وضع حاضر و استعداد واقعی آن‌ها

آمار دقیقی از سطح اراضی زیر کشت و نحوه استفاده از اراضی ایران در دست نیست ولی چنین برآورد شده است که در حال حاضر از ۱۶۵ میلیون هکتار وسعت کشور فقط از ۱۹ میلیون هکتار آن برای امور کشاورزی (کشت و آیش)، از ده میلیون هکتار برای مرتع و از نوزده میلیون هکتار بهره‌برداری جنگلی می‌شود. بقیه اراضی بایر، کویر، و یا کوهستانی است (حدود سی و سه میلیون هکتار از اراضی بایر فعلی دارای استعداد بهره‌برداری می‌باشند) از ۱۹ میلیون هکتار اراضی زراعی هر ساله ۶/۶ میلیون هکتار زیر کشت قرار می‌گیرد و بقیه به صورت آیش است. از اراضی زراعی فقط ۳ میلیون هکتار آن آبیاری می‌شود که در حدود هفتصد هزار هکتار آن باغ و درختان میوه است و ۲/۳ میلیون هکتار دیگر زراعت‌های آبی از قبیل برنج، پنبه، چغندر قند، دانه‌های روغنی، گندم و جو می‌باشد.

خاک‌های ایران از نظر استعداد تولیدات کشاورزی طبقه‌بندی شده است. خاک‌ها بر حسب

عواملی که موجب مشکلاتی از نظر تولیدات کشاورزی می‌شوند به پنج گروه و ده طبقه به شرح زیر تقسیم شده‌اند:

- ۱- خاک‌های بدون محدودیت یا با محدودیت کم دارای مشکلات زیادی از نظر انجام امور کشاورزی نیستند.
- ۲- خاک‌هایی که کم و بیش دارای محدودیت هستند.  
الف - کمبود آب برای امور کشاورزی دارند و یا سطح آن‌ها ناهموار است.  
ب - زهکشی طبیعی زیاد مناسب نیست.
- ۳- خاک‌هایی که دارای محدودیت نسبتاً زیاد هستند



شکل شماره ۱-۳- رده‌های خاک ایران (۱).



LEGEND

- Level lands
- Sloping lands
- Steep lands
- Composite landforms
- Miscellaneous land Units

راهنما:

اراضی مسطح

اراضی شیب‌دار

اراضی استپی

لندفرم‌های مرکب

لندفرم‌های متفرقه

شکل ۲-۳: نقشه اشکال زمین (لندفرم) ایران (۱).

الف - کمبود آب مورد نیاز امور زراعی در آن‌ها مشهودتر است و یا قشر خاک کم، مقدار

سنگ‌ریزه زیاد و سطح آن‌ها ناهموار است.

- ب - ناهمواری سطح خاک زیاد و یا ضخامت قشر خاک کم است.
- ج - ناهمواری سطح خاک زیاد، ضخامت قشر آن کم و آب مورد نیاز امور زراعی بسیار کم است.
- ۴- خاک‌هایی که دارای محدودیت زیادی هستند
- الف - ناهمواری سطح خاک بسیار زیاد، عمق خاک بسیار کم و آب مورد نیاز امور زراعی بسیار کم است.
- ب - خاک شور، دارای سنگ‌ریزه و کم عمق می‌باشد و آب مورد نیاز امور زراعی بسیار کم است.
- ۵- خاک‌هایی که دارای محدودیت بسیار زیادی هستند.
- الف - تپه‌های شنی.
- ب - شوره‌زارها، باتلاق‌های شور، مارن‌های گچی و نمکی.
- به منظور ازدیاد تولید در واحد سطح و توسعه اراضی زراعی باید عوامل نامساعد خاک از قبیل شوری و قلیایی بودن، فرسایش آبی و بادی را از بین برد و نسبت به تأمین کمبود مواد آلی و کمبود مواد غذایی خاک اقدام نمود.

#### ۴-۳- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

حدود نیمی از مساحت کشور را اراضی متفرقه تشکیل می‌دهد و از طرف دیگر با عنایت به شرایط اقلیمی کشور که حدود ۷۰ درصد آن را اقلیم خشک و نیمه‌خشک تشکیل می‌دهد و سیستم توپوگرافی که نشان‌دهنده وضعیت پستی و بلندی شدید است روی هم رفته اکثریت سطح کشور را خاک‌های انتی‌سول، اریدی‌سول و اینسپتی سول که خاک‌های جوان و یا خاک‌های مخصوص مناطق خشک می‌باشند تشکیل می‌دهد. خاک‌های الفی‌سول و مالی‌سول منحصراً در روی یال شمالی رشته جبال البرز و نیز دشت‌های ساحلی دریای خزر که دارای اقلیم مرطوب و نیمه‌مرطوب است، تشکیل شده و مساحت آن‌ها از ۳ درصد مساحت کشور تجاوز نمی‌کند. در چنین وضعیتی استعداد خاک‌های کشور به تبعیت از این شرایط دارای مشخصات زیر می‌باشد: بر مبنای این مطالعات مساحت خاک‌هایی که برای زراعت آبی اعم از سالانه و باغ

قابلیت دارند، حدود ۲۷ میلیون هکتار (یا ۱۷ درصد کل اراضی کشور) را تشکیل می‌دهد. مساحت خاک‌هایی که استعداد مرتع را دارند حدود ۶۰ میلیون هکتار (یا ۳۷ درصد)، مساحت خاک‌هایی که استعداد مرتع را دارند و به علت شیب بسیار تند باید حفاظت شوند، حدود ۴ میلیون هکتار (یا ۲/۵ درصد) برآورد شده‌اند. بقیه شامل اراضی متفرقه و بایر می‌باشند. لازم به ذکر است که حدود ۲۴ میلیون هکتار از اراضی کشور که در نقشه خاک‌ها جزو رخنمون‌های سنگی ذکر شده‌اند، اغلب دارای پوشش خاکی بسیار کم عمق می‌باشند که به علت کمی عمق (کمتر از ۱۰ سانتی‌متر به صورت پراکنده) فاقد شرایط لازم برای طبقه‌بندی خاک‌ها در سیستم جامع طبقه‌بندی خاک‌اند ولی چون دارای پوشش نباتی پراکنده می‌باشند جزو اراضی با استعداد مرتع منظور شده‌اند.

■ منابع فصل سوم:

- ۱- بنائی، م. ح. ۱۳۸۰. نقشه ۱:۱,۰۰۰,۰۰۰ منابع و استعداد خاک‌های ایران، مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران، ایران.
- ۲- قبادیان، عطاءالله. ۱۳۶۳. پدولوژی مناطق خشک و نیمه خشک، انتشارات عمیدی.
- 3- Davis, W. M. 1905. The geographical cycle in an arid climate. Jour. of Geological, 13.
- 4- FAO. 1976. A frame work for land evaluation. Soil Bulletin No. 32, FAO, Rome, 87 pp.
- 5- Chobadian, A. 1970. Khuzestan's Pedology, Regarding the Extent of salinity and Fertility. College of Agriculture - Jundishapur University, Publi. No. 3, Ahwaz - Iran.
- 6- Kaufmann, H. 1893. Rhythmische Phaenomene der Erdober flaeche. Braunschweig.
- 7- Van Engelen. V. W. and T. T. Wen. 1995. Global and national soils and terrain digital data bases (SOTER). Procedures Manual (revised edition). UNEP, FAO of the U. N; ISSS and ISRIC, Wageningen.
- 8- Van Wambeke, A. and T. R. Forbes. 1986. Guidelines for using soil taxonomy in the names of soil map units. U. S. Department of Agriculture. SMSS. Technical Monograph, No. 10, 74 pp.



### سؤالات فصل ۳

- ۱- گسترهٔ اقلیم خشک و نیمه‌خشک در کشور چگونه است؟
- ۲- اقلیم عمومی کشور از نظر میانگین نزولات آسمانی آن چیست؟
- ۳- اقلیم‌های سواحل شمالی و جنوبی کشور چه تفاوت‌ها و شباهت‌هایی دارند؟
- ۴- بزرگترین تحولات زمین‌شناسی در ایران در چه دوره‌ای صورت گرفته است؟
- ۵- در دورهٔ هولوسن چه رخدادهایی در پهنهٔ کشور ایران صورت گرفته است؟
- ۶- بزرگ‌ترین شوره‌زارهای ایران کجاست و وسعت آن چقدر است؟
- ۷- وسعت تقریبی خاک‌های اریدی سول در ایران چقدر است و چه درصدی از مساحت کل کشور را شامل می‌شود؟
- ۸- خاک‌های ایران از نظر استعداد تولید محصولات کشاورزی به چند گروه و زیرگروه تقسیم می‌شوند؟

## فصل چهارم

عوامل و فرآیندهای خاک‌سازی در

مناطق خشک

---

---

## هدفهای رفتاری فصل ۴

انتظار می‌رود دانشجویان پس از مطالعه این فصل بتوانند به سؤالاتی که درباره مباحث زیر

مطرح می‌شود پاسخ‌گو باشند:

- \* ارتباط بین عوامل خاک‌سازی با فرایندهای خاک‌سازی چگونه است؟
- \* کدام یک از فرایندهای خاک‌سازی در مناطق و اقلیم‌های خشک فعال‌ترند؟
- \* آب زیرزمینی و املاح محلول چگونه در تشکیل و تکامل خاک‌های مناطق خشک نقش ایفا می‌کنند؟
- \* مواد مادری چه نقشی در تشکیل و تکامل خاک‌های نواحی خشک دارد؟

## فصل چهارم - عوامل و فرایندهای خاک‌سازی در مناطق خشک

### ۱-۴- عوامل خاک‌سازی

قشر خاکی می‌تواند به صورت پوسته نازک و سستی سطح خشکی زمین را به طور متوسط تا عمق ۱/۵ متری بپوشاند، و با مشخصات و انرژی مخصوصی که در آن نهفته است عامل زندگی موجودات زنده روی کره زمین باشد. ماده اولیه تشکیل دهنده خاک، مواد معدنی است که بعدها مواد آلی نیز به آن اضافه می‌گردد. این ماده اولیه را سنگ‌های مختلف آذرین، رسوبی و یا دگرگونی تشکیل می‌دهند که در اثر تجزیه و تخریب فیزیکی و شیمیایی و با گذران مراحل مختلف به خاک مبدل می‌گردند. تشکیل خاک از لحاظ تیپ، خواص و غیره نه تنها بستگی به نوع مواد اولیه دارد بلکه عامل مهم دیگر یا اغلب عامل اصلی آن، شرایط خارجی مثل شرایط آب و هوایی می‌باشد. با این ترتیب برای مطالعه پیدایش و تکامل خاک بالاجبار باید به چگونگی تشکیل خاک در شرایط آب و هوایی مورد بحث یعنی مناطق خشک بپردازیم و در مواقع ضروری نیز به عنوان مقایسه، مناطق مرطوب را که عملیات تخریب در آن با سرعت و به طور کامل انجام می‌گیرد مورد بحث قرار دهیم. مسلماً عملیات تخریب شیمیایی سنگ‌ها در مناطق خشک به علت ناچیز بودن رطوبت که عامل اصلی است یا به طور ضعیف انجام می‌گیرد و یا متوقف است. معمولاً خاک بعد از تشکیل به طور ثابت باقی نمی‌ماند بلکه دائماً دست‌خوش فعل و انفعالاتی می‌شود که در آن انجام می‌گیرد. هر جزئی از خاک مثلاً هوموس به طور کند اما پیوسته از یک طرف تجزیه و از طرف دیگر دوباره از بقایای مواد آلی تشکیل می‌گردند (البته اگر شرایط ایده‌آل و بقایای مواد آلی موجود باشند، در غیر این صورت، بعد از مدتی ذخیره هوموس از بین می‌رود) و همین‌طور هم کانی‌های رس می‌تواند تخریب و دوباره تشکیل شوند. این کیفیت در خاک به این علت می‌باشد که دائماً عناصر و انرژی از اتمسفر، بیوسفر و لیتوسفر به خاک وارد می‌گردد و عوامل خاکی هم برای تطبیق دادن و متعادل ساختن

خود با محیط مرتب فعل و انفعالات و تغییرات در آن به وقوع می‌پیوندد که این تغییرات نیز به طور وضوح قابل رؤیت است و به عنوان تغییر و تبدیل خاک مصطلح می‌باشند.

برای بررسی دقیق‌تر ضروری است مراحل مختلف تشکیل خاک را نیز مورد بحث قرار داد، که البته در این جا سعی خواهد شد حتی‌المقدور این بحث فقط به مناطق خشک محدود گردد.

#### ۱-۱-۴- هوازدگی

تجزیه و تخریب و یا تغییر فرم سنگ‌ها که قبلاً به آن اشاره شد در مناطق خشک با شدت و به طریق کاملاً متفاوتی در مقایسه با مناطق مرطوب انجام می‌گیرد، و به آسانی می‌توان کلیه این مراحل را که در سطح زمین انجام می‌گیرد (به علت عدم وجود پوشش گیاهی یا حداقل نداشتن پوشش فشرده از نبات) ملاحظه مورد بررسی قرار داد. برای آشنایی نزدیک به مراحل مختلف تخریب به طور جداگانه به توضیح هر یک از آن‌ها پرداخته می‌شود.

۱-۱-۴- هوازدگی فیزیکی: قسمت اعظم از تخریب سنگ‌ها در مناطق خشک به صورت خرد شدن فیزیکی می‌باشد که به عنوان تخریب فیزیکی نامیده می‌شوند. علت اصلی این امر همان‌طور که قبلاً یادآوری شد، ابتدا به خاطر اختلاف شدید درجه حرارت سطح سنگ‌ها است، که از طریق تابش طولانی آفتاب با گرمای زیاد در روز و انعکاس شدید گرما در شب (به علت فقدان ابر در آسمان مناطق خشک) انجام می‌گیرد که همگی را می‌توان تخریب حرارتی نامید. از طرف دیگر، تخریب یخبندان یا سرما را نیز باید نام برد (خصوصاً در مناطقی که دارای زمستان بسیار سرد می‌باشند) آب داخل شکاف و ترک‌های ظریف سنگ‌ها شده، پس از یخ زدن حجم آن زیاد می‌شود فشار حاصل سبب از هم پاشیدگی و خرد شدن سنگ می‌گردد (با افزایش ۹ درصد حجم آب بعد از یخ زدن فشاری حدود ۲۲۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع به وجود می‌آید). هم‌چنین هیدراتاسیون نمک قادر است سنگ‌ها را تخریب کند. نمک‌های موجود در داخل ترک‌ها و شکاف‌های سنگ‌ها با جذب آب و تشکیل آب کریستاله که حجم آن‌ها را به چند برابر می‌رساند، فشاری برابر چند صد کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع به دیواره سنگ وارد می‌آورد که سبب از هم پاشیدگی و خرد شدن سنگ‌ها می‌شود. این حالت را می‌توان شروع تخریب شیمیایی نامید. اثر بارز وسعت تخریب فیزیکی مناطق خشک و فقدان تخریب شیمیایی،

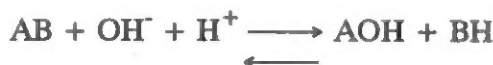
وجود توده‌های عظیم خردسنگ‌ها با دانه‌هایی به درشتی مختلف تا سنگ‌های بزرگ چند وجهی است. مسلماً این توده‌های سنگ، شن و ماسه که در اثر تخریب فیزیکی به وجود آمدند، آمادگی بهتری در مقایسه با فرم اولیه آن‌ها برای تخریب شیمیایی پیدا کرده‌اند. هر چند که قدرت عوامل مؤثر در تخریب شیمیایی از اصل ضعیف است اما از این تخریب فیزیکی به جای تشکیل خاک، توده‌های عظیم شن نیز در بعضی مناطق خشک می‌تواند به وجود آیند که شن‌ها خود عامل مخرب بزرگی به شمار می‌آیند. این‌ها یا به صورت شن‌های روان در می‌آیند که دائماً در حال حرکت‌اند و یا دشت‌های بزرگ شنی به وجود می‌آورند. قطر ذرات این شن‌ها معمولاً در خاک‌شناسی بین ۲ تا ۰/۲ میلی‌متر می‌باشد. اغلب قطر ذرات شن‌های روان می‌تواند حتی به ۱ تا ۶ میلی‌متر برسد. در مناطق خشک که تخریب شیمیایی بسیار ناچیز است نوع ترکیبات کانی (سیلیکاتی، کربناتی، کوارتزی) کم‌تر مورد توجه است تا درشتی ذرات شن‌ها. اما در مناطق مرطوب‌تر تا نیمه خشک که شدت تخریب شیمیایی بیشتر و تشکیل خاک بهتر و کامل‌تر انجام می‌گیرد، ترکیبات مینرالوژی شن‌ها جالب‌تر خواهد بود، زیرا خاکی که از ترکیبات سیلیکاتی به وجود می‌آید بخصوص از لحاظ قدرت حاصل‌خیزی با خاک مرکب از ترکیب کوارتزی کاملاً متفاوت است. در مناطق خشک که تخریب شیمیایی فقط به دوره‌های مرطوب بسیار کوتاه مدت محدود می‌گردد، در درجه اول عوامل مؤثر در تخریب شیمیایی روی کانی‌هایی که دارای قابلیت تخریب و تجزیه آسان‌تری هستند اثر می‌گذارند مثل سیلیکات‌های سدیم که از آن‌ها اغلب کانی‌های رسی سدیم‌دار و سدیم کربنات به وجود می‌آیند. این‌ها سبب پراکندگی کلوئید در موقع جذب رطوبت می‌شوند و در حین خشکی هم سبب بروز سله‌های بزرگ یا شکاف و ترک عمیق در خاک می‌گردند. به علاوه، این ترکیبات جدید سدیم‌دار قادرند ذرات شن را به هم چسبانده به طوری که بعداً با از دست دادن رطوبت کاملاً سفت می‌شوند و بالاخره ذرات شن را می‌توانند به صورت کلوخه‌های بزرگ (شبه سنگ آوار) در بیاورند.

این کیفیت در مناطق مرطوب هرگز وجود ندارد و چنانچه سدیم کربنات هم به وجود آید فوراً شسته و دفع می‌گردد. به همین علت در این مناطق آب و هوایی میزان سدیم در کانی‌های رسی به علت دفع سریع آن نادر است. نتیجتاً ملاحظه می‌گردد که مراحل تجزیه و تخریب و تشکیل خاک با وجود یک‌سان بودن ترکیبات کانی مواد مادری اساساً در مناطق مرطوب و

خشک کاملاً متفاوت است.

۱-۱-۴- هوازدهگی شیمیایی: تشکیل خاک که شرط اصلی آن تخریب شیمیایی است در مناطق خشک بسیار کند انجام می‌گیرد، زیرا عامل مؤثر که همان میزان معینی از رطوبت و فعالیت بیولوژیست بسیار ناچیز می‌باشد. در تخریب شیمیایی دو کیفیت حائز اهمیت است: هیدرولیزاسیون که اصل مشترکی را در تخریب شیمیایی مناطق خشک و مرطوب تشکیل می‌دهد و کربناتیزاسیون که مخصوص مناطق خشک است و می‌توان آن را نیز جزئی از هیدرولیزاسیون دانست که فقط در مناطق خشک به وقوع می‌پیوندد.

هیدرولیزه شدن عبارت است از ترکیب یون‌های مرکب آب ( $H^+, OH^-$ ) با نمک‌هایی که از یک باز قوی و یک اسید ضعیف و یا به‌عکس تشکیل شده‌اند که در نتیجه آن نمک مربوط تا حد معینی به اسید و باز تجزیه می‌گردد.



در سنگ‌های سیلیسی این قبیل نمک‌ها به قدر کافی یافت می‌شوند که به صورت نمک‌های قلیایی و قلیایی خاکی از ترکیب باز قوی با اسید ضعیفی مثل اسید سیلیسیک و یا به صورت ترکیباتی به شکل کمپلکس مثل آلومینوسیلیکات‌ها می‌باشند و نمونه‌ای از فعل و انفعالات ساده این ترکیبات به قرار ذیل است:



در این محیط قلیایی هم‌چنین ترکیبات سدیم آلومینات و سدیم سیلیکات می‌توانند به وجود آیند. مسلماً هیدراکسیدهای فلزات قلیایی و قلیایی خاکی با گاز کربنیک ( $CO_2$ ) هوا ترکیب می‌شوند و تولید نمک کربنات می‌نمایند که پایدار هستند، این کیفیت می‌تواند تا حدی شامل حال سدیم آلومینات نیز گردد. عمل هیدرولیزه شدن نمک‌های ساده و کمپلکس اسید سیلیسیک ابتدا از جدار سطحی کریستال شروع شده و به تدریج به اعماق آن نفوذ می‌کند، اما مواد حاصله از تجزیه اغلب به عنوان لایه محافظ، جدار نازکی را در سطح خارجی کریستال‌ها به وجود می‌آورند که از ادامه عملیات تجزیه و تخریب جلوگیری می‌نماید. یک چنین کیفیتی در



مناطق خشک شدیدتر است.

کربنات‌زاسیون عبارت از تشکیل کربنات‌های قلیایی و قلیایی خاکی است، که در لابلای قطعات کوچک و سست سنگ‌ها و مواد خاکی و غیره به صورت کربنات انباشته می‌شوند. شاید این سؤال مطرح شود که آیا این کیفیت می‌تواند سبب تجمع کربنات سدیم در خاک‌های مناطق خشک گردد. جواب این مطلب در قسمت علل پیدایش pH قلیایی مفصلاً مورد بحث قرار خواهد گرفت. راه دیگری که سبب کربناتیزه شدن یا بهتر بگوییم، جمع شدن کربنات در خاک می‌گردد از طریق آب‌های تحت‌الارضی است، که در اثر صعود موئینگی (البته وقتی که سطح آن در عمق بحرانی قرار گیرد) به لایه سطحی خاک یا سطح زمین می‌رسند، و در این حالت بیکربنات‌های کلسیم محلول  $[Ca(HCO_3)_2]$  با تبخیر آب و متصاعد شدن گاز کربنیک به صورت کربنات کلسیم غیرمحلول ( $CaCO_3$ ) رسوب می‌کنند (البته اگر آب تحت‌الارضی محتوی بیکربنات باشد). این کربنات‌ها به صورت رگه‌های باریک و با توده‌های کوچک اغلب در داخل شیارها و منافذ ظریف پروفیل خاک ملاحظه می‌گردند و می‌توانند به صورت نوارهای پهن و لایه‌های قطور نیز خودنمایی کنند (افق رسوبی کربنات). این‌ها هم‌چنین قادرند دانه‌های شن و سایر ذرات را کاملاً مهار کرده بپوشانند و اغلب هم مانند مفصل آن‌ها را به هم می‌چسبانند. باید توجه داشت که عمل جابه‌جاشدن آهک در پروفیل خاک دائماً ادامه دارد، بدون این‌که مثل مناطق مرطوب خطر شست و شو یا دفع آن‌ها در بین باشد. به همین جهت خاک‌های مناطق خشک به قدر کافی آهکی هستند و گاهی مساحت وسیعی را سله‌های قطور آهکی نیز پوشانده به طوری که زمین‌های کاملاً عقیم و بدون پوشش گیاهی را به وجود می‌آورند. البته زمین‌هایی را باید مستثنی نمود که از شن‌های کوارتزی فاقد مواد آهکی تشکیل می‌شوند و برای جبران کمبود آهک این‌گونه زمین‌ها باید همان روش جبران کمبود آهک خاک در مناطق مرطوب به کار رود. معمولاً در مناطق مرطوب دائماً از مقدار آهک خاک کاسته می‌شود و خاک به سوی اسیدی پیش می‌رود.

از دیگر پدیده‌هایی که در حین فعل و انفعالات شیمیایی حاصل می‌شود، تشکیل پوسته‌هایی در سطح زمین به عنوان پوسته‌های به اصطلاح لاک‌پشتی است. این قبیل پوسته‌ها بخصوص در مناطق آب و هوایی حفاصل بین منطقه خشک و نیمه خشک بیشتر یافت

می‌شوند. علت پیدایش این پوسته‌ها که از مواد کلوئیدی می‌باشند، همان‌طور که قبلاً یادآوری شد به این طریق است که باران بعد از نفوذ به منافذ و شکاف‌های ظریف سنگ‌ها، و با تجزیه مواد کانی آن‌ها تولید محصول کلوئیدی می‌کند که این محلول‌های کلوئیدی به مرور در اثر صعود موئینگی به سطح زمین کشانده می‌شود و با از دست دادن آب به صورت پوسته سخت از ترکیبات آهن، منگنز و اسید سیلیسیک رسوب می‌کنند و گاهی هم نه تنها سبب چسباندن ذرات و دانه‌های ریز سنگ و شن می‌گردند، بلکه حتی قطعات کوچک سنگ‌ها را که در حال از هم پاشیدگی هستند مانند محفظه می‌پوشانند و از ادامه تخریب آن‌ها ممانعت می‌نمایند. (پوسته‌های آهکی که قبلاً به آن اشاره شد بر خلاف این پوسته‌ها کم‌تر پایداراند و در صورت زیاده‌شدن رطوبت محیط، موجودیت خود را از دست می‌دهند). با تشکیل پوسته‌های سخت که خود نیز مثل کربناتیزاسیون مرحله‌ای از تخریب شیمیایی را شامل می‌گردد می‌توان نتیجه گرفت که سه مرحله اصلی در تخریب شیمیایی مناطق خشک به وقوع می‌پیوندد. ۱) هیدرولیز شدن سیلکات‌ها، ۲) کربناتیزاسیون و ۳) تشکیل پوسته‌های سخت که البته دو حالت آن در مناطق مرطوب نیز صورت می‌گیرند منتهی به علت بالا بودن رطوبت محیط آثاری از آن‌ها باقی نمی‌ماند و علاوه بر آن در مناطق خشک یک تخریب نمکی<sup>۱</sup> و هم‌چنین انباشته شدن دائمی نمک در پروفیل خاک نیز وجود دارد (۳).

