



منشورات جامعة دمشق
كلية الزراعة



أساسيات في علم التربة

الدكتور فلاح أبو نقطة

أستاذ في قسم التربة واستصلاح الأراضي

وكيل الكلية للشؤون العلمية

١٤٢٤-١٤٢٥ هـ

جامعة دمشق :

٢٠٠٣-٢٠٠٤ م

Damascus University



الفهرس

٩	مقدمة:
١٣	تمهيد:
٢٣	الباب الأول: تركيب القشرة الأرضية
٢٥	الفصل الأول: التركيب المعدني للقشرة الأرضية
٢٧	• القشرة الأرضية
٢٩	• التركيب المعدني للصخور
٣٠	• انتشار المعادن في الصخور الأم والترب
٣٣	• التركيب الكيميائي للقشرة الأرضية والتربة
٣٥	الفصل الثاني: تشكّل المعادن وتصنيفها
٣٧	• تشكّل المعادن
٣٨	• تصنيف المعادن
٣٨	• تصنيف المعادن الكيميائي
٤٠	• تصنيف المعادن تبعاً لنشأتها
٤١	الفصل الثالث: البنية البلورية للمعادن
٤٣	• مفهوم البنية البلورية
٤٦	• البنى السيليسية لرباعيات الوجوه
٤٩	• الاستبدال في البنى البلورية
٥٠	• النظم البلورية
٥١	الفصل الرابع: التركيب المعدني للترب
٥٣	• المعادن الأولية في الترب
٥٤	• مجموعة الفلدسبارات

٥٥	• مجموعة الامفيبولات والبيروكسينات
٥٨	• الكوارتز
٦١	الفصل الخامس : المعادن الثانوية غير المتبلورة والذوابة في الماء
٦٣	• المعادن الثانوية غير المتبلورة وخفية التبلور
٦٤	• أكاسيد السيلسيوم
٦٥	• أكاسيد الألمنيوم
٦٦	• أكاسيد الحديد
٦٧	• أشباه الألوفان
٦٨	• المعادن الذوابة في الماء
٧١	الفصل السادس: معادن الغضار
٧٣	• تصنيف معادن الغضار
٧٥	• نشوء معادن الغضار
٧٧	• الخصائص العامة لمعادن الغضار
٧٨	• أهم معادن الغضار
٨٧	الفصل السابع : الصخور ودورها في تكوين الترب
٨٩	- الصخور النارية
٩٦	- الصخور المتحولة
٩٨	- الصخور الرسوبية
١٠٠	- طرائق تكوين الصخور الرسوبية
١٠٣	- أنواع الصخور الرسوبية
١٠٥	- المواد الأم المكونة للتربة

١١١ الفصل الثامن : تجوية الصخور والمعادن

- ١١٤ • التجوية الفيزيائية
- ١١٧ • التجوية الكيميائية
- ١٢٤ • التجوية الحيوية
- ١٢٥ • مقاومة الصخور والمعادن للتجوية
- ١٢٨ • أنماط التجوية

١٣١ الباب الثاني : تكوين الترب ومورفولوجيتها وتصنيفها

١٣٥ الفصل التاسع : تكوين الترب

- ١٣٥ • عملية تكوين التربة
- ١٤٠ • عوامل تكوين التربة
 - ١٤٠ ○ المواد الأم
 - ١٤١ ○ المناخ
 - ١٤٩ ○ الأحياء
 - ١٥١ ○ التضاريس
 - ١٥٣ ○ عمر التربة
 - ١٥٥ ○ النشاطات البشرية

١٥٧ الفصل العاشر : مورفولوجية التربة

- ١٥٩ - التركيب الطوري للتربة
- ١٦١ - العناصر والملاحح الشكلية لمقطع التربة
- ١٦٢ - بناء مقطع التربة
- ١٧٣ - لون التربة
- ١٨٠ - بنية للتربة
- ١٩٠ - بنية التربة وأهميتها الزراعية

١٩٥	الفصل الحادي عشر : تصنيف الترب
١٩٧	- التصنيف في المدرسة الروسية
٢٠٣	- التصنيف في المدرسة الأمريكية
٢١٢	- التصنيف في المدرسة الفرنسية
٢١٣	- التصنيف في منظمة الأغذية والزراعة
٢١٧	الفصل الثاني عشر : الترب المتأثرة بالأملاح
٢٢١	- مصادر الأملاح وظروف تجمعها في الترب
٢٢٤	- الترب المالحة (السولونتشاك)
٢٢٤	- تعريف السولونتشاك وخصائصها
٢٢٦	- تصنيف السولونتشاك
٢٢٩	- استصلاح السولونتشاك
٢٣١	- السولونتس
٢٣٣	- تصنيف السولونتس
٢٣٤	- استصلاح السولونتس
٢٣٦	- تقسيم الترب المتأثرة بالأملاح في المدرسة الأمريكية
٢٣٩	الفصل الثالث عشر : الترب في سورية
٢٤١	- الظروف الطبيعية لتكوين الترب في سورية
٢٥٢	- تصنيف ترب سورية
٢٥٢	- تصنيف فان ليره
٢٥٧	- تصنيف أكساد حسب USDA
٢٦١	- موقع ترب سورية من التصنيف العالمية
٢٦٥	المصطلحات العلمية
٢٧٩	المراجع
	ملحق، صور مقاطع الترب، تصنيف FAO

مقدمة :

كانت الأرض، ومازالنا، إحدى أهم وسائل الانتاج الرئيسة مهما تعددت صورته وتباينت أساليبه، ولعلها تعد في كثير من الأحيان، العامل المحدد لنجاح هذا الإنتاج أو فشله.

ويتفرد التربة بخصوصية تميزها عن الأرض، إذ تعد الأساس الذي تقوم عليه عمليات الإنتاج الزراعي بشقيه النباتي والحيواني. وبقدر ما يكون هذا الأساس راسخاً متيناً، وبقدر ما نتعمق معارفنا عنه، وكيفية إدارته والتعامل معه بصورة سليمة، تصبح عمليات الاستثمار الزراعي أكثر نفعاً ومردوداً.

ومع انفراد التزايد السكاني في العالم، وما يتطلبه من توفير الغذاء لملايين الأفواه الجائعة في البلدان النامية، أضحت الحاجة أشد إلحاحاً إلى تفعيل دور عوامل الإنتاج الزراعي وفي مقدمتها التربة.

ويمكن تنمية دور التربة في اتجاهين: أولهما أفقي، وثانيهما رأسي، وبما أن إمكان توسيع رقعة الأراضي الزراعية أصبح محدوداً للغاية في العديد من بقاع العالم، فإن على عاتق التوسع الرأسي يقع العبء، وينصبُّ الأمل في ردم الفجوة الواسعة بين إنتاج المواد الغذائية واستهلاكها، وفي تحقيق قدر ما من التوازن والاستقرار في مجال الأمن الغذائي.

وعبر التكتيف الزراعي يمكن زيادة مردود وحدة المساحة الأرضية، إلا أن هذا التكتيف يبقى عاجزاً عن تحقيق أهدافه ما لم تحظ التربة بنصيب وافر من الدراسة والرعاية، وعندها فقط يمكن مضاعفة الانتاج بضع مرات من خلال اتباع الأساليب الزراعية السليمة، إذ يتحرر كثير من قدرات التربة الكامنة متحولة إلى طاقات إنتاجية فعالة.

ومن المعروف أن المتوسط السنوي لإنتاج الحبوب في الزراعة المطرية الواسعة لم يكن يتجاوز طناً واحداً من كل هكتار، بينما تضاعف هذا الإنتاج في الوقت الراهن أكثر من ثماني مرات نتيجة الزراعة المكثفة، غير أن الإفراط في التكدف الزراعي قد يؤدي إلى تدهور خصوبة التربة وتلوث البيئة، لهذا تعد دراسة التربة لمعرفة خصائصها وتحديد مستوى خصوبتها ومقدرتها الإنتاجية ومدى ملاءمتها لهذا الغرض أو ذلك، الخطوة الأولى والأساسية، لا بل حجر الزاوية عند تخطيط أي مشروع زراعي، بغية زيادة الغلة والمحافظة على التربة والبيئة، ويجب أن لا نتوقف تلك الدراسة في أي من مراحل الاستثمار، وتجدر الإشارة في هذا المجال إلى أن الحدود الفاصلة بين مفهومي الأرض والتربة لدى العاملين في الحقل الزراعي، ليست على درجة واحدة من الوضوح، فقد تكون جلية لدى الخاصة، وضبابية عائمة لدى البعض، وقد تغيب تلك الحدود عن الكثيرين.

لقد جاء كتاب (أساسيات في علم التربة) متماشياً مع المنهاج النظري للمقرر الخاص به، الذي يُدرّس لطلاب السنة الثانية في كلية الزراعة، متناولاً مواضيع محددة مختارة من هذا التخصص، بدءاً بالتركيب المعدني للقشرة الأرضية، بالمعادن وبنيتها، والصخور ودورها في تكوين التربة، فعمليات التجوية المسهدة لنشوء التربة، مروراً بتكوين التربة وعوامله، ثم مورفولوجية التربة التي تعكس للعيان الكثير من الخصائص بصورة واضحة، يلي ذلك تصنيف التربة وأساسه ونظمه في المدارس العالمية، كما يسلط الضوء على التربة المتأثرة بالأملاح وأسباب نشوئها وسبل استصلاحها.

وينفرد الموضوع الأخير بدراسة التربة في سورية؛ متضمنة عوامل تكوينها وتصنيفها وتوزعها الجغرافي من خلال استعراض أهم الدراسات التي تناولت التربة في سورية منذ خمسينيات القرن الماضي حتى يومنا هذا.

كما يختتم الكتاب بقائمة بالمصطلحات العلمية وسجل بأسماء المراجع وملحق
ملون لمقاطع التربة .

وإنني أمل أن يحقق هذا الإنتاج الغاية المرجوة منه، وأن يكون علماً يُنتفع به.

د.فلاح محمود أبو نقطة

دمشق / ٦ أيار / ٢٠٠٣





علم التربة Pedology:

يتناول هذا العلم دراسة التربة من جميع النواحي، بدءاً من تكوينها وتركيبها وخصائصها المختلفة، وأسس توزيع الترب الجغرافي وتصنيفها، كما يهتم بتحديد خصوبة التربة والمحافظة عليها، والطرائق السليمة لاستثمارها في الإنتاج الزراعي.

لذا فإن هذا العلم يتضمن وفي الوقت نفسه يستند إلى عدة فروع اختصاصية من علوم التربة Soil sciences مثل: كيمياء التربة، وفيزياء التربة، واستصلاح الترب وتصنيفها واستعمالاتها.

اهتم الإنسان بالتربة منذ انتقاله من حياة الرعي والتجوال إلى الزراعة والاستقرار، فبدأت تتولد لديه أفكار ومفاهيم متعددة عن التربة، ومنذ ما يتوفى على ستة آلاف سنة وحتى اليوم فإنه يُنظر إلى التربة كميدان للعمل والإنتاج، إذ تُعدّ التربة طبقة سطحية مفككة نسبياً تجري عليها عمليات الفلاحة وتنتشر فيها جذور النباتات.

لقد كان قدماء المصريين والبابليين والآشوريين والصينيين السابقين إلى ري الأراضي وإضافة الأسمدة واتخاذ عمليات متعددة تهدف إلى رفع خصوبة التربة ومقدرتها الإنتاجية. وترجع المحاولات الأولى لنشر المعارف عن الترب إلى العصور اليونانية والرومانية القديمة، إذ قسّم أرسطو الترب استناداً إلى خصوبتها إلى سبع درجات هي: ممتازة - جيدة - خصبة - مقبولة - منهكة - فقيرة وعديمة الخصوبة. كما قسّمت أراضي الصين في كتاب ظهر في القرن الرابع قبل الميلاد إلى خمس مجموعات، تبعاً لألوانها، وميّزت كل مجموعة إلى ثلاث درجات استناداً إلى مستوى خصوبتها ووُزعت الأخيرة إلى زمر حسب تركيبها الميكانيكي. وبقي هذا التقسيم سائداً حتى منتصف القرن العشرين.

لقد تنامي الاهتمام بدراسة التربة وخصوبتها في أوروبا منذ بداية القرن التاسع عشر وظهر في غرب أوروبا اتجاهان في دراسة التربة هما : الكيميائي الزراعي والجيولوجي الزراعي، وينظر الأول إلى التربة كمصدر للعناصر المغذية للنبات إذ وضع العالم تاير (Thacr عام ١٨٠٩م) فرضية التغذية العضوية، إذ افترض تغذية النبات بالمواد الدبالية والماء من التربة.

كما نشر العالم ليبينغ (Lichig عام ١٨٤٠) كتابه (الكيمياء وتطبيقاتها في الزراعة والفسولوجيا) إذ افترض تغذية النباتات بالمواد المعدنية من التربة حيث يتناقص مخزونها باستمرار زراعة الأرض، ولابد من تعويض ذلك النقص عن طريق إضافة الأسمدة المعدنية، وسميت هذه بفرضية التغذية المعدنية.

لقد عملت هاتان الفرضيتان على ظهور الكيمياء الزراعية agrochemistry بما فيها الأسمدة كما أسهمتا بصورة فعالة في تطور علم التربة.

أما الاتجاه الجيولوجي الزراعي فيمثلته العلماء Shmidt . Stebut. Richthofen ويعتد التربة نواتج مفككة لتجوية الصخور، حيث تحصل النباتات على العناصر الغذائية المتحررة عن عملية التجوية.

إذ عرّف ستيوت عام ١٨٦٩ م التربة بأنها الطبقة العلوية من القشرة الأرضية التي تتعرض لعمليات الفلاحة، والتي ينتشر فيها الجزء الأكبر من جذور المزروعات، وتعد خليطاً من حبيبات معدنية وأخرى عضوية.

إن الزيادة المطردة في عدد سكان العالم، والتطور الصناعي الهائل في القرن التاسع عشر، وظهور كثير من المشكلات الزراعية، وضرورة إيجاد الحلول المناسبة لها، كل هذا أدى إلى نشوء علم التربة في أواخر القرن التاسع عشر، ولم يولد هذا العلم ويتطور بصورة نظرية صرفة وإنما جاء استجابة لكثير من التساؤلات والمشكلات العملية التي واجهت الزراعة.

مفهوم التربة في المدرسة الروسية: ولد علم التربة في روسيا أواخر القرن التاسع عشر، ساعد في ذلك اتساع رقعة البلاد وتنوع مناخها وغطائها الأرضي، وكان العالم لومونوسوف (Lomonosov) أول من أشار إلى دور الأحياء الدقيقة، وبخاصة الطحالب في تكوين التربة، وذلك في كتابه (الطبقات الأرضية) عام ١٧٦٣م، قائلاً « غالباً ما تظهر على الصخور الجرداء طحالب خضراء فتية لا تلبث أن تهرم ويسود لونها لتصبح تربة، ومع تجمعها وتقدم الزمن تغزو قادرة على إنتاج طحالب ضخمة وغيرها من النباتات ».

يعد العالم داكوتشاييف (Dokuchaev) أول من عرّف التربة بصورة علمية معاصرة، كما يعد مؤسس المدرسة الروسية للأراضي التي استندت إلى مفاهيمها كثير من المدارس في العالم، وكان أول من عد التربة تابعاً لعوامل تكوينها وذلك عام ١٨٩٩ م «التربة هي التابع أو النتيجة المتغيرة باستمرار بفعل المناخ والصخور الأم والكائنات الحية والتضاريس والزمن» بيد أن تعريف داكوتشاييف الأكثر شيوعاً هو المدون عام ١٨٨٦م «التربة هي الأفق الصخرية السطحية أو القريبة من السطح، التي تتغير تحت تأثير الماء والهواء ومختلف أنواع الكائنات الحية والميتة، وينعكس هذا التأثير بصورة واضحة على تركيب نواتج التجوية وبنائها ولونها».

بعد تعريف داكوتشاييف هذا أساساً لتطور علم التربة النشئ أو التكويني في روسيا ابتداءً من أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين.

كما ظهر اتجاه آخر في روسيا ينظر إلى التربة من خلال علاقتها بالنباتات، ويدعى الاتجاه الخصوبي أو الوصفي، إذ أكد العالم كوستيتشيف (Kostychev) على أهمية العامل الحيوي، وفي هذا المجال يعرف وليامز (Williams) التربة كمايلي: «عندما نتكلم عن التربة فإنما نعني الأفق السطحي المفكك من الكرة الأرضية اليابسة القادر على إنتاج المحاصيل الزراعية، ولا يمكن أن نفصل

مفهوم التربة عن خصوبتها، والخصوبة أهم صفة وسمة نوعية مميزة للتربة بغض النظر عن مستوياتها الكمية، كما أن مفهوم خصوبة التربة يميزها دوماً عن الصخور عديمة الخصوبة» ومما يؤخذ على هذا الاتجاه اعتماده على خصوبة التربة كأساس وحيد له.

في منتصف القرن العشرين حاول بعض العلماء جمع الإتجاهين السابقين معاً، مثلما فعل فيلينسكي (Vilensky) ومن ثم فريدلاند (Fridland) عام ١٩٥٨م «التربة هي الطبقة السطحية من القشرة الأرضية المتكونة تحت تأثير الغلافين الجوي والحيوي في الغلاف الصخري وتتصف بالخصوبة».

ولعل تعريف روزانوف (Rozanov) ، في كتابه (المورفولوجية المنشئية للتربة) عام ١٩٧٥ ثم في كتابه (علم التربة) عام ١٩٨٦ هو من أكثر التعاريف حداثة وشمولاً « التربة منظومة بنائية، رباعية الأطوار، مفتوحة، متعددة التبعية، معقدة، في الجزء السطحي من قشرة تجوية الصخور، وتعد تابعاً معقداً للصخور والعضويات والمناخ والتضاريس والزمن، كما تتصف بالخصوبة».

مفهوم التربة في غرب أوروبا: إن تعريف التربة في فرنسا قريب من تعريف داكوتشاييف، إذ يقوم على تبعية التربة لعوامل تكوينها، وكمثال على ذلك يرد تعريف دمولون (Demolon) عام ١٩٦٠ «التربة - تكوين طبيعي سطحي مفكك البنية، متغير العمق، يتكون نتيجة تغير الصخور الأم تحت تأثير العمليات الفيزيائية والكيميائية والحيوية» وكذلك يطور دوشوفور وغيره من العلماء الفرنسيين تعريف التربة قريباً من هذا المعنى.

أما في ألمانيا فهناك مدارس متباينة، يأخذ بعضها بالنظرة الجيولوجية الزراعية وبعضها بالنظرة التكوينية.

ولا يعير البريطانيون كثيراً من الاهتمام لتعريف التربة، إذ يعرفها روبنسون عام ١٩٤٧ أنها جسم طبيعي ووسط فيزيائي تنمو فيه النباتات.

مفهوم التربة في المدرسة الأمريكية: يعد العالم هيلجارد (Hilgard) مؤسس المدرسة الأمريكية في هذا العلم، ويعرف التربة في كتابه الذي نشر عام ١٩٠٦ كما يلي: «التربة مواد مفككة بدرجات متفاوتة، تستطيع النباتات من خلال جذورها أن تجد فيها السند والغذاء، وتتساوى مع غيرها من شروط النمو» مما لا شك فيه أن هذه النظرة قريبة من المفهوم الجيو زراعي في غرب أوروبا. لقد أسهم العالم ماريوت (Marbut) في تطور علم التربة في الولايات المتحدة، إذ اعتمد مفاهيم داكوتشايف وطبقها على دراسة الترب الأمريكية، إلا أنه عرّف التربة استناداً إلى تركيبها وخصائصها وليس إلى عمليات تكوينها «تألف التربة من الطبقة الخارجية للقشرة الأرضية وتكون غير متماسكة، يراوح عمقها بين بضعة ملليمترات وعدة أمتار، حيث تختلف عن المواد التي تقع تحتها باللون والبنية والنسيج والخصائص الفيزيائية والتركيب الكيميائي والخصائص البيولوجية، وأحياناً بالعمليات الكيميائية وتفاعل الوسط والخصائص الشكلية أيضاً». كما أن كتاب علم التربة Pedology للعالم الروسي المهاجر جوف (Joffe) الذي نشر لأول مرة عام ١٩٣٦ قد أسهم بصورة فعالة في نشر أفكار داكوتشايف في المدارس الأمريكية، ويعد ممثل المدرسة الروسية في أمريكا، ولقد طبع الكتاب ثانية عام ١٩٤٧م، وهو كتاب روسي في مفهومه حتى وترتيبه، كتب باللغة الإنكليزية. لقد حاول العالم جيني (Jenny) عام ١٩٤١ أن يظهر أثر عوامل تكوين التربة عند داكوتشايف بصورة معادلة رياضية: $S=F(c,l,o,r,p,t)$ حيث إن التربة هي محصلة لتأثير عوامل تكوين التربة، وكانت هذه المعادلة قد ظهرت في أعمال داكوتشايف بين عامي ١٨٩٩-١٩٠١.

لقد ساد في الولايات المتحدة اتجاهان في دراسة التربة، أولهما تكويني genesis أو أكاديمي، وعلى رأسه جيني، وثانيهما رسمي، أو إداري وعلى رأسه كيلوج (Kellogg) ويحاول الاتجاه الأخير تبسيط المفاهيم والمصطلحات وصياغتها بمقياس كمي.

لقد أسهم الاتجاه الثاني في العقود الأخيرة في إيجاد كثير من المفاهيم المعاصرة عن التربة من خلال اهتمامه بالتصنيف، مما أدى إلى ظهور فرع من تصنيف التربة يدعى Soil Taxonomy عام ١٩٧٥ ثم نشر ثانية عام ١٩٩٩، والمعمول به في الولايات المتحدة وكثير من مدارس العالم، ولقد ورد تعريف التربة في طبعته الأولى وفي الصفحة الأولى كما يلي: « التربة هي مجموعة الأجسام الطبيعية على سطح الأرض، وفي بعض الأماكن تكون بصورة مواد ترابية بذل صفاتها أو حتى صنعها الإنسان، وهي تحتوي على المادة الحية، وتستطيع أن تسند النباتات، يحدها من الأعلى الهواء أو الماء الضحل، وتتدرج حدودها السفلى نحو الماء العميق أو الصخور أو الجليد، ولعل تعيين حدودها السفلى هو من أصعب الأمور، تضم التربة الأفاق قريباً من السطح حيث تختلف هذه الأفاق عن المواد الصخرية المتوضعة تحنها نتيجة التفاعل بين المناخ والأحياء والمواد الأم والتضاريس على مر الزمن».

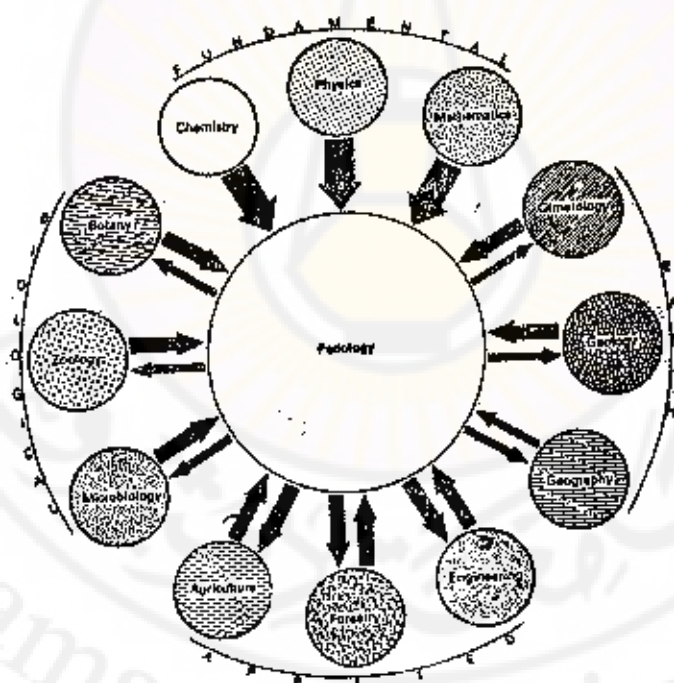
يتضح مما سبق عدم وجود تعريف علمي للتربة متفق عليه من الجميع، على الرغم من أن العاملين في هذا المجال يدركون جيداً معنى التربة، ويرجع السبب في ذلك إلى تعدد المدارس وتباين وجهات نظرها.

ويمكن القول إن أدق التعاريف هي التي تجمع بين النظرة التكوينية والنظرة الخصوبية لأن الغاية الأساسية هي استثمار التربة في الزراعة بصورة سليمة.

ومهما تعددت التعاريف وتباينت فالتربة عالم قائم بذاته، ينبض بالحياة ويعج بالحركة، علاقاته وطيدة وثيقة بالعوامل المحيطة، والتربة معين للخير والعطاء لا ينضب، أمدت الأجيال البشرية على مر العصور بالغذاء والكساء والدواء والماوى، وستبقى ينبوعاً متدفقاً للمواد والطاقة مادام الإنسان يرعاها، تغدق بغير حساب على من يكتشف أسرارها ويُجَلِّي غموضها ويحسن إدارتها، وتُشج على من يسيء إليها وتُجذب، في كنف خصبتها تطورت أقدم الحضارات وأرقاها،

ومع تدهورها، وما اتبع الزرع والضرع من ضررٍ، باد الكثير من تلك الحضارات. وإن تراها أعلى شأنًا وأكثر نفعاً للإنسانية من الثرىا مضروب الأمثال في الرفعة والسمو. هذا العالم الفسيح المتجدد يستحق كل عناية واهتمام لتتعم البشرية بعطائه الثر وليحفظ ثروة غالية للأجيال القادمة.

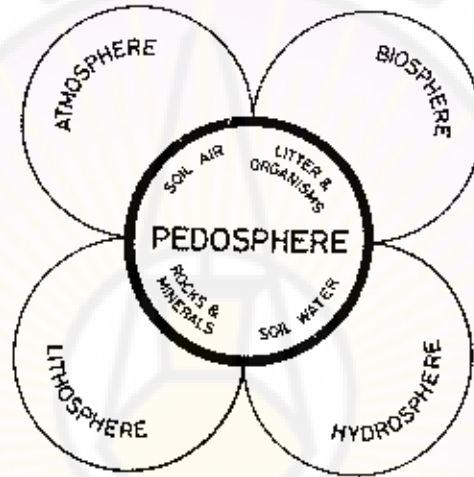
لقد تطور علم التربة في العقود الأخيرة، وخطا خطوات واسعة، أسهم في ذلك تقدم كثير من العلوم الأساسية والتطبيقية، وطرائق الدراسة التي يعتمد عليها، حتى غدا علماً قائماً بذاته، إلا أننا نجد كل حين الجديد في هذا المحيط الذي لم تسير بعد كل أغواره ولم نكتشف بعد كل مجاهله. ويوضح الشكل (١) موقع علم التربة من العلوم الأخرى وعلاقته بها، ويشير اتجاه السهم إلى جهة التأثير، كما تدل ثخائنه على درجة هذا التأثير.



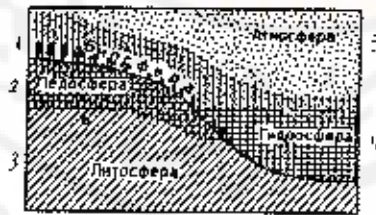
الشكل (١) علاقة علم التربة بالعلوم الأخرى

موقع التربة في الطبيعة ودورها :

موقع التربة : تقع التربة على حدود تماس كل من أغلفة الكرة الأرضية : الصخري Lithosphere والجوي Atmosphere والمائي Hydrosphere وتفاعلها وتطورها وتحولها تحت تأثير العضويات الحية منها والميتة، وفي الوقت ذاته تعد التربة أحد مكونات الغلاف الحيوي Biosphere حيث توجد الحياة على الأرض، وتلعب التربة دوراً نوعياً في هذه المنظومة الأرضية المعقدة مشكلة غلافاً خاصاً يدعى الغلاف التربوي Pedosphere وهذا ما يتضح من الشكلين (٢ و ٣)



شكل (٢) موقع البيدوسفير



شكل (٣) موقع البيدوسفير في منظومة الجيوسفير

١- الغلاف الحيوي، ٢- الغلاف التربوي ٣- الغلاف الصخري، ٤- الغلاف المائي، ٥- الغلاف الجوي

دور التربة : تلعب التربة أدواراً رئيسة متعددة أهمها مايلي :

١. إن الدور الأول يتمثل في توفير أسباب بقاء الحياة على الأرض، إذ تمد التربة النباتات، ومن خلالها الحيوان والإنسان، بعناصر التغذية المعدنية، وهنا يمكن عد التربة أحد نواتج الحياة وفي الوقت نفسه شرطاً لوجودها.
٢. توفير التفاعل المستمر بين مواد الدورة الجيولوجية والدورة البيولوجية في سطح الأرض.
٣. تنظيم التركيب الكيميائي لكل من الغلاف الجوي والمائي من خلال عمليات التنفس والتمثيل الضوئي، وتحديد المواد التي تذيبها المياه من القارات لتدخل في الغلاف المائي.
٤. تنظيم العمليات التي تجري في الغلاف الحيوي، وبخاصة كثافة الحياة على الأرض من خلال درجة خصب التربة والعوامل الجوية.
٥. تجميع المواد العضوية على سطح الأرض مع ماتحويه تلك المواد من طاقة كيميائية.



الباب الأول

تركيب القشرة الأرضية

الفصل الأول: التركيب المعدني للقشرة الأرضية

الفصل الثاني: تشكّل المعادن وتصنيفها

الفصل الثالث: البنية البلورية للمعادن

الفصل الرابع: التركيب المعدني للتربة

الفصل الخامس: المعادن الثانوية غير المتبلورة والذوابة في الماء

الفصل السادس: معادن الغضار

الفصل السابع: الصخور ودورها في تكوين التربة

الفصل الثامن: تجوية الصخور والمعادن



الفصل الأول

التركيب المعدني للقشرة الأرضية

— القشرة الأرضية

— التركيب المعدني للصخور

— انتشار المعادن في الصخور الأم والترب



التركيب المعدني للقشرة الأرضية

Earth Crust Mineral Composition

القشرة الأرضية Earth crust : هي الغلاف الصخري السطحي من الكرة الأرضية الذي يحيط بالوشاح أو الدثار، حيث تبلغ سماكته نحو ٢٨٠٠ كم، ومن تحته لب الأرض أو نواتها. ويبلغ محيط الكرة الأرضية الإستوائي ٤٠٠٧٧ كم وقطرها ١٢٧٥٦ كم. تبلغ سماكة هذه القشرة بضعة كيلومترات تحت المحيطات ونحو ٣٠ كم في السهول، وتصل حتى ٧٠ كم في الجبال. تختلف كثافة القشرة تبعاً لموقعها قارياً كان أم محيطياً، وتتألف عادة من ثلاث طبقات تتوضع من الأسفل إلى الأعلى حسب مايلي:

- ١- طبقة الصخور البازلتية : تصل سماكتها نحو ٣٠ كم، وكثافتها ٢,٨-٢,٩ غ/سم^٣، تتألف من صخور قاعدية فقيرة بالسيليكا وغنية بالمغنزيوم والحديد.
- ٢- طبقة الصخور الغرانيتية : تصل أقصى سماكة لها ٥٠-٧٠ كم تحت الجبال، وقد تصبح قليلة السماكة أو حتى تغيب من بعض المواقع، تبلغ كثافتها ٢,٦-٢,٧ غ/سم^٣، تتألف من صخور حامضية غنية بالسيليكا.
- ٣- طبقة الصخور الرسوبية : تتشكل بمعظمها في المياه وقد تتشكل في القارات، يبلغ متوسط سماكتها نحو ١٠-١٥ كم، وتراوح كثافتها بين ٢,٧-٢,٨ غ/سم^٣.
على الرغم من أن الصخور الرسوبية لا تشكل سوى نحو ٥ % من صخور القشرة الأرضية إلا أنه يتكون عليها نحو ٩٥ % من مساحة التربة في العالم.
ومن المعروف أن التربة تتكون بصورة رئيسة على اليابسة، التي تشكل نحو ٢٩,٢ % من مساحة الأرض البالغة ٥١٠ مليون كم^٢، بينما تشغل المياه ٧٠,٨ % من تلك المساحة، حيث يبلغ حجم الماء نحو ١,٤ مليار كم^٣ ووزنه نحو ٦,٩ % من وزن القشرة الأرضية.

وتتألف هذه القشرة بصورة رئيسة من ثمانية عناصر كيميائية، كما هو واضح من الجدول (١).

جدول (١) التركيب الكيميائي للقشرة الأرضية لعمق ١٦ كم.
عن كلارك Clark، % وزنية

العنصر	%	العنصر	%
١- أكسجين	٤٦,٧١	٧- بوتاسيوم	٢,٥٨
٢- سيليكون	٢٧,٦٩	٨- مغنيزيوم	٢,٠٨
٣- ألومنيوم	٨,٠٧	٩- تيتانيوم	٠,٦٢
٤- حديد	٥,٥٠	١٠- هيدروجين	٠,١٤
٥- كالسيوم	٣,٦٥	١١- كربون	٠,١٠
٦- صوديوم	٢,٧٥	١٢- فوسفور	٠,٠٨

يتضح من الجدول أن العناصر الثمانية الأولى تشكل نحو ٩٩ % من وزن القشرة الأرضية، وهي تدخل في تركيب مختلف المعادن في الطبيعة. تتنوع الصخور بمختلف أنواعها المصدر الأساسي لمعادن التربة، حيث تنشأ بعد تعرض تلك الصخور لمختلف أنواع التآكل والتحول تحت تأثير المناخ والأدوية كثير من العوامل الأخرى.

تُعرف المعادن Minerals بأنها أجسام طبيعية صلبة تكونت داخل الأرض أو على سطحها بفعل العمليات الجيولوجية، وتُتصف بخصائص فيزيائية وكيميائية محددة. وسيتم التركيز في هذا المجال على المعادن التي تنتشر بصورة واسعة في التربة أو التي لها أهمية واضحة في دراسة التربة.

يشغل الشق المعدني في التربة عادة نحو ٥٥-٦٠ % من حجمها، كما يشكل ٩٠-٩٧ % أو أكثر من وزنها الجاف، وترتبط معادن التربة من حيث نشأتها وتركيبها ارتباطاً وثيقاً بمعادن الصخور التي تجري عليها عملية تكوين التربة.

التركيب المعدني للصخور :

يبيّن الجدول (٢) التركيب المعدني لكل من الصخور الصهارية وبعض أنواع الصخور الرسوبية، إستناداً إلى معطيات كلارك Clark، وللقشرة الأرضية حسب معطيات فرسمان Fersman.

الجدول (٢) التركيب المعدني للصخور الصهارية والرسوبية وللقشرة الأرضية.

المعادن	% وزنية			القشرة الأرضية
	الصخور الرسوبية	الصخور الصهارية	الطفل	
١- الفلستبار (الفلستبار)	٥٩,٥	٣٠,٠	١١,٥	٥٥,٠
٢- الأمفيبول والبيروكسين	١٦,٨	-	-	١٥,٠
٣- الكوارتز	١٢,٠	٢٢,٣	٦٦,٨	١٢,٠
٤- الميكا	٣,٨	-	-	٣,٠
٥- معادن الغضار	-	٢٥,٠	٦,٦	١,٥
٦- الغونيت	-	٥,٦	١,٨	٣,٠
٧- الكربونات	-	٥,٧	١١,١	١,٦
٨- معادن أخرى	٧,٩	١١,٤	٢,٢	٨,٩
المجموع	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠

يتضح من الجدول السابق كثير من الاختلافات الجذرية بين التركيب المعدني لكل من الصخور الصهارية والصخور الرسوبية، إذ يلاحظ وجود بعض المعادن كالهورنبلند والبيروكسين والميكا مثلاً في الصخور الاندفاعية وغيابها عن الصخور الرسوبية، وبالمقابل تظهر في الأخيرة معادن جديدة لم تكن موجودة في الصخور الصهارية مثل معادن الغضار والغونيت والكربونات.

أما الاختلاف بين تركيب صخر رسوبي وآخر (الطفل «الشل»، الحبر الرملي مثلاً) فهو اختلاف كمّي في نسبة المعادن وليس في نوعيتها.

إن إلقاء نظرة عامة على الجدول (٢) تبين أن الفلسبار والامفيبول والبيروكسين والكوارتز والميكا تشكل ٨٥% من التركيب المعني للقشرة الأرضية، وتسود المعادن المذكورة — عدا الامفيبول والبيروكسين — في الترب أيضاً وبخاصة في الحبيبات الخشنة مثل الحصى والرمل والغبار. وتجدر الإشارة إلى أن هناك عدداً كبيراً من المعادن في التربة يعد نواتج ثانوية لعمليات التجوية وتكوين التربة، وتنعكس تلك المعادن خصائص التربة وظروف نشوئها

انتشار المعادن في الصخور الأم والترب :

يبين الجدول (٣) أهم المعادن الموجودة في الصخور الأم والترب، ودرجة انتشارها في كل منها، يعبر عن وجود المعادن في الجدول حسب التسلسل التصاعدي التالي : نادراً - عرضياً - غالباً - غالباً جداً، وليس بالضرورة تطبيق هذا التسلسل على جميع أنواع الترب والصخور الأم، كما لا تدل درجة انتشار المعدن أو وجوده على نسبته في الصخور الأم أو التربة.

جدول (٣) أهم المعادن ودرجة وجودها في الصخور الأم والترب

عن Truog & Engelbert

وجودها في		التركيب الكيميائي	مجموعات المعادن وأنوعها
الترب	الصخور الأم		
		ميثاسيليكات (أملاح H_2SiO_3)	أمفيبولات Amphiboles
عرضياً	غالباً جداً	$Ca_2Mg_5H_2(SiO_3)_8$	أ- تريموليت Tremolite
عرضياً	غالباً جداً	$Ca_2(Mg,Fe)_5H_2(SiO_3)_8$	ب- أكتينوليت Actinolite
عرضياً	غالباً جداً	الصيغة الأولى $Na,Al,Fe +$	ج- هورنبلند Hornblende
			بيروكسينات Pyroxenes
عرضياً	غالباً جداً	$(Mg,Fe)_2(SiO_3)_2$	أ- أنستاتيت Enstatite
عرضياً	غالباً جداً	$CaMg(SiO_3)_2$	ب- ديوبسيد Diopside
عرضياً	غالباً جداً	الصيغة الثانية $Al,Fe +$	ج- أوجيت Augite

أورثوسيليكات (أملاح H_4SiO_4)		ميكاس	
غالباً جداً	غالباً جداً	Muscovite	أ- موسكوفيت
عرضياً	غالباً جداً	Biotite	ب- بيوتيت
غالباً	غالباً جداً	Epidote	إبيدوت
نادرأ	غالباً جداً	Olivine	أوليفين
نادرأ	عرضياً	Nepheline	نيفيلين
متعددة السيليكات (أملاح $H_4Si_3O_9$)		فالمسبارات	
غالباً جداً	غالباً جداً	Orthoclase	أ- أورثوكلاز
شائع	غالباً جداً	Albite	ب- ألبيت
نادرأ	عرضياً	Anorthite	ج- أنورثيت
نادرأ	عرضياً	Anorthoclase	د- أنورثوكلاز
عرضياً	غالباً جداً	Plagioclase	هـ- بلاجيوكلاز
أكاسيد حرة		أكاسيد الميلمسيوم	
غالباً جداً	غالباً جداً	Quartz	أ- كوارتز
عرضياً	عرضياً	Cristobalite	ب- كريستوباليت
عرضياً	عرضياً	Chalcedony	ج- كالميدوني (agate-flint-etc)
أكاسيد الحديد		أكاسيد الألمنيوم	
غالباً جداً	غالباً جداً	Hematite	أ- هيماتيت
غالباً	غالباً	Goethite	ب- غوثيت
غالباً جداً	غالباً	Limonite	ج- ليمونيت
غالباً	غالباً	Magnetite	د- مغنيتيت
نادرأ	غالباً	Corundum	أ- ياقوت
نادرأ	غالباً	Diasporite	ب- دياسپوريت
عرضياً	غالباً	Gibbsite	ج- جيمسيت

أكاسيد المنغنيز				
أ- مانغنيت	Manganite	MnO (OII)	عرضياً	نادرًا
ب- هاوسمانيت	Hausmanite	Mn ₃ O ₄	نادرًا	نادرًا
ج- بيروليتوسيت	Pyrolusite	MnO ₂	غالبًا	غالبًا
أكاسيد التيتان				
أ- روتيل	Rutile	TiO ₂	غالبًا	غالبًا
ب- ايلمينيت	Ilmenite	FeO TiO ₂	غالبًا	عرضياً
كربونات (أملاح H ₂ CO ₃)				
كالسيت	Calcite	CaCO ₃	غالبًا جداً	غالبًا
مغنيسيت	Magnesite	MgCO ₃	عرضياً	نادرًا
دولوميت	Dolomite	(Ca Mg)CO ₃	غالبًا جداً	عرضياً
سيدريريت	Siderite	FeCO ₃	غالبًا	نادرًا
فوسفات (أملاح H ₃ PO ₄)				
أباتيت	Apatite	Ca ₅ (F,Cl,OH)(PO ₄) ₃	غالبًا	عرضياً
سترينجيت	Strengite	FePO ₄ 2H ₂ O	عرضياً	عرضياً
فافيلايت	Wavilite	Al ₃ (OH) ₃ (PO ₄) 5H ₂ O	عرضياً	نادرًا
فيفيانيت	Vivianite	Fe ₃ (PO ₄) ₂ 8H ₂ O	غالبًا جداً	نادرًا
معادن متنوعة				
بيريت	Pyrite	FeS ₂	غالبًا	عرضياً
تورمالين	Tourmaline	11 ₄ Na Mg ₃ B ₃ Al ₆ Si ₆ O ₃₁	غالبًا	غالبًا
زركون	Zircon	Zr SiO ₄	غالبًا	غالبًا
جبس	Gypsum	Ca SO ₄ 2H ₂ O	غالبًا	عرضياً
ملح صخري	Halite	Na Cl	غالبًا	غالبًا
معادن الغضار				
كاولينيت	Kaolinite	Al ₂ (OH) ₄ Si ₂ O ₅	غالبًا	غالبًا
مونتموريلونيت	Montmorillonite	Al ₂ (OH) ₂ Si ₄ O ₁₀	غالبًا	غالبًا
نونترونيت	Nontronite	Al Fe(OH) ₂ Si ₄ O ₁₀	نادرًا	نادرًا
ميكامائية	Hydromica	KAl ₃ (OH) ₂ (Al Si ₃) O ₁₀	غالبًا	غالبًا

التركيب الكيميائي للقشرة الأرضية والتربة:

تجدر الإشارة إلى أن معادن التربة والصخور الأم تتكون من عدد محدود من العناصر الكيميائية يأتي على رأسها الأكسجين ثم السيليكون. ويبين الجدول (٤) متوسط النسبة المئوية الوزنية للعناصر الكيميائية في القشرة الصخرية والتربة، إضافة إلى تركيب القشرة الصخرية، معبراً عنه بصورة أكاسيد لتلك العناصر. ويتضح من الجدول المذكور أن عشرة أكاسيد تشكل نحو ٩٩% من وزن القشرة الصخرية، أما العناصر الأخرى فلا تشكل مجتمعة سوى نحو ١% إلا أن ذلك لا يقلل من أهميتها إذ تضم عناصر في غاية الأهمية لتغذية الأحياء مثل الكربون والنيتروجين والفوسفور والكبريت التي تتراكم في التربة بفعل النباتات الخضراء إضافة إلى تراكم المغذيات الصغرى.

جدول (٤) التركيب الكيميائي للقشرة الأرضية والتربة %

العناصر	القشرة الأرضية	التربة	الأكاسيد	القشرة الأرضية
O	٤٧,٢	٤٩,٠	SiO ₂	٥٩,٠٧
Si	٢٧,٦	٣٣,٠	Al ₂ O ₃	١٥,٢٢
Al	٨,٨	٧,١٣	Fe ₂ O ₃	٣,١٠
Fe	٥,١	٣,٨	FeO	٣,٧١
Ca	٣,٦	١,٣٧	CaO	٥,١
Na	٢,٦٤	٠,٦٣	Na ₂ O	٣,٧١
K	٢,٦	١,٣٦	K ₂ O	٣,١١
Mg	٢,١	٠,٦	MgO	٣,٤٥
Ti	٠,٦	٠,٤٦	TiO ₂	١,٠٢
H	(٠,١٥)	١,٠	H ₂ O	١,٣٠



الفصل الثاني

تشكّل المعادن وتصنيفها

— تشكّل المعادن

— تصنيف المعادن



تشكل المعادن وتصنيفها

Minerals Formation & Classification

تشكل المعادن :

تشأ المعادن في الطبيعة بطرق متباينة، إذ يتكون أكثرها من تبرد الصهارة Magma إما في أعماق الأرض، أو عند تبرد المقذوفات البركانية على سطح الأرض، وهناك اختلافات كبيرة بين خصائص المعادن المتكونة في الأعماق السحيقة وتلك المتكونة على سطح الأرض وبخاصة في بناها البلورية. إن أهم المعادن المشكلة من تبرد الصهارة هي معادن السيليكات والسيليكات الألومينية وكذلك المغنيتيت والكبريت والنحاس.

وتجدر الإشارة في هذا المجال إلى الدور الكبير الذي يلعبه الماء في تكوين المعادن، فهو يعمل على انحلال مختلف المركبات بدرجات متفاوتة، لهذا تحتوي المياه-سطحية-كانت أو جوفية-على مركبات منحلة، يمكن أن تترسب في ظروف معينة بشكل صلب مكونة أنواعا مختلفة من المعادن، وبهذه الطريقة يتكون كثير من المعادن ثانوية النشأة، كالهاليت والجبس والسيلفين وغيرها. وتسهم المياه الحارة في تكوين كثير من المعادن مشكلة خامات متنوعة مهمة hydrothermal ores، كما تعمل إعادة ترتيب الذرات في بعض المعادن، أو حالات الاستبدال بين مكونات المعادن والمحاليل المحيطة على تكوين معادن جديدة. ولا يمكن تجاهل دور الكائنات الحية التي تعيش في البحار، وبخاصة القوقعيات، في تكوين المعادن، إذ أن ترسب قواقعها في قيعان البحار والبحيرات، على مر العصور، يعمل على تراكم كميات كبيرة من المعادن، ولذا تجمعت طبقات ضخمة من الكلس والحوار وبعض خامات الحديد نتيجة العمليات الحيوية، وما النفط والفحم إلا أمثلة على دور الأحياء في تكوين المعادن.

تصنيف المعادن:

تعتمد أسس متعددة في تصنيف المعادن، لعل أكثرها انتشاراً، هو تصنيفها تبعاً لتركيبها الكيميائي، أو استناداً إلى نشأتها، وغالباً ما يعتمد هذا الأخير في علوم التربة.

أولاً- تصنيف المعادن الكيميائي :

تقسم المعادن استناداً إلى تركيبها الكيميائي إلى صفوف، وقد يضم الصف الواحد عدداً من المجموعات أو الزمر، وفيما يلي استعراض لأحد هذه التصنيفات:

1- صف العناصر الفطرية أو الحرة Native elements: يضم هذا الصف المعادن التي تتألف من عنصر واحد؛ وإن عددها في الطبيعة قليل نسبياً، ومن الأمثلة عليها: الذهب، الفضة، النحاس، الماس، الغرافيت، وليس لهذه المعادن أهمية تذكر عند دراسة التركيب المعدني للتربة أو الصخور الأم.

2 - صف السولفيدات Sulfides: يندر وجود معادن هذا الصف في الصخور الأم والترب، غير أنها تعد خامات لاستخراج كثير من العناصر. تنتج هذه المعادن من اتحاد الكبريت مع أحد العناصر المعدنية ومن الأمثلة عليها: البيريت FeS_2 والغالينا PbS والكالكوبيريت $CuFeS_2$.

3- صف الهاليدات Halides: يضم أملاح الأحماض التالية : HF , HCl ، وأندر من ذلك، HI , $IIBr$ ومثال عليها: الهاليت أو الملح الصخري $NaCl$ ، السيلفين KCl ، الفلوريت CaF_2 الكارناليت $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ وغيرها، ويلعب بعض هذه المعادن دوراً بارزاً في ترب المناخات الجافة.

4- صف الأكاسيد والهيدروكسيدات Oxides and hydroxides :

يضم معادن واسعة الانتشار في الطبيعة؛ ولهذا تلعب دوراً مهماً في تكوين القشرة الأرضية بما فيها التربة، ويضم هذا الصف الأكاسيد التالية:

أ - أكاسيد السيليكون، مثل: الكوارتز والأبال والكالسيدوني، وقد تصنف أحياناً في صف السيليكات.

ب - أكاسيد الحديد، مثل: الهيماتيت والغوتيت والليمونيت.

ج - أكاسيد الألمنيوم مثل: الجبسيات والبيميت والكوروند.

د - أكاسيد المنغنيز، مثل: المنغنيت والبيرولوزيت.

هـ - أكاسيد التيتانيوم، مثل: الأتاز والالإمينيت.

5- صف أملاح الحموض الأكسجينية: ويقسم إلى أربع مجموعات أو زمر هي:

أ- الكربونات Carbonates: هي أملاح حمض الكربون ومثال عليها: الكالسييت

$CaCO_3$ والسيديريت $FeCO_3$ والدولوميت $CaMg(CO_3)_2$ والصودا Na_2CO_3

$10H_2O$ وغيرها.

ب- الكبريتات Sulfates: هي أملاح حمض الكبريت ومثال عليها: الجبس

$CaSO_4 \cdot 2H_2O$ والأنهدريت $CaSO_4$ والميرابيليت $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ وغيرها.

ج- النترات Nitrates: هي أملاح حمض النتريك أو الأزوت مثل: نترات

شيلي $NaNO_3$ ونترات البوتاسيوم KNO_3 .

د - الفوسفات Phosphates: أملاح حمض الفوسفور، وتضم الفوسفوريت

والأباتيت وغيرها.

6- صف السيليكات Silicates: تسود معادن هذا الصف في القشرة الأرضية، إذ

سبق الإشارة إلى أن السيليكات تشكل نحو ٨٥% من وزن القشرة

الأرضية، كما أنها تنتشر بصورة واسعة في جميع الترب.

تتصف هذه المعادن، مقارنة بغيرها، بتركيب كيميائي معقد، وبنية بلورية

هيكلية، ونقسم عادة إلى: سيلات بسيطة مثل: معادن الأليفين والسرينتين والتالك،

وسيليكات معقدة أو الومينية، حيث يتوضع الألمنيوم داخل رباعيات الوجوه ليزيح

جزءاً من السيليكون ومثال عليها: الفلسبار والميكا ومعادن الغضار.

وتجدر الإشارة إلى أن الألمنيوم السيليكات البسيطة لا يتوضع داخل رباعيات

الوجوه وإنما يبقى خارجها مشكلاً جسوراً تربط تلك الرباعيات.

7- صف الفحم الهيدروجينية Hydrocarbons: مثل النفط والأسفلت والكهرمان

والخث.

ثانياً- تصنيف المعادن تبعاً لنشأتها:

تقسم معادن التربة والصخور الأم حسب نشأتها إلى ثلاث مجموعات هي :

١- المعادن الأولية Primary minerals: توجد بصورة رئيسة في الهياكل

الأرضية؛ وهي تلك الحبيبات التي تزيد أقطارها على ١-٢ مم (حسب المدرسة)، كما توجد في حبيبات الرمل الخشنة، وهي التي تزيد أقطارها على ٠,٥ مم. ويمكن القول إن هذه المعادن تنتشر بكثرة في نواتج التجوية الفيزيائية للصخور الاندفاعية والاستحالية .

٢- المعادن الثانوية Secondary minerals: تضم معادن الغضار ومعظم

الأكاسيد، وهي نواتج التجوية الكيميائية، كما تتكون من الاتحادات التي نتم بين الشوارد أو المركبات المتحررة من عمليات التجوية وتكوين التربة، ويجب أن لا يغيب عن الذهن أن كلمة ثانوي هنا لا تعني نسبة المعدن أو أهميته وإنما تعني نشأته .

٣- المعادن الذوابة في الماء (الأملاح) Water Soluble minerals: هي

معادن ثانوية أيضاً، إلا أنها تفصل أحياناً في مجموعة مستقلة لما لها من تأثير ضار كبير في خصائص تربة المناخات الجافة، وتنصف هذه الأملاح بسهولة انحلالها في الماء، وترسبها عند جفاف التربة حيث تدخل في الطور الصلب لها.

تتعلق الخصائص الكيميائية والفيزيائية للتربة بدرجة وثيقة بتركيبها المعدني الذي يعكس آثار الماضي التي تحكي تاريخ تلك التربة، كما تدل على مسار تطورها الحالي.

تضم الصخور الأم والتربة عدداً كبيراً من المعادن يقدر بالمئات، على الرغم من أن عددها في الصخور يقتر بالآلاف، غير أن هنالك ٥٠-٦٠ معدناً ذات انتشار واسع في التربة وصخورها الأم، وهذا واضح من الجدول (٣) السابق.

الفصل الثالث

البنية البلورية للمعادن

- مفهوم البنية البلورية
- البنى السيليسية لرباعيات الوجوه
- الاستبدال في البنى البلورية

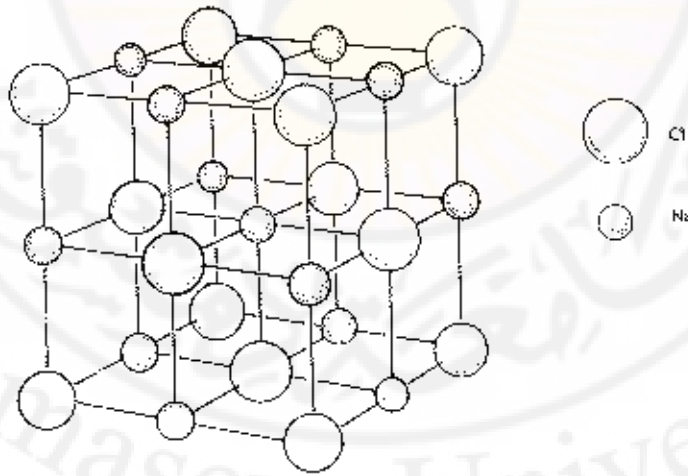


البنية البلورية للمعادن Crystal Structure of Minerals

البنية البلورية:

تسود المعادن البلورية في التربة والصخور الأم على عديمة التبلور، وتكون عادة بصورة سيليكات ألومنيوم أو سيليكات ألومينية، وترتبط نسبتها بطبيعة التربة وبحجوم حبيباتها ونسبة المادة العضوية فيها.

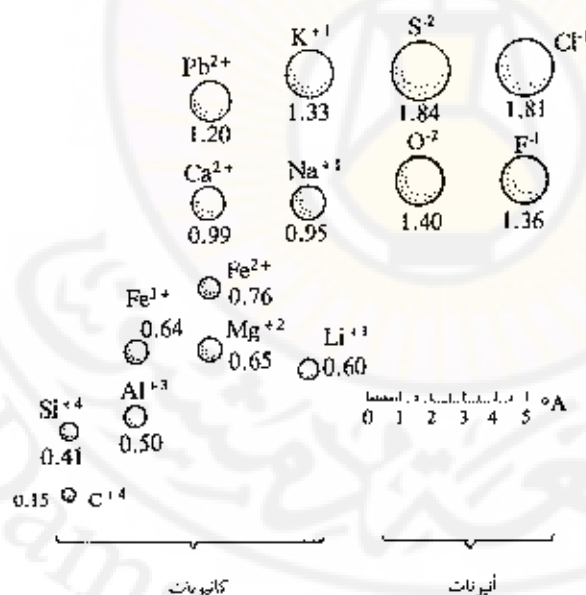
تتوضع الشوارد في البلورات بشكل هندسي محدد، بحيث يكون لكل معدن بنية خاصة به، يمكن أن تميزه عن غيره، وتكون الصفات الضوئية (البصرية) للبلورات مختلفة تبعاً للاتجاهات فتدعى Anisotropic، على خلاف المعادن عديمة التبلور، إذ تكون صفاتها الضوئية متساوية في سائر الاتجاهات، فتدعى متساوية الخصائص Isotropic. وتلعب طبيعة البنية البلورية دوراً بارزاً في درجة مقاومة المعادن للتجوية. ولتوضيح تلك البنية يمكن النظر إلى مخطط بلورة كلور الصوديوم المكعبية، شكل (٤) ،



شكل (٤) مخطط ترتيب الذرات في بلورة الملح الصخري المكعبية

إذ يلاحظ أن شاردة الصوديوم الداخلية محاطة بست شوارد من الكلور، وبالمقابل تحاط كل واحدة من الكلور بست من شوارد الصوديوم، إذ أن عدد الإحاطة في هذه البنية هو ٦، ويبين الشكل أيضاً أن الشوارد الداخلية تكون مشبعة، بينما تبقى الشوارد السطحية غير مشبعة بدرجات متفاوتة حسب موقعها على سطح البلورة، مما يكسب هذه البلورة شحنات سالبة وموجبة. يتعلق توزيع الشوارد في البنية البلورية بأقطار تلك الشوارد، ويسمى عدد الأنيونات التي تحيط بكاتيون معين « عدد التناسق أو الإحاطة » فكلما كبر قطر الكاتيون ازداد عدد الأنيونات التي يمكن أن تحيط به، مما يؤدي إلى تغير أشكال البنى البلورية.

ويبين الشكل (٥) الحجم النسبية لأهم الشوارد وأنصاف أقطارها.



شكل (٥) أنصاف أقطار أهم الشوارد وحجومها النسبية

كما يظهر الشكل (٦) أعداد التناسق وأشكالها والنسب بين أنصاف أقطار الكاتيونات والأنيونات. فكلما كبر حجم الكاتيون لزم عدد أكبر من الأنيونات المحيطة به، فيؤدي ذلك إلى ظهور أنواع إحاطة جديدة، حيث ينتقل عدد الإحاطة من ٣ إلى ١٢ في حالة كون الأكسجين هو الأنيون المحيط.

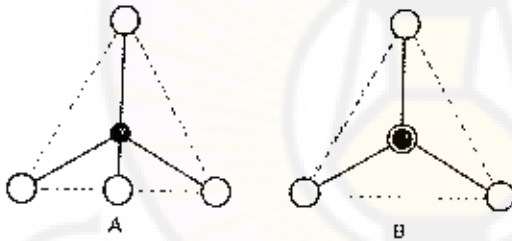
شكل الإحاطة ثلاثة مسافط	تركيب الخلية	نسبة القطر	r / R
مثلث   	$[NO_3]^-$ $[CO_3]^{2-}$ $[BO_3]^{3-}$	3 3 3	$N^{5+} : O^{2-} \quad 0.15$ $C^{4+} : O^{2-} \quad 0.14$ $B^{3+} : O^{2-} \quad 0.07$
رباعية وجوه   	$[SiO_4]^{4-}$ $[PO_4]^{3-}$ $[SO_4]^{2-}$ $[AlO_4]^{5-}$	4 4 4 4	$Si^{4+} : O^{2-} \quad 0.26$ $P^{5+} : O^{2-} \quad 0.28$ $S^{6+} : O^{2-} \quad 0.31$ $Al^{3+} : O^{2-} \quad 0.43$
ثمانية وجوه   	$[SiO_6]^{2-}$ MgO_6 FeO_6 CrO_6	8 8 8 8	$Al^{3+} : O^{2-} \quad 0.43$ $Mg^{2+} : O^{2-} \quad 0.57$ $Fe^{2+} : O^{2-} \quad 0.62$ $Cr^{3+} : O^{2-} \quad 0.82$
مكعب   	NaO_6 CaO_6	6 6	$Na^{+} : O^{2-} \quad 0.75$ $Ca^{2+} : O^{2-} \quad 0.86$
مكعب - ثمانية وجوه  	KU_{12}	12	$K^{+} : O^{2-} \quad 1.00$

الشكل (٦) أنواع الإحاطة بين الكاتيونات والأنيونات
وبلاحظ عدم تشكّل معادن لها عدد إحاطة ٢، وعندما يصبح عدد الإحاطة ٣

تتكون بنية بصورة مثلث تتلامس فيه ثلاثة أنيونات لتترك فيما بينها فراغاً يتسع لأحد الكاتيونات الصغيرة جداً، مثل الكربون، وفي رباعية الوجوه تتوضع ثلاث أنيونات بصورة مثلث متساوي الأضلاع، ويتوضع الرابع فوقها مشكلة هراً رباعي الوجوه Tetrahedron ويحتل مركزه كاتيون صغير الحجم مناسب كالسيلكون أو الألمنيوم مثلاً، حيث يلامس الأنيونات الأربعة من الداخل. وتتكون ثمانية الوجوه Octahedron عندما تتوضع أربعة أنيونات في مستوى واحد ويتوضع الخامس فوقها والسادس تحتها، ويشغل كاتيون مناسب الفراغ المتكون بينها، وفي حالة المكعب تحيط ثمانية أنيونات بشكل مكعب بكاتيون مركزي، وفي الحالة الأخيرة يصبح عدد التناسق ١٢ بصورة ثمانية وجوه مكعبة.

البنى السيليسية لرباعيات الوجوه :

إن أكثر الوحدات البلورية انتشاراً في المعادن هي رباعية وجوه السيلكون الأكسجينية $(SiO_4)^{4-}$ شكل (٧)



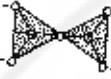
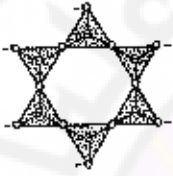
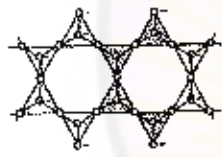
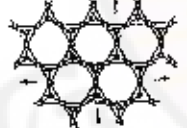
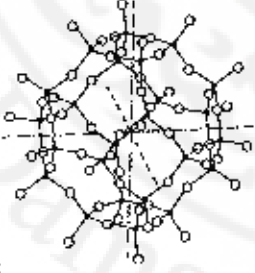
شكل (٧) ترتيب ذرات الأكسجين حول السيلكون في رباعية الوجوه

بمسقطين، مستوي وشاقولي (A و B)

ويلاحظ أنها تحتوي على أربع روابط بتحادية سالبة حرة، وهذه تسعى للإشباع والائتزان، ويتم ذلك إما عن طريق ضم كاتيونات جديدة من الوسط المحيط، أو عن طريق تشارك الرباعيات المتجاورة بوحدة أو أكثر من شوارد الأكسجين فيها. تنتشر ظاهرة ضم الكاتيونات إلى رباعيات الوجوه في الأورثوسيليكات، حيث تبقى الرباعيات منفردة ترتبط معاً بوساطة جسور من الحديد أو المغنيزيوم، وتدعى هذه البنية

سيليكات منفردة Nesosilicates، صيغتها $(\text{SiO}_4)^{4-}$ ، وتوجد في معدن الأوليفين.

جدول (٥) أنواع البنى السيليسية لرباعيات الوجوه في أهم المعادن

نسبة O:Si	الوضع الفراغي لرباعيات الوجوه	التركيب الكيميائي	المعدن	مجموعة السيليكات
٤:١		$(\text{MgFe})_2 \text{SiO}_4$	Olivine الأوليفين	رباعيات الوجوه المنفردة Nesosilicates
٧:٢		$\text{Ca}_2 (\text{Al,Fe})_2 \text{Si}_2 \text{O}_7 (\text{OH})$	Epidote الأبيدوت	رباعيات الوجوه المزدوجة Sorosilicates
٣:١ ١٨:٦		$\text{Be}_3 \text{Al}_2 \text{Si}_6 \text{O}_{18}$	Beryl البيريل	رباعيات الوجوه الحلقية Cyclosilicates
٣:١		$(\text{MgFe}) \text{SiO}_3$	Pyroxene البيروكسين	رباعيات الوجوه السلسلية Inosilicates أ - سلسلة مفردة Single Chain
١١:٤		Complex CaNaMgFeAl Silicate	Hornblende الهورنبلند	ب - سلسلة مزدوجة Double
٥:٢		$\text{KAl}_3 \text{Si}_3 \text{O}_{10} (\text{OH})_2$ $\text{K}(\text{MgFe})_3 \text{AlSi}_3 \text{O}_{10} (\text{OH})_2$	الموسكوفيت Muscovite البيوتيت Biotite	رباعيات الوجوه الورقية Phyllosilicates
٧:١		$\text{KAlSi}_3 \text{O}_8$ $(\text{CaNa}) \text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_8$	الأورثوكلاز Orthoclase البلاجيوكلاز Plagioclase	رباعيات الوجوه الشبكية أو الهيكلية Tectosilicates

أما تشارك رباعيات الوجوه المتجاورة بشوارد أكسجينها، فإنه يعمل على تكوين أنواع متعددة من البنى السيليسية جدول (٥) ومن أهمها:

- المتجمعة أو الثنائية Sorosilicates: صيغتها $(\text{Si}_2\text{O}_7)^{6-}$ وتوجد في اللوسونيت والإبيدوت.