## ۲-۱-۴- پستی و بلندی

این عامل به صورت‌های زیر تأثیر می‌گذارد:

۴-۱-۲-۱- اثر آب‌های اضافی و پستی و بلندی: معمولاً آب‌های اضافی در مناطق خشک قادرند فقط به طور پراکنده و نادر مساحت کوچکی از اراضی را تحت نفوذ خود قرار دهند. آب‌های اضافی یا به صورت آب تحت‌الارضی است که در دره‌های خشک و نقاط پست و دشت‌های ساحلی، یا لگن‌های عمیق و سواحل رودخانه‌ها ملاحظه می‌گردند. آب تحت‌الارضی از یک طرف در اثر صعود موئینگی به سطح زمین می‌رسد و املاح محلول خود را در سطح خاک

1. Saltweathering.

انباشته می‌نماید اما از طرف دیگر به خاطر بر جای گذاشتن فعل و انفعالات دیگری نیز دارای اهمیت زیاد می‌باشد. از آن جمله ایجاد محیط بی‌هوازی و در نتیجه احیاء اکسیدهای سه ظرفیتی مثل اکسیدهای آهن و منگنز و نقل و انتقال آن‌ها که بالاخره یک دینامیک کاملاً جدیدی به خاک می‌دهد. مسلماً چنین خاکی دیگر با تیپ اصلی خود قابل قیاس نخواهد بود مثل خاک‌های گلی (Gley). آب‌های اضافی می‌توانند هم‌چنین به صورت آب‌های راکد سطحی باشند، که در اثر انباشته شدن آب باران در گودال‌ها و نقاط پست و غیره حاصل می‌شوند.

آب‌های راکد سطحی نیز قادرند دینامیکی شبیه گلی در خاک به وجود آورند که در این صورت آن‌ها را خاک‌های نیمه گلی یا شبه گلی می‌نامند. آب‌های راکد سطحی می‌توانند به صورت آب هرز کلیهٔ املاح مسیر را شسته و با خود در این گودال‌ها حمل نمایند که بعد از تبخیر آب به صورت پوسته‌ای در سطح زمین انباشته می‌شوند. جنس این پوسته‌ها می‌تواند از نمک، ذرات ریز مثل رس و یا حتی هومات‌ها باشند که به رنگ سیاه. اصولاً خاک گلی در مناطق خشک فاقد اهمیت است زیرا در این صورت، خاک تحت تأثیر دینامیک شورزاری یا نمک قرار خواهد داشت.

۲-۱-۲-۴- مشکلات نفوذ رطوبت در اراضی پست: قبلاً نشان داده شد که آب باران در صورت نامساعد بودن فرم سطحی زمین به طور نامنظم در سطح زمین پخش می‌گردد، که در نتیجهٔ آن، رسیدن و نفوذ رطوبت در خاک نیز غیریک‌نواخت خواهد بود، برای مثال می‌توان زمین‌های شیب‌دار را با آن‌هایی که به صورت گودال یا فرو رفته هستند در مقام مقایسه قرار داد. عدم تقسیم مساوی رطوبت در زمین برای تشکیل و تکامل خاک در یک منطقه وسیع دارای اهمیت فراوان است، به طوری که این همبستگی با بالا رفتن شدت درجهٔ کویری نیز بیشتر می‌گردد؛ زیرا در درجهٔ اول فقدان یا کاهش رطوبت یک نقطه به همان اندازه در میزان پوشش گیاهی مؤثر خواهد بود. مثلاً نباتات مناطق شیب‌دار فقط جزء ناچیزی از آب باران را دریافت خواهند نمود در صورتی که در نقاط پست و گودال‌ها نه تنها گیاهان آب بیشتری دریافت می‌کنند بلکه رطوبت کافی به مدت طولانی‌تری در اختیار آن‌ها قرار خواهد داشت (۲۶).

مسلماً شرط باقی‌ماندن رطوبت در گودال‌ها مساعد بودن جنس خاک آن‌هاست. خاک‌های سبک و شنی که دارای خاصیت زهکش بسیار قوی باشند به زودی رطوبت خود را از دست

خواهند داد، اما معمولاً گودال‌هایی که در دشت‌های وسیع مناطق خشک واقع می‌گردند اغلب به علت انباشته شدن تدریجی ذرات بسیار ریز خاک (مواد کلوئیدی) سنگین هستند، بخصوص وقتی که کلوئیدهای رسی و هم‌موسی با یون سدیم اشباع شده باشند. در این صورت، در اثر پراکنده شدن کلوئیدها کلیه منافذ ریز و درشت پروفیل خاک به مرور پر و مسدود می‌شود و نتیجتاً خاک قابلیت نفوذ آب را به کلی از دست می‌دهد. گاهی با حفر پروفیل در این فرورفتگی‌ها در دیواره پروفیل‌ها نوارهایی بخصوص از هومات سدیم را که داخل شیارها و منافذ را پر کرده‌اند. (۱۲). در گودال‌ها معمولاً یک نوع تغییرات و نوسانات شدید کليمایی خاک ملاحظه می‌گردد، مثلاً خاک داخل گودال قبل از شروع دوره خشک با آب کاملاً اشباع می‌شود و حتی محتوی آب اضافی است، اما به تدریج رطوبت خود را از دست می‌دهد به طوری که در آخر دوره خشکی، بیش از حد خشک می‌گردد. در صورتی که این قبیل نوسانات شدید در محل‌های غیرگودالی هرگز وجود ندارد. علاوه بر آن، تشکیل و تکامل خاک در این نقاط برخلاف مناطق حوالی آن از مواد موجود و اصلی در گودال‌ها نیست بلکه از موادی که به مرور در اثر حمل و نقل آب حاصل شده‌اند. (مثل ذرات رس و هم‌چنین هومات‌های سدیم و ترکیبات سدیمی و غیره). در هر حال با ادامه و تکرار این تغییر و تحولات دوره‌ای در گودال‌ها تیپ‌های جدیدی از خاک به وجود می‌آیند که می‌توان آن‌ها را تیپ خاک‌های گودالی نامید. آب‌های راکد جمع شده در گودال‌ها و سایر نقاط پست واقع در مناطق آب و هوایی خشک و سرد می‌توانند هم‌چنین از آب برفی که به وسیله باد به آن‌جا حمل و انباشته گردیده‌اند سرچشمه گیرند، که شاید بعدها بتوان از این آب‌ها برای آبیاری استفاده کرد. با این حال حمل برف به وسیله باد در این نقاط از لحاظ عدم پخش مناسب رطوبت زمستانی در خاک، خود مشکل بزرگی است. برای جلوگیری از این مشکل می‌توان از احداث درختان بادشکن و یا موانع دیگر استفاده کرد تا بدین طریق از حرکت باد و نقل و انتقال برف، جلوگیری و تقسیم مناسب رطوبت را در خاک ممکن ساخت.

به هر صورت، می‌توان گفت که وجود آب اضافی (آب‌های راکد سطحی، آبیاری تحت‌الارضی) و وضع رلیف (شیب‌ها و گودال‌های سطح زمین) عوامل مهمی را تشکیل می‌دهند که اثر آن‌ها در مناطق خشک برای تشکیل و تکامل خاک اغلب با اهمیت‌تر از یکایک عوامل آب و هوایی می‌باشد (یعنی، مثلاً حتی مهم‌تر از میانگین مجموع باران سالیانه). برای

توضیح بیشتری راجع به اهمیت این مطلب و همبستگی واقعی آن‌ها مسلماً ضروری است تا تأثیرات دسته‌جمعی کلیما، رلیف و آب را به طور عمیق‌تر مورد بحث قرار داد. اختلاف اثر آب اضافی در مناطق خشک و مناطق مرطوب که قبلاً نیز به آن اشاره شد بخصوص در تشکیل خاک گودال‌ها، آشکارتر می‌گردد. در شرایط آب و هوایی مرطوب آب اضافی در گودال‌ها، خاک‌های اسیدی، فقیر از مواد غذایی، فقیر از کاتیون‌های قلیایی و قلیایی خاکی را به وجود می‌آورد (خاک‌های گلی، شبه گلی و پادزل)، بیشتر اوقات هم از خاک‌های گلی خاک‌های مردابی و غنی از مواد آلی تشکیل می‌گردد. به عکس، داخل گودال‌ها در مناطق خشک را اغلب خاک‌های قلیایی ضعیف تا شدیداً قلیایی (مثل سولونتز) و اشباع از کاتیون‌های قلیایی و قلیایی خاکی، خاک‌هایی فقیر از مواد آلی اما انباشته با املاح محلول (مثل خاک‌های سولونچاک) و یا تشکیلاتی شبیه به خاک (تکیرها) و رسوبات ظریفی را که شبیه به خاک می‌باشند تشکیل می‌دهند (۱۱).

### ۳-۱-۴- سنگ مادر

دیگر از فاکتورهایی که در تشکیل و تکامل و بالاخره تیپ خاک مؤثر است سنگ مادر می‌باشد. سنگ مادر بخصوص در منطقه آب و هوایی مرطوب معتدل مثل اروپای مرکزی نقش بسیار مهمی را عهده‌دار است. اما به عکس در مناطق خشک اهمیت کمتری را در بر دارد؛ زیرا اثر عوامل زیادی مثل تشکیل پوسته‌های آهک و اکسیدهای مختلف بر رو یا داخل سنگ‌ها، حمل و یا دفع سنگ‌های ریز ماسه و شن به وسیله باد و مخلوط کردن آن‌ها با سنگ‌های مادر و غیره سبب می‌شوند که اثر سنگ مادر اصلی در مناطق خشک محو گردند. البته حالت‌هایی نیز وجود دارد که سنگ‌های مادر می‌توانند در شرایط معینی در تشکیل خاک مؤثر واقع شوند. مثلاً از یک سنگ مادری که از شن‌های کوارتزی تشکیل شده است خاک‌های فقیر از مواد غذایی و مواد کلوئیدی به وجود خواهد آمد که دیگر قادر به تشکیل پوسته‌های آهکی نمی‌باشند، البته باز هم در صورتی این کیفیت عملی است که مواد اصلی تحت تأثیر شن و ماسه و گرد و غبار حمل شده به وسیله باد واقع نگردند. همین‌طور هم خاک‌هایی که از مواد بازالتی که دست‌خوش مواد خارجی واقع نشده‌اند، تشکیل شوند، اغلب به علت دارا بودن عناصر غذایی گیاهی فراوان بخصوص برای کشت گیاهان مهم کشاورزی بسیار حائز اهمیت خواهند بود.

مسئله مهم دیگر این است که مقدار کانی‌های مرکب موجود در سنگ مادر نیز می‌توانند در تشکیل نوع خاک آشکارا مؤثر باشند، بخصوص در مناطق خشکی که درجه رطوبت، کمی افزایش یابد، مثل حوزه حذفاصل بین منطقه نیمه خشک تا نیمه مرطوب، که در این صورت؛ مثلاً از سیلیکات‌هایی که دارای آهن و کاتیون‌های قلیایی خاکی فراوان باشند خاک لومی قرمز رنگ همراه با کائولینیت و مونتموریلونیت فراوان تشکیل می‌گردد. و یا از سنگ‌های شنی و گرانیتی که مثلاً آهن و عناصر قلیایی خاکی کمتری دارند خاک لومی شنی قرمز با شدت رنگ ضعیف‌تری به وجود خواهد آمد. به هر صورت این مثال‌ها نشان می‌دهند که دخالت نوع مواد اولیه در تشکیل نوع خاک در مناطق خشک هم‌چنین با میزان رطوبت محیط ارتباط مستقیم دارد.

#### ۴-۱-۴- آب زیرزمینی

تأثیر آب زیرزمینی در تحول خاک‌ها در اقلیم‌های مختلف مشاهده می‌شود ولی در مناطق خشک نتایج حاصل ضررهای بیشتری در پی دارد و به همین دلیل اهمیت زیادی از نظر توسعه منابع آب و خاک دارد. Kovda (۱۸) بر این عقیده است که آب زیرزمینی، نقش عمده‌ای در تاریخ تکاملی خاک دارد. اگر شرایط ماندابی در خاکی مستقر شود مواد آلی آن افزایش می‌یابد و بر مقدار اکسیدهای دوظرفیتی آهن و منگنز نیز افزوده می‌شود. بدیهی است که اکسیداسیون مجدد این عناصر دوظرفیتی به کندی صورت می‌گیرد و املاح محلول در آب نیز بالاخره در خاک ماندگار می‌شود. وجود یک سفره آب زیرزمینی که در عمق یک یا چند متری از سطح خاک قرار دارد، همین شرایط را به خاک تحمیل می‌کند زیرا افق‌هایی از خاک که در زیر سطح ایستایی آب زیرزمینی قرار داشته، یا در ضخامت حاشیه موئینه‌ای قرار می‌گیرند دارای محیط احاطه‌کننده هستند و آهن و منگنز در آن‌ها به صورت دوظرفیتی موجود است. بخشی از این آهن و منگنز به تدریج از محل خاک خارج و به آب زیرزمینی اضافه می‌شود. آب زیرزمینی همیشه محتوی املاح است و پس از تبخیر در سطح خاک، رسوبی سفید یا خاکستری رنگ از املاح کلرور و سولفات سدیم، منیزیم و کلسیم باقی می‌ماند. اگر این رسوبات ناشی از کربنات سدیم باشد، به علت انحلال مواد آلی در آن، رنگ سطح خاک سیاه می‌شود. بدیهی است که شوره زدن سطح خاک مستلزم وجود سفره آب زیرزمینی در یک عمق بحرانی است که خود



تابعی از بافت، ساختمان، مقدار و نوع املاح می‌باشد.

#### ۵-۱-۴- املاح محلول

خاک بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک سرشار از املاح محلول است که منشاء متفاوتی دارد. در بعضی خاک‌ها، سنگ مادر خود محتوی املاح است و در برخی دیگر در اثر هوازدگی، املاح از سنگ مادر آزاد می‌شود ولی چون مقدار رطوبت کم است، نمی‌تواند آب‌شویی یابد و از خاک خارج شود. وزش باد نیز می‌تواند املاحی را از سطح دریا و اقیانوس انتقال دهد و در سواحل به جای گذارد. صعود شعریه‌ای از سفره‌های آب زیرزمینی نیز قادر است که خاک مطلوبی را به تدریج شور سازد. تجمع املاح محلول در خاک، تأثیر عمده‌ای بر روی خواص فیزیکی و شیمیایی رس و هوموس دارد و کمیت و کیفیت جامعه نباتی عالی و پست خاک را تعیین می‌کند. اغلب، وجود املاح سدیم موجب انتشار ذرات رس و هوموس می‌شود و لایه یا افق بسیار متراکمی در زیر خاک تشکیل می‌دهد که مانع عبور آب، هوا و ریشه نباتات می‌شود و ساختمان خاصی دارد که عمدتاً منشوری یا ستونی است. املاح خاک در رشد، توسعه و فعالیت موجودات ریز، به ویژه ازوتوباکتر<sup>۱</sup> و کلاستریدیوم<sup>۲</sup> مناسب است ولی با افزایش غلظت املاح از فعالیت آن کاسته و بالاخره متوقف می‌شود. املاح کلرور، سریع‌تر از سولفات این حالت را پیش می‌آورد. املاح موجود در خاک، پتانسیل اسمزی محلول خاک را افزایش داده (منفی‌تر می‌کند) بدین ترتیب قدرت جذب آب توسط گیاه را کاهش می‌دهند. از طرفی تعادل یونی را به هم می‌زنند و در بعضی موارد مانند املاح بُر (بُرن) برای گیاهان ایجاد سمیت می‌کنند. عملکرد محصول گیاهان زراعی در مناطق شور معمولاً ناچیز و مقاومت گیاهان روئیده در این اراضی در مقابل آفات و امراض کم است.

#### ۲-۴- فرایندهای خاک‌سازی

از مهم‌ترین فرایندهای خاک‌سازی در نواحی خشک می‌توان به فرایندهای تشکیل افق‌های

1. Azotobacter

2. Clostridium



زیر در این مناطق اشاره نمود (۲۰).

#### ۴-۲-۱- تشکیل سله

سله خاک که در نواحی خشک گسترده می‌باشد لایه‌ای سطحی از ذره‌های ریز خاک سیمانی نشده است که هنگام خشک بودن به یکدیگر می‌چسبند و تکه‌های آن از توده خاک زیرین قابل جدا شدن و شکستن است. وضعیت سله بستن و حفزه‌دار شدن بر اثر اشباع و خشک شدن مکرر ماده‌های لومی ناپایدار خاک رخ می‌دهد. در خلال تر شدن، پلاسمه به نقاط تماس میان ذره‌های اسکلتی حرکت می‌کند و در آن جا بر اثر خشکیدن به صورت سیمان ضعیف برگشت‌پذیری عمل می‌کند. در این فرآیند حباب هوای حبس شده از روزنه‌ها خارج می‌شود. برعکس نفوذپذیری سریع که در بخش پشته تلماسه بدون سله روی می‌دهد، نفوذپذیری بخش سله‌دار در برابر آب کند است (۱۳).

#### ۴-۲-۲- تشکیل سنگ‌فرش سطحی

بسیاری از اریدی سول‌ها که تکامل آن‌ها در ماده‌های سنگی رخ داده‌است، در سطح خود لایه‌هایی از سنگ‌ریزه دارند که به نام‌های گوناگون سنگ‌فرش بیابانی<sup>۱</sup>، جیبر<sup>۲</sup>، گوبی<sup>۳</sup>، سای<sup>۴</sup>، هامادا<sup>۵</sup> و رگ<sup>۶</sup> معروف‌اند (۷). کوک (۸) برای تشکیل این لایه سنگ‌ریزه، ردیفی از فرآیندها را پیشنهاد می‌کند که انجام آن به ده‌ها هزار سال زمان نیاز دارد. فرآیند یاد شده به این صورت آغاز می‌شود که در مقیاس کوچک، باد ذره‌های ریز را جدا می‌کند و سپس آب، آن‌ها را می‌شوید و خارج می‌کند. به این ترتیب ریگ‌های به جا مانده بر روی سله روزنه‌داری قرار می‌گیرد. به دنبال آن سنگ‌ها به طور عمودی از نظر اندازه درجه‌بندی می‌شوند، هوازدگی سطحی و شکستگی در برخی از سنگ‌ها رخ می‌دهد، و یک حالت جلا بر روی خرده‌سنگ‌هایی ایجاد می‌شود که کهنگی آن ۲۰۰۰ تا ۵۰۰۰ سال برآورد می‌شود. حالت خزش خاک بر روی شیب‌ها روی

1. Desert Pavement

2. Gibber

3. Gobi

4. Sai

5. Hammada

6. Reg

سنگ‌فرش و سله زیر آن تأثیر می‌گذارد. چنین استنباط می‌شود که درجه‌بندی عمودی اندازه ذره‌ها، که در آزمایشگاه با تر و خشک کردن مواد لوم شنی ریگی شبیه‌سازی شده‌است به سبب جابه‌جایی تدریجی سنگ‌ریزه‌ها به سمت بالا است که بر اثر عامل‌هایی چون تورم رُس، یخ‌زدگی، رشد بلورهای نمک و انبساط هوای حبس شده صورت می‌گیرد. خود سنگ‌فرش که ممکن است به شکل لایه دوگانه‌ای از سنگ‌ریزه درآید به صورت تله‌ای برای گرفتن گرد و خاک عمل می‌کند (۱۴، ۲۲ و ۲۷). ذره‌های ریز در میان سنگ‌ریزه‌ها قرار می‌گیرند و سپس در خلال بارندگی در پروفیل به سوی پایین حرکت می‌کنند. هوادیدگی سطحی (برخی از آن همان‌گونه که توسط کوک (۸) توصیف شده ممکن است هوادیدگی نمک باشد) به کندی، سنگ‌های حساس را تا سطح متداول سنگ‌فرش می‌فرساید. هنگامی که سنگ‌ریزه‌ها احتمالاً زیر فشار گرما شکاف برمی‌دارند قطعه‌ها برای قرن‌ها در تماس نزدیک به یکدیگر باقی می‌مانند. اجزای جلادهنده به سنگ‌ها که در سطح زیرین عموماً زرد تا قهوه‌ای مایل به سرخ و در سطوح بالایی نسبتاً سیاه هستند، در برگرفته‌کانی‌های سیلیکاتی رُسی (ایلپیت و مونتموریلونیت) و هیدروکسیدهای آهن و منگنز است که همه آن‌ها احتمالاً منشأ بادزفتی دارند. رفت و آمد ماشین‌های برون جاده‌ای سبب می‌شود تا سنگ‌فرش بیابانی شکننده را برای فرسایش‌های جدی آماده سازد.

### ۳-۲-۴- تشکیل افق‌های کامبیک

تعریف دقیق‌تر افق‌های کامبیک (BW) (۱۳). این‌گونه است که ضخامت افق بیشتر از ۲۵ سانتی‌متر است در حالی که این معیار برای افق آرچیلیک بیش از ۷/۵ سانتی‌متر است. افق‌های کامبیک افق‌های زیرسطحی هستند که در زمین‌های پایدار بیابانی تا حدی دگرگونی پیدا کرده‌اند. در هم آمیختگی خاک موجب از میان بردن حالت لایه‌ای یا ساختمان سنگ شده است. کرومای رنگ ممکن است نسبتاً زیاد باشد. ساختمان خاک ممکن است دیده شود (منشوری، مکعبی). انباشتگی کمی از رُس ممکن است وجود داشته باشد. وجود افق کلسیک زیر آن می‌تواند نشان دهد که کربنات‌ها از افق BW بالا خارج شده‌اند. بیشتر کامب اُرتیدها دارای افق‌های کامبیک هستند که در مواد مادری با کربنات کم به وجود آمده‌اند و کربنات‌های آن شسته شده است. در مواد مادری که زیاد آهکی باشند ممکن است پوشش‌های آهکی در سطح زیرین سنگ‌ریزه‌ها در

افق کامبیک که روی افق کلسیک مشخصی وجود دارد دیده شود.

#### ۴-۲-۴- تشکیل افق‌های آرجیلیک و ناتریک

افق‌های آرجیلیک که بافت آن‌ها لوم رسی تا رُسی تغییر می‌کند ضخامت ۷/۷ تا ۷۵ سانتی‌متر دارند و در عمق‌های کم (۴ تا ۲۵ سانتی‌متر) زیر سطح زمین آغاز می‌شوند (۲۵). نشانه‌هایی را برای هوادیدگی درجا و انباشتگی رُس در افق‌های Bt در خاک آرجید در ایالت آریزونا، آمریکا گزارش کرده‌اند. به دلیل آن‌که رُس در حضور کریئات‌ها فلکوله و به یکدیگر متصل می‌شود، این‌گونه می‌توان تصور کرد که انباشتگی رُس شسته شده ایلویال (بیشتر ایلیت) در افق‌های آرجیلیک زمانی آغاز شده که در بخش بالایی سولوم، کریئات وجود نداشته است. مرز بالایی این‌گونه افق‌ها عموماً ناگهانی و کاملاً مشخص است. مرز پایینی آن را ممکن است (اساساً زیر افق‌های آرجیلیک) انباشتگی  $\text{CaCO}_3$  در برگرفته باشد. کوتاه‌ترین زمان مورد نیاز برای انباشتگی رُس در افق‌ها ۲۰۰۰ تا ۶۶۰۰ سال برآورد شده است (۴ و ۲۳). درصد سدیم قابل تبادل بیشتر از ۱۵ درصد (یا سدیم و منیزیم با هم) حتی در حضور رُس‌های آهکی، موجب فروپاشی و و پراکندگی ذره‌های رُس و جابه‌جایی آن می‌شود. در این حالت، افق آرجیلیک به دست آمده، با داشتن ساختمان منشوری یا ستونی، افق ناتریک نامیده می‌شود.

در تعریف افق‌های آرجیلیک خاک‌های اریدی سول که از رُس مونتموریلونیت سرشارند، به سبب آن‌که پوشش رُسی معمولاً در سطوح خاکدانه‌ها و دیواره روزه‌ها وجود ندارد شرط حضور آرجیلیک حذف می‌شود. از دیدگاه ثوری، این‌گونه آرجیلیک‌ها زمانی وجود داشته است لیکن بر اثر تورم و چروکیدگی خاکدانه‌های رُسی از میان رفته‌اند.

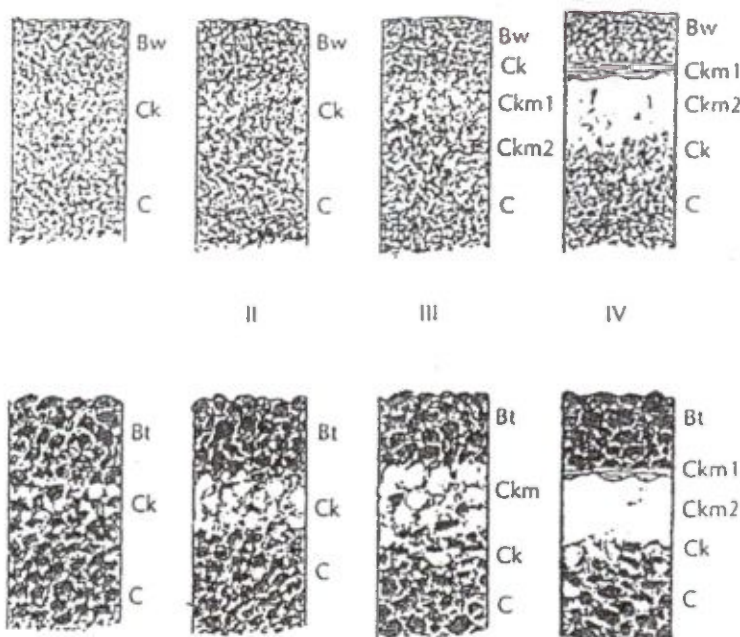
آرجیدهایی که مقدار زیادی اجزای اسکلتی درشت دارند دارای پوشش‌هایی از رُس منظم روی ذره‌های شن درشت و سنگ‌ریزه‌ها هستند که برعکس خاکدانه‌های رُسی، متورم و چروکیده نمی‌شوند و آرجیلیک‌ها شکاف برنمی‌دارند.

#### ۴-۲-۵- تشکیل افق‌های کلسیک و پتروکلسیک

انباشتگی‌های کریئاتی معمولاً زیر افق‌های آرجیلیک و کامبیک خاک‌های اریدی سول قرار

می‌گیرند. شکل ۴-۱ ردیفی (چپ به راست) این افق‌ها را در ماده‌های ریگ‌دار و بی‌ریگ نشان می‌دهد که تکامل افق Ck آن از ضعیف (بیشتر از ۱۵ درصد حجمی  $\text{CaCO}_3$  مرحله‌های I و II) تا قوی (افق‌های پتروکلسیک، مرحله‌های II و IV) تغییر می‌کند. اریدی سول‌ها معمولاً تراکمی از «آهک سفید» را نشان می‌دهند (غالباً  $\text{CaCO}_3$  در بعضی نقاط همراه با مقدار  $\text{MgCO}_3$ ) که با افق‌هایی که انباشتگی رُس دارند (Bt) شبیه می‌باشد. ماریت (۱۹) مفهوم «پدوکال»<sup>۱</sup> را برای خاک‌هایی تعریف کرده که مقدار کربنات افق‌های آن‌ها از افق‌های بالا و پایین خود بیشتر است. زمین‌شناسان به این گونه افق‌ها در جایی که به خودی خود تکامل یافته باشند کلیچه<sup>۲</sup> یا کالکریت<sup>۳</sup> می‌گویند. گرچه نشانه (۱۵) افق اصلی K (K از زبان آلمانی Kalk به معنی آهک) که با «فابریک K» (پوشش‌های کربناتی دانه ریز) مشخص شده، به سیستم رده‌بندی خاک وارد نشده است، زیرنویس k و km به ترتیب وضعیت کلسیک و پتروکلسیک توده‌ای را مشخص می‌کند (۱۵). شکل ۴-۱ نشانه‌های مخصوص سیستم رده‌بندی خاک را همراه با درصد‌های حجمی کربنات‌ها که در پرائنز آمده به کار می‌برد: Ck (۱۵-۵۰ درصد)، Ckml (۵۰-۹۰ درصد)، Ckm<sub>2</sub> (بیشتر از ۹۰ درصد؛ m به معنی حالت سیمانی شدید است). مقدار انباشتگی به صورت «معادل کربنات» گزارش می‌شود که بر پایه اندازه‌گیری کمی در آزمایشگاه از گاز  $\text{CO}_2$  از نمونه‌هایی به دست می‌آید که با اسید (HCl) در هم آمیخته‌اند.

در حالی که افق‌های کلسیک (با داشتن ۱۵ درصد یا بیشتر کربنات کلسیم معادل، قطعه‌های خشک شده در هوا یا آب خیس می‌شود و از هم می‌پاشد) در امتداد یک پیمایش از بارندگی کم به زیاد در ژرفای افزایشده دیده می‌شوند، افق‌های پتروکلسیک (به اندازه‌ای سیمانی شده‌اند که قطعه‌های آن‌ها در آب از هم نمی‌پاشد) در عمق‌هایی وجود دارند که با الگوهای بارندگی کنونی وابستگی ندارند. بسیاری از لایه‌های پتروکلسیک ممکن است بازمانده زمین‌های قدیمی باشند که با پروفیل‌های خاک کنونی وابسته نیستند.



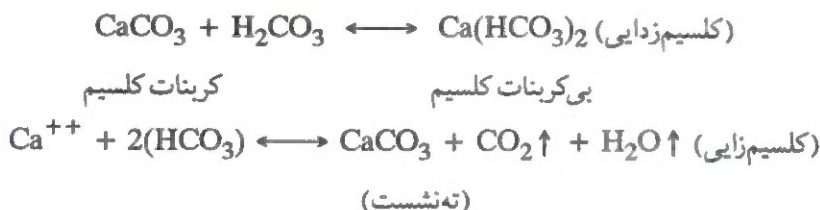
شکل ۴-۱: نمودارهایی ردیفی که چهار مرحله افزایش از انباشتگی  $\text{CaCO}_3$  را در ماده‌های بی‌ریگ (ردیف بالا) و ریگ‌دار (ردیف پایین) نشان می‌دهد (۱۵ و ۲۰). انباشتگی‌ها به صورت رشته‌هایی از  $\text{CaCO}_3$  (ردیف بالا سمت چپ) و پوشش‌هایی در سطح زیرین سنگ‌ها (ردیف پایین سمت چپ) آغاز می‌شود. بعد از این مرحله روزه‌ها بسته می‌شوند (هر دو ردیف سمت راست)، آب باران روی آن جمع می‌شود که با حل شدن و ته‌نشست دوباره کربنات‌ها سبب می‌شود تا کلاهی لایه‌ای ( $\text{Ckm1}$ ) به سمت بالا رشد کند. در مراحل VI و VII که در این جا دیده نمی‌شود (۶) افق  $\text{Ckm}$  وضعیت لایه‌ای خود را به خوبی نشان می‌دهد و سیمانی شدن دوباره آن کاملاً آشکار است. انباشتگی کربنات در افق‌هایی که با نشانه  $\text{Ck}$  و  $\text{Ckm}$  به رنگ سفید است دیده می‌شود نه آنچه که در مقاله‌ها با رنگ سیاه مشخص شده است.

تشکیل افق‌های پدوژنی  $\text{Ck}$  و  $\text{Bk}$  با خارج شدن کربنات‌ها از افق‌های بالایی و نشست آن‌ها در افق‌های پایین توسط نفوذ آب باران رخ می‌دهد که گاز کربنیک حل شده در آن به وسیله ریشه گیاه و ریز گیاهان تجزیه‌کننده تأمین شده است (۶):



اسید کربنیک

حل شدن کربنات‌ها در افق‌های بالا و ته نشست آن در افق‌های پایین با فرمول‌های زیر نشان داده می‌شود:



رها شدن دی‌اکسید کربن زیستی در خاک سبب می‌شود تا  $\text{CO}_2$  هوای خاک از ۱۰ (عادی) تا ۱۰۰ برابر مقدار آن در اتمسفر افزایش یابد (۶، ۱۷ و ۲۰). همان‌گونه که آب دارای بی‌کربنات از افق A به سمت پایین حرکت می‌کند، به درون افق‌های فرعی که  $\text{CO}_2$  پایین و رطوبت کمتری دارد وارد می‌شود. ریشه‌های گیاه جذب آب را بر کربنات‌های حل شده برتری می‌دهد که در نتیجه به ته نشست شدن دومی می‌انجامد. آرکلی (۵) سنّ بسیاری از خاک‌های اریدی سول را بر پایه مقدار کلّ کربنات انباشته شده، تقسیم بر مقدار برآورد شده  $\text{CaCO}_3$  که سالانه به سیستم افزوده می‌شود محاسبه کرده است. در نزدیکی پارک دانشگاه شهر لاس کروز ایالت نیومکزیکو مواد آهکی (و در مناطقی گچی) برای هزاران سال است که در همه جا به گونه‌ای پراکنده‌اند که همه آن‌ها به جز جوان‌ترین خاک‌ها (انتي سول‌ها) انباشتگی کربنات دارند، این در حالتی است که ماده مادری آن‌ها آهکی یا غیرآهکی باشد (۱۵). در میان دیدگاه‌های گوناگون، وجود یک منبع خارجی برای کربنات‌ها فرض شده است، به گونه‌ای که هوا دیدگی مقادیر زیاد سنگ‌های اولیه که برای تولید حجم کربنات‌های موجود در افق‌های کلسیک ضروری است غیرواقعی به نظر می‌رسد (۶). داده‌هایی که توسط ینی (۱۷) ارائه شده است نشان می‌دهد که کارایی بارانهای سرد در کالیفرنیا برای شست و شوی کربنات‌ها از افق‌های بالایی خاک بیشتر از بارشهای گرم تابستانی منطقه گریت پلین غربی بوده است.

در نواحی گسترده‌ای از مناطق گرم، اریدی سول‌ها از ماده‌های مادری تشکیل شده‌اند که کانی‌های قابل هوا دیدن آن‌ها بسیار کم است. نبود کربنات‌ها (بومی یا غیربومی) صرف‌نظر از رژیم رطوبتی که از اریدیک تا یودیک تغییر می‌کند، با آرجیلیک‌های ضخیم همراه است. پیردس و بیول (۲۱) در یک چنین ردیف اقلیمی سه خاک یوستیک هاپل آرجید مشاهده کردند،



که همانند آلفی سول‌ها و آلتی سول‌های همان ردیف، افق‌های آرجیلیک ضخیمی (تا ۳ متر) داشته‌اند.

#### ۴-۲-۶- تشکیل افق‌های جیپسیک و سالیک

افق‌های جیپسیک و سالیک ویژه مناطق پست یا پلایا هستند (۹). کاربرد نامناسب آب آبیاری در جاهایی، آب شور زیرزمینی را تا منطقه نفوذ ریشه بالا آورده، در رشد گیاه اختلال ایجاد کرده و افق‌های سالیک و ناتریک را به وجود آورده است.

#### ۴-۲-۷- تشکیل افق‌های دوری‌پن

دوری‌پن‌ها، که دارای افق‌های سیمانی شده با اپال، کلسدونی و کوارتز هستند همراه یا بدون  $\text{CaCO}_3$  توسط زمین‌شناسان در گروه سیلکرت‌ها<sup>۱</sup> و دوری‌کراست‌ها<sup>۲</sup> قرار داده شده‌اند (۱۰، ۱۶ و ۲۴). دست کم نیمی از یک دوری‌پن در اسید از هم نمی‌پاشد در حالی که افق‌های کلسیک و پتروکلسیک این گونه نیستند. سیمان کوارتزی این لایه‌ها از هوادیدگی سنگ‌های سیلیسی و از جمله خاکستر آتشفشان به دست آمده است.



## ■ منابع فصل چهارم:

- ۱- بای بوردی، محمد. ۱۳۷۸. خاک، پیدایش و رده بندی (چاپ هشتم، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- بیول، سن. و - هول - ف. د - مک کراکن. ر. ج. ۱۳۷۵. پیدایش و طبقه بندی خاک. مترجمان: غلام حسین حق نیا و امیر لکزیان. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. شماره ۱۹۳.
- ۳- قبادیان. عطاء الله. ۱۳۶۳. پدولوژی مناطق خشک و نیمه خشک. انتشارات عمیدی.
- 4- Alexander, E. B., and W. D. Nettleton. 1977. Post-Mazama Natrargids in Dixie Valley, Nevada. Soil Sci. Soc. Am. J. 41:1210-12.
- 5- Arkley, R. J. 1963. Calculation of carbonate and water movement in soil from climatic data. Soil Sci. 96: 239-48.
- 6- Birkeland, P. W. 1947. Pedology, weathering and geomorphological research. New York: Oxford Univ. Press.
- 7- Bockheim, J. G. 1972. Effects of alpine and subalpine vegetation on soil development, Mt. Baker, Wash. Ph. D. diss. Univ. of Washington, Seattle.
- 8- Cooke, R. U. 1970. Stone pavements in deserts. Ann. Assoc. Am. Geogr. 60: 560-77.
- 9- Driessen, P. M., and R. Schoorl. 1973. Mineralogy and morphology of salt efflorescences on saline soils in the Great Konya Basin, Turkey. J. Soil Sci. 24: 436-42.
- 10- Flach, K. W., W. D. Nettleton, and R. E. Nelson. 1973. The micromorphology of silica - cemented soil horizons in western North America, 714-29. In G. K. Rutherford, ed., soil microscopy. Proc. 4th Int. Work. Meet. on Soil Micromorphol., Queen's Univ., Kingston, Ontario, Aug. 27-31, 1973.
- 11- Ganssen, R. 1968. Trockengebiete. Bibliographisches Institut, Mannheim Zurich, Hochschultaschen buecher - Verlag Mannheim.
- 12- Ghobadian, A. 1970. Khuzestan's Pedology, Regarding the Extent of salinity and Fertility. College of Agriculture Jundishapur

University, Publi. NU. 3, Ahwaz - Iran.

13- Gile, L. H. 1966a Coppice dunes and the Rotura soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 30: 657-60.

14- Gile, 1975a. Holocene soils and soil-geomorphic relations in an arid region of southern New Mexico. Q. Res. 5: 321-60.

15- Gile, L. H., F. F. Peterson, and R. B. Grossman. 1965. The K horizon: A master soil horizon of carbonate accumulation. Soil Sci. 99: 74-82.

16- Jackson, E. A. 1957. Soil features in arid regions with particular reference to Australia. J. Aust. Inst. Agric. Sci. 23: 196-208.

17- Jenny, H. 1980. The soil resource: Origin and behavior. New York: Springer - Verlag.

18- Kovda, V. A. 1967. International source book on irrigation and drainage of arid lands in relation to salinity and alkalinity. Draft ed.

19- Marbut, C. F. 1928. Soils: Their genesis and classification. Publ. 1951 by Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wis.

20- Nettleton, W. D., and F. F. Peterson. 1983. Aridisols, 165-215. In L. P. Wilding, N. E. Smeck, and G. F. Hall, Pedogenesis and soil taxonomy, II. The soil orders. Am sterdam: Elsevier.

21- Paredes, J. R., and S. W. Buol. 1981. Soils in an Aridic, Ustic, Udic, Climosequence in the Maracalbo Lake Basin, Venezuela. Soil Sci. Soc. Am. J. 45: 385-91.

22- Peterson, F. F. 1977. Dust infiltration as a soil forming process in deserts. Agron Abstr., Mee., Am. Soc. Agron., Madison, Wis., U. S. A.

23- Peterson, F. F. 1980. Holocene desert soil formation under sodium salt influence in a playamargin environment. Quaternary Res. 13: 172-86.

- 24- Smale, D. 1973. Silcretes and associated silica diagenesis in southern Africa and Australia. *J. Sediment. Petrol.* 43: 1077-89.
- 25- Smith, B. R., and S. W. Buol. 1968. Genesis and relative weathering intensity studies in three semiarid soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 32: 261-265.
- 26- Walter, H. 1962. Neue Gesichtspunkte zur Beurteilung des wasserhaushaltes von wuestenpflanzen. Hermann von Wissmann - Festschrift, Tübingen.
- 27- Yaalon, D. H., and E. Ganor. 1973. The influence of dust on soils during the Quaternary. *Soil Sci.* 116: 146-55.

#### سؤالات فصل ۴

- ۱- چرا تأثیر هوازدگی شیمیایی در خاکسازي مناطق خشک زیاد نیست؟
- ۲- دلایل تأثیر زیاد تخریب فیزیکی در تشکیل خاک‌های مناطق خشک چیست؟
- ۳- سه مرحله اصلی تخریب شیمیایی را در نواحی خشک، نام ببرید؟
- ۴- دو عامل خاک‌سازی را که در نواحی خشک فعال‌ترند، ذکر کنید؟
- ۵- املاح از چه راه‌های وارد خاک‌های مناطق خشک می‌شوند؟

## فصل پنجم

طبقه‌بندی خاک‌های مناطق خشک و

نیمه خشک

---

---

## هدف‌های رفتاری فصل ۵

انتظار می‌رود دانشجویان پس از مطالعه این فصل بتوانند به سؤالات مطرح شده

دربارۀ مسائل زیر پاسخ‌گو باشند:

- \* هدف از طبقه‌بندی خاک‌ها چیست؟
- \* دلیل وجود تنوع زیاد در سیستم‌های طبقه‌بندی خاک چیست؟
- \* وجوه مشترک روش‌های مختلف طبقه‌بندی خاک کدام‌اند؟
- \* در وضع نمودن یک سیستم طبقه‌بندی جامع خاک چه نکاتی باید لحاظ شود؟
- \* توزیع جغرافیایی خاک‌های مناطق خشک دنیا چگونه است؟
- \* خاک‌های مناطق خشک چگونه باید مدیریت شوند؟

## فصل پنجم - طبقه‌بندی خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک

طبقه‌بندی خاک‌ها در حقیقت یک نوع نام‌گذاری برای تیپ‌های مختلف خاکی است و این مقوله یک مبحث اعتباری است تا حقیقی. به عبارت دیگر همانگونه که بشر برای شناسایی بسیاری از اجسام مبادرت به نام‌گذاری آن‌ها می‌کند، پژوهشگران علم خاک نیز برای شناخت خاک‌های متعدد و انتقال مفاهیم شناخته شده به دیگران الزاماً از چنین روشی بهره جسته‌اند. اسامی‌ای را که بشر برای انتقال مقصود خود به هم‌نوعان خویش به کار می‌برد شامل چند دسته است. بسیاری از اسامی و نام‌ها نشأت گرفته از همان صورتی است که با آن مواجه می‌شویم. پاره‌ای از اسامی دیگر جنبه استعاره‌ای دارند برای مثال واژه زیتون که نام میوه‌ای است به عنوان سمبل صلح و سلم تلقی می‌شود و به کاربردن آن در عبارات و جملات چنین مفهومی را در ذهن تداعی می‌کند. اسم‌گذاری و طبقه‌بندی خاک‌ها نیز در ابتدا یک سیستم مفهومی علمی همانند آنچه امروز متداول است تلقی نمی‌شده و تنها بر حسب نیازهای اقوام و ملل و یا برای شناسایی و تمیز خاک‌ها از یکدیگر صورت می‌گرفته است. این نکته را هم نباید از نظر دور داشت که در طبقه‌بندی خاک‌ها اهداف، متفاوت است؛ لذا ما با چندین روش طبقه‌بندی روبرو هستیم که از آن جمله طبقه‌بندی آلمانی‌ها، آمریکایی‌ها، روس‌ها، استرالیایی‌ها و فرانسوی‌ها را می‌توان نام برد.

### ۱-۵- تاریخچه طبقه‌بندی خاک

تاریخچه طبقه‌بندی خاک را می‌توان بر اساس سه مفهوم دنبال کرد:

(الف) خاک به عنوان بستر رویش گیاه و کشت محصولات کشاورزی،

(ب) خاک به عنوان خارجی‌ترین بخش پوسته زمین،



ج) خاک به عنوان یک پدیده طبیعی.

مفهوم نخست که بیانگر رابطه خاک و میزان محصول کشاورزی است و عملاً بشر از قدیم‌الایام با آن روبرو بوده سابقه‌ای به قدمت تجربه بشر در بهره‌برداری از خاک دارد. بکار بردن اصطلاح خاک‌های خوب و بد توسط کشاورزان بهر حال بیان‌کننده نوعی طبقه‌بندی است این مفهوم در چین، مصر، یونان معمول بوده است و حتی کشاورزان امروزی نیز با به‌کاربردن واژگانی چون خاک‌های کمربند پنبه خاک‌های الف‌الف و خاک‌های کمربند غله به این طبقه‌بندی اعتبار بخشیده‌اند.

طبقه‌بندی خاک‌ها با مفهوم خارجی‌ترین بخش پوسته را نیاکان ما مرسوم کرده‌اند ولی این مفهوم با رشد علم زمین‌شناسی در قرن هجدهم و نوزدهم پشتوانه علمی بیشتری پیدا نمود. اصطلاحاتی چون خاک‌های ماسه‌ای، رسی، آهکی و خاک‌های بسترهای دریاچه‌ای خود بیانگر چنین طبقه‌بندی است.

اگر از طبقه‌بندی‌هایی که قبل از سده اخیر صورت گرفته است بگذریم نام دوکوچائف (V.V. Dokuchaiev) دانشمند زمین‌شناس روسی در سیستم طبقه‌بندی خاک نام‌آشنایی است. مطالعات و بررسی‌های وی در طی سال‌های ۱۸۸۲ تا اواخر ۱۹۰۰ او را بر آن داشت که تصور کند خاک‌ها در حقیقت واحدهای منفرد و مجزایی از طبیعت نیستند وضعیت و کیفیت آن‌ها در ارتباط مستقیم با پوشش گیاهی و اقلیم حاکم بر آن‌هاست. این تصور در حقیقت دریافت و بازشناخت رابطه علمی بین خاک و عوامل دیگر است وی که از طرف دولت تزاری روسیه مأمور تهیه طرحی برای طبقه‌بندی خاک‌ها جهت وضع مالیات شده بود ابتدا خاک‌ها را به سه رده تقسیم نمود و بعدها همکار وی گلینکا (Glinka) مفهوم افق و نیم‌رخ را در مطالعات خاک وارد ساخت و کارهای او را از روسی به آلمانی ترجمه نمود. این نوشته‌ها را در سال ۱۹۲۸ ماربوت (Marbut) به انگلیسی برگرداند. هلیگارد (E. W. Hilgard) در آمریکا نیز مطالعات خود را در بخش‌های جنوبی آمریکا و کالیفرنیا بین سال‌های ۱۸۶۰ تا ۱۹۰۰ منتشر ساخت و تحلیل شیمیایی رابطه خاک، اقلیم و پوشش گیاهی را عنوان نمود اما هرگز در پی طرح یک سیستم طبقه‌بندی برای خاک نبود.

در تکمیل مطالعات دوکوچائف، سبیرتوف (Sibirtzev) خاک‌های روسیه را به سه گروه

عمده منطقه‌ای (Zonal). درون منطقه‌ای (Interzonal) و برون منطقه‌ای (Azonal) تقسیم نمود. این طبقه‌بندی از نظر جغرافیایی اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد؛ زیرا مفهوم منطقه‌ای بودن خاک‌ها یک مبحث جغرافیایی است و ارتباط آن‌ها را با بسیاری از عوامل دیگر جغرافیایی مشخص و بیان می‌دارد. به دنبال توسعه و تکامل علوم جدید خاک‌شناسی در ایالات متحده طی دهه سال‌های ۱۹۲۰-۱۹۳۰ ماریوت با نظریات خاک‌شناسان روسی آشنا شد و سپس به تطابق خاک‌ها و تقسیمات آن‌ها در مورد خاک‌های آمریکا پرداخت. این مطالعات منجر به ابداع سیستم طبقه‌بندی جدید خاک‌ها گردید و بالاخره در سال ۱۹۳۹ این سیستم مورد استفاده قرار گرفت و طی ۲۵ سال بعدی تکامل یافت. این طبقه‌بندی، خاک‌ها را در سه رده قرار داده‌است و ۳۷ نوع تیپ خاکی را شامل می‌گردد که بسیاری از اسامی آن‌ها روسی و پاره‌ای نیز بیانگر و انعکاس دهنده خاک‌های موجود در آمریکاست و علت به کارگرفتن این واژه‌ها بیشتر به واسطه مصطلح بودن این نام‌ها در سرزمین‌های شوروی سابق و آمریکا بوده‌است. برای مثال اصطلاح خاک‌های چرنوزیوم، پدزول و... نام‌های آشنا برای مردم روسیه و یا واژه‌هایی چون چسنا، پرایر و خاک‌های قهوه‌ای اسامی است که در آمریکا مصطلح است. در دهه ۱۹۴۰ اصلاحات اساسی در سیستم طبقه‌بندی فوق (U.S.D.A)<sup>۱</sup> به وجود آمد و با جمع‌آوری اطلاعات دقیق‌تری از خاک‌های مناطق مختلف کره زمین این سیستم تکامل یافت. سیستم U.S.D.A دارای خصوصیات زیر است:

- ۱- بین توزیع مکانی خاک‌ها و عرض جغرافیایی رابطه منطقی وجود دارد.
- ۲- به گونه‌ای تکامل و وجود افق‌ها را در یک خاک مشخص می‌دارد.
- ۳- ارتباط تیپ‌های مختلف خاکی با عوامل اقلیمی بیان شده است.
- ۴- در این طبقه‌بندی بر حسب وسعت و استفاده بشر از خاک به آن کد ارزشی داده شده است.

مع الوصف این سیستم در پاره‌ای موارد دارای معایبی است و همین نقاط ضعف و بحث و جدل‌هایی که علمای خاک برای تعیین ژنر خاک‌ها معمولاً با یکدیگر پیدا می‌کردند و با توجه به

1. United State Department of Agriculture.

این‌که حاصل این بحث‌ها غالباً به اختلاف نظر آن‌ها در تعیین کلاس و یا رده یک نمونه خاک منجر می‌گردد؛ لذا ضرورت تدوین یک سیستم طبقه‌بندی که حلال این مشکلات باشد احساس می‌شد. این انگیزه سبب شد، در آغاز دهه ۱۹۵۰ انجمن ملی خاک ایالات متحده آمریکا طرح طبقه‌بندی جدید را مطرح سازد و از خاک‌شناسان اداره حاصل‌خیزی خاک و اساتید ممتاز دانشگاه‌ها و بسیاری از علمای علوم خاک برای تدوین آن دعوت به عمل آورد. بعد از یک سری مطالعات اولیه، بررسی‌هایی آغاز گشت و پس از گذشت مراحل که در طی چند سال صورت گرفت طرح جدیدی را خاک‌شناسان آمریکایی به کنگره جهانی علوم خاک ارائه دادند و بالاخره این کوشش منجر به انتشار این طرح در سال ۱۹۶۰ گردید. این طرح با پاره‌ای اصلاحات و دخل و تصرف‌ها که بعداً در آن صورت گرفت در هفتمین شورای تجدیدنظر به عنوان سیستم جامع طبقه‌بندی خاک‌ها<sup>۱</sup> معرفی و در دسامبر سال ۱۹۷۵ تحت عنوان تاکسونومی خاک<sup>۲</sup> رسمیت عام یافت.