- بنية حلقة Cyclosilicates: تشترك ثلاث أو أربع أو ست من رباعيات الوجوه مشكلة هذه البنية، وتختلف صيغتها تبعاً لعدد الرباعيات المشاركة، مع بقاء النسبة بين السيليكون والأكسجين ثابتة وتساوي ٣:١، وهي تميز معادن التورمالين والواستونيت والبيريل.

- البنية السلسلية Inosilicates: تكون بصورة سلسلة مفردة أو مضاعفة.

أ- السلسلية المفردة: تميز معادن البيروكسين صيغتها $(\text{Si}_2\text{O}_6)^{4-}$ ونسبة Si إلى O = ٣:١ وبالتالي فإن كل شاردة من السيليكون تحتاج إلى شحنتين لإشباعها.

ب- السلسلية المضاعفة أو الشريطية Band Silicates: توجد في الأمفيبول، صيغتها $(\text{Si}_4\text{O}_{11})^{6-}$ وهنا تحتاج كل شاردة من السيليكون إلى شحنة ونصف لإشباعها.

- البنية الورقية أو الصفحية Phyllosilicates: توجد في الميكا والغضار، وتتشكل عندما تشترك كل رباعية وجوه بثلاث من شوارد أكسجينها باتجاه أفقي ليبقى أكسجين القمة غير مشبع، وصيغة جذر هذه البنية $(\text{Si}_4\text{O}_{10})^{4-}$ وهنا انخفضت نسبة Si إلى O لتساوي ٢,٥:١ ولم تبق سوى شحنة سالبة مقابل كل شاردة سيليكون.

- البنية الهيكلية Tectosilicates: تتوزع رباعيات الوجوه في شبكات ثلاثية

الأبعاد، إذ تشارك رباعيات الوجوه المتجاورة في جميع شوارد أكسجينها وتصبح البنية مشبعة، وصيغتها SiO_2 ، تنتشر هذه البنية في الكوارتز والفلسبار، لذا تكون هذه المعادن أكثر مقاومة للتجوية.

الاستبدال في البنى البلورية :

تنتشر في البنية الهيكلية، وبخاصة في الفلسبار، ظاهرة الاستبدال، إذ يحل^١ الألمنيوم ثلاثي التكافؤ بدلاً من السيليكون رباعي التكافؤ، مما يؤدي إلى تشكيل مجموعة السيليكات الألومينية وظهور الشحنات السالبة التي لا تلبث أن تتبع بضم كاتيونات إليها من الوسط المحيط. لقد أدت هذه الظاهرة إلى تكوين مجموعة واسعة من الفلسبار، فمثلاً عند مبادلة ذرة من السيليكون في الصيغة $(Si_4 O_8)^0$ مع ذرة من الألمنيوم لتكوين الصيغة $(AlSi_3 O_8)^-$ تحوي شحنة سالبة، وعند إشباعها باليوتاسيوم يتكون معدن الأورثوكلاز $KAlSi_3 O_8$ وإذا أشيعت بالصوديوم، تكون الألبيت $Na AlSi_3 O_8$ ومع الكالسيوم يتكون الأنورتيت $Ca Al_2 Si_2 O_8$.

إن الشرط الأساسي لحدوث الاستبدال بين الذرات أو الشوارد هو أن تكون متقاربة في حجمها. وتقسم الشوارد تبعاً لأنصاف أقطارها في ثلاث مجموعات: صغيرة ومتوسطة وكبيرة، وتستطيع ذرات أو شوارد المجموعة الواحدة التبادل معاً لتكوين ما يسمى بالمحاليل الصلبة Solid Solutions.

أ - شوارد صغيرة: Al, Si أنصاف أقطارها من ٠.٣٩ - ٠.٥١ Å^١ وعموماً أقل من ٠.٦ Å^١

ب - شوارد متوسطة وتضم تحت مجموعتين:

Fe, Mg أنصاف أقطارها من ٠.٦٦ - ٠.٧٤ Å^١ وعموماً من ٠.٦ - ٠.٨ Å^١

Na, Ca أنصاف أقطارها من ٠.٩٧ - ٠.٩٩ Å^١، وعموماً من ٠.٨ - ١.٠ Å^١

ج - شوارد كبيرة: F, OH, K أنصاف أقطارها نحو ١.٣٤ Å^١ وعموماً أكبر من ١.٣ Å^١.

ونتيجة ظاهرة الاستبدال السائدة في الفلسبار تصبح هذه المعادن أقل مقاومة للتجوية مقارنة بالكوارتز رغم أن كليهما بنية هيكليّة.

تحتل ثمانية الوجوه Octahedron المرتبة الثانية من حيث انتشارها، إذ تكون بصورة ثمانية وجوه ألومنيوم هيدروكسيلية $Al(OH)_6^{3-}$ ، وتدخل مستقلة في بنية كثير من المعادن، كما هو الحال في الجبسيب $Al(OH)_6^{3-}$ أو تشترك مع رباعيات الوجوه، كما هو شائع في الميكا ومعادن الغضار.

إن ارتباط رباعيات الوجوه بصورة سلاسل أو أشرطة أو صفائح بثمانيات الوجوه بشكل طبقات متعاقبة يؤدي إلى حدوث اختلافات كبيرة في البنى والتراكيب الكيميائية للمعادن الأولية والثانوية، وتزداد هذه الاختلافات شدة إذا علمنا أن ألومنيوم ثمانية الوجوه يمكن أن يتبادل وبسهولة بالمغنيزيوم والحديد وبغيرهما من العناصر ثنائية التكافؤ، كما يستطيع الحديد الثلاثي أن يتبادل مع السيليكون في رباعية الوجوه، ويعمل كل هذا على تكوين أنواع متعددة من المعادن.

النظم البلورية Crystal Systems

تتصف معظم المعادن ببنية بلورية، حيث تتركب الشوارد أو الذرات في البلورة بشكل منتظم في جميع الاتجاهات وفق شبكة بلورية lattice تتكرر بانتظام. والبلورة جسم صلب متجانس ذو وجوه مستوية غالباً، تتصف بجملة من عناصر الشكل تشمل الحواف والرؤوس والوجوه والزوايا بين الوجوه التي تعد أهمها. كما أن للبلورة عناصر تماثل Symmetry، تضم المحاور والمستويات والمراكز، وتعد محاور التماثل أهم تلك العناصر. ومحور التماثل المرجعي هو خط مستقيم وهمي في البلورة يمكن إدارتها حوله فيكرر المظهر من وجوه وزوايا وحواف عدة مرات خلال دورة كاملة، وتبعاً لهذه المحاور تقسم البلورات في سبع نظم بلورية هي: ١- مكعبي، ٢- رباعي، ٣- معيني قائم، ٤- أحادي الميل، ٥- ثلاثي الميل، ٦- سداسي، ٧- ثلاثي.

الفصل الرابع

التركيب المعدني للترب

— المعادن الأولية في الترب

... أهم المعادن الأولية



التركيب المعدني للتربة Soil Mineral Composition

المعادن الأولية في التربة:

تعدُّ المعادن الأولية في التربة، مواد متبقية من تهدم وتجوية الصخور الاندفاعية، لذلك يمكن القول أنها نشأت نتيجة تفتت تلك الصخور فيزيائياً أو ميكانيكياً مشكلة قشرة التجوية، حيث تتكون التربة على سطحها.

أما المعادن الثانوية فهي التي تكونت من الصخور أو من المعادن الأولية نتيجة التغيرات الكيميائية أو الاتحادات، وهي تنشأ في الطبقات السطحية من اليابسة تحت تأثير العوامل المناخية والحيوية، وتلعب ظاهرة الاستبدال دوراً بارزاً في تكوين المعادن الثانوية وبخاصة الغضارية منها.

تسود المعادن الأولية على الثانوية من الناحية الوزنية في معظم الترب، بينما تسود الثانوية منها في ترب المناخات الحارة الرطبة، كالتراب الحمراء أو القرميدية، نتيجة شدة التجوية.

يتوضع القسم الأكبر من المعادن الأولية في الحبيبات الخشنة، كالحصى والرمل والغبار، وتتصف بشبيكة بلورية غير متحركة، وليس لها مقدرة على الاحتفاظ بالرطوبة أو الإمتزاز كما أنها لا تنتج عند ابتلالها.

تتميز هذه المعادن بعدم ثباتها أثناء عملية تكوين التربة، إذ تتهدم تدريجياً تحت تأثير الكائنات الحية والعوامل المناخية والمحاليل المائية، ويشذ عن هذه القاعدة عدد محدود منها إذ يكون شديد الثبات والمقاومة كالكوارتز والزيركون.

وتجدر الإشارة إلى أن لنوعية المعادن الأولية ونسبتها أهمية خاصة عند تحديد منشأ الصخور الأم، كما أن وفرة تلك المعادن في تربة ما تدل على حداثة تكوين هذه التربة أو على ضعف عملية تكوينها. ومع تقدم الزمن تتناقص تدريجياً نسبة المعادن الأولية وعددها لتظهر بدلاً عنها معادن ثانوية. لذلك

تتصف المعادن المتبقية منها في الترب المسنة بمقاومتها العالية للتجوية. نتيجة للتجوية ولعملية تكوين التربة تحرر هذه المعادن في محاليل التربة مركبات ذائبة تعمل على إمداد النباتات بأهم العناصر الغذائية المعدنية؛ كالفسفور والبوتاسيوم والكبريت والكالسيوم والمغنيزيوم، إضافة إلى كثير من المغذيات الصغرى، مثل الحديد والنحاس والزنك وغيرها.

أهم المعادن الأولية

لقد سبقنا الإشارة إلى أن أربع مجموعات من المعادن الأولية تشكل أكثر من ٨٥% من وزن القشرة الأرضية، وهذه المجموعات هي : الفلسبار والأمفيبول- البروكسين و الميكا والكوارتز، وفيما يلي استعراض لتلك المجموعات ومعادنها:

أولاً- مجموعة الفلسبار Feldspars :

هي أوسع المجموعات المعدنية إنتشاراً، سواءً في الصخور أم في الترب، إذ تشكل ٥٥% من وزن القشرة الأرضية و ١٠- ١٥% من وزن التربة. وهي تتسب تبعاً لموقع الألمنيوم فيها إلى السيليكات الألومينية، ويمكن اعتبارها أملاحاً لحمض متعدد السيليكات $H_4Si_3O_8$.

تمتاز أفراد هذه المجموعة بمقاومتها العالية للتجوية مقارنة بالسيليكات البسيطة، ويرجع هذا إلى بنيتها الهيكلية المترنة. تتصف هذه المجموعة بألوان فاتحة عادة، تراوح بين الأبيض والأصفر والوردي والأحمر، كما يكون بريقها ساطعاً.

تتألف البنية البلورية للفلسبار من رباعيات وجوه السيليسيوم والألمنيوم الأكسجينية مرتبطة معاً بواسطة شوارد البوتاسيوم أو الصوديوم أو الكالسيوم مكونة بنية هيكلية مترنة، ونظراً لاختلاف نسبة الاستبدال بين السيليسيوم والألمنيوم في رباعيات الوجوه واختلاف الشاردة التي ستشبع الشحطات الحرة ونسبتها، تتكون عدة أنواع من المعادن ضمن هذه المجموعة تشمل :

أ - الأورثوكلاز والميكروكلين: هما فليبارات بوتاسية شديدة الثبات، وعند تجويتهما يتحرر عنصر البوتاسيوم، أحد العناصر الأساسية في التغذية النباتية.

ب - الأليبت: فليبار صودي

ج - الأورتيت: فليبار كلسي

د - البلاجيوكلاز: فليبارات صودية كلسية، تضم عدداً من المعادن تختلف فيما بينها تبعاً لنسبة الصوديوم والكالسيوم؛ وتتألف من الأليبت والأوليغوكلاز والأنديزين واللابرادوريت والبيتونيت والأورتيت، حيث تزداد نسبة الكالسيوم والألمنيوم على حساب الصوديوم والسيليسيوم بدءاً من الأليبت وانتهاءً بالأورتيت.

عند تجوية الفليبار تتكون مختلف أنواع معادن الغضار وذلك تبعاً لرقم حموضة الوسط ونوع المادة السائدة فيه، فعادة ماينتج عن تدهم الفليبار معادن السمكتيت، إذا كان الوسط قلوياً مع وفرة من المغنيزيوم والكالسيوم، كما تتكون الميكا المائية (الإليبت) إذا كان الوسط خفيف الحموضة مع وفرة من البوتاسيوم، أما في الوسط الحامضي؛ بوجود الهيدروجين يتكون عادة الكاولينيت، ويترافق تكوين معادن الغضار المذكورة مع تكوين الأكاسيد المائية للسيليسيوم والألمنيوم، إضافة إلى كربونات القواعد والقواعد الترابية.

ثانياً - مجموعة الأمفيبول - البيروكسين *Amphyboles - Pyroxenes* :

وهي سيليكات سلسلية *Inosilicates* تُعدُّ أملاحاً لحمض ميتاسيليسيك H_2SiO_3

وتتضم زميرتين هما البيروكسين والأمفيبول.

البيروكسين: زمرة معادن ميتاسيليكاتية، حديدية مغنيزية أو كلسية، ونادراً ما تكون ألومينية، وهي ذات بلورات دقيقة جداً. وتعد البيروكسينات تجمعات سلسلية بسيطة أو مفردة، وتقسم تبعاً لنظام تبلورها إلى نمطين :

بيروكسين معيني قائم : $(Mg,Fe)SiO_3$ لا يحتوي على ألمنيوم أو كالسيوم، يضم معادن مثل إنستاتيت وهيرستين.

بيروكسين أحادي الميل: معادن أكثر أهمية وانتشاراً من السابقة، لا يحتوي بعضها على ألمنيوم مثل ديوبسيد بينما يحوي بعضها الآخر ألمنيوم مثل أوجيت. عند تجوية البيروكسينات فإنها تكون عدداً من المعادن أهمها الكلوريت والسرينتين $(H_2Mg_3Si_2O_9)$ الذي يتصف بلونه الأخضر. عند توافر تراكيز عالية من غاز الكربون في الوسط، فإن هذا يساعد على زيادة التجوية، لتتكون كربونات القواعد، وبخاصة كربونات المغنيزيوم، إضافة إلى السيليكات الثانوية أو معدن الأبال.

الأمفيبول: زمرة من المعادن، تشبه في خصائصها العامة البيروكسينات، غير أنها تكون بشكل تجمعات سلسلية مضاعفة (شريطية)، تحتوي على المغنيزيوم بنسبة أعلى من الكالسيوم، وقد تحتوي على الصوديوم، يدخل ضمن هذه الزمرة معادن الهورنبلند والتريموليت والأكتينوليت، ويعد الهورنبلند أكثر أفراد هذه الزمرة انتشاراً.

نظراً لسهولة تجوية معادن هذه المجموعة، فإنها لا تصادف إلا في الترب الفتية نسبياً المتكونة على صخور اندفاعية، أما في الترب المسنة؛ فإنها تتهدم مكونة معادن ثانوية، تختلف في نوعيتها تبعاً لظروف الوسط وشدة التجوية وتراكيب المعادن نفسها.

ثالثاً - مجموعة الميكا Mica:

تقع ضمن المعادن الورقية أو الصفحية من حيث البنية، وضمن أملاح حمض الأورثوسيليك تبعاً للصيغة الكيميائية. إن أكثر أنواع هذه المجموعة انتشاراً وأهمية هما الموسكوفيت أو الميكا البيضاء أو البوتاسية والبيوتيت أو الميكا السوداء أو المغنيزية.

تتميز الميكا ببنيتها الورقية أو الصفحية حيث تتكون من ثلاث وريقات أو صفائح، اثنتين من رباعيات الوجوه السيليسية تحصران واحدة من ثنائيات الوجوه الألومينية الهيدروكسيلية، وترتبط هذه الوريقات فيما بينها بواسطة شوارد البوتاسيوم أو الصوديوم أو المغنيزيوم أو الحديد.

تعد الميكا من أهم مصادر تغذية النبات بالبوتاسيوم، وهي تتجوى بسرعة عالية نسبياً مكونة الكاولينيت والإليت والسيليك، وغالباً ما يتحول البيوتيت عند تجويته إلى كلوريت.

تضم مجموعة الميكا عدداً آخر من المعادن أهمها الفلوغوبيت.

رابعاً - الأليفين Olivines :

تعد معادن الأليفين أملاحاً لحمض أورثوسيليسيك صيغتها $(MgFe)_2 SiO_4$ حيث تتغير النسبة بين الحديد والألمنيوم، وتدخل ضمن مجموعة السيليكات الجزرية (المنفردة) Nesosilicates. تتجوى هذه المعادن بسرعة عالية، لهذا فهي لا توجد إلا في الترب الفتية المتكونة على صخور قاعدية أو فوق قاعدية.

خامساً - النيفيلين $(NaK)AlSi_3O_8$ Nephelene :

إن هذا المعدن هو أحد أملاح أورثوسيليسيك، يتميز ببنية هيكليّة، وهو من أشباه الفلسمبار Feldsparoids التي تكون أفقر بالسيليسيوم مقارنة بالفلسمبار. وينتشر هذا المعدن في صخور السينيت النيفيلية والفونوليت وغيرها من الصخور القلوية.

يتجوى النيفيلين بسهولة وبسرعة، ويتهدم مكوناً مركبات ميتا سيليكات بسيطة وألومينات الصوديوم، وفي النهاية تتكون كربونات القواعد وأكاسيد السيليسيوم والألمنيوم، وقد يؤدي تجمع نواتج تجوية النيفيلين إلى تكزين المونتموريونيت.

سادساً - الكوارتز Quartz :

يتصف ببنية هيكليّة مترنة، لذلك يعد من أكثر المعادن مقاومة للتجوية وبالتالي فهو من أكثر المعادن انتشاراً في الصخور الرسوبية والترب. ومن الشائع أن يصادف في بلورات الكوارتز بعض الشوائب الدقيقة من غازات أو بلورات صغيرة أو سوائل محتبسة.

يعد الكوارتز أحد المكونات الدائمة للحجر الرملي واللوس والمجموعات الميكانيكية الخشنة في التربة، وهويشكل ٤٠-٦٠ % من وزن الترب والصخور الأم، وتزداد نسبته في مجموعة الحبيبات التي تزيد أقطارها على ٠.٠٠١ مم لتصل إلى ٧٠-٩٠ % من وزن تلك المجموعة .

الكوارتز معدن خامل وثابت جداً، عند تفتته الشديد يمكن أن ينحل بصعوبة بالغة في المحاليل الطبيعية، ونظراً لشدة ثباته الكيميائي فإنه قد يصبح بحجم الغرويات ويبقى محافظاً على تركيبه الكيميائي؛ وهذا يؤدي إلى وجوده بنسبة ما حتى في المجموعة الغروية من التربة.

تؤدي السيادة المطلقة للكوارتز في المواد الأم والترب إلى انخفاض مستوى خصوبتها بدرجة كبيرة. يعد الكوارتز في الترب المحلية (غير المنترلة)؛ وفي قشور التجوية معدناً ثابتاً جداً ويتراكم نسبياً، لهذا يمكن الحكم على عمر التربة ونشاط عمليات التجوية وتكوين الترب اعتماداً على نسبته في التربة وقشور التجوية.

سابعاً- معادن شديدة الثبات :

تنتشر في الصخور الرسوبية والترب بعض المعادن التي تتميز بثباتها الشديد ومقاومتها للتجوية لتبقى في الترب مدة طويلة، وتساعد مثل هذه المعادن في الحكم على عمر التربة؛ إذ تزداد نسبتها مع تقدم العمر.

إن معظم هذه المعادن يقع ضمن السيليكات الجزرية أو (المنفردة) أو المتجمعة (المزدوجة) من رباعيات الوجوه أو حتى الحلقية مثل: الزيركون والغارنت (الغرينا) والستاوروليت والإبيدوت والتورمالين.

ثامناً - الأباتيت $\text{Ca}_5(\text{F,Cl})(\text{PO}_4)_3$ Apatite:

معدن غير سيليكاتي، شديد الثبات يدخل في تركيب الصخور الاندفاعية، ويعتد أهم المصادر الطبيعية لتصنيع الأسمدة الفوسفاتية وبخاصة السوبرفوسفات؛ حيث يتم معالجة الأباتيت بحمض الكبريت أو حمض الفوسفور للحصول على السماد المذكور.

رغم أن الصخور تضم أكثر من ألف معدن إلا أن المجموعات السيليكاتية المذكورة هي التي تلعب الدور المهم في تكوين معظم التربة.



الفصل الخامس

المعادن الثانوية غير المتبلورة والذوابة في الماء

— المعادن الثانوية غير المتبلورة وخفية التبلور

— المعادن الذوابة في الماء



المعادن الثانوية غير المتبلورة والذوابة في الماء Amorphic & Water Soluble Secondary Minerals

تؤدي تجوية المعادن الأولية إلى تكوين محاليل وحللات وهلامات من السيليكا المائية وأكاسيد كل من الألمنيوم والحديد والمنغنيز المتبلورة منها والهلامية، كما تعمل على تكوين معادن الغضار وكربونات القواعد والقواعد الترابية والأملاح سهلة الذوبان في الماء. إن تجوية المعادن الأولية وما يرافق ذلك من عمليات استبدال، إضافة إلى الاتحادات الكيميائية بين نواتج تلك التجوية، كل هذا يعمل على تكوين المعادن الثانوية، وتشارك في ذلك الأحياء ومخلفاتها والمحاليل الأرضية. تنتشر هذه المعادن بشكل واسع في الصخور الرسوبية والترب، ويتصف معظمها بدرجة انتشار عالية وقد تكون متبلورة أو خفية التبلور أو غير متبلورة amorphous.

يتميز كثير من المعادن الثانوية البلورية عند مقارنتها بالأولية بأن لها شبكة بلورية متحركة وسعة امتزاز عالية، ومقدرة على امتصاص الماء واضحة، كما تتصف بوضوح الخصائص الغروية وبالتالي فإن هذه الصفات ستعكس على الترب الغنية بهذه المعادن. تقسم هذه المعادن تبعاً لدرجة تبلورها إلى معادن غير متبلورة أو خفية التبلور وأخرى بلورية.

أولاً: المعادن غير المتبلورة وخفية التبلور: تتكون هذه المعادن عن عملية التجوية وتكوين الترب، وكذلك عن تمعدن المخلفات النباتية والحيوانية. إلا أن حالة عدم التبلور هذه قد لا تدوم طويلاً، فمع مرور الزمن، قد تتحول إلى حالة بلورية، فمثلاً لا تبقى كربونات الكالسيوم حديثة الترسب بحالة غير بلورية سوى بضع ساعات، لا تثبت بعدها أن تتبلور، كما تتحول السيليكات إلى حالة بلورية مع مرور الزمن وحسب ظروف الوسط.

إن مفهوم درجة التبلور ليس مطلقاً؛ فأحياناً قد يظهر المعدن غير متبلور عند دراسته بواسطة الأجهزة البصرية، ولكنه يبدو بلورياً عند فحصه باستعمال حيود الأشعة السينية، كما أن المعدن الذي يبدو غير متبلور نتيجة فحصه بتلك الأشعة قد تلاحظ فيه بنية بلورية خفية عند فحصه بالمجهر الإلكتروني.

أهم أنواع هذه المعادن :

١- أكاسيد السيليسيوم : توجد هذه الأكاسيد غالباً بحالة غروية غير بلورية أو خفية التبلور بنسب كبيرة في الصخور الرسوبية وقشور التجوية والتراب. وكقاعدة عامة فإن المياه الأرضية، الجوفية منها والنهرية، تحتوي على محاليل ممددة حقيقية أو غروية من مركبات السيليسيوم الناتجة عن تخریب السيليكات، وكذلك عن تمعدن المخلفات العضوية، إذ يراوح تركيز SiO_2 في المياه الطبيعية بين ١٠-٢٠٠ مغ/ل، ويؤدي ترسب SiO_2 وتختثرها إلى تكوين أشكال متعددة من أكاسيد السيليسيوم غير المتبلورة، لاثبت أن تتبلور عند تخلصها من الماء متحولة إلى أشكال خفية التبلور ثم إلى أنواع متعددة من الكوارتز الثانوي. يدخل الجزء الأكبر من أكاسيد السيليسيوم الذائبة في تكوين معادن الغضار، وتضم هذه المجموعة مايلي :

أ- الهلامات السيليسية المائية $\text{mSiO}_2 \cdot \text{nH}_2\text{O}$: تصادف نادراً مقارنة بغيرها من أكاسيد السيليسيوم، إذ غالباً ما توجد في التراب بنسب منخفضة من هلامات السيليس القابلة للحركة أو من سيليكات الصوديوم.

ب- الأبال $\text{SiO}_2 \cdot \text{nH}_2\text{O}$, Opal: تلاحظ في الصخور الرسوبية والتراب هلامات صلبة من أكاسيد السيليسيوم تدعى أبالاً، وهو يحوي نسباً متفاوتة من الماء، وغالباً ما يلاحظ فيه بعض الشوائب من الحديد والألمنيوم وغيرهما، وهو معدن غير متبلور شفاف، أبيض مع ألوان مختلفة، وزنه النوعي منخفض يراوح بين ١,٩ - ٢,٣. يصادف الأبال في التراب بصورة حبيبات ناعمة

غبارية أو رملية أو عقد، وأحياناً بشكل أغشية أو طبقات رقيقة على سطوح حبيبات التربة والحصى. يتميز هذا المعدن في بدء تكوينه، بانخفاض وزنه النوعي، وارتفاع نسبة الماء فيه، ومع مرور الزمن، وبخاصة عند الجفاف وارتفاع كل من الحرارة والضغط، يتخلى عن مائه ويغدو أكثر ترصاً، ويمكن أن يتحول تدريجياً إلى صوان silix أو إلى يمسب jasper، فالصوان إذاً هو أبال خال من الماء، شديد التراص. عند تجوية الحجر الكلسي يبقى الصوان صامداً بشكل كتل حجرية متفرقة متفاوتة الحجم.

ج- الكالسيدوني SiO_2 Chalcedony: معدن خال من الماء، ذو بنية بلورية دقيقة، وزنه النوعي بحدود ٢,٦٠، وهذا أقل مما هو في الكوارتز. يشكل هذا المعدن أغشية في شقوق الصخور الاندفاعية والرسوبية، كما يصادف بشكل عقد أو تجمعات ناعمة. يرتبط لون هذا المعدن بنوع الشوائب، لذلك تميز فيه عدة أنواع أهمها: العقيق الأبيض Agate، ويعد الكالسيدوني من المكونات الرئيسة للصوان واليشب، ويمكن القول بأن الكالسيدوني قد يتحول مع مرور الزمن ويبطء شديد إلى كوارتز ثانوي.

٢- أكاسيد الألمنيوم: يمر تكوين هذه المعادن بالمراحل التي سبقت الإشارة إليها عند دراسة أكاسيد السيليوم.

تعد أكاسيد الألمنيوم من مميزات الترب القديمة في المناطق المدارية وشبه المدارية، ويتصف مثل تلك الترب بانخفاض مستوى خصوبتها. وتضم هذه الأكاسيد المعادن التالية :

أ - الجبسيات أو الهيدراجيليت $\text{Al}(\text{OH})_3$. Gibbsite (Hydrargillite):

هو أكثر معادن هيدروكسيدات الألمنيوم انتشاراً في الترب، ويوجد بحالة غروية أو خفية التبلور، ويشكل في ترب البوكسيت الاستوائية عقداً أو قشوراً ومجمعات فاتحة الألوان، لونه عادة أبيض أو أصفر شاحب،

وغالباً ما يتلون بالبنّي نتيجة وجود أكاسيد الحديد، وزنه النوعي ٢,٤٣.

ب - الليميت $Al_2O_3 \cdot H_2O$ Boehmite: معدن غير متبلور، أو خفي التبلور عديم اللون أو أبيض مصفر، يتلون بالبنّي عند وجود أكاسيد الحديد، وزنه النوعي ٣,٠١-٣,٠٦، يعد مثلاً نموذجياً للبوكسيت والترّب الأليتيّة القديمة في المناطق المدارية وشبه المدارية.

إن إحتواء الترّب على نسب كبيرة من هذه الأكاسيد يعمل على تكوين بنّي جيدة وعلى إضعاف الامتزاز الكاتيوتي، ولكنه يقوّى الامتزاز الأنيوني.

٣ - أكاسيد الحديد: أهم أنواعها: الليمونيت والهيماتيت والمغنيتيت، وتنتشر على نطاق واسع في قشور التجوية والترّب، وتعطي الترّب ألوانها البنية والحمراء والصفراء مع مختلف ظلالها.

تصادف هذه الأكاسيد بشكل عقد أو أدران ترابية، أو بصورة صفائح ودروع وتجمعات من خامات الحديد. إن التغيرات الطفيفة في نسبة الماء وفي درجة انتشار هذه المعادن تؤثر بشدة في لون تجمعات أكاسيد الحديد المائية والترّب وفي بنيتها أيضاً.

ويعتقد أن أصل هذه الأكاسيد مرتبط بالترسبات الحديثة لماءات الحديد والحديدي، التي تصادف عادة مع كبريتيد الحديد في الترّب المالحة وبخاصة المبللة منها، وكذلك في السبخات والمخثات وغيرها. وتجدر الإشارة إلى أن الماءات هذه غير ثابتة أبداً، فعندما تفقد ماءها تتحول تدريجياً إلى ليمونيت ثم هيماتيت ومغنيتيت.

أ - الليمونيت $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$: غير متبلور نموذجي يتغير لونه من بني أصفر إلى بني، قساوته متفاوتة بشدة؛ إذ تراوح بين ٥، وزنه النوعي ٣,٠-٤,٠، عندما يفقد جزءاً من مائه يتحول إلى غوتيت خفي التبلور يحوي جزيئة ماء واحدة.

ب - الهيماتيت Fe_2O_3 : يسمى أحياناً أكسيد الحديد الأحمر، وهو خال من الماء، خفي التبلور، يوجد بصورة تجمعات صفيحية لونه كالحديد الأسود، يكون محمراً، وزنه النوعي ٥,٠-٥,٢.

ج - المغنيتيت $FeO \cdot Fe_2O_3$: لونه حديدي أسود، وزنه النوعي ٤,٩-٥,٢، يختلف عن سابقه بخصائصه المغناطيسية.

تعد أكاسيد الحديد عاملاً مهماً في تكوين بني الترب، كما تلعب دوراً بارزاً جداً في الترب الحمراء والصفراء واللاتيريت. وتتصف هذه المعادن بمقدرتها على امتزاز شوارد الفوسفات بصورة تبادلية، وهي تنتشر في الترب المستتعية والغدقة.

٤- أكاسيد المنغنيز: وهي أقل انتشاراً، وبالتالي أقل أهمية من الأكاسيد السابقة، تضم معدن الواد wad ومعدن السيلوميلان psilomelane وهي معادن قائمة الألوان، غير نقية يتباين فيها تكافؤ المنغنيز.

٥- مجموعة أشباه الأكوفان Allophanoids: تعد أنواعاً غير بلورية من معادن الغضار، نتجت من الترسيب الحديث نسبياً لمركبات السيليسيوم والألمنيوم، صيغتها العامة $L \cdot SiO_2 \cdot mAl_2O_3 \cdot nH_2O$ مما يشير إلى تفاوت كبير بين نسب السيليس والألومين والماء.

يعمل ارتفاع رقم حموضة المحاليل الأرضية على زيادة النسبة الجزيئية SiO_2/Al_2O_3 علماً أن معادن الأكوفان السائدة هي ذات النسبة $SiO_2/Al_2O_3 = 2/1$. تتصف هذه المعادن عادة بألوان بيضاء رمادية، إلا أن استبدال الألمنيوم بالحديد وتكوين سيليكات غير بلورية يؤدي إلى إعطاء معادن قائمة الألوان أو حتى سوداء. تعد أشباه الأكوفان معادن مميزة للترب الفتية المتكونة على الرماد البركاني الحديث نسبياً، والملاحظ أن هذه المعادن يمكن أن تتبلور بسرعة كبيرة لتتحول إلى سيليكات ثانوية بلورية.

ثانياً: المعادن الثانوية البلورية

تقسم هذه المعادن إلى مجموعتين هما : المعادن الذوابة في الماء، ومعادن الغضار، وستدرس بفصل مستقل.

المعادن الذوابة في الماء : تنتشر بشكل واسع في الصخور الرسوبية والترب، وغالباً ما تتراكم بنسب عالية في ترب المناخات الجافة، وهي تضم: الهاليدات والسلفات والنترات والكربونات. وتتميز تبعاً لدرجة انحلالها في الماء إلى سهولة الانحلال كالهاليت، وأملاح القواعد، وضعيفة الانحلال مثل: الكالسيت والمغنيزيت. وفيما يلي عرض لبعض هذه المعادن:

١- **الهاليت :** معدن عديم اللون إن كان نقياً، بينما تكسبه الشوائب ألواناً متعددة تبعاً لنوعها.

٢- **السيلفيت :** يعد من المخصبات الأساسية للترب نظراً لغناه بالبوتاسيوم.

٣- **الجبس :** ينتشر بدرجة كبيرة في ترب المناخات الجافة ومنها ترب سورية، إذ يوجد بوفرة في ترب حوض الفرات والبادية، حيث تشكل الترب الجبسية نحو ٢٦% من مساحة القطر. وتؤدي سيادته في الترب إلى ظهور العديد من المشكلات الزراعية والهندسية، وفي الوقت ذاته يعد الجبس أهم المواد المستعملة في استصلاح الترب القلوية. إذا تخطى الجبس عن مائه يتحول إلى انهدريت مروراً بالسيمي انهدريت، ويصبح غير ذائب في الماء.

٤- **الميرابيليت :** يتصف بقساوة منخفضة، وطعم مر، وهو عبارة عن سلفات صوديوم تحوي عشر جزيئات من الماء، فإذا تخطى عن مائه تحول إلى تينارديت ليصبح أمداً قساوة.

٥- **الكالسيت :** وهو واسع الانتشار في الطبيعة، إذ يعد المكون الرئيس في الصخور الكلسية، كما يسود في ترب المناخات الجافة ومنها ترب سورية، إذ لا تخلو منه إلا بعض المناطق ذات الهطل العالي. وهذا المعدن قليل الذوبان

في الماء، ويعمل وجود CO_2 على ازدياد ذوبان الكالسيت، بعد أن تتحول الكربونات إلى بيكربونات. يمكن تقسيم الكالسيت في التربة إلى نوعين تبعاً لمنشئه: الكالسيت المنحدر عن الصخور الرسوبية دون أن يتعرض إلى أي تغيير، والكالسيت المستجد؛ حيث ينشأ عن عملية تكوين التربة من تفاعل الكالسيوم مع حمض الكربون. ويسهل التعرف على الكالسيت من تفاعله مع حمض كلور الماء الممدد. ويشبه الكالسيت الأراغوانيت في صيغته، ويختلف عنه بنيته البلورية إذ تكون معينة قائمة في الأراغوانيت.

٦- المغنيزيت : أعلى كثافة وأشد قساوة من الكالسيت.

٧- الدولوميت : يتألف من كربونات الكالسيوم والمغنيزيوم، ولايفور هذا المعدن عند معاملته بحمض كلور الماء، أو يكون التفاعل ضعيفاً وبطيئاً.

٨- السبديريت : هو كربونات الحديد، ويتكون في ظروف الإرجاع في التربة الرطبة حيث يعطيها الألوان الرمادية الخضراء المزرققة. يتحول لون هذا المعدن في حمض كلور الماء الساخن إلى أخضر مصفر نتيجة انحلاله في الحمض.

يعد وجود المعادن الذوابة في الماء من مميزات التربة والمواد الأم المالحة، وهي تتكون بنسب كبيرة بصورة ترسبات كيميائية في قيعان السبخات والبحيرات المغلقة والأهوار البحرية في ظروف المناخات الجافة الحارة، رغم وجودها أحياناً في تربة المناطق المعتدلة.

تتصف صخور الأحقاب الجيولوجية ماقبل الرباعي، باحتوائها على نسب عالية من هذه المعادن، لذلك فإن كشف تلك الصخور سيؤدي إلى انتشار معادنها في التربة مؤدية إلى تملحها.





الفصل السادس

معادن الغضار

— تصنيف معادن الغضار

— نشوء معادن الغضار

— الخصائص العامة لمعادن الغضار



معادن الغضار Clay minerals

معادن ثانوية، دقيقة التبلور، تتألف عادة من تناوب وريقات من رباعيات الوجوه وثمانياتها، لهذا تسمى السيليكات الورقية Phyllosilicates، كما يتألف بعضها من تناوب سلاسل مفردة أو مضاعفة من رباعيات الوجوه مشكلة بنية ليفية.

لقد سبقت الإشارة إلى أن رباعيات الوجوه تمتلك شحنات سالبة حرة، يمكن أن تشبع عن طريق تشاركها بشوارد الأكسجين لتشكل أنواعاً مختلفة من البنى البلورية، من ضمنها البنية الورقية، حيث تشترك كل رباعية وجوه بثلاث شوارد من أكسجينها مع ثلاث رباعيات وجوه مجاورة ويبقى أكسجين القمة غير مشبع، تؤدي تلك المشاركة إلى تكوين وريقات سداسية تدعى الصفائح Sheets، ترتبط صفائح الرباعيات بالتناوب مع صفائح الثمانية مكونة المطبقة Layer، حيث تكون النسبة بين صفائح الرباعيات والثمانية محددة في كل معدن، فقد تكون ١ إلى ١ أو ٢ إلى ١ أو غيرها.

وينظر إلى التركيبة الكلية للمطبقة مع المواد بينها كبنية لمجموعة متكاملة (وحدة بنوية) Unit structure، كما يرتبط عدد من الطبقات يراوح بين ١٠-٢٠ مكوناً شريحة بلورية تقع أبعادها بين ١-١٠ ميكرومتر (مكم) .

تعدّ معادن الغضار من الوجهة الكيميائية، سيليكات ألومينية مائية في المقام الأول، ثم سيليكات حديدية ومغنيزية وغيرها، صيغتها العامة $LSiO_2 \cdot mAl_2O_3 \cdot nH_2O$ ، وتعّد النسبة الجزئية بين السيليكا والألومين SiO_2/Al_2O_3 إحدى المؤشرات المهمة المميزة التي تساعد في تحديد هوية المعدن، وهي تراوح بين ٢-٥.

تصنيف معادن الغضار

تصنّف هذه المعادن استناداً إلى خصائصها الكيميائية والكيميائية البلورية، ومن أهمها:

١- البنية البلورية للمطبيقات: تعتمد على عدد الصفائح ونسبها، فهناك معادن

te-oc وهذا يعني ١ إلى ١، حيث تتناوب فيها صفيحة من رباعيات الوجوه مع أخرى من ثمانية الوجوه مشكلة صف المعادن ثنائية الصفائح. وصف المعادن ثلاثية الصفائح te-oc-te أي ٢ إلى ١، وأخيراً يعد بعض المختصين الكلوريت معدناً رباعي الصفائح بترتيب ٢ إلى ١ إلى ١

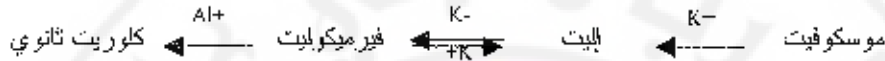
٢- البعد القاعدي أو سماكة المطبقة: يعد مؤشراً يحثل المرتبة الثانية بالأهمية، وقد يكون ثابتاً في بعض المعادن ومتغيراً في البعض الآخر. ويتدخل ضمن البعد القاعدي أيضاً المسافة البينية التي تفصل مطبقتين متجاورتين، وهذا البعد ثابت في الكاولينيت إذ يساوي ٠,٧٢ نانومتر (نم) ومتغير في السمكتيت من ١-٢ نم، تبعاً لامتصاص الرطوبة.

٣- الإحلال التبادلي في المطبقات والشحنة الكهربائية: يمكن أن تحدث عمليات إحلال تبادلي للذرات أو الشوارد في صفائح رباعيات الوجوه وثمانياتها. وتفسر هذه الظاهرة بعض الخصائص الشاردية للغضار، مثل: القدرة على الدل وتثبيت الشوارد بين المطبقات؛ فالكاولينيت غير قادر على الإحلال التبادلي، وهو يمتلك شحنات سالبة على الحواف الخارجية للمطبقات فقط، وبخاصة على المناطق الجانبية لتكسر المطبقات. لهذا لا يستطيع الكاولينيت أن يبدل الشوارد، كما أن سعة امتزازه الكاتيوني منخفضة جداً. أما الإليت، وبما يمتلك من قدرة على الإحلال التبادلي في صفائح رباعيات الوجوه، ومن شحنة سالبة تتوضع على سطوح مطبقاته، فإنه قادر على تثبيت شوارد البوتاسيوم بين مطبقاته، وبدرجة أقل يستطيع أن يبادل الشوارد على حوافها الخارجية. بينما يمتلك السمكتيت شحنات سالبة تنتشر على جميع سطوح مطبقاته الخارجية منها والداخلية، لذا فإن سعة امتزازه الكاتيوني عالية جداً.

تكوّن أو نشوء معادن الغضار:

تتكون معادن الغضار بإحدى الطريقتين التاليتين :

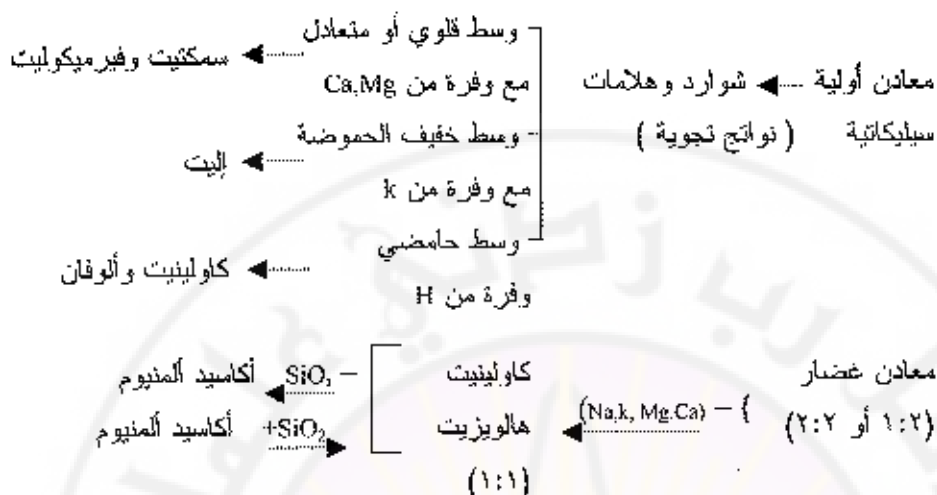
أ - التكوين المتيقي: يقصد به إزاحة بعض الذرات أو الشوارد من المعادن الورقية كالميكا مثلاً ليحل بدلاً عنها ذرات أو شوارد من المحلول المحيط، فإذا ما أزاحت شوارد الهيدرونيوم H_3O^+ جزءاً من البوتاسيوم الموجود في الميكا، فإنها قد تؤدي إلى تكوين أنواع جديدة من الغضار حسب المعادلة التالية:



وبهذه الآلية قد يتحول البيوتيت إلى فيرميكليت أو حتى إلى كلوريت ثانوي، ويساعد إرتفاع حموضة الوسط على هذا التحول، وفي مثل هذه الحالات، لا تتهدم البنية البلورية للمعادن الأولية وإنما تبقى محافظة على تطبيقها معطية معادن غضار مشابهة لها في التطبيق.

ب - المستجدات أو التكوينات الحديثة Newformations: تتكون معادن الغضار نتيجة الإتحادات التي تجري بين نواتج تجوية المعادن المختلفة، وفي مثل هذه الحالة تتهدم البنية البلورية للمعادن الأولية، هيكلية البنية كانت أو سلسلية، معطية نواتج تجوية متنوعة تعمل على تكوين أنواع متباينة من معادن الغضار ذات بنية جديدة.

إن السيليكات والألومينات والكاتيونات الناتجة عن التجوية قد تتحد معاً مكونة أنواعاً متعددة من معادن الغضار، ويتوقف نوع الغضار المتكون على ظروف الوسط وبخاصة رقم الحموضة، ونوعية الشوارد السائدة في المحاليل المحيطة، وهذا ما يوضحه المخططان التاليان:



يلعب المناخ دوراً واضحاً في تحديد نوعية معادن الغضار المتكونة، إذ يسود السمكتيت والإليت في ترب المناخات المعتدلة، بينما يسود الكاولينيت في ترب المناخات الرطبة. لقد أشار أبو نقطة عام ١٩٨٢ إلى العلاقة بين المناخ ونظام التربة المائي من جهة، ونوعية معادن الغضار المتكونة في ترب حوض اليرموك جنوب غرب سورية من جهة أخرى، فعلى نواتج تجوية البازلت والمواد المرافقة المنقولة يتكون معدن المونتموريونيت في الترب القرفية الكربونية، وهي تحتل الجزء المركزي من الحوض، أما في المناطق الأكثر رطوبة، فما هو الحال في الأجزاء الغربية من الحوض، حيث تنتشر الترب القرفية المغسولة والنموذجية، فكان معدن النونترونيت هو السائد في مجموعة الغضار (Ahumukta 1982)، كما أثبت المؤلف وجود علاقة طردية وثابتة بين جفاف المناخ المحلي وتكوين معدن الباليغورسكتيت؛ إذ وجد أن الترب الرمادية القرفية الفتحة، المنتشرة في أكثر مناطق الحوض المذكور جفافاً، تحوي نسبة عالية جداً من ذلك المعدن، تصل أحياناً إلى أكثر من ٧٥% من مجموعة الغضار، وبخاصة

في الأفق الكلسي، بينما تحوي التربة القرفية الكربوناتية آثاراً من ذلك المعدن، ولم يلاحظ وجود الباليغورسكيت في التربة القرفية المغسولة والنموذجية.

وكان المؤلف قد حدد عام ١٩٧٠ الانتشار السائد لمعدن الإليت في مجموعة غضار التربة الكستنائية والسولونتس في سهوب روسية، بينما لا يوجد المونتموريونيت فيها إلا بنسبة قليلة.

الخصائص العامة لمعادن الغضار :

١- بلوراتها دقيقة جداً، تقاس عادة بالميكرومتر (مكم) أو بأجزائه، لذلك توجد بصورة رئيسة في الحبيبات الناعمة.

٢- بلوراتها شرجية الشكل تشبه الميكا وقد تكون أحياناً إبرية أوليفية.

٣- تتصف ببعض الخصائص الغروية نظراً لصغر حجمها ولشحنتها الكهربائية.

٤- قادرة على امتصاص الماء والمحاليل العضوية.

٥- تمتاز الكاتيونات بدرجة كبيرة، فقد تصل سعة امتزازها الكاتيوني إلى أكثر من ١٥٠ ملليمكا في/١٠٠ غرام.

٦- تحتوي على ماء مرتبط كيميائياً يتحرر عند التسخين على حرارة معينة، تختلف من معدن لآخر، مما يساعد على تحديد نوعية المعدن.

٧- تكون لدنة لصوقة عند رطوبتها وتحافظ على الشكل الذي يعطي لها آنذاك، وتصبح صلبة قاسية عند جفافها.

٨- للبعد القاعدي أهمية كبيرة في تحديد هويات المعادن، إذ يكون محدداً ثابتاً في بعضها ومتغيراً تبعاً للرطوبة في بعضها الآخر.

ويلخص الجدول (٦) التالي الخصائص المهمة لبعض معادن الغضار.

جدول (٦) خصائص بعض معادن الغضار

الاسم المعدن	نسب المصفايح في المطبعة	البعد القاعدي، نم	النسبة الجزيئية $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	معة الامتزاج الكاتوني ممك/١٠٠ غ عند 7=PH	شكل الحبيبات تحت المجهر الالكتروني	الامتزاجية القصوى %
كاولينيت	1 : 1	0.72	2	15-3	شرائح سدسية جيدة التشكيل، متطاولة أحياناً	4 - 2
هالوزيت	1 : 1	1.08-1.0	2	50-40	شرائح متطاولة أبرية	20
مونتموريونيت	1 : 2	2.0-1.0 1.4	4	150-80	صفائح سنية الوضوح، نادراً ماتكون سدسية، تميل للتجمع	30
إليت	1 : 2	1.0	3.5-3	40-10	سنية الوضوح، تكون أحياناً بصورة شرائح سدسية	13
فيرميكليت	1 : 2	1.4-1.0 1.4	4	150-100	فئحات انيوية	20 ≈
كلوريت	1:1:2	1.4	4	40-10	سدسية سنية الوضوح	8 ≈

أهم معادن الغضار:

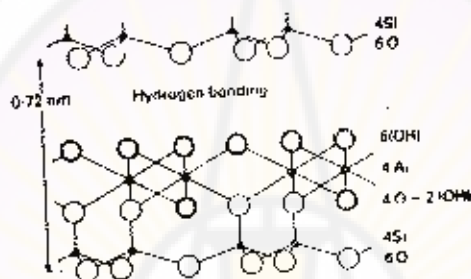
أولاً: صف المعادن ثنائية الصفائح: يضم مجموعتي الكاولينيت والهالوزيت.

أ- مجموعة الكاولينيت: تضم إضافة للكاولينيت الديكيت والناكرت، صيغتها $\text{Al}_2(\text{OH})_4\text{Si}_2\text{O}_5$. تنتشر بصورة واسعة في الترب الناضجة التي تعرضت لتجوية شديدة مدة طويلة في الأوساط الحامضية، وتتوافر مثل هذه الظروف في الترب الحمراء والصفراء والقرميديّة في المناطق الرطبة المدارية وشبه المدارية، كما تصادف بنسب قليلة في غيرها من الترب.

خصائص مجموعة الكاولينيت :

- ١- حبيباتها شريحية سدسية متطاولة، تظهر على شكل مادة ترابية بيضاء اللون.
- ٢- البعد القاعدي ثابت يساوي ٠,٧٢ نم، مما يعني عدم قابليتها للإنتاج أثناء ترطيبها.
- ٣- توجد بصورة رئيسة في الحبيبات التي تزيد أقطارها على ١ مم، رغم أنها تصادف عادة في الحبيبات التي تراوح أقطارها بين ٠,١-٥ مم.
- ٤- قدرتها على امتصاص الماء منخفضة.

- ٥- تبلغ سطوح امتزاجها الخارجية ٥-٤م^٢/غ وليس لها سطوح امتزاج داخلية.
- ٦- لاتتعدى سعة امتزاجها ٢٠ ممك/١٠٠ غ.
- ٧- فقيرة بالقواعد والقواعد الترابية، لذلك تحتاج التربة الغنية بثلث المعادن إلى إضافة أسمدة هذه القواعد.
- ٨- تنهدم عند تسخينها مدة ساعتين على حرارة ٥٠٠م، وهذا ما يميزها عن الكلوريت الذي لا ينهدم في الظروف المذكورة.
- ويظهر الشكل (٨) مخطط البنية البلورية للكاولينيت، كما يبين الشكل (٩) صورة مجهرية إلكترونية له .



شكل (٨) مخطط البنية البلورية للكاولينيت



شكل (٩) صورة للكاولينيت عن المجهر الإلكتروني

ب- مجموعة الهالوزيت: تشبه المجموعة السابقة كثيراً وتختلف عنها بما يلي :

١. لونها أبيض أو رمادي مصفر .

٢. أغنى بالماء، إذ تضم صيغتها جزيئين من الماء لتصبح $Al_2(OH)_4Si_2O_5.2H_2O$

٣. حبيباتها أصغر حجماً، وبالتالي سعة امتزازها الكاثيوني أعلى قليلاً إذ تراوح بين ٢٠-٣٠ ممك/١٠٠ غ.

٤. يساوي البعد القاعدي ١,٧٦ نم في حالة الجفاف يرتفع إلى ١,٠ نم عند الترطيب وقد يصل في بعض أنواعها إلى ١,٠٨ نم.

٥. تبدو حبيباتها تحت المجهر الإلكتروني بصورة إبرية أو شريحة متطاولة.

ثانياً - صف المعادن ثلاثية الصفائح :

يضم المجموعات التالية :

أ- مجموعة السمكتيت: أكثر معادنها انتشاراً المونتموريونيت، صيغته

$Al_2(OH)_2[Si_4O_{10}]nH_2O$. تنتشر معادن هذه المجموعة بصورة واسعة في جميع

الترب، عدا ترب المناطق الحارة الرطبة، إذ تتهدم بفعل التجوية الشديدة. تتكون

هذه المعادن عادة في الأوساط القلوية، عند سوء الصرف، لهذا فإن الصخور

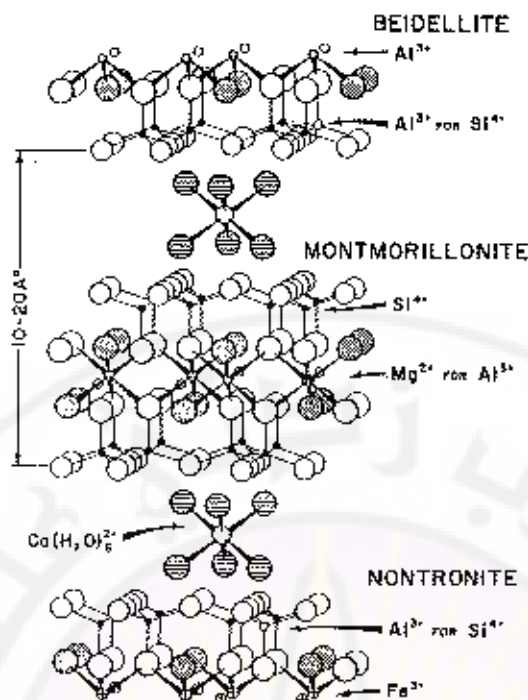
الانفصاعية القاعدية وكذلك الرماد البركاني تساعد على تكوين معادن هذه

المجموعة، وهذا ما يلاحظ بوضوح في ترب جنوب غرب سورية.

تضم هذه المجموعة أيضاً معدن البيدليت، وهو أغنى بالأكمنيوم ومعدن

النونترونيت، وهو أغنى بالحديد مقارنة بالمونتموريونيت. ويبين الشكل (١٠)

مخطط البنية البلورية للسمكتيت.



شكل (١٠) مخطط البنية البلورية للسمكتيت

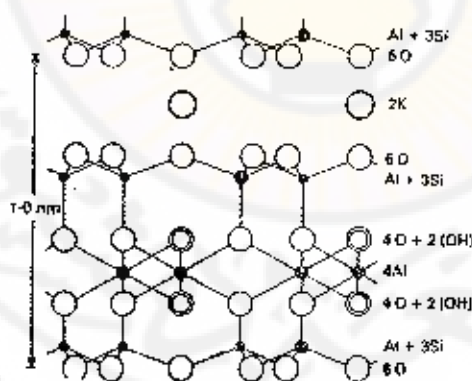
خصائص مجموعة السمكتيت :

- (١) شكل حبيباتها شريحي وأحياناً مسدسي سيئ الوضوح.
- (٢) أنق معادن الغضار وأنعمها، إذ تراوح معظم أقطار حبيباتها بين ٠,٠١ - ١ مم.
- (٣) سعة امتزازها الكاتيوني عالية تراوح بين ٨٠ - ١٥٠ ممك / ١٠٠ غ، ومقدرتها على امتزاز الأنيونات منخفضة جداً.
- (٤) يبلغ سطحها النوعي نحو ٨٠ م^٢/غ، منها ٨٠٠ م^٢/غ للسطوح الداخلية والباقي سطوح خارجية.
- (٥) تمتص الرطوبة بشراهة وتصبح عندها لدنة لصوقة وتنتج بشدة كما تتكمش عند الجفاف وتتشقق شقوقاً عريضة عميقة تحصر بينها كتلاً ترابية عالية الكثافة.
- (٦) يتغير البعد القاعدي من نحو ١ نم عند الجفاف إلى نحو ٢ نم عند الابتلال، وقد تنتج أكثر من ذلك إذا كانت مشبعة بالقلويات مثل الصوديوم أو الأمونيوم.
- (٧) تحوي نحو ٤% من وزنها MgO، كما تحتوي على مختلف الكاتيونات الممتزة.

٨) عند تسخينها على حرارة ٣٥٠-٥٠٠م، تتكسح شبكتها البلورية بصورة دائمة، وتفقد لصوقها ولدونتها وتخفض سعة امتزازها.

يتصف التراب الغنية بالسمنيت - إذا كانت فقيرة بالدبال - بخصائص فيزيائية سيئة كارتفاع اللدونة والالتصاق، وانخفاض نفاذية الماء والهواء، وارتفاع صفة إلفة الماء، وكذلك ارتفاع قدرتها على تثبيت الفوسفات، أما إذا ترافق وجود السمنيت مع وجود نسبة واضحة من المعادن الأولية والدبال فلن التربة تغدو جيدة الخصائص، عالية الخصوبة.

ب - مجموعة الميكا المائية: يعد الإليت أهم معادن هذه المجموعة، كما تضم الهيدروبيوتيت والهيدروفلوغوبيت. تصادف هذه المعادن في سائر التراب، عدا تراب المناطق المدارية المتكونة على صخور قاعدية. وتشكل نسبة كبيرة في حبيبات التربة التي تقل أقطارها عن ١-٢ مم. يعد الموسكوفيت والبيوتيت المصدر الرئيس لتكوين الميكا المائية بطريقة التبادل بين البوتاسيوم وهيدرونيوم الوسط. ويبين الشكل (١١) مخطط البنية البلورية للموسكوفيت.



شكل (١١) مخطط البنية البلورية للموسكوفيت

خصائص معادن مجموعة الميكا المائية :

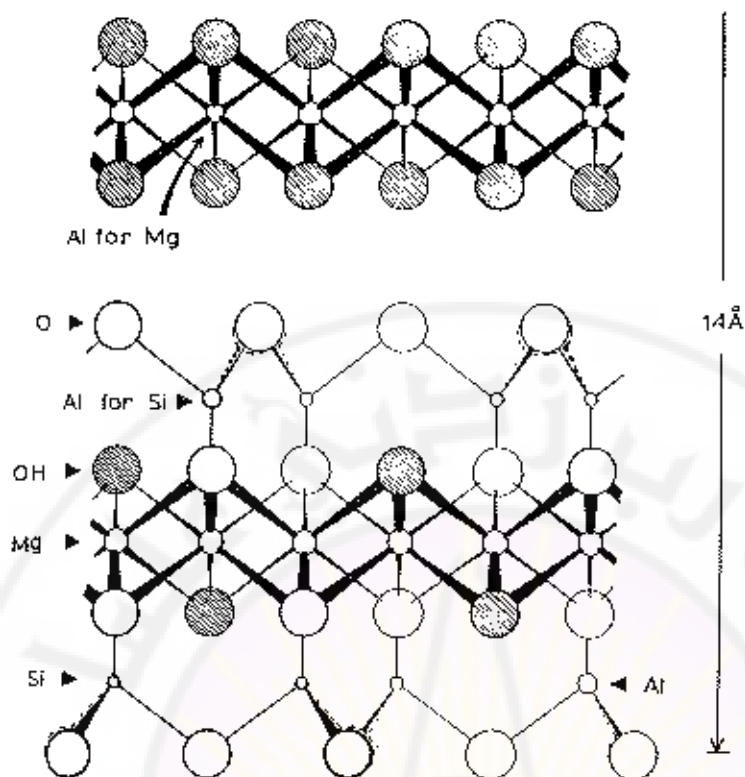
- (١) شكلها شريحي يشبه الميكا الأولية .
- (٢) سعة امتزازها الكاتيوني متوسطة، إذ تبلغ ٢٠-٤٠ ممك / ١٠٠ غ .
- (٣) يكون ولعها بالماء ولصوقها وانتباجها أقل كثيراً مقارنة بالسمكتيت.
- (٤) البعد القاعدي ثابت ويساوي ١,٠ نـم.
- (٥) مقدرتها في تثبيت الفوسفات أقل مقارنة بالسمكتيت.
- (٦) غنية بالبوتاسيوم والمغنيزيوم، حيث تستطيع النباتات الاستفادة منهما عند تحررها.

ج- مجموعة الفيرميكلوليت : معادن واسعة الانتشار في الترب، رغم وجودها بنسب قليلة. تتكون بآلية مشابهة لتكوين الميكا المائية، تشبه مجموعة السمكتيت في بعض خصائصها غير أنها أغنى بالمغنيزيوم والحديد وأقل انتباجاً، إذ لايتجاوز البعد القاعدي ١,٥ نـم عند انتباجها، كما أن سعة امتزازها أعلى إذ تراوح بين ١٠٠-١٥٠ ممك/ ١٠٠ غ، ويرأوح سطحها النوعي بين ٦٠٠-٨٠٠ م^٢/غ عندما يبلغ بعدها القاعدي ١ نـم.

ثالثاً- صف المعادن رباعية الصفائح :

يضم مجموعة الكلوريت العادي، وهي تنتشر بكثرة في ترب المناخات المعتدلة، تشبه الميكا في بنيتها مضافاً إليها صفيحة من ثمانية وجوه البروسيت $Mg(OH)_2$ ، شكل (١٢). البعد القاعد ثابت ويساوي ١,٤ نـم، يبلغ سطحه النوعي ٧٠-١٥٠ م^٢/غ وسعة أمتزازه الكاتيوني ١٠-٤٠ ممك / ١٠٠ غ.

بعد بعض المختصين الكلوريت معدناً ثلاثي الصفائح، إذ ينظر إلى صفيحة البروسيت كصفيحة بينية، أما الكلوريت ٠,٧ نـم فيقع تحت صف المعادن ثنائية الصفائح.



شكل (١٢) مخطط البنية البلورية للكلوريت

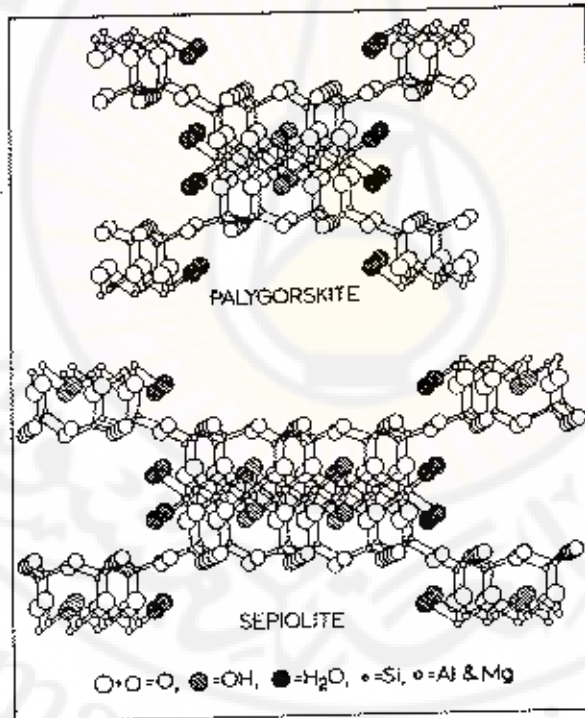
رابعاً - المعادن السلسلية - الشريطية :

أكثرها انتشاراً معدن الباليغورسكيت والسبيونيت، وهي سيليكات مغنيزية ألومينية حديدية، ليفية البنية، إذ تتألف من سلاسل مضاعفة من رباعيات الوجوه السيليسية، توجد على طولها أنابيب دقيقة من الماء، شكل (١٣)

تصادف هذه المعادن غالباً في قشور تجوية الصخور القاعدية والرماد البركاني، وهي من مميزات ترب المناطق الجافة. يشبه الباليغورسكيت معدن المونتوريونيت في خصائصه وغالباً ما يوجدان معاً. لقد أشار موير عام ١٩٥٢ ومن بعده ياريلوفا عام ١٩٦٥ إلى انتشار الباليغورسكيت في ترب البادية السورية، كما أشار أبو نقطة عام ١٩٨٢ و ١٩٩٤ إلى أن هذا المعدن واسع الانتشار وبنمبة عالية في الترب الرمادية القرفية الفاتحة في جنوب شرق

محافظة درعا قرب الحدود الأردنية، إذ تتماوى تقريباً نسب الباليغورسكيت والمونتموريونيت في الأفق السطحي لتلك التربة، بينما ترتفع نسبة الأول إلى أكثر من ٧٥% من وزن مجموعة الغضار في الآفاق العميقة، وبخاصة في الأفق الكلسي المتحجر Petrocalcic horizon .

يبلغ البعد القاعدي لهذا المعدن ٠,٩٧ نـم، وتراوح سعة امتزازه بين ٣٠-٥ ممك / ١٠٠ غ. وإن وجود مثل هذا المعدن بنسبة كبيرة سيعمل على ارتفاع نسبة المغنزيوم الممتز في التربة وبالتالي من آثار سلبية، إذ يؤدي إلى قلونة التربة. تضم هذه المجموعة أيضاً معدن البلومبيريت، وهوسيليكات كالسيوم، والسابونيت، وهو سيليكات مغنزيوم، ويوجدان غالباً في التربة القلوية والمالحة الصودية.



شكل (١٣) مخطط البنية البلورية لكل من الباليغورسكيت والسيبوليت



الفصل السابع

الصخور ودورها في تكوين التربة

- الصخور النارية
- الصخور المتحولة
- الصخور الرسوبية
- المواد الأم المكونة للتربة



الصخور ودورها في تكوين التربة Rocks & Their Role in Soil Formation

لقد سبقت الإشارة إلى أن القشرة الأرضية تتألف من صخور متباينة في صفاتها الفيزيائية وتراكيبها المعدنية والكيميائية. والصخور مواد صلبة متماسكة عادة، يتألف بعضها من معدن واحد مشكلاً صخوراً بسيطاً كالرخام مثلاً، الذي يتكون من الكالسيت وحده، بينما يحتوي معظم الصخور على معادن متعددة وتسمى صخوراً معقدة مثل: الغرانيت والبازلت وغيرهما.

تؤثر الصخور بدرجة كبيرة في خصائص التربة وفي تراكيبها؛ ويكون هذا التأثير شديد الوضوح وبخاصة في المراحل الأولى من عملية تكوين التربة. وتعد الصخور إحدى عوامل تكوين التربة، بل أهمها في المناخات الجافة. ومن المعروف أن التربة تتركب كثيراً من خصائصها عن الصخور الأم؛ فالحجر الرملي مثلاً يعطي تربة رملية فقيرة بالعناصر الغذائية، أما الصخور الطينية أو حتى البازلتية فغالباً ما تشكل تربة طينية غنية عادة بتلك العناصر، لذلك تتباين التربة المتكونة على صخور مختلفة حتى وإن نشأت في ظروف مناخية وحيوية متماثلة.

تقسم الصخور تبعاً لنشأتها إلى صخور نارية وثنائية رسوبية وأخرى متحولة.

أولاً: الصخور النارية Igneous rocks:

تنشأ هذه الصخور من تبرد الصهارة أو المagma وتصلبها، على أعماق مختلفة تحت سطح الأرض. والمagma مصهورات سيليسية معقدة مشبعة بالغازات وبخار الماء، يشكل السيليس فيها نحو ٣٥ - ٨٠ % من وزنها. وتنتشر فرضيات متعددة حول تركيب الصهارة، فقد تكون قاعدية (بازلتية)، يتشكل منها مختلف أنواع الصخور، حسب إحدى الفرضيات، وهناك من يقول

يُوجد نوعين من الصهارة، حامضية غرانيتية وقاعدية بازلتية، ويعتقد البعض الآخر بوجود تراكيب متعددة لها.

تكون المغما في الأعماق السحيقة صلبة نسبياً نظراً لارتفاع الضغط، وعند انخفاض هذا الضغط في شقوق أو فوالق القشرة الأرضية، أو عند ضعفها، تتحول المغما إلى مصهورات سائلة لزجة مشبعة بالغازات والبخار، وتصدع في شقوق القشرة الأرضية إلى مسافات مختلفة. ويلعب العمق الذي تتبرد فيه تلك الصهارة دوراً بارزاً في البنية البلورية للصخور؛ ففي الأعماق السحيقة يكون التبريد بطيئاً؛ مما يتيح مجالاً لنمو البلورات في الصخور العميقة أو الباطنية Plutonic مثل: الغرانيت والسينيت والديوريت والغابرو وغيرها .

أما الصهارة التي تصل إلى سطح الأرض بصورة لابة بركانية فإنها تتبرد بسرعة عالية نسبياً، لتكوّن الصخور السطحية أو البركانية، مثل: البازلت والدياباز والليبازيت وغيرها، وفي هذه الصخور تكون البنية البلورية غير تامة أو دقيقة البلورات، أو حتى عديمة التبلور في الطبقات السطحية للمقذوفات البركانية.

بنية الصخور النارية I.r. structure: تعد من أهم الخصائص التي تساعد على تحديد طبيعة الصخور ومنشأه وتصنيفه. ويقصد بالبنية شكل مكونات الصخر من معادن وطلع صخرية، ونظام ترتيبها ودرجة تبلورها، وترتبط البنية بسرعة تبرد المغما ومقدار الضغط الواقع عليها.

تقسم بنية الصخور النارية تبعاً لدرجة تبلورها إلى: ١ - تامة التبلور

٢ - غير تامة التبلور - ٣ - زجاجية أو أمورية.

تتصف الصخور تامة التبلور بظهور معادنها بصورة حبيبات بلورية أولورات جيدة التشكل، أما الصخور غير تامة التبلور فتحتوي إضافة إلى ما ذكر على قطع زجاجية، بينما تتألف الصخور زجاجية البنية بمعظمها من مادة

لم تتمكن من التبلور هي الزجاج، كما تحتوي على بلورات بدائية أو ما يسمى أجنة بلورية.

نسيج الصخور النارية **L.r. texture**: يعبر عن كثافة الصخور ونظام توزع أجزائها وبشكل خاص المعادن وتوزعها. يحكم على نسيج الصخور بالعين المجردة لأنه يظهر الخصائص ذات المقاسات الكبيرة مثل: الكتلية والمسامية والتطابق وغيرها.

يقسم نسيج الصخور إلى الأنواع التالية:

- ١ - كتلي **massive texture**: يتصف بتوزع حبيبات المعادن بصورة منتظمة متجانسة، وهو ما يميز الصخور العميقة.
- ٢ - مسامي **porous t.**: يتصف باحتوائه على فراغات تشاهد بالعين المجردة وهو يميز الصخور السطحية.
- ٣ - غير منتظم: يتصف بتوزع حبيبات المعادن عشوائياً داخل الصخر.

التركيب الكيميائي والمعدني للصخور النارية:

تتصف الصخور النارية بتيابن كبير في تراكيبها الكيميائية والمعدنية، وهي تحتوي بصورة رئيسة على مركبات السيليسيوم والألمنيوم والحديد والقواعد الترابية والقواعد، وتختلف نسب تلك المركبات من صخر لآخر، وهذا ما يلاحظ من الجدول (٧) التالي:

جدول (٧) التركيب الكيميائي للصخور النارية

الأكاسيد	غرانيت (حامضي)	ديوريت (متعادل)	غابرو (قاعدي)	بيريدوتيت (فوق قاعدي)	سينيت نيفيلي (قلوي)
SiO ₂	٧٤,٣	٥٨,٠	٤٩,١	٤٢	٥٣,٧
Al ₂ O ₃	١٣,٦	١٧,٣	١٥,٩	٣,١٤	٢١,٨
Fe ₂ O ₃	٠,١	٢,٢	٥,٩	٢,٨	٠,٨
FeO	٠,٩	٣,٩	٩,٥	٤,٤	٢,٧
MgO	٠,١٥	٢,٢	٦,٦	٤٠,٤	٠,٦
CaO	٠,٣	٤,٣	١٠,٥	٣,٣	١,٩
K ₂ O	٢,١	٤,١	٠,٣	٠,٣	٧,٠
Na ₂ O	٣,٧	٤,٣	٢,٣	١,٢	٨,٦

تصنيف الصخور النارية: تقسم الصخور النارية عموماً إلى صخور عميقة وأخرى سطحية، ويتمثل الاختلاف الجوهري بين هاتين المجموعتين في نوعية البنية البلورية لكل منهما؛ إذ تكون تامة في العميقة وغير تامة في السطحية. كما تقسم الصخور تبعاً لنسبة السيليكا والقواعد من جهة والحديد و القواعد الترابية جهة أخرى إلى صخور حامضية ومتعادلة و قاعدية. و يبين الجدولان (٩و٨) تصنيف الصخور النارية وأهم خصائصها.

جدول (٨) الصخور النارية العميقة وأهم خصائصها

الدرجة الحموضة	% SiO_2	درجة التميع	اسم الصخر	اللون السائد	البنية (نماذج للتفصيل)	المعادن الرئيسية
حامضية	٦٥-٧٥	لحوق متجمعة	غرانيت ديكاييت	وردي، رمادي	حبيبية، شبه بورفيرية يعتمانية	كلسيت صودي وبوتاسي ٦٠-٦٥%، كوارتز ٢٠-٣٥%، ملونة: ميك، هورنبلند، أوجيت ٥-١٥%
متعادلة	٦٥-٥٢	متجمعة	ديكاييت	رمادي، وردي	حبيبية، شبه بورفيرية	صفاص صودي وبوتاسي، حبيبات متفرقة من الكوارتز تصل حتى ٨%، ميك، أوجيت وهورنبلند.
قاعدية	٥٢-٤٥	ضعيفة	ديكاييت	رمادي فاتح (أخضر بني)	حبيبية	بلاجيوكلاز متجانس وحامضي (حبيبات متفرقة من الكوارتز)، هورنبلند، ميك، بلاجيوكلاز قاعدي، أوليفين وبروكسين.
فوق قاعدية	أقل من ٤٥	محدومة	ديكاييت بيروكسين	بني أسود	حبيبية	أوليفين، بيروكسين (يمكن أن يصاحف المغنيتيت، وكالوريت).
قلوية	أقل من ٥٥		ديكاييت ديكاييت	رمادي فاتح (أخضر بني) (أو مخضر)	حبيبية متجمعة	أورثوكلاز، أوليفين، أوجيت، أوجيت، هورنبلند، بيروكسين، تريبيوليت.

جدول (٩) الصخور النارية السطحية وأهم خصائصها

درجة الحموضة	اسم الصخر	اللون السائد	البنية (غير تامة للتفصيل)	المعادن الرئيسية
١ - حامضية	ديكاييت، بورفير كوارتزي أوبسيديان	رمادي فاتح بني محمر	بورفيرية زجاجية، زجاجية	كلسيت صودي وبوتاسي ٦٠-٦٥%، كوارتز ٣٠-٣٥%، ميك، هورنبلند، أوجيت ٥-١٥%.
٢ - متعادلة	ديكاييت، تراكيت، أورثوكلاز	رمادي، بني محمر	بورفيرية (خضنة السطح)	كلسيت صودي وبوتاسي (حبيبات متفرقة من الكوارتز تصل حتى ٨%، ميك، أوجيت، هورنبلند.
٣ - قاعدية	بازلت، دايالز	أسود تقريباً أخضر بني	بورفيرية دقيقة	بلاجيوكلاز قاعدي، أليين، بيروكسين.
٤ - فوق قاعدية	ديكاييت	أسود مخضر	حبيبية متوسعة	أليين، بيروكسين (يمكن أن يصاحف مغنيتيت، وكالوريت).
٥ - قلوية	ديكاييت	رمادي فاتح	كثيفة (كتيكة)	أورثوكلاز، أوليفين، أوجيت، أوجيت، هورنبلند، بيروكسين، تريبيوليت.

أنواع الصخور النارية:

أ - الصخور الحامضية Acidic rocks:

تضم الغرانيت واللبياريت والبغماتيت وغيرها، وتتصف بغناها بالميليك، إذ تراوح نسبتها بين ٦٥ - ٧٥ %، ثم الألمنيوم، كما تحوي نسبة معتدلة من القواعد، وقليلة من الحديد وأقل من القواعد الترابية. تتصف هذه الصخور بلونها الفاتح أو البني، وتحتوي بلورات جيدة الوضوح من الفلسبار والكوارتز والميكا، كما تحوي نسباً أقل من الكروم والزنك والنيكل والنحاس والكوبالت مقارنة بالصخور القاعدية، وهي غنية جداً بالغازات التي تنطلق عند التسخين.

إن أهم الصخور الحامضية هي الغرانيت Granite، وهي صخور عميقة، تامة التبلور، غنية جداً بالسيليس وفقيرة بالحديد والمغنزيوم، تسود فيها القواعد على القواعد الترابية.

تتميز التربة ونواتج التجوية المتكونة عن الصخور الحامضية بتفككها وغناها بالرمل والحصى مع احتوائها على كميات كافية من البوتاسيوم تنتج عن معادن الميكا، وتتضح هذه الصفات في المراحل الأولى من التجوية. وتحت المناخات عالية الرطوبة تتدنى بسرعة عالية خصوبة التربة المتكونة عن هذه الصخور، وتصبح التربة شديدة الحموضة نتيجة غسل القواعد و القواعد الترابية خارج حدود التربة بواسطة مياه الهطل.

ب - الصخور المتعادلة Neutral rocks:

يندرج ضمنها الأنديزيت والسينيت والديوريت وغيرها، تراوح نسبة السيليس فيها بين ٥٢ - ٦٥ %، وهي صخور فاتحة اللون. وتعد هذه الصخور درجات انتقالية بين الصخور الحامضية والقاعدية، فبعضها يشبه في خصائصه الصخور الحامضية كالديوريت، ويشبه البعض الآخر الصخور القاعدية كالأنديزيت.

إن أهم الصخور المتعادلة هي الأنديزيت Andesite، وهي تتصف ببنية غير تامة التبلور بورفيرية، وتتميز المادة خفية التبلور بلون رمادي فاتح أو بني محمر، تشاهد فيها بلورات متطاولة من البلاجيوكلاز بيضاء اللون مع بريق زجاجي، كما تشاهد صفائح البيوتيت بلونها البرونزي القاتم.

ج - الصخور القاعدية Basic rocks:

تضم البازلت والدياباز والغابرو وغيرها، تراوح نسبة السيليس فيها بين ٤٥ - ٥٢% من وزنها، ويدخل الجزء الأكبر من هذا السيليس في معادن السيليكات الألومينية. ولا يوجد الكوارتز إلا بنسبة ضئيلة. تتصف هذه الصخور بغناها النسبي بمركبات الحديد والقواعد الترابية والمنغنيز والكروم والكوبالت والزنك والنحاس والنيكل مقارنة بالصخور الحامضية، وإن معظم العناصر المذكورة تعد ضرورية في تغذية النباتات.

أهم الصخور القاعدية هي البازلت Basalt وهي صخور اندفاعية سطحية واسعة الانتشار، تضم البلاجيوكلاز القاعدي والأوجيت والأليفين، ونادراً ما يوجد الهورنبلند والبيوتيت. وتحتوي أحياناً على كميات كبيرة من حبيبات المغنيتيت. تتصف بنيتها البلورية بكثافة عالية وتبدو بصورة حبيبات ناعمة وأحياناً بورفيرية. يكون المكسر الطازج للبازلت شوكياً أسود، ومع مرور الوقت تصبح الصخور بنية صدئة أو خضراء قائمة نتيجة التجوية.

يكون نسيج هذه الصخور كتلياً وأحياناً كروياً أو لوزياً حيث تمثل المسام أو الفراغات بمستجدات من الزيوليت والكالسيت والأبال والكوارتز. ويتوضح في الصبات البازلتية توضع الكتل الصخرية بشكل أعمدة ضخمة، إضافة إلى الكتل والقنابل البركانية.

تتصف قشور التجوية والترب المتكونة على هذه الصخور بنعومة حبيباتها، إذ تصبح طينية، وتحافظ لفترة طويلة على رقم حموضة قلوي أو متعادل، كما

تحتوي نسبة عالية من الدبال، ويغلب فيها مجموعة السمكيت من بين معادن الغضار، كما تتميز هذه الترب بخصوبة عالية حتى وإن وجدت في مناخات مدارية رطبة.

تدعى الصخور التي تحتوي أكثر من ٧٥ % سيليساً صخوراً فوق حامضية Ultra acidic مثل الألاسكيت، أما التي تقل فيها نسبة السيليس عن ٤٥ % فتدعى صخوراً فوق قاعدية Ultra basic مثل البيريديونيت والبيروكسينيت والدونيت.

لا تشكل الصخور القلوية Alkaline rocks أكثر من ١ % من مجموع الصخور النارية، وهي غنية بالمعادن القلوية كالنيغلين واللوسيت وغيرهما. تبلغ نسبة انتشار الصخور الحامضية ٤٧ % والأنديزيت ٢٤ % ويحتل البازلت المرتبة الثالثة بنسبة ٢١ % من الصخور النارية.

ثانياً: الصخور المتحولة. Metamorphic rocks:

تنشأ الصخور المتحولة نتيجة التغيرات التي تطرأ على الصخور الرسوبية أو النارية تحت تأثير العوامل الفيزيائية؛ كالحرارة والضغط، أو عن العمليات الكيميائية؛ كالاستبدال بين مكونات الصخور. وقد تكون تلك التغيرات أو التحولات شديدة لدرجة يصعب معها معرفة أصل الصخر المتحول، وهنا تتغير بنية الصخر ونسيجه وتركيبه المعدني أو الكيميائي. ويمكن أن تنهدم المعادن الأصلية لتكون معادن أخرى أكثر ثباتاً في الظروف المستجدة. وتحدث عمليات التحول على أعماق كبيرة نسبياً داخل الأرض.

تعد الحرارة والضغط والمحاليل والغازات العوامل الرئيسية في التحول. ويمكن القول أن هذه الصخور تشبه النارية في بعض صفاتها؛ كالبنية البلورية، وتشبه الصخور الرسوبية في صفات أخرى، مثل التطبيق.

ويوجد ثلاثة أنواع رئيسية للتحول هي: تحول تماسي وحركي وإقليمي وهو أشدها إذ يترافق مع إعادة تبلور الصخور.

أهم الصخور المتحولة: إن أكثر هذه الصخور انتشاراً هو النيس والشيست والأردواز والكوارتزيت والرخام وغيرها.

١ - النيس Gneiss: يمكن اعتباره متحولاً عن الغرانيت نظراً لتشابه التركيب المعدني لكليهما. للصخر بنية بلورية حبيبية تتوضع بصورة صفائح أو شرائط متوازية متعاقبة، بعضها فاتح اللون من الفلسبار والكوارتز والآخر قاتم اللون من البيوتيت. ويمكن أن ينشأ النيس عن تحول الحجر الرملي والرمال.

تتكون على النيس عادة ترب حمراء أو محمرة وبخاصة في المناطق الحارة.

٢ - الشيست Schist: مجموعة واسعة الانتشار، تضم عدة صنوف تبعاً لنوعية المعدن السائد، وأكثرها شيوعاً هي الميكاشيست Micaschist، وهي صخور حبيبية بلورية تتألف أساساً من الميكا وحبيبات ناعمة من الكوارتز وغيره من المعادن. تختلف عن النيس بخلوها من الفلسبار وغناها بالميكاً مع تطبيق شديد الوضوح.

٣ - الرخام Marble: صخر متحول عن الحجر الكلسي، ويتألف بصورة رئيسية من الكالسيت، كما قد يضم الدولوميت والكوارتز والفلسبار وغيره. لون الصخر النقي أبيض، لكن وجود الشوائب تكسبه ألواناً متباينة. ويسهل خدش الرخام بواسطة السكين، وهو يفرغ بشدة عند معاملته بحمض كلور الماء. يعد هذا الصخر أفقر أنواع الصخور الكلسية بالعناصر المغذية للنبات. وتجدر الإشارة إلى أن دور الصخور المتحولة في تكوين الترب ضئيل للغاية.

ثالثاً: الصخور الرسوبية Sedimentary rocks:

لا تشكل الصخور الرسوبية سوى نحو ٥ % من القشرة الأرضية، إلا أنها تغطي معظم سطح الأرض بصورة غلاف مختلف الأعماق، لذلك يمكن القول إن عملية تكوين التربة تجري بصورة رئيسة على الصخور الرسوبية. بدأ تكون هذه الصخور في الأحقاب الجيولوجية القديمة جداً، وعلى مر العصور تجمعت طبقات ضخمة من هذه الصخور مختلفة الأعمار والأنواع. ويفترض الجيوكيميائي غولد شميدت أن عمليات التجوية والحت قد هدمت وغسلت ١٦٠ كغ من الصخور النارية من كل ١ سم ٢ من سطح الأرض وتكون منها وسطياً نحو ١٧٠ كغ/سم ٢ من الصخور الرسوبية. ومن معرفة مساحة الكرة الأرضية البالغة نحو ٥١٠ مليون كم ٢، يمكن حساب كمية الصخور الرسوبية المتكونة على سطح هذا الكوكب بصورة طبقات في قيعان المحيطات والبحار وفي التضاريس المنبسطة المحيطة بالجبال، لا بل أن كثيراً من التكتشفات الصخرية في الجبال يمكن أن تكون صخوراً رسوبية.

وتتم عملية تكوين هذه الصخور وبخاصة الفتاتية منها بالمراحل التالية:

- ١ - تكون المواد الرسوبية بواسطة عمليات التجوية.
- ٢ - نقل المواد الرسوبية بالمياه أو الجاذبية أو الرياح وغيرها.
- ٣ - ترسب تلك المواد.
- ٤ - تصخر المواد الرسوبية من خلال الرص واللحام والتبلور من جديد، وبعض التبدلات التحولية.

إن أهم ما يميز الصخور الرسوبية، مقارنة بالنارية، هو انخفاض كثافتها، وألوانها الفاتحة عموماً، وعدم وضوح بنيتها البلورية في معظم الأحيان. يسود الطفل (الشل) Shale والصخور الطينية من حيث انتشارها، إذ تشكل ٧٧ % ثم يأتي الحجر الرملي بنسبة ١١,٣ % فالحجر الكلسي بنسبة ٥,٩ % ويتألف الباقي من صخور مختلفة.

تقسم الصخور الرسوبية تبعاً لموقع تكوینها إلى بحرية وقارية:

١ - الصخور البحرية: تضم الطفل Shale والحجر الرملي Sandstone والحجر الكلسي Limestone والرصيص أو القضة Conglomerates. تتصف هذه الصخور عند مقارنتها بالقارية منها، بارتفاع كثافتها واحتوائها على مخلفات الفلورة Flora والفونة Fauna البحريتين، كما تحتوي على خلأط من الكلس والأملاح سهلة الذوبان. وأهم أنواع هذه الصخور هو الشل والحجر الكلسي والحجر الرملي.

لا شك أن التربة المتكونة على صخور طينية، ستكون طينية أيضاً ومتنوعة، تتصف بجميع الخصائص المميزة لهذه التربة، أما الترب المتكونة على الحجر الرملي فتتصف بتركيبها الميكانيكي الحصوي الرملي، وبفقرها بعناصر تغذية النبات، وعموماً بانخفاض خصوبتها.

ونتيجة التجوية وتكوين التربة على الصخور الكلسية - التي تحوي عادة ٧٥-٩٥% كربونات كالسيوم - تتكون ترب طينية جيدة البنية، رقم حموضتها متعادل أو خفيف القلوية، ذات محتوى عالٍ نسبياً من الدبال، كما تتميز بخصائص فيزيائية جيدة، وبالتالي بخصوبة عالية نسبياً.

رغم الانتشار الواسع لهذه الصخور، إلا أنها تكون عادة مغطاة برواسب قارية في التضاريس المنبسطة المحاذية للشواطئ، غير أنها يمكن أن تصبح مهداً لتكوين الترب عند تشكل الجبال وتكشف تلك الصخور على السطح.

٢ - الصخور القارية: تغطي عادة التضاريس المنبسطة والمنحدرات الخفيفة من اليابسة بتوضعات من الصخور الرسوبية القارية بمختلف أنواعها. وتظهر كقشرة تجوية تغطي الصخور النارية والبحرية، كما تكون أغلفة في أسفل السفوح الجبلية وأماكن ترسبات التيارات المائية الجبلية، وفي الوديان القديمة ودالات الأنهار. لقد انتقلت هذه الصخور وانتشرت مع حركة التلاجات

والتيارات المائية والريحية، وهي لا تحوي مخلفات الفلورة والفونة البحريتين، كما لا تحوي أملاحاً سهلة الذوبان.

عمر الصخور الرسوبية: تقسم هذه الصخور تبعاً لعمرها إلى قديمة وحديثة، ويعدّ الحقب الرباعي الحد الفاصل بين هذين النوعين، ويستمر تكوين الصخور الحديثة في الوقت الراهن.

تختلف الصخور الحديثة عن القديمة نتيجة تعرض الأخيرة لتغيرات كبيرة، وتزداد هذه الاختلافات وضوحاً مع مرور الزمن؛ فغالباً ما تكون الصخور الحديثة مفككة منخفضة الكثافة ($0,9 - 1,6$ غ/سم³) عالية المسامية، واضحة التطبيق، ومع مرور الوقت، تصبح أكثر تماسكاً والتحاماً، وتزداد كثافتها لتصل ($1,9 - 2$ غ/سم³) ويتناقص أو ينعزم تطبقها ومساميتها، ويحدث الالتحام بتأثير الضغط والحرارة العاليتين، وحركة وتجمع المواد الملاطية الكلسية أو السيليسية أو الحديدية وغيرها داخل هذه الصخور.

طرائق تكوين الصخور الرسوبية:

تقسم هذه الصخور تبعاً لطرائق تكوينها في ثلاث مجموعات:

١ - رواسب ميكانيكية أو فتاتية **Clastic deposits**: هي الفتات الصخري متباين الحجم الذي تم ترسيبه من وسائط نقله المختلفة، مثل التيارات المائية وحركة المجلدات (الجليديات) والرياح أو بفعل الجاذبية، وتقسم هذه الرواسب تبعاً لحجومها إلى ما يلي:

أ - الأنقاض الحطامية: هي صخور وحجارة وحصى الركام الجليدي أو السفحي بمختلف أحجامها إذ تزيد أقطارها على ٢ مم.

وعندما تتماسك هذه الأنقاض فإنها تعمل على تكون الصخور التجمعية **Conglomerates** التي تضم البودنغ **Pouding** المؤلفة من قطع صخرية ملساء مدورة الحواف متعددة المصادر متماسكة معاً بملاط كلسي أو سيليسي أو

حديدى أو غضاري وغيرها. وهذا ما يميزها عن البريش Breccia المؤلف من فتات صخري ذي زوايا.

ب - الرمال: هي الرواسب التي تراوح أقطار حبيباتها بين ٠,٠٥ - ٢ مم، وتنتج عن حركة الأمواج الشاطئية، وتيارات مياه الجليديات والأنهار والجدول وكذلك بفعل الرياح.

عندما تتماسك الرمال بواسطة ملاط سيليسي أو كلسي أو حديدي، يتكون الحجر الرملي Sandstone، وقد يكون هذا الصخر وحيد المعدن إذ يتألف من الكوارتز، أو قد يحتوي على معادن أخرى. يصانف الحجر الرملي بصورة تجمعات متراسة في مختلف الظروف القارية والبحرية.

ج - الغرين Silt: تقع أقطار حبيباته بين الرمل والغضار (٠,٠٠٢ - ٠,٠٥ مم)، يترسب عادة في المسطحات المائية أو بفعل التيارات الريحية أو المائية.

د - الطين Pelite: هي أكثر الصخور الرسوبية انتشاراً، إذ تشكل أكثر من ٥٠ % من مجموع الصخور الرسوبية. وتسود فيها حبيبات الغضار التي تقل أقطارها عن ٠,٠٠٢ مم. وتترسب في المسطحات المائية والبحيرات والذالات. وقد تحتوي هذه الرواسب على أملاح سهلة الذوبان، أو على تجمعات من مركبات الحديد والألمنيوم وتدرجات أو طبقات من الكلس أو الجبس.

تتصف الصخور الطينية عموماً بتطيقها الواضح غالباً، وهي غنية بالمغذيات النباتية، وسيئة الخصائص الفيزيائية، مما يؤدي إلى تدني مستوى خصوبتها، علماً أن خصوبتها الكامنة قد تكون عالية.

٢ - رواسب كيميائية: يترسب العديد من المركبات الكيميائية من المياه السطحية في الطبيعة وبخاصة في المناخات الحارة الجافة، التي تعمل على شدة البخر. وبهذه الآلية تتكون طبقات ضخمة من الصخور الكيميائية، حيث يتعلق

تركيبها بالظروف الجيوكيميائية والطبيعية للمنطقة. وقد تكون هذه الصخور نقية أو مشوبة بالطين أو الرمال أو حتى بالحجارة. ومن أهم هذه الصخور يأتي المارل الذي يترسب في المياه العذبة، ويحوي نسبة عالية من كربونات الكالسيوم. كما يترسب الجبس والميرابيليت والهاليت والسيليكات وأكاسيد الحديد والمنغنيز ومركبات العناصر الدقيقة على قيعان البحيرات المالحة أو الخلجان والأهوار البحرية عند ارتفاع تركيز الأملاح في هذه المياه.

انتشر تشكل الصخور الكيميائية في العصر البيرمي خصوصاً، وبهذه الآلية تكونت طبقات ضخمة من خامات الكلس والجبس وغيرها من التوضعات الملحية المستعملة في الصناعات الكيميائية والإسمنتية. كما تتشكل الترسبات الملحية، حتى في الوقت الحاضر، في أماكن واسعة ومتعددة من القشرة الأرضية.

تتصف الترب المتكونة على ترسبات ملحية نقية بخصوبة منخفضة جداً، وقد لا تكون صالحة للزراعة إطلاقاً. أما الترب النائمة على الكلس والطباشير فتتصف عادة بارتفاع درجة خصوبتها وبخصائصها الفيزيائية الجيدة.

٣ - رواسب حيوية: تتألف هذه الصخور من طبقات قد تصل أعماقها إلى عشرات الأمتار من مواد عضوية، تكون في أغلب الأحيان من أصل نباتي، حيث تتجمع في قيعان البحيرات وضافها بصورة خث (Peat).

وإن تراكم طبقات ضخمة من المخلفات النباتية قد تتحول إلى لبغيت أو فحم حجري عند انطمارها في الأرض، نتيجة الضغط العالي والحرارة المرتفعة والتحلل اللاهوائي.

تتصف الأحياء التي تعيش في المياه العذبة بنشاط حيوي كبير وباختلاف أنواعها وحجومها، مما يعمل على ترسيب طبقات عميقة من حبيبات دقيقة من الطين العضوي، حيث يستعمل في التسميد نظراً لغناه بالفوسفور والأزوت

والبوتاسيوم وغيرها من عناصر التغذية. ويندرج ضمن هذه الترسبات بعض أنواع الكلس والتجمعات السيليسية لمخلفات تلك الأحياء.

إن التربة المتكونة على ترسبات عضوية نباتية ذات خصوصية تميزها جذرياً عن التربة المتكونة على باقي الصخور.

أنواع الصخور الرسوبية:

أولاً: الصخور الكربونائية: تشكل نحو ٨ % من مجموع الصخور الرسوبية، وتضم ما يلي:

١ - الحجارة الكلسية Limestones: تتألف من كربونات الكالسيوم بنسبة تزيد عادة على ٩٥ % بصورة كالكسيت غالباً. وتتكون عموماً من بقايا القواقع، كما تحتوي على خلائط من الرمل والطين والسيليكا والدولوميت وبعض المركبات العضوية. تتكون هذه الصخور بطرائق كيميائية أو حيوية، كما قد تتكون أحياناً من فتات منقول.

يتصف اللايمستون ببنية بلورية حبيبية أو سرئية، وتكون الصخور مترابطة أو مفككة، يسهل خدشها بالسكين، تقور عند معاملتها بحمض كلور الماء الممدد، لونها متنوع نظراً لاختلاف الشوائب فيها، فقد يكون اللون أبيض أو مصفراً أو رمادياً قاتماً أو حتى أسود.

٢ - الطباشير Chalks: صخور ترابية طرية سهلة التفتت، لونها أبيض أو مصفر، تحوي نحو ٩٠ - ٩٩ % كالكسيت، لذا فهي تقور بشدة عند معاملتها بحمض كلور الماء الممدد. يغلب في تركيبها المخلفات الكلسية للكائنات الدقيقة، وأهمها المنخربات Foraminifera والطحالب مختلطة مع مساحيق من الكالكسيت والغضار، كما تحوي البقايا السيليسية للمشطورات Diatoms؛ وهي طحالب مجهرية وحيدة الخلية جذرها مشبعة بالسيليكا.

٣ - الدولوميا Dolomia: يتألف من الدولوميت بنسبة تزيد على ٥٠ % من

وزنه، كما يحتوي على مختلف الشوائب التي تجعله طينياً أو رملياً أو حديدياً وغيرها. تكون هذه الصخور كتيمة أو مفككة مائية أو حتى ثرابية، ألوانها متعددة وغالباً ما تكون رمادية أو مصفرة لكنها قد تصبح قاتمة. لا تفور عند معاملتها بحمض كلور الماء الممدد أو قد يكون تفاعلها ضعيفاً.

٤ - المارل Marl: صخور كلسية غضارية غير ثابتة التركيب، إذ تختلف فيها نسبة الغضار إلى الكلس، وتبعاً لذلك تقسم إلى الأشكال التالية: مارل كلسي يحوي ٥ - ٣٥ % غضاراً، مارل يحوي ٣٥ - ٦٥ % غضاراً، ومارل غضاري يحوي ٦٥ - ٩٥ % غضاراً. إن مصدر الكلس متنوع فقد يكون ميكانيكياً أو حيوياً. لون هذه الصخور متعدد وغالباً ما يكون مبرقشاً، تختلف درجة تماسك المارل وكثافته، وقد يكون أحياناً صفيحياً. يتميز المارل عن الحجر الكلسي عند معاملته بحمض كلور الماء؛ إذ تبقى على سطح المارل بقع قاتمة ناتجة عن الغضار غير المتفاعل مع الحمض. يتكون المارل بشكل رئيس في البحار والبحيرات، وتختلف التربة المتكونة عليه حسب طبيعته.

ثانياً: الصخور السيليسية Siliceous rocks:

هي صخور دقيقة الحبيبات، كتيمة أو مسامية، فاتحة اللون عادة، تتكون عن تراكم الأجزاء السيليسية من مخلفات الأحياء الدقيقة المائية التي تتكون هياكلها أو جذرها من السيليس، بصورة أبال أو كالكسيدوني أو كوارتز ثانوي، وتستطيع تلك الأحياء العيش على أعماق مختلفة في المياه.

إن هذه الصخور أقل انتشاراً من الكربوناتية، وهي تحوي مختلف الشوائب كالرمل والغضار والكلس وغيرها. ويندرج تحت الصخور السيليسية الحجر الرملي أيضاً.

وبيين الجدول (١٠) التركيب المعدني لبعض الصخور الرسوبية، بينما يوضح الجدول (١١) تركيبها الكيميائي.

جدول (١٠) التركيب المعدني لبعض الصخور الرسوبية

الصخر	المعدن الرئيسة % وزنية
١ - الطفل Shale	كوارتز ٣٠، فلبسار ١٢، ميكا ١٨، كاولينيت ١٢
٢ - الحجر الرملي Sandstone	كوارتز أكثر من ٧٠، فلبسار ٨، كاولينيت، كالسيت، ودولوميت ٣
٣ - الحجر الكلسي Limestone	كالسيت ٦٠-٧٠، دولوميت ٣٠-٤٠، كوارتز ٢

جدول (١١) التركيب الكيميائي لبعض الصخور الرسوبية % وزنية

الصخر	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	CO ₂	H ₂ O
١ - الطفل	٥٨,٩	١٥,٦	٤,١	٢,٥	٢,١٥	٢,٥	٣,٣	١,٣	٢,٧	٣,٧
٢ - الحجر الرملي	٧٧,٨	٧,٣	٢,١	٠,٣	٣,٣٠	٠,٨	١,٤	١,٢	٢,٢	٢,٢
٣ - الحجر الكلسي	٥,٢	٠,٨	٠,٥	٠,٠	٤٢,٦	٧,٩	٠,٣	٠,١	٤١,٤	٠,٨

يتضح من الجدول السابق التباين الكبير في التراكيب الكيميائية لأهم الصخور الرسوبية.

المواد الأم المكونة للتربة Soil parent materials:

يطلق على الفتات الصخري الذي تتكون منه التربة إسم المواد الأم أو المواد المكونة للتربة، وتقسم هذه المواد تبعاً لموقعها إلى قسمين:

أولاً: رواسب محلية Eluvial deposits: هي نواتج تجوية الصخور المتبقية في موقع تشكلها دون انتقالها إلى موقع آخر؛ تنتشر هذه المواد عادة في التضاريس المنبسطة لخطوط مقاسم المياه؛ حيث لا تساعد تلك التضاريس على عمليات نقل المواد مطلقاً أو يكون النقل ضعيفاً.

إن أهم مميزات هذه المواد هو ارتباطها الوثيق مع الصخور التي كونتها والانتقال الشاقولي التدريجي في مقطع الأرض.

ثانياً: رواسب منقولة. Transported d. وتضم الأنواع التالية:

١ - رواسب المنحدرات الخفيفة (الهبوطيات) Deluvial d. هي ما يتجمع

أسفل المنحدرات الخفيفة، نتيجة انجراف نواتج التجوية بالسيح السطحي لمياه الأمطار. ومن أهم مميزات تطبيقها وفرزها الميكانيكي؛ حيث يترسب الفتات الخشن أولاً، يليه الفتات الأنعم إلى الأسفل، غير أن هذه القاعدة ليست مطلقة.

يتصف التركيب الميكانيكي لهذه الرواسب بتباين شديد، لكنه يبقى دائماً بحجوم الرمل وما دون ذلك.

٢ - ركام السفوح Colluvial d. تتصف التيارات المائية في المناطق الجبلية

بسرعتها العالية، وتستطيع بمساعدة الجاذبية أن تجرف كل ما يعترض طريقها، لتجمعه في البطاح والوديان وأسرّة الأنهار، بعد قطعه مسافة طويلة، ليكوّن مخاريط مميزة أو مراوح من الركام المتباين في تركيبه الصخري والميكانيكي. وقد يجتمع هذا الركام مع الطمي ليكون مواد أم مختلفة.

٣ - الرواسب الطميية Alluvial d. هي المواد الناعمة التي تترسب من مياه

الأنهار عندما تخف سرعتها، أو من مياه الفيضانات النهرية عندما ينخفض مستواها، كما تترسب في الدالات النهرية. تتميز هذه الرواسب بتطبيقها الواضح وفرزها الميكانيكي، وقد يلاحظ فيها عروق حمراء أو بنية أو رمادية مخضرة بدرجات متفاوتة. يعد الطمي مواد أم لترب متنوعة عالية الخصوبة.

٤ - رواسب الجليديات أو المجلدات Glacial d.: وهي الجرافة المترسبة بعد ذوبان الجليديات المنقولة من مسافات بعيدة، وهي متباينة التراكيب الميكانيكية والصخرية وقد تحوي الجلاميد والطين معاً، ويطلق عليها اسم الجرافة الجليدية Moraine أو الحريث Till.

٥ - رواسب ريحية Eolian d.: هي تجمع الحبيبات التي تذروها الرياح من مكان لآخر، وهي منجانسة في معظم الأحيان، إذ تسود فيها حبيبات الرمل الناعم الذي يغلب في تركيبه الكوارتز.

٦ - الرواسب البحرية الرباعية Marine d.: تتصف بتطبيق واضح وتركيب ميكانيكي متنوع، تتميز هذه الرواسب بشدة ملوحتها لذا تتكون عليها ترب مالحة.

٧ - اللوس (الطيس) Loess: يتكون من حبيبات دقيقة كربونائية فاتحة اللون عالية المسامية، يسود فيها الغبار الخشن الذي يزيد على ٥٠ % من وزنها. ويكون محتواه من الرمل المتوسط والخشن وكذلك الغضار منخفضاً، يتألف من الكوارتز والفلسبار والميكا.

وتنتشر عدة فرضيات حول نشأة هذه الرواسب، منها ما يقول بأن اللوس هو رواسب غبارية ريحية تكونت في المناطق الصحراوية بعد العصر الجليدي، ومنها ما يفترض أنها رواسب غبارية غضارية كلسية نتجت من الركام الجليدي، وترسبت في المناطق المتاخمة، وهناك فريق يفترض أن اللوس هو رواسب من مصادر متنوعة.

يعد اللوس من المواد الأم الجيدة التي يتشكل عليها العديد من الترب في بقاع شاسعة من الكرة الأرضية، مثل روسيا والصين ومنغوليا والولايات المتحدة.

دور المواد الأم في تكوين الترب:

تلعب المواد الأم دوراً مهماً في تكوين الترب وخصائصها، وهي إحدى عوامل تكوين التربة، وفي بعض الأحيان قد يكون لها الدور الأول بين تلك العوامل وبخاصة في المناخات الجافة حيث يضاعف دور العاملين الحيوي والمناخي.

ولقد سبقت الإشارة إلى أن التربة ثرت كثيراً من خصائصها عن المواد التي كونتها؛ فالتركيب الميكانيكي والمعدني، والخصائص الفيزيائية والكيميائية، وبالتالي خصوبة التربة ومقدرتها الإنتاجية، ترتبط بشكل وثيق بالصخور الأم وبخاصة في المراحل الأولى من عملية تكوين التربة.

ويبين الجدول (١٢) تصنيفاً مبسطاً للصخور الأم تبعاً لتركيبها الكيميائي، إذ تقسم إلى تسعة أنواع.

جدول (١٢) تصنيف الصخور الأم استناداً إلى تركيبها الكيميائي

النوع	التركيب %
١ - فوق قاعدية	$\text{Ferromags} < 90$ (حديدية مغنيزية)
٢ - قاعدية	$\text{Ferromags} 90 - 40$ SiO_2
٣ - متعادلة (متوسطة)	$\text{Ferromags} 40 - 20$ SiO_2
٤ - حامضية	$\text{Ferromags} 20 - 0$ SiO_2
٥ - شديدة الحموضة	$\text{Ferromags} > 0$
٦ - كربوناتية	
كربوناتية خفيفة	$(\text{Ca} + \text{Mg}) \text{CO}_3$ $0 - 1$
كربوناتية معتدلة	$(\text{Ca} + \text{Mg}) \text{CO}_3$ $20 - 0$
كربوناتية شديدة	$(\text{Ca} + \text{Mg}) \text{CO}_3$ $50 - 20$
كربوناتية سائدة	$(\text{Ca} + \text{Mg}) \text{CO}_3$ $00 <$
٧ - سلفاتية	
سلفاتية خفيفة	Ca SO_4 $0 - 1$
سلفاتية معتدلة	Ca SO_4 $20 - 0$
سلفاتية شديدة	Ca SO_4 $50 - 20$
سلفاتية سائدة	Ca SO_4 $00 <$
٨ - مالحة	
مالحة خفيفة	أملاح سهلة الذوبان $0 - 1$
مالحة معتدلة	أملاح سهلة الذوبان $20 - 0$
مالحة شديدة	أملاح سهلة الذوبان $50 - 20$
مالحة سائدة	أملاح سهلة الذوبان $00 <$
٩ - عضوية	
عضوية خفيفة	مادة عضوية $0 - 1$
عضوية معتدلة	مادة عضوية $20 - 0$
عضوية شديدة	مادة عضوية $50 - 20$
عضوية سائدة	مادة عضوية $00 <$



الفصل الثامن

تجوية الصخور والمعادن

— التجوية الفيزيائية

— التجوية الكيميائية

— التجوية الحيوية



تجوية الصخور والمعادن Rocks & minerals weathering

التجوية:

تعني كلمة التجوية هنا، تعرّض الصخور ومعادنها للعوامل الجوية، وتتضمن جملة التغيرات الميكانيكية والكيميائية التي تطرأ على الصخور والمعادن، تحت تأثير الأغلفة الجوية والمائية والحيوية. وتعدّ تجوية الصخور وتكوين قشرة التجوية أهم حلقة في الدورة الجيولوجية للمواد في القشرة الأرضية.

ويقصد بقشرة التجوية؛ الطبقة السطحية من الصخور التي تجري فيها التجوية، وتقسم هذه القشرة عادة تبعاً لعمرها إلى طبقتين:

أ - سطحية أو معاصرة: يراوح عمقها بين بضعة سنتيمترات وبضعة أمتار، وتجري فيها عملية تكوين التربة.

ب - عميقة أو قديمة: وهي أكبر عمراً وعمقاً من الطبقة السابقة، ويمكن أن يصل عمقها إلى مئات الأمتار.

وتتعلق أعماق قشرة التجوية بالظروف المناخية السائدة من جهة، وبنوعية التضاريس ونوعية الصخور من جهة أخرى.

ويمكن تمييز ثلاثة أنواع من قشور التجوية تبعاً لموقعها هي: متبقية ومنقولة وتراكمية. ولا تعد التجوية مرحلة تمهيدية لتكوين الترب فحسب، وإنما تعد من أهم العوامل التي تؤدي إلى تكوين الترب. وغالباً ما يصعب الفصل بين التجوية وتكوين الترب، وبخاصة عندما تكون قشرة التجوية ضحلة أو قليلة العمق، إذ تجري العمليتان معاً، ويصبح الانتقال من إحداها إلى الأخرى تدريجياً عندما تصبح قشرة التجوية أكثر عمقاً. ويمكن القول إن التجوية انفردت بعملها قبل بدء نشوء التربة على الأرض منذ نحو ٠,٢٥ - ٥٠ مليون سنة.

تقسم طبيعة التجوية وآلياتها في ثلاث مجموعات هي: ١ - فيزياء - ميكانيكية، ٢ - فيزياء - كيميائية وكيميائية، ٣ - بيوكيميائية وبيولوجية. وهذه الآليات متداخلة ومرتبطة معاً.

أولاً: التجوية الفيزيائية - ميكانيكية Physico - mechanical w.

يندرج تحت هذه التجوية، تحطم الصخور والمعادن وتفككتها دون تغيير في تركيبها الكيميائية. ويتم هذه التجوية تحت تأثير عوامل متعددة أهمها: تغيرات الضغط والتقلبات الحرارية وتأثير المياه والرياح وغيرها، وتضم ما يلي:

١ - إزالة الحمل Unloading: تخضع الصخور العميقة لضغوط عالية، وعند كشف تلك الصخور على سطح الأرض، يقل مقدار الضغط الواقع عليها فتبدأ الصخور بالتشقق إلى طبقات موازية سطح الأرض، وتدعى هذه العملية بالتصفُّع Sheeting، إذ تبلغ سماكة الصفائح القريبة من السطح بضعة سنتيمترات، وتصل إلى عدة أمتار في الأعماق الكبيرة من القشرة الأرضية، وتسمح تلك الشقوق بدخول الماء والهواء لتنتشر التجوية إلى أعماق أكبر تحت سطح الأرض.

٢ - التقلبات الحرارية: عند ارتفاع الحرارة نهاراً، تسخن الطبقات السطحية من الصخور أكثر من العميقة أو الداخلية مما يؤدي إلى تباين في تمدد أجزاء الصخرة نظراً لسوء التوصيل الحراري في الصخور، ويعمل التباين في هذا التمدد على تشقق وتفتت الطبقات السطحية للصخور بصورة موازية لسطح الصخر، وهذا ما يدعى أحياناً بالتقشر البصلي إن كانت الصخرة جلموداً.

وعند انخفاض الحرارة ليلاً، تبرد الطبقات السطحية للصخر بسرعة أعلى من تبرد داخل الصخر، مما يؤدي إلى تقلص سطح الصخر أكثر من باطنه، فتظهر الشقوق المتعامدة على مركز الصخرة، ويمكن تشبيه هذه الآلية بما يحدث لبطيخة خضراء عند وضعها صيفاً في بركة ماء شديد البرودة، إذ تتقلص

القشرة أكثر من الباطن، مما يؤدي إلى تشقق الصخر، ويعمل هذا على تحويل الصخر إلى قطع أصغر حجماً.

ويسرع هذه العملية احتواء الصخر على معادن متباينة في معاملات تمددها الحجمية، وفي هذه الحالة ستؤول الصخرة إلى التخطم عند تعرضها لحرارة محددة وثابتة. وإذا عُرف أن معاملات التمدد الحجمي للمعادن المكونة للغرانيت مثلاً تبلغ: ٠,٠٠٠٣١ للكوارتز و ٠,٠٠٠١٧ للأورثوكلاز و ٠,٠٠٠٢٨ للهورنبلند، فإن تعرض الغرانيت لحرارة محددة يؤدي إلى ازدياد حجم الكوارتز بمقدار ١٧/٣١ مقارنة بالأورثوكلاز.

وتعمل الحرارة على تفتيت الصخور، حتى البسيطة المكونة من معدن واحد مثل المرمر، ويرجع ذلك إلى اختلافات معاملات تمدد المعدن الواحد من محور لآخر وحسب سطوح الانقسام.

تعمل التقلبات الحرارية وما يرافقها من تمددات وتقلصات على إضعاف قوى التماسك بين معادن الصخور فتتفتت إلى قطع متباينة الأشكال والحجوم. تتناول التجوية بهذه الآلية سطوح الصخور مباشرة حيث تبلغ التقلبات الحرارية اليومية والفصلية أشدها، وتنتقل تدريجياً إلى طبقات أكثر عمقاً ثم تتضاءل وتتعدم في منطقة ثبات الحرارة.

والمعروف أن تغيرات الحرارة اليومية تصل بضعة ديسيمترات عمقاً بينما تصل التغيرات الحرارية الفصلية عمقاً يراوح بين ١٠ - ٢٠ متراً تحت سطح الأرض. وعندما تكون التقلبات الحرارية كبيرة تكون التجوية بهذه الآلية شديدة، كما هو ملاحظ في المناخات القارية التي يمكن أن يبلغ الفرق الحراري بين الليل والنهار ٦٠ - ٧٠°م.

٣ - الماء الشعري: تنشط التجوية بدرجة كبيرة عند دخول الماء في الشقوق الدقيقة للصخور ومسامها، إذ يحدث الماء ضغطاً شعرياً يبلغ نحو ١,٥ كغ/سم^٢

في سم قطره ١ ميكرومتر ويرتفع هذا الضغط ألف مرة ليصل ١٥٠٠ كغ/سم^٢ عندما ينخفض قطر السم ألف مرة أيضاً.

٤ - **تجمد الماء:** عند تجمد الماء في شقوق الصخور ومسامها، يتمدد بمقدار عشر حجمه الأصلي محدثاً ضغطاً على جدران الصخور قد يصل إلى ٢ طن/سم^٢ أو أكثر، ويعمل هذا على تحطيم الصخور، وكان يستفاد من هذه العملية في مقالع الحجارة في كثير من مناطق سورية.

٥ - **قوة التبلور:** تلعب الأملاح دوراً مماثلاً لتجمد الماء، وذلك في ظروف المناخات الجافة، عند تبلورها بعد وصولها إلى شقوق الصخور، فتمو البلورات في حيز مغلق يولد ضغطاً كبيراً على جدران ذلك الحيز يشبه الضغط الناتج عن تجمد الماء.

٦ - **التشبع بالماء والجفاف:** ويعمل هذا على إضعاف قوى الترابط بين الكتل الصخرية، كما أن تمييه بعض المعادن كالأنتهدريت CaSO_4 مثلاً يحوله إلى جبس $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ليزداد حجمه بمقدار ثلث حجمه الأصلي، أو تحول التينارديت $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ إلى ميرابيليت بعد أن يضم عشر جزيئات من الماء $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ولا يغفل في هذا المجال الدور الفعال للتيارات المائية في عمليات التجوية.

٧ - **الرياح:** تعد من عوامل التجوية المهمة، وبخاصة عندما تكون الرياح محملة بحبيبات الرمال أو الغبار.

٨ - **الكائنات الحية:** ومن أهمها في هذا المجال تغلغل جذور الأشجار في شقوق الصخور، وكذلك اختراق أقدام الشببيات مسام الصخور الصلدة.

بفعل التجوية الفيزيائية، تتغطى الصخور بطبقة مسامية مفككة من قشرة التجوية منفذة للماء والهواء وحافظة لهما، وذات سطح نوعي كبير، وهذا كفيل بتوفير الظروف الملائمة لنشاط عمليات التجوية الكيميائية والحيوية.

ثانياً: التجوية الفيزيا - كيميائية والكيميائية:

Physico – chemical & chemical w.

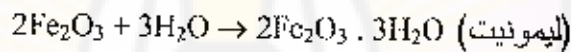
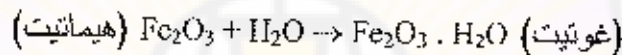
وهي عمليات الانحلال والتغيرات الكيميائية التي تصيب الصخور والمعادن، وتؤدي إلى تكوين معادن ومركبات جديدة. تتأثر الصخور الصهارية - وبخاصة البركانية منها - أكثر من غيرها بعمليات التجوية، إذ أنها تكونت في ظروف مغايرة تماماً لتلك الموجودة على سطح الأرض أو قريباً منه؛ ففي الأعماق السحيقة من الأرض يكون الضغط والحرارة عاليين وتكون نسبتا الأكسجين الغازي والماء منخفضتين، أما على سطح الأرض فتكون الصورة معكوسة، إذ ينخفض الضغط والحرارة، وتتوافر كميات كبيرة من الماء والأكسجين، وهذا يجعل الصخور غير ثابتة كيميائياً. يعد الماء من أهم عوامل التجوية الكيميائية، يشاركه في ذلك غاز الكربون والأكسجين، إذ يذيب الماء كثيراً من المكونات الصخرية والمعدنية وبخاصة عند ارتفاع درجة الحرارة وتشتبع هذا الماء بغاز الكربون، حيث يصبح الوسط حامضياً.

على الرغم من أن التقلبات الحرارية تعد من عوامل التجوية الفيزيائية، إلا أن لارتفاع الحرارة دوراً بارزاً في تنشيط التجوية الكيميائية من خلال تسريع التفاعلات الكيميائية التي تتضاعف نحو مرتين عند ارتفاع الحرارة بمقدار 10° م، وهذا يفسر ازدياد سرعة التجوية الكيميائية في المناخات الحارة وانخفاضها في المناخات الباردة.

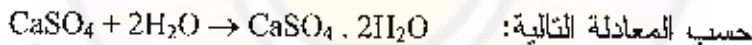
كما يلعب الأكسجين دوراً واضحاً في عمليات التجوية الكيميائية من خلال عمليات الأكسدة التي تصيب المكونات المعدنية أو حتى العضوية للصخور، مؤدياً إلى خفض درجة ثبات تلك الصخور.

عمليات التجوية الكيميائية:

١ - الإماهة Hydration: تُعبر عن ارتباط جزيئات الماء، من خلال شوارد الهيدروجين والهيدروكسيل، مع المعادن مكونة مركبات أو معادن جديدة تختلف قليلاً عن الحالة الأصلية لها، وتصبح الشوارد المذكورة، في كثير من الأحوال جزءاً ثابتاً في الشبكة البلورية للمعدن. ومن المعادن الأولية التي تتعرض للإماهة المباشرة، البيوتيت؛ إذ يمتص الماء بين مطبقاته (رزمه) مؤدياً إلى انتفاخ تلك المطبقات، وبالتالي يصبح المعدن أكثر مسامية، وتضعف القوى التي تربط بين تلك المطبقات، ويصبح أكثر قابلية للتجوية من خلال مشاركة عوامل التجوية الأخرى. وتنتشر الإماهة بدرجة واسعة في أكاسيد الحديد اللامائية، وأهمها الهيماتيت الذي يتحول إلى غونيت ثم إلى ليمونيت مع استمرار عملية الإماهة حسب المعادلتين التاليتين:



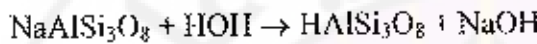
كما يتميه الأنهدريت غير الذواب في الماء إلى جبس أكثر قابلية للذوبان



وتتعدى عملية الإماهة المعادن البسيطة لتصيب معادن السيليكات الألومينية المعقدة، وهي تعمل على تفكيك سطوح المعادن، مما يساعد على تعريض المعادن للتفاعل مع الأوساط المحيطة بدرجة أكبر. وتعد الإماهة عملية لاحقة للتحلل المائي للمعادن الأولية الذي يؤدي إلى تكوين نواتج مهدمة تختلف بقابليتها للإماهة.

ولابد من الإشارة إلى أن الإماهة تعمل على زيادة نسبة الماء في المعادن إذ يمكن أن تتضاعف ١٠ مرات، ويؤدي هذا إلى زيادة حجم المواد المميّهة بنسبة تراوح بين ٥٠ - ١٥٠ % من حجمها الأصلي، وغني عن القول ما لهذه الزيادة في الحجم من أهمية في تجوية المعادن.

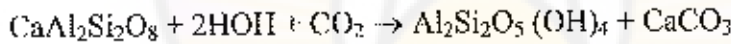
٢ - التحلل المائي Hydrolysis: وتعدّ من أهم عمليات التجوية الكيميائية وأكثرها فعالية في تهديم المعادن، وهي من أكثر عمليات التجوية تعقيداً رغم بساطتها ووضوحها حسب المفهوم الكيميائي، إذ تعني أحياناً استبدال كاتيونات القواعد والقواعد الترابية (Ba, Ca, Mg, K, Na وغيرها) - الداخلة في بلورات المعادن الأولية وبخاصة السيليكات - بشوارد هيدروجين الماء أو المحاليل المائية لتشكيل مجموعات هيدروكسيل في تركيب تلك المعادن أو هيدروكسيدات منفصلة حسب المعادلة التالية:



ويعمل مثل هذا التبادل على استمرار تهديم المعادن، إذ تؤدي ماءات الصوديوم (أو البوتاسيوم أو الكالسيوم) المتكونة إلى ازدياد قلوية المحلول، وبالتالي اشتداد التجوية وتحرير السيليكا وتكوين معدن الكاولينيت حسب ما يلي:

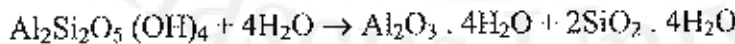
$$2\text{HAlSi}_3\text{O}_8 + \text{HOH} \rightarrow \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 + 4\text{SiO}_2$$

ويمكن أن يجري التحلل المائي للفلسبار (الأنورتيت مثلاً) بوجود غاز الكربون وفق المعادلة التالية:



وهذا ما يفسّر إمكان تكون نسبة عالية من كربونات الكالسيوم في ترب المناخات الجافة من صخور غير كلسية، وإنما من صخور أو معادن سيليسية تحتوي على الكالسيوم في تركيبها.

إنّ عملية تحويل الفلسبار إلى كاولينيت تدعى الكولنة Kaolinisation. وحتى الكاولينيت المتكوّن في مناخات حارة رطبة فإنه يصبح عرضة للتجوية ليعطي نواتج أكثر بساطة في تركيبها، تتمثل بأكاسيد الألمنيوم (بصورة بوكسيت) وأكاسيد السيليسيوم كما هو واضح من المعادلة:



وتدعى عملية تهديم الكاولينيت المذكورة، التجوية البوكسيتية.

نتيجة تباين بنى المعادن الأولية، فإن عملية التحلل المائي لا تسلك اتجاهاً واحداً في مختلف المعادن، رغم أنها تبدأ بتبادل الهيدروجين مع القواعد كما مر سابقاً. أما المرحلة التالية للأورثوسيليكات مثل الأوليفين أو للميتاسيليكات مثل الأمفيبول والبيروكسين، فتتلخص بإزاحة الحديد الذي يربط رباعيات الوجوه المنفردة، وهذه الأزاحة كافية لتسبب درجة عالية من تدهم تلك المعادن .

وخلال التحلل المائي للفلسبار ذي البنية الهيكليّة، فإن إزاحة الكاتيونات القاعدية لا تملك التأثير السابق نفسه الناتج عن إزاحة الحديد نظراً لبنية هذه المعادن، وإنما تعمل إزاحة الألمنيوم اللاحقة من رباعيات الوجوه على إضعاف شديد للبنية يقود إلى تدهم تام للمعادن؛ فعندما تزاح شوارد الألمنيوم من رباعيات الوجوه فإنها ستترك عدداً كبيراً من الروابط الحرة التي لا تثبت أن تشبع كلّ منها بصورة فردية بشاردة هيدروجين، علماً أن الروابط بين شوارد الهيدروجين ضعيفة مما يعمل على تدهيم بنية المعدن.

يتأثر معدل هذه العملية وفعاليتها بعدد من العوامل، منها : السطح النوعي للمعادن، pH الوسط، حجم الماء وسرعة حركته في الفئات المعدني، الحرارة، وإزالة المركبات نتيجة ترسبها.

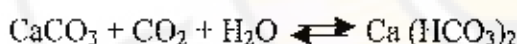
٣ - **الانحلال Solution**: يوجد عدد محدود من المعادن القابلة للانحلال في الماء، من أهمها معادن الهاليدات والنترات وبعض الكبريتات والبيكربونات. وتزداد مقدرة الماء على إذابة المعادن أو الأملاح الأكثر تعقيداً إذا احتوى هذا الماء على بعض الأملاح أو الحموض أو القلويات، وهذا ما يميّز المياه في الطبيعة، لذلك فإن دور هذه المياه في إذابة المعادن شديد التباين، فالمياه المتسربة عبر الصخور الغرانيتية تكون حامضية غنية بالسيليكا والقلويات، بينما تكون المياه المتسربة عبر الصخور البازلتية قلوية غنية بالقواعد الترابية.

فمثلاً، يذوب الجبس في الماء النقي بمقدار ٢,٥ غ/لتر، أما إذا احتوى هذا الماء على تركيز عالٍ من كلوريد الصوديوم فإن ذوبان الجبس فيه يصل إلى نحو ٧ غ/ل.

٤ - الكربنة Carbonation: تحتوي المياه في الطبيعة على غاز الكربون بنسب متفاوتة تبعاً لموقع تلك المياه ودرجة حرارتها. إذ يراوح تركيز CO_2 في المياه السطحية بين ٢ - ٥ مغ/ل، يرتفع هذا التركيز ليصل إلى ٩٠ - ١٨٠ مغ/ل في المياه الجوفية. ويزداد انحلال غاز الكربون في الماء مع ازدياد تركيزه (ضغطه الجزئي) وانخفاض درجة الحرارة.

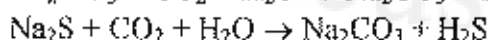
ينحل غاز الكربون في الماء مكوناً حمض الكربون الذي يساعد على انحلال كثير من المعادن وبخاصة الكربونات محولاً إياها إلى بيكربونات سهلة الانحلال في الماء.

يبلغ انحلال الكالسيت $CaCO_3$ في الماء الخالي من CO_2 عند حرارة ٢٥°م نحو ١٤ مغ/ل، أما تحت الهواء الجوي فيمكن أن يصل هذا الانحلال إلى نحو ٤٥ - ٦٠ مغ/ل ويرتفع هذا الرقم كثيراً عند تشبع الماء بغاز الكربون، ويُمثل تفاعل الكربنة بالمعادلة التالية:



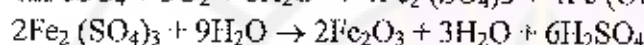
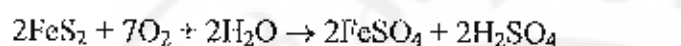
إن بيكربونات الكالسيوم المتكونة أكثر قابلية للانحلال في الماء مقارنة بالملح الأصلي. والتفاعل السابق عكس، إذ أنه مع انخفاض تركيز CO_2 يتجه التفاعل إلى اليسار لتترسب كربونات الكالسيوم وهي عكس الكربنة، وبهذه الآلية تتكون الصواعد والنوازل.