در مجموع می‌توان گفت روش‌های مختلف طبقه‌بندی خاک دارای نکات مشترک زیر می‌باشند:

- ۱- خاک را یک شیء طبیعی سه بعدی می‌دانند که دائماً در حال تغییر و تحوّل است.
- ۲- خاک را به گروه‌های مختلف تقسیم می‌کنند.
- ۳- طبقه‌بندی‌ها پایه و مبنای علمی دارد و بر اساس تجربیات فراوانی بنیانگذاری شده‌اند.

## ۲-۵- گروه‌بندی خاک‌ها در سیستم‌های مختلف طبقه‌بندی

گروه‌بندی خاک‌ها در سیستم‌های مختلف نیز بر اساس خواص و مشخصات متفاوتی بوده، شرایط لازم برای گروه‌ها نیز متغیّر است. زمینه علمی محققین و خاکشناسان نیز ممکن است زمین‌شناسی، جغرافیا، شیمی، کشاورزی و یا اکولوژی بوده که این خود عامل دیگر اختلاف و تفرقه در آرای آن‌ها محسوب می‌شود. روش‌های طبقه‌بندی قدیمی آمریکایی و روسی بر مبنای نحوه چگونگی تشکیل خاک است. فرانسوی‌ها تأکید خود را در طبقه‌بندی بر

روی فرآیندهای خاک‌سازی گذاشته‌اند و سیستم جدید آمریکایی مشخصات ظاهری<sup>۱</sup> را در نظر می‌گیرد. عیب روش‌هایی که بر اساس نحوه تشکیل خاک یا فرآیندهای خاک‌سازی است در این است که اولاً دانش انسانی در این زمینه کافی نیست، به علاوه آرا و افکار خاک‌شناسان نیز در حال تغییر و تکامل است. ثانیاً تأثیر انسان از طریق قطع جنگل‌ها، استفاده از کودهای شیمیایی، زهکشی، فرسایش تسریعی و شور ساختن اراضی در نظر گرفته نمی‌شود و ثالثاً تا بیست سال پیش اکثر مطالعات و طبقه‌بندی خاک‌ها جنبه ملی داشتند و تبادل اطلاعات و معلومات مانند امروز نبود. در طبقه‌بندی جدید آمریکایی مشخصات و خواصی از خاک موردنظر است که در تشکیل خاک مؤثر است، یا از آن حاصل می‌شود. در اغلب روش‌های دیگر نیز معایبی وجود دارد. به عنوان مثال تعریف یک کلاس خاک چیست؟ یا شرایطی که بایستی خاکی شامل باشد تا در کلاس معینی قرار بگیرد در کلیه روش‌ها به جز روش جدید آمریکایی، گنگ و غیرقابل تعبیر است. به علاوه در سیستم‌های مختلف بر روی خاک واحدی، اسامی مختلفی می‌نهند و یا بالعکس خاک‌های مختلف دارای نام واحدی بودند. بسیاری از خاک‌ها هنوز جایگاه مشخصی در این سیستم ندارند. تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی با روشهای مختلفی انجام گرفته و در نتیجه مقایسه آن‌ها ممکن نیست. به تدریج که مطالعه خاک از جنبه طبیعی خود خارج شده‌است و بخشی از علوم محسوب می‌شود، باید مشخصات موردنظر نیز جنبه کمی پیدا کند و دقت لازم علوم در آن رعایت شود. بدیهی است که استنتاجات کیفی ما در مورد عوامل خاک‌سازی و نحوه تشکیل خاک نمی‌تواند نقش اصلی را در طبقه‌بندی جامع خاک‌ها ایفا کند. در وضع نمودن هر سیستم طبقه‌بندی، نکات زیر باید در نظر گرفته شود:

۱- هر طبقه‌بندی طبیعی بر اساس مشخصات و خواصی که گروه‌بندی می‌شود، استوار

است.

۲- خواص و مشخصات مورد بررسی باید قابل اندازه‌گیری باشد.

۳- مشخصاتی که انتخاب می‌شود باید در تشکیل خاک مؤثر باشد یا از آن حاصل شود.

۴- بین دو صفت یا خصیصه، آنکه از نظر رشد گیاه اهمیت دارد انتخاب می‌شود.

۵- در تقسیم‌بندی رده به تحت رده و غیره نباید به صفت یا صفاتی از خاک اکتفا کنیم بلکه برای هر کلاس مناسب‌ترین مجموع صفات را بایستی در نظر گرفت؛ زیرا مشخصاتی که برای یک گروه خاک اهمیت دارد برای گروه دیگر ممکن است؛ همان اهمیت را در بر نداشته باشد.

۶- بسیاری از خاک‌های دنیا هنوز ناشناخته است و لزومی ندارد که از هم‌اکنون مشخصاتی برای آن‌ها بیافرینم و آن‌ها را در گروه‌ها قرار دهیم. سیستم طبقه‌بندی باید انعطاف‌پذیر باشد تا بتواند خاک‌هایی را که به تدریج شناخته می‌شوند در گروه‌هایی جای دهد و یا از گروهی به گروه دیگر منتقل کند.

۷- سیستم طبقه‌بندی که با چنین زحمتی تهیه می‌شود دیگر نمی‌تواند کلاس‌های جدیدی برای خاک‌هایی که مثلاً فقط یک بار شخم خورده و یا آتش‌سوزی در حادثه شده است در نظر بگیرد؛ بنابراین، اگر افق A0 ضخامت چندانی ندارد نباید به عنوان یک افق شناسایی محسوب شود. وزش باد یا تسطیح اراضی نیز که موجب انتقال مقداری از خاک سطح الارض می‌شود نباید خدشه‌ای در سیستم کلی طبقه‌بندی وارد آورد.

تعداد سطوح طبقه‌بندی (کاتگوری) در سیستم‌های طبقه‌بندی خاک متفاوت است که مشخصات برخی از آن‌ها به طور خلاصه در زیر شرح داده می‌شود:

۱- رده<sup>۱</sup>: طبقه‌بندی کم و بیش اقلیمی است و نوع و شدت فرآیندهای خاکسازي در ایجاد افق‌های مختلف چندان تفاوتی با یکدیگر ندارند.

۲- تحت رده<sup>۲</sup>: در این تحت رده‌ها خاک‌هایی قرار می‌گیرند که وجود یا فقدان شرایط اقلیمی و پوشش نباتی نیز اختلافاتی را از نظر تشکیل خاک و مشخصات افق‌های آن‌ها سبب می‌شود. وجود بافت شنی، مقدار زیاد اکسیدهای آهن و آلومینیوم (سزکویی اکسیدها) و مواد بی‌شکل (آلوفان) در بخش رسی نیز از نکاتی است که خاکی را در رده معینی قرار می‌دهد.

۳- گروه بزرگ<sup>۳</sup>: گروه‌های بزرگ بر اساس وجود یا عدم وجود افق‌های شناسایی و ترتیب قرار گرفتن آن‌ها تعریف و تعیین می‌شوند. در مواردی که اختلاف بین افق‌های شناسایی زیاد نیست از سایر مشخصات مانند خاصیت Self-Mulching بعضی رس‌ها، رنگ سنگ‌های

قلیایی، اختلاف بین درجهٔ اشباع‌بازی، زیانه‌زدن<sup>۱</sup> افق فوقانی در افق تحتانی و درجهٔ حرارت خاک استفاده می‌شود.

۴- تحت گروه<sup>۲</sup>: همان‌طور که از نامش برمی‌آید مشخصات آن با مراجعه به گروه بزرگ تعیین می‌شود. اگر خواص گروه بزرگ خاک مانند طیفی در نظر گرفته شوند در این صورت بخش مرکزی آن یک تحت گروه را تشکیل می‌دهد. سایر قسمت‌های این طیف نیز تحت گروه‌هایی محسوب می‌شود که به تدریج به سایر تحت رده‌ها و رده‌ها میل می‌کند و یا خواص هیچ رده، تحت رده و یا گروه بزرگ را ندارد.

۵- فامیلی<sup>۳</sup>: تحت گروه‌ها معمولاً بر اساس خواص و مشخصاتی که برای رشد گیاهان ضروری است، به فامیلی‌هایی تقسیم می‌شود. فامیلی‌های مختلف حتی‌المقدور از نظر بافت، نوع کانی‌ها، واکنش خاک (pH)، درجهٔ حرارت خاک، نفوذپذیری، ضخامت، پایداری، میزان رطوبت و هوای خاک و مقدار عناصر غذایی موجود به استثنای ازت، همگن و یک‌نواخت هستند.

۶- سری<sup>۴</sup>: از تقسیم‌بندی فامیل، سری خاک حاصل می‌شود که اختلاف بین سری‌ها مدیون خواصی از قبیل بافت، نوع کانی‌ها، ضخامت افق‌ها، شیب و مقدار سنگ‌ریزه در خاک است. سایر خواص سری‌ها معمولاً یکسان است.

۷- تیپ خاک<sup>۵</sup>: در تعیین تیپ خاک فقط تغییرات بافت افق A در نظر گرفته می‌شود. این واحد از سیستم جدید طبقه‌بندی آمریکایی حذف شده‌است.

۸- فاز خاک<sup>۶</sup>: شیب، فرسایش و ضخامت افق A در نظر گرفته می‌شود و استفاده از آن به تدریج منسوخ می‌شود. جدول ۵-۱ گروه‌بندی سیستم‌های مختلف طبقه‌بندی خاک‌ها را نشان می‌دهد.

گروه‌های مختلف از نظر پایه و اساس با یکدیگر متفاوت است. روش پدولوژیک که در آن نحوه و چگونگی تشکیل خاک مدنظر است فقط باید توسط اشخاصی به کار برده شود که

1. Tonguing

2. Sub group

3. Family

4. Series

5. Type

6. Phase



معلومات و تجربیات فوق‌العاده خوب دربارهٔ تشکیل خاک دارند. در این مورد نیز عقاید و آرای ضد و نقیضی وجود دارد و پیچیدگی نحوهٔ تشکیل خاک نیز آن را تشدید می‌کند. در روش جدید آمریکایی، تقسیم‌بندی خاک‌ها بر اساس وجوه مشترک آن‌ها که به وسیلهٔ افق‌های شناسایی<sup>۱</sup> و سایر مشخصات شناسایی تعیین می‌شود، استوار شده است. گرچه کلیهٔ این خواص به نحوی به فرآیندهای خاک‌سازی مربوط می‌شود ولی طبقه‌بندی بر پایهٔ مشخصات قابل اندازه‌گیری است، نه فرضیه‌ها و تئوری‌های تشکیل خاک.

جدول ۵-۱: مقایسهٔ گروه‌بندی سیستم‌های مختلف طبقه‌بندی خاک‌ها (۱).

طبقه‌بندی فرانسوی	طبقه‌بندی آلمانی	طبقه‌بندی جدید آمریکایی	طبقه‌بندی قدیمی آمریکایی	طبقه‌بندی شوروی
Genetic Processes	Pedogenetic	Morphometric	Pedogenetic	Pedogenetic
1. Classes (10)	1. Sections (4)	1. Orders (11)	1. Orders (3)	1. Genetic Groups (2)*
2. Sub Classes (23)	2. Classes (14)	2. Suborders (47)	2. Suborders (9)	2. Classes (12)
3. Groups (51)	3. Types (47)	3. Great Groups (185)	3. Great Groups (37)	3. Sub Classes (0)
		4. Subgroups (970)		4. Types (80)
		5. Families (4500)		
		6. Series (12620)		

\* اعداد داخل پرانتز بیانگر تعداد سطوح طبقات در سیستم‌های مختلف طبقه‌بندی می‌باشد.

## 1. Diagnostic Horizons



### ۵-۳- انواع خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک در سیستم‌های مختلف طبقه‌بندی خاک

#### ۱-۳-۵- طبقه‌بندی روسی (شوروی سابق)

طبقه‌بندی خاک در روسیه اهمیت خاصی داشته و در نیم قرن اخیر چندین بار تغییر یافته است. این تغییرات در برخی موارد، بازتاب عقاید شخصی و در مورد دیگر مدلول پیشرفت دانش انسانی بوده است. در اواخر قرن هیجدهم دوکوچائف و شاگرد ممتازش سیبرتزف، اولین طبقه‌بندی خاک‌های روسیه را در سال ۱۸۹۸ به شرح زیر عرضه کردند:

۱- خاک‌های منطقه‌ای<sup>۱</sup>: شامل خاک‌هایی است که در مناطق وسیع جغرافیایی یافت می‌شود و مشخصات پروفیلی خاک به نحو احسن در آن متجلی است. زهکشی این اراضی مناسب است و مواد مادری از ابتدای شروع تأثیر عوامل خاکسازي بالاخص اقلیم و گیاهان بومی، در حیطه این عوامل بوده است. خاک‌های منطقه‌ای در سیستم روسی شامل هفت گروه از جمله گروه‌های خاک‌های استپی بیابانی و چرنوزم می‌باشد که به ترتیب در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک یافت می‌شوند.

۲- خاک‌های درون منطقه‌ای<sup>۲</sup>: شامل خاک‌هایی است که مشخصات نیم‌رخ‌ی آن‌ها منعکس‌کننده بعضی عوامل محلی از قبیل پستی و بلندی، یا نوع مواد مادری است و تأثیر این دو عامل بیش از عوامل اقلیم و گیاهان ظاهر شده است. بسیاری از این خاک‌ها در حوزه خاک‌های منطقه‌ای قرار دارد. این خاک‌ها خود به سه گروه از جمله خاک‌های شور و سدیمی تقسیم می‌شوند که این گروه از خاک‌ها در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک هم یافت می‌شوند.

۳- خاک‌های برون منطقه‌ای<sup>۳</sup>: شامل خاک‌هایی است که مشخصات نیم‌رخ آن‌ها یا به علت جوانی و یا به دلیل وجود مواد مادری خاص یا پستی و بلندی، بروز نکرده است و بیشتر توأم با خاک‌های منطقه‌ای یافت می‌شود، و شامل سه گروه از جمله خاک‌های رگوسل و آبرفتی می‌باشد که این دو گروه در اکثر اقلیم‌ها از جمله اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک نیز یافت می‌شوند. در این طبقه‌بندی، دو نکته زیر برای اولین بار در نظر گرفته شد:

الف) اصل منطقه‌ای بودن<sup>۱</sup> خاک‌ها که در واقع وابستگی مشخصات و نحوه تشکیل خاک را با شرایط اقلیمی و حیاتی و سنگ مادر نشان می‌دهد.  
 ب) انواع خاک‌ها با توجه به فرآیندهای خاک‌سازی.

### ۵-۳-۲ طبقه‌بندی قدیم آمریکایی (U.S.D.A)

این نوع طبقه‌بندی که همان سیستم اصلاح شده طبقه‌بندی روس‌ها است. به طور کلی خاک‌ها را در سه رده منطقه‌ای، درون منطقه‌ای، و برون منطقه‌ای قرار می‌دهد. در این روش، رده خاک‌های منطقه‌ای به شش زیر رده تقسیم می‌شود که اساس آن بر روی نوع اقلیم و گیاهان استوار است. از تقسیم مجدد زیر رده، گروه بزرگ خاک به وجود می‌آید. خاک‌های درون منطقه‌ای نیز به سه زیر رده و تعدادی گروه بزرگ تقسیم می‌شود. رده برون منطقه‌ای هر چند به زیررده‌ای تقسیم نمی‌شود ولی سه گروه بزرگ را در بر دارد. جدول ۵-۲ تقسیم‌بندی خاک‌ها در سیستم طبقه‌بندی قدیم آمریکایی را نشان می‌دهد:

جدول ۵-۲: طبقه‌بندی رده‌ها، زیررده‌ها، و گروه‌های خاکی در سیستم (U.S.D.A) (۲).

الف) رده خاک‌های منطقه‌ای	
زیر رده‌ها	گروه‌های بزرگ خاک
خاک مناطق سرد	۱- خاک‌های تندرایی
	۲- خاک‌های بیابانی *
	۳- خاک‌های قرمز بیابانی *
	۴- سیروزم *
	۵- خاک‌های قهوه‌ای *
	۶- خاک‌های قهوه‌ای متمایل به قرمز *
خاک‌های تیره مناطق نیمه‌خشک، نیمه‌مرطوب و علفزارهای مرطوب	۷- خاک‌های بلوطی (چسنت) **
	۸- خاک‌های چسنت قرمز **
	۹- خاک‌های چرنوزیوم **
خاک‌های حدواسط جنگل و مرتع	۱۰- خاک‌های پرایر
	۱۱- خاک‌های پرایر قرمز
	۱۲- خاک‌های چرنوزیوم تخریب شده
	۱۳- خاک‌های قهوه‌ای غیرکربناته

ادامه جدول ۵۲:

۱۴- خاک‌های پدزولی	
۱۵- خاک‌های قهوه‌ای پدزولی	
۱۶- خاک‌های قهوه‌ای - خاکستری پدزولی	خاک‌های روشن پدزولی مناطق مرطوب جنگلی
۱۷- خاک‌های زرد - قرمز پدزول	
۱۸- خاک‌های خاکستری جنگلی پدزول	
۱۹- خاک‌های زرد پدزولی	
۲۰- خاک‌های قرمز پدزولی	خاک‌های لاتریتی مناطق جنگلی
۲۱- خاک‌های قهوه‌ای متمایل به زرد	حاره و فوق حاره‌ای
	لاتریتی
۲۲- خاک‌های لاتریتی	

ب) رده خاک‌های درون منطقه‌ای

گروه‌های بزرگ خاک	زیررده‌ها
۱- خاک‌های سولنچاک یا شور ***	
۲- خاک‌های سولنتز یا قلیایی ***	خاک‌های هالومورفیک زهکشی
۳- خاک‌های سولوت ***	نشده مناطق ساحلی
۴- خاک‌های چمنی	
۵- خاک‌های میدوآلپی	
۶- خاک‌های باتلاقی	خاک‌های هیدرومورفیک مناطق
۷- خاک‌های نیمه‌باتلاقی	باتلاقی و مردابی
۸- پلاتوسیول	
۹- خاک‌های پدزول مرطوب	
۱۰- خاک‌های لاتریت مرطوب	
۱۱- خاک‌های قهوه‌ای جنگلی	خاک‌های کالومورفیک
۱۲- خاک‌های رندزینا	

ج) رده خاک‌های برون منطقه‌ای

۱- لیتوسول ***	
۲- خاک‌های آبرفتی ***	زیر رده ندارد
۳- خاک‌های ماسه‌ای ***	

\*\*\* منحصراً در مناطق خشک و بیابانی یافت می‌شوند.

\*\*\* در مناطق نیمه‌خشک تشکیل می‌شوند.

\*\*\* در اقلیم‌های مختلف از جمله مناطق خشک و نیمه‌خشک یافت می‌شوند.

۳-۵-۳ طبقه‌بندی جدید آمریکایی (C.S.C.S)<sup>۱</sup>

در سیستم جدید معیارهای اصلی در تفکیک خاک‌ها با آنچه در سیستم قدیم (U.S.A.D) مطرح بود تفاوت داشته، نمی‌توان فرقی بین خاک‌های منطقه‌ای، درون منطقه‌ای و برون منطقه‌ای قائل شد. از اینرو مفهوم کلاس و ویژگی‌های خاک به طور دقیقی تعریف و مشخص شده و به عبارتی، این سیستم بیش از پیش مشخص‌کننده کیفیت و وضعیت خاک‌ها است تا توزیع مکانی آن‌ها. اگرچه این خصیصه از دیدگاه جغرافیا یک نقص به حساب می‌آید ولی با این همه چون تکوین و تشکیل خاک‌ها با اقلیم در یک رابطه ارگانیک است؛ لذا حتی در نقشه جهانی خاک با سیستم جدید (C.S.C.S) ترسیم شده مکان‌گزینی رده‌ها خودبخود بیانگر و یا منعکس‌کننده پراکندگی خاص جغرافیایی آن‌ها است. برای مثال پراکندگی رده خاک‌های اکسی‌سول و یا آریدی‌سول از کمربندهای مداری جغرافیایی تبعیت می‌کند.

خاک‌ها در سیستم جدید در دوازده رده طبقه‌بندی می‌شوند جدول (۵-۳). اگرچه ملاک این تقسیم‌بندی برای همه آحاد آن یک‌سان نیست ولی به طور کلی می‌توان گفت عوامل و معیارهای این تفکیک عبارت است از:

- ۱- وجود یا عدم وجود افق‌های تشخیصی؛
  - ۲- میزان مواد آلی و معدنی (چون رس‌ها و درصد مواد آلی)؛
  - ۳- درجه تکامل افق‌های خاک؛
  - ۴- میزان هوازدگی کانی‌ها (این شاخص در ظرفیت تعویض کاتیونی C.E.C منعکس است)؛
  - ۵- میزان B.S.P یا درصد اشباع بازی.
- در این بخش به تشریح ویژگی‌های رده‌های خاکی غالب در مناطق خشک و نیمه‌خشک مبادرت شده است.

جدول ۵-۳: دوازده رده بزرگ خاکی در سیستم جدید تاکسونومی

ردیف	نام رده	واژه اصلی در نام رده	ریشه و معنی لغوی
۱	آنتی سول***	ENT	مفهوم خاصی ندارد
۲	ورتی سول***	ERT	VERTO (لاتین) برگرداندن
۳	این سیتی سول	EPT	INCEPTUM - آغاز
۴	اریدی سول*	ID	ARIDUS - خشک
۵	مولی سول***	OLL	MOLITS - نرم
۶	آلفی سول	ALF	مفهوم خاصی ندارد
۷	اولتی سول	ULF	ULLIMUS (یونانی) نهایی
۸	اکسی سول	OX	OXIDE (فرانسوی) اکسید
۹	هیستوسول	IST	HISTOS (آلمانی) بافت
۱۰	اسپدوسول	OD	SPODOS (یونانی) خاکستر چوب
۱۱	ژلیسول	Gel	رده جدید
۱۲	آندوسول	AND	Ando (ژاپنی) به مفهوم سیاه

\* منحصرأ در نواحی خشک یافت می‌شود.

\*\* در اقلیم‌ها نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب یافت می‌شود.

\*\*\* در اقلیم‌های مختلف از جمله مناطق خشک تشکیل می‌شوند.

#### ۵-۳-۳-۱- رده آریدی سول Aridisol: واژه‌ای است لاتینی به مفهوم خشک و به خاک‌هایی

اطلاق می‌شود که بیشتر از ۶ ماه از سال خشک هستند و رطوبتی دریافت نمی‌کنند. در خاک‌های فوق به واسطه فقدان رطوبت، فرایند آبشویی و هوازگی حوزه عملکرد بسیار محدودی دارند. در عوض در پروفیل خاک‌های فوق تجمع کانی‌های محلول نمکی غالباً دیده می‌شود.

زیر رده‌های اریدی سول: با توجه به بازنگری‌های اخیر و برخی تغییرات اساسی صورت گرفته در سیستم جدید طبقه‌بندی، خاک‌های Aridisols که قبلاً به دو تحت رده تقسیم می‌شد، امروزه به ۷ تحت رده به شرح ذیل تقسیم می‌شود:

##### ۱- زیر رده سالید (Salids): اریدی سول‌هایی هستند که دارای افق سالیک اند و مرز بالایی

آن در ۱۰۰ سانتی متری از سطح خاک قرار دارد.

##### ۲- زیر رده کرایید (Cryids): به اریدی سول‌هایی گفته می‌شود که دارای رژیم حرارتی خاک

کراییک می‌باشند.

- ۳- زیر ردهٔ دورید (*Durids*): شامل اریدی سول‌هایی است که دارای افق ثانویه دوری پن هستند و مرز بالایی آن در ۱۰۰ سانتی‌متر از سطح خاک قرار دارد.
  - ۴- زیر ردهٔ جیپسید (*Gypsids*): شامل آن دسته از اریدی سول‌هایی است که دارای افق جیپسیک یا پترو جیپسیک می‌باشند و مرز بالایی آن در ۱۰۰ سانتی‌متری از سطح خاک قرار دارد و بالای هر کدام از این افق‌ها افق پتروکلسیک وجود ندارد.
  - ۵- زیر ردهٔ آرکید (*Argids*): به اریدی سول‌هایی گفته می‌شود که دارای افق آرچلیک یا ناتریک هستند و مرز بالایی آن در ۱۰۰ سانتی‌متری از سطح خاک قرار دارد و بدون افق پتروکلسیک در این عمق می‌باشند.
  - ۶- زیر ردهٔ کلسید (*Calcids*): شامل اریدی سول‌هایی است که دارای افق کلسیک یا پتروکلسیک بوده و مرز بالایی آن در ۱۰۰ سانتی‌متری از سطح خاک قرار دارد.
  - ۷- زیر ردهٔ کامبید (*Cambids*): شامل سایر اریدی سول‌ها می‌باشد.
- جدول ۵-۴ زیر رده‌ها و گروه‌های بزرگ راه خاک آریدی سول را نشان می‌دهد.