ولا يقتصر تفاعل الكربنة على معادن الكربونات وحسب، وإنما يتعداها حتى إلى السيليكات أو غيرها، وذلك حسب المعادلتين التاليتين:



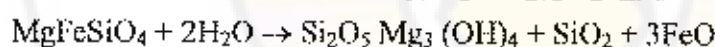
كما سبقت الإشارة إلى مشاركة الكربنة مع التحلل المائي وتأثيراتها في المعادن.

٥ - الأكسدة Oxidation: تعرض كثير من المعادن للأكسدة، وبخاصة مركبات الحديد الثنائي؛ فعند أكسدة البيريت FeS_2 في وسط مائي، تتكون كبريتات الحديدي وكبريتات الحديد وحمض الكبريت الذي يسهم بشدة في التجوية، لتتكون معادن جديدة وفق المعادلات التالية:



تتصف النواتج الجديدة بأنها أكثر عرضة للتجوية من مكوناتها الأصلية. ويمكن أن يتم تأكسد الحديد داخل الشبكة البلورية أو خارجها، فإن تم داخل الشبكة فإنه سيختل التوازن الكهربائي لأن شاردة ثنائية التكافؤ ستتحول إلى ثلاثية التكافؤ فتصبح البلورة أقل استقراراً وأكثر عرضة للتجوية.

وفي بعض الأحيان يتم تأكسد الحديدي لحظة انفصاله عن البلورة، وهذا ما يلاحظ عند إمالة الأليفين وتكوين السرينتين حسب المعادلتين التاليتين:



أوليفين

سرينتين



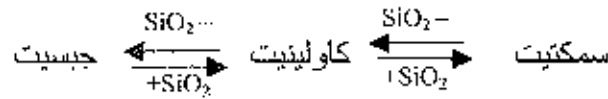
إن ظهور الألوان الصفراء أو البنية أو الحمراء عند تجوية الصخور هي دلالة على حدوث عمليات الأكسدة.

٦ - الاختزال أو الإرجاع Reduction: تلعب عمليات الاختزال دوراً بارزاً في تجوية الصخور والمعادن، وبخاصة الغنية بالعناصر الكيميائية ذات التكافؤات المتعددة، مثل الحديد والمنغنيز والكوبالت والنيكل والكبريت، فعند سوء التهوية وندرة الأكسجين، وفي الظروف المائية، تنشط عمليات الاختزال، التي تؤدي

إلى تكوين كثير من مركبات الحديد القابلة للحركة، وبخاصة بيكربونات الحديد والمنغنيزي التي تتحد غالباً مع نواتج التفسخ العضوية مكونة أنواعاً متعددة من الشيلات (المخلبيات).

٧ - نزع السيليكا وإضافتها **Disilication & Resilication**: عند استعراض معظم عمليات تجوية المعادن السيليسية يلاحظ تكوّن ناتج بسيط هو السيليكا، فالتحلل المائي للفلسبار مثلاً يترافق مع تكوين السيليكا، ويطلق على هذه العملية نزع السيليكا من المعدن الأصلي لتكوين نواتج جديدة، لذلك يلاحظ أن جميع المياه في الطبيعة تحتوي على تركيز ملحوظ من SiO_2 . وفي المياه المتسربة من خلال طبقات عميقة من الصخور الصهارية والرسوبية يبلغ تركيز SiO_2 بين ١٠ - ٥٠ مغ/ل. وتغسل من قشرة التجوية مع المياه السطحية والجوفية كميات عالية من SiO_2 المنحلة، علماً أن انحلال السيليكا يزداد مع ارتفاع قلوية الوسط. ويمكن أن يبلغ فقد السيليكا من قشور التجوية القديمة في المناخات الحارة الرطبة نحو ٨٠ - ٩٠% من محتواها الأصلي. وفي مياه أنهار العالم يراوح تركيز SiO_2 بين ٧ - ٥٦ مغ/ل بمتوسط $\approx ١١,٧$ وبذلك تحتل المرتبة الثالثة بعد البيكربونات ٣٥,١ والكبريتات ١٢,١ مغ/ل، علماً أنها تحتل المرتبة الأولى من حيث تركيزها في مياه بعض الأنهار.

إن مقدار ما يغسل من SiO_2 ليصب في المحيطات يبلغ نحو ٣٠٠ ألف طن سنوياً، وهو يشمل جميع المناطق المناخية. إن ترسب السيليكا من جديد مع معادن أخرى سيؤدي إلى عملية السلكتة، وهي واسعة الانتشار في الطبيعة وبخاصة في الصخور الرسوبية مثل الحجر الكلسي والجبس، كما تدخل في كثير من النباتات المتصخرة *Phytoliths*. كما تعمل السلكتة على تكوين كثير من معادن الغضار حسب المعادلة التالية:



تتكون معادن الألوфан نتيجة لارتباط المركبات السيليسية هذه مع أكاسيد الألمنيوم.

نتيجة التجوية الكيميائية تحدث تغيرات متعددة في المعادن، وتتهدم شبكتها البلورية، وتصبح نواتج التجوية غنية بالمعادن الثانوية وهي ذات خصائص مميزة مثل التماسك، سعة الرطوبة، امتزاز الشوارد وسطحها النوعي الكبير.

ثالثاً: التجوية الحيوية Biological w.

قبل نشوء الحياة على الأرض كانت تتهدم الصخور ومعادنها بفعل التجوية الفيزيائية والكيميائية ومنذ ظهور الحياة على الأرض أخذت التجوية الحيوية دورها. وتعني هذه التجوية عمليات التفتت الميكانيكي والتغيرات الكيميائية التي تصيب الصخور والمعادن بفعل الأحياء ومفرزاتها ونواتج تفسخها. وتتم هذه العمليات في الطبقات السطحية للأرض بمشاركة نشطة للأحياء بمختلف أجناسها، ولا توجد حالياً تجوية لا تشارك الأحياء فيها، إذ تأخذ الأحياء من الصخور المركبات المعدنية لبناء خلاياها وتراكمها بعد موتها في الآفاق السطحية من تلك الصخور، وبذلك توفر الظروف الملائمة لتكوين التربة.

وتدور جذور النباتات والأحياء الدقيقة في الوسط الصخري أو المعدني كثيراً من المركبات التي تسهم في تخريب تلك الصخور ومعادنها.

ونتيجة لعملية النترجة يتكون حمض الأزوت، وتعمل البكتريا المؤكسدة للكبريت على تكوين حمض الكبريت، ولهذه الأحماض القدرة على إذابة كثير من المركبات المعدنية.

تستطيع بعض أنواع الأشنيات والحزازيات والمشطورات تهديم السيليكات، لتبني خلاياها من السيليس. كما أن المفرزات المخاطية للبكتريا السيليسية من

جنس Meghaterium تخرّب الفلسبار، أما فطور البنسيليوم فإنها تطرح حموض عضوية تعمل على تخریب المعادن الأولية.

وتجدر الإشارة إلى أن الحزازيات لا تخرّب المعادن كيميائياً فحسب، وإنما ميكانيكياً أيضاً وذلك باختراق هيفاتها من خلال سطوح الانقسام إلى داخل بلورات المعادن الأولية.

مقاومة الصخور والمعادن لعمليات التجوية:

تتباين الصخور والمعادن في مقاومة التجوية، إذ تعد الصخور الاستحالية وبخاصة الكوارتزيت أكثرها مقاومة، تليها الصخور الرسوبية، بينما تكون المقذوفات البركانية أكثر الصخور استجابة للتجوية، نظراً لمساميتها العالية ومحتواها المعدني سهل التجوية، مثل الأمفيبولات والبيروكسينات وغيرها.

كما تختلف المعادن في مقاومتها التجوية، فالأملاح البسيطة مثل الجبس والهاليت هي معادن منحلة، وتفقد بسرعة عالية في المناخات الرطبة، أما الكربونات فهي أقل انحلالاً وتغسل ببطء. وتعد السيليكات أكثر المعادن ثباتاً إلا أنها تختلف فيما بينها، فالأليفين والبيروكسين والأمفيبول هي من أكثر السيليكات استجابة للتجوية، تليها في ذلك الفلسبارات، بينما تتصف معادن الغضار بأنها الأكثر ثباتاً ومقاومة في صف السيليكات. ويعد الكوارتز والزيركون والمغنيتيت والقيثانيت من أكثر المعادن مقاومة وثباتاً.

ولا شك أن مقاومة التجوية ترتبط بحجم حبيبات المعدن وظروف الوسط ناهيك عن العوامل الجوية، فكلما صغرت الحبيبات ازداد سطحها النوعي وأصبحت أكثر عرضة للتفاعل مع العوامل المحيطة المتنوعة أي أكثر استجابة للتجوية.

وفيما يلي استعراض لثبات أو مقاومة حبيبات دقيقة من المعادن، جدول (١٤) مرتبة بصورة تصاعديّة عن جاكسون (Jackson 1968).

جدول (١٣) مقاومة حبيبات المعادن للتجوية.

١ - جبس، هاليت.
٢ - كالسيت، أراغونيت، دولوميت، فباتيت.
٣ - أليفين، هورنبلند، أجيت، ديوبسيد.
٤ - بيوتيت.
٥ - أليبت، أنورثيت، ميكروكلين، أورثوكلز، زجاج بركاني.
٦ - كوارتز.
٧ - موسكوفيت، أليبت.
٨ - فيرميكوليت.
٩ - سميكتيت.
١٠ - كلوريت بيدولوجي.
١١ - ألوفان.
١٢ - كاولينيت، هالوزيت.
١٣ - جيسيت، بيميت.
١٤ - هيماتيت، غوتيت، ليبيدوكروسيت، مغنيتيت.
١٥ - أناتاز، تيتانيت، زيركون، روتيل، إيلمينيت.

ويمكن اعتبار الترتيب السابق لثبات المعادن كمراحل لعمليات التجوية تبدأ بالمرحلة الأولى التي تدعى الجبسية، وتضم المعادن سهلة التجوية مثل الجبس والهاليت وتنتهي بالمرحلة الخامسة عشرة التي تدعى الأناتازية وتضم أكثر المعادن مقاومة للتجوية. وتقسم المراحل المذكورة في ثلاث مجموعات هي:

١ - مراحل تجوية مبكرة: تضم المراحل من ١ - ٥، وتنتشر في الأراضي الفتية في سائر أنحاء العالم، إلا أنها تمثل أراضي المناطق الصحراوية، حيث تعاني من نقص الماء المحدد للتجوية الكيميائية، وتعود معادن هذه المرحلة في حبيبات السلت الناعم والغضار.

٢ - مراحل تجوية متوسطة: تضم المراحل من ٦ - ١٠، وتنتشر بصورة رئيسة في أراضي المناخات المعتدلة المتطورة تحت غطاء شجري أو عشبي، وهي تمثل نطاقات زراعة القمح والذرة في العالم، وتسود معادن هذه المرحلة في حبيبات السلت الناعم والغضار.

٣ - مراحل تجوية متقدمة: تضم المراحل من ١١ - ١٥، تشمل المعادن التي تسود في مجموعة الغضار في الأراضي شديدة التجوية في المناطق الاستوائية الرطبة، وتتصف هذه التربة بانخفاض مستوى خصوبتها.

كما وضع غولديش مخططاً يبين ثبات المعادن في العوامل الخارجية، شكل

(١٤) التالي:

معادن فاتحة اللون (Si, Al)

بيتونيت
|
لابرادور
|
أنديزين
|
أوليغوكلاز

معادن قائمة اللون (Fe, Mg)

أوليفين
|
أوجيت
|
هورنبلند
|
بيوتيت

ألبيت

أورثوكلاز، ميكروكلين

موسكوفيت

كوارتز

ازدياد الثبات

أنماط التجوية:

ترتبط عمليات التجوية بنوعية الصخور من جهة، وبالعوامل المحيطة من جهة أخرى، إذ يلعب تركيز المحاليل وتركيبها ورقم الحموضة وظروف الأكسدة والإرجاع دوراً مهماً في ذلك. كما يتحكم المناخ بصورة مباشرة في سرعة التجوية ونوعية الفواتج المتكونة عنها، فمع ارتفاع الحرارة تزداد سرعة التجوية الكيميائية، ومع ازدياد معدل الهطول، ترتفع سرعة غسل نواتج التجوية من قشرتها، وإن أكثر تلك المركبات قابلية للغسل هي الأملاح البسيطة ثم تليها الأحماض السيليسية وتأتي في النهاية الأكاسيد نصف الثلاثية حيث تغسل ببطء شديد.

وفي المناخات الرطبة تقل نسبة القواعد والسيليكات في السيليكات الألومينية الثانوية المتكونة، وتزداد فيها نسبة الأكاسيد نصف الثلاثية، وعند انخفاض نسبة السيليكات ستتكون معادن خالية منها، بصورة أكاسيد الحديد والألمنيوم المائية مثل الغونيت $Fe_2O_3 \cdot 2H_2O$ والهيدروكسيلات $Al(OH)_3$.

وبين الجدول (١٤) دور المناخ في التجوية عن Ramann.

المنطقة المناخية	متوسط حرارة التربة م°	تسرد الماء النسبي Dissosiation	مدة التجوية السوية باليوم	عامل التجوية	
				المطلق	النسبي
القطبية الشمالية	١٠	١,٧	١٠٠	١٧٠	١,٠
المعتدلة	١٨	٢,٤	٢٠٠	٤٨٠	٢,٨
المدارية	٣٤	٤,٥	٣٦٠	١٦٢٠	٩,٥

وعموماً يمكن تقسيم الأنماط الرئيسية للتجوية إلى النمطين التاليين:

١ - التجوية السيلاليتية Siallitic: تحدث هذه التجوية في المناخ المعتدل مع توفر كمية متوسطة من الأمطار، حيث يتم فقد كبير من السيليكا وأكاسيد الكالسيوم والصوديوم، وفي ظروف المناخ الجاف يمكن أن تتجمع أكاسيد الكالسيوم بصورة كربونات كالسيوم، أما أكاسيد الألمنيوم والحديد واليوتاسيوم والمغنزيوم فقد تغسل بدرجة أقل من سابقاتها، ونتيجة لذلك يزداد محتواها نسبياً في نواتج التجوية. في هذه التجوية تتكون بصورة رئيسة معادن الغضائر مثل، السمكتيت والإليت والكاولينيت.

٢ - التجوية الأليتية Altitic: يحدث هذا النمط من التجوية في المناخات الاستوائية الرطبة، حيث تعمل على تهديم المعادن بسرعة عالية وغسل شديد لنواتج التجوية الأولية، وفي هذه الحالة يحدث فقد كبير - وأحياناً تام - للسيليكا (السيليس) والقواعد، وتتراكم الأكاسيد والأكاسيد المائية للألمنيوم والحديد بصورة جبسيت وهيماتيت وغونيت وغيرها.

وعلى هذا الأساس يلاحظ اختلاف شديد بين التجوية السيلاليتية والأليتية، ففي النمط الأول تجري العملية بدرجة أبداً كثيراً، إضافة إلى فقد قليل للسيليكا المرتبطة، بينما يحفظ القسم الباقي منها في نواتج التجوية بصورة سيليكات ألومينية ثانوية، وهنا تغسل القواعد وبخاصة K و Mg جزئياً ليدخل الباقي في السيليكات الألومينية الثانوية. أما في التجوية الأليتية فتفقد السيليكا المرتبطة بصورة تامة تقريباً، كما تفقد القواعد كلياً، أما الأكاسيد نصف الثلاثية فإنها تحفظ بنسبة كبيرة في كلا النمطين، وذلك بصورة سيليكات ألومينية في النمط الأول وعلى شكل أكاسيد مائية حرة في النمط الثاني.

المناخ ونوعية التجوية:

تجري التجوية الفيزيائية والكيميائية عادة معاً، علماً أنه قد يسود أحد النوعين على الآخر، ففي المناطق القطبية، حيث لا ترتفع الحرارة فوق الصفر المئوي إلا لفترة قصيرة، وحيث لا يؤثر الماء السائل في الصخور والمعادن إلا نادراً، وعندها يكون النشاط الحيوي ضئيلاً، كل هذا يجعل التجوية الفيزيائية هي المسيطرة، بينما لا تتوافر الظروف المساعدة على حدوث التجوية الكيميائية.

أما في المناخات الاستوائية الرطبة، فغالباً ما يلاحظ العكس تماماً، إذ تجري التجوية الكيميائية بصورة نشطة للغاية، وتعمل على تهديم الصخور الصهارية كيميائياً قبل أن يدركها التفتت الفيزيائي، وهنا يمكن ملاحظة كتل من الصخور الغرانيتية أو البازلتية محافظة على هيكلها وبنيتها ولكنها تكون هشّة لدرجة يمكن قطعها بسهولة بالسكين أو حتى تفتيتها باليد بسهولة.

وفي الواقع تجري كل من التجوية الفيزيائية والكيميائية معاً في أغلب الأحيان، وتساعد إحداها الأخرى، إذ تعمل الأولى على تفتيت الصخور إلى قطع صغيرة، بينما تعمل الثانية على تكوين مختلف أنواع المعادن. وعلى هذا الشكل تتعرض الصخور لتبدلات فيزيائية وكيميائية كبيرة، وتتكون معادن جديدة ذات صفات وخصائص ملائمة لنمو النباتات.

الباب الثاني

تكوين الترب ومورفولوجيتها وتصنيفها

الفصل التاسع: تكوين الترب

الفصل العاشر: مورفولوجية الترب

الفصل الحادي عشر: تصنيف الترب

الفصل الثاني عشر: الترب المتأثرة بالأملاح

الفصل الثالث عشر: الترب في سورية



الفصل التاسع

تكوين الترب

— عملية تكوين التربة

— عوامل تكوين التربة



تكوين التربة Soil formation

أولاً: عملية تكوين التربة:

تتكون التربة من الصخور وقشور التجوية تحت تأثير مجموعة من العوامل التي تسهم في ظهور عديد من العمليات الفرعية، تؤلف بمجملها عملية تكوين التربة. وتعني الأخيرة، محصلة الظواهر التي تجري في الطبقة السطحية من الأرض، تحت تأثير الطاقة الشمسية، وعند تفاعل الأحياء ونواتج تفسخها من جهة مع معادن الصخور والماء والهواء من جهة أخرى، وإن هذه التفاعلات ستعمل على تغيير الوسط المحيط.

لقد عرّف روده Rode تكوين التربة: «بأنها محصلة الظواهر الخاصة بتحولات وتغيرات المواد والطاقة التي تحدث في طبقة التربة، ويتصف تلك الظواهر بأن لكل منها مضاد يعمل في الاتجاه المعاكس، وتعمل هذه الظواهر متداخلة، وتكون فيزيائية أو كيميائية أو حيوية». وبالتالي فهي تتألف من مزدوجات متعكسة وتعد عمليات فرعية عند تكوين التربة، وإن أهم هذه الظواهر ما يلي:

- ١ - امتصاص الأحياء المركبات المعدنية وتكوين المواد العضوية $\longleftrightarrow$ طرح الأحياء المركبات المعدنية والعضوية.
- ٢ - تحليل المخلفات العضوية وتمعدنها $\longleftrightarrow$ تكوين المواد الدبالية.
- ٣ - تحميض محاليل التربة بالحموض العضوية $\longleftrightarrow$ تعديل المحاليل بالقواعد المتحررة عن تفسخ المخلفات أو عن التجوية.
- ٤ - تهديم المعادن الأولية $\longleftrightarrow$ تكوين المعادن الثانوية، وهي عملية غير عكوسة.

- ٥ - تختَر الغرويات وترسبها في التربة وتكوين وحدات بنيوية ثابتة $\longleftrightarrow$ بعثرة الغرويات وانحلالها وانتقالها في مقطع التربة وتهديم الوحدات البنيوية.
- ٦ - تميه المركبات المعدنية $\longleftrightarrow$ نزع الماء أو تجفاف المركبات المعدنية.
- ٧ - الأكسدة عند توافر الأكسجين وجودة التهوية $\longleftrightarrow$ الاختزال عند نقص التهوية والغمر بالمياه.
- ٨ - صعود المحاليل للأعلى وتجمع المركبات المنحلة في الآفاق السطحية $\longleftrightarrow$ نزول المحاليل وغسل المركبات المنحلة إلى أعماق التربة أو حتى خارج حدودها.
- ٩ - امتصاص الأحياء العناصر الضرورية لحياتها وتجميعها في الآفاق السطحية $\longleftrightarrow$ انحلال تلك العناصر وغسلها إلى الأسفل.
- ١٠ - امتزاز الشوارد من محلول التربة على معقد الامتزاز $\longleftrightarrow$ انتزاز الشوارد من معقد الامتزاز إلى المحلول.
- ١١ - ترطيب التربة بمياه الهطل أو بالمياه الجوفية $\longleftrightarrow$ جفاف التربة بالبخر أو بصرف المياه إلى الأعماق.
- ١٢ - امتصاص أشعة الشمس وتسخين التربة $\longleftrightarrow$ انعكاس الأشعة وإشعاعها وتبريد التربة.
- ١٣ - تمايز مقطع التربة وتكوين مختلف الآفاق $\longleftrightarrow$ تهديم بناء المقطع نتيجة العمليات الفيزيائية الميكانيكية التي تقوم بها الحيوانات في التربة. ويمكن القول أن أكثر عناصر عملية تكوين التربة أهمية هي التالية:
- ١ - التحولات التي تتعرض لها المعادن في الصخور الأم والترب.
 - ٢ - تراكم المواد العضوية وتحولاتها التدريجية.
 - ٣ - التفاعلات التي تحدث بين المواد المعدنية والعضوية لتكوين جملة من

المركبات العضوية المعدنية المعقدة.

٤ - تراكم عدد من العناصر حيوية النشأة، وبخاصة الغذائية منها، في الأفاق السطحية للتربة.

٥ - حركة نواتج عملية تكوين التربة مع التيارات المائية في مقطع التربة. وفي عملية تكوين التربة تدخل الدورة الحيوية للمواد التي تعني وصول العناصر الكيميائية إلى الأحياء من التربة والصخور والجو، وتمثيل المواد العضوية ثم عودة تلك العناصر مرة أخرى إلى التربة والجو، بعد تفسخ مخلفات النباتات والأحياء الأخرى.

تمتص النباتات العناصر المغذية من قشرة التجوية والتربة، وتعمل على تعضيها وحمايتها من الأنغسال والدخول في الدورة الجيولوجية الكبرى. وفي الوقت الذي تتكون فيه المواد العضوية في مكان ما، فإنه يحدث نفسخ لتلك المواد في مكان آخر بفعل الأحياء الدقيقة، التي تعمل على تحرير العناصر الغذائية، لتوفيرها لأجيال جديدة من الأحياء. ولولا عملية نفسخ المخلفات العضوية لنضب مخزون العناصر الغذائية من الصخور والتربة ولانعدمت الحياة على الأرض.

تلعب النباتات الخضراء دوراً بارزاً في الدورة الحيوية؛ إذ تؤثر مباشرة في كمية كل من المواد العضوية المتكونة والمواد المعدنية الناتجة عن نفسخها ونوعيتها.

لقد أوضح الكثير من الدراسات أن أكبر كمية من المواد العضوية السنوية تتجمع تحت الغابات، ففي الغابات شبه المدارية عريضة الأوراق في المناطق المعتدلة، تبلغ كمية المخلفات نحو ٤٠٠ طن/هكتار، ترتفع إلى نحو ٥٠٠ طن/هكتار في المناطق المدارية الرطبة وقد تصل إلى ١٧٠٠ طن/هكتار في غابات البرازيل الاستوائية.

أما في السهوب المرجية فتبلغ نحو ٢٥ طناً وتقل مع جفاف المناخ لتصل حتى ١ - ١,٥ طن/هكتار في الصحارى شبه المدارية.

أما أعلى معدل سنوي للنمو النباتي فيلاحظ في غابات المناطق المدارية، إذ يبلغ نحو ٣٢ طناً/هكتار، ينخفض إلى نحو ٢٤ طناً في الغابات شبه المدارية، أما أخفض معدل للنمو فيسجل في صحارى التندرا الجافة، وفي الأراضي المالحة حيث لا يتعدى ٠,٦ طن/هكتار. وتختلف النسبة بين الجزء الخضري والجذري من تشكيل نباتي لآخر، إذ توجد أعلى نسبة للجذور في أعشاب السهوب لتشكل ٧٠ - ٨٨% من الوزن الكلي للنبات، وإن أخفض نسبة للجذور فهي في الأشجار الغابية إذ تشكل ١٨ - ٢٦%، ولهذا الاختلاف تأثير واضح في عملية تكوين التربة، وبخاصة في نسبة الدبال المكونة تحت كل من التشكيلين النباتيين المذكورين.

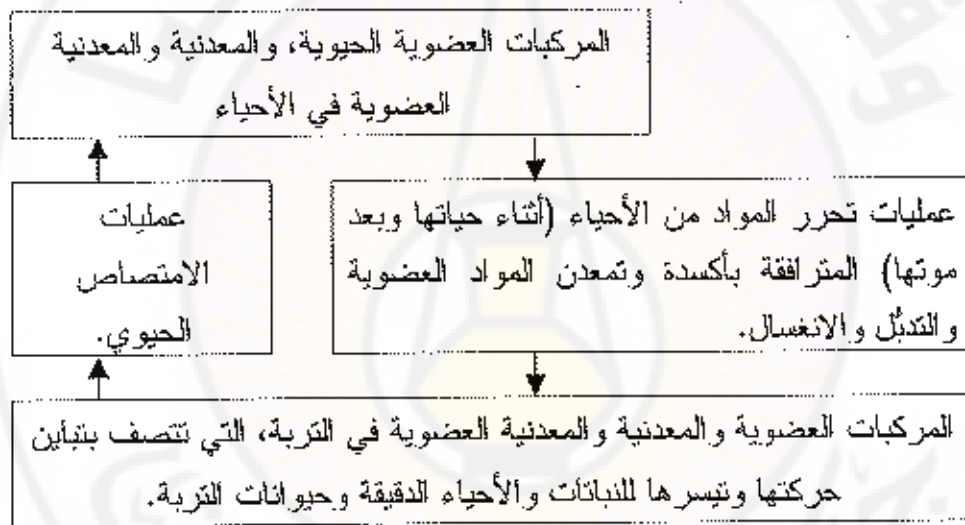
يدخل في تركيب الأحياء معظم العناصر الكيميائية المعروفة (أكثر من ٦٠ عنصراً) بعضها بنسب كبيرة مثل: (N, Mg, H, Fe, Al, Si, O, Cl, P, S, K, Na, Ca, C) وبعضها بنسب ضئيلة مثل: (Ag, Rb, Hg, J, B, Cu, Zn, Mn) وغيرها. يختلف تركيب النباتات ونسب العناصر فيها من نوع نباتي لآخر، ويتعلق هذا بمكان انتشاره وبمقدرة الامتصاص الاصطفائية لهذا النبات، التي تتلخص بمقدرته على امتصاص العناصر الغذائية ليس وفق نسب وجودها في المحلول التربة. وإنما تبعاً لبنيته التشريحية وخصائصه الفيزيولوجية.

فمركبات السيليسيوم مثلاً توجد عادة في المحلول الأرضي بنسبة ضئيلة جداً بينما يحتوي رمد بعض النباتات على نسب عالية منها، كما هو الحال في النجيليات مثلاً.

نتيجة الدورة الحيوية تتراكم في التربة العناصر الغذائية، وبخاصة الأزوت والفوسفور والكبريت وغيرها. وتتوضع مثل تلك العناصر في الآفاق السطحية بصورة رئيسة، وتنخفض مع العمق تدريجياً أو بشدة تبعاً لنوعية التربة.

وفي عملية التمثيل اليخضوري تختزن النباتات الخضراء الطاقة الشمسية في المواد العضوية. فعند تمثيل جُزء غرامي واحد من CO_2 تمتص النباتات ١١٢ كيلو كالوري من الأشعة الشمسية وهذا يعني ٩,٣٣ كيلو كالوري لكل ١ غ من الكربون، وبفرض أن كمية المخلفات العضوية تعادل نحو ١ - ٢٠ طن/هكتار، أي أكثر قليلاً من ٠,٥ - ١٠ طن من الكربون وهذا يعادل نحو ٥ - ١٠٠ مليون كيلو كالوري من الطاقة الشمسية تخزن بصورة مواد عضوية في كل هكتار واحد سنوياً.

ويبين الشكل (١٥) التالي مخطط الدورة الحيوية للمواد.



الشكل (١٥) مخطط الدورة الحيوية للمواد

وبهذه الصورة فإن المخلفات النباتية لا تمد التربة بالمواد العضوية والمعدنية فحسب، وإنما تزيد من مصادر طاقتها، ويعمل هذا على تنشيط تفاعلات المواد والطاقة وتحولاتها في التربة نفسها ومع النبات والغلاف الجوي. وعند تفسخ المخلفات العضوية تتרכب مواد جديدة بصورة خلايا الكائنات الحية الدقيقة كما تتكون المواد الدبالية، وبعض المعادن الثانوية كالنترات والسلفات والفوسفات والكربونات والسيليكا وأكاسيد الحديد والألمنيوم وغيرها.

وتجدر الإشارة إلى أن جزءاً من العناصر الغذائية قد يغسل عند تكوين التربة ليشترك في الدورة الجيولوجية للمواد، ولهذا يلعب النظام المائي للتربة، ودرجة غسلها دوراً بارزاً في درجة تجمع المواد في آفاق التربة أو غسلها منها. ويتأثر الدورة الحيوية للمواد، وما يرافقها من تكوين المواد العضوية وتفسخها، تتعرض المواد الأم للتفاعل مستمر مع الأحياء ومخلفات نشاطها الحيوي، وكذلك مع نواتج تحلل المخلفات العضوية وتجمعها، وهذا ما يعبر عن جوهر عملية تكوين التربة.

ثانياً_عوامل تكوين التربة Soil formation factors :

تتكون التربة نتيجة التغيرات المتنوعة والمستمرة التي تطرأ على الطبقات السطحية من الصخور الأم المكونة للتربة، تحت تأثير الكائنات الحية النباتية والحيوانية والمناخ وغيرها من العوامل الطبيعية المحيطة التي حددها داکوتشایف منذ نهاية القرن التاسع عشر، وأطلق عليها اسم عوامل تكوين التربة، وتشمل ما يلي:

١- الصخور الأم، ٢ - المناخ، ٣ - الأحياء، ٤ - التضاريس، ٥ - الزمن. ويضاف إليها في الوقت الراهن النشاطات البشرية.

١- المواد الأم أو الصخور المكونة للتربة Parent material: يرتبط التركيب الميكانيكي والمعدني والكيميائي للتربة، وكثير من خصائصها بصورة تامة بنوعية الصخور الأم، وبخاصة في المراحل المبكرة، ومع مرور الوقت وتطور عملية تكوين التربة، تظهر صفات جديدة تختلف عما هي عليه في الصخور الأم تسمى الصفات المكتسبة.

ولقد سبقت دراسة أنواع الصخور الأم وتأثير كل منها في تكوين الترب، إذ لا يمكن أن تجري عمليات تكوين التربة بصور متماثلة على صخور متباينة، فعملية تكوين البودزول مثلاً تتم بسهولة أكثر على الصخور الكوارتزية مقارنة بغيرها، بينما تتكون عادة الترب المالحة على صخور مالحة. كما أنه من المنطقي أن

تتشكل ترب رملية على الحجر الرملي وترب كلسية على الحجر الكلسي.
ويبدو دور الصخور في تكوين الترب أكثر وضوحاً في المناخات الجافة حيث يقل دور المناخ والأحياء.

٢ - المناخ Climate: يعد المناخ أكثر عوامل تكوين التربة تعقيداً، ويعد تأثيره محصلة لفعل كل من الأشعة الشمسية والغلاف الجوي، وإن أهم عناصر المناخ في هذا المجال هي الحرارة والهطل والهواء. والمعروف أن الأشعة الشمسية هي المصدر الرئيس لحرارة التربة، وهي تؤثر في عملية تكوين التربة بصورة مباشرة، من خلال تأثيرها في النظام الحراري للتربة، وبصورة غير مباشرة عن طريق تخزين الطاقة في النباتات الخضراء وكذلك من خلال تأثير تلك الأشعة في الغلاف الجوي. يبين الشكل (١٦) استعمال الأشعة الشمسية في التربة في ظروف متباينة.

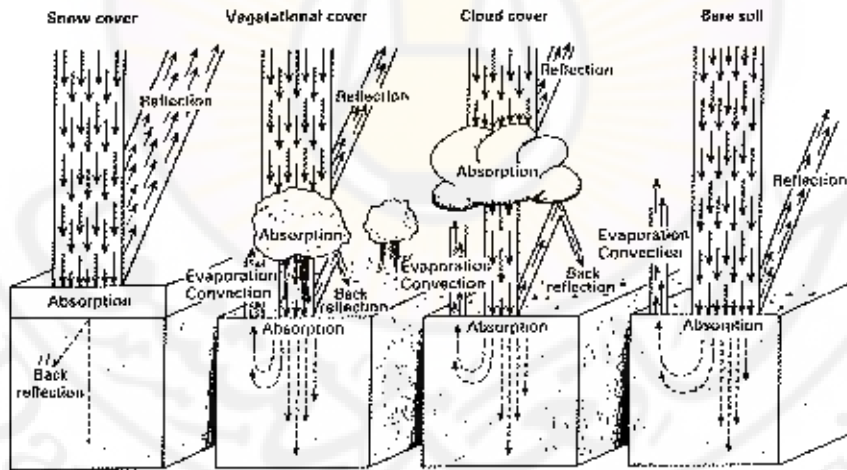


Fig. 2.20 Utilization of solar radiation

الشكل (١٦) استعمال الأشعة الشمسية في التربة

ويلعب الغلاف الجوي دوراً كبيراً في عملية تكوين التربة، إذ يحدد حركة الرطوبة بين التربة والجو، وكمية الهطل وتوزعه السنوي، كما يحدد كمية البخار من التربة، وفي الوقت نفسه يعد مصدر الأكسجين اللازم للتنفس، وغاز الكربون الضروري لعملية التمثيل الضوئي.

يعتمد عند دراسة مناخ منطقة ما على النشرات الجوية التي تسجل درجات الحرارة والرطوبة النسبية وكميات الهطل وسرعة الرياح ومقدار الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة التربة على عمق معين، إذ يعتمد على هذا المؤشر الأخير في تصنيف الترب من خلال تحديد نظامها الحراري، كما تسجل بيانات متعددة أخرى وبخاصة أثناء موسم النمو النباتي.

وتتباين الأسس التي تعتمد في تقسيم المناخات؛ فقد يقسم المناخ إلى مجموعات أو مناطق حرارية استناداً إلى مجموع متوسطات الحرارة اليومية التي تزيد على ١٠°م أثناء موسم النمو النباتي كما يظهر من الجدول التالي:

الجدول (١٥) المجموعات المناخية الحرارية:

مجموع درجات الحرارة التي تزيد على ١٠°م، م	المجموعات المناخية الحرارية
٦٠٠ >	١ - باردة (قطبية).
٢٠٠٠ - ٦٠٠	٢ - معتدلة باردة (شمالية).
٣٨٠٠ - ٢٠٠٠	٣ - معتدلة دافئة (شبه شمالية).
٨٠٠٠ - ٣٨٠٠	٤ - دافئة (شبه مدارية).
٨٠٠٠ <	٥ - حارة (مدارية).

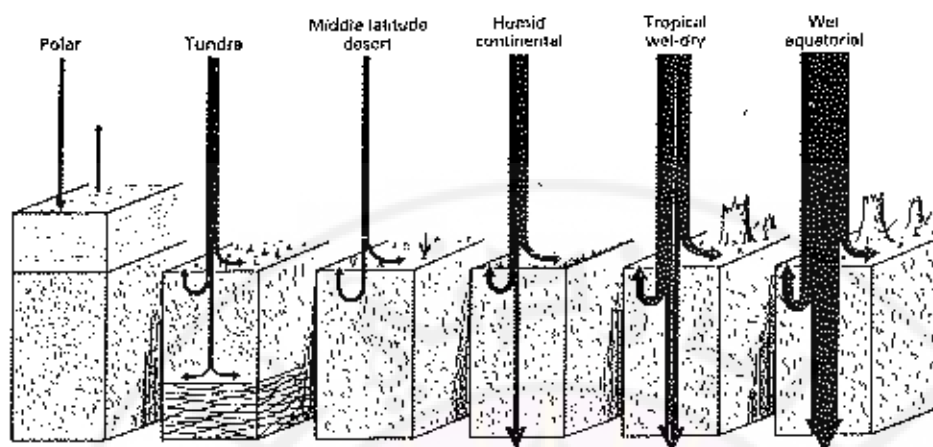
فمثلاً لو بلغ عدد الأيام التي تزيد فيها الحرارة على 10°C ٢٢٠ يوماً وكان متوسط الحرارة اليومي 18°C فإن مجموع درجات الحرارة سيبلغ $18 \times 220 = 3960^{\circ}\text{C}$ ونكون المجموعة الحرارية دافئة أو (شبه مدارية).

تتوزع المجموعات المناخية الحرارية على سطح الأرض المنبسطة متماشية وموازية تقريباً لخطوط العرض، وتشد من ذلك التضاريس العالية، التي يتعلق مناخها بمقدار ارتفاعها، كما تتأثر بعض المناطق بنظام الرياح التي تهب عليها، وكذلك موقعها من البحار أو المحيطات.

ويقسم المناخ تبعاً لرتوبته استناداً إلى عدد من المؤشرات، أهمها معامل الترطيب الذي يعني النسبة بين كمية الهطل وكمية البخر من سطح مائي، وتتميز تبعاً للمعامل المذكور المجموعات الرطوبية المبينة في الجدول (١٦) التالي:

معامل الترطيب (حسب إيفانوف) Ivanov	المجموعات المناخية الرطوبية
$< 1,33$	١ - رطوبة جداً
$1,33 - 1,1$	٢ - رطوبة
$1,1 - 0,55$	٣ - نصف رطوبة
$0,55 - 0,33$	٤ - نصف جافة
$0,33 - 0,12$	٥ - جافة
$> 0,12$	٦ - جافة جداً

ويتم حساب معامل الترطيب السنوي والشهري. ويبين الشكل (١٧) العلاقة بين كمية الأمطار الهائلة ومعامل الترطيب في عدد من المناخات.



الشكل (١٧) كمية الهطل ومعامل الترطيب في عدة مناخات

كما قد يستعمل معامل المطر الذي وضعه لانج Lang لتقسيم المناخ ودوره في تكوين الترب. ومعامل المطر هو النسبة بين متوسط كمية الهطل السنوية ومتوسط الحرارة السنوية. ويعد المعامل المساوي ٤٠ الحد الفاصل بين المناخات الجافة والرطبة، وتتكون التشرنوزوم عند معامل مطر يراوح بين ١٠٠ - ١٦٠ بينما تتكون ترب البودزول عندما يزيد المعامل على ١٦٠.

تؤثر الرطوبة الجوية في النظام المائي للترب في جهد الأكسدة والاختزال ودرجة التجوية وغسل نواتجها، كما يلعب توزيع الهطل على فصول السنة، وكذلك رطوبة الهواء النسبية، وسرعة الرياح دوراً بارزاً في تكوين الترب. ويمكن القول أن المناخ يؤثر في التربة بصورة مباشرة وغير مباشرة من خلال تأثيره في الأحياء والتضاريس، وعمليات الانجراف والترسيب وغيرها.

تصنيف المناخات الجوية في USDA عام ١٩٧٥ والمقترح من Strahler عام ١٩٧٠. صنف (Strahler عام ١٩٧٠) مناخات الغلاف الجوي للكرة الأرضية، وفيما يلي تلخيص لذلك:

أ- المجموعة الأولى - مناخات خطوط العرض السفلى Low latitude climates:

١ - مناخ استوائي رطب: ينتشر بين خطي عرض 10° شمالاً وجنوباً، باستثناء آسيا، إذ يقع بين خطي 10° - 20° شمالاً. معدل الحرارة السنوي 24° - 27° م، ومعدل الهطل السنوي 1500 - 2500 مم، والمعدل الشهري 25 - 75 مم، لا يوجد فيه فصل جاف.

٢ - مناخ الرياح التجارية الجانبية: يقع بين خطي عرض 10° - 25° شمالاً وجنوباً، معدل الحرارة السنوي كسابقه، ومعدل الهطل السنوي 1500 - 3000 مم، مع تذبذب شديد في المعدل الشهري يراوح بين 25 - 700 مم، الشتاء هو فصل جاف.

٣ - مناخات الصحاري المدارية والسهوب: تنتشر بين خطي عرض 10° - 35° شمالاً وجنوباً، معدل الحرارة السنوي 21° - 27° م ترتفع الحرارة إلى 54° م وتنخفض إلى 1° م وليس هناك تجمد للتربة. معدل الهطل السنوي في الصحاري من 10 - 100 مم وفي السهوب من 100 - 500 مم.

٤ - مناخ صحراء الساحل الغربي: ينتشر بين خطي عرض 10° - 30° شمالاً وجنوباً، معدل الحرارة السنوي 18° - 23° م وكسابقه ترتفع الحرارة إلى 54° م وتنخفض إلى 1° م دون تجمد للتربة. معدل الهطل السنوي أقل من 250 مم وعموماً لا شيء فعلياً.

٥ - مناخ مداري رطب ... جاف: يقع بين خطي عرض 0° - 25° شمالاً وجنوباً، معدل الحرارة السنوي 24° - 27° م وأقصى حرارة تصل 38° م ولا تنخفض عن 16° م، معدل الهطل السنوي 1000 - 1700 مم مع تغير شهري من 0 - 350 مم، يكون الشتاء جافاً.

ب- المجموعة الثانية- مناخات خطوط العرض الوسطى Middle latitude climates:

٦ - مناخ شبه مداري رطب: يقع بين خطي عرض ٢٠ - ٣٥ شمالاً وجنوباً، معدل الحرارة السنوي ١٦ - ٢١ م° ترتفع إلى ٣٨ م° وتنخفض إلى ٤ م° حيث تستمر فترة التجمد ١٥ - ٦٥ يوماً، معدل الهطل السنوي ٧٥٠ - ١٦٠٠ مم مع تذبذب شهري بين ٥٠ - ١٧٥ مم.

٧ - مناخ السواحل الغربية البحرية: ينتشر بين خطي عرض ٤٠ - ٦٠ شمالاً وجنوباً، معدل الحرارة السنوي ٧ - ١٣ م°، تنخفض الحرارة إلى ٧ م°، ويمتد التجمد ١٠٠ - ١٥٠ يوماً. معدل الهطل السنوي ٥٠٠ - ٢٥٠٠ مم مع تذبذب شهري بين ٢٥ - ١٠٠ مم.

٨ - مناخ البحر المتوسط: ينتشر بين خطي عرض ٣٠ - ٤٥ شمالاً وجنوباً، في سواحل البحر المتوسط، وكاليفورنيا الوسطى، وأواسط تشيلي وجنوب الرأس الإفريقي، وجنوب غرب أستراليا وجنوبها، وشرق تركيا وشمال إيران. يراوح معدل الحرارة السنوي بين ١٢ - ١٨ م° مع تغيرات يومية وانحرافات بين ١٤ - ١٩ م°، معدل أحر شهر ١٦ - ٢٤ م° مع تغيرات يومية من ١٥ - ١٩ م° وحدود قصوى ٣٥ - ٣٨ م°. معدل أبرد شهر ٧ - ١٠ م° مع تغيرات يومية ١٤ - ١٧ م°، والحدود الدنيا ١ - ٤ م°، يستمر التجمد لفترة ١٥ - ٦٥ يوماً. معدل الهطل السنوي يراوح بين ٤٠٠ - ٨٠٠ مم، بهطل معظمها في الشتاء وأدناها في الصيف. يتصف بصيف حار جاف وشتاء لطيف معتدل ماطر مع تساقط الثلوج في أماكن عديدة.

٩ - مناخات الصحارى المدارية والسهوب لخطوط العرض الوسطى: تنتشر بين خطي عرض ٣٥ - ٥٠ شمالاً وجنوباً، معدل الحرارة السنوي ٤ - ١٦ م°، ويمكن أن ترتفع إلى ٤٣ م° وتنخفض إلى ٤٥ م°، وتستمر فترة التجمد ١٨٠ - ٢٢٠ يوماً في السنة. معدل الهطل السنوي ١٠ - ١٠٠ مم في

الصحارى و ١٠٠ - ٥٠٠ مم في السهوب، مع تغيرات شهرية شديدة.

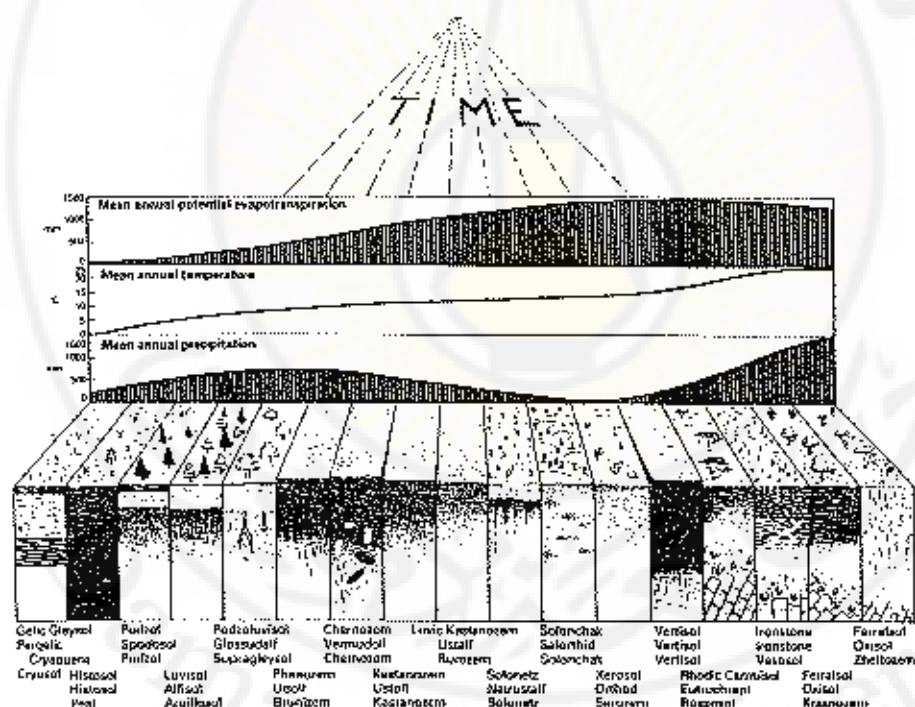
١٠ - مناخ قاري رطب: ينتشر في نصف الكرة الشمالي بين خطي عرض ٣٥ - ٦٠°، معدل الحرارة السنوي ٢ - ٧°م مع تغيرات من ٢٨ - ٤٢°م، ومعدل أبرد شهر في السنة يراوح بين ٤ - حتى ١٨°م وقد تنخفض الحرارة حتى ٤٠°م تحت الصفر، وتستمر الفترة الخالية من التجمد ١٢٠ - ١٤٠ يوماً في السنة. معدل الهطل السنوي ٤٠٠ - ٧٠٠ مم، وأقل الفصول أمطاراً هو الصيف.

ج - المجموعة الثالثة- مناخات خطوط العرض العليا High latitude climates:

- ١١ - مناخ تحت قطبي شمالي قاري: ينتشر في نصف الكرة الشمالي بين خطي عرض ٥٠ ... ٧٠°، معدل الحرارة السنوي -- ٩ حتى صفر درجة مئوية، مع تغيرات من ١٨ - ٣٢°م، تنخفض الحرارة حتى ٥٠°م، وتستمر الفترة الخالية من التجمد ٥٠ ... ٩٠ يوماً في السنة، يراوح معدل الهطل السنوي بين ٢٥٠ - ٥٠٠ مم، بهطل أقصى معدل لها في الصيف.
- ١٢ - مناخ تحت قطبي شمالي بحري: ينتشر بين خطي عرض ٥٠ - ٦٠° شمالاً وبين خطي عرض ٤٥ - ٦٠° جنوباً، معدل الحرارة السنوي ١٥ - ١°م تحت الصفر مع تغيرات من ١٠ - ٢٠°م، وتصل أدنى حرارة حتى ٢٥°م، وتستمر الفترة الخالية من التجمد حتى ٢٠ يوماً، يراوح معدل الهطل السنوي ٥٠٠ - ٧٠٠ مم، بهطل أقصى معدل له في الصيف.
- ١٣ - مناخ التندرا: ينتشر شمال خط عرض ٥٥° شمالاً، وجنوب خط عرض ٥٠° جنوباً في أمريكا الجنوبية. معدل الحرارة السنوي ١٥ - ١°م تحت الصفر، مع تغيرات من ١٤ - ٣٣°م، تنخفض الحرارة إلى ٤٥°م، وطول الفترة الخالية من التجمد تصل حتى ٢٠ يوماً. معدل الهطل السنوي ٢٥٠ - ٥٠٠ مم، بهطل أقصى معدل لها في الخريف.

١٥ - مناخات الأراضي العالية (الجبال): يصعب تعميم مواصفاتها، فعموماً تنخفض الحرارة بمقدار درجة مئوية واحدة لكل ١٧٠ متراً من الارتفاع، ويزداد الهطل مع الارتفاع ثم ينخفض عند الارتفاعات العالية جداً باستثناء المناطق المدارية حيث يستمر ازدياد الهطل، ويتصف بتقلبات يومية وفصلية شديدة.

ويمثل الشكل (١٨) توزيع الترب النطاقي تبعاً لخطوط العرض وما يرافقها من عوامل مناخية.



شكل (١٨) تخطيط الترب تبعاً لخطوط العرض

٣ - الأحياء (النباتية والحيوانية) (Organisms (Biota):

تعد الأحياء من أهم عوامل تكوين التربة، إذ تمد النباتات الخضراء التربة بالمخلفات المحتوية على مركبات عضوية ومعدنية وكثير من الطاقة التي اختزنتها أثناء عملية التمثيل الضوئي.

يختلف تأثير المجتمعات النباتية في التربة نتيجة تباين كمية مخلفاتها العضوية ونوعيتها وكذلك مواقع تفسخها من سطح التربة. فالأعشاب مثلاً تمتد التربة سنوياً بمخلفات تتوضع على سطح التربة وتحتها، وقد تصل نسبة المخلفات الجذرية في أعشاب السهوب إلى ٨٥% من وزن المخلفات الكلية، وترجع إلى التربة جميع المركبات التي تكونها الأعشاب، وبما أن تفسخ المخلفات الجذرية يتم داخل التربة فإن نواتج التفسخ هذه تتفاعل مباشرة مع الجزء المعدني من التربة، وبالتالي فإنها تحفظ في التربة، ولا تتعرض للغسل مع مياه الأمطار. أما في حالة الأشجار، فإن أعلى نسبة من المخلفات تتوضع على سطح التربة وليس داخلها، وبالتالي فإن نواتج تفسخ تلك المخلفات لا تتفاعل مع الجزء المعدني إلا أثناء غسلها، وبالتالي فإن إمكان التفاعل والتثبيت هذا يكون محدوداً، ولا تحفظ إلا نسبة قليلة من نواتج التفسخ هذه مقارنة مع الأعشاب.

وبين الجدول (١٧) الدورة الحيوية للمواد في بعض المجتمعات النباتية. تتطلب الأنواع النباتية المختلفة ظروفاً طبيعية متباينة من أجل نموها وتطورها بصورة عادية. وفي الوقت نفسه تعمل النباتات على توفير ظروف خاصة تؤثر في التربة، فتحت الأشجار الغابية، غالباً ما تتوافر الظروف لغرس التربة وإزاحة المركبات العضوية والمعدنية الذوابة، وتتعمق عملية تكوين التربة كثيراً داخل التربة،

جدول (١٧) الدورة الحيوية للمواد طن/هـ عن رودن وبازيليغتش.

المجتمعات النباتية	المواد العضوية			العناصر المعدنية والآتوت	
	الكتلة الحية الكلية	الكتلة الحية الجذرية	الساقط السنوي	الكتلة الحية	الساقط السنوي
١ - صنوبريات الأدغال السيبيرية الجنوبية	٢٨٠	٦٣,٦	٤,٧	٠,١٨٨	٠,٠٥٨٠
٢ - غابات السنديان	٤٠٠	٩٦,٠	٦,٥	٠,٥٨٠	٠,٢٥٠
٣ - السهوب الجافة	١٠	٨,٥	٤,٢	٠,٣٥٠	٠,١٦١
٤ - البادية السورية (نباتات إيميرية)	٦	٣,٥	٢,٤	٠,٤٦١	٠,١٩٤

غير أن الأفق الدبالي A_1 يكون أقل عمقاً مقارنة بما هو تحت الأعشاب. أما تحت الأعشاب فإن عملية الغسل تكون أضعف من سابقتها، وإن تجمّع كميات كبيرة من مخلفات الجذور في الأفق العلوية من التربة يعمل على تكوين أفق دبالي عميق نسبياً ومفكك.

يؤثر التركيب الكيميائي للمخلفات العضوية في سرعة تفسيخها وتأثيرها في خصائص التربة، فالأشجار أغنى من الأعشاب بالخشبين والمواد الراتنجية، وأفقر منها بالبروتينات، كما أن النباتات البقولية أغنى بالبروتينات مقارنة بالنجيليات.

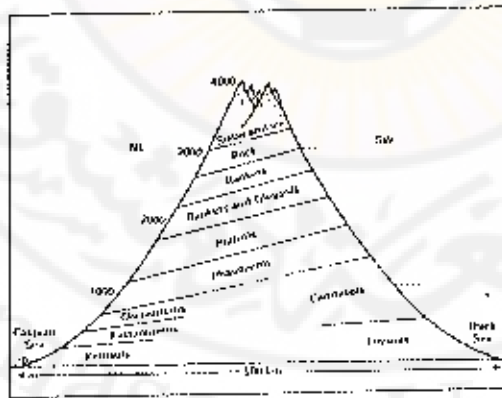
وإذا كانت أهم الوظائف الرئيسة للنباتات في تكوين الترب، هو تركيب المواد العضوية وتخزين الطاقة، فإن أهم دور للحيوانات يتمثل باستهلاك تلك المواد وتفسيخها وتوزيع مخزونات الطاقة وتحويل قسم منها إلى طاقة حرارية أو كيميائية أو ميكانيكية، وتلعب الحيوانات العاشبة دوراً مهماً في ذلك.

أما دور الأحياء الدقيقة في تكوين التربة فمتعدد الجوانب ومتنوع، إذ تقوم بصورة رئيسة بتفسيخ المخلفات العضوية، فضلاً عن العمليات التخصصية التي تقوم بها في التربة، ويتضح ذلك في مقرر الأحياء الدقيقة.

٤ - التضاريس (Relief (topography):

تؤثر التضاريس في عملية تكوين الترب بصورة مباشرة أو غير مباشرة تبعاً لحجومها. ولتوضيح دور التضاريس في هذه العملية يجدر تقسيمها إلى ثلاث مجموعات هي: كبيرة ومتوسطة وصغيرة أو دقيقة.

التضاريس الكبيرة: تشمل الجبال والهضاب والسهول، وهذه تؤثر في حركة التيارات الهوائية وكذلك في المناخ، فعلى الجبال يلاحظ التدرج الشاقولي للمناخ والنبات وبالتالي للترب، كما هو واضح من الشكل (١٩)، فعند اقتراب الكتل الهوائية الرطبة من الجبال ترتفع ببطء وتنخفض حرارتها تدريجياً وتتساقط أعلى نسبة من الهطل في السفوح، وما يجتاز الجبال من كتل هوائية، ينحدر ليصبح ساخناً وجافاً. لذلك يمكن القول إن هذا النوع من التضاريس يؤثر بصورة مباشرة في مناخ المنطقة.



شكل (١٩) تـنـطـق التـرب تـبعـاً لارتفاعها بين البحر الأسود وبحر قزودين

التضاريس المتوسطة: تضم التلال والوديان والنجود، وهي تعمل بالدرجة الأولى على توزيع الأمطار على سطح الأرض، وتنظيم النسب بين الماء المتسرب في التربة والساح على سطحها، ففي التضاريس المنبسطة تكون نسبة الماء المتسرب في التربة عالية، على خلاف المنحدرات، حيث يسود السطح السطحي. تؤثر التضاريس المتوسطة في توزيع الحرارة، فالسفوح مختلفة الانحدارات والاتجاهات تتلقى كميات متفاوتة من أشعة الشمس تبعاً لدرجة انحدارها واتجاهها، كما تلعب هذه التضاريس دوراً مهماً في عمليات انجراف التربة وترسب المجروفات.

ولهذا النوع من التضاريس تأثير كبير في تحديد نوعية النظام المائي للتربة، وتبعاً لدور التضاريس في ذلك تميز ثلاث مجموعات من أنماط تكوين الترب وعلاقتها بالهيدرولوجيا:

أ - **الترب ذاتية التشكل Automorphic:** تتكون على المنحدرات وعلى التضاريس المنبسطة التي تسمح بجريان الماء السطحي بصورة سريعة ومباشرة، عندما يتوضع الماء الجوفي على عمق يزيد على ٦ أمتار، أو يكون الصرف جيداً.

ب - **الترب ذات التشكل نصف المائي Semihydromorphic:** تتشكل عندما تتعرض الأراضي للغمر لفترات محددة، أو عندما يراوح عمق الماء الجوفي بين ٣ - ٦ أمتار، وفي هذه الحالة يمكن أن يصل الماء الجوفي بالخاصية الشعرية إلى منطقة المجموعة الجذرية النباتية.

ج - **الترب ذات التشكل المائي Hydromorphic:** تتكون نتيجة غمر الأراضي بالمياه لفترات طويلة، أو عندما يتوضع الماء الجوفي على عمق يقل عن ٣ أمتار، وفي هذه الحالة قد يصل هذا الماء إلى سطح التربة.

التضاريس الصغيرة: تضم الروابي والتلال الصغيرة والزمالات، إضافة إلى الحفر الناتجة عن العمليات الزراعية التي تظهر على التضاريس المنبسطة.

وتتحكم هذه التضاريس بانجراف الترب وحركة التيارات المائية السطحية. وتجدر الإشارة إلى أن تشكّل هذا النوع من التضاريس قد يترافق مع عملية تكوين التربة، وفي الوقت ذاته يؤثر فيها من خلال توزيع الرطوبة وتجميعها في المنخفضات وبالتالي غسل الترب. وإن النظم المائية لهذه التضاريس تختلف عما يجاورها، مما يؤدي إلى اختلاف الغطاء النباتي حتى ونوعية التربة المتكونة وبخاصة في مناطق السهوب الجافة؛ إذ تؤدي إلى تكوين نوع من الغطاء الأرضي الفسيفسائي المعقد؛ إذ تحوي مساحة محدودة من الأرض أنماطاً متباينة من الترب.

٥ - عمر التربة وتطورها: تجري عملية تكوين التربة بسرعة ووتيرة محددة، لذلك كي تصل التربة إلى مرحلة نضجها فإنها تتطلب فترة معينة تختلف تبعاً لشدة تلك العملية. وبحسب عمر التربة من بدء عملية تكوين التربة وليس ابتداءً من عملية التجوية.

ويقصد بنشوء التربة Evolution: عملية تكوين مقطعها من الصخور الأم تحت تأثير مجموعة من الظروف الطبيعية المسماة عوامل تكوين التربة، والمتغيرة بدرجات متفاوتة. وعلى هذا الشكل تمر التربة بمراحل عدة حتى تصل مرحلة النضج التام، وعند ذلك يزداد تدريجياً عمق مقطعها ودرجة وضوح الآفاق المنشئية المميزة لنمط هذه التربة.

أما تطور التربة Development: فيعني تغير الترب المتكونة الناضجة الناتجة عن تغيرات كبيرة في عوامل تكوين التربة، وفي هذه الحالة يعاد ترتيب مقطع التربة وتتحول التربة من نمط منشئي أو تحت نمط إلى آخر، فتضعف الخصائص المميزة للتربة الأولى وتظهر خصائص جديدة. وينتج هذا التغير في مقطع التربة عن الأسباب التالية:

أ - تغير الظروف البيومناخية، مثل ارتفاع الحرارة أو انخفاضها، وازدياد

الرطوبة الجوية أو نقصها وما يرافق ذلك من تغيرات في الغطاء النباتي.
ب - تغير الظروف الجيومورفولوجية، مثل: ارتفاع المكان، حفر الأخاديد بالانجراف وكذلك تعمق مستوى الماء الأرضي، أو انخفاض المكان وارتفاع مستوى الماء الأرضي وما يرافق ذلك من تغيرات في الغطاء النباتي.

ج - التغير الكبير في تركيب التربة وبنائها أثناء عملية تكوينها والتي تنعكس على الغطاء النباتي والوضع الجغرافي مثل (تكوين المستنقعات واليودزول)، وهذا ما يطلق عليه اسم التطور الذاتي.

ويمكن تقسيم الترب تبعاً لنضجها أو عمرها إلى ثلاثة أقسام:

١ - ترب فتية: وهي ضعيفة التطور، تكون فيها عمليات البناء أكبر من عمليات الهدم بالمفهوم التربوي. وفي هذه الحالة تكون الخصائص الموروثة هي السائدة على الخصائص المكتسبة، ويكون تطور المقطع في بدايته.

٢ - ترب ناضجة: وهي جيدة التطور، ويتمتع بتوازن ديناميكي مع البيئة المحيطة، وتتساوى فيها عمليات البناء والهدم، وتسود فيها الخصائص المكتسبة على الموروثة، وتحوي مقطعاً متميزاً الأفق، وهي من أكثر الترب ملائمة للاستثمار الزراعي.

٣ - ترب مسنة أو متدهورة: هي الترب التي تسود فيها عمليات الهدم على عمليات البناء، وتصل إلى هذه الحالة نتيجة سوء استعمالها الزراعي. ويبين الجدول (١٨) بدء تكوين الترب على سطح الأرض.

الجدول (١٨) تاريخ بدء تكون التربة.

عملية تكوين التربة	بدء التكوين بالمليون سنة (تقريباً)
في المياه الضحلة	٨٠٠
تحت غطاء نباتي	٣٥٠
في المناطق الغابية والمستنقعية	١٥٠
في المناطق المدارية	١٠٥
المرجئة والتشرونوزومية المعاصرة	٠,٢٥

٦ - النشاطات البشرية:

يلعب الإنسان دوراً كبيراً ومتناقضاً في عملية تكوين التربة، فخدمة التربة وإضافة الأسمدة وإقامة مصدات الرياح والتحريج وإنشاء شبكات الري والصرف واستصلاح الأراضي، كل هذا يعمل على تغيير عمليات تكوين الترب بالاتجاه المرغوب.

أما إبادة الغابات واستزراع الأراضي البكر بصورة غير علمية والتعامل مع التربة دون خبرة فإنه يؤدي إلى تحويل مسار عملية تكوين التربة وتدهورها. ولقد أصبح دور الإنسان أكثر فاعلية بعد تقدم التقانات، إذ أصبح بمقدوره أن يوجه عملية تكوين التربة كيفما شاء، علماً أن عمليات هدم التربة أسهل كثيراً من عمليات بنائها أو إعادة تأهيلها.

تسمى عوامل تكوين التربة المذكورة، عوامل خارجية، تتميز بأنها عن العوامل الداخلية التي تشمل البراكين والزلازل والتغيرات الجيومورفولوجية للأرض وتركيز المواد جيوكيميائياً ودور التيارات المائية والغازية العميقة والحرارة، إذ تلعب هذه العوامل دوراً مهماً في عملية تكون التربة في بعض المواقع.

العلاقة بين عوامل تكوين التربة:

إن تباين عوامل تكوين التربة وتفاعلها معاً، واختلاف شدات تأثيرها، يؤدي إلى ظهور مسارات عديدة لعملية تكوين التربة، ينعكس تأثيرها في بناء مقاطع التربة وتراكيبها وخصائصها بما فيها الخصوبة.

ويتصف الترب المتعددة التي تقع ضمن مسار واحد بتشابه خصائصها عموماً، إذ أن الاختلافات بينها تبقى كمية لا نوعية.

وتتعلق عوامل تكوين التربة ببعضها بدرجة وثيقة، ففي كل مناخ تنمو نباتات خاصة به، لذلك يجب النظر إليها مجتمعة كظروف حيوية مناخية Bioclimatic لتكوين التربة. كما يؤثر المناخ في نوعية قشور التجوية وبالتالي في الصخور المكونة للتربة التي تؤثر بدورها في النباتات، وفي الوقت نفسه يتأثر المناخ بالتضاريس وبخاصة الجبلية، كما يرتبط عمق الصخور الأم بنوعية التضاريس من خلال عمليات الانجراف أو الترسيب، وتلعب التضاريس دوراً واضحاً في تحديد نوعية الغطاء النباتي الطبيعي تبعاً لارتفاعها ودرجة انحدارها وموقع سفوحها من الشمس، وللتضاريس أهمية كبيرة في تحديد النظم المائية للتربة والتي تتعلق بها الغطاء النباتي حتى والحيوي.

لا يتحدد مسار عملية تكوين التربة بتأثير عامل دون آخر، وإنما بالمحصلة العامة لتأثير جميع العوامل التي قد تختلف أهمية كل منها من موقع لآخر. ويمكن أن يتغير أحد عوامل تكوين التربة إلى درجة محدودة قد لا يؤدي إلى انحراف يذكر في مسار عملية التكوين، أما إذا كان التغير شديداً فقد يعمل على انحراف مسار عملية التكوين بصورة جذرية ليعطي تربة جديدة مغايرة.

الفصل العاشر

مورفولوجية التربة

– العناصر والملامح الشكلية لمقطع التربة

– بناء مقطع التربة

– لون التربة

– بنية التربة



مورفولوجية التربة

Soil morphology

التركيب الطوري للتربة: التربة منظومة رباعية الأطوار، إذ تحتوي على المادة بحالاتها، الصلبة والسائلة والغازية والحية. وينطبق هذا القول على سائر الترب كأجسام طبيعية، علماً أن نسب تلك الأطوار تختلف من تربة لأخرى، ومن أفق لآخر، كما تتغير مع مرور الزمن تبعاً لרטوبة التربة وظروف الوسط. وفيما يلي عرض موجز لتلك الأطوار:

١ - الطور الصلب Solid phase: يشكل الجزء الأساسي أو الهيكل للتربة، وينحدر عن المواد الأم، تحت تأثير عملية تكوين التربة، حيث يرث هذا الطور كثيراً من الخصائص والتراكيب عن تلك المواد.

يُعدُّ الطور الصلب في التربة منظومة متعددة الانتثار، متنوع المكونات، إذ يتألف من مواد معدنية وأخرى عضوية وثلاثة معدنية عضوية، وتتفاوت نسب تلك المواد، إلا أن الجزء المعدني يسيطر من الناحية الوزنية في معظم الترب.

٢ - الطور السائل Liquid phase: يعبر عن الماء في التربة، وما يحويه من مركبات منحلّة فيه، وهو من أكثر المكونات حركة وتبدلاً، إذ ينتقل داخل التربة في سائر الاتجاهات، حاملاً معه المركبات المنحلّة، حيث ينقلها من موقع ليرسبها في آخر، داخل التربة أو خارجها. يتعلق الماء في التربة بالظروف المناخية، وبخاصة كمية الهطل وتوزعها، وكذلك بخصائص التربة نفسها، ويسمى الماء هنا «دم التربة».

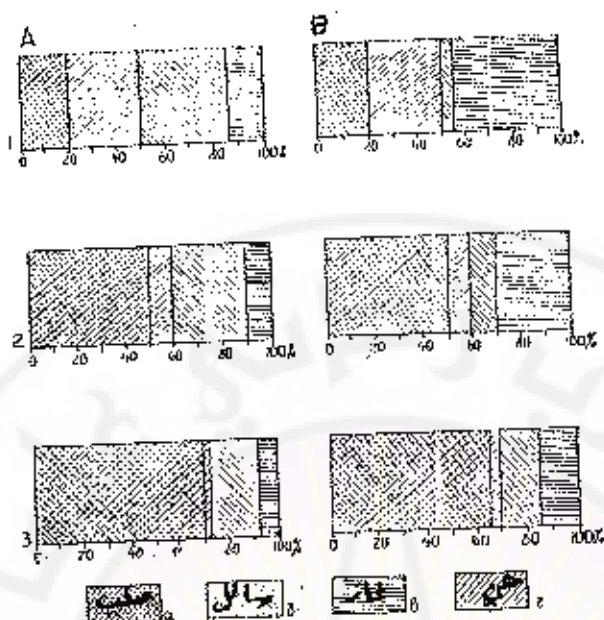
وهناك مدخلان لدراسة هذا الماء: الأول، فيزيائي، يهتم بدراسة أنواع الرطوبة في التربة وحركتها وحفظها وفقدانها، ولا يتعرض كثيراً لدراسة كيميائية هذا الماء، والمدخل الثاني: كيميائي، إذ ينظر إلى الماء كمحلول أرضي، يهتم

بدراسة تركيبه وتركيزه ورقم حموضته وجهد الأكسدة والاختزال فيه، وغيرها من الخصائص.

٣ - الطور الغازي Gaseous phase: يعني الهواء الذي يشغل المسام الخالية من الماء، لذا فإن نسبته تتعلق برطوبة التربة. وعند مقارنة تركيبه بتركيب الهواء الجوي، تلاحظ عدة اختلافات أهمها: أن هواء التربة أغنى بغاز الكربون وأفقير بالأكسجين، وتزداد هذه الاختلافات شدة كلما ساءت عمليات التهوية التي تعني التبادل الغازي بين هواء التربة والهواء الجوي، ويجري هذا التبادل من خلال مسام كبيرة نسبياً تدعى مسام التهوية. كما يختلف تركيب الهواء في التربة نفسها من عمق لآخر، وعلى مدار السنة وحتى في اليوم الواحد ما بين ليل ونهار وعلاقة ذلك باختلاف حرارة التربة والجو.

٤ - الطور الحي Life phase: يتمثل بأحياء التربة، النباتية والحيوانية، الراقية والدقيقة، إذ تشارك جميعها في عملية تكوين التربة بنشاط كبير. وتدخل المجموعة الجذرية النباتية ضمن هذا الطور إذ أنها تشكل في بعض الترب أكثر من نصف حجمها، علماً أن بعض المختصين لا يدخل تلك الجذور ضمن هذا الطور.

وبين الشكل (٢٠) النسب المئوية الحجمية لتلك الأطوار في ثلاثة أنماط مختلفة من الترب، هي: الأفق السطحي في التربة المرجية (١)، الأفق الدبالي في التشنوزوم (٢)، الأفق القلوي في السولوننتس (٣)، وذلك عند رطوبة السعة الحقلية (A) وفي حالة الجفاف الهوائي (B).



الشكل (٢٠) النسب الحجمية لأطوار المادة في الترب

العناصر والملاح الشكلية لمقطع التربة:

يظهر في التربة عند تكوينها كثير من الصفات أو الملاح الشكلية، تميزها عن الصخور الأم وعن غيرها من الترب، وتزداد تلك الملاح وضوحاً مع تقدم الزمن وشدة عملية تكوين التربة.

تلعب هذه الصفات دوراً بارزاً في الحكم على كثير من خصائص التربة، وتاريخ نشوئها، وتعدّ مرآة تعكس العديد من التفاعلات الخفية التي تجري في التربة. كما تعدّ المدخل الأولي لدراسة التربة، سواء في الحقل أو في المختبر. ولفهم هذه الصفات بصورة كافية لابد من تعميق المعارف والدراسات المتعلقة بالخصائص الداخلية للتربة، ولا يتسنى ذلك دون دراية تامة بتركيب التربة وخصائصها، والعمليات السائدة التي تؤدي إلى ظهور الصفات الشكلية.

وتجدر الإشارة إلى ظهور اتجاه جديد نسبياً في علم التربة هو الدراسة الميكرومورفولوجية، التي تتناول دراسة مقاطع رقيقة (شرائح) من التربة، وفحصها بوساطة المجهر الاستقطابي. ولكي يكون الحكم على طبيعة التربة أكثر دقة لابد من تصافر سائر الاختبارات المورفولوجية بكل مقاييسها الكبيرة والمتوسطة والدقيقة (الماكرو، والميزو، والميكرو).

ويجدر التفريق بين العناصر المورفولوجية والملاح المورفولوجية، إذ تضم الأولى: الأفاق المنشئية، والوحدات البنيوية، والمستجدات، والشوائب إضافة إلى المسام. أما الملاح فهي التي تميز تلك العناصر عن بعضها، وتضم: شكل العنصر، وطبيعة الحدود، واللون، والتركيب الميكانيكي، والاندماج، والكثافة، والقساوة، والالتصاق والدونة وغيرها.

ومن المعروف أن التربة تتألف من عدة مستويات مورفولوجية بدءاً من المقطع، فالأفق، فتحت الأفق، فالوحدات البنيوية أو اللبانات Peds وأخيراً البنية الدقيقة للتربة التي تقع في مجال ميكرومورفولوجية التربة.

بناء مقطع التربة Soil profile structure:

تعتبر هذه الصفة عن طبيعة تعاقب آفاق التربة وترتيبها باتجاه شاقولي، إذ تتألف التربة الناضجة عادة من عدة طبقات تدعى الأفاق، تختلف فيما بينها باللون والبنية والاندماج وغيرها، كما قد نتبين أيضاً بتركيبها الميكانيكية والكيميائية والحيوية. ويعرف الأفق Horizon بأنه طبقة من التربة، ذات عمق معين، يوازي غالباً سطح الأرض، ويتميز عن غيره من الأفاق المجاورة بدرجات متفاوتة.

ويرجع تكوين الأفاق وتمايزها إلى العوامل التالية:

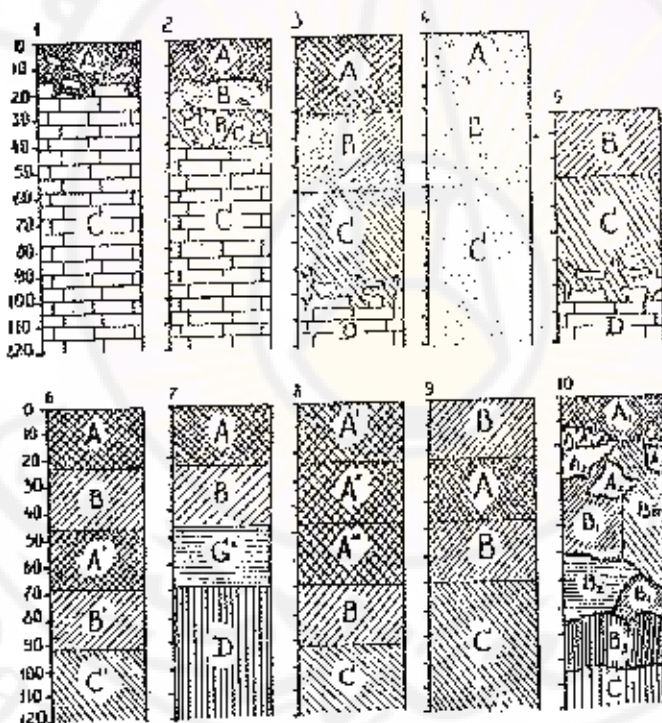
- ١ - تجوية المعادن الأولية وتكوين معادن ثانوية؛ مما يؤدي إلى ظهور مواد تختلف في صفاتها الشكلية عن الصخور الأم.

٢- تجمع المخلفات النباتية والحيوانية في التربة، وبخاصة في آفاقها السطحية، وتعرضها للتفسخ والتحول إلى مركبات عضوية وتكوين الدبال.

٣- تفاعل المركبات المعدنية مع العضوية لتكوين معقدات معدنية عضوية.

٤- حركة نواتج كل من التجوية وعملية تكوين التربة، وتوزعها خلال مقطع التربة بدرجات متفاوتة.

نتيجة تأثير العمليات الأربع المذكورة يتميز مقطع التربة إلى آفاق مختلفة. ويتصف كل نمط تربى بأفاقه الخاصة التي تميزه عن غيره من الأنماط، ويرجع ذلك إلى طبيعة عملية تكوينه وشدها وعمرها. ويبين الشكل (٢١) أنواعاً مختلفة لأبنية مقاطع الترب.



الشكل (٢١) أنواع أبنية مقاطع التربة

- | | | | | |
|----------|-------------------|------------------|-----------------|-------------|
| ١- بدائي | ٢- غير تام التطور | ٣- عادي | ٤- ضعيف التمايز | ٥- منحرف |
| ٦- أثرى | ٧- متعدد الحدود | ٨- متعدد الدورات | ٩- مغلوب | ١٠- فوسفاتى |

ويأخذ كل أفق اسمه الخاص ورمزه، وقد تختلف هذه الأسماء والرموز من مدرسة لأخرى، وفيما يلي استعراض لأهم نظم تلك الأفاق ورموزها في بعض مدارس علوم التربة في العالم.

أولاً: الأفاق في المدرسة الروسية: ينتشر في هذه المدرسة عدد من النظم الخاصة بتسمية الأفاق ورموزها، من أكثرها شيوعاً، النظام التالي:

الأفق A₀ - أفق المهاد الغابي أو العشبي (السقط Litter): يتألف من مخلفات عضوية غير متفستخة، يوجد في الترب البكر الغابية أو العشبية، يمكن تمييز المخلفات العضوية فيه بسهولة، تختلف سماكته من تربة لأخرى، ويعدّ أفقاً عضوياً، وإذا ما نوضع هذا الأفق فوق الخث أو التورب فيرمز له بالحرف T المأخوذ من كلمة Torf الروسية وتعني Tourbe بالفرنسية.

A - أفق تراكم الدبال Humus - accumulation horizon: أفق معدني يتجمع فيه الدبال، وتغسل منه الأملاح البسيطة وبعض المركبات العضوية، ويمكن أن يكون على أشكال متعددة:

A₁ - أفق دبال - غسلي Humus - eluvial h.: أفق يتجمع فيه الدبال مترافقاً مع تهدّم المركبات وغسلها بصورة دائبة أو معلقة.

A₂ - أفق غسلي Eluvial h.: يغسل أو يزاح منه كثير من نواتج تهدم المعادن المعقدة مثل السيليكات الألومينية، وتتوضع نواتج الإزاحة في الأفاق السفلية للتربة أو أعمق من حدود التربة. يأخذ هذا الأفق تسميات متعددة حسب التربة، إذ يسمى أفقاً بودزولياً Podzolic h. في التربة البودزولية، أو أفقاً سولودياً Solodich h. في الترب التي تحمل هذا الاسم. ويمكن أن تتكون أفاق انتقالية مثل A₂ A₁ أو A₂ B₁ وغيرها.

A_p - أفق الحرثة Plow h.: الأفق السطحي من الترب المفلوحة، وهو خليط من الأفاق السطحية التي تطالها سكة المحراث.

B - أفق ترسيب Illuvial h.، أو أفق انتقالي Transitional h.؛ ففي الحالة الأولى تترسب فيه المركبات المغسولة من الأفق A أو من الماء الجوفي ، وإذا لم يحدث فيه ترسيب فيعد أفقاً انتقالياً بين A و C.

يمكن أن يقسم الأفق B إلى B_1 و B_2 و B_3 ، كما قد يكون ترسيباً للحديد أو للدبال أو للغضار أو للأملاح الذوابة.

B_k - أفق الكربونات Calcareous h.؛ أفق تراكم كربونات الكالسيوم الناتجة عن عملية تكوين التربة.

C - أفق الصخرة المكونة للتربة أو المواد الأم Parent material h.؛ هي طبقة المواد التي تكونت منها التربة، ولم تتعرض لعملية التكوين تلك إلا بدرجة ضعيفة.

D - المهاد الصخري Bedrock؛ هي المواد التي توجد تحت التربة أو تحت موادها الأم، ولم تشارك في عملية تكوين التربة.

G - أفق الجلاي أو الوحل Gley h.؛ يتشكل في الترب المستنقعية والغدقة نتيجة زيادة الرطوبة، وسيادة عمليات الاختزال، التي تعمل على تكوين مركبات الحديد والمنغنيز الثنائيين، كما تتهدم فيه مجمعات التربة، وتكون ألوانه عادة خضراء، زرقاء، رمادية مع نداخلاتها.

إضافة إلى ذلك يمكن تمييز الأفاق الانتقالية مثل: $A_1 A_2$ أو AB_1 وغيرها، وكذلك الأفاق التي تظهر فيها علامات الوحل بدرجة ضعيفة مثل B_g أو A_{2g} وغيرها.

ثانياً: الأفاق في المدرسة الأمريكية ومنظمة الأغذية والزراعة FAO:

أ - الأفاق العضوية Organic horizons:

O - أفاق عضوية في الترب المعدنية، تتصف بما يلي:

- ١ - تتكون في الجزء العلوي من الترب المعدنية وتتوضع فوقه.
- ٢ - غنية بالمواد العضوية الطازجة أو المتحللة جزئياً.
- ٣ - تحتوي على مادة عضوية بنسبة تزيد على ٣٠% إذا كانت التربة طينية، وتزيد على ٢٠% إذا كانت التربة رملية، وينقسم هذه الآفاق إلى نوعين:
 - O₁ - آفاق عضوية تحتوي على مخلفات نباتية قليلة التفسخ، إذ يمكن تمييز معظم أصول تلك المخلفات بالعين المجردة.
 - O₂ - آفاق عضوية تحتوي مخلفات نباتية أو حيوانية متفسخة لا يمكن تمييز أصولها بالعين المجردة.

ب - الآفاق المعدنية Mineral hs.:

- A - آفاق معدنية، تضم ما يلي:
 - ١ - آفاق تراكم المادة العضوية على سطح التربة أو قريباً منه.
 - ٢ - الآفاق التي تتعرض لفقد الغضار أو الحديد أو الألمنيوم، مما يؤدي إلى ازدياد تركيز الكوارتز وغيره من المعادن المقاومة للتجوية حيث تكون بحجوم حبيبات الرمل أو الغبار.
 - ٣ - الآفاق التي لا يسود فيها أحد الشرطين السابقين ولكنها تكون انتقالية للأفق B أو C. وتتمايز الآفاق A إلى ما يلي:
 - A₁ و A₂ - كما في المدرسة الروسية.
 - A₃ - أفق انتقالي بين A و B، تسود فيه الخصائص المميزة للأفق A₁ أو A₂ مع احتوائه على بعض خصائص الأفق B بدرجة ثانوية.
 - AB - أفق انتقالي بين A و B، تغلب خصائص الأفق A في جزئه العلوي، وخصائص الأفق B في جزئه السفلي، ولا يمكن أن يفصل الجزءان إلى A₃ و B.
 - A&B - أفق يشبه الأفق A₂، إلا أنه يحتوي على أجزاء تشبه الأفق B تشكل أقل من ٥٠% من حجمه.

AC - أفق انتقالي بين A و C، يتصف بخصائص الأفقين المذكورين بالتساوي.

B - الأفق التي تسود فيها إحدى الخصائص التالية أو جميعها:

١ - ترسب الغضار أو أكاسيد الحديد أو الألمنيوم أو الدبال متحدة أو منفصلة.

٢ - تركيز متبق من الأكاسيد نصف الثلاثية أو الغضار متحدة أو منفصلة.

٣ - تغطية بصورة أغشية من الأكاسيد المذكورة بشكل كافٍ لتعطي ألواناً أدكن أو أشد أو أكثر حمرة من الأفق التي تجاوره.

٤ - تحول المواد من ظروفها الأصلية مؤدية إلى تهديم البنية الأولية للمواد الأم، وتكوين الغضار أو تحرير الأكاسيد أو كليهما، وفي الوقت نفسه تتشكل بنية حبيّة أو كتلية أو موسورية إذا ترافق ذلك مع تغير الحجم عند تغير الرطوبة.

وتتضمن الأفق B الأشكال التالية:

B₁ - أفق انتقالي بين B و A₁ أو بين B و A₂، بحيث تسود فيه خصائص الأفق B₂ الذي يتوضع تحته.

B&A - أفق يتصف أكثر من ٥٠% من حجمه بخصائص الأفق B وبعض أجزائه بخصائص A₂.

B₂ - الجزء الأساس من الأفق B ولا يتصف بخصائص أي من الأفق A أو C أو R.

B₃ - أفق انتقالي بين B و C أو R، تكون فيه الخصائص التشخيصية للأفق B₂ واضحة جداً رغم أنها مشتركة مع خصائص الأفق C أو R.

C - أفق أو (طبقة) يشبه شكلياً المواد التي يفترض أنها كونت التربة وقد لا يشبهها، ولقد تعرض لعمليات تكوين التربة بدرجة ضعيفة، ولا يتصف بالخصائص التي تميز الأفق A أو B.

R - مهاد صخري: أصم مثل البازلت أو الحجر الرملي أو الحجر الكلسي.

أما الرموز المستعملة للدلالة على الآفاق الثانوية أو تراكم بعض المواد في الآفاق الرئيسية، فهي عبارة عن حروف لاتينية صغيرة مأخوذة من كلمات محددة، وذلك كما يلي:

b - تربة مدفونة.

ca - تراكم كربونات القواعد الترابية وعادة كربونات الكالسيوم.

cs - تراكم سلفات الكالسيوم.

cn - تجمع عقد صخرية أو درنات صلبة غنية بالأكاسيد نصف الثلاثية.

g - وجل شديد.

h - ترسيب الدبال.

ir - ترسيب الحديد.

m - تمليط شديد أو تصلب.

p - حرانة أو إسلاس التربة.

sa - تجمع الأملاح الأكثر ذوباناً من الجبس.

si - تمليط سيليسي، وهذا الرمز خاص بالآفاق C.

t - ترسيب الغضار (مأخوذ عن الألمانية Ton).

x - تكوين الطبقات الهشة Fragipan أو الصمّان Duripan.

طبيعة الانتقال بين الآفاق وأشكال حدودها:

إن لطبيعة الانتقال بين الآفاق في مقطع التربة، وشكل حدودها أهمية منشئية كبيرة، وتعد سمة مورفولوجية مهمة، وأحد المقاييس المحددة لشدة عملية تكوين التربة ومسارها العام، وغالباً ما تلعب نوعية هذا الانتقال دوراً تشخيصياً أيضاً. إن التغير الشاقولي من أفق لآخر، يتباين في درجة وضوحه، وفي الشكل الذي تأخذه الحدود بين أفقين متجاورين، وغالباً ما يعتمد على تغير اللون لتعيين

حدود الأفاق، إذ يعد من أسهل الخصائص تمييزاً، وإذا لم يكن هذا متيسراً فيمكن الاعتماد على خصائص أخرى مثل، البنية أو التماسك أو النسيج أو المستجدات وغيرها لتمييز الأفاق وتعيين حدودها.

ويتم تقسيم انتقال الأفاق أو تمييزها استناداً إلى المسافة الشاقولية التي يتم فيها تغير الخصائص وذلك كما يلي: شكل (٢٢)

١ - انتقال منقطع **Abrupt distinctness**: يحدث الانتقال في مسافة تقل عن ٢

سم، مثل الانتقال من A إلى B₁ في السولونتش.

٢ - حاد **Sharp**: الحد الفاصل بين أفقين متعاقبين واضح تماماً، ولا يتجاوز

مقدار الخطأ على جدران المقطع ٢ - ٥ سم، يظهر هذا الانتقال عند التغير الشديد في درجة التغير أو التدبّل أو تكوين المستجدات، وفي الحدود السفلى لأفق الحراثة.

٣ - واضح **Clear**: يمكن تعيين الحدود بخطأ يراوح بين ٥ - ١٠ سم، ويظهر

في الحدود السفلى للأفق A₂ في الترب البودزولية، والأفاق الموحلة بشدة، وأسفل الأفق الديالي في التشنوزوم.

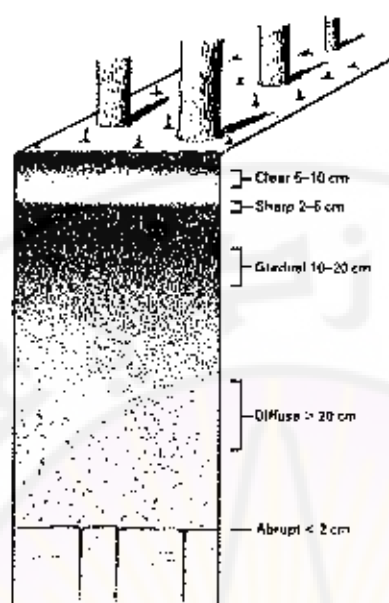
٤ - تدريجي **Gradual**: يراوح الخطأ في التعيين بين ١٠ - ٢٠ سم، يصادف

في أفاق الترب الحمراء، وبين تحت الأفاق السطحية للتشنوزوم.

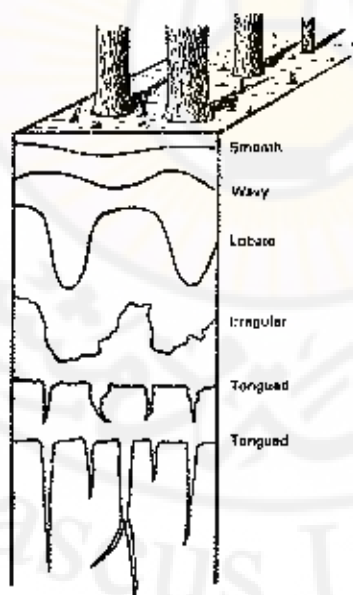
٥ - منتشر **Diffuse**: لا يمكن تعيين الحدود بين الأفاق إلا بمسافة تزيد على

٢٠ سم، ويوجد مثل هذا الانتقال في الترب القلابة **Vertisols**.

وتجدر الإشارة إلى أن هذه المعايير تختلف من مدرسة لأخرى.



الشكل (٢٢) طبيعة الانتقال بين الآفاق



الشكل (٢٣) أشكال الحدود بين الآفاق

أشكال الحدود:

أهم أشكال من الحدود بين الآفاق مايلي: الشكل (٢٣)

- ١ - حدود مستوية Smooth outlines: تتصف بها معظم الترب، وبخاصة في الأعماق، حيث تكون درجات التباين ضئيلة، وتصادف عادة عندما يكون الانتقال تدريجياً، كما تصادف عند الانتقال الحاد، مثل تحت أفق الحراثة أو عند التطبيق الأفقي للمواد الأم، أو في أفق الترسيب من الماء الجوفي.
- ٢ - متموجة Wavy: تنتشر غالباً أسفل الأفق الدبالي في ترب الغابات، أو الانتقال ما بين تحت الآفاق. تبلغ النسبة بين عمق التموج وطوله أقل من ٠,٥، وتقسّم إلى تموجات صغيرة، يقل طولها عن ٥ سم، ومتوسطة يبلغ طولها ٥ - ١٠ سم، وكبيرة يزيد طول التموج على ١٠ سم.
- ٣ - جيبية أو مفصصة Lobate: تنتشر أسفل الأفق الدبالي في الترب السهبية، تراوح النسبة بين عمق الجيب وعرضه بين ٠,٥ - ٢، وتقسّم إلى جيبية صغيرة حيث يقل عرض الجيب عن ٥ سم ومتوسطة من ٥ - ١٠ سم وكبيرة يزيد عرض الجيب على ١٠ سم. ويجب أن لا يقل عدد الجيوب عن اثنين في المتر الواحد.
- ٤ - لسانية Tongued: توجد في أسفل كل من آفاق الغسل والآفاق الدبالية في السهوب، وفي الترب العشبية البودزولية. تنشأ هذه الحدود عادة نتيجة تباين توزيع المواد أفقياً، كما تعمل الشقوق الشاقولية والبنى العمودية أو الموشورية على ظهور هذه الحدود. تراوح النسبة بين عمق اللسان وعرضه بين ٢ - ٥، وتقسّم إلى لسانية ضحلة إذا قل عمق اللسان عن ٥ سم، وعميقة إذا تجاوز عمق اللسان ١٠ سم.
- ٥ - تسربية Tongued deep: تميز الترب التي يتسرب فيها الدبال بصورة

تيارات متفرقة، كما تنتشر في الترب شديدة التشقق مثل الـ Vertisols، ويمكن أن تتكون تحت تأثير الأحياء، مثل تسرب الدبال في ممرات الجذور أو أنفاق الحيوانات الحفّارة. النسبة بين عمق التسرب وعرضه أكبر من ٥ وقد تبلغ أحياناً عشرات المرات. وهناك الحدود الانجرافية والمنتشارية والبقائية وغيرها.

عمق التربة Soil depth أو السماكة Thickness:

لم يتم الاتفاق بعد على أساس موحد يعتمد في تحديد عمق التربة، إذ ينظر إليه البعض بأنه العمق الذي ينتشر فيه الجزء الأكبر من المجموعة الجذرية للنباتية، بينما يعده آخرون بأنه العمق الذي يحتوي على الدبال. وعرفه العالم كوستيتشيف بأنه «العمق الذي تجري فيه عملية تكوين التربة»، ولعلّ هذا أكثر الآراء صحة على الرغم من صعوبة تطبيقه العملي.

يتألف عمق التربة من الأفقين A و B في حال وجودهما، وتتباين الترب تبعاً لأعماقها، ويرجع ذلك إلى طبيعة عمليات تكوين التربة وعمرها ونوعية الصخور الأم والتضاريس.

يرأوح عمق معظم الترب الزراعية بين ٤٠-١٥٠ سم، وهذا ينعكس على أعماق أهميتها. وتتوقف أهمية عمق التربة على نوعية المزروعات وعمق مجموعتها الجذرية.

إن عمق التربة هو موضوع نسبي، إذ لا توجد مقاييس محددة تميز الترب العميقة عن الضحلة، إلا أنه يمكن تقسيم الترب حسب عمق أفاقها $A + B$ إلى ما يلي حسب الجدول (١٨) التالي:

درجة عمق التربة	عمق $B + A$ ، سم
١ - قليلة العمق	أقل من ٥٠
٢ - متوسطة العمق	٥٠ - ١٠٠
٣ - عميقة	١٠٠ - ١٥٠
٤ - عميقة جداً	أكثر من ١٥٠

ويجوز اتباع التقسيم المذكور لتحديد المواصفات العامة للتربة ما دون أن يحمل هذا أي معنى تصنيفي أو تشخيصي.

ففي تصنيف الترب، عندما يستعمل عمق التربة لتحديد بعض الوحدات التصنيفية، مثل السلسلة استناداً إلى درجة تطور عملية تكوين التربة، فإن تدرج العمق هذا يختلف من نمط تربة لآخر، وليس بالضرورة أن يعتمد على عمق الأفقين $B + A$ كأساس لتصنيف أعماق سائر الترب، وإنما قد يعتمد على أعماق آفاق أخرى مثل، $AB + A$ في التشنوزوم والترب الكستنائية، و $B_1 + A$ في السولونتس.

لون التربة Soil color

يعد اللون من أكثر الصفات الظاهرية وضوحاً، ومن أسرها تعييناً، وغالباً ما يعكس الكثير من خصائص التربة ومسار عملية تكوينها. ونظراً لما للون من أهمية فقد سُمي كثير من الترب حسب ألوانها كالترب الحمراء والرمادية والسوداء وغيرها. ويعكس اللون هذا ألوان المركبات التي تضمها التربة، كما يتعلق بالخصائص الفيزيائية للتربة وبرطوبتها، وبدرجة سطوع الشمس.

وفيما يلي ملخص للعلاقة بين ألوان التربة وتركيبها:

١ - اللون الأسود: يظهر عن وجود الدبال بالدرجة الأولى، رغم أن الدبال قد يكون فاتح اللون إن كان غنياً بالأحماض الفولفية، كما ينتج عن وجود

معادن السمكتيت كما هو الحال في الترب القلابة. وعلى هذا الشكل لا يوجد ارتباط تام بين نسبة الدبال وشدة اللون الأسود، وعموماً فإن ترب النمط الواحد تكون أكثر دكته مع غناها بالدبال. ويؤدي وجود كربونات الصوديوم في التربة إلى إعطائها لوناً داكناً أو أسود، كما تعطي بعض الكبريتيدات مثل البيريت، وأكاسيد المنغنيز والمغنيتيت والهورنبلند اللون الأسود.

يمكن الحكم على طبيعة اللون الأسود في التربة عند ترميدها، فإن اختفى ذلك اللون دل هذا على أن اللون ناتج عن وجود الدبال بينما يدل بقاء اللون المذكور على أنه غير مرتبط بالدبال.

٢ - اللون الأبيض: ينشأ عموماً عن أربعة مكونات رئيسية هي: الكوارتز والكاولينيت والكلس والأملاح الذوابة، كما ينتج أيضاً عن بعض المعادن الفاتحة مثل الفلسبار والجص.

٣ - اللون الأحمر: يظهر نتيجة تراكم أكاسيد الحديد اللامائية أو قليلة التمثية مثل الهيماتيت والغوتيت، ومع جودة الصرف في التربة وغناها بأكاسيد الحديد يصبح اللون الأحمر أكثر وضوحاً.

٤ - اللون الأصفر: إن أكاسيد الحديد المائية وبخاصة الليمونيت، هي المسؤولة عن ظهور اللون الأصفر، يشاركها في ذلك معدن الياروزيت - سلفات الحديدي - المتكون عن أكسدة الكبريتيدات في الترب المستتعية بعد صرف مياهها.

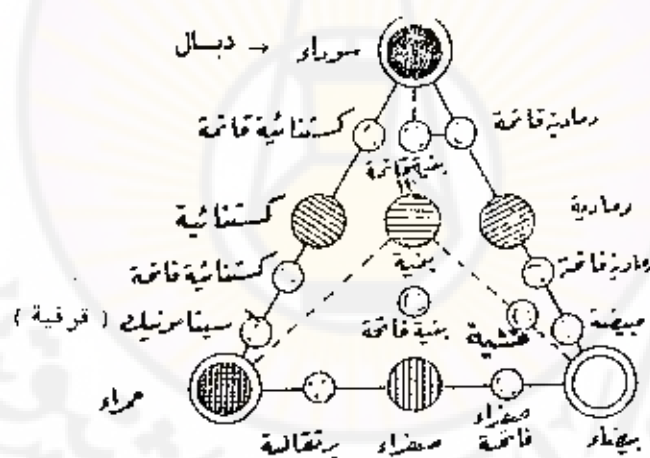
٥ - اللون البني: يميز الترب الطينية الغنية بالإليت ومختلف أنواع الميكا وخلانط أكاسيد الحديد المتميعة بمختلف الدرجات. ويسود هذا اللون في معظم معادن الغضار، كما ينتج عن مزج الألوان الحمراء والصفراء والبيضاء والسوداء بنسب مختلفة، لهذا يعد أكثر الألوان انتشاراً في معظم الترب.

٦ - اللون الأرجواني Purple color: يدل على ارتفاع نسبة أكاسيد المنغنيز، وهو قليل الانتشار، ويميز بعض الصخور الأم.

٧ - اللون الأزرق: نادراً ما يصادف بصورة نقية في الترب. وهو لون الوحل في بعض الترب المستنقعية الناتج عن معدن الفيغيانيت في الحالة الجافة. كما ينتشر اللون الأزرق الرمادي المخضر في كثير من الترب المستنقعية نتيجة وجود مركبات الحديد ثنائي التكافؤ.

٨ - اللون الأخضر: يظهر في الترب عالية الرطوبة الغنية بمعادن عضائر مخضرة مثل النونترونيت، وكذلك يفعل الغلوكونيت.

وتجدر الإشارة إلى أن الألوان السابقة لا توجد عادة في التربة بحالة نقية وإنما بصورة مزيج لتعطي ألواناً مزيجية أو انتقالية. ويتم تحديد ألوان التربة بطرائق متعددة، إذ وضع العالم زاخاروف (Zakharov) منذ ثلاثينيات القرن الماضي مثلاً يحدد الألوان حسب تداخل للمركبات الأساسية الملونة للتربة. شكل (٢٤).



الشكل (٢٤) مثلث زاخاروف لتحديد ألوان التربة

لقد انتشر في العقود الأخيرة استعمال لوحات منسل لألوان التربة Munsell soil color charts حيث يحدد كل لون فيها باستعمال ثلاثة مؤشرات هي:

١ - النقبة أو تدرج اللون «Ilu»: ويعني هذا المؤشر موقع اللون في الطيف المرئي وعلاقته بالألوان الخمسة المستعملة، وهي: الأحمر والأصفر والأخضر والأزرق والأرجواني، وهو يعبر عن طول الموجة الضوئية للون.

٢ - الإضاءة أو الجلال «Value»: يعني المقدار النسبي لإشراق اللون، حيث يحدد موقع اللون بين الفاتح والداكن، ويتعلق بالكمية الإجمالية للضوء.

٣ - نقاء اللون أو شدته «Chroma»: يسمى أيضاً التشبع، ويعني النقاء النسبي للطيف اللوني، حيث يزداد مع انخفاض الرمادية.

وعلى هذا الأساس يحدد لون التربة بمصطلح ثلاثي مثل: 10 YR 6/3 إذ تعني 10 YR تدرج اللون و6 درجة الإضاءة و3 نقاء اللون.

لقد اعتمدت في هذه اللوحات خمسة ألوان أساسية هي الأحمر (R)، الأصفر (Y)، الأخضر (G)، الأزرق (B)، والأرجواني (P)، إضافة إلى خمسة ألوان انتقالية هي أحمر - أصفر (YR)، أصفر - أخضر (GY)، أخضر - أزرق (BG)، أزرق - أرجواني (PB)، وأرجواني - أحمر (RP).

يقسم كل لون أساسي أو انتقالي إلى تدرجات عشرية مرقمة كالتالي:

1 R, 2 R, ..., 10 R, 1 YR, ..., 10 YR وهكذا.

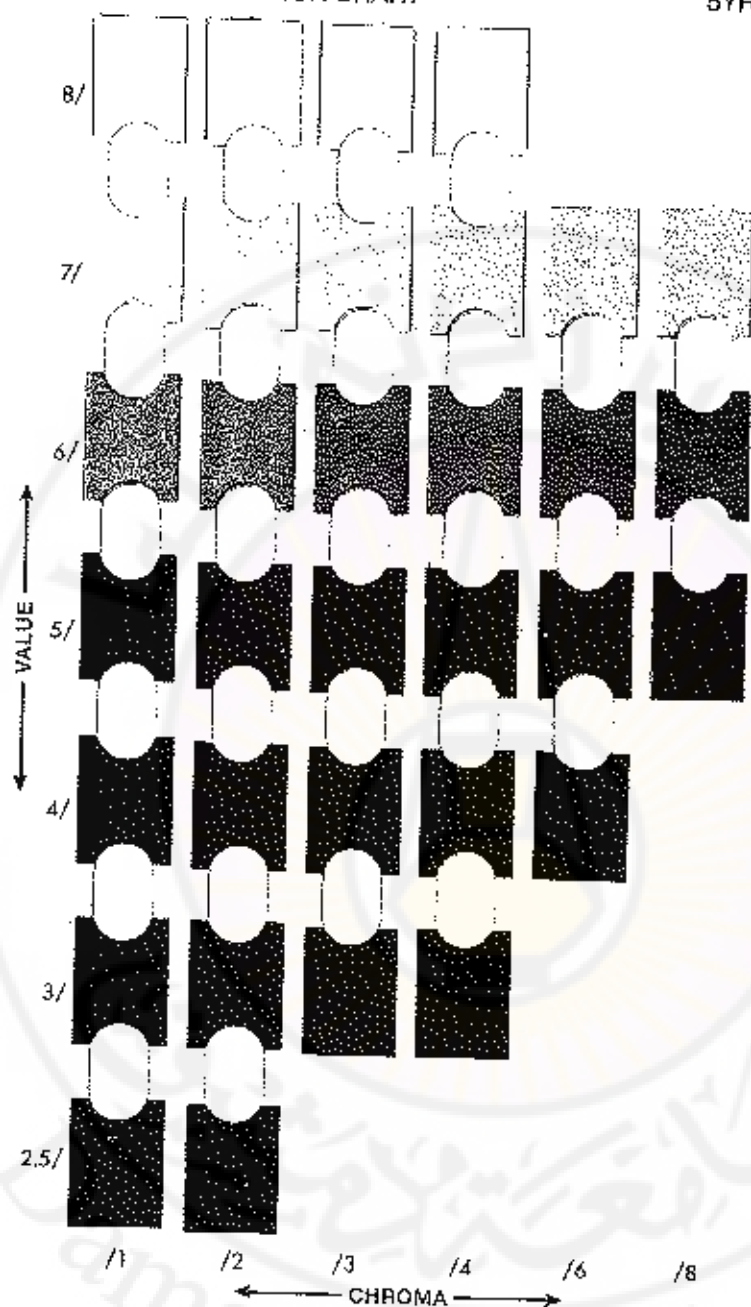
تراوح درجة الإضاءة بين 1 للون الأسود و10 للون الأبيض، أما نقاء اللون فيساوي 1 لمزيج من اللونين الأبيض والأسود (الرمادي) ويساوي 8 للون النقي تماماً. على هذا الأساس تضم لوحات منسل عدداً كبيراً جداً من الألوان، لا يستعمل منها في تحديد ألوان التربة في الولايات المتحدة سوى خمسها تقريباً، يتركز في اللونين الأساسيين الأحمر والأصفر، واللون الإنتقالي (YR) مع تدرجاتها التالية:

10 R, 2.5 YR, 5 YR, 7.5 YR, 10 YR, 2.5 Y, 5 Y

ويمكن أن يلحق بها ألوان أخرى، ويحوي جدول منسل الصادر عام ١٩٩٨ في الولايات المتحدة إحدى عشرة لوحة تضم ٣٩٩ لوناً. وتبين مخططات الصفحات اليسرى المقابلة لهذه اللوحات أسماء الألوان المطابقة، مثل بني أو أحمر أو رمادي وغيرها. يتأثر تحديد لون التربة بعدة عوامل، منها سطوع الشمس، وبنية التربة، وكذلك تعد رطوبة التربة من أهم تلك العوامل، لذلك يشار إليها عند تحديد اللون وبخاصة عند استعمال دليل منسل.

MUNSELL® SOIL COLOR CHART

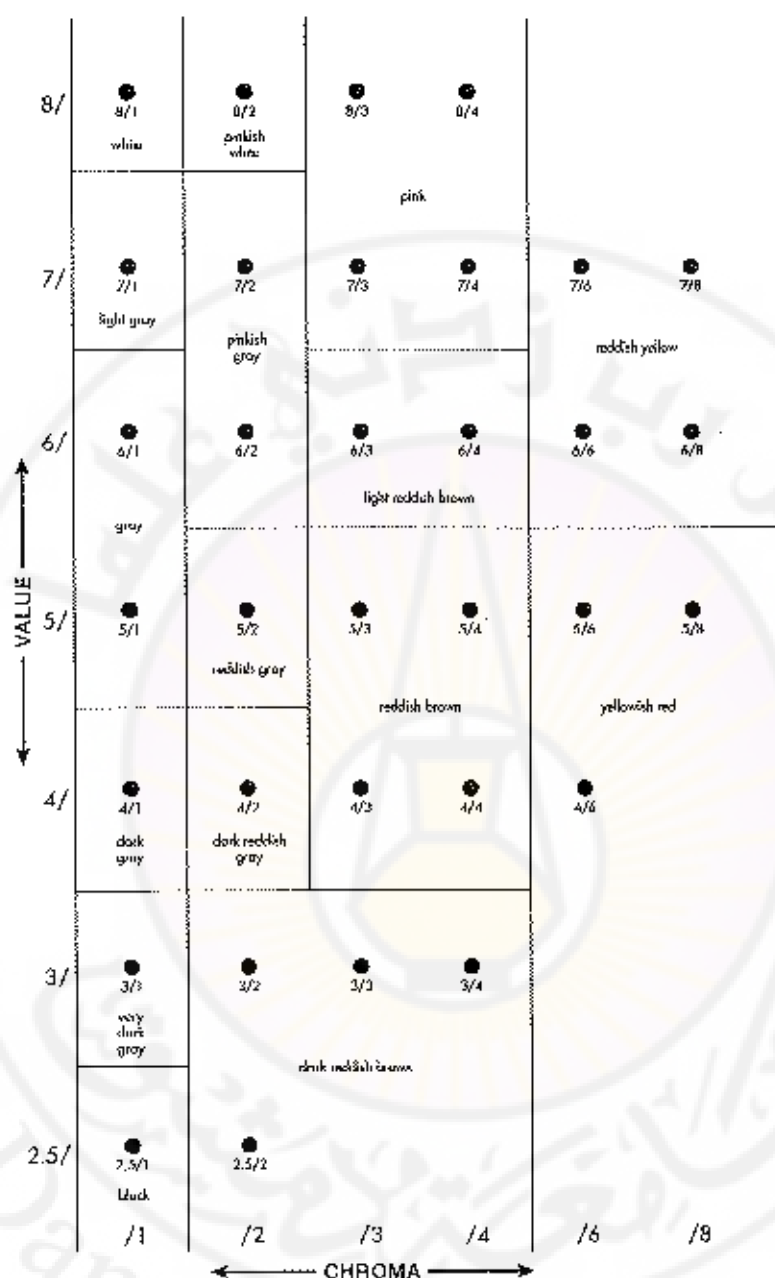
5YR



الشكل (٢٥) لوحات منسل لألوان التربة

HUE 5YR

MUNSELL® SOIL COLOR NAME DIAGRAM



نسيج التربة Soil texture: يمكن تحديد التركيب الميكانيكي للتربة أو النسيج في الحقل بصورة أولية استناداً إلى قابليتها للتشكيل أو لدونتها ولزوجتها والتصاقها وملمسها. إذ يكون التركيب الطيني قاسياً جداً أثناء الجفاف، عالي اللدونة عند الرطوبة.

أما الطمي المتوسط، فتكون مجتمعاته متينة نسبياً وهي جافة، معتدلة اللدونة وهي رطبة، ويتميز الطمي الرملّي بانخفاض متانة مجتمعاته، إذ تنهدم بسهولة عند ضغطها بين الأصابع، بينما يكون الرمل غير لدن حتى عند ابتلاله. ويتم تحديد هذا التركيب بصورة دقيقة من التحليل المخبري.

بنية التربة Soil structure

تعبّر عن الحبات المركبة الناتجة عن ترابط العناصر الميكانيكية بوساطة أية مادة لاصقة كالغضار أو الدبال أو كربونات الكالسيوم وغيرها، حيث تأخذ مختلف الأشكال والحجوم، أو هي الحبات أو المجمعات التي تعطيها التربة - غير المهذمة - عندما تنهدم. وتختلف البنية من أفق لآخر ومن تربة لأخرى، وغالباً ما يحوي الأفق الواحد أكثر من نوع واحد من البنى.

تقسم البنى تبعاً لأشكالها في ثلاث مجموعات رئيسية هي:

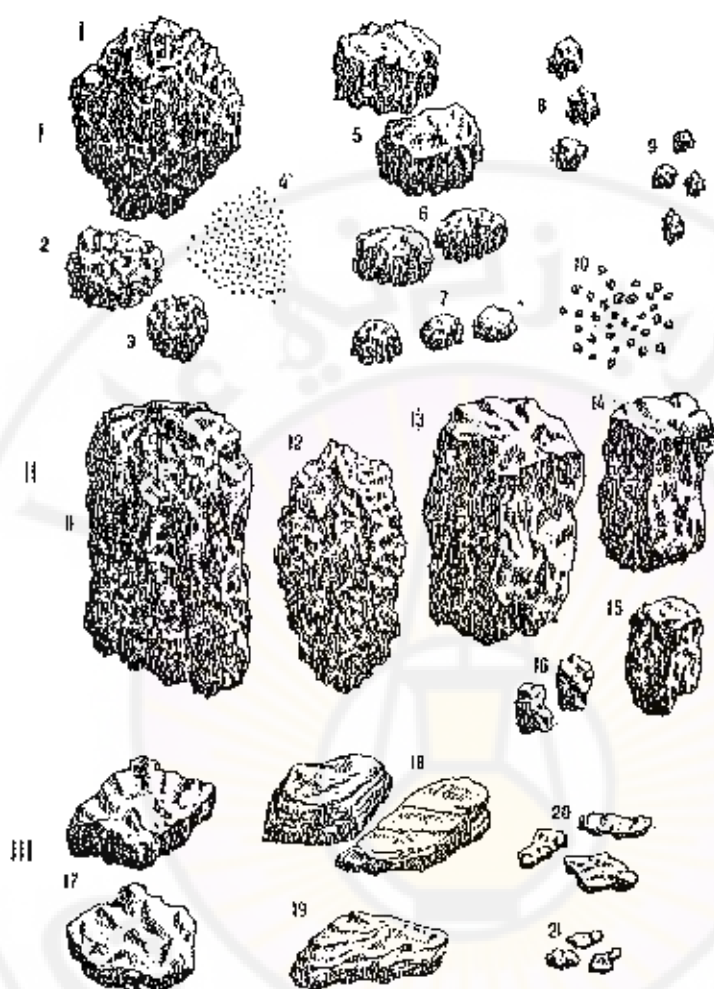
١ - شبه مكعبة، ٢ - موشورية، ٣ - صفحية.

وتتضمن كل مجموعة عدة أجناس تتميز إلى أنواع متعددة، كما هو واضح من

الجدول (١٩)، كما تبين الأشكال (٢٦ و ٢٧ و ٢٨) أنواع تلك البنى.

الجدول (١٩) تصنيف بنى التربة المعتمدة في المدرسة الروسية ومقاييسها

الجنس	النوع	المقاييس مع
(١) البنية شبه المكعبة		
بنسبة كتلية - شكلها غير منتظم وغير مستوية السطح غير ثابتة	١ - كتلية ضخمة	$200 <$
	٢ - كتلي	$200 - 100$
	٣ - كتلية ناعمة	$100 - 10$
بنية فتاتية (مكورة) شكلها مكور غير منتظم - سطوح مكسرة غير مستوية لا أضلاع لها، ثابتة نسبياً.	١ - مكورة ضخمة	$10 - 3$
	٢ - مكورة	$3 - 1$
	٣ - مكورة ناعمة	$1 - 0,25$
	٤ - غبارية	$0,25 >$
بنسبة بندقية - شكلها منتظم قليلاً أو كثيراً، السطوح جيدة الوضوح والأضلاع حادة، ثابتة جداً.	١ - بندقية ضخمة	$10 <$
	٢ - بندقية	$10 - 7$
	٣ - بندقية ناعمة	$7 - 5$
بنية حبيبة - شكلها منتظم قليلاً أو كثيراً وأحياناً مكور مع وضوح السطوح - ثابتة جداً.	١ - حبيبة ضخمة (باريلاتية)	$5 - 3$
	٢ - حبيبة (برغلية)	$3 - 1$
	٣ - حبيبة ناعمة	$1 - 0,25$
(٢) البنية الموشورية		
بنية شبه عمودية - ضعيفة التشكل، مع سطوح غير مستوية وأضلاع مدورة.	١ - شبه عمودية ضخمة	$50 <$
	٢ - شبه عمودية	$50 - 200$
	٣ - شبه عمودية ناعمة	$20 >$
بنية عمودية - الشكل منتظم مع جودة وضوح السطوح مع تحذب السطوح العليا واستواء للقاعدة.	١ - عمودية ضخمة	$50 - 30$
	٢ - عمودية ناعمة	$30 >$
بنسبة موشورية - السطوح جيدة الوضوح مع استوائها ولعائنها وتكون الأضلاع حادة.	١ - موشورية ضخمة	$50 - 30$
	٢ - موشورية	$30 - 10$
	٣ - موشورية ناعمة	$10 - 5$
(٣) البنية الصفحية		
بنية صفحية - تختلف فيها أطوال الصفائح الأفقية.	١ - اردوازية	$5 <$
	٢ - صفحية	$5 - 3$
	٣ - شرائحية	$3 - 1$
	٤ - ورقية	$1 >$



الشكل (٢٦) أشكال البنى في المدرسة الروسية

I النموذج الأول: ١- فتاتي ضخمة - ٢- فتاتي متوسط - ٣- فتاتي ناعم - ٤- غباري - ٥- بندقي ضخمة

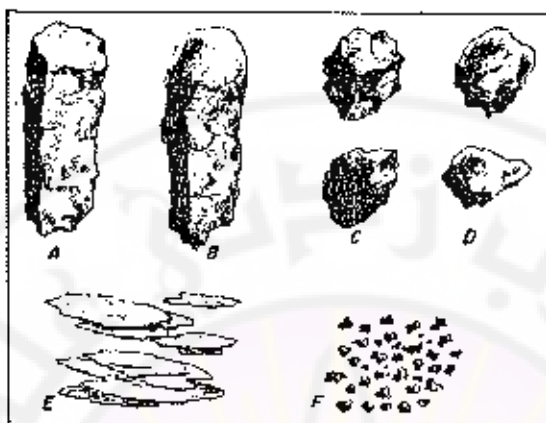
٦- بندقي - ٧- بندقي ناعم - ٨- حبي ضخمة - ٩- حبي - ١٠- حبي ناعم.

II النموذج الثاني: ١١- عملي - ١٢- شبه عملي - ١٣- موشوري ضخمة - ١٤- موشوري

١٥- موشور ناعم - ١٦- موشوري دقيق.

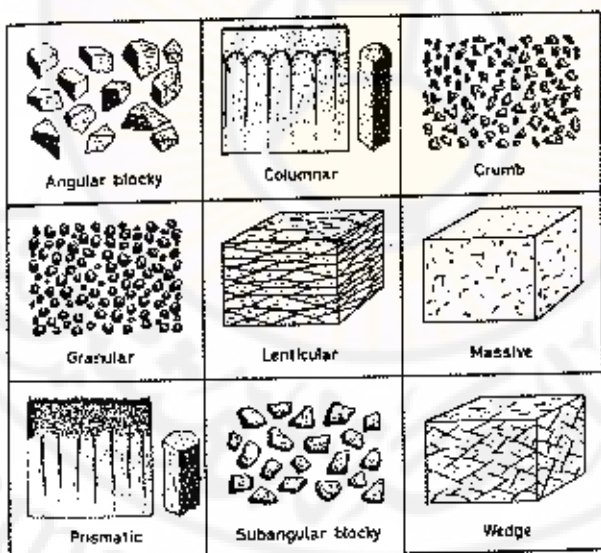
III النموذج الثالث: ١٧- أردوازي - ١٨- صفيحي - ١٩- ورقبي - ٢٠- حرسفي خشن - ٢١- حرسفي ناعم.

أما تصنيف بنية التربة في المدرسة الأمريكية فيوضح في الشكل (٢٧)



الشكل (٢٧) بعض أنواع البنى في المدرسة الأمريكية

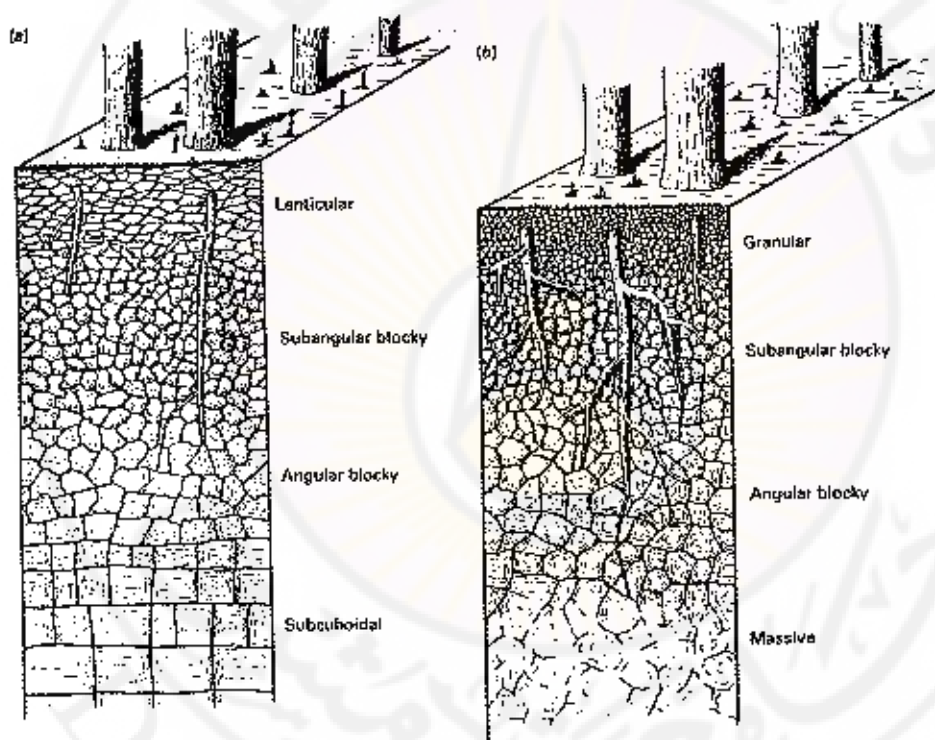
A - مورشورية، B - عمودية، C - كتلية مزواة، D - كتلة شبه مزواة E - صفيحية F - حبيبية



Some types of soil structure

الشكل (٢٨) بعض أنواع البنى

وتتوزع البنية في مقطع التربة عادة تبعاً لقاعدة عامة ، إذ توجد البنية الغنائية أو الحبيبة بأقطار تصل حتى ٣ مم في الأفاق السطحية عموماً، ثم تصبح كتلية أو موشورية في الأفاق الوسطى، حيث تراوح أقطار المجمعات بين ١٠ - ١٠٠ مم ويصل لارتفاعها إلى ٣٠٠ مم، وبعدها تصبح البنية مصمتة أو ملتحمة في الأفاق السفلى، رغم أن لهذه القاعدة كثير من الاستثناءات. ويبين الشكل (٢٩) تغير البنية مع التعمق في مقطع التربة.



الشكل (٢٩) تغير البنية مع العمق

وعموماً يمكن تقسيم المجمعات تبعاً لحجومها إلى ما يلي:

- ١ - بنية كتلية Blocky S: تزيد أقطارها على ١٠ مم.
- ٢ - بنية كبيرة Macrostructure: تراوح أقطارها بين ٠,٢٥ - ١٠ مم.
- ٣ - بنية دقيقة Microstructure: أ. خشنة: تراوح أقطارها بين ٠,٠١ - ٠,٢٥ مم.
ب. ناعمة: تقل أقطارها عن ٠,٠١ مم.

يمكن أن تكون التربة عديمة البنية في حالتين: التربة الرملية، حيث تكون حبيبات الرمل سائبة غير متماسكة، وفي التربة الطينية إذ تلتصق حبيبات الغضار معاً وبشدة لتشكل كتلاً طينية متراسة متواصلة. عند تقييم بنية التربة يجب التفريق بين شكل البنية من جهة وملاءمتها الزراعية من جهة أخرى.

إندماج أو رزم التربة Soil packing

وهو المظهر الخارجي لدرجة تفكك التربة أو تراصها الناتج عن كيفية توضع العناصر الميكانيكية والمجمعات، وكذلك لطبيعة المسامية الناجمة عن ذلك التوضع أو الترتيب.

وتقسم التربة تبعاً لاندماجها إلى ما يلي:

- ١ - متراسة جداً: لا يمكن حفرها بالرفش، ولا تدخل فيها السكين، توجد في آفاق الترسيب القلوية.
- ٢ - متراسة: يمكن حفرها بالرفش بصعوبة، وتحتاج السكين إلى ضغط كبير لإدخالها في التربة.
- ٣ - مفككة أو سلسة: سهلة الحفر، توجد في آفاق الحراثة، والآفاق الدبالية جيدة البنية.
- ٤ - متفرقة أو سائبة: توجد في أفق حراثة التربة الرملية.

ونقسم المسامية داخل المجمعات إلى الأشكال التالية:

- ١ - مسامية دقيقة: تقل أقطار المسام عن ١ مم.
- ٢ - مسامية عادية: تراوح أقطار المسام بين ١ - ٣ مم.
- ٣ - إسفنجية: تراوح أقطار المسام بين ٣ - ٥ مم.
- ٤ - نفقية: تراوح أقطار الأنفاق بين ٥ - ١٠ مم.
- ٥ - خلوية: تزيد أقطار الفراغات على ١٠ مم.
- ٦ - أنبوبية: تشكل الفراغات أفنية عريضة، تحفرها الحيوانات التي تعيش في التربة. أما الشقوق بين المجمعات، التي تكون عادة أثناء جفاف التربة، فتقسم إلى ثلاثة أنواع تبعاً لعرض الشق وهي: شقوق دقيقة يقل عرضها عن ٣ مم، ومتوسطة يراوح عرضها بين ٣ - ١٠ مم، وشقوق كبيرة يزيد عرضها على ١٠ مم.

التكوينات الحديثة والشوائب Newformations & inclusions

هي تجمعات المواد المرئية بمختلف أشكالها التي تظهر في التربة نتيجة عملية تكوينها، وتختلف بشدة عما يحيط بها من تربة، باللون، والشكل، والاماج، والتركيب.

تقسم هذه التكوينات تبعاً لمنشئها إلى مواد كيميائية وأخرى حيوية.

- أ - بنات الحديثة الكيميائية، تضم ما يلي:
 - أ - كربونات الكلسيوم: تبدو بيضاء اللون، متنوعة الأشكال، تفور بشدة عند معاملتها بحمض كلور الماء.
 - ب - الجبس: لونه أبيض أو مصفر، وله أشكال متباينة، لا يفور عند معاملته بحمض كلور الماء.
 - ج - الأملاح الذوابة في الماء: ألوانها بيضاء، تظهر بصور متعددة، غالباً ما تنمو على جدر مقطع التربة عند جفافها.

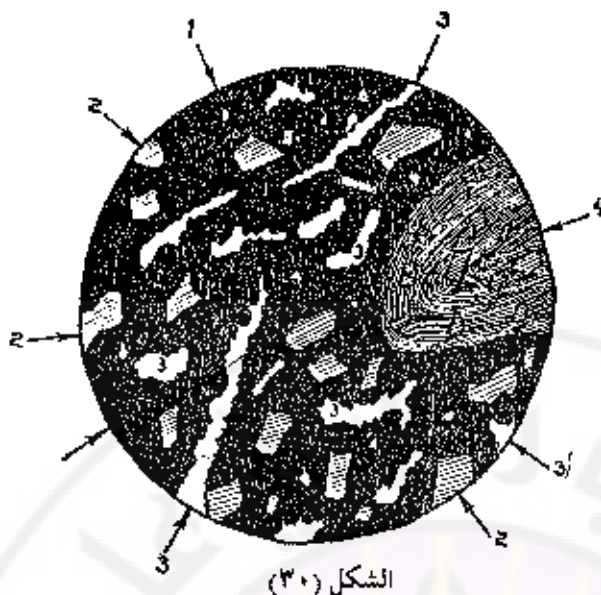
- د - أكاسيد الحديد والمنغنيز: ألوانها بنية حمراء، أو بنية مصفرة أو سوداء.
- هـ - مركبات الحديد: ألوانها زرقاء أو رمادية أو مخضرة أو مزيج منها.
- و - أكاسيد السيليسيوم: بيضاء اللون، متعددة الأشكال.
- ز - المواد الدبالية: ألوانها سوداء أو بنية سوداء، تشكل أغشية لامعة على سطوح حبيبات التربة، كما تتجمع بصورة تدرجات صغيرة داكنة اللون، وهي أقل قساوة مقارنة بأكاسيد الحديد والمنغنيز.
- كما يمكن أن تُعدَّ معادن الغضار تكوينات حديثة عندما تتوضع بصورة أغشية موجهة oriented.

ب- التكوينات الحديثة الحيوية وتضم: مفرزات الديدان الأرضية، وكذلك أنفاق القوارض المليئة بمواد ترابية منقولة من آفاق أخرى، كما تشمل ممرات جذور النباتات، إضافة إلى كثير من البقايا النباتية المتحجرة.

أما الشوائب، فتتمثل بالأجسام التي تصادف في التربة ولم تشارك في عملية تكوينها، مثل قطع الحجارة أو الحجر أو الزجاج وغيرها، ويمكن لهذه الشوائب أن تلقي بعض الضوء على تاريخ التربة وتطورها، فوجود أصداف نهرية مثلاً في تربة ما يدل على الأصل اللحقي لهذه التربة.