### ویژگی‌های خاک‌های آریدی سول

خاک‌های مناطق خشک مجموعهٔ همگنی هستند که عوامل زیر مشخصهٔ آن‌ها قلمداد می‌شود: (۱) از نظر رطوبتی با کمبود شدید آب مواجه بوده به صورتی که در بخش عمده‌ای از سال رشد و ادامهٔ حیات گیاه‌های بدون آبیاری میسر نیست. (۲) در نیم‌رخ این خاک‌ها معمولاً چند افق پدوژنتیک دیده می‌شود. افق‌های سطحی آن فاقد مواد هوموسی است، در خاک‌های آریدی سول عملاً در بخشی از سال به واسطهٔ کمبود رطوبت محیط، گیاهان قادر به ادامهٔ حیات نیستند و این در حالی است که رژیم حرارتی محیط برای رشد اکثر گیاهان در حد مطلوبی است. در پاره‌ای موارد فرایند آبشویی تا عمق ۱۵ تا ۴۰ سانتی‌متری عمق خاک دیده می‌شود. در این موارد تجمع املاح نمکی در سطح دیده نمی‌شود ولی می‌توان وجود یک لایهٔ کریناته را در قشرهای رویی انتظار داشت. پاره‌ای از خاک‌ها دارای افق آهکی سیمانه و سخت شده دوری پن و پاره‌ای دیگر دارای افق تجمعی رسی آرچلیک (Bt) هستند که ممکن است بسیار قدیمی و میراث اقلیمی دوران مرطوب‌تر به شمار آیند. مدت یا دورهٔ خشکی در خاک‌های اریدی سول

تأثیرات مهمی بر جوامع گیاهی تحمیل می‌کند بدین نحو که گاه در سالی، خشکی مفرط ۹۰ روز متوالی استمرار می‌یابد و این در حالی است که حرارت خاک از هشت درجه سانتی‌گراد تجاوز می‌کند. این شرایط سبب می‌شود که حرکت عمومی آب در این خاک‌ها از پایین به بالا باشد؛ لذا ظهور و تجمع کربنات‌ها و دیگر املاح آن هم در مقیاسی وسیع در نیم‌رخ آن‌ها به عنوان یک پدیده دیده می‌شود.

جدول ۵-۴: زیر رده‌ها و گروه‌های بزرگ رده اربیدی سول (۲).

تحت رده	گروه‌های بزرگ
سالید (Salids)	اکوئنی سالید (Aquisalids) هاپل سالید (Hapl Salids)
کرائید (Cryids)	سالی کرائید (Sali Cryids) پترو کرائید (Petro Cryids) جیپسی کرائید (Gypsi Cryids) آرجی کرائید (Argi Cryids) کلسی کرائید (Calci Cryids)
دورید (Durids)	ناتری دورید (Natri durids) آرجی دورید (Argi durids) هاپل دورید (Hapl durids)
جیپسید (Gypsids)	پترو جیپسید (Petro gypsids) ناتری جیپسید (Natri gypsids) آرجی جیپسید (Argi gypsids) کلسی جیپسید (Calci gypsids) هاپل جیپسید (Hapl gypsids)
آرجید (Argids)	پترو آرجید (Petro argids) ناتر آرجید (Natr argids) پیل آرجید (Pale argids) جیپسی آرجید (Gypsi argids) کلسی آرجید (Calci argids) هاپل آرجید (Hapl argids)
کلسید (Calcids)	پترو کلسید (Petro calcids) هاپل کلسید (Hapl calcids)
کامبید (Cambids)	اکوئنی کامبید (cambids) پترو کامبید (Petro cambids) آنترو کامبید (Anthro cambids) هاپل کامبید (Hapl cambids)



به طور کلی می‌توان گفت تکوین خاک‌های اریدی سول در محیطی صورت می‌گیرد که آب حضور ندارد. پوشش گیاهی در مناطق خشک بسیار تنک و از انواع گیاهان علفی و استپی کم‌دوام است که به خوبی با خشکی سازگاری دارند.

خاک‌های مناطق خشک بخش وسیعی از خاک‌های بیابانی، بیابانی قرمز، سیروزم، سولنچاک، قهوه‌ای و سولتنز در سیستم قدیم را شامل می‌گردد. نقشه جهانی پراکندگی خاک‌های اریدی سول مؤید این مطلب است که این خاک‌ها در محدوده اقلیم نیمه‌بیابانی که زیر مجموعه‌ای از اقلیم حاره‌ای خشک و فوق حاره‌ای و اقلیم معتدل و مدیترانه‌ای است تکوین یافته‌اند (۳ و ۴).

### مدیریت خاک‌های اریدی سول

اگرچه خاک‌های اریدی سول ذاتاً دارای پتانسیل مطلوبی برای رشد گیاهان‌اند و در صورت وجود آب‌های زیرزمینی یا تأمین آب از رودخانه‌ها می‌توان نسبت به کشت اکثر محصولات مبادرت نمود و بازدهی آن‌ها نیز در حد بسیار مطلوب است ولی بهره‌وری انسان از این خاک‌ها محدود به چادر نشینان و یا کوچ‌نشینان حواشی بیابانهاست. البته وجود چنین نظام معیشتی خود مدیون همان باران اندکی است که در بخشی از سال در این سرزمین‌ها می‌بارد و قوت مختصری را برای دام‌ها و حشم ساکنین آن مهیا می‌سازد. کمبود میزان هوموس در خاک‌های فوق ضرورت رفع کمبود نیتروژن را تعریف می‌کند. در عوض چون فرایند آبشویی در این خاک‌ها کمتر صورت می‌گیرد میزان پتاسیم موجود در آن‌ها زیاد است و به‌ندرت کمبود پتاسیم در این خاک‌ها دیده می‌شود (بجز در خاک‌های ماسه‌ای). کمبود روی، مس، آهن و منگنز در خاک‌های اریدی سول به عنوان یک مشکل عام مطرح است و در بهره‌وری از این خاک‌ها ضرورت آبیاری امر مسلمی است. آبیاری در خاک‌های مناطق خشک اگرچه لازم و ضروری است ولی تبعات نامطلوبی بعضاً به دنبال دارد؛ زیرا آبیاری منجر به تحرک نمک و املاح دیگر و معمولاً منجر به شور شدن خاک می‌شود. در مناطق خشک به واسطه تفوق تبخیر بر بارندگی و حرکت محلول خاک از پایین به بالا، آبیاری همواره خطر شور شدن این اراضی را به دنبال خواهد داشت؛ لذا در بهره‌وری از این خاک‌ها تقویم زمانی بهره‌برداری و اقداماتی که حرکت آب را در

خاک کنترل نماید ضروری است.

### پراکنش خاک‌های اریدی سول

توزیع جغرافیایی خاک‌های مناطق خشک که تقریباً به صورت دو کمربند در نیمکره شمالی و جنوبی در مدار خشک کشیده شده‌اند مجموعاً بالغ بر ۱۸٪ خاک‌های دنیا را دربرمی‌گیرند و همان‌گونه که در شکل شماره ۵-۲ دیده می‌شود. بخش‌های وسیعی از مرکز و جنوب آسیا، استرالیا، جنوب آفریقا، جنوب آمریکای جنوبی را در اشغال دارد.

۵-۳-۳-۲- رده انتی سول Entisols: به خاک‌های جوانی اطلاق می‌شود که در نیم‌رخ آن‌ها اثری از تحول افق‌های پدوژنیک قابل ردیابی نیست. واژه (Ent) یک کلمه ساختگی و بدون معنی است که از نظر ریشه‌ای در فرهنگ لغت معنی خاصی برایش منظور نشده‌است ولی می‌توان در این جا مفهوم جدید را ملازم آن قلمداد کرد. انتی سول در مجموع به خاک‌هایی اطلاق می‌شود که فاقد افق هستند. خاک‌های مذکور در عدم وجود افق مشخص در عمق شخم مشترک‌اند و تکوینشان محدود و یا منحصر به اقلیم خاصی نیست. به طوری که پراکندگی جغرافیایی آن‌ها از عامل خاصی تبعیت نمی‌کند و در همه اقالیم و یا تحت تأثیر جوامع متعدد گیاهی تکوین می‌یابد؛ لذا در محدوده وسیعی از مناطق جغرافیایی از قطب تا استوا دیده می‌شود.

### زیر رده‌های خاک‌های انتی سول

رده انتی سول دارای ۵ زیر رده به شرح ذیل می‌باشد:

- ۱- زیر رده اکوانت *Aquants*: واژه‌ای است لاتین به مفهوم اشباع از آب، این واژه از لغت Aquic مشتق شده و بیانگر خاک‌های انتی سول مرطوب است. در حقیقت اکوانت بیانگر رژیم رطوبتی خاک‌های انتی سول است و معمولاً در طبیعت با رنگ خاکستری تیره دیده می‌شود و در اکثر مواقع سال از آب اشباع است. در سیستم قدیم خاک‌های نیمه مرطوب معادل آن‌ها قلمداد می‌شود.
- ۲- زیر رده فلوونت *Flavents*: واژه‌ای است لاتین به معنی رودخانه‌ای، این گروه از خاک‌ها بیشتر خاک‌های رسوبی عهد حاضر را شامل می‌گردد و چون غالباً در جریان سیلابهای تناوبی به

وجود آمده‌اند نیمرخ آن مطابق است. این خاک‌ها در سیستم قدیم معادل خاک‌های رسوبی قلم‌داد می‌شوند.

۳- زیر ردهٔ اورتنت *Orthents*: واژه‌ای است یونانی به مفهوم واقعی، خاک‌های اورتنت از جمله خاک‌های جوانی است که در سطوح فرسایش یافته به وجود می‌آید و عمق چندانی ندارد. معادل این خاک‌ها در سیستم قدیم لیتوسول است.

۴- زیر ردهٔ سامنت *Psaments*: خاک‌های فوق دارای بافت ماسه‌ای است و مادهٔ اصلی آن را تپه‌های ماسه‌ای و ساحلی تشکیل می‌دهد. معادل این خاک‌ها در سیستم قدیم خاک‌های ماسه‌ای یا رگوسل است.

۵- آرت *Arents*: واژه‌ای است لاتین به مفهوم شخم، خاک‌های فوق بیشتر به واسطهٔ عملیات زراعی مثل شخم به وجود می‌آید و ویژگی‌های مربوط به خود را پیدا می‌کند.

### ویژگی‌های خاک‌های انتی‌سول

عامل مهم در نام‌گذاری و طبقه‌بندی این دسته از خاک‌ها عدم وجود افق‌های تحتانی در نیمرخ آن‌هاست. فقدان افق‌های تشخیصی در خاک‌های انتی‌سول می‌تواند معلول عوامل گوناگونی باشد که از جمله مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

- ۱- جوانی مواد مادری مانند ماسه‌های کوارتزی
- ۲- تشکیلات زمین‌شناسی سنگ بستر مانند سنگ‌های کربناته که میزان انحلال سطحی آن‌ها زیاد ولی ترسیب در سطح آن اندک است.
- ۳- ناکافی بودن زمان برای ایجاد تحول پدوژنیک در خاک.
- ۴- شرایط خاص محیطی همچون «خشکی مفرط» و یا برودت زیاد که هر دو سبب می‌شوند مسیر تحول و خاک دچار وقفه و نقصان شود.
- ۵- شیب دامنه‌ای زیاد به نحوی که خاک تولید شده در آن‌ها به سبب ناپایداری مجبور به ترک محیط باشد و به عبارتی، میزان تولید خاک با میزان فرسایش محیط برابری کند. اگرچه انتی‌سول‌ها تنها خاک‌هایی هستند که نبود افق تشخیصی در آن‌ها معیار شاخص در تعریف و نام‌گذاری آن‌ها تلقی می‌شود ولی در پاره‌ای از موارد افق اُکریک که یک افقی سطحی است در

نیم‌رخ پروفیلی آن‌ها دیده می‌شود. نبود افق در نیم‌رخ این خاک‌ها همیشه نمی‌تواند دلیلی بر سادگی مراحل تکوین تلقی شود. این خاک‌ها طیف وسیعی از ماسه‌های لایه‌بندی شده رسوبات آبرفتی رودخانه‌ای و رسوبات آتش‌فشانی عهد حاضر و سطوح فرسایش یافته تا بستر دریاچه‌های خشک شده را شامل می‌گردد.

### مدیریت خاک‌های انتی‌سول

از نظر کشاورزی طیف ارزشی این خاک‌ها دارای دامنه بسیار وسیعی است به طوری که از حاصلخیزترین تا فقیرترین خاک‌های موجود در کره ارض در این رده دیده می‌شود. جلگه‌های طفیانی و دلتایی رودخانه‌ای مناطق گرم و مرطوب چون رودخانه‌های زرد و یانگ‌تسه در چین، گنگ و سند در هندوستان و پاکستان، دجله و فرات در عراق و نیل در مصر از جمله مناطقی هستند که دارای خاک‌های انتی‌سول بسیار حاصلخیزاند به واسطه بافت مطلوب، و وجود منابع غذایی کافی برای رشد گیاه و ذخیره آبی مطلوب، پتانسیل محصول در آن‌ها بالاست. از اینرو در طول تاریخ نه تنها مهد ظهور تمدن‌های قدیمی بوده‌اند بلکه از جمله مراکز عمده جذب جمعیتی نیز به شمار می‌آیند. در مقابل، خاک‌های انتی‌سول مناطق صحرای حاره که توسط کمربند خاک‌های این‌سپتی سول محاط شده به واسطه فقر بیش از اندازه از نظر کشاورزی فاقد ارزش‌اند و توان تولیدی پایینی دارند.

### پراکنش خاک‌های انتی‌سول

در مجموع، حدود هشت درصد خاک‌های جهان در رده خاک‌های انتی‌سول قرار می‌گیرند. البته این نکته را نباید فراموش کرد که بخشی از خاک‌های جنب قطبی و صحرای که قبلاً در تاگسونومی خاک جزء خاک‌های انتی‌سول به حساب می‌آمده است در سال ۱۹۹۸ با اضافه شدن رده خاک‌های همیشه یخ‌زده از جرگه این رده خارج و در طبقه‌بندی جدید Gelisols قرار می‌گیرد. به طور کلی خاک‌های انتی‌سول پهنه‌های وسیعی از شمال آفریقا، صحرای کالاهاری در آفریقای جنوبی، صحرای عربستان، نواحی جنب قطبی، کویر لوت ایران، صحرای مرکزی استرالیا، بخش‌های وسیعی از نواحی مرکزی چین، دشت‌های آبرفتی و جلگه‌های دلتایی

رودخانه‌های بزرگی چون نیل، فرات، زرد، یانگ‌تسه، کارون، سند، گنگ، براهماپوترا و قسمت‌هایی از چین را که پیوسته و از خاک‌های رسی است، در برمی‌گیرد. حوزه گسترش این خاک‌ها در آمریکا نیز جلگه‌های طغیانی رودخانه‌های بزرگ، مناطق کوهستانی و ماسه‌زارهای ساحلی است.

۳-۳-۵- رده مولی‌سول (Mollisols): واژه Mollis واژه‌ای است لاتین به مفهوم نرم و سست. این خاک‌ها بیشتر تحت تأثیر پوشش گیاهی علفی و حاکمیت اقلیم متفاوت از سرد تا معتدل مرطوب و «نیمه‌خشک» تشکیل می‌یابد و تعداد زیر رده‌های آن بیانگر تنوع در تشکیل آن‌ها است.

### زیر رده‌های خاک‌های مولی‌سول

مجموعه خاک‌هایی که در زمره زیر رده خاک‌های مولی‌سول قرار می‌گیرند دارای هفت زیر رده به شرح زیر است. مبنای این تمایز بیشتر مبتنی بر رژیم رطوبتی و حرارتی است و تنها در یک مورد وجود مواد کربناته نیز عاملی در تفکیک زیر رده‌های آن است.

۱- زیر رده آلبول (Albolls): واژه‌ای است لاتین به مفهوم سفید رنگ. این خاک‌ها دارای یک افق تشخیصی خاکستری یا سفید به نام آلبیک است که بر روی افق رسی غیرقابل نفوذ قرار می‌گیرد. به همین خاطر در پاره‌ای از فصول افق‌های سطحی آن از آب اشباع می‌شود. در سیستم قدیم خاک‌های پلاتوسول معادل آن محسوب می‌گردد.

۲- زیر رده آکوال (Aqualls): واژه‌ای است لاتین به مفهوم اشباع از آب. خاک‌های این زیر رده در مناطق مرطوب و پست تشکیل یافته دارای رژیم رطوبتی اکریک و یک افق تشخیصی مولیک به رنگ تیره است. در بعضی از فصول سال این افق از آب اشباع است. در سیستم قدیم خاک‌های گلی مرطوب و خاک‌های سولنتز و سولنچاک معادل آن قلم‌داد شده است.

۳- زیر رده بورال (Boralls): واژه‌ای است یونانی به مفهوم شمالی کنایه از مناطق سرد. این خاک‌ها در جلگه‌ها و استپزارهای نیمه‌خشک که دارای زمستانهای بسیار سرد است و یا مناطق مرتفع کوهستانی که شرایط اقلیمی مشابهی با جلگه‌های خشک یادشده در بالا را دارد تشکیل و تشکیل می‌شود. متوسط حرارت سالانه خاک‌های بورال کمتر از هشت درجه سانتی‌گراد است و

در سیستم قدیم معادل خاک‌های چرنوزیوم و بلوطی قلم‌داد می‌شود.

۴- زیر رده رندوسول (*Rendosols*): واژه‌ای است لهستانی و به خاک‌هایی اطلاق می‌شود که بستر اولیه آن‌ها خاک‌های آهکی است. رندوسول‌ها بیشتر در مناطق مرطوب و تحت حاکمیت پوشش جنگلی تشکیل می‌یابند و علی‌رغم آن‌که بیش از ۴۰٪ مواد مادری آن‌ها کربناته است اما در نیمرخ آن‌ها افقی دیده نمی‌شود که حاکی از تجمع کربنات‌ها باشد. این خاک‌ها در سیستم قدیم معادل خاک‌های رندزیا قلم‌داد می‌شوند.

۵- زیر رده یودال (*Udolls*): واژه‌ای است به مفهوم مرطوب. این خاک‌ها که دارای رژیم رطوبتی یودیک است در مناطق مرطوب با باران‌های تابستانه تشکیل یافته و معادل خاک‌های برنوزیوم یا پرایر در سیستم قدیم است.

۶- زیر رده یوستال (*Ustolls*): واژه‌ای است لاتین به مفهوم سوخته. خاک‌های فوق که در مناطق نیمه‌مرطوب و نیمه‌خشک تشکیل می‌یابد دارای رژیم رطوبتی یوستیک بوده و در مجموع ۹۰ روز از سال با پدیده خشکی روبرو است. در نیمرخ خاک‌های فوق یک افق نرم و سست کالسیک وجود دارد که گاه تا عمق یکصد سانتی متری نیز کشیده می‌شود و خاک‌های فوق در آمریکا به کالچ<sup>۱</sup> شهرت دارد و در سیستم قدیم معادل خاک‌های چرنوزیوم، بلوطی و قهوه‌ای قلم‌داد می‌شود.

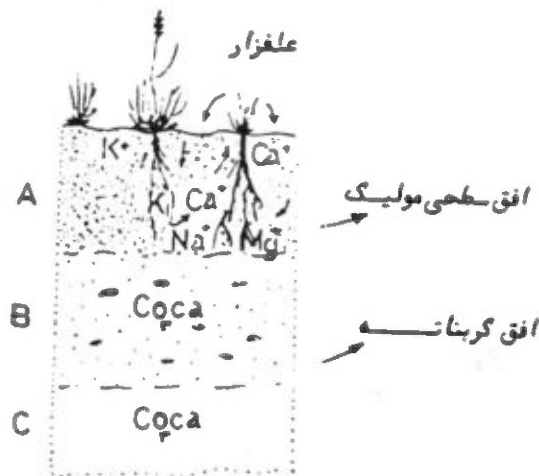
۷- زیر رده زوال (*xerolls*): واژه‌ای است یونانی به مفهوم خشک. این خاک‌ها دارای رژیم رطوبتی زیریک است و در مناطقی تشکیل می‌یابد که حاکمیت اقلیم مدیترانه‌ای (زمستان سرد و مرطوب و تابستان خشک) را تجربه کرده باشد. در سیستم قدیم خاک‌های بلوطی و قهوه‌ای معادل آن قلم‌داد می‌شوند.

## ویژگی‌های خاک‌های مولی‌سول

خاک‌های مولی‌سول مجموعه واحدی را به وجود می‌آورند که در ویژگی‌های زیر مشترک‌اند.

1. Calich.

- ۱- داشتن افق تشخیصی مولیک با رنگ قهوه‌ای تیره تا سیاه در افق‌های سطحی که بعضاً تا عمق ۵۵ سانتی‌متر کشیده می‌شود.
- ۲- در افق‌های A و B خاک‌های مولی سول مقدار زیادی یون کلسیم دیده می‌شود (شکل ۵-۱).



شکل ۵-۱: نمایی از پروفیل خاک‌های مولی سول (۴).

- ۳- خاک‌های فوق حاوی مقادیر معتدلهایی کانی‌های رسی کریستاله است و از نظر ظرفیت تعویض کاتیونی (C.E.C) در مرتبه متوسط تا زیاد قرار دارد.
- اگرچه وجود زیررده‌های گوناگون این خاک بیانگر تفاوت در ماهیت و برخورداری از طیف وسیعی از اقلیم سرد، معتدل مرطوب و اقلیم نیمه‌بیابانی است ولی تکوین آن‌ها بیشتر تحت تأثیر پوشش گیاهی علفی و حاکمیت اقلیم معتدل تعریف می‌شود و با مقایسه حوزه پراکندگی آن‌ها می‌توان به صورتی کلی بیان داشت که این خاک‌ها با اقلیم نیمه‌خشک عرض‌های میانه جغرافیایی تطابق بیشتری دارد. در سیستم قدیم خاک‌های رندزینا (Rendzina)، پرایر (Prairie)، برنوزیم (Burnizom)، چرنوزیم (Chernozim) و گاه گلی مرطوب و سولنتز با آن معادل‌سازی می‌شود.



## مدیریت خاک‌های مولی‌سول

مولی‌سول‌ها که تحت تأثیر پوشش علفی و بعضاً جنگل‌های خزان‌دار تکوین یافته‌اند از جمله حاصلخیزترین خاک‌های دنیا به شمار می‌آیند و سرشار از مواد نیتروژنه و دیگر مواد معدنی رشد گیاهان هستند. خاک‌های فوق در مناطق مرطوب‌تر به آبیاری نیاز ندارند و در آمریکا تحت عنوان خاک‌های برنوزیوم، در روسیه به خاک‌های چرنوزیوم شهرت دارند و اراضی فوق پهنه‌های وسیعی از دیم‌زارهای غله‌خیز دنیا را تشکیل می‌دهند. یک چهارم خاک‌های آمریکا را مولی‌سول تشکیل می‌دهد و به واسطه تنوع اقلیمی صحنه کشت محصولات متفاوتی است. میزان هوموس در خاک‌های فوق بیشتر از خاک‌های آلفی سول است ولی میزان آب‌شویی آن محدودتر است. همین امر سبب شده است که این خاک‌ها بسیار حاصلخیز باشند و کمتر نیازی به حاصلخیزکننده‌ها و آهک احساس شود. این خاک‌ها به ویژه در مناطق عاری از سکنه در صورت داشتن عمق کافی و اقلیم مناسب بهترین شرایط را برای کشت غلات دارند. خاک‌های مولی‌سول حجم عظیمی از تولید غلات جهانی را به خود اختصاص داده به طوری که در مدار مبادلات تجاری از اهمیت خاصی برخوردار است. البته اختصاص این خاک‌ها به کشت غلات پدیده‌های جدید و مربوط به قرن اخیر است و در گذشته نه چندان دور این سرزمین‌ها بیشتر به عنوان مرتع مورد استفاده کوچ‌نشینان و دامداران قرار می‌گرفته است. اعمال مدیریت با سیستم کشت وسیع<sup>۱</sup> در اراضی فوق بسیار ساده و کشت محصولاتی چون حبوب و غلات در آن با موفقیت همراه است. میزان برداشت محصول در خاک‌های مولی‌سول به تغییرات سالانه بارندگی و مقدار ذخیره آبی خاک بستگی و مقدار بارندگی در نوسان تولید سالانه غله تأثیر فراوان دارد.

## پراکنش خاک‌های مولی‌سول

پراکندگی خاک‌های مولی‌سول در آمریکای شمالی بیشتر محدود به جلگه‌های وسیعی چون کلمبیا، جلگه ساحلی خلیج مکزیک و شبه جزیره یوکاتان است حال آن‌که بخش‌های وسیعی از اراضی پامپا در آمریکای جنوبی (آرژانتین و اروگوئه) و همچنین کمربند پهناوری با

1. Extensive.

امتداد شرقی - غربی در آسیا، حوزه قلمرو خاک‌های مولی سول است. این کمربند از رومانی شروع و قسمت‌های شرقی استپزارهای سیبری روسیه و مون‌گولیا را در برمی‌گیرد و به منچوری ختم و به دلیل بافت دانه‌ای و بالا بودن اشباع کاتیونی در آن‌ها از جمله حاصلخیزترین خاک‌های جهان به شمار می‌آیند. خاک‌های مولی سول مجموعاً ۸/۶ درصد کل خاک‌های جهان را شامل می‌شود.

۳-۳-۵. خاک‌های ورتی سول (Vertisols): این واژه لاتینی است و به خاک‌هایی گفته می‌شود که در منطقه حاره و فوق حاره با اقلیم دو فصلی تکوین می‌یابد.

### زیر رده‌های خاک‌های ورتی سول

زیر رده‌های خاک‌های ورتی سول بر حسب رژیم رطوبتی خاک تفکیک و مرکب از چهار زیر رده به شرح ذیل است:

۱- زیر رده تورنت (Torrents): واژه‌ای لاتینی به مفهوم خشک و گرم است. این خاک‌ها دارای رژیم رطوبتی توریک هستند.

۲- زیر رده یودرت (uderts): واژه‌ای لاتینی به مفهوم مرطوب است. این خاک‌ها دارای رژیم رطوبتی یودیک هستند.

۳- زیر رده یوسترت (usterts): واژه‌ای لاتینی به مفهوم سوخته است. این خاک‌ها در رژیم رطوبتی یوستیک در اقلیم نیمه حاره موسمی با اقلیم دو فصلی (بارانی و خشک) تکوین می‌یابند.