البنية الدقيقة للتربة وأنواعها

تتم دراسة البنية الدقيقة (اللحمة) من خلال تحضير مقاطع رقيقة من التربة Thin sections مثبتة على شرائح زجاجية، وفحصها بوساطة المجهر الاستقطابي. ويقصد بالبنية الدقيقة، التناسب الفراغي (شكله، مقاسه، توضعها) للحمة أو الأرضية أو الضامة Matrix متضمنة الهياكل والمصورة والمسام والتكوينات الحديثة الدقيقة في التربة عند توضعها الطبيعي، أي دون تدهم كتلتها. ويبين الشكل (٣٠) البنية الدقيقة لتربة كما تظهر تحت المجهر الاستقطابي.



الشكل (٣٠)

١- البلازما، ٢- الهياكل، ٣- المسام، ٤- عقدة دقيقة

مِنْدَ دراسة هذه البنية يجب أن يحدّد بدقة توضع الهياكل (Skeletons) والمصورة (Plasma) والمسام (Pores) ضمن اللّحمة. ولقد ميّزت ياريلوفا منذ عام ١٩٧٧ سبعة أنواع من البنى الدقيقة أو اللّحمت، وهذا ما يظهر في الشكل (٣١) وقد رُكِّبت من اليسار إلى اليمين:



الشكل (٣١) أنواع البنية الدقيقة الأولى مرتبة من اليسار إلى اليمين بالتسلسل

١- حبيبات الهيكل الرملية، ٢- حبيبات الهيكل والمادة الغبارية، ٣- الصورة، ٤- المسام.

- ١ - رملية أو حبيبة (Sandy (granular): تتوضع حبيبات الهياكل التي تزيد أقطارها على ٠,١ مم بصورة متقاربة أو متلاصقة ضمن الشريحة، ولا وجود للمصورة أو تظهر بشكل أغشية أو طبقات على سطوح حبيبات المعادن، كما يمكن أن تتوضع بكميات قليلة متفرقة بين تلك الحبيبات، وتتميز المسام بنوعية خاصة إذ تشكل طوراً متصلاً تتوزع فيه الهياكل.
- ٢ - مصوري - رملي (متكثف) (Agglomerate) Plasmic - sandy: ترتب الحبيبات الرملية الأكبر من ٠,١ مم مفككة، بحيث تتوضع المصورة المتخثرة بينها بشكل خثرات متفرقة.
- ٣ - غباري - رملي Silty - sandy: تلاحظ حبيبات رملية أكبر من ٠,١ مم متوضعة عشوائياً في كتلة غبارية كثيفة مع كمية قليلة من المصورة.
- ٤ - رملي - مصوري (Porphyric) Sandy - plasmic: يتصف بوجود معظم المواد بقياسين مختلفين، فالمصورة (غالباً غضارية أو تضم حبيبات غبارية) مجمعة أو غير مجمعة، تتوزع فيها حبيبات رملية أكبر من ٠,١ مم.
- ٥ - غباري - مصوري Silty - plasmic: يتكون الهيكل أساساً من حبيبات الغبار (٠,٠٥ - ٠,٠٥ مم) متوضعة بكثافة في المصورة، ويمكن أن تكون مبقعة بحبيبات من الرمل، تكون المصورة مجمعة أو غير مجمعة.
- ٦ - مصوري - غباري Plasmic - silty: تكون حبيبات الهيكل من الغبار موزعة في مصورة كثيفة مجمعة أو غير مجمعة.
- ٧ - مصوري Plasmic: لا توجد الهياكل تقريباً، أو تكون قليلة جداً، وتكون المصورة كثيفة بمعظمها.

بنية التربة وأهميتها الزراعية

تعد المجمعات الفتاتية الحبيبة التي تراوح أقطارها بين ١ - ٥ مم الثابتة مائياً، ذات المسامية المعتدلة، أفضل المجمعات من الوجهة الزراعية في معظم الأحيان.

ثبات البنية مائياً: يعني بقاء حبات التربة ثابتة في الماء دون أن تتفتت مطلقاً أو قد تتفتت جزئياً إلى حبات دقيقة، أما الحبات غير الثابتة فهي التي تتهدم إلى عناصرها الميكانيكية إذا ما تعرضت للماء.

تقسم الحبات حسب ثباتها إلى نوعين: ثابتة حقيقياً وثابتة شرطياً. يكون الثبات حقيقياً إذا ألقيت الحبات - وهي جافة هوائياً - في حوض مائي، ولم تتهدم إلى أجزاء أصغر من ٠,٢٥ مم. أما الثبات الشرطي فيكون عند إلقاء الحبات - بعد تشبعها بالماء الشعري - في حوض مائي وبقائها محافظة على شكلها أو عدم تهديمها إلى أجزاء أصغر من ٠,٢٥ مم، والمجمعات الثابتة حقيقياً ثابتة شرطياً والعكس ليس صحيحاً.

وتجدر الإشارة إلى أن ثبات البنية مائياً لا يعد الشرط الوحيد لجعلها ملائمة زراعياً، إذ يجب أن تتصف البنية الثابتة بتناسب معين بين المسامية الشعرية وغير الشعرية، لتوفير نظام مائي - هوائي ملائم لحياة المزروعات. عوامل تكوين بنية التربة: عند تكوين البنية الجيدة زراعياً يمكن ملاحظة عمليتين أساسيتين هما:

أ - تجزئة كتلة التربة إلى مجموعات.

ب - ترابط العناصر الميكانيكية لتكوين المجمعات الثابتة مائياً.

ويمكن تقسيم العوامل التي تؤدي إلى تكوين بنية جيدة زراعياً إلى عوامل فيزيائية - ميكانيكية وفيزيائية - كيميائية وكيميائية وحيوية.

١ - العوامل الفيزيا - ميكانيكية: بعد الضغط أهم هذه العوامل، فنمو جذور النباتات، وحركة الحيوانات والحشرات وحفرها الأنفاق تشكل ضغوطاً على التربة الناعمة تؤدي إلى تحبيبها، كما يشارك في ذلك انتباج التربة أثناء ترطيبها وتقلصها عند جفافها، وهذا يؤدي إلى تكوين شقوق مختلفة الحجم مترافقاً مع ضغوط داخلية تصل إلى ٢٠٠ كغ/سم^٢.

بعد تعاقب الانتباج والتقلص عاملاً ميكانيكياً يساعد في تكوين بنية التربة، كما أن تجمد الماء وذوبانه يقوم بألية مماثلة في تكوين تلك البنية. وتعمل فلاحه التربة وخدمتها على تكوين تلك البنى من خلال تهديم الكتل الترابية الضخمة، وبخاصة إذا أجريت تلك العمليات عند نضج التربة الفيزيائي. وتجدر الإشارة إلى أن البنية المتكونة بالطرائق الميكانيكية وحدها، لا تكون ثابتة مائياً، وبالتالي فإنها غالباً ما تتهدم عند ري التربة أو هطل الأمطار.

٢ - العوامل الفيزيا - كيميائية: تضم هذه العوامل تآكل الغروانيات، ودور ذلك في تكوين البنية، وبخاصة الغروانيات الطينية، وقد يكون التآكل عكوساً أو غير عكوس، ولهذا الأخير أهمية كبيرة في تكوين بنية ثابتة في الماء.

يكون التآكل غير عكوس عند تشبع الغروانيات بالكاتيونات ثنائية وثلاثية التكافؤ مثل؛ الكالسيوم، والمغنيزيوم، والحديد، والألمنيوم. كما يحدث مثل هذا التآكل نتيجة تعاقب التجمد والتميع، والتميز والتجفاف التي تصيب الهلامات المائية للتربة عند فقدها الماء وتبلورها التدريجي.

غير أن كثيراً من عمليات التآكل في التربة تكون عكوسة لوجود شوارد الصوديوم والبوتاسيوم، ويؤدي هذا إلى تكوين مجمعات لا تلبث أن تتهدم في الماء، ويمكن جعل المجمعات ثابتة بإضافة الكالسيوم لطرد الصوديوم من التربة.

يلعب الدبال دوراً مهماً في تكوين بنية ثابتة عندما يتحد مع المركبات

المعدنية، ويكون دور المخلفات العضوية الطازجة بارزاً في هذا المجال، كما أن للبكتريا أهمية في تكوين بنية التربة بهذه الآلية.

٣ - العوامل الكيميائية: تتعلق بعمليات التجوية وتكوين التربة، وما ينتج عنها من مركبات كيميائية تدخل في صور غير ذوابة، تؤدي إلى تكوين بنية ثابتة في الماء، إذ إنَّ تكون كربونات الكالسيوم وسيليكات المغنيزيوم والحديد يعمل على التحام العناصر الميكانيكية لتشكل بنية ثابتة مائياً. ومن الأملاح التي تشارك في هذه العملية الجبس وكبريتات الصوديوم وغيرها، إلا أن المجمعات الناتجة عن هذه الأملاح تكون غير ثابتة مائياً.

٤ - العوامل الحيوية: يرجع أكبر دور في تكوين بنية التربة إلى العوامل الحيوية والكيميائية الحيوية، إذ تشارك البكتريا والفطريات بفعالية كبيرة في تكوين المجمعات عند تجمع نواتج نشاطها الحيوي في التربة. ومن المعروف تغير مجمعات التربة على مدار فصول السنة، ويرجع السبب إلى نشاط الأحياء الدقيقة في فصل معين بعد إضافة المخلفات العضوية، إذ تعمل تلك الأحياء على تحليل المخلفات وتكوين الدبال.

ولابد من الإشارة إلى الدور الذي تقوم به الديدان والحشرات في تكوين البنية، إلا أن بعض الأحياء يعمل على تهديم تلك البنية، وهذا ما يحدث عند شدة التهوية في الترب الصحراوية وشبه الصحراوية؛ إذ تتهدم وتكتمدن المخلفات العضوية دون أن تشكل الدبال.

تلعب الأعشاب والمروج دوراً بارزاً في تكوين البنى الجيدة، وبخاصة عندما تحتوي التربة على الكالسيوم في الأوساط متعادلة الحموضة.

تهدم البنية الثابتة مائياً: عند زراعة التربة، تتهدم بنيتها تحت تأثير عوامل ميكانيكية أو فيزيائية أو كيميائية أو حيوية. ويجري الهدم الميكانيكي في الأفاق السطحية نتيجة حركة الآلات الزراعية والحيوانات، أو الحرارة أو هطل الأمطار الغزيرة.

أما الهدم الفيزيا - كيميائي لمجمعات التربة، فيتم عند امتزاز كاتيونات أحادية التكافؤ بدلاً من ثنائية أو ثلاثية التكافؤ. كما يمكن أن تغسل مياه الأمطار أملاح الكالسيوم من الآفاق السطحية، مما يفقرها بالكالسيوم، أهم عناصر تكوين البنية الثابتة. ويعود الهدم الحيوي إلى تحلل الدبال وتمعدنه؛ إذ يعد الدبال أهم عوامل تكوين البنية الدائمة.

مقارنة تربة جيدة البنية بأخرى رديئة البنية.

تتصف الترب جيدة البنية بظروف مائية وهوائية وغذائية ملائمة لنمو النباتات، على خلاف الترب عديمة البنية أو رديئتها، ويُلخص الجدول (٢٠) أهم الاختلافات بين تلك التربتين.

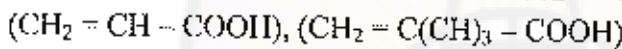
جدول رقم (٢٠) مقارنة بين تربة جيدة البنية وتربة عديمة البنية

تربة عديمة البنية	تربة جيدة البنية
١ - سوء الظروف المذكورة	١ - جودة الظروف المائية والهوائية والغذائية
٢ - زيادة المسامية الشعرية على حساب مسامية التهوية	٢ - تناسب المسامية الشعرية مع مسامية التهوية
٣ - رطوبة عالية أو منخفضة	٣ - رطوبة معتدلة
٤ - تشرب المياه ببطء	٤ - تشرب المياه بتمكّل جيد
٥ - صعوبة الفلاحة	٥ - سهولة الفلاحة
٦ - أقل مقاومة للانجرافين	٦ - مقاومة للانجراف المائي والريحي
٧ - زيادة البخر منها	٧ - انخفاض البخر منها
٨ - تتشكل القشور أثناء الجفاف	٨ - لا تتشكل القشور على سطحها أثناء الجفاف
٩ - انخفاض محتواها من تلك العناصر	٩ - ارتفاع محتواها من العناصر الغذائية المتيسرة للنباتات

عند تقويم بنية التربة يجب الاهتمام بالمجمعات الدائمة الدقيقة التي تراوح أقطارها بين ٠,٠٥ - ٠,٢٥ مم، إذ إنها تزيد من سعة الرطوبة وتحسن نفاذية الماء والهواء وبخاصة إذا كانت هذه المجمعات عالية المسامية، غير أن التحبب الدقيق يؤدي إلى تماسك التربة وتكوين القشور على سطح الترب المحروثة، وهذا يقلل من نفاذية الماء ويمرّع من البخر ويسبب إلى التبادل الغازي ويعيق إنبات البذور كما لا يقاوم الانجرافين المائي والريحي.

تحسين بنية التربة

يمكن تحسين بنية التربة بإجراء عمليات عديدة، أهمها؛ زراعة الأعشاب المعمرة وبخاصة البقولية، وإجراء الحراثة في مواعيدها، وإضافة الكلس إلى الترب الحامضية، والجبس إلى الترب القلوية، والعناية بالتسميد المعدني، كما تعمل زراعة المحاصيل النجيلية أو ذات الجذور الليفية على تكوين بنية التربة. وتلعب إضافة الأسمدة العضوية والخضراء دوراً مهماً في تكوين بنية التربة، بينما تشارك الأسمدة المعدنية في ذلك بصورة مباشرة أو غير مباشرة، من خلال تأثيرها في نمو المزروعات، وبالتالي، زيادة فعاليتها في تكوين البنية. لقد استعملت منذ ثلاثينيات القرن الماضي مركبات عضوية لتحسين بنية التربة مثل؛ القار والخث والراتنج، ومنذ الخمسينيات بدأت تستعمل بوليميرات لحموض الأكريليك والميتا أكريليك.



تسمى هذه المركبات Krilium أو قطران صناعي.

تضاف تلك المركبات بنسبة نحو ٠,٠٠١ % من وزن التربة أي نحو ٢٥ - ٣٠ كغ/هكتار، إذ تعمل على زيادة نسبة المجمعات الثابتة مائياً.

تضاف المواد المذكورة بحالة جافة أو سائلة، ويدوم تأثيرها من ٣ - ٥ سنوات في الترب الطينية وشبه الطينية ونحو سنة واحدة في الترب الرملية وشبه الرملية.

وتعمل تلك المواد على تحسين الخصائص المائية والهوائية للتربة، وترفع من درجة خصوبتها، لكن ارتفاع تكاليفها يحد من انتشار استعمالها.

الفصل الحادي عشر

تصنيف الستوب

- التصنيف في المدرسة الروسية
- التصنيف في المدرسة الأمريكية.
- التصنيف في المدرسة الفرنسية.
- التصنيف في منظمة الأغذية والزراعة.



تصنيف التربة Soil Classification

تغطي سطح الأرض أنماط عديدة من التربة المتباينة، ومن أجل استثمارها بصورة سليمة، لابد من تصنيفها، وذلك بلم التربة وفق أسس محددة في مجموعات، تضم كل منها أنواعاً من التربة المتماثلة في خصائصها المهمة. ويجب أن يبنى التصنيف العلمي للتربة على أسس منشئية إنتاجية، بحيث يعكس ظروف تكوين التربة، ويبيّن توزيعها الجغرافي، ويحدد خصائصها المؤثرة في قدراتها الإنتاجية.

ولم تزل مشكلة تصنيف التربة من أكثر المسائل صعوبة وجدلاً، نظراً لتعقيد سائر التصنيف القائمة من جهة، وتعدد مدارس التربة في العالم واختلاف آرائها من جهة ثانية. كما يؤدي توافر معلومات جديدة في هذا المجال إلى إجراء تعديلات، قد تكون بسيطة أو إلى تغييرات جذرية في كثير من نظم التصنيف القائمة ومخططاتها. لقد كانت التصنيف في البداية تجريبية، إذ قسمت التربة في مجموعات استناداً إلى إحدى خصائصها المهمة مثل؛ تركيبها الميكانيكي أو الكيميائي، أو حتى التركيب المعدني لصخورها الأم، ولقد سميت تلك التصنيف، جيوزراعية، أو كانت التربة تصنف تبعاً لملاءمتها لزراعة محصول معين؛ كالقمح أو الذرة أو القطن مثلاً.

وفيما يلي استعراض لأسس التصنيف في أهم مدارس الأراضي العالمية ونظمها:

أولاً: التصنيف في المدرسة الروسية

لقد وضع داكوتشاييف Dokuchaiev أول تصنيف علمي للتربة، وذلك استناداً إلى عوامل تكوينها، وعدّ نمط التربة المنشئي الوحدة الأساسية للتصنيف، وعرف نمط التربة Soil type بأنه مجموعة التربة المتماثلة في خصائصها، حيث تتكون في ظروف متشابهة مناخياً ونباتياً وصخرياً وتضريبياً.

وقسم داكوتشايف عام ١٨٨٦م ترب نصف الكرة الأرضية الشمالي إلى ثلاثة صفوف استناداً إلى العلاقة بين خصائص الترب وظروف تكوينها، هي:

- ١ - صف الترب العادية Normal soils: يضم سبعة أنماط منشئية.
 - ٢ - صف الترب الانتقالية Transitional soils: يضم ثلاثة أنماط منشئية.
 - ٣ - صف الترب غير العادية Anormal soils: يضم ثلاثة أنماط منشئية.
- وعمل سيبيرتسيف Sibirtzev عام ١٨٩٥ هذا التقسيم؛ ليربط خصائص تكوين الترب بتوزعها الجغرافي، ولينتشر تصنيفه هذا إلى أنحاء متعددة من المدارس، وهو كالتالي:

- ١ - ترب نطاقية Zonal soils: تعكس الظروف النطاقية التي تكون التربة تحت تأثير المناخ والنبات.
 - ٢ - ترب بين نطاقية Entazonal: يكون دور المناخ والنبات واضحاً، لكنه ليس سائداً.
 - ٣ - ترب لا نطاقية Azonal: تلعب الظروف المحلية، كالصخور أو المستنقعية الدور الأول في تكوين التربة، ويكون دور المناخ والنبات ثانوياً.
- لقد استندت معظم التصنيفات اللاحقة على الأسس التي وضعها العالمان المذكوران من حيث النظر إلى التربة كجسم طبيعي، يتطور متفاعلاً بشكل وثيق مع الوسط المحيط، ويطابق النمط المنشئي نطاقاً جغرافياً طبعياً.
- لقد عمل في مجال تصنيف الترب كثير من العلماء، من أشهرهم إيفانوف Ivanova، وروزوف Rozov، وغيراسيموف Gerassimov، وصدر نتيجة أعمالهم عدد من المخططات التي تعرضت لكثير من التعديلات، وأهم تلك المخططات ما صدر عام ١٩٦٧ عن وزارة الزراعة ثم عام ١٩٧٧ و١٩٨٩ عن معهد داكوتشايف.

يضم المخطط الأول ثمانية صفوف أو مجموعات بيومناخية أو بينية منشئية، بينما يضم المخطط الآخر عشر مجموعات، باستثناء ترب المناطق القطبية

والتوندرية، وتم فيه تصنيف نحو ٨٠ نمطاً من التربة، وجمعت تلك الأنماط في مجموعات بيئية نطاقية ورتب رطوبة. جدول (٢١)

وتميز كل مجموعة أو صف استناداً إلى المناخ، ونوعية الغطاء النباتي، واعتمدت مؤشرات مناخية محددة هي؛ المجموع السنوي لدرجات حرارة التربة التي تتجاوز ١٠°م على عمق ٢٠ سم، عدد أشهر السنة التي تكون فيها حرارة التربة سالبة على ذلك العمق، ثم معامل الترطيب.

وقسمت المجموعات المذكورة إلى تحت مجموعات تبعاً للخصائص البيو - فيزياء - كيميائية للتربة مثل؛ (نوعية الدبال، تفاعل التربة، محتوى الكربونات، الفلونة، الملوحة، البذلة وغيرها). كما قسمت استناداً إلى ظروف الرطوبة إلى ثلاث رتب: ذاتية، نصف مائية ومائية.

تضم المجموعة البيومناخية رتب وأنماط التربة المتشابهة بخصائصها المرتبطة بصورة وثيقة مع الوسط الطبيعي، إذ يعتمد في ذلك على النظام الحراري للتربة، والطاقة الحيوية لعملية تكوين التربة، وخصائص النظام المائي المتعلق بالرطوبة الجوية.

وتضم كل رتبة عدداً من أنماط التربة المتقاربة في خصائصها.

جدول (٢١) ملخص مخطط تصنيف التربة في المدرسة الروسية عن كاورييتشيف (Kaurichev 1989)

المجموعات البيئية النطاقية Zonal ecological groups			تحت المجموعات البيوفيزيوكيميائية
الرتب المنشئية تبعاً لنظام الترطيب			
مائية التشكل (هيدرومورفية)	نصف مائية التشكل (نصف هيدرومورفية)	ذاتية التشكل (أوتومورفية)	
١ - الأذغال السيبيرية (Taiga): مجموع حرارة التربة SST من ٤٠٠ - ٢٢٠٠°م. طول الفترة التي تقل فيها الحرارة عن الصفر SFP من ٨ - ٢ أشهر، معامل الترطيب MC من ١,٣٣ - ٠,٧٧.			
-	بوزولية مستنقعية (نمط)	بوزولية (نمط)	حامضية فولفائية
-	-	عشبية بوزولية (نمط)	هيو مائية - فولفائية
-	عشبية موحلة	عشبية كلسية	فولفائية - هيو مائية

٢ - التربة البنية الغاية: SST من ١٦٠٠ - ٢٣٤٠٠ م، SFP من ١ - ٥ أشهر، MC من ١,٠ - ١,٣٣.			
حامضية فولغانية	أراضي بنية	أراضي بنية موحلة	
٣ - سببية الغاية: SST من ٨٠٠ - ٢٤٤٠٠ م، SFP من ١ - ٨ أشهر، MC من ١,٤٤ - ١,٧٧.			
متعادلة هيوماتية	تشنوزوم	تشنوزوم مرجية	مرجية
٤ - السببية الجافة: SST من ١٦٠٠ - ٢٤٤٠٠ م، SFP من ١ - ٨ أشهر، MC من ١,٢٢ - ١,٤٤.			
متعادلة هيوماتية	كستانية	كستانية مرجية	مرجية
هيوماتية - فولغانية مقلونة	كستانية سولونتش	كستانية مرجية سولونتش	مرجية كستانية سولونتش
٥ - نصف صحراوية: SST من ٢١٠٠ - ٢٣٤٠٠ م، SFP من ١ - ٨ أشهر، MC من ١,١٢ - ١,٢٢.			
فولغانية - هيوماتية كربونية	بنية نصف صحراوية	بنية مرجية	مرجية
هيوماتية - فولغانية مالحة	سولونتشك أوتومورفي	-	سولونتشك هيدرومورفي
٦ - صحراوية: SST من ٣٤٠٠ - ٢٧٢٠٠ م، SFP من ٥ - ٠ أشهر، MC > ١,١٢.			
هيوماتية - فولغانية	رملية - بنية	مرجية - صحراوية	مرجية صحراوية
كربونية - جبسية	صحراوية		
هيوماتية - فولغانية مالحة	سولونتشك أوتومورفية	-	سولونتشك هيدرومورفية
٧ - نصف صحراوية شبه مدارية: SST من ٣٤٠٠ - ٢٧٢٠٠ م، SFP من ٠ - ٢ أشهر، MC من ١,١٢ - ١,٢٢.			
هيوماتية - فولغانية كربونية	سيروزوم	سيروزوم مرجية	مرجية
٨ - سببية - شجيرة شبه مدارية: SST من ٤٤٠٠ - ٢٧٢٠٠ م، SFP من ٠ - ٥ أشهر، MC من ١,٢٢ - ١,٤٤.			
فولغانية - هيوماتية متذبذبة	رملية - قرقية	رملية - قرقية مرجية	مرجية
٩ - غنية جافة شبه مدارية: SST من ٤٤٠٠ - ٢٥٦٠٠ م، SFP من ٠ - ١ أشهر، MC من ١,٠ - ١,٤٤.			
متعادلة هيوماتية عالية اللبيل	قرقية	قرقية مرجية	مرجية
١٠ - غنية رطبة شبه مدارية: SST من ٤٤٠٠ - ٢٥٦٠٠ م، SFP من ٠ - ١ أشهر، MC من ١,٠ - ١,٣٣.			
حامضية فولغانية غير البنية	أراضي حمراء	-	-
حامضية فولغانية فيرساليانية	أراضي صفراء	أراضي صفراء موحلة	-
حامضية فولغانية سياليتية	أراضي صفراء يوزولية	أراضي صفراء يوزولية موحلة	-

يضم هذا الملخص أمثلة عن أنماط التربة وليس جميعها، وتقع تربة سورية ضمن المجموعات البيئية النطاقية من ٥ - ٩.

يعد نمط التربة Soil type الوحدة الأساسية للتصنيف في مختلف مدارس الترب في العالم رغم تباين أسمائه. ويتميز النمط بوحدة (تجانس) في تكوين المواد وتحولاتها وهجرتها أو ترسيبها، نتيجة تماثل الظروف البيولوجية والمناخية والهيدرولوجية. وتتصف ترب النمط الواحد بوضوح العملية الرئيسية لتكوين التربة مع إمكان تداخلها مع غيرها من العمليات.

ويتحدد الملامح الرئيسية لنمط التربة بما يلي:

- ١ - تماثل أو تجانس في حلول المواد العضوية وعمليات تحولاتها وتحللها.
 - ٢ - تماثل في مجمل عمليات تحلل المواد المعدنية وإعادة تكوين المستجذات المعدنية والمعدنية العضوية.
 - ٣ - تماثل في طبيعة هجرة المواد وتراكمها.
 - ٤ - تماثل بقاء مقطع التربة أو تسلسل الأفاق.
 - ٥ - تماثل العمليات اللازمة لرفع خصوبة التربة والحفاظ عليها.
- وأخيراً يجب أن تتماثل النظم التربة، من حرارية ومائية وهوائية وغذائية. يضم نمط التربة عدداً من الوحدات التصنيفية، قد تختلف أسماؤها من بلد لآخر لكن مضمونها يبقى متشابهاً، وهذا ما يوضحه الجدول (٢٢) التالي:

الترجمة عن الروسية	روسية	الولايات المتحدة	فرنسية
صف	Classe	Order	Classe
رتبة	Ryad	Suborder	Sous - Classe
نمط	Type	Great group	Groupe
تحت نمط	Pod type	Subgroup	Sous - groupe
فصيلة	Road	Family	Famille
جنس (سلسلة)	Veed	Series	Seris
نوع	Raznovidnost	Type	Type
صنف	Razryad	Phase	Phase
طور	Phase	-	-

يتم تقسيم النمط إلى وحدات أصغر وفق الأسس التالية:

١- تحت نمط: يعد درجة انتقالية بين الأنماط، وتتمايز تحت الأنماط نوعياً في عمليات تكوين التربة، ويتم تحديدها اعتماداً على العمليات المرتبطة بتبدل تكوين التربة تحت النطاقي أو الإقليمي Provincial أي التبدل الرطوبي أو بالتبدل السحني Facial أي الحراري.

٢ - فصيلة: ترتبط خصائصها المنشئية بالظروف المحلية المؤثرة في عمليات تكوين التربة، مثل: بنية الصخور وتركيبها، عمق المياه الأرضية ونوعيتها، كما قد تبيّن الملاحق الأثرية المحفوظة في التربة من مراحل تكوين سالفه، وغالباً ما يعبر عن الظرف أو الظاهرة نوعياً لا كمياً.

٣ - جنس: يميّز ضمن الفصيلة استناداً إلى درجة تطور عمليات تكوين التربة (مثل: عمق البذلة ودرجتها، عمق التبدل وشدته، درجة الملوحة، ...) وعلى هذا الأساس فإن الأجناس تعكس الجانب الكمي لعمليات تكوين التربة.

٤ - نوع: يحدد استناداً إلى التركيب الميكانيكي للتربة وصخورها الأم.

٥ - صنف: يعتمد تحديده على نوعية الصخور الأم.

٦ - طور: يعبر عن الحالة الزراعية للتربة أو غطائها النباتي.

يهدف إلحاق تربة ما بوحدة تصنيفية معينة على المميزات التشخيصية للتربة، وهذه تستدعي وجود نتائج التحاليل التالية: نوعية الدبال، تركيب القواعد الممتزة، التركيب الكيميائي الكلي للتربة ولمجموعة الغضار في مختلف الأفاق، درجة الملوحة، رقم الحموضة. وعند تشخيص الترب الزراعية لابد من تحديد درجة التكتيف الزراعي ونتائج التحاليل الكيميائية الزراعية والفيزيائية الزراعية، مثل: محتوى العناصر الغذائية المتيسرة والكثافة، والمسامية، والبنية، وغيرها. أما التسمية الكاملة للتربة، فتبدأ بالنمط فتحت النمط وسحته، فالفصيلة، فالجنس، فالنوع، فالصنف وأخيراً الطور، وهذا ما يوضحه المثال التالي:

تربة قرفية (نمط)، عادية (تحت نمط)، كربونائية (فصيلة)، قليلة الكربونات (جنس)، طميية (نوع) متوضعة على نواتج تجوية البازلت (صنف)، مزروعة بالمحاصيل (طور).

ثانياً: تصنيف التربة في الولايات المتحدة:

لقد كان تصنيف التربة في الولايات المتحدة تكوينياً أو جامعياً حتى منتصف القرن الماضي، وأسهم في ذلك التصنيف كل من جيني Jenny وماربوت Marbut الذي حدد «المجموعات الكبرى للتربة» في الولايات المتحدة، وهي تشبه أنماط التربة لدى داكوتشايف.

ومع منتصف القرن الماضي بدأ بالظهور اتجاه جديد في تصنيف التربة يدعى الاتجاه الرسمي أو الإداري، وعلى رأسه كيلوج Kellog وسميث Smith، وهذا الاتجاه يحاول تبسيط سائر المفاهيم والمصطلحات وصياغتها بمقياس كمي كلما أمكن ذلك.

لقد أسهم الاتجاه الثاني في العقود الأخيرة في إيجاد كثير من المفاهيم الجديدة عن التربة وبخاصة تصنيفها، مما أدى إلى ظهور التصنيف الخاص للتربة Soil Taxonomy عام ١٩٧٥، ثم نشرت طبعته الثانية عام ١٩٩٩. وهو واسع الاستعمال في الولايات المتحدة وخارجها، وفيما يلي ملخص لهذا التصنيف. يضم جدول التصنيف اثنتي عشرة رتبة، تقسم إلى نحو ٦٠ تحت رتبة، وهذه تتوزع إلى بضع مئات من المجموعات الكبرى، ثم الفصائل؛ لتصل إلى آلاف من السلاسل.

الرتبة Order: أكبر وحدة تصنيفية، وهي تميز استناداً إلى تأثير المناخ وعلاقته بالعمليات التي تؤدي إلى تطور الآفاق التشخيصية، إذ يقوم تشخيص الرتب تبعاً لوجود آفاق تشخيصية معينة أو غيابها، باستثناء الرتب التالية: Andisols وهي

الترب البركانية، ترب المناخ الجاف Aridisols التي تحدد استناداً إلى المناخ، و
رتبة Gelisols وهي الترب المتجمدة لفترة طويلة، ورتبة التربة القلابة
Vertisols التي تحدد تبعاً لنسيجها.

الآفاق التشخيصية Diagnostic horizons المعتمدة في تصنيف الترب
Soil Tax. عام ١٩٩٩:

أ - الآفاق السطحية Surface horizons وتدعى Epipedons

التسمية كلمة يونانية مركبة من Epi فوق أو أعلى و Pedon تربة. وتضم
الآفاق السبعة التالية:

١ - Anthropic epipedon (التسمية يونانية Anthropikos، ومعناها إنسان):
وهو أفق النشاط الزراعي، يتكون نتيجة استعمال التربة في الزراعة فترة
طويلة مع إضافة الأسمدة، غني بالفوسفور مقارنة بغيره أكثر من ٢٥٠
مغ/كغ، P_2O_5 .

٢ - Histic e. (التسمية يونانية histos، نسيج): أفق مشبع بالماء في فصل ما إذا لم
يكن له صرف صناعي، تزيد فيه نسبة المادة العضوية على ٣٠ % إن كانت
التربة طينية وعلى ٢٠ % إذا كانت رملية؛ يراوح عمقه بين ٢٠ - ٦٠ سم.

٣ - Melanic e. (التسمية يونانية melas، أسود): أفق أسود عميق، يحتوي على
تراكم عالية من الكربون العضوي التي تشكل معقدات ألومينية - هيدروكسيلية،
يرجع ارتفاع نسبة الدبال فيه إلى تفسخ الجذور الكثيفة للنباتات.

٤ - Mollic e. (تسمية لاتينية، mollis، ناعم، طري): أفق تراكم الدبال، يشغل
أكثر من ١٨ سم السطحية في التربة، ويتصف بعد حرارته بما يلي:

- أفق غير كثلي ولا قاس في الحالة الجافة، ذو بنية حبيبة أو فتاتية.
- لونه رمادي أو أسود، وهو أدكن من الأفق C.

- تزيد نسبة تشبعه بالقواعد على ٥٠ % (طريقة أسينات الأمونيوم).
- تزيد نسبة المادة العضوية فيه على ١ % ولكنها تبقى أقل مما هي في الأفق Histic.

- تركيز الفوسفور P_2O_5 أقل مما هو في anthropic (أقل من ٢٥٠ مغ/كغ).

٥ - Ochric c. (تسمية يونانية ochros، شاحب): يتصف بلونه الشاحب (المصفر)، أو بقلة عمقه، أو بانخفاض محتواه من المادة العضوية، وهو يختلف عن الآفاق الأخرى، ويقسم إلى قليل التطور فقير بالمادة العضوية، وجيد التطور مع نسبة واضحة من الدبال.

٦ - Plaggen c. (تسمية ألمانية تعني مرجاً): يكون نتيجة إضافة الأسمدة العضوية لمدة طويلة في الحواكير والحدائق المنزلية، يزيد عمقه على ٥٠ سم، يضم أحياناً شوائب من الآجر أو الكسرات المختلفة.

٧ - Umbric c. (تسمية لاتينية umbra ظل أو داكن قليلاً): يشبه الأفق المولي من حيث لونه وعمقه ومحتواه الدبالي، إلا أن نسبة تشبعه بالقواعد أقل ٥٠ %، أو يكون كثلياً وقاسياً أثناء الجفاف.

ب - الآفاق تحت السطحية Subsurface horizons:

١ - أفق Agric horizon، (تسمية لاتينية، ager، حقل): يكون تحت أفق الحرثة مباشرة نتيجة استعمال التربة في الزراعة مدة طويلة، يحوي نسباً مترسبة عالية من الغبار والغضار والدبال.

٢ - أفق Albic h.، (لاتينية albus، أبيض): الأفق الذي انتقل منه الغضار وأكاسيد الحديد الحرة، أو الذي انفصلت فيه الأكاسيد لدرجة تجعل لونه بلون حبيبات الرمل والغبار الداخلة في تركيبه وليس بلون الأعشبة المحيطة بتلك الحبيبات.

- ٣ - أفق Argillic، (لاتينية argilla، غضار): أفق تراكم الغضار بصورة موجهة، يتوضع تحت أفق الغسل.
- ٤ - أفق Calcic h، (لاتينية calx، كلس): أفق تراكم كربونات الكالسيوم الثانوية، وحيدة أو مع كربونات المغنزيوم، سماكته ١٥ سم أو أكثر، تزيد نسبة الكربونات على ١٥ %، أو أكثر بـ ٥ % مما هي في الأفق C.
- ٥ - أفق Cambic h، (لاتينية cambiare، تغير): لا يتصف باللون الداكن أو بمحتواه العضوي أو بنيته التي تميز الآفاق histic أو mollic أو umbric يتكون في المناخ متغير الرطوبة مثل المتوسطي، يحوي نسبة من الغضار أعلى من الأفق العلوي، وهذا الغضار محلي التكون *Insitu*.
- ٦ - Duripan، (لاتينية durus، صلب، ويعني طبقة صلبة): أفق مملط بالسيليكا بقوة كافية لدرجة لا تجعل كسراته الجافة هوائياً تتفرق عند نغعه بالماء فترة طويلة.
- ٧ - Fragipan، (محوّرة عن اللاتينية، fragilis، هش أو قصص، ويعني طبقة هشة): أفق مملط، قاس جداً وهو جاف، يصبح هشاً عند الرطوبة، كما تتهدم أو تتفرق كسراته في الماء مباشرة، فقير جداً بالمادة العضوية، سرعة نفاذية الماء فيه بطيئة.
- ٨ - أفق Glossic h، (يونانية glossa، لسان): عمقه ٥ سم أو أكثر، يتألف من جزء يحوي مواد مغمولة متسربة بصورة ألسن في بقايا رسوبية من الأفق الأصلي.
- ٩ - أفق Gypsic h: أفق تراكم الجبس الثانوي، سماكته ١٥ سم على الأقل، غير مملط أو ضعيف التملط، يحوي نسبة من الجبس تزيد بـ ٥ % على الأقل عما هي في الأفق الذي يقع تحته، ويبلغ جداء سماكته بالسنتيمتر في الجبس ≤ 150 . (السماكة $\times$ النسبة المئوية للجبس ≤ 150)
- ١٠ - أفق Kandic h، (محوّرة من kandito، وهي التسمية التكنولوجية

لمجموعة الكاولينيت): يحوي نسبة عالية من الغضار منخفض النشاط أي الكاولينيت وأشباهه.

١١ - أفق Natric، (لاتينية حديثة natrium، صوديوم): نوع خاص من أفق الغضار يتصف بالخصائص التالية:

- بنية عمودية غالباً، أو موشورية في بعض أجزائه العلوية، ويمكن أن تنتهدم البنية إلى كتلية مع وجود ألسن ممتدة من الأفق العلوي في هذا الأفق.

- تزيد ESP على ١٥ % من السعة التبادلية في بعض أجزائه الواقعة في الـ ٤٠ سم من حدوده العليا، وقد يسهم المغنيزيوم المتبادل في تعيين هذا الأفق.

١٢ - Ortstein، (مركبة من كسر أو فتات وخزف عن اليونانية): أفق مملط يتكون من المواد السبودية Spodic لا تستطيع جذور النباتات اختراقه.

١٣ - أفق Oxic h.، (محوّرة عن oxide): سماكته ٣٠ سم على الأقل، فقير بالمعادن القابلة للتجوية، سعة التبادل الكاتيوني للغضار تصل ١٦ ممك/١٠٠ غ كحد أقصى بطريقة أسيتات الأمونيوم.

١٤ - أفق Petrocalcic h.، (يونانية، petra، صخرة): طبقة تقع في الـ ١٠٠ سم السطحية، تزيد سماكتها على ١٠ سم، مملطة بالكربونات لدرجة لا يمكن حفرها بالرفش أو المر و لا حتى بالمسبرم كما لا تتفرق كسراته الجافة عند وضعها في الماء.

١٥ - أفق Petrogypsic h.، المادة الملاطية هي الجبس، يحوي نسبة أعلى من الجبس مقارنة بالأفق الجبسي، وعادة ما تزيد على ٦٠ % من وزن التربة.

١٦ - أفق Placic h.، (يونانية Plax، حجر مسطح، وتعني هنا حاجزاً مملطاً رقيقاً): حاجز رقيق ٢ - ١٠ مم، أسود إلى أحمر داكن، مملط بوساطة الحديد الذي قد يترافق مع المنغنيز أو المواد العضوية.

- ١٧ - أفق Salic h. (لاتينية، sal، ملح): أفق تراكم الأملاح الذوابة في الماء بدرجة تفوق ذوبان الجبس، سماكته ١٥ سم أو أكثر، نسبة الأملاح فيه ٢ % على الأقل، أو تزيد الموصلية الكهربائية لمستخلص تربة مائي ١:١ أعلى ٣٠ د.س/م أو سماكته بالمسم $EC \times 900 \leq$ ، أو سماكته بالمسم $\times$ % للأملاح ≤ 60 .
- ١٨ - أفق Sombric h. (إسبانية، sombra، داكن): أفق يتكون في ظروف الصرف الحر، يحتوي على دبال مترسب غير متحد مع الألمنيوم وغير مبعثر، سعة تبادل الكاتيونات غير عالية وكذلك نسبة تشبعه بالقواعد.
- ١٩ - أفق Spodic h. (يونانية، spodos، رماد الخشب): أفق ترسيب نواتج التجوية غير المتبلورة وتراكمها، وهو أفق حامضي.
- ٢٠ - أفق Sulfuric h. (لاتينية، sulfur، كبريت): أفق معدني أو عضوي، رقم حموضته المائي ١:١ أقل من ٣,٥، مع بقع صفراء، خضراء، يتكون في الترب التي تحوي المعادن والمادة العضوية الغنية بالكبريت، وهذا الأفق سام جداً للنباتات، ويخلو عادة من الجذور.
- الرتب في التصنيف الأمريكي: تصاغ تسمية الرتبة من شقين؛ أولهما غالباً من أصل لاتيني أو يوناني، وهو يعبر عن سمة بارزة في الرتبة تميزها عن غيرها من الرتب، أما الشق الثاني فيتمثل بكلمة Sol المأخوذة عن solum اللاتينية وتعني التربة، ويصل الشقين حرف o أو i لتسهيل اللفظ. ويمثل كل رتبة جذر صياغي مؤلف من حرفين إلى ثلاثة، ليدخل في تركيب تسميات الوحدات التصنيفية التي تقع ضمن الرتبة.

ويخلص الجدول (٢٣) تلك الرتب وأهم خصائصها.

رتب للترب	الجذر الصياغي	بعض خصائص الرتبة ومكافئاتها التقريبية في التصنيف الأخرى
Alfisol - 1	alf	تحتوي أفقاً طينياً أو صودياً، نسبة التشبع بالقواعد أكبر من ٣٥%، تحتوي طبقة مغرية ochric، الماء المتيسر > ١٥ باراً يستمر مدة ثلاثة أشهر عندما تكون الترب دافئة بصورة كافية لنمو النباتات، تكافئها: ترب رمادية - بنسية بودزولية، رمادية غابية، بنية غير كلسية، شرنوزوم متدهورة، ترب بلاتومول (السهول الغدقة)، جاءت التسمية من Al و Fe.
Andisol - 2	and	داكنة اللون، تتشكل من الرماد البركاني، غنية بالزجاج البركاني ومعدن الألوفان، أصل التسمية ياباني an داكن و do تربة.
Aridisol - 3	id	ترب المناطق الجافة، تحتوي أفقاً تشخيصية متنوعة، لا تحتوي على ماء متيسر للنباتات الوسطية رطوبياً لفترة طويلة لارتباط هذا الماء بقوة تزيد على ١٥ باراً، أو لأنه مالح أو لكليهما. تكافئها تقريباً: ترب صحراوية، ميروزوم، سولونتشاك، سولونتم رمادية بنية صحراوية، أصل التسمية لاتيني "Aridus" وتعني جاف.
Entisol - 4	ent	قليلة التطور، لا تحتوي أفقاً تشخيصية متميزة. تكافئها: ترب لحقة، هيكليّة، حصوية، فلوفيسول، ريغوسول، أصل التسمية غير واضح ولا معنى لها.
Gelisol - 5	el	رتبة ترب المناطق القطبية، حيث تتعرض الترب للتجمد لفترات طويلة مسن للعام، تشمل مناطق التندرا والقطب الجنوبي. التسمية لاتينية «Gelu» وتعني التجمد.
Histosol - 6	ist	ترب عضوية، تترافق عادة مع تحت رتبة مائية، تكافئها: ترب الخث، أو الثوب والمك، أصل التسمية لاتيني «Histos» وتعني نسيجاً.
Inceptisol - 7	ept	تطور الأفق في بدايته، ولها أفق علوية، والأفق B غالباً ما يكون متخيراً Cambic، عمليات الغسل والترسيب ضعيفة أو معتدلة وكذلك عمليات التجوية، تكافئها: ترب قرفية، بنية حامضية، بنية غابية، جلاي دبالية، كاميسول، التسمية لاتينية «Inceptum» تعني بداية.

Mollisols - 8	oll	فيها لفق Mollis، تتطور غالباً تحت غطاء من الحشائش، تنتشر في السهوب والبراري، أفقها السطحي عميق داكن اللون، غني بالدبال مع درجة تشبع بالقواعد عالية. تكافؤها: النشرونوزوم، التربة الكستانية، الرندزيسا، التربة البنية الغابية، السولوفنتس، أصل التسمية لاتيني «Mollis» وتعني لين.
Oxisols - 9	ox	تربة تحوي لفق Oxic، لا تكون الأفاق متميزة بوضوح، وحدودها متموجة، التجوية شديدة، تنتشر في المناطق المدارية، تكافؤها: تربة اللاتيريت، اللاتوسول، أصل التسمية «Oxid» فرنسية.
Spodosols - 10	od	تربة تحوي أفق غسيل A_2 رمادي اللون (albic) غني بأكاسيد السيليكون، وأفاق ترسيب، نسبة التشبع بالقواعد منخفضة، وهي حامضية، تكافؤها: البودزول، البنية البودزولية، أصل التسمية لاتيني «Spodo» وتعني رمال الخشب.
Ultisols - 11	ult	تربة تعرضت للتجوية والغسل بشدة، تحوي أفقاً طينياً، نسبة التشبع بالقواعد أقل من ٣٥ %، وهي أكثر حمرة مقارنة برتبة Alfisols، تكافؤها تقريباً: الأراضي الحمراء والصفراء البودزولية، التربة البنية المحمرة اللاتيريتية، أصل التسمية لاتينية «Ultimus» وتعني نهاية.
Vertisols - 12	ert	تحتوي أكثر من ٣٠ % طيناً قابلاً للانحسار، تظهر شقوق عميقة وعريضة أثناء الجفاف، تحصر فيما بينها كتلاً ذات كثافة عالية، تكافؤها: التربة الطينية المدارية السوداء، ريغور، تيرس، أصل التسمية لاتيني «Vertus» وتعني قلب.

الوحدات التصنيفية التي تضمها الرتبة:

١- تحت الرتب Suborders: يراوح عددها بين ٢ - ٧ في الرتبة، ويبلغ

مجموعها نحو ٦٠، ويتم تمييزها ضمن الرتبة اعتماداً على ما يلي:

أ - وجود التشبع بماء الجاذبية أو غيابه.

ب - الاختلافات المنشئية الناتجة عن المناخ أو النباتات.

ج - النسيج المتطرف مثل: الرمال أو سيادة الألوфан أو الأكاسيد الحرة نصف الثلاثية في مجموعة الغضار.

تصاغ تسمية تحت الرتبة بأخذ بادئة تدل على ظاهرة أو خاصية بارزة في

تحت الرتبة ويضاف إليها الجذر الصياغي للرتبة، مثال:

تحت الرتبة = جذر صياغي + خاصية مميزة

Orth + od = orthods نموذجي

Aqu + ept = aquepts مائي

Arg + id = argids طيني

٢ - المجموعات الكبرى Great groups: يصل عددها إلى بضع مئات، ويتم تحديدها استناداً إلى ما يلي:

أ - الآفاق التشخيصية: التي تدل على كل من الاختلافات الرئيسة في درجة التطور والاختلافات البسيطة في أنواع الآفاق.

ب- الخصائص التشخيصية: من الألوان الحمراء القائمة أو البنية، نسبة التشبع بالقواعد، القساوة العالية، حدود أو ألسن الأفق A_2 ، انخفاض حرارة التربة.

تصاغ تسمية المجموعة الكبرى بإضافة بادئة لتسمية تحت الرتبة المطابقة وقد يحتاج الأمر إلى استعمال حرف i للوصل، مثال:

Hapl + orthod = Haplorthods عادي

Arg + i + boroll = Argiborolls طيني

Dur + aquoll = Duraquolls قاسي

٣ - تحت المجموعات Subgroups: تتم تسميتها بإضافة صفة - أو اثنين مميزتين - تسبق اسم المجموعة، ويتم تحديدها استناداً إلى ما يلي:

أ - الصفات النموذجية أو الأساسية للمجموعة الكبرى وهي Typic.

ب- التدرج: الانتقال التدريجي إلى مجموعة أخرى ضمن تحت التربة أو خارجها.

ج- التدرج الخارجي: الخروج عن مفهوم التربة والانتقال إلى المواد الصخرية أو غيرها.

د - التدرج المضاعف: اجتماع صفتين معاً مثل: Natriboric - Mollic.

- ٤- **الفصائل Families:** تحدد استناداً إلى الخصائص المهمة في نمو المزروعات مثل: النسيج، التركيب المعدني، الـ pH، حرارة التربة، النفوذية، الكثافة، البنية، المكافئ الرطوبي، الانحدار والصرف.
- ٥ - **السلاسل Series:** تميز تبعاً لاختلافات صغيرة في النسيج أو التركيب المعدني أو أعماق الأفاق وغيرها.

ثالثاً: التصنيف الفرنسي:

يلخص العالم دوشوفور (Duchaufour) أسس هذا التصنيف، إذ تقوم على منشأ الترب من جهة وتتميز بخاصيتين رئيسيتين من جهة أخرى هما:

- ١ - اعتمادها على الخصائص الداخلية للترب والإحاطة بالظروف الخارجية التي تشارك في تطورها مثل المناخ والمواد الأم وغيرها.
 - ٢ - اعتمادها على سائر خصائص التربة بدرجة متساوية.
- أما المعايير الأساسية لهذا التصنيف فهي:

- أ - درجة تطور المقطع وعلاقتها بتطور التربة؛ إذ يمكن أن تكون المقاطع على أحد الأشكال التالية:
 - ١ - مقطع A)C، ترب معدنية خشنة.
 - ٢ - مقطع AC، ترب قليلة التمايز، تحوي مواد عضوية.
 - ٣ - مقطع A(B)C، ترب متطورة تحت تأثير التجوية، حيث يكون الأفق (B) مجوى نسبياً.
 - ٤ - مقطع ABC، ترب متطورة تحت تأثير التجوية، ويلاحظ فيها انتقال المواد، حيث تعطي بداية لتكوين أفق الترسيب B.

إن وضع الأفق بين قوسين يدل على بداية تطوره.
- ب - نوع للتجوية المناخية: إذ تزداد بدءاً من المناخ الجاف وانتهاءً بالمناخ الحار الرطب.
- ج - نوعية المواد العضوية وتأثيرها في تطور الترب.
- د - تأثير الماء الأرضي.

تقسم التربة حسب التصنيف الفرنسي إلى اثني عشر صفاء، ويعادل الصف هنا الرتبة في التصنيف الأمريكي، وفيما يلي أسماء هذه الصفوف:

- ١ - تربة معدنية بدائية. ٢ - تربة متطورة قليلاً. ٣ - تربة مقلوبة Vertisols.
- ٤ - تربة داكنة Andosols. ٥ - تربة كلسية مغنيزية. ٦ - تربة متساوية الدبال.
- ٧ - تربة بنية. ٨ - تربة بونزولية. ٩ - تربة أكاسيد نصف ثلاثية.
- ١٠ - تربة فيرالينية. ١١ - تربة هيدرومورفية. ١٢ - تربة صودية.

رابعاً- تصنيف منظمة الأغذية والزراعة: ويمكن تلخيص ذلك من خلال خارطة تربة العالم، التي أعدتها منظمة الأغذية والزراعة (FAO) التابعة للأمم المتحدة تعديل عام ١٩٩٠ والمنشورة عام ١٩٩٤.

تضم خارطة تربة العالم المذكورة ٢٨ وحدة تربة رئيسية من المستوى الأول (I) وهي أكبر تقريباً من المجموعة الكبرى أو نمط التربة، تتوزع هذه الوحدات إلى ١٣٧ مجموعة (نمط) من المستوى الثاني (II). وفيما يلي يلخص الجدول (٢٤) التالي أسماء المجموعات الرئيسية لتربة العالم ومعنى كل منها وبعض خصائصها:

المجموعات الرئيسية للتربة	أصل التسمية ومعناه	بعض خصائص التربة
1 - ACRISOLS:	acer, شديد الحموضة، لاتيني	مغسولة، شديدة الحموضة، نسبة القواعد المنخفضة.
2 - ALISOLS:	alumen, ألومنيوم، لاتيني	ذات محتوى عالٍ من الألومنيوم.
3 - ANDOSOLS:	an, di, داتكة تربة -، ياباني	تتكون من المواد الغنية بالزجاج البركاني، ويكون لها السطح عادة دلتا.
4 - ANTHROSOLS:	anthropos, إنسان، يوناني	نشاطات بشرية عالية.
5 - ARENOSOLS:	arena, رمل، لاتيني	ترب ضعيفة التطور غنية السيليكا.
6 - CALCISOLS:	calx, كلس، لاتيني	تراكم كربونات الكالسيوم.
7 - CAMBISOLS:	cambiare, تغيير، لاتيني متأخر	تغيرات في اللون والبنية والاندماج، ضعيفة التطور مع تكوين موضعي للغضار.
8 - CHERNOZEMS:	أرض سوداء، روسي cherno, Zemla	غنية بالمادة العضوية سوداء اللون.
9 - FERRALSOLS:	حديد، ألومنيوم، لاتيني ferrum, alumen	غنية بالأكاسيد، تدف التلاتية، شديدة التجوية تتكون بصورة رئيسة من الكاولينيت والأكاسيد.
10 - FLUVISOLS:	fluvius, نهر، لاتيني	توضعات لحقية (طعية).
11 - GLEYSOLS:	gley, وحل، روسي	تحوي أفق موحد (1) نتيجة لسيادة العمليات اللاهوائية.
12 - GREYZEMS:	أرض رمادية، روسي، إنكليزي grey, zemla	تحوي حبيبات من التلك والرمل غير المغطى والموجود في طبقات غنية بالمواد العضوية - ترب الميروب الغالية.
13 - GYPISOLS:	gypsum, جبس، لاتيني	تراكم سلفات الكالسيوم.
14 - HISTOSOLS:	histos, نسيج، يوناني	ترب خفيفة تحتوي على مواد عضوية طازجة أو متفسخة جزئياً.
15 - KASTANOZEMS:	كستناء لاتيني، روسي، kustarna	غنية بالمادة العضوية لونها بني أو كستاني.
16 - LEPTOSOLS:	leptos, رقيق، يوناني	ضحلة ضعيفة التطور.
17 - LIXISOLS:	lixivia, غسل، لاتيني	شديدة التجوية، يتراكم فيها الغضار، نسبة تدفق بالقواعد منخفضة.
18 - LIVISOLS:	livic, غسل خفيف، لاتيني	تراكم الغضار، نسبة تدفق بالقواعد متوسطة وعالية.
19 - NITISOLS:	nitidus, لامع، لاتيني	سطوح اللبانات (الوحدات البنيوية) لاسعة.
20 - PHAEZEMS:	phaeus, داكن، روسي، يوناني	غنية بالمادة العضوية، داكنة اللون (شبه تشرنوبلومية).
21 - PLANOSOLS:	planus, مسوي، لاتيني	متطورة عموماً في تضاريس بسيطة أو مقعرة مع شح سطح موسمي بالمياه.
22 - PLINTHOSOLS:	plinthos, قرميدة، يوناني	مواد طينية مبرقشة، تصبح قاسية عند تعرضها للجو.
23 - PODZOLS:	podzol, رمان وتحت، روسي	ترب بودزولية تحوي أفقاً مقصوراً بشدة (مبيض).
24 - PODZOLUVISOLS:	Podzol, Invisols	تجمع بين خصائص البودزول واللويسول.
25 - REGOSOLS:	regos, دثار، غطاء، يوناني	غطاء من المواد المتفككة تتوضع فوق طبقة قاسية من الصخور.
26 - SOLONCHAKS:	ترب مالحة، روسي	تحتوي نسبة عالية من الأملاح سهلة الذوبان في الماء.
27 - SOLONETZ:	ترب قلووية، روسي	تحتوي نسبة عالية من الصوديوم الممتز.
28 - VERTISOLS:	vertice, قلب، لاتيني	ترب قلبية لأنها غنية بعمدان الغضار القابلة للانحسار.

وفي الإصدارات السابقة كانت خريطة ترب العالم للتعديل المذكورة منذ عام ١٩٧٠ تضم خمس مجموعات لم تعد معتمدة هي:

1 - LITHOSOLS:	Lithos	صخر - يوناني،	ترب صخرية بدائية لا يزيد عمقها على ٢٥ سم.
2 - RANKERS:	rank	انحدار شديد - أسترالي،	ضعيفة التطور ذات مقطع AC على صخور سيليسية صلبة ومنحدرة.
3 - RENZINAS:	renzie	صربير المحراث - بولوني،	ترب كلسية، عشبية ضحلة محجرة.
4 - XEROSOLS:	xeros	جاف - يوناني،	ترب نصف صحراوية بما فيها السيروزوم.
5 - YERMOSOLS:	yerno	صحراء - إسباني،	ترب صحراوية.

المدخل إلى التصنيف وأساسه العامة:

على الرغم من تعدد مدارس علم التربة، فإنه عند تصنيف التربة، لابد من مراعاة الأمور التالية:

- ١ - تحديد الغاية من التصنيف.
- ٢ - تحديد الأسس التي سيقوم عليها التصنيف وصياغتها بدقة.
- ٣ - إعداد نظم الوحدات التصنيفية المتسلسلة، رتبة، تحت رتبة، نمط، ...
- ٤ - إعداد مخططات التسميات التصنيفية للترب.
- ٥ - تحديد الملامح التي تنصف بها كل وحدة تصنيفية في الطبيعة، وإبرازها على خرائط التربة.

ويعتمد التصنيف على الأسس التالية:

- ١ - الخصائص الرئيسة للترب وظروف تكوينها.
 - ٢ - الخصائص والملامح المكتسبة نتيجة استثمار التربة في الزراعة.
 - ٣ - الخصائص الإنتاجية للترب وطرائق استثمارها بصورة سليمة.
- تهتم التصنيف الحديثة بالبنية المورفولوجية والميكرومورفولوجية للترب، والمسارات الرئيسة لعملية تكوين الترب، ونوعية المادة العضوية، والنظم الحرارية والمائية والهوائية والغذائية للترب، كما تهتم بطبيعة الدورة الحيوية للمواد، مما يسمح بتوضيح الخصائص الزراعية للتربة، ويؤدي إلى إمكان تقويمها على الوجه الأمثل.



الفصل الثاني عشر

الترب المتأثرة بالأملاح

— مصادر الأملاح وظروف تجمعها في الترب

— الترب المالحة (السولونتشاك)

— تصنيف السولونتشاك

— السولونتشس

— تصنيف السولونتشس



التربة المتأثرة بالأملاح Salt Affected Soils

تحتوي سائر التربة على نسب مختلفة من الأملاح الذوابة في الماء، كما قد تحتوي على الصوديوم الممتز، وإن تجاوز نسبة الأملاح هذه أو الصوديوم المذكور حدًا معينًا سيؤدي إلى إعاقة النمو الطبيعي للمزروعات، وبالتالي إلى انخفاض مستوى إنتاجها. وتصبح مثل تلك التربة متأثرة بالأملاح أو مملحة، وهي تضم: التربة المالحة Solonchaks والتربة القلوية Solonetz والتربة المالحة القلوية وغيرها.

تشغل هذه التربة مساحات واسعة من الأراضي الزراعية في العالم وبخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة. وتدل الدراسات على أن هذه التربة تشكل نحو ٧% من مساحة اليابسة وتصل إلى نحو ٥٠% من مساحة الأراضي المروية، لذا تعاني معظم بلدان العالم من مشكلة الملوحة وتفاقمها بدرجات متفاوتة.

ويبين الجدول (٢٥) توزيع التربة المتأثرة بالأملاح في البلدان العربية.

ويلاحظ من الجدول أن سورية تحتل المرتبة الثانية عشرة في الوطن العربي من حيث مساحة الأراضي المتأثرة بالأملاح، علماً أن مقياس خارطة تربة العالم المذكورة صغير جداً، وبالتالي تعد مثل هذه الأرقام تقريبية. كما تجدر الإشارة إلى انتشار مساحات متفرقة من التربة القلوية وأكثر منها المقلونة في حوض الفرات والغاب وفي غيرهما من المناطق المروية في القطر بما فيها تربة مشروعات الري القديمة في جنوب سورية. (أبو نقطة ١٩٩٦)

الجدول (٢٥) توزيع التربة المتأثرة بالأملاح في البلدان العربية (المساحة،
آلاف الهكتارات)

البلد	المالحة	المتملحة	القلوية	المقلونة	الإجمالي
١- مصر	٣٢٨٣	٤٠٧٧			٧٣٦٠
٢- العراق	٦٦٧٩	٤٧			٦٧٢٦
٣- السعودية	٦٠٠٢				٦٠٠٢
٤- الصومال	١٠٤٣	٥٢٦	٣٧٥٤	٢٧٩	٥٦٠٢
٥- السودان	٢١٣٨			٢٧٣٦	٤٨٧٤
٦- الجزائر	١١٣٢	١٨٨٩		١٢٩	٣١٥٠
٧- ليبيا	٩٠٥	١٥٢٢			٢٤٥٧
٨- المغرب	٤٢	١١٠٦			١١٤٨
٩- الإمارات العربية	١٠٨٩				١٠٨٩
١٠- تونس	٩٩٠				٩٩٠
١١- موريتانية	١٥٠	٤٩٠			٦٤٠
١٢- سورية	٥٣٢				٥٣٢
١٣- عمان	٢٩٠				٢٩٠
١٤- قطر	٢٢٥				٢٢٥
١٥- الكويت	٢٠٩				٢٠٩
١٦- الأردن	٧٤	١٠٦			١٨٠
١٧- فلسطين	٢٨				٢٨

من بيانات FAO - اليونسكو، خارطة تربة العالم. (أبو نقطة ٢٠٠٢)

مصادر الأملاح وظروف تجمعها في التربة:

تعدّ الصخور الصهارية المصدر الرئيس لتكوين الأملاح على سطح الأرض، نتيجة عملية التجوية، ومن ثمّ تجمع تلك الأملاح في البحار والمحيطات، وكذلك في القارات، أما ملوحة الصخور الأم والتربة، فترجع إلى أسباب ومصادر متعددة يمكن إيجازها بما يلي:

١ - الصخور الرسوبية:

عند تجوية الصخور الصهارية تتكون كميات ضخمة من الأملاح الذوابة، إذ تبلغ كمية الأملاح المنقولة من القارات إلى المحيطات نحو ٢,٣٧٥ مليار طن في السنة، ويبقى نحو مليار طن سنوياً على اليابسة (Kovda). وعند تكشف الصخور الرسوبية المالحة على سطح الأرض، فإنها ستعمل على تمليح الصخور الأم والتربة.

٢ - البحار والمحيطات:

وهي تسهم بفعالية في تملح الصخور الأم والتربة وبخاصة في السهول الساحلية، وقد يمتد تأثيرها إلى مسافات كبيرة داخل القارات من خلال تسرب المياه أو عبر رذاذ تلك المياه.

٣ - جفاف البحيرات المالحة:

تنتشر مساحات واسعة من التربة المالحة التي تكونت على بحيرات مالحة بعد جفافها، وتشاهد مثل هذه الظواهر حول بحر قزوين والبحيرة الكبرى في يوتا بالولايات المتحدة، وبهذه الطريقة تملح كثير من السبخات في سورية.

٤ - الرياح:

تنقل الرياح حبيبات التربة المالحة لتوضعها على أراضٍ عادية، وبفعل الرياح تترسب كمية من الأملاح تقدر بـ ٢-٢٠ طن/كم^٢ سنوياً في مناطق محددة من العالم.

٥ - البراكين:

تترافق ثورات البراكين مع انطلاق كميات هائلة من الغازات والأبخرة التي تحوي الكلور والكبريت، حيث يسهمان في تكوين الملوحة الكلوريدية والسلفاتية، وتعد غازات البراكين من أهم مصادر تملح البحار والمحيطات بالشاردين المذكورتين.

٦ - الماء الأرضي:

تزداد خطورته مع ازدياد تركيزه واقترب موضعه من سطح الأرض، كما أن لنوعية أملاحه دوراً بارزاً في تأثيره. وفي كثير من الأحيان يلعب عمق الماء الأرضي الدور الأهم في تملح الترب وبخاصة في المناطق الجافة. ويمكن تحديد العمق الحرج للماء الأرضي من المعادلة التالية:

$$L = 170 + 8^{\circ}t \pm 15$$

حيث: L: العمق الحرج للماء الأرضي، سم.

t: متوسط الحرارة السنوي، م°.

وأما التركيز الحرج لهذا الماء فيتوقف على نوعية ملوحته من جهة وعمق موضعه من جهة أخرى.

٧ - النباتات الجفافية:

تلعب النباتات المتحملة للملوحة أو للجفاف دوراً مهماً في امتصاص الأملاح من أعماق التربة لترسيبها على السطح بعد تفسخ بقايا هذه النباتات، علماً أن نسبة الرماد تبلغ في بعضها نحو ٣٠% من وزن المادة النباتية الجافة.

٨ - السري:

إذا استعمل الري بصورة غير سليمة، وذلك من خلال المقننات المائية الكبيرة أو كانت ملوحة الماء عالية، فإن هذا يؤدي إلى تملح الترب وبخاصة عند سوء عمليات الصرف، ومثل هذا النوع يسمى ملوحة ثانوية.

٩ - المناخ:

تتوقف شدة عمليات توزع الأملاح وتجمعها في الترب على الظروف المناخية، وبخاصة النسبة بين كمية الهطل السنوي ومقدار البخر. ففي المناخات الجافة يكون معامل الترطيب أقل من الواحد، إذ تفوق كمية البخر عدة مرات كمية الهطل، وبالتالي فإن الأملاح مستراكم في الصخور الأم والمياه الأرضية عاماً بعد آخر و سيعمل هذا بدوره على تملح الترب.

١٠ - التضاريس:

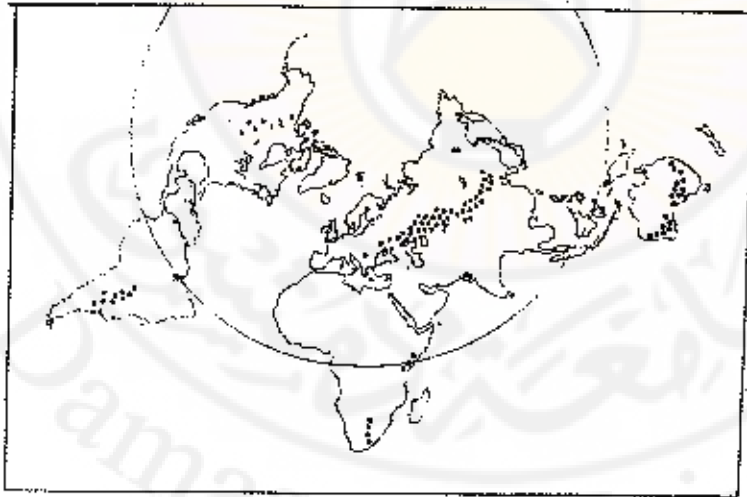
تؤثر بصورة واضحة في توزع الملوحة، إذ تنتشر الترب المالحة عادة في المناطق المنخفضة كالواديان والدادلات والشواطئ، ويكون دور التضاريس الدقيقة واضحاً بجلاء في المناطق السهبية.

١١ - الظروف الهيدروولوجية أو الخصائص المائية للصخور الأم والترب:

وهي التي تحكم حركة الماء واتجاهه، وتتعلق بالتركيب الميكانيكي والمسامية وسائر العوامل المحددة لحركة التيارات المائية صعوداً ونزولاً وفي جميع الاتجاهات.

الترب المالحة Solonchaks

تعريف السولونتشاك وخصائصها: السولونتشاك كلمة روسية معروفة لدى المختصين، وتعني الترب التي تتجمع فيها كمية كبيرة من الأملاح الذوابة في الماء حيث تتوضع أعلى نسبة منها في الطبقة السطحية ٤٠-٥٠سم، وتتجاوز تلك النسبة ١-٢% من وزن التربة لتصل أحياناً إلى ٢٠-٣٠%. تغطي سطح السولونتشاك عادة تزهرات أو قشور من الأملاح الذوابة، ولا تنمو المزروعات في معظم الأحيان على هذه الترب، كما قد ينعدم غطاؤها النباتي الطبيعي، أو يتمثل ببعض النباتات المحبة للملوحة Halophytes مثل؛ الحمض والرمث والأشنان وغيرها. علماً أن السولونتشاك المرجبية هي الوحيدة الأكثر ملائمة لنمو النباتات. ويبين الشكل (٣٢) خارطة توزيع السولونتشاك في العالم. ويلاحظ أوسع انتشار للسولونتشاك في جمهوريات أسية الوسطى ثم استرالية وأمريكة الجنوبية.



الشكل (٣٢) خارطة توزيع السولونتشاك في العالم

تكون السولونتشاك عادة ثقيلة النسيج نظراً لتوضعها في التضاريس المنخفضة التي تساعد على ترسيب الحبيبات الناعمة المنقولة من المرتفعات المحيطة. كما تتصف هذه التربة بتوزيع منتظم للعصار والسيليكا والأكاسيد نصف الثلاثة في مقطعها، وتبذل عن هذه القاعدة السولونتشاك السودية والتربة المالحة القلوية؛ إذ تنتقل الغرويات من أفقها السطحي لتتوضع على عمق معين تحت سطح التربة.

تتصف هذه التربة بخلوها من البنية الفتاتية - الحبيبة الدائبة مائياً، رغم أن غروياتها تكون متخثرة وثابتة، وتكون سلسلة ونفودة، وسرعان ما تهدم البنية الكاذبة عند غمرها بالماء.

إن نسبة الدبال في هذه التربة منخفضة جداً، إذ تراوح بين ٠,٧ - ١,٢% في أفقها العلوي باستثناء المرجية منها، إذ يمكن أن تصل هذه النسبة إلى ١٠% من وزنها، وعموماً تسود الحموض الفولفية في ذلك الدبال، وهي عادة فقيرة بالآزوت والعناصر الغذائية، وتكون السعة التبادلية في معظم هذه التربة منخفضة إذ تراوح بين ١٠-٢٠ ممك/١٠٠ غ تربة، ويمسود الكالسيوم والمغنزيوم في مقعد الامتزاز يليهما الصوديوم.

يرأوح الـ pH في هذه التربة بين ٧,٥ - ٨,٣، وهذا يتعلق عادة بمحتوى كربونات وبيكربونات الكالسيوم والمغنزيوم، وفي السودية منها يرأوح الـ pH بين ٩-١١ نظراً لوجود كربونات وبيكربونات الصوديوم.

تتناقص نسبة الملوحة مع العمق بشدة، وتتوضع في الآفاق السطحية عادة الأملاح الأكثر ذوباناً وهي NaCl , NaSO_4 , NaCO_3 , MgSO_4 , MgCl_2 وقد تصل نسبة الجبس في الأفق السطحي إلى ٢-٣% أو حتى ١٠% من وزن التربة. يتميز محلول التربة بارتفاع تركيزه إذ يرأوح بين ١٠٠-٢٠٠ غ/ل، وقد يصل أحياناً إلى ٣٠٠-٤٠٠ غ/ل في الآفاق السطحية وينخفض إلى ٢٠-٥٠ غ/ل في

الآفاق السفلى، علماً أن متوسط تركيز مياه البحار يبلغ ٣٥ غ/ل.

إن ارتفاع تركيز محلول التربة يعمل على ارتفاع الضغط الحولي، حتى إذا بلغ حداً معيناً، تعذّر على النباتات امتصاص الماء والعناصر الغذائية، يضاف إلى ذلك التأثير السام والمباشر للأملاح في النباتات، الذي يؤدي إلى الإخلال بالوظائف الفسيولوجية و يعمل على إيقاف نمو النبات وموته.

تصنيف السولونتشاك تبعاً لسماتها المورفولوجية

توجد عدة أسس لتقسيم هذه التربة، من أهمها: التقسيم استناداً إلى السمات المورفولوجية وإلى نوعية الملوحة الأنيونية منها والكاتيونية. واستناداً إلى السمات المورفولوجية يمكن تمييز الأشكال التالية من السولونتشاك:

- ١ - سولونتشاك مبتلة *wet solonchaks*: هي السولونتشاك الهيدرومورفية، حيث يتوضع الماء الأرضي قريباً من السطح، كما يطلق هذا الاسم على التربة التي تحوي قشرة على سطحها بسماكة ٢-٤ سم غنية بكلوريد المغنيزيوم والكالسيوم، الذين يتصفان باسترطابية عالية مما يجعل التربة رطبة على الدوام.
- ٢ - منتفخة *puffed s.*: تنتشر في المناطق الجافة على التضاريس الدقيقة المرتفعة، حيث يتمثل الأفق السطحي بصورة طبقة ملحية - ترابية غبارية منتفخة رخوة عمقها ٥-٦ سم، تغور فيها الأقدام عند السير عليها، يغلب في تركيبها Na_2SO_4 , $NaCl$ ، وتلعب سلفات الصوديوم دوراً بارزاً في تكوين هذه التربة عند تحولها إلى ميرابيليت الذي يحوي عشر جزيئات من الماء مما يعمل على تجفيف سطح التربة، وصرعة انهيارها أو رخلوتها. وتنشأ مثل هذه التربة عادة بفعل الرياح التي تعمل على تكوين كتبان من الرمل الكاذب.
- ٣ - قشرية *Crust s.*: عند الترطيب الدوري للتربة، تتبلور الأملاح الذوابة، وبخاصة الجبس، مكونة قشرة ملحية سطحية ثابتة، سماكتها ٢-٥ سم.

٤ - عمودية Columnar s.: داكنة اللون، تحوي الصودا، يتشقق سطحها عند جفافها، ويتكون أفقها السطحي لعمق ١٠-٢٠ سم من وحدات بنيوية عمودية ضخمة أو كتلية.

٥ - بيضاء White s.: تسمية إنكليزية - أمريكية، تطلق على الترب ذات السطح أبيض اللون أو الفاتح الناتج عن تراكم كميات كبيرة من الأملاح الذوابة غير الصودية.

٦ - سوداء Black s.: أدكن لوناً من غيرها، صودية الملوحة إذ يغلب في تركيبها Na_2CO_3 .

تتصف هذه الترب ببقاء برك مائية على سطحها بعد هطل الأمطار، ذات لون داكن ناتج عن انحلال الدبال في المحاليل القلوية، وتعمل الصودا على بعثرة غرويات التربة مما يؤدي إلى سوء نفاذية الماء في التربة، وتفقّد مياه البرك بالبخر تاركة وراءها رواسب سوداء اللون من المواد الدبالية.

٧ - مرجية Meadow s.: تتكون هذه الترب عندما يتوضع ماء أرضي قليل الملوحة قريباً من سطح الأرض، ويتألف الغطاء النباتي من الأعشاب المرجية، لذلك تنشأ هذه التربة تحت تأثير عمليتي التكوين العشبي Soddy f. والتكوين الملحي Salinization. تتصف هذه الترب بتمايز مقطعها إلى أفاق واضحة، وقد تبلغ نسبة الدبال في بعض أنواعها ٦-٨% من وزن التربة، وهي من أكثر أنواع السولونتشاك ملائمة للزراعة، نظراً لغناها بالدبال وجودة خصائصها الفيزيائية.

٨ - بحيرية مالحة Shor s.: تتكون في أماكن جفاف البحيرات المالحة، حيث يتوضع الماء الأرضي عالي التركيز قريباً من السطح، تراوح نسبة الأملاح فيها بين ٣-٩%، وقد يحوي مقطعها آفاقاً موحلة Gley، ويندر وجود النباتات على هذه الترب.

وهناك أشكال أخرى، مثل البحرية والمستنقعية والتاكيرية وغيرها.

ومن المتعارف عليه قياس سمية الأملاح بمكافئات الكلور، فإذا كانت سمية

الكور = ١ فإن سمية $\text{Na}_2\text{CO}_3 = ١٠$ وسمية $\text{NaHCO}_3 = ٣/١$ ، وسمية $\text{Na}_2\text{SO}_4 = ٦/١$ من هذا يتضح أن الصودا أكثر سمية بعشر مرات من كلور الصوديوم، وبثلاثين مرة من بيكربونات الصوديوم ويستين مرة من سلفات الصوديوم.

تصنيف السولونتشاك استناداً إلى نوعية ملوحتها:

تقسم السولونتشاك إلى فصائل استناداً إلى تركيب ملوحتها الأنيوني بعدة طرائق، أكثرها انتشاراً، هو حساب النسبة بين الأنيونات المختلفة في المستخلص المائي وذلك كما يظهر من الجدول (٢٦).

الجدول (٢٦) تعيين نوعية ملوحة الترب حسب الأنيونات

النسبة بين الأنيونات (مليمكافى)			نوعية الملوحة
HCO_3/SO_4	HCO_3/Cl	Cl/SO_4	
—	—	$2.5 \leq$	كلوريدية
—	—	$2.5 - 1$	كلوريدية — سلفاتية
—	—	$1 - 0.2$	سلفاتية — كلوريدية
—	—	$0.2 >$	سلفاتية
$1 <$	$1 >$	$1 <$	كلوريدية — صودية
$1 >$	$1 <$	$1 >$	سلفاتية — صودية
$1 <$	$1 <$	$1 <$	صودية — كلوريدية
$1 <$	$1 <$	$1 >$	صودية — سلفاتية
$1 <$	—	—	هيدرو كربوناتية — سلفاتية أو كلوريدية

أما الطريقة الثانية فهي الأبسط، وذلك بحساب النسب المئوية التي يشكلها كل أنيون بالمليمكافى من مجموع الأنيونات في المستخلص المائي، ويدخل في التسمية الأنيونات التي تزيد نسبتها على ٢٠%، وتبدأ التسمية بالأنيون ذي

النسبة الأعلى يليه الأقل فالأقل. وإن تصنيف السولوننتشاك استناداً إلى الكاتيونات الذائبة أقل استعمالاً.

تعيين درجة ملوحة التربة:

لا تتعلق درجة ملوحة التربة بنسبة الأملاح فحسب، وإنما بنوعيتها أيضاً، نظراً لتيان أنواع الملوحة في درجة خطورتها، وتحسب نسبة الأملاح من تحديد وزن الراسب الجاف للمستخلص المائي. ويبين الجدول (٢٧) تصنيف الترب استناداً إلى درجة ملوحتها ونوعيتها.

جدول (٢٧) تصنيف الترب استناداً على درجة ملوحتها ونوعيتها (عن كوفدا ١٩٨٦)

درجة الملوحة وحالة المحاصيل الزراعية متوسطة التمدل للملوحة	نوعية الملوحة ، الراسب الجاف %					
	صودية	كلوريدية لـ صودية	صودية سلفاتية لـ صودية	كلوريدية	سلفاتية كلوريدية	سلفاتية
غير متعلقة عملياً	0.10 >	0.15 >	0.15 >	0.15 >	0.25 >	0.30 >
خفيفة الملوحة، انخفاض المحصول 10-20 %	0.20-0.10	0.25-0.15	0.30-0.15	0.30-0.15	0.40-0.25	0.60-0.30
متوسطة الملوحة، انخفاض المحصول بـ 20-50 %	0.30-0.20	0.40-0.25	0.50-0.30	0.50-0.30	0.70-0.40	1.00-0.60
شديدة الملوحة، انخفاض المحصول بـ 50-80 %	0.50-0.30	0.60-0.40	0.70-0.50	0.80-0.50	1.20-0.70	2.00-1.00
مولوننتشاك، شديدة الملوحة جداً لا يوجد للمحصول عملياً	0.50 <	0.60 <	0.70 <	0.80 <	1.20 <	2.00 <

استصلاح السولوننتشاك:

لا تستعمل السولوننتشاك في الزراعة إلا بصورة محدودة، وهي تستعمل في الرعي، ولكن عمليات الاستصلاح تعمل على تحسين بعض أنواعها، ويتم الاستصلاح الجذري بغسل الأملاح وصرف المياه بوساطة شبكة صرف فعالة.

وقبل البدء بعمليات الاستصلاح يجب دراسة التربة بصورة جيدة لتحديد خصائصها، ثم تحرث وتتم تسويتها وتقسيمها إلى مصاطب لتسهيل انتظام تشرب الماء فيها. ويراعى مقلن الغسل بين ٢ - ١٧ ألف م^٣/هـ. ولا بد من معرفة النسبة بين الكالسيوم والصوديوم، إذ أن عدم سيادة الكالسيوم بحيث يزيد تركيزه بثلاثة أضعاف تركيز الصوديوم؛ فإن عملية الغسل قد تؤدي إلى قلونة التربة، وفي هذه الحالة ينصح بإضافة أملاح الكالسيوم بصورة جبس قبل عملية الغسل.

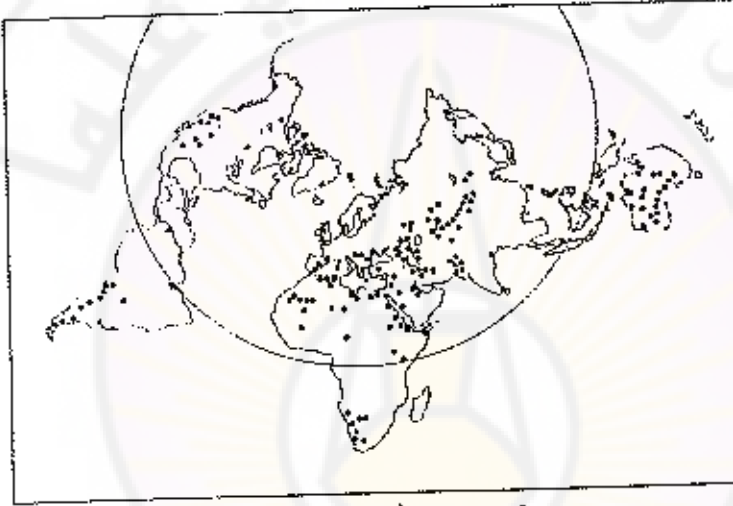
ويضاف مقلن الغسل على دفعات بفواصل زمني ٢ - ٥ أيام لتحسين غسل الأملاح، وتجرى العملية في أواخر الخريف وبداية الشتاء. وبعد الغسل يجب أن تتخذ الإجراءات الكفيلة بمنع ارتفاع الأملاح بالخاصية الشعرية. وتساعد الحرارة وتفكيك التربة في ذلك. وقد يُعمد إلى زراعة الرز بعد غسل الأراضي للاستفادة من المياه والتربة، وبعدها تزرع المحاصيل المتحملة للملوحة. ولا يقتصر استصلاح السولونتشاك على إزالة الملوحة منها فحسب، وإنما يجب أن يتعداها إلى مكافحة مصادر التملح.

ومن الأهمية بمكان توفير رطوبة عالية نسبياً في منطقة المجموعة الجذرية، إذ أنه مع ازدياد الرطوبة ينخفض تركيز الأملاح مما يقلل من خطورتها، ويسهل نمو المزروعات إلا أنه يجب عدم الإفراط في زيادة الرطوبة تفادياً لارتفاع منسوب الماء الأرضي أو الجوفي.

وهناك أنواع كثيرة من السولونتشاك، وبخاصة المرجية، قد لا تستجيب لعمليات التحسين الجذري وتترك كمراع طبيعية.

السولوننتس (الترب القلوية) Solonetz

السولوننتس، هي الترب التي يحتوي معقد امتزاجها على نسبة عالية من الصوديوم التبادلي (ESP) في أفق الترسيب تزيد على ٢٠% من السعة التبادلية حسب المدرسة الروسية، وعلى ١٥% حسب التصنيف الدولي. وتتوضع هذه الترب غالباً في الوهاد والمنخفضات والسهول سيئة الصرف، أو حتى عديمة الصرف، وتوضح الخارطة التالية شكل (٣٢) توزيع السولوننتس في العالم.



الشكل (٣٢) توزيع السولوننتس في العالم

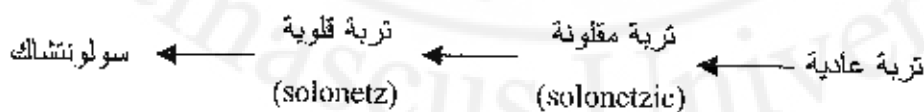
يلاحظ من الخارطة أن السولوننتس أوسع انتشاراً من السولوننتشاك، إذا تتعدى حدود مناطق المناخات الجافة لتصل إلى المناخات شبه الرطبة. الخصائص الأساسية لتكوين السولوننتس:

لقد سبقت الإشارة إلى أن هذه الترب متأثرة بالأملاح، رغم أن هذه الأملاح تتوضع فيها على عمق معين، وتبقى الملوحة في الطبقة السطحية ضئيلة. ولا تختلف السولوننتس عن السولوننتشاك بنسبة الملوحة وتوضعها فحسب وإنما بهجرة الغرويات من السطح وترسيبها على عمق معين، مشكلةً الأفق القلوي B_1 ، الذي يسهل تشخيصه استناداً إلى خصائصه المورفولوجية.

وتترافق عملية القلونة solonization مع تخريب شديد للجزء المعدني والعضوي وهجرتهما في التربة، مما يؤدي إلى تمايز مقطع التربة بدرجة كبيرة إلى آفاق مختلفة.

لقد ظهرت فرضيات متعددة حول نشأة السولوننتس، يتفق جميعها على أن لشاردة الصوديوم الدور الأساسي في تطور الخصائص السيئة للسولوننتس. واستناداً إلى فرضية غيدرويتس، تتكون السولوننتس عند غسل السولوننتشالك صوديومية الملوحة، حيث تكون الظروف ملائمة لتشبع معقد الامتزاز بالصوديوم بعد أن يزيح غيره من الكاتيونات، وتفقد الغرويات المشبعة بالصوديوم تجمعها لشدة إماهتها، وتصبح مقاومة للتخثر سهلة الحركة. وتعمل تلك الظروف على ارتفاع انحلالية المواد العضوية والمعدنية في الوسط شديد القلوية، وتستمر بعثرة الغرويات التي يسهل غسلها وحركتها لتترسب على عمق معين داخل المقطع عندما تصادف تركيزاً ما من الأملاح، مشكلة أفق الترسيب القلوي solonetzic h. ولكي تنشأ السولوننتس بهذه الطريقة يجب أن يمسود الصوديوم كثيراً على الكالسيوم والمغنسيوم.

وهناك الفرضية البيولوجية التي تعطي الدور الأول في تكوين السولوننتس إلى النباتات السهبية الصحراوية مثل؛ الشيح والإنسان والحمض الغنية بأملاح الصوديوم ومنها الصودا. وإن إغناء التربة بالصوديوم سيعمل على تشبع معقد الامتزاز بهذا العنصر، وبالتالي تصبح التربة مقلونة ثم قلوية، ومع ازدياد تركيز الأملاح تتحول التربة إلى سولوننتشالك. وحسب رأي وليامز تتم العملية كما يلي:



تصنيف السولوننتس:

تقسم هذه التربة إلى عدة أنماط استناداً إلى نظامها المائي - الملحي وظروف تطور العملية العشبية التي تعكس الخصائص النطاقية وذلك كما يلي:

١ - سولوننتس أوتومورفية s. Automorphic أو سهبية Steppe s.: تتكون عندما يتوضع الماء الجوفي على عمق يزيد على ٦ أمتار، وترتبط ملوحتها بالصخور الأم. يتصف المقطع الملحي لهذه التربة بتباين واضح في نسبة الملوحة. كما يسهل تمييز أفق الكربونات على عمق ٣٥ - ٥٠ سم، يليه الأفق الجبسي، ثم أفق الأملاح الذوابة التي تكون سلفاتية كلوريدية.

٢ - سولوننتس نصف مائية s. Semi-hydromorphic أو سهبية مرجية Meadow steppe s.: تتطور هذه التربة على المصطبطين الأولى والثانية للحقبات النهرية، وفي المنخفضات المحيطة بالبحيرات. يتوضع الماء الأرضي على عمق ٣ - ٦ أمتار، تكون آفاق الكربونات والجبس أقل وضوحاً مما هي في السهبية، وأكثر وضوحاً مما هي في المرجية.

٣ - سولوننتس مائية s. Hydromorphic أو مرجية: تتكون عندما يتوضع الماء الأرضي على عمق يقل عن ٣ أمتار في فيضات الأنهار وحول البحيرات. تحتوي هذه التربة على نسبة كبيرة من الأملاح تتوضع فوق الأفق القلوي.

٤ - سولوننتس مستنقعية مرجية s. Meadow boggy: تنشأ عند توضع الماء الأرضي قريباً من السطح، وعند ازدياد الرطوبة السطحية، حيث يتغذى سطح التربة بالخت، كما يتكون أفق موحل تحت الأفق القلوي.

تضم الأنماط السابقة عدداً من تحت الأنماط، يعكس كل منها الخصائص النطاقية للسولوننتس، ونقسم تحت الأنماط إلى فصائل استناداً إلى نوعية الملوحة وعمقها ودرجتها وعمق توضع الكربونات والجبس.

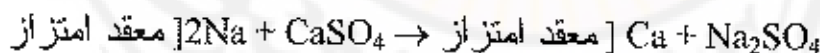
كما تقسم الترب حسب درجة قلونتها، تلك التي تقوم على نسبة الصوديوم في معقد امتزازها في الأفق B₁ إلى مجموعات متعددة كما في الجدول (٢٨) التالي:

درجة قلونة الترب	% للصوديوم التبادلي ESP
١ - غير مقلونة	$3 >$
٢ - خفيفة القلونة	$10 - 3$
٣ - معتدلة القلونة	$15 - 10$
٤ - شديدة القلونة	$20 - 15$
٥ - سولونتش	$20 <$

وعندما تحتوي السولونتش على نسبة عالية من الأملاح الذوابة فإنها تكون الترب المالحة القلوية، وهي تجمع بين صفات الترتين المذكورتين.

استصلاح السولونتش: Reclamation of S.

ينصب استصلاح هذه الترب بالدرجة الأولى على تحسين الخصائص الفيزيائية السيئة، الناتجة عن زيادة الصوديوم الممتز، وتوفير الظروف الملائمة لنمو المزروعات وتطورها. وتتخلص عمليات الاستصلاح بإحلال الكالسيوم في معقد الامتزاز وطرد الصوديوم منه. ويعد الجبس المصلح التقليدي نظراً لمزاياه العديدة. يتم التفاعل التبادلي حسب المعادلة التالية:



ونتيجة هذا التفاعل تتعادل القلوية، وتحسن الخصائص الفيزيائية، من خلال تخثر الغرويات. وتجدر الإشارة إلى أن التفاعل المذكور هو تفاعل عكوس، لذلك يجب التخلص من نواتج التبادل الملحية باستعمال الري، أو باستعمال التقانات الزراعية الكفيلة بزيادة رطوبة التربة لإزاحة أملاح الصوديوم من طبقة المجموعة الجذرية للمزروعات. ويجب إضافة الأسمدة العضوية عند استعمال

الجبس؛ إذ يحد هذا الأخير من انحلال المركبات العضوية، ويخفض نشاطها البيوكيميائي، وقد يعكس ذلك سلباً على إنتاجية المزروعات. يضاف الجبس عادة إلى الطبقة السطحية لعمق ٣٠ سم بعد طحنه لحبيبات أقطارها نحو ٢ مم، ثم نثرها بصورة منتظمة في التربة على دفعتين تفجها الحرارة والعرق.

تتوقف كمية الجبس اللازمة للاستصلاح، على نسبة الصوديوم الممتز، وهي تراوح بين ٨ - ١٠ أطنان/هكتار للسولونتشس المرجية الصودية و ٣ - ٥ أطنان/هكتار للسولونتشس السهبية. وتحسب كمية الجبس حسب المعادلة التالية:

$$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 0.086 (\text{Na} - 0.05 \text{ E}) \text{ L.D}$$

(طن/هكتار)

حيث:

٠,٠٨٦ - تحويل ١ ملليمكافى جبس إلى غرام.

Na - عدد ملليمكافيات الصوديوم الممتز في ١٠٠ غ تربة في الأفق B₁.

E - سعة الامتزاز، ملليمكافى في ١٠٠ غ تربة في الأفق B₁.

٠,٠٥ - نسبة الصوديوم الممتز المسموح ببقائها في التربة.

L - عمق طبقة الحرارة، سم، وهي عادة تساوي ٣٠ سم.

D - الكثافة الظاهرية للأفق B₁ غ/سم^٣.

وفي حال وجود كربونات الصوديوم في التربة، فيجب أن تضاف كمية من الجبس مكافئة للتخلص منها. وقد يعمد إلى ضرب كمية الجبس الناتجة بمعامل تصحيح تبعاً لمردود الإفادة من الجبس.

كما يمكن استعمال مصلاحات متعددة مثل؛ الكبريت والأحماض المعدنية وسلفات الحديد وأملح الكالسيوم المختلفة أو إضافة المواد العضوية.

وتجدر الإشارة إلى ضرورة الاهتمام بالإدارة السليمة للسولونتشس؛ إذ تختلف هذه الترب في خصائصها وبالتالي تتباين الطرائق اللازمة لإدارة كل منها.

تقسيم الترب المتأثرة بالأملاح حسب المدرسة الأمريكية

يقسم مخبر بحوث الترب المالحة في الولايات المتحدة الترب المتأثرة بالأملاح إلى الأنواع التالية:

١ - ترب مالحة غير صودية Saline non sodic soils

تحتوي على نسبة كبيرة من الأملاح الذائبة في الماء، وعادة لا يزيد محتوى الصوديوم الذائب في مستخلص العجينة المشبعة على نصف الكاتيونات الذائبة، وبالتالي فإن الصوديوم التبادلي يكون قليلاً نسبياً، وتكون الملوحة الكلوريدية أو السلفاتية أو كليهما، إذ لا توجد صودا عادة. تبلغ الموصلية الكهربائية لمستخلص العجينة المشبعة للتربة ٤ مليموز/سم أو أكثر، ولا تتعدى نسبة الصوديوم التبادلي (ESP) ١٥% من السعة التبادلية، ولا يزيد رقم الحموضة على ٨,٥، وتكون نفاذية الماء جيدة.

٢ - ترب صودية غير مالحة Sodic non saline s.

تقل الموصلية الكهربائية لمستخلص العجينة المشبعة للتربة عن ٤ مليموز/سم، وتتجاوز ESP ١٥% من السعة التبادلية، لذلك يتجاوز الـ pH ٨,٥ في الأفق القلوي B₁.

تعد هذه الترب، بارتفاع محتوى كربونات الصوديوم التي تسهم بفعالية في نشوء هذه الترب وهي تشبه السولونتش في المدرسة الروسية.

٣ - ترب مالحة صودية Saline sodic s.

هي الترب التي تزيد الموصلية الكهربائية لمستخلص عجنتها المشبعة على ٤ مليموز/سم، ويتجاوز ESP ١٥% من السعة التبادلية، ولا يتعدى الـ pH ٨,٥، وقد تحتوي هذه الترب على أملاح غير ذوابة مثل كربونات الكالسيوم والمغنزيوم كما قد تحوي الجبس.

ويُلخّص الجدول (٢٩) تصنيف الترب المتأثرة بالأملاح حسب المدرسة الأمريكية والـ FAO:

نوعية التربة	EC _e مليمو/سم	ESP	pH 1:1
عادية	٤ >	١٥ >	٨,٥ >
صودية	٤ >	١٥ <	٨,٥ <
ملحية	٤ <	١٥ >	٨,٥ >
ملحية قلووية	٤ <	١٥ <	٨,٥ >

تعيين درجة ملوحة التربة حسب المدرسة الأمريكية:
يقسم مخبر بحوث الترب الملحية، ملوحة الترب استناداً إلى قياس الموصلية الكهربائية لمستخلص العجينة المشبعة للتربة عند درجة ٢٥م، وانعكاس التركيز على صلاحية الترب لنمو المزروعات وذلك حسب الجدول (٣٠) التالي:

مليمو/سم	درجة الملوحة	تأثير المزروعات
١ - أقل من ٢	غير مالحة	لا توجد أضرار
٢ - من ٢ - ٤	خفيفة الملوحة	تحدث أضرار للمزروعات الحساسة للملوحة
٣ - من ٤ - ٨	متوسطة الملوحة	تتأثر معظم المزروعات
٤ - من ٨ - ١٦	عالية الملوحة	لا تنمو سوى المزروعات متحملة للملوحة
٥ - أكثر من ١٦	ملوحة عالية جداً	لا تنمو سوى المحاصيل شديدة تحمل للملوحة



الفصل الثالث عشر

التربة في سورية

– الظروف الطبيعية لتكوين التربة في سورية

– تصنيف تربة سورية



التربة في سورية

الظروف الطبيعية لتكوين التربة في سورية:

تبلغ مساحة الجمهورية العربية السورية ١٨٥,١٧٩ كم^٢، وتقع بين خطي عرض ٣٣° ٩١' و ٣٧° ٢٠' شمالاً، وخطي طول ٤٣° ٣٤' و ٤٢° ٤٢' شرقاً. لقد أصبح معروفاً الآن، أن التربة هي المحصلة النهائية لتأثير جملة من الظروف الطبيعية، تدعى عوامل تكوين التربة؛ التي تم تحديدها قبل نهاية القرن التاسع عشر بخمسة عوامل هي: المناخ والأحياء والصخور والطبوغرافية ثم الزمن، وقد يتساوى تأثير كل من العوامل الأربعة الأولى في تكوين التربة حيناً، وقد يسود دور أحدها حيناً آخر، وهي تعمل معاً مؤثرة ومتأثرة. وفيما يلي استعراض موجز لهذه العوامل في سورية.

أ - المناخ Climat: يعد أهم عوامل تكوين التربة، فهو يؤثر بصورة مباشرة في تكوين التربة أو بصورة غير مباشرة، من خلال تأثيره في الغطاء النباتي. كما تلعب عناصره المختلفة دوراً بارزاً، إما في تصحر الأراضي أو انجرافها من جهة أو في استقرارها وتطورها من جهة أخرى.

يسود في القطر مناخان متميزان هما: مناخ متوسطي، يؤثر في المناطق القريبة من البحر المتوسط، كما يمتد نحو الداخل من خلال بعض الفجوات الفاصلة بين السلاسل الجبلية، ويتصف هذا المناخ بصيف جاف حار، وشتاء مطير دافئ، أما المناطق الداخلية، وبخاصة الشرقية، فتتأثر بمناخ صحراوي وشبه صحراوي، إذ يكون الصيف أشد حرارة وجفافاً والشتاء أكثر برودة وأقل هطلاً.

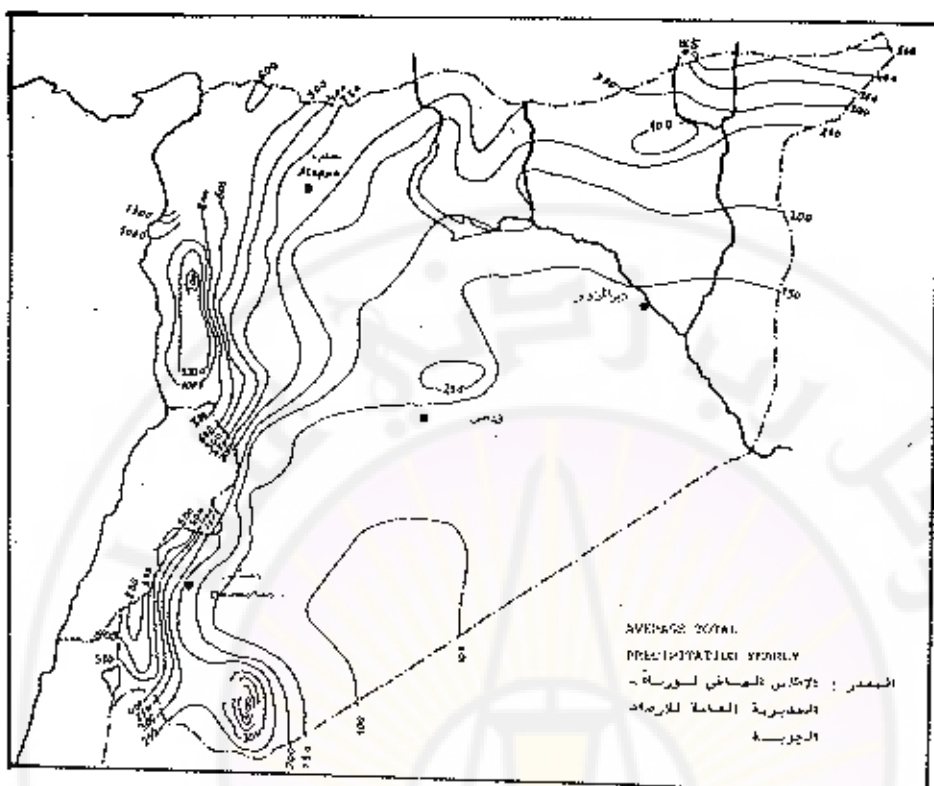
ويتعلق الإنتاج الزراعي في المنطقة بصورة رئيسة بكمية الهطل السنوي وتوزعه على مدار الموسم. ويظهر الجدول (٣١) بعض البيانات المناخية، كما يبين الجدول (٣٢) معدلات الهطل السنوي والمساحات التي تغطيها، ويظهر الشكل (٣٣) خارطة توزيع الهطل في سورية.

جدول (٣١) بعض البيانات المناخية في سورية

١٥٠ - ١٧٠ كيلو حريرة/سم ^٢	معدل الإشعاع الشمسي السنوي
٣٥٠٠ - ٧٠٠٠	مجموع الحرارة التي تزيد على ١٠ سنوية
٢٢٠ - ٣٦٠ يوماً	الأيام التي تزيد حرارتها على ١٠، سنوية
١٨ - ٢٧	معدل الحرارة العظمى السنوي
٦ - ١٤	معدل الحرارة الصغرى السنوي
١٤ - ٢٧	معدل المدى الحراري السنوي
١٢ - ٢٠	معدل الحرارة الجافة السنوي
١٠٠ - ١٤٠٠	معدل الهطل السنوي (مم)
٢٠ - ٥٠ % في الداخل	الرطوبة النسبية في الصيف
٧٠ - ٨٠ % في المناطق الساحلية	
٦٠ - ٨٠ % في الداخل	الرطوبة النسبية في الشتاء
٦٠ - ٧٠ % في المناطق الساحلية	

الجدول رقم (٣٢) معدلات الهطل السنوي والمساحات التي تغطيها

معدل الهطل السنوي ، مم	المساحة ، ألف كم ^٢	% من المساحة العامّة	موقع انتشارها
أكثر من ١٠٠٠	٩,٢٥	٥	السفوح الغربية للجبال الساحلية
١٠٠٠ - ٥٠٠	٣٧,٠	٢٠	المناطق الساحلية وبعض المناطق الداخلية المتأثرة بشكل فعال بالمناخ المتوسطي
٥٠٠ - ٢٥٠	٤٦,٠	٢٥	الجيوب المطرية الواقعة إلى الشرق من الفجوات الجبلية (درعا والقنيطرة والسويداء وحمص والمناطق المحاذية للحدود التركية)
٢٥٠ - ١٠٠	٤٧,٠	٤٠	تحتلي المناطق المناطقة من الشرق والجنوب والأجزاء الغربية والشمالية من البادية
أقل من ١٠٠	١٨,٥	١٠	المناطق الشرقية والجنوبية من البادية



شكل (٣٣) مخرطة توزيع الهطول المطري في سورية

وتجدر الإشارة إلى أن النباتات لا تتوقف عن النمو أو تموت نتيجة برودة الشتاء وإنما نتيجة جفاف الصيف. يتأثر مناخ سورية شتاءً بالكتل الهوائية الرطبة القادمة من المحيط الأطلسي وبالمخفضات الجوية التي تتشكل عادة فوق جزيرة قبرص، ثم تنقلها الرياح الغربية، لتؤثر بدرجة أكثر وضوحاً في المناطق الشمالية والغربية من القطر.

وفي الوقت ذاته، تخضع سورية شتاءً، لتأثير الضغط الجوي العالي القادم من أواسط سيبيرية، إذ تهب على البلاد رياح جافة باردة، تؤدي إلى تساقط الثلوج عندما تصطدم بالرياح الرطبة القادمة من البحر المتوسط.

توجد في سورية ثلاث فجوات بين السلاسل الجبلية الساحلية تسمح للرياح الغربية الرطبة بالتوغل شرقاً مشكلة جيوباً مطرية، تبلغ كمية الهطل السنوي فيها ٤٠٠ - ٦٠٠ مم. ويشمل الجيب الجنوبي محافظات القنيطرة ودرعا والسويداء، كما يشمل الجيب الأوسط سهول حمص وحماة، بينما يتوغل الجيب الشمالي إلى الشرق محاذياً جبال طوروس ليصل إلى شمالي الجزيرة مشكلاً شريطاً عرضه ٤٠ - ٥٠ كم على امتداد الحدود التركية.

يرجع جفاف الصيف في سورية إلى حرمان شرق البحر المتوسط من الرياح الرطبة الأطلسية نتيجة ارتفاع الضغط الجوي فوق أفريقية، مما يؤدي إلى توجيه الرياح الرطبة شمالاً إلى غرب أوروبا. كما يتأثر القطر في هذا الفصل بامتداد الضغط المنخفض للخليج العربي أو للبحر الأحمر، إذ تسيطر على القطر رياح جافة تكون شديدة عندما تهب من الصحراء العربية أو الغربية. يكون فصلاً الربيع والخريف قصيري المدة، ويتأثران بمنخفض السودان والمنخفضات الخماسينية الحارة القادمة من شمال أفريقيا.

يعد المناخ في سورية العامل الرئيس في تكوين التربة وتحديد مسار تطورها في ظل تدهور الغطاء النباتي الطبيعي لمساحات واسعة من أراضي القطر.

ب - الغطاء النباتي Vegetation: يؤثر الغطاء النباتي بصورة مباشرة في تكوين الترب وخصائصها، ويعد الكساء الطبيعي الذي يحمي التربة من الانجراف بشكله الريحي والمائي، وهو يرتبط بالمناخ السائد بصورة رئيسية، لذلك غالباً ما ينظر إلى تأثير المناخ والنبات مجتمعين، وتقسيم سطح اليابسة إلى نطاقات أو مجموعات بيومناخية استناداً إلى ذلك.

لقد تعرض الغطاء النباتي الطبيعي في سورية لعمليات تدهور وتخریب منذ أمد بعيد على يد الإنسان، من خلال قطع أشجار الغابات واقتلاع الشجيرات

والرعي الجائر وزراعة المناطق الهامشية، فاضمحل دور الغطاء النباتي في استقرار التربة وحمايتها من الانجراف والتصحر.

يمكن تمييز خمس مناطق في سورية استناداً إلى نوعية الغطاء النباتي السائد، ويرتبط توزيع هذه المناطق بنوعية المناخ بصورة رئيسة. شكل (٣٤)

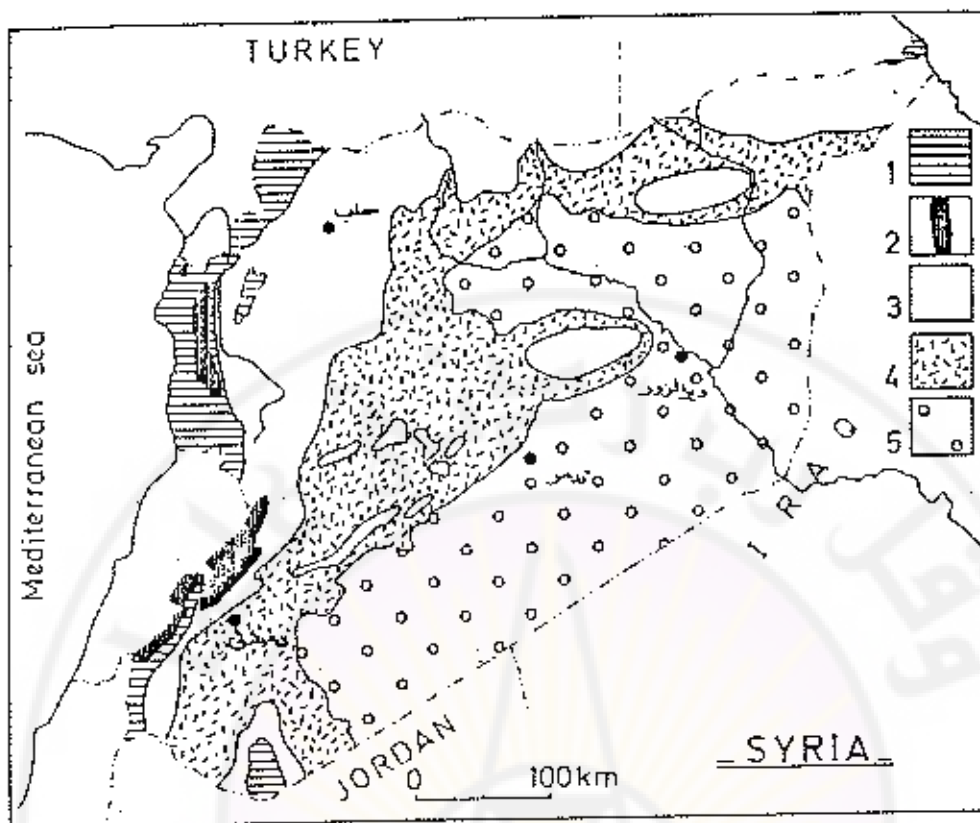
١ - مناطق الغابات الرطبة أو شبه الرطبة (الطوابق الدنيا)، ويسود فيها السنديان والبلوط.

٢ - مناطق الغابات الرطبة أو شبه الرطبة (الطوابق العليا)، ويسود فيها البلوط والأرز واللزاب.

٣ - مناطق الأشجار والشجيرات السهبية في المناخ الجاف وشبه الجاف، ويسود فيها البطم الأطلسي والرمث.

٤ - مناطق السهوب الشجيرية في المناخ الجاف، يسود فيها الروثة والعذم والقبأ.

٥ - تكوينات السهوب شبه الصحراوية في المناخ الجاف وشديد الجفاف، يسود فيها الشيح والنيثول والاشنان.



الشكل (٣٤): خريطة المناطق الرئيسة للغطاء النباتي الطبيعي في سورية
(مبسطة عن خريطة الغطاء النباتي لمنطقة البحر المتوسط - الفاو - اليونسكو ١٩٧٠)

- ١- مناطق الغابات الرطبة أو شبه الرطبة (الطوابق الدنيا)
- ٢- مناطق الغابات الرطبة أو شبه الرطبة (الطوابق العليا)
- ٣- مناطق الأشجار والشجيرات السهبية في المناخ الجاف وشبه الجاف
- ٤- مناطق السهوب الشجرية في المناخ الجاف
- ٥- مناطق السهوب شبه الصحراوية في مناخ جاف وشديد الجفاف

ج - الصخور: تأتي في المرتبة الثانية من حيث تأثيرها في تكوين الترب في سورية، ويمكن تمييز أربعة مكونات جيولوجية ذات تأثير مباشر في تكوين ترب القطر هي :

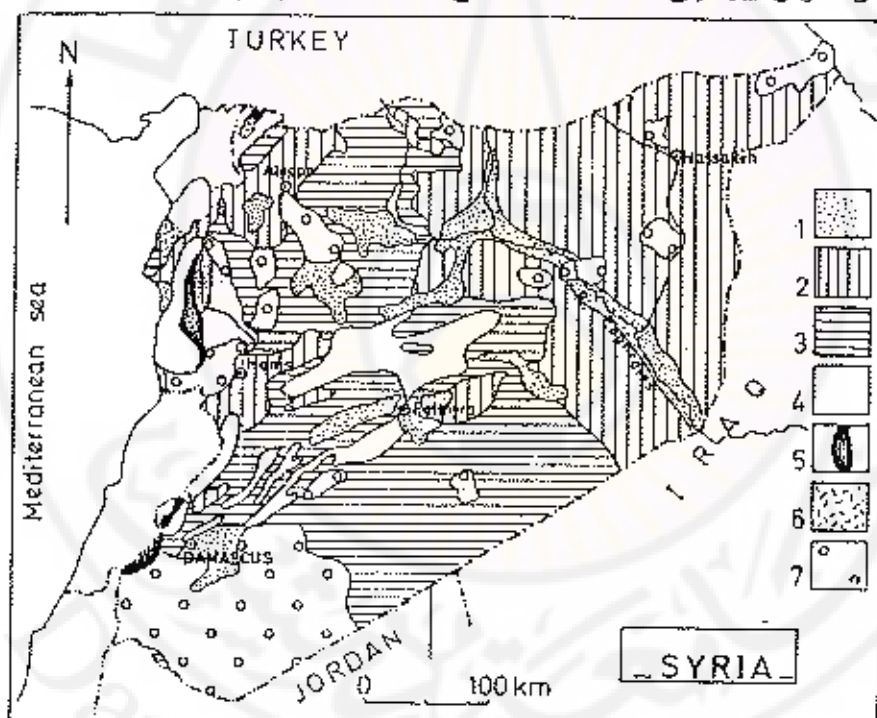
- ١ - الصخور البازلتية حديثة التكوين، تنتشر في مناطق متعددة أهمها حوران والقنيطرة ثم غرب حمص وحماة وشمال شرق الجزيرة، وقد تتعري هذه الصخور تماماً من التربة كما هو ملاحظ في منطقة اللجاة مثلاً.

٢ - الصخور الجبسية، وتؤثر في الترب المنتشرة في شمال بادية الشام وجنوب الجزيرة وذلك على طرفي وادي الفرات.

٣ - توضعات الرمال السطحية وبخاصة في منطقة البشري ودورها في الانجراف الريحي وتكوين الكثبان الرملية في المنطقة.

٤ - رسوبيات الرباعي الحقيقية الحديثة التي تغطي أودية الأنهار وبخاصة وادي الفرات، إضافة إلى انتشارها في غوطة دمشق وبعض منخفضات البادية.

وبصورة عامة يمكن تقسيم أهم الصخور المنتشرة في سورية استناداً إلى عمرها وتركيبها إلى المجموعات السبع التالية: شكل (٣٥)



الشكل (٣٥) خريطة سورية الجيولوجية (مبسطة عن تكتواكسبورت ١٩٦٣)

- ١- رسوبيات العصر الرباعي ٢- صخور العصر الباليوجيني ٣- صخور العصر الباليوجيني
٤- صخور العصر الطباشيري ٥- صخور العصرين الثلاثي والجوراسي
٦- صخور العصر الميزوزوي المتحولة الخضراء ٧- الصخور البركانية

١ - رسوبيات العصر الرباعي Quaternary deposits: لقد سبقت الإشارة إلى مناطق انتشارها.

٢ - صخور النيوجين Neogene: تغطي معظم المنطقة الشمالية الشرقية من القطر، وأهمها من حيث تأثيرها في تكوين الترب هي: الصخور الجبسية، والمارل والحجر الرملي.

٣ - صخور الباليوجين Paleogene: تغطي مساحات واسعة من سورية وبخاصة في المنطقتين الجنوبية والشرقية والوسطى، وتتكون بصورة رئيسة من الحجر الكلسي والمارل والحجر الرملي.

٤ - صخور الطباشيري أو الكريتاسي Cretaceous: تنتشر بصورة رئيسة في سلسلتى الجبال التدمرية والساحلية، ويتشبه في تركيبها الصخرية تراكيب العصرين السابقين، إلا أنها تحتوي على صخور أقل انتشاراً، مثل الجبس والصخور الفوسفاتية.

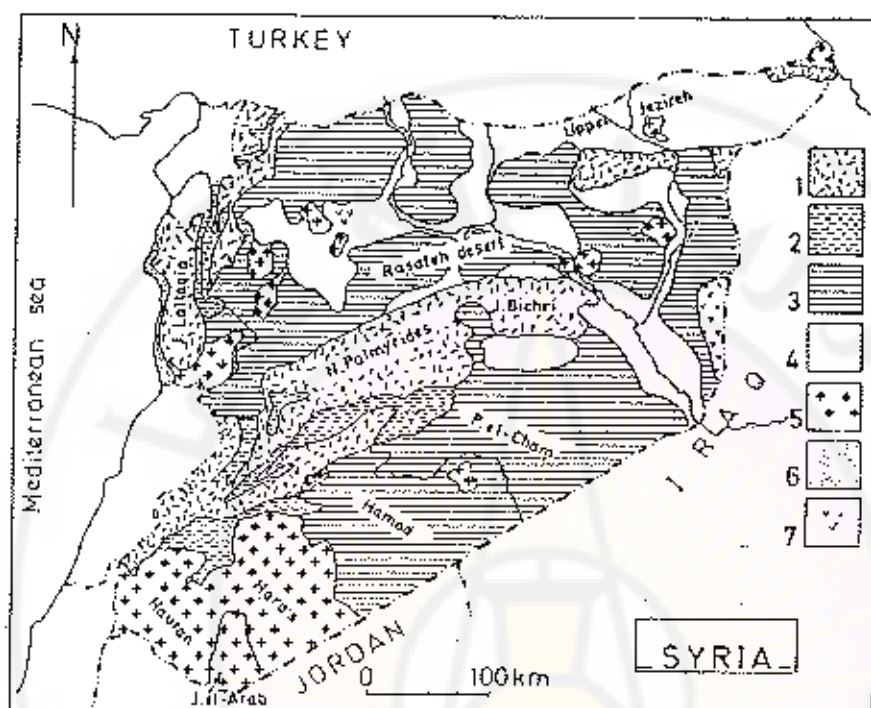
٥ - صخور الثلاثي والجوراسي Triassic & Jurassic: تنتشر بشكل رئيس في المنطقة الشرقية من الجبال الساحلية والمنطقة الجنوبية الشرقية من سلسلة جبال لبنان الشرقية، ويؤلف الحجر الكلسي والدولوميت والمارل أهم صخورها.

٦ - صخور النيزوزوي Nesozoic: تنتشر بدرجة محدودة في منطقة البايير والبسيط من سلسلة الجبال الساحلية، وهي عبارة عن صخور خضراء متحولة.

٧ - الصخور البركانية Volcanic rocks: لقد سبقت الإشارة إلى مواقع انتشارها.

د - الأشكال الأرضية (Geomorphology (relief): تؤثر التضاريس في تكوين التربة بصورة مباشرة، كما تؤثر في أحد عوامل تكوين التربة المهمة وهو المناخ. ويرتبط عمق التربة بصورة وثيقة بالشكل التضريسي للموقع ودرجة انحداره التي تتحكم بعمليات الموازنة بين الانجراف والترسيب، ويمكن تقسيم سورية إلى سبع

مجموعات جيومورفولوجية رئيسة كما يظهر من الخريطة شكل (٣٦):



الشكل (٣٦) خريطة سورية الجيومورفولوجية (مبسطة عن تكتواكسورت ١٩٦٣)

- ١- المناطق الجبلية ٢- منخفضات ضمن سلاسل جبلية ٣- الهضاب والسهول
٤- السواحل ٥- مناطق التكوينات البركانية ٦- سهول ساحلية
٧- منخفضات طبيعية مملحة

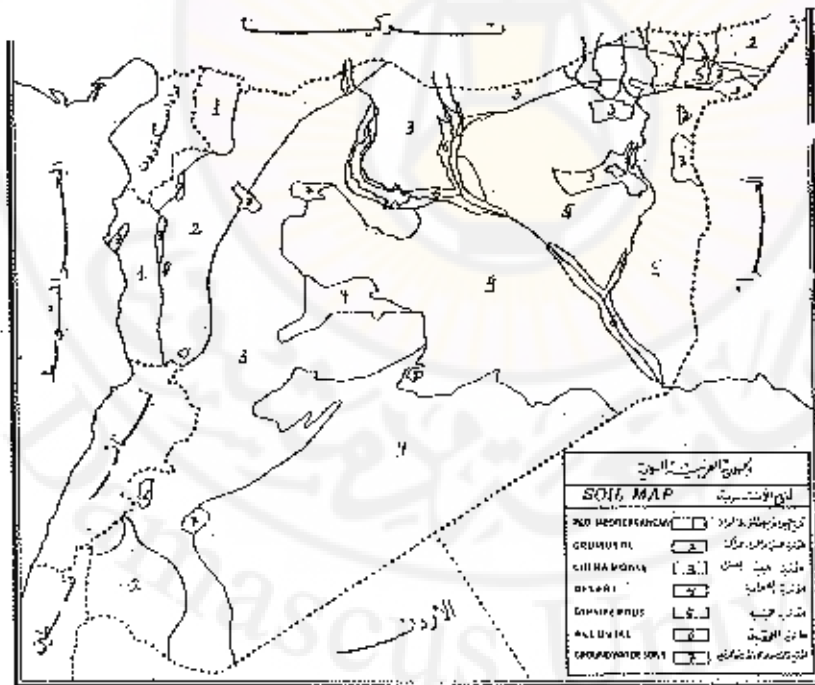
١ - المناطق الجبلية: تنتشر في غرب البلاد سلسلتا الجبال الساحلية وجبال لبنان الشرقية، وتمتد سلسلة الجبال التدمرية الجنوبية من جنوب غرب سورية حتى أواسطها، أما السلسلة التدمرية، وتسمى لدى البعض الجبال الوسطى، فتتوضع في وسط البلاد، كما تنتشر في القطر بعض الجبال المنفرقة مثل جبل عبد العزيز في الجزيرة، وجبل الزاوية في الشمال الغربي من القطر.

- ٢ - منخفضات بين السلاسل الجبلية أو بجوارها: أهمها غوطة دمشق، وحوض الدو الذي يفصل بين الجبال التدمرية ووادي الغاب .
- ٣ - الهضاب والسهول: تسود في الجزء الأكبر من سورية، وتشمل هضبة الحماد في الجنوب وبادية الشام والسهول الوسطى والجزيرة.
- ٤ - السهول الرسوبية: تنتشر بصورة رئيسة في المصاطب النهرية للفرات والخابور وفي سهول الجزيرة العليا.
- ٥ - مناطق التكوينات البركانية: تكون بصورة سهول متموجة، كما في حوران، أو بصورة هضاب كما في مرتفعات الجولان، وقد تكون جبلية كما هو الحال في جبل العرب.
- ٦ - السهول الساحلية: تتمثل بشريط ضيق على امتداد ساحل البحر المتوسط.
- ٧ - منخفضات طبيعية متملحة (سبخات): تشمل سبخة الموح قرب تدمر، والجبّول جنوب شرق حلب، إضافة إلى بعض المنخفضات على الحدود العراقية شمال البوكمال.
- وعموماً يمكن القول إن الهضاب والسهول، تحتل المرتبة الأولى من حيث مساحتها، وتنتشر بصورة رئيسة في المناطق الداخلية من سورية وتكون منبسطة أو متموجة، تتخللها تلال تختلف في ارتفاعاتها، وهي تتحدر نحو الشرق والشمال الشرقي بدرجة خفيفة، ويراوح ارتفاعها عن سطح البحر بين ٢٠٠ - ٧٠٠ متر. كما تجدر الإشارة إلى وجود بعض الوديان الإنهدامية العميقة التي يصل عمقها إلى نحو ١٠٠ متر تحت مستوى سطح البحر، كما هو الحال في وادي اليرموك.
- هـ - الزمن أو عمر التربة: تتكون التربة في سورية عموماً على تكشّفات صخور العصرين الجيولوجيين الثلاثي والرباعي، إذ تنتشر تربة العصر الرباعي في المناطق البركانية في جنوب غرب سورية وغيرها، وكذلك على المواد اللحيقة الحديثة في أسرة وديان الأنهار.

تصانيف ترب سورية:

بدأت دراسة الترب في سورية بصورة عامة في مطلع الخمسينيات، إذ حدد موير Muir.A عام ١٩٥١ في - ملاحظاته عن ترب سورية - انتشار عدد من مجموعات الترب عند مد خط أنابيب نفط العراق (IPC) بدءاً بالحدود العراقية السورية وانتهاءً بمدينة بانياس على البحر المتوسط. وحدد موير الترب البنية الصحراوية في البادية مروراً بالترب البنية على البازلت غرب حمص وانتهاءً بالأراضي الوردية أو الحمراء Terra Rossa في المناطق الساحلية.

تصنيف فان ليهره Van Liere: في الفترة الواقعة بين ١٩٥١ - ١٩٦٤ عمل خبيراً للترب في سورية من قبل منظمة الأغذية والزراعة FAO، فأعد عام ١٩٥٣ خريطة أولية لترب سورية بالاستعانة بالصور الجوية، وبقيت تلك الخريطة المصدر الأساسي للمعلومات عن تصنيف ترب سورية على المستوى الوطني شكل (٣٧).



الشكل (٣٧) تصنيف فان ليهره لترب سورية

وفيما يلي موجز لمجموعات الترب حسب الخريطة المذكورة وأبرز خصائصها.

١ - ترب البحر المتوسط الحمراء Red Mediterranean: تتكون في المناطق التي يزيد فيها الهطل السنوي على ٦٠٠ مم، يسود فيها اللون الأحمر، نسيجها طيني طيني وطيني (لومي)، مونتوريونية، يراوح الـpH بين ٧ - ٨، تمايز الآفاق ضعيف، قد يهاجر الغضار في مقطعها إلى الأسفل، وتترافق هذه الترب عادة مع بعض الترب الداكنة التي سماها Grumusols. تنتشر في المناطق الجبلية الغربية من سورية.

٢ - الترب الداكنة Grumusols: تبلغ مساحتها نحو ٢٢ ألف كم^٢، حيث تراوح كمية الهطل السنوي بين ٣٠٠ - ٦٠٠ مم، اللون السائد فيها هو الأحمر الداكن أو البني أو الأسود، وهي طينية مونتوريونية، يراوح الـpH فيها بين ٨ - ٨,٥، الآفاق غير متميزة، قابلة للتشقق أثناء الجفاف، تنتشر في السهول الغربية والشمالية من القطر، وهي منطقة زراعة القمح ويمكن أن يزرع فيها القطن إذا توافرت مياه الري.

٣ - الترب القرفية Cinnamonic soils: مساحتها نحو ٤٨ ألف كم^٢، يراوح معدل الهطل السنوي فيها بين ١٥٠ - ٣٠٠ مم، اللون السائد بني مصفر محمر، نسيجها طيني وطيني طيني، تسود فيها معادن المونتوريونيت والأتابولغيت، نسبة كربونات الكالسيوم فيها مرتفعة، الـpH من ٨ - ٨,٥، تمايز الآفاق ضعيف.

يحتوي مقطعها على تدرجات كلسية، وفي بعض الأحيان على أفق كلسي، بنيتها غير ثابتة، تنتشر في السهول الداخلية وهي تمثل منطقة زراعة الشعير.

إن ١٥٠ أو حتى ٢٥٠ مم من الهطل السنوي غير كافية لتكوين ترب قرفية بمعناها الحقيقي كمجموعة عظمى محددة أو كنمط منشئي، ولعله حصل بعض الالتباس بين نمط الترب القرفية والترب الرمادية القرفية وهي نمط منشئي مستقل

عن الترب القرفية. إذ أن الانتقال الطبيعي لا يتم من الترب القرفية إلى الترب الصحراوية مباشرة، وإنما تدريجياً من خلال نمط الترب الرمادية القرفية، وهذا واضح تماماً في ترب القفقاس وكذلك الحال في ترب حوران أيضاً.

٤ - الترب الصحراوية Desert soils: تبلغ مساحتها نحو ٩٢ ألف كم^٢، متضمنة الترب الجصية، تتلقى معدلات سنوية من الهطل تقل عن ١٥٠ مم، لونها رمادي أو رمادي بني، طميية نسبة كربونات الكالسيوم عالية، وتمثل أراضي المراعي في سورية.