۴- زیر رده زورت (xererts): واژه‌ای یونانی به مفهوم خشک است و به خاک‌هایی اطلاق می‌شود که در اقلیم مدیترانه‌ای و رژیم رطوبتی زیریک تکوین می‌یابند.

### ویژگی‌های مشخص خاک‌های ورتی سول

خاک‌هایی که در زمره این رده قرار می‌گیرند دارای سه ویژگی مشترک هستند که می‌توان آن سه ویژگی را چنین بیان داشت:

۱- در مجموعه حجمی آن‌ها مقدار زیادی رس از خانواده موئتموریلونیت وجود دارد که همین امر سبب می‌شود خاک‌های فوق در مجاورت آب از خود اتساع شدید نشان دهند.

- ۲- در فصل خشک شکاف‌ها و ترک‌های عمیقی در این خاک‌ها به وجود می‌آید.
- ۳- این خاک‌ها به واسطه خصوصیات فوق دارای نوعی حرکت ناگهانی و به ویژه بر روی دامنه‌های پرشیب، حرکت آن‌ها بسیار محسوس است.
- خاک‌های ورتی‌سول از نظر اشباع کاتیونی به ویژه یون‌های منیزیم و کلسیم دارای ظرفیت بالایی بوده و pH آن در حد خنثی است. مقدار مواد آلی در خاک‌های فوق در حد مطلوب و ظرفیت نگه‌داری آب آن‌ها به واسطه داشتن بافت ریز، زیاد است. اما بخش اعظم آب جذب شده در خاک‌های فوق به خاطر حضور کانی‌های رسی مونت‌موریلونیت برای گیاهان قابل جذب نبوده و نقطه پژمردگی گیاهان در آن‌ها بیشتر از حد معمول است. پراکندگی خاک‌های ورتی‌سول بیشتر با سرزمین‌هایی مطابقت دارد که پوشش گیاهی آن‌ها علفی و یا ساوانی است و تحت حاکمیت اقلیم حاره و جنب حاره قرار دارند. از جمله خصوصیات دیگر اقلیمی این مناطق وجود دو فصل مرطوب و خشک در طی سال است؛ لذا شرایط اقلیمی فوق را می‌توان در «اقلیم خشک» و مرطوب و «نیمه‌خشک» حاره مستقر دانست. در فصل خشک گاه خاک‌های ورتی‌سول به واسطه خشکی بیش از حد در سطحشان ترک‌ها و شکاف‌های عمیقی به وجود می‌آید که بعد از پارگی یا جابه‌جایی مجدداً ترک‌ها پر و رفته رفته اتساع یافته و متورم می‌شوند.
- خاک‌های ورتی‌سول در «مناطق خشک» دارای اسامی گوناگون محلی است؛ برای مثال، خاک‌های سیاه، خاک‌های رسی حاره، ریگور، فیرکی، بادب از جمله نام‌های محلی خاک‌های فوق است. در سیستم طبقه‌بندی قدیم بسیاری از خاک‌های فوق تحت عنوان خاک‌های رندزینا مطرح شدند که بعدها اصطلاح گرموسول<sup>۱</sup> در مورد آن‌ها به کار رفت.

### مدیریت خاک‌های ورتی‌سول

حرکت‌های دامنه‌ای در خاک‌های ورتی‌سول به واسطه وجود درز و شکاف‌ها باعث ظهور پدیده خاص ژئومرفولوژیکی در سطح می‌شود که به آن گلیکای گفته می‌شود (ناهمواری‌های کوچکی که ارتفاع آن‌ها به‌ندرت به یک متر می‌رسد). وجود چنین حرکاتی در خاک‌های

1. Grumosols.

ورتن سول به وضوح روی فنس‌های حفاظتی مزارع، تیرک‌های پست و یا جابجا شدن قطعات پیاده‌روهای سیمانی منعکس است. کشاورزی در خاک‌های ورتن سول با مشکلات متعددی روبروست زیرا در مواقع رطوبتی به واسطه چسبندگی، تردد در آن‌ها امکان‌پذیر نیست و در فصل خشک نیز به واسطه سختی و ضخامت قشر سطحی خاک ادوات کشاورزی کارایی لازم را ندارد. شخم‌زدن در چنین زمین‌هایی سبب به وجود آمدن کلوخه‌های بزرگ می‌شود و جوانه زدن بذرها و گیاهان به واسطه سختی قشر رویی با مشکلاتی روبرو است. با مرطوب شدن خاک‌های ورتن سول نفوذپذیری خاک به شدت کاهش می‌یابد و با جذب آب ترک‌های عمیقی در آن به وجود می‌آید.

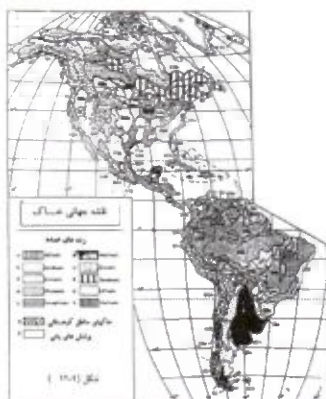
علی‌رغم حاصل‌خیزی خاک‌های فوق، یعنی، بالا بودن ظرفیت تعویض کاتیونی و حضور هوموس نسبتاً زیاد تا عمق یک متری خاک، خاک‌های فوق از نظر تهویه شرایط چندان مناسبی ندارند. این عامل سبب محدودیت در رشد ریشه گیاهان می‌شود و معمولاً ریشه‌های گیاهان در سطح باقی می‌ماند. در فصل خشک هم‌زمان با ایجاد ترک‌های عمیق، ریشه‌های گیاهی از هم گسیخته و منجر به تعویق افتادن رشد درختان می‌شود. ایجاد خطوط راه‌آهن و جاده‌های شوسه بر روی خاک‌های فوق به واسطه ناپایداری‌های سطحی این خاک‌ها دچار آسیب و تغییر فرم می‌شود. به واسطه تغییرات زیاد پاره‌ای از ویژگی‌های مهندسی این خاک‌ها، بعضی از معیارهای مهندسی دیگر زمین‌ها نسبت به معیار خاک‌های ورتن سول سنجیده می‌شود.

علی‌رغم حاصل‌خیزی خاک‌های ورتن سول سیستم‌های کشت در زمین‌های فوق بیشتر به نیروی بدنی انسانی و حیوانات متکی است؛ لذا راندمان تولید محصول در آن‌ها بسیار پایین است. البته یکی از مشکلات مهم در امر کشاورزی روی خاک‌های ورتن سول حالت ارتجاعی آن‌ها است؛ زیرا این خاصیت آن‌ها سبب می‌شود که وسایل مکانیزه نتوانند کارایی لازم را ارائه دهند. اکثر ناحیه‌هایی که با خاک‌های ورتن سول پوشیده شده دارای گیاهان علفی و ساوانای طبیعی است و از این نظر این مناطق به عنوان مراتع بسیار مرغوب به شمار می‌آیند و می‌توانند نقش بسیار مهمی را در معیشت دامپروری، دامداری و رمه‌داری ایفا کنند؛ لذا همیشه این مطلب مورد توجه صاحب‌نظران بوده و هست که سرزمین‌های ساوانای می‌توانند نقطه آغازی برای انقلاب سبز در دنیا تلقی شوند و با به‌کارگیری تکنولوژی و منابع جدید انرژی بر مشکلات کمبود مواد غذایی در دنیا فائق آمد. البته این نکته را نیز باید به خاطر داشت که استفاده و

بهره‌وری از خاک‌های ورثی سول تنها محدود به تأمین مواد غذایی نیست و بسیاری از صنایع همچون نساجی می‌توانند از آن بهره‌مند شوند.



شکل ۵-۲: نقشه جهانی خاک بر اساس سیستم جدید C.S.C.S. (A).



شکل ۵-۲: (ادامه)

### پراکندگی خاک‌های ورتی‌سول

به طور کلی بالغ بر ۱/۸ درصد از خاک‌های دنیا در اشغال خاک‌های ورتی‌سول است و پهنه‌های وسیعی از شبه جزیره هند، استرالیا، شرق آفریقا، بخش‌هایی از شمال و مرکز ایالات تگزاس، آلاباما، می‌سی‌سی‌پی، کالیفرنیا را در برمی‌گیرد. در شبه جزیره دکن خاک‌های فوق بیشتر بر مسیرهای بازالتی تکرین یافته است و بخش‌هایی از کشور سودان در قسمت میانی شرق آفریقا، شمال و جنوب کمربند شرقی استرالیا در قلمرو خاک‌های ورتی‌سول به شمار می‌آیند.

### ۳-۴ طبقه‌بندی فرانسوی

طبقه‌بندی خاک در فرانسه بر اساس مشخصات پروفیلی است و در آن چهار عامل زیر در نظر گرفته می‌شود:

- ۱- درجه تکاملی خاک، که مبین شدت فرایندهای خاک‌سازی و تأثیر آن در مشخصات نیم‌رخ خاک است. خاک‌های جوان و بدون مشخصات پروفیلی، پریسول<sup>۱</sup> یا خاک معدنی خام نامیده می‌شود.
- ۲- شدت هوادیدگی که نوع سزکویی اکسیدها، رس، ساختمان خاک و غیره را در نظر می‌گیرد.
- ۳- نوع، مقدار و توزیع مواد آلی در افق‌های مختلف خاک. در خاک‌های ایزوهمومیک<sup>۲</sup> توزیع مواد آلی در کلیه افق‌های خاک یک‌سان است، ولی در خاک‌های توربی، مقدار هوموس در سطح خاک بیشتر است. ترکیب هوموس با یون‌های مختلف، در انتقال و یا تثبیت آن‌ها مؤثر است.
- ۴- پدیده‌های اساسی مانند وجود یا عدم وجود آب و املاح که در تشکیل و تکامل خاک نقش دارند. برخلاف سیستم جدید طبقه‌بندی آمریکایی که با پیشوندهایی چون Sal، Hydr یا Natr موقعیت خاک را از نظر فراوانی آب و املاح در تحت رده یا گروه بزرگ، مشخص می‌کند، در طبقه‌بندی فرانسوی، این دو پدیده، خود دو رده یا کلاس را تشکیل می‌دهند.

طبقه‌بندی فرانسوی - که Aubert و Duchaufour از واضعان و مدافعان آن هستند - خاک‌ها را به ده کلاس تقسیم می‌کند و هر کلاس نیز بر اساس خواص و مشخصاتی مانند آب‌شویی املاح، مقدار آهک، میزان سزکویی اکسیدها و درجه تکاملی خاک به تحت



کلاس‌هایی تقسیم می‌شوند. هر زیر کلاس به تعدادی گروه و هر گروه نیز به زیر گروه‌هایی قابل تقسیم می‌باشند. در طبقه‌بندی فرانسوی باید به نکات زیر توجه شود:

۱- (A): عبارت از متلاشی شدن مواد مادری خاک است.

۲- A: عبارت از افقی است که در آن مواد آلی تجمع حاصل کرده، یا از آن املاح آبشویی یافته‌اند.

۳- (B): افق تحت‌الارضی که از نظر ساختمان با افق‌های بالایی تفاوت دارد.

۴- B: افق تحت‌الارضی که از نظر بافت با افق‌های فوقانی متفاوت است.

خاک‌ها در این سیستم با توجه به نکات فوق، به ده کلاس تقسیم می‌شوند که از این میان چهار کلاس به شرح جدول زیر در مناطق خشک و نیمه‌خشک یافت می‌شوند.

جدول ۵: کلاس، زیر کلاس و زیر گروه‌های خاک‌های قابل مشاهده در مناطق خشک و نیمه‌خشک

ردیف	کلاس	زیر کلاس	گروه	زیر گروه
۱	تحول نیافته (معدنی خام)	اقلیمی	چند ضلعی قطبی* بیابانی	- ارگ رگ
		غیر اقلیمی	لیتوسل رگوسل	- -
۲	کم تحول یافته	کریوسل* رانکر* فرمایشی	- - واریزه‌ای ← آبرفتی بادرفتی ← یخرفتی*	- نرم درشت هوموسی - لس ماسه
۳	ایزوهمیک	چرنوزم کاستانوزم برونیزم مدیترانه‌ای سیروزم		
۴	شور و قلbia (شور و سدیمی)	شور سدیمی شور - سدیمی		

\* معمولاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک یافت نمی‌شوند.



۱-۴-۵- کلاس خاک‌های تحوّل نیافته (معدنی خام): نیم‌رخ این خاک‌ها اغلب به صورت C/A می‌باشد. ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) به دلیل عدم وجود کلوئیدهای آلی و معدنی در این خاک‌ها بسیار کم است. هم‌چنین به دلیل کمی رطوبت در این خاک‌ها اولاً هوازدگی از نوع فیزیکی است و ثانیاً سرعت هوازدگی یا سرعت تشکیل خاک بسیار کند و بطئی می‌باشد. این خاک‌ها عمدتاً از قطعات ریز و درشت سنگ مادر تشکیل شده‌است و خواص فیزیکی آن‌ها بستگی زیادی به طبیعت سنگ مادر و نوع کانی‌های تشکیل‌دهنده آن دارد، به گونه‌ای که اگر سنگ مادر از نوع رسوبی باشد، هم زودتر هوا می‌بیند و هم خاک حاصل شده نرم‌تر خواهد بود. ولی اگر سنگ مادر از نوع آذرین یا دگرگونی باشد، سرعت تشکیل خاک کندتر و بافت خاک حاصل شده درشت‌تر می‌شود. هم‌چنین به دلیل ناچیز بودن مواد آلی در این خاک‌ها فعالیت بیولوژیکی موجودات زنده در آن‌ها کم است. خاک‌های تحوّل نیافته را خاک‌های معدنی خام هم می‌نامند. خاک‌های تحوّل نیافته خود به دو زیرکلاس تحوّل نیافته اقلیمی و تحوّل نیافته غیراقلیمی تقسیم می‌شوند.

الف) خاک‌های تحوّل نیافته اقلیمی: این خاک‌ها ضمن آن‌که فاقد مواد آلی و تکامل پروفیلی هستند، دارای منشاء اقلیمی می‌باشند. به این معنی که در تشکیل این خاک‌ها اقلیم تأثیر زیادی داشته و بیانگر شرایط آب و هوایی مختلف کویری و یا سرد می‌باشد. خاک‌های تحوّل نیافته اقلیمی بسته به نوع اقلیم به دو گروه خاک‌های قطبی (چند ضلعی) و خاک‌های بیابانی تقسیم می‌شوند. خاک‌های قطبی: این خاک‌ها از قطعات سنگ‌هایی به شکل چند ضلعی تشکیل شده‌اند که در اثر یخبندان و یا حرکت یخچال‌ها به وجود می‌آیند؛ لذا گاهی اوقات به این خاک‌ها، خاک‌های چند ضلعی قطبی هم می‌گویند.

خاک‌های بیابانی: خاک‌های تحوّل نیافته‌ای هستند که اقلیم آن‌ها گرم و خشک است و شامل شن‌زارها و تپه‌های ماسه‌ای فعال و غیرفعال می‌باشند و خود به دوزیرگروه ارگ<sup>۱</sup> و رگ<sup>۲</sup> تقسیم می‌شوند: خاک‌های ارگ (ناهموارهای ماسه‌ای): شامل مناطق وسیعی است که توسط تپه‌های ماسه‌ای فاقد پوشش گیاهی اشغال شده باشد. وسعت این اراضی بین ۴۰ تا چند هزار کیلومتر

مربع و ارتفاع آن‌ها بین چند متر تا چند صد متر تغییر می‌کند. در مناطق بیابانی ایران دو ارگ بزرگ قابل مشاهده است. یکی ارگ کویر مرکزی و دیگر ارگ کویر لوت به ترتیب با ۳۸۰۰ و ۱۰۰۰۰ کیلومتر مربع وسعت. علاوه بر آن، در سیزده استان مرکزی و جنوبی کشور هم، ارگ‌های کوچک‌تری وجود دارد که مساحت آن‌ها (با احتساب دو ارگ بزرگ یادشده) به ۱۲۹۶۰۰ کیلومتر مربع می‌رسد. از این وسعت حدود ۵۰۰۰۰ کیلومتر مربع آن فعال و بقیه غیرفعال یا تثبیت شده‌اند (۶).

**خاک‌های رگ (بیابان‌های سنگی):** بیابان‌هایی هستند که از سنگ‌های درشت پوشیده شده‌اند زیرا جریان باد دانه‌های ریز آن را حمل و از محل خارج کرده است. اگر سنگ‌های موجود در این بیابان‌ها بر اثر تبخیر و بالا آمدن املاح سخت و سیمانی شده باشند، تولید سنگ‌فرش بیابانی<sup>۱</sup> می‌کند.

**ب) خاک‌های تحوّل نیافتهٔ فیراقلیمی:** این خاک‌ها نیز مثل خاک‌های تحوّل نیافتهٔ اقلیمی فاقد تکامل پروفیلی و مادهٔ آلی بوده و اغلب شامل خاک‌های فرسایشی است که توسط رودخانه‌ها ته‌نشین شده ولی هنوز به وسیلهٔ گیاهان پوشیده نشده‌اند. این خاک‌ها بر حسب نوع سنگ بسترشان به دو گروه خاک‌های لیتوسل و رگوسل تقسیم می‌شوند.

**خاک‌های لیتوسل:** سنگ مادر این خاک‌ها سخت و غیرقابل نفوذ برای آب و ریشهٔ گیاه است. عمق این خاک‌ها کم و معمولاً فاقد پوشش گیاهی است و بیشتر در دامنه‌های پرشیب یافت می‌شوند.

**خاک‌های رگوسل:** سنگ بستر این خاک‌ها از مواد نسبتاً نرم درست شده است. این خاک‌ها عمیق و نرم و انواع گیاهان علفی و درختچه‌ای قادر به روئیدن در آن‌ها است. به طور کلی با افزودن کودهای (شیمیایی و آلی) و رسوبات نرم و حاصلخیز ته‌نشین شده در مسیل رودخانه‌ها به خاک‌های معدنی خام می‌توان شرایط مناسب‌تری برای کشت و کار را در این خاک‌ها - البته در مقیاس کوچک - فراهم نمود.

۲-۳-۵- کلاس خاک‌های کم تحوّل یافته: این خاک‌ها به علت داشتن افق A هوموسی، کم

و بیش تحول یافته‌اند و با خاک‌های معدنی خام تفاوت دارند. البته تجزیه و تخریب در این خاک‌ها عموماً پیشرفته و عمیق نیست و بیشتر در سطح خاک رخ داده است. در اغلب موارد عوامل فرسایش مثل جریان آب و باد باعث فرسایش و جوان شدن خاک‌ها و در نتیجه کند شدن سرعت تجزیه و تخریب این خاک‌ها می‌شود. این خاک‌ها بر حسب خصوصیات پروفیلی‌شان به کلاس‌های زیر تقسیم می‌شود.

الف) خاک‌های کریوسول: شامل خاک‌های اسیدی و هموسی مناطق سرد (توندر) می‌باشد.

ب) خاک‌های رانکر: خاک‌های نواحی مرطوب کوهستانی را در برمی‌گیرد.

ج) خاک‌های فرسایشی (حمل شده): این خاک‌ها که معمولاً در اثر فرسایش یا رسوب‌گذاری و به طور کلی تخریب فیزیکی سنگ‌ها حاصل می‌شوند، اغلب فاقد مواد آلی و هم‌چنین ترکیبات رسی و هموسی می‌باشند. بسته به نوع عامل فرسایش یا رسوب، این خاک‌ها به چهار گروه: خاک‌های واریزه‌ای (کوه‌رقتی)، خاک‌های رسوبی (آبرفتی)، خاک‌های بادرفتی و خاک‌های یخچالی (یخرفتی) تقسیم می‌شوند که گروه خاک‌های یخرفتی در کشور ما اهمیت و گستره زیادی ندارد.

خاک‌های واریزه‌ای (*Colluvial*): این خاک‌ها اغلب در پای ارتفاعات و در اثر ریزش سنگ‌ها از ارتفاعات به پایین تشکیل می‌شوند. میزان مواد آلی این خاک‌ها بسته به سنشان بین کم تا زیاد تغییر می‌کند. بعضی از خاک‌های واریزه‌ای قدیمی که مدت زیادی تثبیت شده‌اند، تکامل یافته و به تدریج به طرف خاک‌های قهوه‌ای تکامل می‌یابند. این خاک‌ها به سه زیرگروه: واریزه‌ای نرم، واریزه‌ای درشت و واریزه‌ای هموسی تقسیم می‌شوند.

خاک‌های واریزه‌ای نرم عموماً برای کشاورزی مناسب می‌باشند. زیرا نیم‌رخ این خاک‌ها اغلب یک‌نواخت بوده و از عمق و نفوذپذیری خوبی برخوردارند ولی خاک‌های واریزه‌ای درشت به دلیل داشتن قلوه‌سنگ زیاد برای کشاورزی مناسب نیستند ولی برای جنگل‌کاری مناسب‌اند. خاک‌های واریزه‌ای هموسی اغلب در پای شیب کوه‌ها و روی سنگ مادر سیلیسی تشکیل می‌شوند. ضخامت هموس در این خاک‌ها خیلی زیاد، pH خیلی اسیدی، هودیدگی نیز شدید می‌باشد. هم‌چنین این خاک‌ها دارای CEC زیادی هستند و اغلب زیر پوشش

جنگل‌های پهن‌برگ قرار دارند.

خاک‌های آبرفتی (*Alluvial*): این خاک‌ها اغلب در اثر نهشته شدن رسوبات آبی در مسیر رودخانه‌ها و یا دشت‌های کم‌شیب تشکیل می‌شوند. سفره آب زیرزمینی در این اراضی در فصول گرم پایین و در فصل سرد نسبتاً بالا است. گیاهان رطوبت‌دوست (هیدروفیت) در این خاک‌ها به خوبی رشد می‌کنند. نیم‌رخ این خاک‌ها از نظر بافت غیریک‌نواخت و لایه لایه است که معرف مراحل و زمان‌های مختلف رسوب‌گذاری می‌باشد. خاک‌های آبرفتی بر حسب درجه تکاملشان به سه زیرگروه قابل تقسیم می‌باشد:

- خاک‌های آبرفتی با نیم‌رخ A/C با سنگ مادر غیرآهکی (اسیدی).
  - خاک‌های آبرفتی با نیم‌رخ A/C با سنگ مادر آهکی (غنی از کلسیم).
  - خاک‌های آبرفتی با نیم‌رخ A/B/C که تکامل یافته‌تر از دو خاک قبلی است.
- رنگ این خاک‌ها معمولاً قهوه‌ای تا قهوه‌ای مایل به قرمز است. درختان رطوبت‌پسندی نظیر بید و تبریزی به خوبی در این خاک‌ها رشد می‌کنند.

خاک‌های بادرفتی (*Aeolian*): خاک‌هایی هستند که از تجمع رسوبات حمل شده با باد در یک محل به وجود می‌آیند و معمولاً فاقد تکامل پروفیلی و همچنین فاقد مواد آلی و پوشش گیاهی می‌باشند. این خاک‌ها بر حسب اندازه ذراتشان به دو زیرگروه تقسیم می‌شوند:

بادرفت‌های ریزدانه (*Loess*): که از نظر قطر و اندازه در حد سیلت و رس می‌باشد.

- بادرفت‌های درشت دانه (*Dune*): که اندازه ذرات آن‌ها در حد شن می‌باشد.

چگونگی تشکیل این بادرفت‌ها به سرعت و قدرت باد بستگی دارد. بادهای تند و شدید قادرند ذرات درشت‌تر و بیشتری را تا مسافت‌های طولانی حمل کنند ولی هرچه از سرعت باد کاسته می‌شود اندازه و حجم ذرات منتقل شده و نیز مسافت حمل مواد کاهش می‌یابد.

۳-۴-۵. کلاس خاک‌های ایزوهمیک: این خاک‌ها معادل خاک‌های منطقه‌ای (*Azonal*)

در سیستم قدیم هستند و به وسیله آب و هوای خشک مشخص می‌شوند. پوشش گیاهی این اراضی را استپ‌هایی تشکیل می‌دهند که معمولاً از خانواده گرامینه می‌باشند. با افزایش تراکم گیاهان استپی مقدار هوموس تشکیل شده در این خاک‌ها بیشتر می‌شود. خاک‌های ایزوهمیک بر حسب شرایط آب و هوایی به ۵ زیرکلاس تقسیم می‌شوند:

الف) خاک‌های چرنوزم یا خاک‌های سیاه (*Chernozem*): واژه چرنوزم به زبان روسی به معنی خاک سیاه<sup>۱</sup> می‌باشد. علت این نام‌گذاری غنی بودن این خاک‌ها از مواد آلی است. این خاک‌ها اغلب در اقلیم‌های نیمه‌خشک تا نیمه‌مرطوب با متوسط باران سالیانه ۴۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر تشکیل می‌شوند. عمق این خاک‌ها زیاد، ساختمان دانه‌ای، رنگ سیاه تا قهوه‌ای تیره و درصد اشباع بازی (BSP) آن‌ها نسبتاً زیاد است. در صورتی که مواد مادری این خاک‌ها شنی و غنی از عناصر اسیدی باشد خاک‌های حاصل از هواپدگی آن‌ها را پاراچرنوزم می‌نامند. خاک‌های چرنوزم اغلب برای زراعت مناسب می‌باشند. این خاک‌ها در روسیه - که محل اصلی آن‌ها است - بر حسب اقلیم به تعدادی زیرگروه تقسیم می‌شوند.

ب) خاک‌های کاستانوزم یا شاه‌بلوطی (*Castanozem*): این خاک‌ها در اقلیم‌های خشک‌تر از اقلیم خاک‌های چرنوزم و در مناطقی با متوسط باران سالیانه ۲۵۰-۴۰۰ میلی‌متر تشکیل می‌شوند. پوشش طبیعی در این خاک‌ها شامل استپ‌های تنک و کم پوشش می‌باشد. مقدار ماده آلی در این خاک‌ها کمتر از خاک‌های چرنوزم (۳ تا ۷ درصد)، میزان مواد آهکی در افق‌های سطحی بیشتر و pH این خاک‌ها بازی‌تر از خاک‌های چرنوزم است.

ج) خاک‌های برونیزم یا قهوه‌ای (*Brunizem*): این خاک‌ها، خاک‌های مناطق واسط بین استپ و جنگل را تشکیل می‌دهند. سنگ مادر این خاک‌ها اغلب آهکی یا غنی از کاتیون‌های بازی است. زهکش این خاک‌ها خوب و هواپدگی در آن‌ها بیشتر و عمیق‌تر از خاک‌های چرنوزم است. دو افق اصلی در این خاک‌ها مشاهده می‌شود:

- افق Al سیاه رنگ به ضخامت ۴۰-۵۰ سانتی‌متر با pH اسیدی (pH=۶)، ساختمان

دانه‌ای ریز در سطح و دانه‌ای درشت در عمق.

- افق Bt غنی از رس شسته شده از بالا و ساختمان بلوکی.

در مجموع حاصل خیزی این خاک‌ها بیشتر از خاک‌های چرنوزم می‌باشد.

د) خاک‌های مدیترانه‌ای (فوسیاتیک): این خاک‌ها در آب و هوای کویری مناطق مدیترانه‌ای و در شرایطی که تابستان‌ها خیلی گرم و زمستان معتدل تا سرد است، تشکیل می‌شوند. این

1. Black earth.

خاک‌ها علاوه بر افق Al هوموسی و ضخیم که روی افق B قدیمی قرار گرفته است، دارای یک افق سخت آهکی (Cca) - که اصطلاحاً کروت آهکی نامیده می‌شود - نیز می‌باشند؛ بنابراین، وجود افق‌های سخت و غیرقابل نفوذ آهکی در قسمت‌های سطحی یا نیمه‌عمیق از صفات مشخص این خاک‌ها است. نحوه تشکیل کروت‌های آهکی در سطح الارض به این صورت است که با افزایش حرارت، کربنات‌های بیشتری در آب تحت الارض حل می‌شوند و سپس با صعود شعریه‌ای همراه آب بالا می‌آیند و پس از تبخیر آب، رسوبات آهکی در سطح یا نزدیک به سطح خاک بر جای می‌مانند و تشکیل لایه‌های سخت آهکی را می‌دهند.

ه) خاک‌های سیروزم یا خاکستری (Sierozem): این خاک‌ها در اقلیم‌های خشک با بارندگی سالیانه ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلی‌متر و اغلب در حاشیه کوری‌ها تشکیل می‌شوند و بر حسب درجه خشکی به دو گروه اصلی زیر تقسیم می‌شوند:

خاک‌های قهوه‌ای سیروزم: این خاک‌ها به خاک‌های قهوه‌ای استپی خیلی نزدیک‌اند با این تفاوت که اقلیم این خاک‌ها خشک‌تر از خاک‌های قهوه‌ای می‌باشد. پوشش گیاهی این خاک‌ها از نوع استپ غیرمترکم و مقاوم به خشکی است. افق A حاوی ۱ تا ۳ درصد ماده آلی می‌باشد. به دلیل غنی بودن از کاتیون‌های کلسیم و منیزیم درصد اشباع بازی این خاک‌ها زیاد ولی CEC آن‌ها کم و حدود ۲۰ میلی‌اکی‌والان درصد گرم خاک است. سنگ مادر این خاک‌ها اغلب آهکی و لسی می‌باشد. خاک‌های خاکستری نیمه گرم: این خاک‌ها از نظر ماده آلی خیلی فقیر (کمتر از یک درصد) و رنگ آن‌ها روشن‌تر است. در سطح این خاک‌ها اغلب یک لایه سخت کروت‌های گچی و آهکی دیده می‌شود. به همین دلیل هیچ‌گونه آب‌شویی در این خاک‌ها صورت نمی‌گیرد.

۴-۳-۵- کلاس خاک‌های شور و قلیا (شور و سدیمی): تشکیل خاک‌های شور در مناطق خشک یک فرآیند طبیعی می‌باشد. بسیاری از اراضی وسیع و شور نیز به علت آبیاری و یا در حالت آبش در اثر نفوذ آب شور به وجود آمده‌اند. هنگامی که سدیم بخش مهمی از املاح را تشکیل می‌دهد و به ویژه زمانی که مقادیر زیادی سدیم تبادلی (سدیمی) که جذب کلونیدهای منفی رس و هوموس گردیده است) در خاک وجود دارد، کلونیدهای خاک به حالت پراکنده درآمده و شرایط فیزیکی خاصی در خاک ایجاد می‌گردد. به این گونه خاک‌ها، خاک‌های



سدیمی<sup>۱</sup> می‌گویند. مقدار، نسبت و نوع املاح در خاک‌ها متفاوت می‌باشند و باعث پیدایش زیرکلاس‌های: خاک‌های شور، خاک‌های شور-سدیمی و خاک‌های سدیمی می‌گردند که در زیر مورد بحث قرار می‌گیرند:

الف) خاک‌های شور و مدیریت آن‌ها: این خاک‌ها دارای مقادیر معتدله‌ای املاح محلول است، به طوری که در رشد و نمو گیاه اختلالاتی ایجاد می‌نمایند. هدایت الکتریکی عصاره اشباع در این خاک‌ها بیش از ۴ میلی موبر بر سانتی‌متر (۴ دسی زیمنس بر متر) می‌باشد. املاح این خاک‌ها بیشتر از کلروورها، سولفات‌ها و گاهی هم نیترات‌ها تشکیل شده است. کربنات‌های محلول معمولاً وجود ندارد لکن مقادیر کمی بی‌کربنات ممکن است موجود باشد. غالباً املاح غیر محلول سولفات کلسیم و کربنات‌های کلسیم و منیزیم نیز در این خاک‌ها وجود دارد. از جمله کاتیون‌های عمده این خاک‌ها، می‌توان کلسیم، منیزیم و سدیم را نام برد. لکن مقدار سدیم، زیاد نیست و مقدار آن به ندرت از ۵۰ درصد مجموع کاتیون‌های دیگر تجاوز می‌کند. مقدار جذب این عنصر در سطوح کلوئیدی نیز ناچیز است. این خاک‌ها دارای pH کمتر از ۸/۵ هستند و مقدار سدیم قابل تبادل آن‌ها نیز کمتر از ۱۵ درصد می‌باشد. غالباً قشر نازک سفید رنگی از املاح سطح این خاک‌ها را می‌پوشاند و گاهی رشته‌های سفید رنگ تجمع نمک در نیم‌رخ این خاک‌ها مشاهده می‌گردد. ساختمان این خاک‌ها به سبب وجود املاح و فلکوله شدن کلوئیدها، کاملاً مناسب می‌باشد.

اصلاح این خاک‌ها و خروج املاح اضافی از منطقه توسعه ریشه مستلزم زهکش مناسب است. چون برای اصلاح این خاک‌ها باید املاح محلول را به وسیله مقدار زیادی آب از ناحیه ریشه‌زای گیاهان شست و به اعماق خاک برد؛ لذا در صورتی که وضع زهکشی خاک مساعد نباشد اضافه نمودن این مقدار آب منجر به بالا آمدن سفره آب زیرزمینی می‌شود و نه تنها موجبات اصلاح خاک را فراهم نمی‌کند بلکه منجر به تجمع املاح در سطح خاک می‌گردد. عمق سفره آب زیرزمینی می‌باید به وسیله زهکشی کاملاً در زیر منطقه توسعه ریشه نگه داشته شود. به طور معمول سفره آب زیرزمینی می‌باید در عمق بیش از ۲ تا ۳ متری سطح خاک قرار گیرد. در



صورت وجود زهکش مناسب می‌توان با عمل آب‌شویی اقدام به اصلاح خاک نمود. البته اصلاح خاک‌های ریزبافت خیلی کندتر صورت می‌گیرد و بخصوص اگر خاک دارای لایه رسی و کاملاً فشرده تحت‌الارضی باشد که در این صورت مشکل آب‌شویی دو برابر می‌شود. وجود این گونه لایه‌های متراکم حتی در خاک‌های دارای بافت متوسط و درشت، شستشوی املاح خاک را با اشکال مواجه می‌نماید. به نحوی که گاهی اوقات اصلاح این گونه خاک‌ها از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشد.

در عمل فقط شست و شو و خارج کردن املاح برای اصلاح خاک‌های شور کافی می‌باشد و احتیاجی به مواد شیمیایی یا مخلوط کردن کود سبز با خاک نیست. به طور کلی تعداد دفعات و مقدار آب آبیاری مطرح نیست، لکن نکات زیر باید مورد توجه قرار گیرند: (۱) خاک باید معمولاً مرطوب باشد تا از افزایش غلظت محلول خاک جلوگیری به عمل آید در غیر این صورت، گیاهان صدمه خواهند دید، (۲) مقدار آب آبیاری در هر نوبت باید به قدری باشد که بتواند مقداری از املاح را بشوید و به زهکشها منتقل کند. (۳) سطح خاک می‌باید مسطح باشد و تا آب به طور یک‌نواخت به درون آن نفوذ نماید. در حال حاضر تحقیقات وسیعی نیز به منظور پیدا کردن گیاهان مقاوم به شوری جریان دارد.

ب) خاک‌های سدیمی (قلیا) و مدیریت آن‌ها: خاک‌های سدیمی، خاک‌های غیرشوری هستند که درصد سدیم تبدلی<sup>۱</sup> (ESP) در آن‌ها ۱۵ یا بیشتر و یا نسبت جذب سدیم<sup>۲</sup> (SAR) در عصاره اشباع آن‌ها ۱۳ یا بیشتر می‌باشد. pH این خاک‌ها بین ۸/۵ تا ۱۰ می‌باشد. سدیم قابل تبادل در این خاک‌ها از سطح کلوئیدها جدا و مقدار کمی کربنات سدیم در محیط تشکیل می‌گردد. کلوئیدها به حالت انتشار درمی‌آیند و در نتیجه ساختمان خاک تخریب می‌شود. با تخریب ساختمان خاک و ایجاد حالت توده‌ای و گل‌خراشی، نفوذ آب به داخل خاک و نیز هدایت آبی خاک به شدت کاهش پیدا می‌کند و شخم‌زدن خاک به سختی صورت می‌گیرد و با ایجاد پوسته سطحی (سله) روی خاک جوانه زدن بذرها غیرممکن می‌شود (شکل ۵-۳).

1. Exchangeable Sodium Percentage.

2. Sodium Adsorption Ratio.

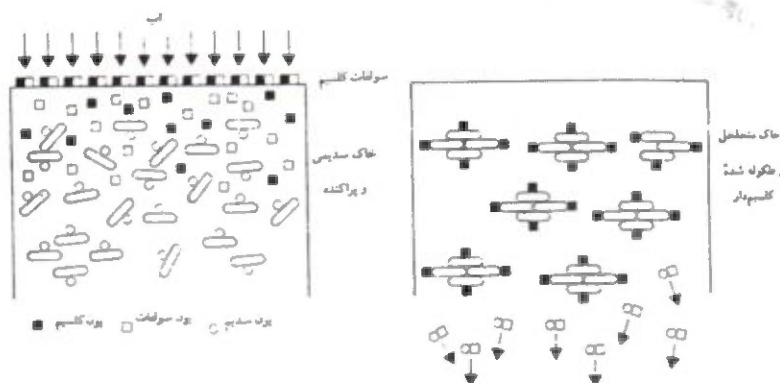


شکل ۳-۵: خاک‌های سدیک با کلوئیدهای پراکنده در حالت خشک به شکل کلوخه‌های بزرگ همراه پوسته ضخیم سطحی در می‌آید و مانع خروج جوانه‌ها می‌گردد. در حالت مرطوب این خاک‌ها دارای قابلیت نفوذ و قابلیت آبشویی بسیار کم می‌باشند (۵).

مواد آلی این گونه خاک‌ها تحت تأثیر سدیم به شدت انتشار پیدا می‌کند و سطح ذرات خاک را می‌پوشاند و در نتیجه منجر به ایجاد رنگ تیره در سطح خاک می‌گردد و از این جهت این خاک‌ها در گذشته به نام خاک‌های «قلیای سیاه» نیز نامیده شده‌اند. این خاک‌ها غالباً در مساحت‌های کوچک و پراکنده، در مناطق کم‌باران مشاهده شده‌اند که به این نقاط اصطلاحاً اسلیک اسپات<sup>۱</sup> گفته می‌شود. خاک‌های سدیک نیز ممکن است در اثر آبیاری نامناسب تشکیل شوند در این صورت به علت پراکندگی و انتشار کلوئیدها، شخم‌زدن خاک مشکل می‌شود و در نتیجه نفوذ و جریان آب در خاک به کندی صورت می‌گیرد. با مرور زمان کلوئیدهای پراکنده به اعماق خاک انتقال می‌یابند و ایجاد لایه‌های عمقی کاملاً فشرده و متراکم با ساختمان منشوری و یا ستونی را می‌نمایند. در این حالت فقط چند سانتی‌متر خاک نسبتاً درشت بافت در سطح باقی می‌ماند. محلول خاک سدیک از مقدار زیادی سدیم و مقدار کمی کلسیم و منیزیم تشکیل شده است و از جمله آنیون‌های موجود سولفات‌ها، کلرورها، بی‌کربنات و مقدار کمی کربنات می‌باشند. در برخی نقاط مقدار قابل ملاحظه‌ای املاح پتاسیمی نیز وجود دارند.

1. Slick Spots.

اصلاح خاک‌های سدیمی نیز همانند خاک‌های شور حداقل به همان میزان احتیاج به آب‌شویی و زهکشی دارد. البته در این خاک‌ها علاوه بر زهکشی و آب‌شویی املاح، جایگزین کردن سدیم جذب شده در سطح کلوتیدها با عناصری از قبیل کلسیم نیز ضروری می‌باشد. گاهی اوقات مصرف مقدار زیادی آب توأم با عملیات صحیح کشاورزی موجب خروج سدیم قابل تبادل و املاح محلول از خاک می‌شود. لکن مصرف مواد شیمیایی گوناگون باعث تسریع در اصلاح خاک‌های سدیمی می‌گردد. برای این منظور باید سدیم جذب شده در سطح کلوتیدها را به وسیله کلسیم جایگزین نمود و سپس این عنصر و کربنات سدیم را تبدیل به سولفات سدیم خشتی نمود (شکل ۵-۴).



شکل ۵-۴: نحوه خروج سدیم قابل تبادل با استفاده از سولفات کلسیم. چنان‌که آب و سولفات کلسیم به یک خاک سدیم که ذرات آن انتشار پیدا کرده و دارای حفرات بسیار کوچک است اضافه شود، یونهای کلسیم مشتق شده از سولفات کلسیم جای‌گزین یون‌های سدیم قابل تبادل می‌گردد و در نتیجه سولفات سدیم تشکیل می‌گردد که به آسانی شسته و از خاک خارج می‌شود. در این صورت واکنش خاک کاهش می‌یابد و کلوتیدها به دور یکدیگر تجمع می‌نمایند، حفره‌های بزرگ‌تر تشکیل می‌دهند و سرانجام نفوذپذیری خاک نیز افزایش می‌یابد (۵).

اصلاحات فوق را می‌توان با افزایش مقادیر کافی سولفات کلسیم (گچ) خرد شده ایجاد

نمود. مقدار گچ لازم برای جانشینی سدیم تبادلی به نام نیاز گچ<sup>۱</sup> معروف است که مقدار آن قابل محاسبه است. گوگرد خرد شده نیز گاهی اوقات مصرف می‌گردد لکن سرعت عمل آن کندتر می‌باشد. گوگرد ابتدا باید اکسیده و سپس با آب ترکیب شود و در نتیجه اسید سولفوریک تولید گردد. سولفات‌های محلول آهن و آلومینیم نیز در اصلاح این‌گونه خاک‌ها مفید واقع شده‌اند. در هر حال باید مقدار کلسیم محلول برای انجام این‌گونه فعل و انفعالات کافی باشد و معمولاً اسید حاصل از افزایش گوگرد، کربنات کلسیم ( $\text{CaCO}_3$ ) موجود در خاک را حل می‌کند و بدین وسیله کلسیم محلول مورد نیاز را تأمین می‌نماید. در این صورت کلسیم جایگزین سدیم قابل تبادل و مضر می‌شود و سبب بهبود خواص فیزیکی خاک می‌گردد. سدیم نیز به صورت سولفات سدیم از طریق آب زهکشی خارج می‌گردد و در نتیجه خطر شوری خاک نیز از بین می‌رود.

**ج) خاک‌های شور - سدیمی و مدیریت آن‌ها:** از مشخصات این خاک‌ها، شوری زیاد و درصد سدیم تبادلی ۱۵ یا بیشتر می‌باشد. مادام که شوری این خاک‌ها بالا است درصد سدیم تبادلی بالا مسئله‌ای ایجاد نمی‌کند و pH خاک هم به ندرت از ۸/۵ تجاوز می‌کند. لکن به محض اینکه املاح محلول حتی موقتاً شسته شوند: اولاً، pH خاک به بیش از ۸/۵ می‌رسد، ثانیاً، سدیم تبادلی باعث پراکندگی کلوئیدها می‌گردد و در نهایت ساختمان خاک رو به تخریب می‌گذارد و برای عملیات زراعی، نفوذ آب و ریشه نامساعد می‌گردد. البته ممکن است اصلاح مجدداً در اثر حرکت رو به بالا، pH خاک را پایین بیاورند و با انعقاد کلوئیدها باعث تشکیل ساختمان گردند. برای بهره‌برداری از این خاک‌ها باید املاح محلول و سدیم قابل تبادل را از ناحیه ریشه گیاه خارج کرد. چنان‌که شست و شو و زهکشی این خاک‌ها بدون افزایش املاح کلسیمی صورت گیرد، خطر تبدیل آن‌ها به خاک‌های سدیمی وجود دارد (۷).

### ■ منابع فصل پنجم:

- ۱- بای بوردی، محمد - ۱۳۷۸. خاک: پیدایش و رده‌بندی. انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- بیول بس. و - هول. ف. د - مک‌کراکن. ر. ج. ۱۳۷۵. پیدایش و طبقه‌بندی خاک. مترجمان: غلامحسین حق‌نیا و امیر لکزیان. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۳- جعفری، محمد و سرمیدیان. ۱۳۸۲. مبانی خاک‌شناسی و رده‌بندی خاک. انتشارات دانشگاه تهران.
- ۴- رامشت. م. ح. و عبدالله سیف، ۱۳۷۹. جغرافیای خاک‌ها. انتشارات دانشگاه اصفهان.
- ۵- فوت. هنری. د. ۱۳۷۷. مبانی خاک‌شناسی. مترجمان: شهلا محمودی و مسعود حکیمیان. انتشارات دانشگاه تهران.
- ۶- قبادیان. عطاءالله، ۱۳۷۳، سیمای طبیعی فلات ایران. انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- 7- Miller. W. Ray mond, Donahue, Roy. 1191. Soils. an introduction to soil and plant growth. prentice. Hall.
- 8- U. S. D. A 2004. Keys to soil Taxonomy.

## سؤالات فصل ۵

- ۱- پایه‌گذار طبقه‌بندی خاک در کشور روسیه چه کسی بوده است؟
- ۲- فلسفه منطقه‌ای بودن (Zonality) خاک‌ها چیست و اولین بار توسط چه کسی مطرح شد؟
- ۳- دو ویژگی مهم خاک‌های منطقه‌ای را نام ببرید.
- ۴- کاتگوری چیست و در سیستم جدید تاکسونومی خاک چند گاتگوری وجود دارد؟
- ۵- معیارهای تفکیک رده‌های خاک در سیستم جدید طبقه‌بندی کدام‌اند؟
- ۶- ویژگی‌های اصلی خاک‌های اریدی سول را بیان کنید؟
- ۷- رده‌های غالب خاک در مناطق خشک را نام ببرید؟
- ۸- طبقه‌بندی خاک در روش فرانسوی بر چه اصولی مبتنی است؟
- ۹- در طبقه‌بندی فرانسوی خاک‌های بیابانی در کدام کلاس قرار می‌گیرد؟

---

---

(مکملہ) (مکملہ) (مکملہ) (مکملہ) (مکملہ)

مکملہ



## هدفهای رفتاری فصل ۶

انتظار می‌رود دانشجویان با مطالعه این فصل بتوانند به سؤالاتی که دربارهٔ مباحث زیر مطرح می‌شود پاسخ لازم را ارائه کنند.

\* مناطق فراخشک تحت چه شرایطی و در چه مدارهایی از کرة زمین تشکیل می‌شوند؟

\* ویژگی‌های اقلیمی مناطق کویری چگونه است؟

\* منابع و پتانسیل‌های موجود و قابل استفاده در کویرها کدام‌اند؟

\* هم‌زیستی با کویر یعنی چه و چگونه امکان‌پذیر می‌باشد؟

\* تفاوت‌های اساسی خاک‌های مناطق کویری با خاک سایر مناطق چیست؟

## فصل ششم - خاک‌های مناطق کویری (فراخشک)

### ۱- پوشش غیرخاکی مناطق کویری

از کناره مناطق کویری که به طرف هسته آن یعنی، تا منطقه کاملاً کویری پیش رویم شدت درجه خشک‌زاری به حدی می‌رسد که دیگر امکان تشکیل و تکامل خاک با پروفیل مشخص هرگز میسر نخواهد بود. پوشش گیاهی در این منطقه تقریباً محو می‌گردد و یا فقط به صورت بوته‌های خار و بوته‌های علفی مخصوص، بسیار پراکنده و ناچیز، آن هم در بعضی از نقاط که دارای شرایط مناسب‌تر باشند ملاحظه خواهند شد. با این حال، گیاهان نادر دارای شبکه ریشه‌ای بسیار قوی و عمیق می‌باشند که از این طریق قادراند رطوبت حاصل شده از باران نادر را مورد استفاده قرار دهند. طبق گزارش رسیده از منطقه کاملاً خشک جنوب غربی آفریقا، با وجود این که این گیاهان در سطح زمین بسیار پراکنده و دارای شاخه و برگ ناچیزی هستند، مع ذلک شبکه‌های ریشه‌ای آن‌ها آن قدر وسیع است که قادراند با گیاه همسایه خود که در فاصله دور واقع شده‌اند تماس برقرار کنند (۱۰). مسلماً با کمبود رطوبت، تخریب شیمیایی و در نتیجه تشکیل خاک رس در این منطقه نیز به حداقل ممکن می‌رسد و یا کاملاً متوقف می‌شود. معمولاً در منابع علمی همان‌طور که در بالا نشان داده شد خاک‌های این منطقه را به عنوان آزونال آورده‌اند اما تا چه حد این ادعا می‌تواند صحیح باشد، مستلزم بررسی وسیع‌تری خواهد بود.

معمولاً در منطقه کاملاً کویری به جای خاک حقیقی، تشکیلاتی شبیه به خاک نیز می‌تواند به وجود آید که با دارا بودن دانه‌های کوچک خاکی با ذرات ریز در سطح زمین یک شباهت جزئی با خاک را دارا اما فاقد هرگونه بافت و یا دیگر خصوصیات خاک‌های معمولی می‌باشند. البته در منطقه کاملاً کویری نیز به پوشش خاکی برمی‌خوریم که با تشکیل و تکامل خاک معاصر هیچ‌گونه ارتباطی ندارد. تخریب نمکی نیز در این منطقه گاهی ملاحظه می‌شود و مسلماً این عمل نیاز به رطوبت دارد، که این رطوبت قاعدتاً باید به وسیله شبنم و یا قطرات باران ناچیز و

نادر این منطقه و یا به وسیله آب پسته‌ای (هیگروسکی) حاصل شده مثلاً از نمک‌های کلرور منیزیم و کلسیم تأمین شود (۶). باید اقرار کرد که هنوز تحقیقاتی عمیق روی خاک‌های منطقه کویری به خصوص هسته کویرها به عمل نیامده است. البته متخصصین روسی تجربه ارزنده‌ای در این باره کسب کرده‌اند، ولی از این که وضع پدولوژی کویرها هنوز مبهم است علت اصلی را باید به اهمیت ناچیز این منطقه (حداقل تاکنون) برای بهره‌برداری کشاورزی جست و جو کرد. اما امروز می‌دانند که اگر خاک‌های کویری آبیاری شوند، بسیار حاصلخیز و قادراند محصولی قابل ملاحظه بدهند. راجع به خاک‌های کویری اعتقاد بر این است که خاک‌های زونال این منطقه آب و هوایی نیز اغلب دارای رنگ خاکستری می‌باشند که عموماً به طور ضعیف متمایل به رنگ‌های زرد یا قرمز و یا قهوه‌ای هستند (۷ و ۸). این تشکیلات خاکی در حقیقت ادامه‌ای از خاک‌های خاکستری منطقه استپ کویری می‌باشند که قبلاً بحث شد. این خاک‌ها فاقد هوموس می‌باشند و کانی‌های آن‌ها بدون تغییر، به صورت اولیه خود باقی مانده‌اند. اما قسمت اصلی این منطقه (کاملاً کویر) را یک پوششی از سنگ‌های آوار پوشانده‌اند که به سنگ‌فرش بیابانی معروف‌اند. هم‌چنین پوششی سست و روان از شن دیده می‌شوند که زمین‌های این حوزه را می‌پوشانند. اگر از مناطق شوره‌زار و سله‌های نمکی صرف‌نظر شود، خاک‌های کاملاً کویری معمولاً محتوی نمک نیستند، اما به هر حال، در نقاط فرو رفته و گودال‌ها می‌تواند نمک انباشته گردد. منظور این است که خاک‌های کویری نباید حتماً شور باشند. در این جا تقسیمات پوشش خاک‌های کویری را همان‌طور که در منطقه شرقی صحرای مرکزی و با توجه به تقسیمات کوبی‌ینا انجام داد در نظر گرفته، چهار گروه اصلی از پوشش خاکی مشخص می‌گردند (۳). در این جا با توجه به نوع پوشش اراضی کویری انواع مختلف کویرها ذکر می‌شود، چون مسئله تپ خاک در این جا دیگر مطرح نیست بلکه نوع پوششی است که شاخص خواص کویری هم می‌باشد.

#### ۱-۱-۶- کویر صخره‌ای یا صخره‌زار

از سنگ‌های بزرگ و کوچک گوشه‌دار با لبه‌های تیز تشکیل شده‌اند که دارای منشأ الویال (Eluvial) می‌باشند؛ یعنی، از بقایای مواد حمل شده نیستند بلکه در همان محل به وجود

آمده‌اند، البته به استثناء آن‌هایی که دارای منشأ واریزه‌ای هستند و پای نقاط شیب‌دار را در برمی‌گیرند (مواد ریز از دامنه‌های شیب دفع شده صخره‌ای زیرین به طور عریان بر جای مانده‌اند). حال بر حسب نوع مواد اولیه می‌توان صخره‌زار آهکی، بازالتی و شنی تمیز داد. صخره‌زار آهکی از قطعات سنگ آهک متقاطع بزرگی مثلاً ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر قطر یا کوچک‌تر شده‌اند که روی گرد و غبار شنی مایل به قرمز (مواد حاصل شده از عملیات فرسایشی) قرار دارند. صخره‌زار سنگ شنی که مخلوطی از سنگ‌های شنی و سیلیسی متقاطع به بزرگی سرانسان در عین حال مخلوط با ذرات شن‌های ریز و درشت خودنمایی می‌کنند. صخره‌زار بازالتی از سنگ‌های بزرگ به قطر چند متر تشکیل شده‌اند که روی شن یا به طور فرو رفته در شن قرار دارند. پوشش گیاهی به طور عموم در این جا وجود ندارد، شاید به همین دلیل عرب‌ها به حق، این مناطق را عقیم یا بی‌حاصل (هامادا) نامیده‌اند.

## ۲-۱-۶- ریگزارها یا کویر ریگی

سطح زمین اغلب با ریگ‌های مدور پوشانده شده که در تقسیمات دانه‌بندی، بزرگی اکثر ذرات، بین ۲ تا ۱۰ میلی‌متر قرار می‌گیرد و مابقی از گرد و غبار، شن و ریگ‌های ریزتر تشکیل شده‌اند. معمولاً کویر ریگی یا ریگزار را از لحاظ دانه‌بندی به دو دسته تقسیم می‌کنند: ریگزار با ریگ‌های درشت به قطر ۶ تا ۶۰ میلی‌متر و ریگزار با ریگ‌های ریز که قطر آن‌ها به ۲ تا ۶ میلی‌متر می‌رسد. منشأ مواد کویر ریگزار از فرسایش آبی می‌باشد که بعدها با دخالت فرسایش بادی ریگ‌ها آزاد و بر جای ماندند. یعنی، باد به مرور ذرات ریز را با خود حمل کرده اما ذرات درشت‌تر را به صورت دانه‌های صیقلی شده بر جای گذاشته است. رنگ خاک‌های کویر ریگزار خاکستری زرد تا زرد مایل به قرمز می‌باشد و میزان آهک آن‌ها بیش از ۴ درصد است اما نمک محلول ناچیز و کوچک‌تر از ۰/۲۵ درصد بالغ می‌گردد که قسمت اعظم آن از نمک طعام تشکیل می‌شود. این ریگزارها اغلب از لحاظ ژنتیک از دوران سوم زمین‌شناسی منشأ می‌گیرند و می‌توان آن‌ها را از ریگزارهای محلی آلوویال (هولوسن) که معمولاً در مناطق جلگه آبرفتی ملاحظه می‌گردند تمیز داد.

## ۳-۱-۶- کویرهای شنی یا شنزارها

اغلب این اصطلاح برای کلیه کویرها به کار برده می‌شود. این‌ها مساحت عظیمی از کویرهای جهان را در بر می‌گیرند به طوری که  $\frac{1}{5}$  از مساحت کل صحرا را شامل می‌شوند. با این حال میزان آن کمتر از مجموع مساحت کویرهای صخره‌زار و ریگزار است. علت اینکه چرا کویرهای شنی واقعاً مساحت زیادی را در بر می‌گیرند باید به‌خصوص به عوامل جریان‌های رودخانه‌ای و سایر آب‌های جاری نسبت داده شود. شن‌زارهای کویرها یا دریا‌های شنی کویرها هنوز هم امروز با مقایسه به سایر انواع کویرها دارای آب ذخیره فراوان‌تری می‌باشند. کویرهای شنی از لحاظ مورفولوژی یا به صورت اراضی مسطح وسیع تشکیل می‌شوند و یا به صورت مناطق پوشیده از شن‌های روان دیده می‌شوند.

کویرهای شنی دارای مواد شبیه خاک سست کاملاً فاقد بافت، شدیداً فقیر از مواد رسی یا سیلنی می‌باشند، که فقط از گروه شن و ریگ ظریف، توأم با خاک نارس و فاقد هوموس تشکیل می‌شوند. این مواد نیز دارای رنگ‌های خاکستری روشن و یا مایل به قرمزاند، به هر حال رنگ‌های آن‌ها بر حسب نوع ماده اولیه متفاوت خواهد بود.

## ۴-۱-۶- خاک‌زار یا کویرهای پودر خاکی

گروه دیگری از خاک‌های کویری که در این جا باید یادآوری شود، خاک‌های پودری کویری می‌باشند که معمولاً در هسته مناطق کاملاً کویری واقع می‌گردند. این‌ها خاک‌های ناری هستند به فرم پودر که قسمت اعظم از آن‌ها را همین ذرات ریز تشکیل می‌دهند. معمولاً این خاک‌ها را نتیجه تخریب نمکی می‌دانند که با دارا بودن ذرات ریز نمک، دارای ساختمان سست و متزلزل می‌باشند. این خاک‌های پودری کویری به علت این‌که پوسته نازک و محکمی سطح آن‌ها را پوشانیده، در مقابل تخریب و نقل و انتقال باد محفوظ‌اند. حالت پودری بودن این تشکیلات خاکی از قشر سطحی به طرف اعماق با سرعت کم می‌شود. این خاک‌ها به شدت خشک شده و بسیار فقیر از پوشش گیاهی و مواد هوموسی هستند. بر حسب دانه‌بندی می‌توان آن‌ها را به دسته‌های زیر تقسیم کرد:

خاک‌های پودر ریگی (با درصد زیاد ریگ)، خاک‌های پودری شنی (با درصد زیاد شن) و

خاک‌های پودری سیلتی (با میزان زیاد سیلت). میزان آهک در خاک‌های پودری می‌تواند در منطقه کاملاً کویر بیش از ۲۰ درصد بالغ گردد. میزان نمک در این خاک‌ها، که قسمت اعظم آن از نمک طعام تشکیل می‌شود، متفاوت است و رنگ خاک بر حسب نوع مواد مادری، خاکستری روشن، قهوه‌ای زرد تا قهوه‌ای مایل به قرمز می‌باشد.

#### ۵-۱-۶- پوسته‌زارهای آهکی و گچی

در این جا پوسته‌های آهک و یا گچ سطح زمین را می‌پوشانند که ضخامت آن‌ها می‌تواند به چندین سانتی‌متر و یا متر برسد که این‌ها نیز نمی‌توانند مساحت زیادی را در مناطق خشک بر گیرند. باید خاطر نشان ساخت که کویر نمک از پوسته نمک پوشانیده شده است و ضخامت پوسته می‌تواند به چند سانتی‌متر برسد، در مملکت ما کویر نمک مساحت عظیمی را در بر می‌گیرد و از بزرگ‌ترین کویرهای جهان به شمار می‌رود.

معمولاً برای اسم‌گذاری این کویرها (چهار گروه مورد بحث) که در حقیقت فاقد خاک می‌باشند و با پوششی از سنگ، شن، گرد و غبار، و بالاخره نمک تزئین شده‌اند از اصطلاحات محلی نیز استفاده می‌شود مانند "هامادا" که در عربی به معنی عقیق یا بی‌حاصل است. "سریر" که لغت عربی است و به معنی ساریز می‌باشد یعنی کوچک یا سنگ کوچک. کلمه "یرما" که در زبان اسپانیولی یرمو است یعنی کویر. "ارگ" که در عربی به کویر شنی گفته می‌شود و بالاخره کلمه "کویر" که یک لغت فارسی است.

اراضی فاقد خاک فقط به مناطق کاملاً کویر محدود نیستند و هم‌چنین در خارج این منطقه به عللی می‌توانند مشاهده گردند که در این جا به اختصار مورد بحث قرار می‌گیرند. در دامنه کوه‌ها که دارای شیب تند باشند، به علت تأثیر خشکی و شیب زمین، تشکیل خاک به طور کامل انجام نخواهد گرفت و یا مناطق خشکی که پوشش سطحی زمین، بخصوص از سنگ‌هایی با قابلیت تجزیه و تخریب بسیار ناچیز مثل گرانیت‌ها تشکیل شده باشد. در این موارد در اثر فرسایش قشر نازک خاکی که به زحمت تشکیل شده‌است به مرور از دست می‌رود و نتیجتاً این صخره‌ها آزاد و در سطح زمین ظاهر می‌شوند. مسلماً آب و هوا به زحمت قادر خواهد بود سبب تشکیل مجدد خاک بر روی آن‌ها گردد. در حوالی رودخانه‌های خشک مناطق خشک، به مرور توده‌های عظیمی از شن در اثر عملیات رودخانه‌ها می‌توانند اراضی وسیعی را بپوشانند (مثل

منطقه بین دزفول و شوشتر). با توجه به باران ناچیز منطقه، این رسوبات رودخانه به حال خود باقی خواهند ماند و از این طریق نیز اراضی عقیمی را به وجود می‌آورند. در این جا اشاره کوتاهی هم به تشکیلات شبه خاکی مناطق کاملاً کویری می‌نمایم:

## ۲-۶- تشکیلات شبه خاک مناطق کویری

همان‌طور که قبلاً اشاره شد در منطقه کاملاً کویر به جای خاک اصیل، مخلوطی از ذرات ریز مواد معدنی به صورت ذرات ریز رسوبی تشکیلات خاکی را تشکیل می‌دهند که فرم‌های مختلف آن به شرح زیر می‌باشد:

### ۱-۲-۶- مواد رسوبی منطقه کاملاً کویری

این‌ها از رسوبات بسیار ریز و فاقد هرگونه مشخصات خاکی تشکیل می‌شوند. این رسوبات به مرور در اثر عملیات سیلابی باران‌های نادر اما شدید، در لگن‌های عمیق، پای کوه‌ها، پای تپه‌ها و نقاط شیب‌دار و بالاخره در دشتهای پست و غیره جمع و متراکم می‌گردند. و می‌توانند گاهی بعد از باران کافی یک پوشش بسیار ضعیف گیاهی را به وجود آورند که دوباره با ظهور خشکی کاملاً محو شوند، به طوری که برای مدت طولانی از سال اثری از آن‌ها نباشد. طرز رسوب کردن و انباشته شدن این ذرات ریز می‌تواند بر طبق دانه‌بندی و بزرگی دانه‌ها به صورت ورقه یا مطبق باشد. این تشکیلات رسوبی با ذرات ریز خود می‌تواند در مناطقی که درجه کویری ضعیف‌تر و میزان باران اندکی مناسب‌تر است، با حضور نمک و شرایط مناسب ژئومورفولوژی به باتلاق نمکی، یا دشت نمکزار و یا به تاکایر مبدل گردند، گاهی هم در این قسمت‌ها (وجود ذرات ریز و لایه‌های غیرقابل نفوذ، بستر خوبی برای تجمع آب و تشکیل باطلاق است) می‌تواند دریاچه فصلی به وجود آید، که موجودیت و وسعت آن به میزان باران فصلی منطقه بستگی خواهد داشت (۱۰).

### ۲-۲-۶- سولیفلوکسیون کویری

منظور از سولیفلوکسیون کویری عبارت از حرکت و جاری شدن مواد خاکی یا شبه آن (مثلاً پودر خاکی کویری) بعد از باران‌های شدید و سیل آسا و تجمع آن در یک محل دیگر



می‌باشد. این مواد جاری در حین حرکت، سنگ و ریگ و شن و چوب واقع در مسیر را با خود حمل، و بالاخره در پای مناطق شیب‌دار و یا به طور کلی در مناطق کاملاً مسطح انباشته می‌کند و تشکیلات شبه خاک جدیدی را به وجود می‌آورند که تحت عنوان سولیفلوکسیون کویری نامیده می‌شوند (۵، ۶، ۹ و ۱۱). علت حرکت و جاری شدن مواد خاکی در درجهٔ اول به خاطر متلاشی شدن مواد کلوئیدی است که با جذب تدریجی یون‌های سدیم و تجمع نمک‌های جاذب الرطوبهٔ کلسیم و منیزیم عملی می‌گردد. این ذرات ریز بعد از باریدن باران، اگر هم مدت ریزش کوتاه و ناچیز باشد این فرصت را خواهند یافت، تا با حضور رطوبت، یون‌های سدیم فراوانی را جذب نمایند که به صورت نمک محلول موجودند. مادهٔ خاکی حامل یون‌های قابل تعویض سدیم فراوان، همراه با نمک‌های به شدت جاذبه الرطوبه مثل کلرور کلسیم و منیزیم قادر است به محض دریافت رطوبت کافی به صورت لجن درآید و با موجود بودن اندک شیبی به راه افتد. باید یادآوری شود که کلمهٔ سولیفلوکسیون در اصل مربوط به منطقهٔ نیمه قطبی است. در این منطقه پوشش خاکی یا مواد رسوبی یا مواد تخریبی که در طول چندین ماه از سال یخ بسته‌اند، با شروع گرمای تابستانی شروع به ذوب شدن می‌نمایند و با آب مخلوط می‌شوند و به صورت خمیری آبکی در می‌آیند که در زیر آن‌ها لایهٔ یخ زدهٔ کاملاً سخت قرار دارد و با چنین کیفیتی و کم‌ترین شیب در منطقه، این مخلوط به صورت تودهٔ عظیم به حرکت در می‌آید و بالاخره در مناطق مسطح انباشته می‌گردند. اما در منطقهٔ خشک همان‌طور که اشاره شد، احتمالاً علت اصلی حرکت خاک، خرابی ساختمان آن به وسیلهٔ یون‌های قابل تعویض سدیم و تا حدی یون منیزیم می‌باشد. البته برای این منظور نیازی نیست تا مواد کلوئیدی فراوان در گرد و غبار یا رسوبات و سایر تشکیلات شبیه به خاک وجود داشته باشند بلکه همان مقدار ناچیز کافی است تا همچون یک مادهٔ چربی یا غضروفی سبب لغزندگی توده خاکی و حرکت آن گردند. اغلب این قبیل تشکیلات خاکی در مناطق کاملاً کویر در لگن‌هایی دیده می‌شوند که به وسیله کوه‌ها مهار شده‌اند.

### ۳-۲- تاکایر ها و مواد شبه تاکایر

تاکایر یا تکیر (Takyr) اصطلاحی است که در ژئومورفولوژی و پدولوژی مورد استفاده

قرار می‌گیرد. در اصطلاح ژئومورفولوژی عبارت از اراضی مسطح خشک شده می‌باشد که گاه‌گاهی با آب پوشانده می‌شود و در حالت خشکی ترک و شکاف فراوان برمی‌دارد. اما در خاک‌شناسی عبارت از یک تشکیلات شبیه به خاک است که سطح آن را یک پوسته محکم، به رنگ روشن، غیرقابل نفوذ و فاقد مواد آلی می‌پوشاند و با ترک‌های عمیق نامنظم تزیین می‌شوند. پوشش نباتی در آن وجود ندارد، به جز این‌که گاهی بعضی از گروه‌های جلبک که در سطح آن چسبیده‌اند جلب توجه می‌کنند. ویلنسکی و روزائف، تاکایر را یک فرم کاملاً ابتدایی یا یک مقدمه برای تشکیل خاک‌های سولونچاک و سولونتز می‌دانند که ادامه تکامل آن‌ها متوقف شده‌است اما عقیده دیگری راجع به تشکیل این خاک وجود دارد و شباهت آن را به مراحل سولوده شدن نسبت می‌دهد (۴). همچنین راجع به تاکایر و انواع آن نیز از منطقه جنوب غربی آفریقا گزارش رسیده که در تکامل و پیدایش آن، نمک و یون‌های قابل تعویض سدیم و وضع رلیف، یعنی محل‌های پست و گودال‌ها دخالت دارند (۲). چنین کیفیتی نیز از خوزستان گزارش شده‌است (۱).

#### ۲-۴-۲. خاک‌های فسیل و بقایای مواد تخریبی مربوط به زمان‌های پیشین در مناطق کاملاً کویری

این‌ها از بقایای خاکی و مواد تخریبی که به طور پراکنده زیر پوشش سنگ‌های آواره و شن قرار گرفته‌اند تشکیل می‌شوند و در منطقه‌ای واقع می‌گردند که امروز به علت خشک‌زاری تغییر و تبدیلی در آن‌ها صورت نمی‌گیرد، و یا این خاک‌ها بقایایی هستند که به خاطر دفن شدن و خشک‌زاری بدون تغییر باقی مانده‌اند. از منطقه کاملاً کویر صحرای مرکزی گزارش رسیده‌است که در زیر پوشش سست یک نوع خاک با رنگ قرمز، با تشکیلات مخصوص و با بافتی به فرم چندوجهی (پلی‌گنی) و بالاخره شبیه به نمونه‌ای از خاک‌های نزدیکی‌های قطب شمال جلب توجه می‌نماید (۶). همین‌طور در نقطه دیگری به خاک دفن شده‌ای برخورد کرده‌اند که دارای بافت ستونی شبیه به سولونتز بود. به هر حال، این بقایای خاکی نشان می‌دهند که در زمان پلوسویال (دوره‌های بارانی منطقه تروپیک و نیمه‌تروپیک که هم‌زمان با دوره‌های یخبندان مناطق سرد بودند) و یا دوره‌های دوران سوم جوان در این مناطق آب و هوای مرطوب‌تری

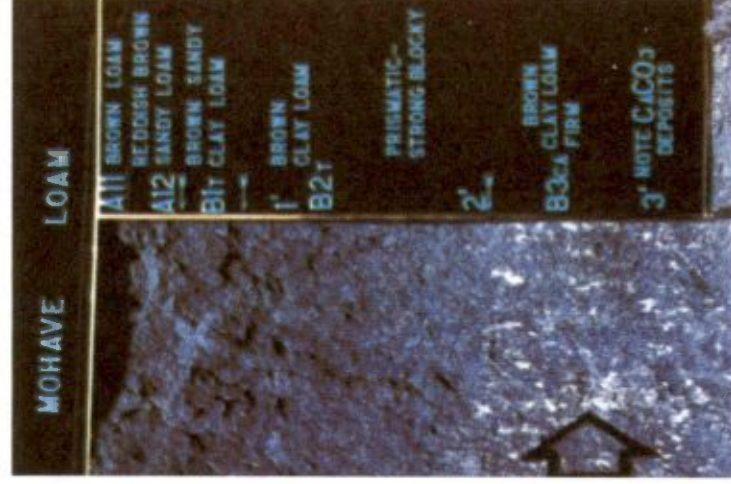
وجود داشته‌است که در گودال‌ها یا لگن‌های کوچک گاه‌گاه و یا حتی به طور فصلی سبب تجمع و تراکم آب می‌گردیدند و با تشکیل کانی‌های رسی محتوی سدیم که دارای خاصیت انبساط و انقباض هستند در فصول خشک و مرطوب بافت ستونی تشکیل می‌دادند. یا احتمالاً با تکرار مراحل یخ زدن و ذوب شدن این کلونیدها فرمی شبیه به بافت خاک‌های منطقه قطبی به وجود آوردند که محل این تغییر و تبدیل‌ها همان لگن‌ها و گودال‌های اشاره شده در بالا بوده‌اند. به هر حال عین این کیفیت را می‌توان امروز نیز در منطقه نیمه‌خشک ملاحظه کرد؛ بنابراین، در عین این‌که این خاک‌ها قدیمی هستند باید آن‌ها را با خاک‌های فسیلی که دارای پروفیل با افق‌های مشخص و سیر تکاملی کامل می‌باشند، جدا دانست.

■ منابع فصل ششم:

- ۱- قبادیان، عطاءالله، ۱۳۶۳. پدولوژی مناطق خشک و نیمه‌خشک، انتشارات عمیدی.
- 2- Ganssen, R. 1963. Suedwestafrika, Boeden und Bodenkultur, Berlin.
- 3- Kubiens, W. L. 1953. Bestimmungsbuch und Systematik der Boeden Europas, Enke Verlag Stuttgart.
- 4- Kuron, H. und Janitzki, P. Zum Problem der Takyre.
- 5- Louis, H. 1968. Allgemeine Geomorphologie. Berlin.
- 6- Meckelein, W. 1959. Forschung in der zentralen Sahara, Braunschweig.
- 7- Mohr, E. C. J. and Van Baren, F. A. 1954. Tropical soils. The Hague, Van Hoeve.
- 8- Mortensen, H. 1930. Die Wuestenboeden, Handbuch der Bodenlehre, Bd. 3, herausg. Von Blanck, E. Springer, Berlin.
- 9- Schaefer, I. 1959. Wind und Wuesten. Fischer Lexikon, Geographie Frankfurt am Main.
- 10- Walter, H. und Volk, O. H. 1954. Grundlagen der Weidenwirtschaft in Suedwest - Afrika, Stuttgart.
- 11- Weber, H. 1958. Die oberflaechenformen des festen landes. Leipzig.

## سؤالات فصل ۶

- ۱- وضعیت پوشش گیاهی در مناطق کویری چگونه است؟
- ۲- در مناطق فراخشک پوشش خاکی به چه صورت است؟
- ۳- منابع آبی در مناطق کویری کدام‌اند؟
- ۴- وضعیت حاصل‌خیزی خاک‌های مناطق کویری در صورت وجود آب آبیاری چگونه است؟
- ۵- کویرهای شنی با کویرهای ریگی چه تفاوتی دارند؟
- ۶- سنگ‌فرش بیابانی چیست و تحت چه شرایطی به وجود می‌آید؟
- ۷- تاکایر (تکیر) را تعریف کنید؟



Ministry of Jihad-e-Agriculture  
Agricultural Research and Education Organization  
Education Center of Yazd Province

# **Arid and Semi-arid Soils**

Prepared by:  
M.A.Meshkat

2006



محمد علی مشکوه متولد ۱۳۴۰، یزد  
 کارشناس و کارشناس ارشد خاکشناسی هر دو از دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز (به ترتیب در سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۷۱).  
 دکتری خاکشناسی از دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران (در سال ۱۳۷۷).  
 مدرس نمونه مجتمع آموزش جهاد کشاورزی (در سال‌های ۱۳۸۲، ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶).  
 رئیس مجتمع آموزش جهاد کشاورزی استان یزد (در سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۴).  
 رئیس مرکز تحقیقات کشاورزی «منابع طبیعی و امور دام استان یزد» (در حال حاضر).  
 آثار علمی:  
 - ترجمه کتابی با عنوان «روشنی موقت برای ارزیابی و تهیه نقشه بیابان زایی».  
 - تدوین هفت جلد جزوه آموزشی و درسی برای دانشجویان کاردانی و کارشناسی رشته‌های کشاورزی و منابع طبیعی علمی-کاربردی (دارای شماره فروسٹ مؤسسه).  
 - اجرای طرح‌های تحقیقاتی متعدد در زمینه‌های کشاورزی و منابع طبیعی.

● سطح وسیعی از کره زمین تحت سیطره اقلیم خشک و نیمه خشک قرار دارد. در این مناطق، کمبود آب بیشتر از هر جای دیگر جهان مشهود بوده و به علت بالا بودن دما و خشکی هوا، تبخیر از سطح خاک و تفرق از سطح گیاه به مراتب بیشتر از میزان بارندگی است. توزیع جغرافیایی خاک‌های مناطق خشک که تقریباً به صورت دو کمربند در نیمکره شمالی و جنوبی در مدار خشک کشیده شده‌اند، مجموعاً بالغ بر ۱۸ درصد خاک‌های دنیا (در بخش‌های وسیعی از مرکز و جنوب آسیا، استرالیا، جنوب آفریقا و جنوب آمریکای لاتین) را در بر می‌گیرند. خاک‌های مناطق خشک بخش وسیعی از خاک‌های بیابانی، سرخ بیابانی، سیروزم، قهوه‌ای، سولونچاک و سولونتز در سیستم قدیم طبقه‌بندی خاک را شامل می‌شوند. کمبود رطوبت، مواد آلی و عناصر میکرو از محدودیت‌های اصلی بهره‌برداری کشاورزی از این خاک‌هاست. همچنین به دلیل تفوق تبخیر بر بارندگی در این مناطق و حرکت صعودی محلول خاک مدیریت نادرست آبیاری می‌تواند خطر شور شدن اراضی را در مناطق خشک گسترش دهد. خاک‌های خشک و نیمه خشک در ایران عمدتاً در فلات مرکزی گسترش یافته‌اند.

ISBN: 964-8748-46-2