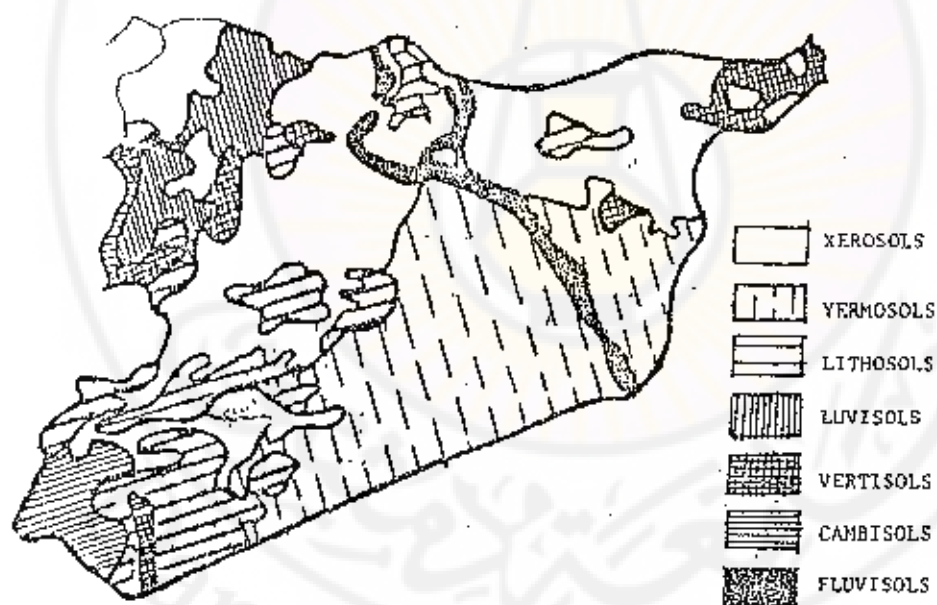
٥ - الترب الجصية Gypsiferous soils: مساحتها نحو ٥٥ ألف كم^٢، لونها برتقالي مصفر، وهي مفككة، عرضة للانجراف الريحي، يبلغ الـ pH فيها نحو ٧، غالباً ما توجد طبقات جصية متحجرة، يمكن زراعة هذه الترب فيما لو توافرت مياه الري - لكن الملاحظ الآن ظهور مشكلات متعددة عند زراعة مثل هذه الترب وبخاصة عند ارتفاع نسبة الجبس فيها. تنتشر بصورة واسعة في وادي الفرات والمناطق الصحراوية.

٦ - الترب اللحية الحديثة Alluvial soils: تبلغ مساحتها نحو ٥ آلاف كم^٢، نسيجها طمي رملي طيني إلى طيني، الـ pH = ٨، تنتشر بصورة رئيسة على ضفاف نهر الفرات وروافده.

٧ - ترب الماء الأرضي - الغدقة Groundwater soils: تشمل الترب المستنقعية العضوية، والترب التي تغمر في فصل الشتاء (ترب المشطورات Diatomceous)، لونها رمادي أو بني، كلسية وبعضها مالح، تشمل سهول الغاب والروج والرد والبحيرات الداخلية في سورية. إن تقسيم (فان ليره) لترب سورية هو المعمم في المجموعة الإحصائية السنوية في سورية - الموارد الطبيعية، كما هو موضح في الجدول (٣٣) الذي يبين انتشار الترب في مختلف المحافظات.

في عام ١٩٧٧ نشرت منظمة الأغذية والزراعة خريطة لمناطق التربة الرئيسية وذلك استناداً إلى التصنيف الخاص بها، وتتضمن الخريطة شكل (٣٨) سبع مجموعات من التربة وتوزعها، هي:

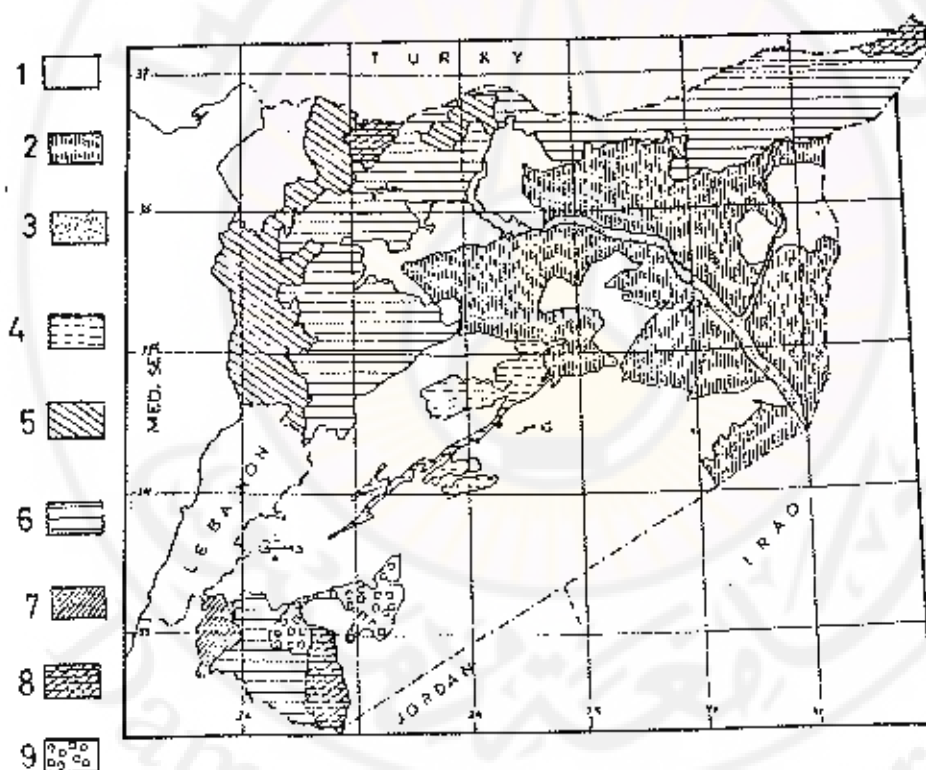
Xerosols	١ - التربة الجافة
Yermosols	٢ - التربة الصحراوية
Lithosols	٣ - التربة الصخرية
Luvissols	٤ - التربة المغسولة
Vertisols	٥ - التربة القلابة
Cambisols	٦ - التربة المتغيرة
Fluvisols	٧ - التربة النهرية



الشكل (٣٨) تصنيف الفاو لتربة سورية

تصنيف ترب سورية في المركز العربي لدراسة المناطق الجافة والأراضي القاحلة ACSAD:

بدأ المركز العربي "أكساد" مع بداية الثمانينيات بإعداد خارطة لترب الوطن العربي بمقياس ١/١ مليون ومن ضمنها خارطة أولية لترب سورية عام ١٩٨١ ثم ١٩٨٣ ومن بعدها عام ١٩٨٥ تبعاً لنظام التصنيف الأمريكي المعاصر Soil Taxonomy مستعيناً بصور الأقمار الصناعية، ولقد تم حصر وحدات التربة التالية: شكل (٣٩)



شكل رقم (٣٩) خارطة ترب سورية (أكساد)

أولاً - رتبة التربة الجافة *Aridisols*: تغطي تربة هذه الرتبة نحو ٥٠% من مساحة القطر؛ وهي تتكون في ظروف المناخ الجاف الصحراوي وشبه الصحراوي. ولا تتوفر المياه للنباتات لفترات طويلة أثناء الموسم، وتنتشر في بعض تربها الأملاح الذوابة في الماء أو الجبس أو كربونات الكالسيوم أو جميعها، كما يمكن أن يحتوي مقطعها على طبقات طينية أو كلسية أو جبسية، ويكون مقعد امتصاصها مشبعاً بالقواعد، وتضم المجموعات الكبرى *Great Groups* التالية. (وفي تصنيف عام ١٩٩٩ عدلت التسمية لتصبح تحت رتبة بدلاً من مجموعة كبرى):

أ - التربة الكلسية *Calcicorthids*؛ (*Calcids*): تشكل ٢٣% من المساحة الإجمالية للقطر، تغطي معظم مناطق البادية وبخاصة في أجزائها الجنوبية (الحمداد) حيث تغطي حجارة البازلت أو الصوان سطح التربة، وتكون هذه التربة مترافقة مع التربة البدائية قليلة العمق *Entisols*. أما الأجزاء الشمالية من هذه الأراضي فيتخللها العديد من الوديان الصحراوية، وتقل أو تنعدم الحجارة السطحية، كما تترافق مع بعض التربة الجبسية (شمالي القريتين وجنوب تدمر)، نسيج هذه التربة طمي.

ب - التربة الجبسية *Gypsiorthids*؛ (*Gypsids*): تشغل أكثر من ٢٠% من مساحة القطر، وهي تغطي منطقة الجزيرة ومصاطب نهري الفرات والخابور، كما تنتشر في الجزء الشمالي من بادية الشام، وفي معظم بادية الرصافة، إضافة إلى الجزء الأكبر من جبل البشري، وهي غنية جداً بالجبس بدءاً من السطح أو على عمق قليل. نسيج هذه التربة عادة طمي رملي خشن ورملي.

ج - التربة الجافة المتغيرة *Camborthids*؛ (*Cambids*): هي تربة محدودة الانتشار إذ لا تتجاوز رقعها ٣% من مساحة القطر، توجد عادة في المنطقة الجنوبية، حيث تنتشر في بعض الوديان والمنخفضات المجاورة للجبال، نسيجها عادة طمي إلى طيني.

د - التربة الجافة القديمة (الأثرية) Palcorthids؛ (Durids): وهي تربة ذات انتشار محدود، إذ لا تشغل سوى نحو ١,٥% من مساحة القطر، تحتوي على قشرة كلسية متصلبة (منحجرة) على عمق يقل عن متر واحد من سطح التربة، تنتشر في المنطقة الجنوبية الغربية من القطر، حيث يكون متوسط الهطل أعلى مما هو في المناطق الصحراوية.

هـ - التربة المالحة Salorthids؛ (Salids): لا تشغل سوى نحو ١,٥% من مساحة القطر، وهي تنتشر في وادي الفرات وفي بعض المنخفضات الصحراوية مشكلة ما يسمى بالسيخات، مثل، الموح قرب نمر، كما توجد إلى الشمال من البوكمال بمحاذاة الحدود العراقية.

لقد طرأ تعديل على مواقع الوحدات التصنيفية في رتبة Aridisols بدءاً من عام ١٩٩٩، ورفعت المجموعات الكبرى المذكورة سابقاً إلى مستوى تحت رتبة، وتمت الإشارة إلى ذلك حيث وضعت التسمية الجديدة بين قوسين من أ إلى هـ.

ثانياً - رتبة التربة الابتدائية (قليلة التطور) Inceptisols: تحتل المرتبة الثانية من حيث مساحتها التي تبلغ نحو ٢٥% من مساحة سورية، وتضم مجموعتين من التربة هما:

أ - Xerochrepts: تنتشر في معظم المناطق الرطبة على طول الحدود الشمالية مع تركيا وفي السهول الوسطى، وكذلك في المناطق الغربية والجنوبية الغربية من القطر. تتصف تربة هذه المجموعة بوجود أفق كلسي في مناطق الجزيرة، كما تتصف بعض التربة بوجود قشرة كلسية متصلبة. وعند احتوائها على نسبة عالية من الطين المنتبج (السمكنيت) فإن التربة تصبح قابلة للتشقق أثناء الجفاف. كما هو ملاحظ في سهول حوران، نسيجها طيني ناعم عادةً.

ب - Andepts: تنتشر في بقع محدودة جداً، وهي تتطور فوق الرماد البركاني في منطقتي شهاب والرقعة.

وفي التصنيف اللاحقة خرجت هذه المجموعة عن الرتبة المذكورة لتصبح في رتبة جديدة هي Andisols.

ثالثاً - رتبة التربة غير المتطورة Entisols: تشغل هذه التربة نحو ١٤% من مساحة القطر، وهي متفرقة الانتشار، إذ يمكن أن تصادف في أراضي جميع التربة، وتنقسم إلى تحت رتبتين هما: التربة اللحية Fluvents وتربة السطوح المنحرفة Orthents التي لا يزيد عمقها على ٢٥ سم غالباً، وهما تضمّن المجموعات التالية:

أ - مجموعة Torrifluvents: تسود في وديان الأنهار كالفرات والخابور، وفي بعض الخبرات في البادية.

ب - مجموعة Xerorthents: تنتشر في الجبال الساحلية وبعض المناطق الجبلية ذات الهطل العالي نسبياً في الجنوب الغربي، وتشغل نحو ٦% من مساحة القطر.

ج - مجموعة Torriorthents: تسود في معظم السلاسل الجبلية الداخلية مثل الجبال التدمرية وجبال لبنان الشرقية.

رابعاً - رتبة التربة القلابة Vertisols: تحتوي على نسبة عالية من معادن الغضار من نوع سمكيت القابلة للانتباج أثناء الترطيب، مما يجعلها قابلة للتشقق عند جفافها. وتتصف هذه التربة بالخلط الذاتي، إذ تختلط المواد السطحية منها مع المواد العميقة نظراً لتشققها، ما يجعل تمييز الأفاق فيها صعباً، نظراً لعدم توافر الوقت الكافي لتكوين الأفاق التشخيصية في مقطعها.

إن انتشار هذه التربة محدود في سورية، وهي تسود في بعض الوحدات الواقعة في شمال شرق القطر قرب الحدود التركية العراقية، وكذلك في المناطق الشمالية الغربية، حيث يزيد معدل الهطل السنوي على ٥٠٠ مم. كما توجد مرافقة لكثير من الوحدات المنتشرة على الحدود الشمالية وفي المنطقة الوسطى وسهول حوران وبعض الصحون التضاريسية في جبل العرب.

خامساً - رتبة التربة الغنية بالدبال Mollisols: انتشارها محدود، إذ تشكل نحو ٢% من مساحة القطر، نسبة الدبال في الأفاق السطحية لهذه التربة عالية نسبياً، لذلك يكون لونها داكناً أو مسوداً. تتوزع في بعض سفوح الجبال الساحلية والجبال الغربية وفي الغاب وفي بعض الوحدات المنتشرة في هضبة الجولان وجبل العرب.

موقع تربة سورية من التصنيف العالمية:

نظراً لتعدد المدارس التي تناولت دراسة تصنيف تربة سورية، فإنه من المجدي عمل جدول للمقارنة بين تصنيفات تربة سورية حسب نظم التصنيف العالمية المختلفة وذلك للاستفادة من جميع الدراسات المتعلقة بالموضوع، وبغية إقادة المهتمين بتصنيف التربة على اختلاف مدارسهم. كما هو واضح من الجدول (٣٤) التالي.

جدول (٣٤) مقارنة بين تصنيف ترب سورية في أهم المدارس العالمية (أبونقطة ٢٠٠١)

الترجمة عن الـ FAO	منظمة الأغذية والزراعة FAO	USDA, Soil Taxonomy	الأمريكي والروسي
١ - الترب اللحية	Fluvisols	Fluvents	1 - Alluvial Soils
٢ - الترب المغسولة (الترب المتغيرة)	Luvvisols (Cambisols)	Inceptisols	2 - Brown Forest Soils
٣ - الترب الكستنائية	Kaslimozems	Mollisols	3 - Chestnut Soils
٤ - الترب الصحراوية	Yermosols	Aridisols	4 - Desert soils
٥ - الترب الصخرية	Lithosols	Entisols	5 - Lithosols
٦ - الترب المغسولة (المتغيرة)	Luvvisols (Cambisols)	Inceptisols	6 - Noncalcare Brown Soils
٧ - ترب الرندزينا	Rendzinas	Mollisols (Rendolls)	7 - Rendzina
٨ - الترب المتغيرة	Cambisols	Xerochrept	8 - Reddish Brown Soils
٩ - الترب الصحراوية	Yermosols	Aridisols (Orthids)	9 - Red Desert Soils
١٠ - الترب الصخرية	Lithosols	Entisols (Orthents)	10 - Rough Mountain Soils
١١ - الترب الرملية (كتبان رملية)	Arenosols	Psammentis	11 - Sand Dunes
١٢ - الترب المالحة (سولونتشاك)	Solonchak	Solonchids (Safids)	12 - Solonchak
١٣ - السبخات (الوحلة)	Gleysols (solonchaks gleyic)	Halaquepts	13 - Salt - Water Marsh
١٤ - الترب الجفافية	Xerosols	Aridisols	14 - Sierozem Soils
١٥ - المتغيرة (المتغيرة)	Cambisols	Inceptisols	15 - Terra Rossa Soils
١٦ - الترب المشبعة	Vertisols	Vertisols	16 - Compact Soils
١٧ - الترب القرفية (المتغيرة)	Cambisols	Inceptisols	17 - Cinnamon Soils
١٨ - الترب الرمادية - القرفية (الجفافية)	Xerosols	Aridisols	18 - Gray- Cinnamon Soils





المصطلحات العلمية

(A)	فرنسي	عربي
انكليزي		
Absorption	Absorption	امتصاص
Accordance	Accordance	مطابقة
Accumulation	Accumulation	تراكم
Acidity	Acidité	حموضة
Active	Actif	نشط، فعال
Adhesion	Adhésione	التصاق
Adsorption	Adsorption	امتزاز، ادمصاص
Aeolian	Eolien	ريحي، هوائي
Aeration	Aeration	تهوية
Agate	Agate	عقيق
Aggregates	Agregates	مجمعات، وحدات بنوية
Agrochemistry	Agrochimique	كيمياء زراعية
Agrogeology	Agrogeologie	جيولوجية زراعية
Algae	Algues	طحالب
Alkalinity	Alcalinité	قلوية
Alluvial	Alluvial	غريني، لحقي
Amplitude	Amplitude	مدى
Angular	Angulaire	زواوي
Aqual	Aquien	مائي
Approximation	Approximation	تقريب
Arenaceous	Sableux	رملي
Arid	Aride	قاحل
Aridisol	Aridisol	تربة مناطق قاحلة
Association	Association	تجمع، رابطة، إئتلاف

Azonal	Azonal	لائطافي
(B)		
Bacteria	Bactéries	جراثيم
Balance	Balance	ميزان
Basal	Basal	قاعدي، أساسي
Bedrock	Lit deroche	فرشة صخرية
Bioclimate	Bioclimatique	مناخي حيوي
Block	Bloc	كتلة
Bulk density	Densité apparent	كثافة ظاهرية
Bog	Marais	مستنقع
(C)		
Calcareous	Calcaire	كلسي
Capacity	Capacité	سعة
Capillarity	Capillarité	شعرية
Carbonisation	Carbonsiation	تفحم، ت كربن
Cement	Cement	ملاط
Chernozem	Chernozem	شيسرنوزوم، أرض سوداء
Class	Classe	صف
Classification	Classification	تصنيف
Clay	Argile	غضار
Claying	Argiler	تغضير
Cleavage	Clivage	تشقق، انفلاق
Coagulation	Coagulation	تخثر
Coefficient	Coefficient	معامل
Colloid	Colloide	غرواني، غرائي
Columnar	Columnaire	عمودي

Complex	Complex	مُعقد
Compound	Compound	مركب
Composite	Composite	مؤلف - مختلط
Condensation	Condensation	عقيدة، تكثف
Conductivity	Conductivité	موصلية
Conglomerates	Conglomerates	رصيص، صخور تجمعية
Conservation	Conservation	حفظ
Consistance	Consistence	قوام
Constant	Constant	ثابت
Construction	Construction	بناء
Core	Coeur	لُجبة
Crumb	Crumeau	فتاتة
Crystal	Cristal	بلورة
Crystalline	Cristallin	بلوري، مُتبلّر
Crystallization	Crystallisation	تبلور، تبلّر
Cubic	Cubique	مكعبي
(D)		
Degradation	Degradation	تدهور، تندي
Deltaic	Deltique	دلتاي، دالي
Density	Densité	كثافة
Deposit	Dépôt	راسب، قرارة
Desalinization	Desalinisation	إزالة الملوحة، تحلية
Description	Description	وصف
Desert	Désertique	صحراوي
Detrital	Detritique	حشائي
Development	Développement	تنامي

Diagnostic	Diagnostic	تشخيصي
Differentiation	Differentiation	تمييز، تمايز
Diffusion	Diffusion	انتشار، نقشي
Dispersion	Dispersion	انتثار، تفريق، تشتيت
Displacement	Déplacement	إزاحة، استبدال
Dissociation	Dissociation	تفارق
Disturbed	Troublé	مشوش، مضطرب
Dynamic (E)	Dynanique	دينامي، حركي
Earth	Terre	أرض
Ecology	Ecologie	علم البيئة
Elasticity	Elasticité	مرونة
Electrolyte	Electrolyte	الكتروليت
Eluvial	Eluvial	غسل
Entisol	Entisol	أنديمول، تربة بدائية
Ephemeral	Ephémère	موسمي، الزول {نباتات}
Epipedon	Epipedon	بيدون علوي (تربة علوية)
Evaporation	Evaporation	تب
Evolution	Evolution	تطور
Exchange	Echangé	تبادل
Extraction (F)	Extraction	استخلاص
Fabric	Fabrique	حباك
Factor	Factore	عامل
Family	Famille	فصيلة

Fauna	Faune	وحيش
Features	Manifestations	ملامح
Fertilization	Fertilization	تكوين الحديد
Fissure	Fissure	شق
Fixation	Fixation	تثبيت
Flora	Flore	نبات
Fluvial	Fluvial	نهرى
Forestry	Foresterie	غابي
Formation	Formationé	تكوين، تشكيل
Fractional	Fractioné	مُجزأ
Fracture	Cassur	مكسر
Fragipan	Fragipan	حاجز هش
Fungus	Mycéte, champignons	فطر
(G)		
Gel	Gel	هلام، جل
Generation	Generation	صفاء، جيل
Genesis	Genése	تكوين، تكون، نشأة
Glebe	Glebe	كتلة ترابية (كدرة)
Gley	Gley	وجل
Gradient	Gradient	ممال
Graduation	Graduation	تدرج
Grain	Grain	حبة
Granular	Granulaire	حبيبي
Gravel	Gravier	حصى
Gravitational	Gravitationel	جاذبي
Group	Groupe	مجموعة

(H)

Halophytes	Halophytes	نباتات ملحة
Hardness	Solidité	قساوة
Heat	Chaleur	حرارة
Hexagonal	Hexagonal	مسدس، سداسي الأضلاع
Histisol	Histisol	ترب عضوية، نسيجية
Horizon	Horizon	أفق
Humic	Humique	دبال، هومي غ
Humidity	Humidité	رطوبة
Humin	Humin	ديالين، هيومين
Humus	Humus	دبال
Hydrolysis	Hydrolyse	حلمهة، تحلل مائي
Hydrometer	Hydrometer	مكثاف، مقياس كثافة الموائ
Hydrophilic	Hydrophilique	أليف الماء
Hydrous	Hydrique	مائي
Hygroscopic	Hydroscopique	امتصاص ترطابي، هيجروسكوبي
(I)		
Illuvial	Illuvial	ترسيبي
Impermeable	Impermeable	كثيم، كتوم، غير نفوذ
Inclusions	Inclusions	متضمنات، مشتملات
Infiltration	Infiltration	تسرب
In situ	In situ	مكاني، موضعي
Insolation	Insolation	إشعاع شمس
Isotropic	Isotropique	متشابه مناحي
(L)		

Leaching	Lessivage	غسل
Lenticular	Lenticulaire	عدسي
Laminar	Laminaire	صفائحي
Lichens	Lichens	حزازيات، شبيبات
Lime	Chaux	كلس
Limestone	Calcaire	الحجر الكلسي
Liquidity	Liquidité	سيولة
Litter	Litière	فرشة غابية أو عشبية، مقط
Loam	Linon	طمي، لوم
Loess	Loess	لوس
Lysimeter (M)	Lysimetre	مخالل
Marl	Mame	مرل، مارن
Massive	Massif	مصمت، كتلي
Matrix	Matrix	لُحمة، أرضية، ضامة
Metamorphic	Metamorphique	متحول
Microclimate	Microclimat	مناخ محدود
Mineral	Minéral	معادن (فلز)
Mineralization	Mineralisation	تسعدن
Moisture	Humidité	رطوبة
Monolith	Monolithe	مسلة، مونوليت، عمود صخري أو تربي
Moraine	Moraine	ركام جليدي
Morphology	Morphologie	مورفولوجيا (علم الشكل الظاهري)
Mother rock	Roche mère	صخرة أم

Mulch	Mulch	فرش الوقاية (ملش)
Mycelium	Mycelium	ميسليوم، مشيجة
(N)		
Natural	Naturelle	طبيعي
Neutral	Neutre	متعادل
Newformations	Neoformations	ممنجات، تكوينات
		جديدة
Node	Noeud	عقدة
Nomenclature	Nomenclature	تسمية
Normal	Normal	عادي، نظامي
Nutrition	Nutrition	تغذية
(O)		
Octahedron	Octaedron	ثمانى وجوه
Optical	Optique	بصري
Order	Ordre	رتبة
Organic	Organique	عضوي
Organogenic	Organogene	عضوي المنشأ
Orientation	Orientation	توجيه
Outline	Contour	حد، تخم
(P)		
Paleontology	Paléontologie	علم الحفريات
Packet	Quet	رزمة
Packing	Empaquetage	رزم
Particle	Particule	حسيم، قسيم
Peat	Tourbe	خث، تورب
Pebbles	Cailloux	حصى
Pedology	Pedologie	علم التربة
Pedon	Pedon	تربة (تصنيفياً)

Pedo-unit	Pedo – unité	وحدة تربة
Pedosphere	Pedosphère	غلاف تربى
Peds	Peds	لبانات (مجموعات)
Passage	Passage	ممر
Pelites	Pelites	طينيات، صخور طينية
Permeability	Perméabilité	نفاذية
Phase	Phase	طور
Phenomenon	Phénomène	ظاهرة
Phytolithe	Phytolite	نبات متحجر
Plasma	Plasma	مصورة
Plasticity	Plasticité	لدونة
Platy	Platé	صفحي
Podzol	Podzol	بونزول
Polarization	Polarisation	استقطاب
Porosity	Porosité	مسامية
Potential	Potentiel	كامن
Pressure	Pression	ضغط
Primary	Primaire	أولي
Primitive	Primitif	بدائي
Profile	Profil	مقطع
Property	Propriété	خاصية
Pseudo	Pseudo	كاذب
(R)		
Radiation	Radiation	إشعاع
Reaction	Réaction	تفاعل
Redox	Ox – Red	أكسدة إرجاع
Reduction	Réduction	إرجاع، اختزال

Reflection	Reflexion	انعكاس
Reclamation	Reclamation	استصلاح
Regime	Regime	نظام
Relief	Relief	تضريس
Replacement	Replacement	استبدال
Residual	Résiduel	متبقي، شمالي
Resistance (S)	Résistance	مقاومة
Saline	Salin, salé	ملحي
Salinity	Salinité	ملوحة
Sandstone	Grés	حجر رملي
Sandy	Sableux	رملي
Saturation	Saturation	تشبع
Scrub	Broussaille	دغل
Secondary	Secondaire	ثانوي
Sedimentary	Sédimentaire	رسموي
Segregation	Segregation	انعزال
Semi	Demi	نصف، شبه
Series	Series	سلاسل
Slit	Limon	غبار، غرين
Silty	Silteux	سilty، غباري، غريني
Skeleton	Squelette	هيكل
Slate	Ardois	أردواز
Soil	Sol	تربة
Anormal =	= anormal	= غير عادية
Agricultural =	= cultivé	= زراعية
Alkali =	= alcalin	= قلوية

Alluvial	=	= alluvial	مغربية، لحقية
Aqual	=	= aquien	مائية
Arctic	=	= arctique	قطبية شمالية
Arid brown	=	= arid brun	بنية جافة
Automorphic	=	= automorphique	أوتومورفية (لامائية)
Azonal	=	= azonal	لائطاقية
Bogg	=	= marécageux	مستنقعية
Chernozemic	=	= chernozemique	تشنوزومية
Chestnut	=	= châtain	كستانية
Cinnamonic	=	= cinnamonique	فرفية
Degraded	=	= dégradé	متدهورة
Desert	=	= desertique	صحراوية
Gley	=	= gley	موحلة، نازرة، زلقة
Half-boggy Soil	=	= Sol demi - marécage	نصف مستنقعية
Hyromorphic	=	= hydromorphique	مائية
Intrazonal	=	= intrazonal	بين نطاقية
Leached	=	= lessivé	مغسولة
Lithosol	=	= lithosol	محجرة، محصبة
Mature	=	= mûr	ناضجة
Meadow	=	= prairie	مرجعية، براري
Mineral	=	= mineral	معدينية
Normal	=	= normal	عادية
Organic	=	= organique	عضوية
Peaty	=	= tour bique	خثية، توربية
Podzolic	=	= podzolique	بودزولية
Podzolized	=	= podzolsey	مبذلة

Regosol	=	= regosol	= رملية صحراوية
Rendzina	=	= rendzina	= رندزينا (عشبية فحمائية)
Saline	=	= salin	= ملحية (سولونتشاك)
Saline alkali	=	= salin alcali	= قلوية
Sody	=	= gazonné	= عشبية
Solod	=	= solod	= مولود
Solonchak	=	= solontchaque	= ملحية، سولونتشاك
Solonetz	=	= solonetz	= قلوية، سولونتس
Steppes	=	= steppes	= سهوب
Takyr	=	= takyr	= تاكير
Transported	=	= transporté	= منقولة
Tundra	=	= tundra	= تون درا
Virgin Soil	=	= Sol vierge	= عذراء، بكر
Zonal	=	= zonal	= نطاقية
Solar	=	= Solaire	= شمسي
Solid	=	= Solide	= جامد
Soluble	=	= Soluble	= ذواب
Solution	=	= Solution	= محلول
Specific	=	= Spécifique	= نوعي
Sphagnum	=	= Sphagnum	= سفاغنون، طحلب
Spodosol	=	= Spodosol	= سبودوسول
Spotted	=	= Maculé	= مبقع
Steppization	=	= Steppisation	= تسهب
Sticky	=	= Adhesive	= لاصق
Structure	=	= Structure	= بنية
Subangular	=	= Subangulaire	= شبه موزي

Suction	Succion	مص
Surface	Surface	سطحي
System	Système	جملة، منظومة
Suspension	Suspension	معلق، عالق
Stability	Stabilité	ثبات
Swelling	Gonflement	انتفاخ
(T)		
Taxonomy	Toxonomie	علم التصنيف (خاص)
Tension	Tension	شد، توتر
Testing	Epreuve	اختبار
Tetrahedron	Tetraédron	رباعي الوجوه
Texture	Texture	نسيج
Theory	Théorie	نظرية
Thin section	Section mince	مقطع رقيق
Transformation	Transformation	تحول
Transitional	Transitionaire	عابر، متحول، انتقالي
Transpiration	Transpiration	نتح
Type	Type	نمط
Typical	Typique	نمطي، نموذجي
(U)		
Ulm	Ulm	أولم، حموض
Ulm	Ulm	هيومية بنية
Viscosity	Viscosité	لزوجة
Volume	Volume	حجم
(W)		
Water	Eau	ماء
Absorbed	= absorbé	= ممتص
Adhesive	= adhesive	= غشائي، ملتصق

Adsorbed	=	= adsorbé	= ممتز، مدمص
Available	=	= disponible	= متيسر
Capillary	=	= capillaire	= شعري
Crystallization	=	= cristallisation	= التبلور
Fixed	=	= fixe	= مثبت، مرتبط
Free	=	= libre	= حر
Gravitational	=	= de gravité	= الجاذبية
Hygroscopic	=	= hygroscopique	= استرطابي
Lysimetric	=	= de lysimetre	= محلاي
Nonavailable Water		Eau non utilisable	= غير متيسر
Soil	=	= de sol	= التربة (أرضي)
Solid	=	= solid	= متجمد، جليد
Suspended	=	= suspendé	= معلق
Vaporous	=	= vaporé	= بخاري
Weathering		Alteration, desagregation	= تجوية
Weight		Poids	= وزن
Wetting		Mouillage	= تبليل
Wilt		Fletrissure	= ذبو
(X)			
Xerophyte		Xerophyte	= نبات متحمل الجفاف، جفافي
(Z)			
Zonal		Zonal	= نطاقي

المراجع العربية

- أبو نقطة فلاح؛ علم الأراضي، جامعة دمشق ١٩٧٥.
- أبو نقطة فلاح؛ مورفولوجية وتصنيف ترب حوران، أكساد، دمشق ١٩٨١.
- أبو نقطة فلاح؛ أساسيات الأراضي، جامعة دمشق ١٩٨١.
- أبو نقطة فلاح؛ الجيولوجيا، جامعة دمشق ١٩٨٣.
- أبو نقطة فلاح؛ علم التربة، جامعة دمشق ١٩٩٤.
- أبو نقطة فلاح؛ استصلاح الأراضي، جامعة دمشق ١٩٩٥.
- أبو نقطة فلاح؛ واقع الترب في سورية وتصنيفها، وزارة الدولة لشؤون البيئة بالتعاون مع UNDP دمشق ٢٠٠١.
- آدم، حسين سليمان؛ المناخ الزراعي، دار الأصاله، الخرطوم ١٩٩٦.
- أطلس سورية الفضائي، الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، دمشق ٢٠٠٠.
- أطلس سورية المناخي، وزارة الدفاع، دمشق ١٩٧٧.
- أكساد؛ حالة التصحر في الوطن العربي ووسائل وأساليب مكافحته، دمشق ١٩٩٦.
- بكسان هــ، ون برادي؛ طبيعة الأراضي وخواصها، ترجمة الأنجلو المصرية، الطبعة السادسة ١٩٦٥.
- تركي خالد؛ الجيولوجيا الفيزيائية، جامعة الملك سعود، الرياض، ١٩٩٢.
- حسن محمد، عمر شريف، عدنان النفاس؛ أساسيات علم الجيولوجيا، جون وابلي وأولاده، نيويورك ١٩٨٣.
- حسين عبد العزيز، معجم المصطلحات الجيولوجية، جامعة الملك عبد العزيز، جدة، ١٩٩٩.
- فارس فاروق؛ أساسيات علم الأراضي، جامعة دمشق، ١٩٩٠.
- فوث هنري؛ أساسيات علم الأراضي؛ ترجمة الطبعة السادسة، أحمد طاهر مصطفى، جون وابلي وأولاده، نيويورك ١٩٨٥.
- هاملتون؛ وولي؛ بيثوب؛ المعجم الجيولوجي المصور، ترجمة محمد فتحي عوض الله، الهيئة المصرية العامة للكتاب ١٩٩٩.



المحقق اللغوي : الأستاذ الدكتور محمود الربداوي

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات

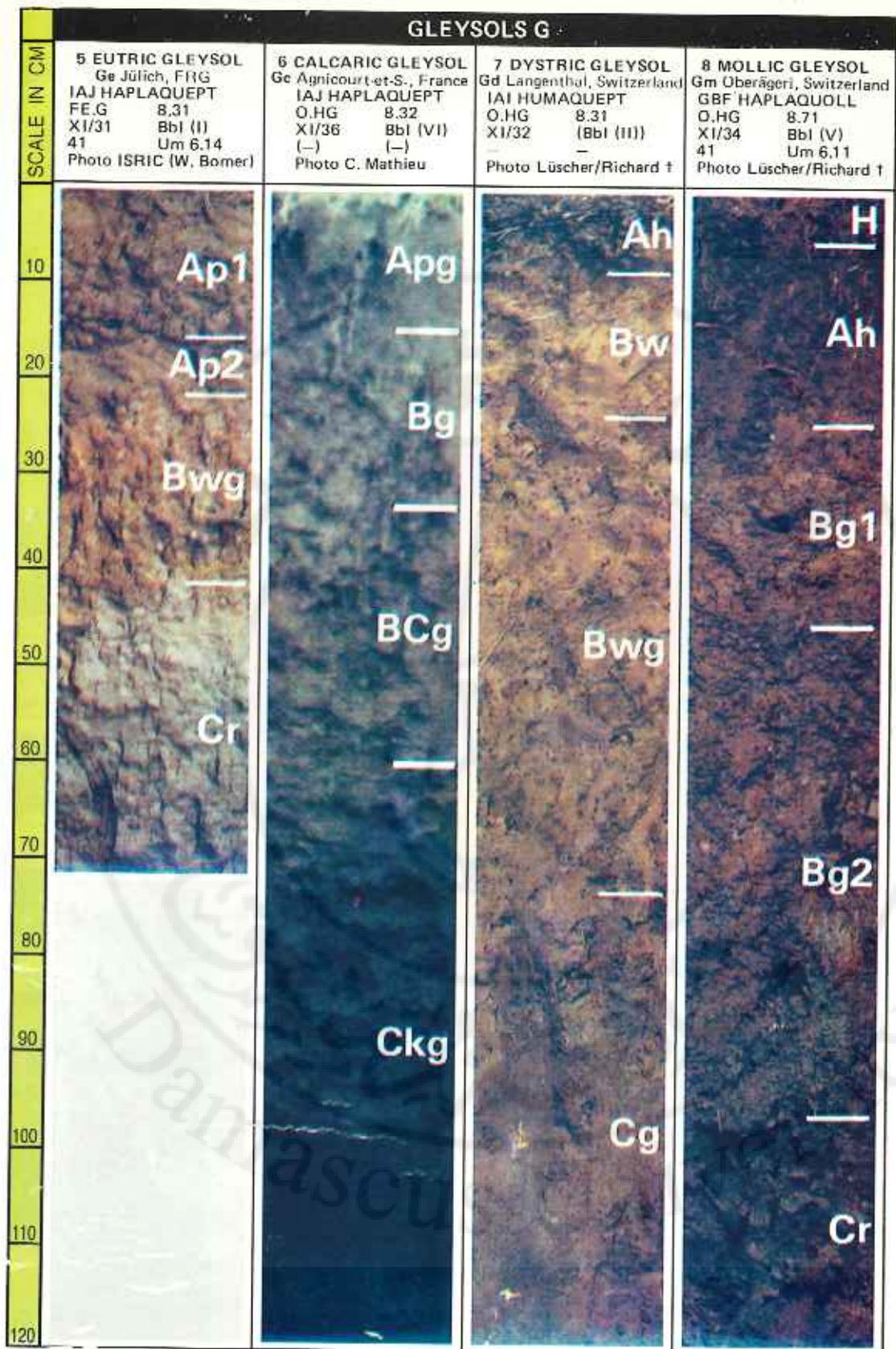
Damascus University

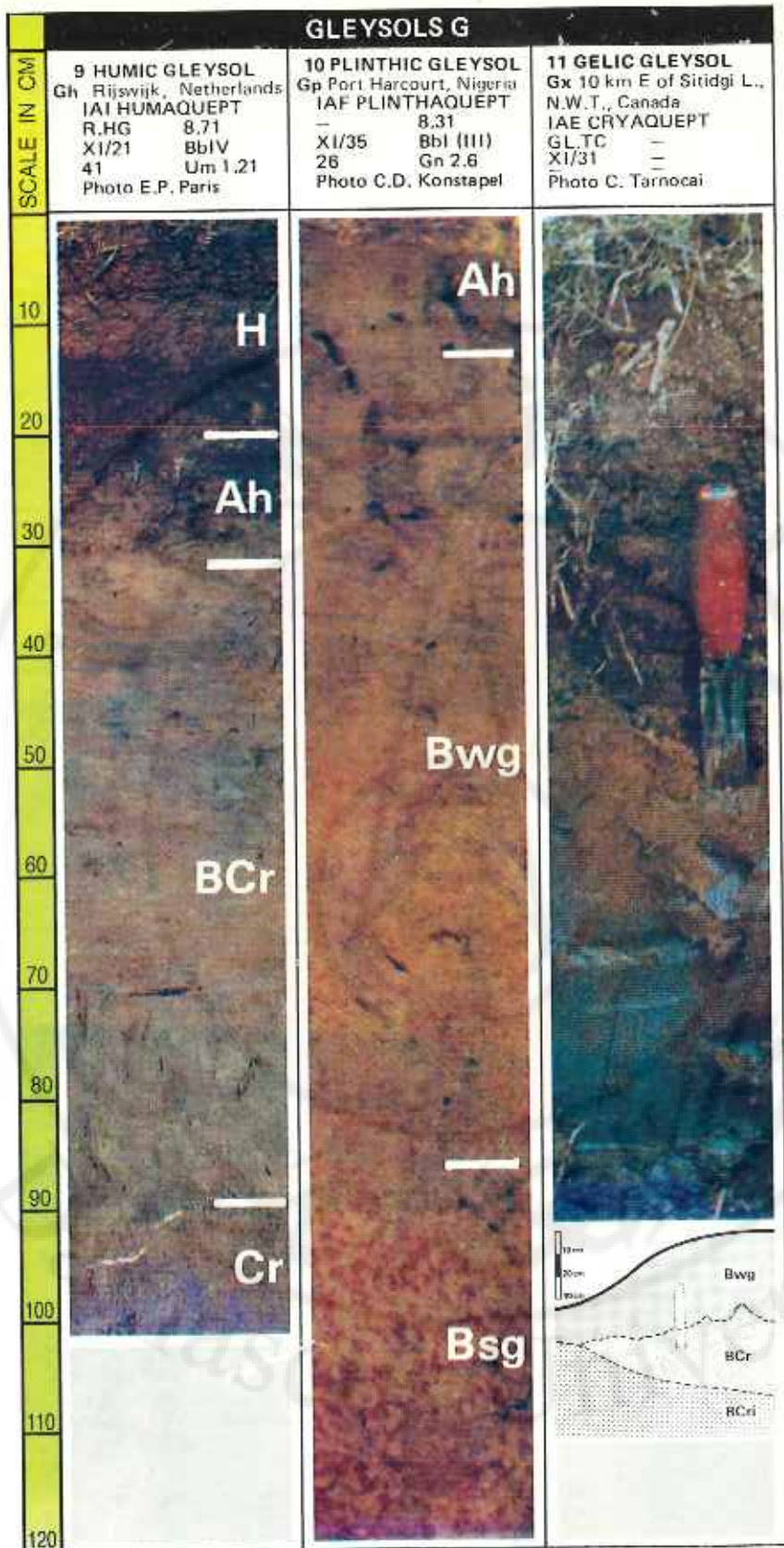


FLUVISOLS J

SCALE IN CM	1 EUTRIC FLUVISOL	2 CALCARIC FLUVISOL	3 DYSTRIC FLUVISOL	4 THIONIC FLUVISOL
	Je Friesland Pr., Netherlands JAD FLUVAQUENT GLCU,HR 8.13 11/42 (BaX1) 2 Ug 5.5 Photo H. de Bakker	Je Ochten, Netherlands JD FLUVENT O,HR 3.71 11/42 (BeI) 2 Um 1.41 Photo ISRIC (W. Bomer)	Id Houston Co., TX, USA JAD FLUVAQUENT O,R 3.31 11/42 (BeII (I)) 2 Um 1.2 Photo L.P. Wilding	Jt Central Plain, Thailand IAH TROPAQUEPT R,HG 8.15 XII/11 BeVI (II) 1 Uf 6.41 Photo ISRIC (W. Bomer)
10	Ah	Ah	A	Aptu
20	Bg	AC		
30				
40	Cg			
50				
60	2Afb	2Ck		2Cg1
70				
80	2Cg1			
90				
100	2Afb			2Cg2
110	3Cg1			
120				

GLEYSOLS G





REGOSOLS R

SCALE IN CM

12 EUTRIC REGOSOL
Re Oombergen, Belgium
JE ORTHENT
O.H.R. 3.13
II/44 AbII (III)
5 Uc 1.43
Photo F.R. de Coninck

13 CALCARIC REGOSOL
Re Castricum, Netherlands
JE ORTHENT
CU.R 3.81
II/44 AbIV (II)
4 Uc 1.31
Photo ISRIC (W. Bomer)

14 DYSTRIC REGOSOL
Rd Utrecht Pr., Netherlands
JCD UDIPSAMMENT
O.R. 3.21
II/44 AbII (III)
5 Uc 1.22
Photo H. de Bakker

15 GELIC REGOSOL
Rx Ellet Ringnes I., N.W.T.,
Canada
IAE CRYAQUEPT
R.TC —
II/1 —
Photo C. Tarnocai (scale 1:2.45)

10

20

30

40

50

60

70

80

90

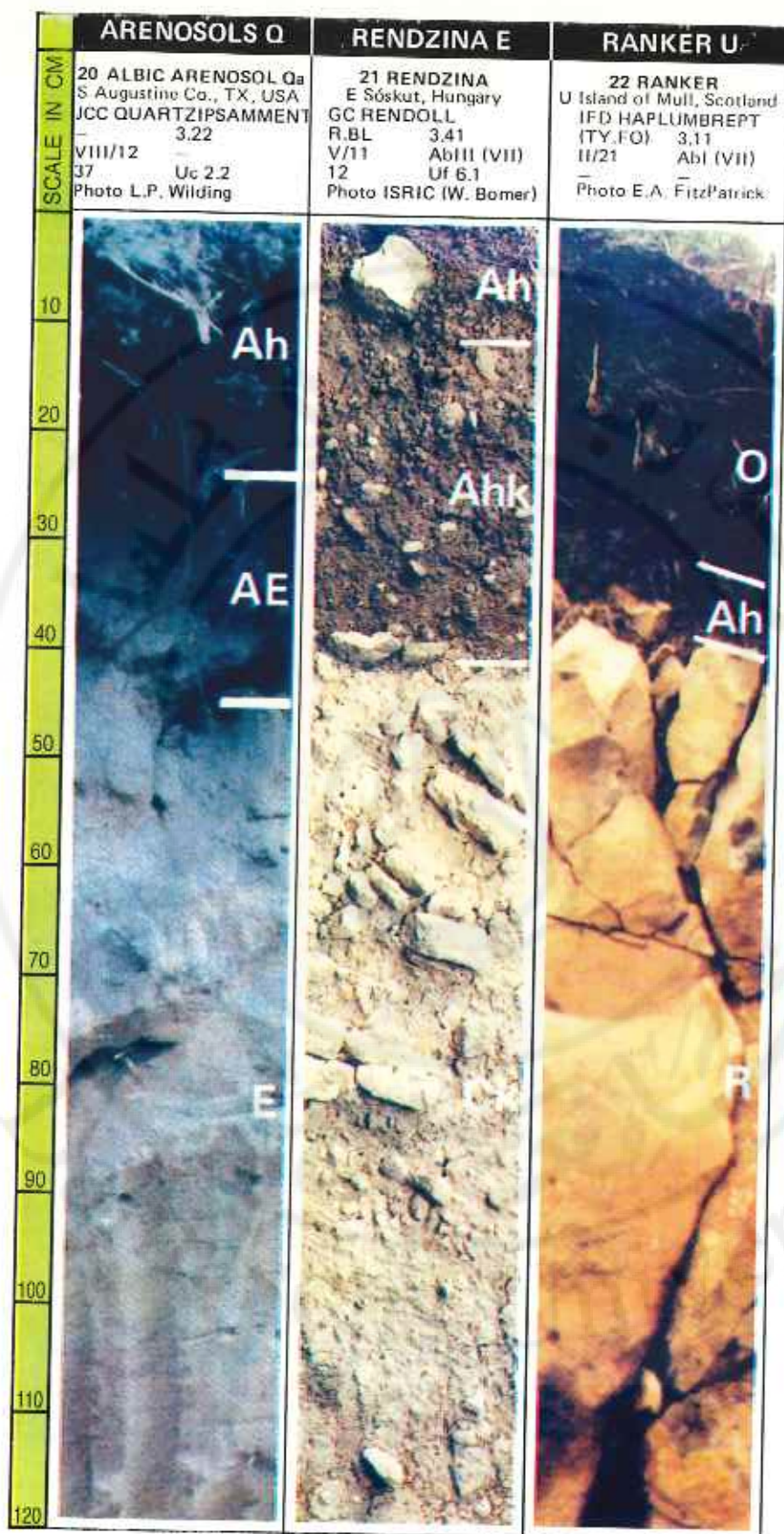
100

110

120

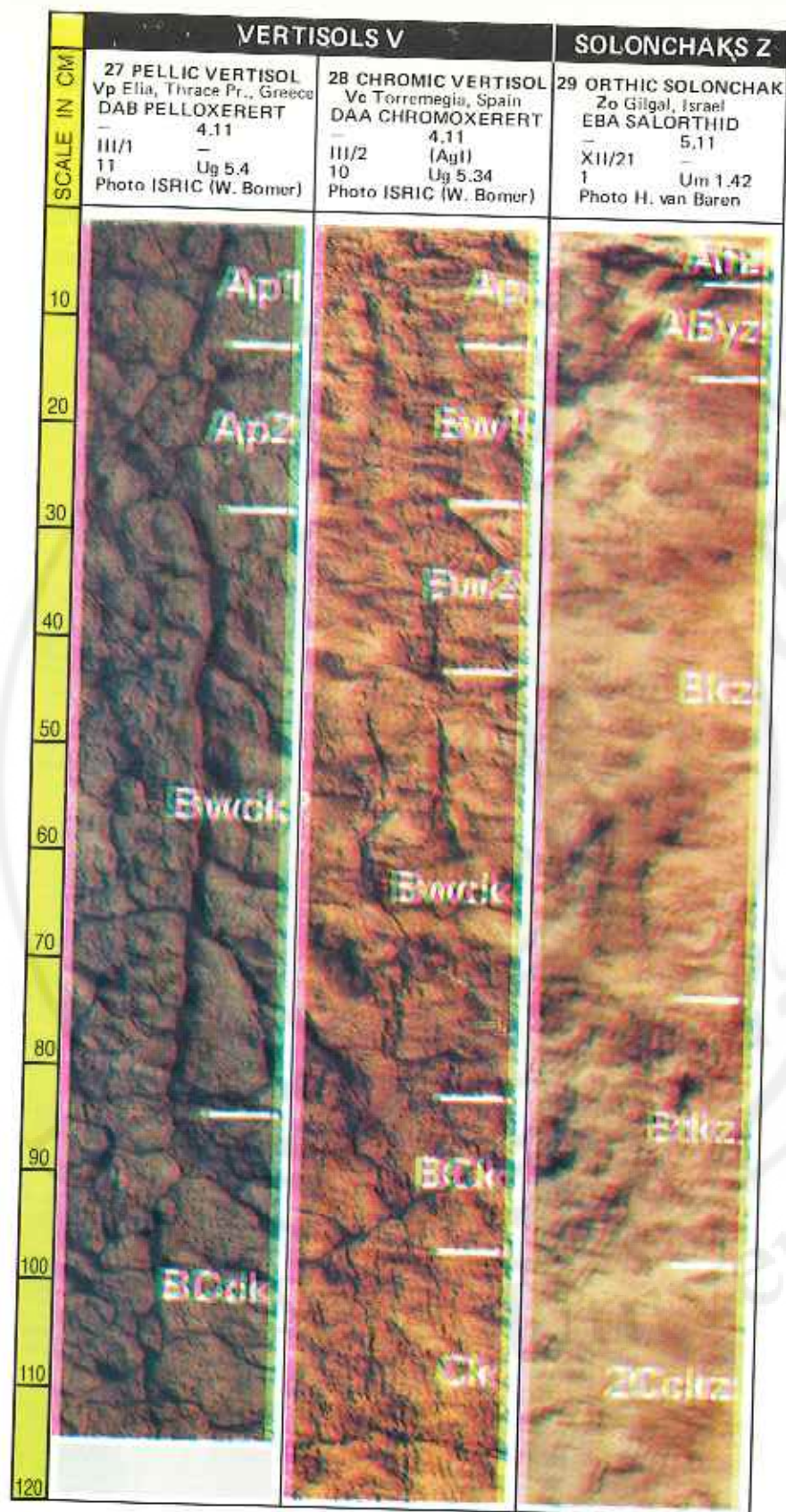


SCALE IN CM	LITHOSOL I	ARENOSOLS Q		
	16 LITHOSOL I Hollerath, FRG non-soil 3.11 1/11 Abl (III) 3 Um 1.4 Photo ISRIC (W. Bomer)	17 CAMBIC ARENOSOL Qc Kelowna, BC, Canada JCG USTIPSAMMENT O.EB 5.51 VII/11 (AeI) 6 Uc 5.22 Photo ISRIC (W. Bomer)	18 LUVIC ARENOSOL Ql Komi, USSR JCA CRYOPSAMMENT E.EB 5.54 VII/22 (AeII (VII)) 37 Uc 2.21 Photo R. Dudal	19 FERRALIC ARENOSOL Qf Kasama, Zambia JCG USTIPSAMMENT — 5.51 X/36 — 6 Uc 5.21 Photo ISRIC (W. Bomer)
10				
20				
30				
40				
50				
60				
70				
80				
90				
100				
110				
120				



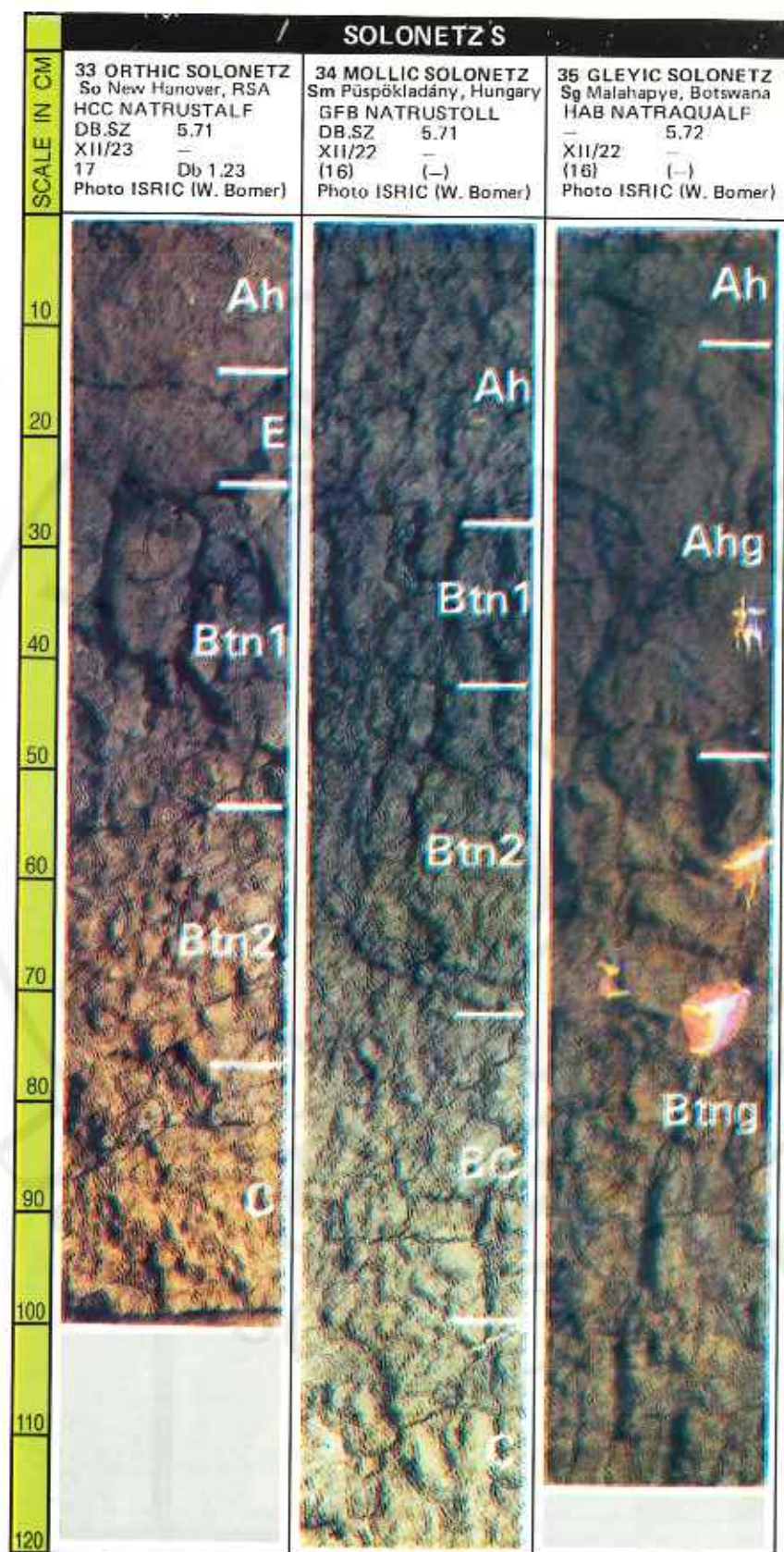
ANDOSOLS T

SCALE IN CM	23 OCHRIC ANDOSOL To Mokoia, New Zealand IBG DYSTRANDEPT — 6.12 IV/22 — Photo T.G. Shepherd	24 MOLLIC ANDOSOL Tm Kiambu, Kenya IBF EUTRANDEPT — 3.11 IV/21 — Photo ISRIC (W. Bomer)	25 HUMIC ANDOSOL Th Tokyo, Japan IBG DYSTRANDEPT — 5.41 IV/21 — Photo ISRIC (W. Bomer)	26 VITRIC ANDOSOL Tv Wairakei Res. St., N Z IBE VITRANDEPT — 5.41 IV/21 Ael (III) — Photo Barran/Cowie
10	Ap	Ah1	Ap	Ap
20				Bw
30	Bw1	Ah2	Ah	BC
40		2C		
50	Bw2		2Ah	C1
60		3Ahb		
70	Bw3		3Bw	C2
80		3ABw		
90		3Bw		C3
100	2Bw4			C4
110	2C below 115 cm			
120				



SOLONCHAKS Z

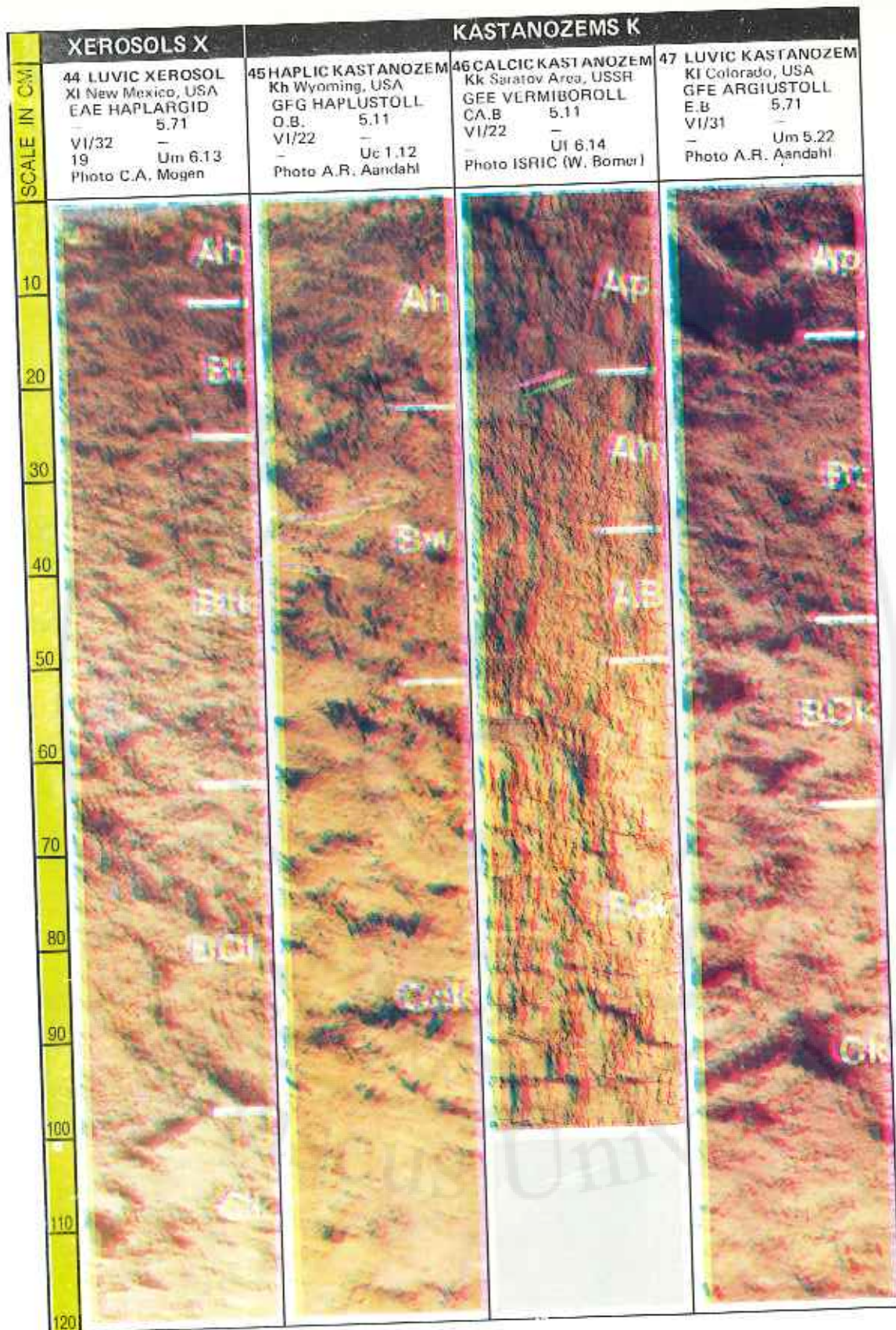
SCALE IN CM	30 MOLLIC SOLONCHAK	31 TAKYRIC SOLONCHAK	32 GLEYIC SOLONCHAK
	Zm Apaj, Hungary GFG HAPLUSTOLL (B.SZ) 5.41 XII/21 — 1 Um 5.22 Photo G. Varallyay	Zt near Elat, Israel EBD GYPSIORTHID (DB.SZ) — XII/21 — 1 Uf 1.6 Photo E.M. Bridges	Zg Apaj, Hungary IAC HALAQUEPT (GLB.SZ) 5.43 XII/21 — 1 — Photo ISRIC (W. Bomer)
10			
20			
30			
40			
50			
60			
70			
80			
90			
100			
110			
120			



YERMOSOLS Y

SCALE IN CM	36 HAPLIC YERMOSOL	37 CALCIC YERMOSOL	38 GYPsic YERMOSOL	39 LUVIC YERMOSOL
	Yh Farm Naos, Namibia EBF CAMBORTHID — 5.41 1/32 6 Ue 5.22 Photo ISRIC (W. Bomer)	Yk Khartoum, Sudan EBE CALCIORTHID — 5.11 1/35 (—) Photo E.A. FitzPatrick	Yy Huwayyah South, Oman EBD GYPSIORTHID — 5.11 1/35 — Photo ISRIC (W. Bomer)	Yl Heliograph Peak, AZ, USA EAE HAPLARGID — 5.71 1/35 — Photo E.A. FitzPatrick
10	Ah	Ah	Ah	Ah
20				
30		Bw	Bw	Bt
40	Bw			
50				Bt
60			Bwk	
70		Ck		Ck
80				
90	BC			C
100				
110				
120				

	VERMOSOLS Y	XEROSOLS X		
SCALE IN CM	40 TAKYRIC VERMOSOL Yt near Eilat, Israel EBF CAMBORTHID	41 HAPLIC XEROSOL Xh Carnarvon, W. Australia EBF CAMBORTHID	42 CALCIC XEROSOL Xk New Mexico, USA EBE CALCIORTHID	43 GYPsic XEROSOL Xy New Mexico, USA EBD GYPSIORTHID
	—	— 5.41	— 5.11	— 5.11
	1/35	VI/32	VI/32	VI/32
	— (-)	19 Um 5.22	19 Um 5.12	19 Um 5.14
	Photo D.H. Yaalon	Photo H.M. Churchward	Photo C.A. Mogen	Photo C.A. Mogen
10	soil surface (polygons) A Bv C	A B Bk Ck	Ah Bk Bk 2Ck	Ah Bk Ck 2Ck
120				



CHERNOZEMS C

SCALE IN CM

10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120

48 HAPLIC CHERNOZEM
Ch Dnepropetrovsk, USSR
GFF VERMUSTOLL
CA, BL 5.11
VI/21 Acl (I)
13 Uf 6.13
Photo ISRIC (W. Bomer)

49 CALCIC CHERNOZEM
Ck Stefan Voda, Romania
GFF VERMUSTOLL
CA, BL 5.11
VI/21 (Acl (III))
13 Um 6.14
Photo ISRIC (W. Bomer)

50 LUVIC CHERNOZEM
Cl Hildesheim, FRG
GGB ARGUDOLL
E, BL 5.71
VI/21 Acl (III)
13 Um 6.11
Photo ISRIC (W. Bomer)

51 GLOSSIC CHERNOZEM
Cg USSR
GEB CRYOBOROLL
CA, BL 5.11
VI/21 —
13 Um 5.42
Photo G. Smith †

Ap1

Ap2

Ah1

Ah2

Bwkc

Bck

Ah

AB

Bck

Cg

Ah

AE

± 4 cm

Bth

± 9 cm

BC

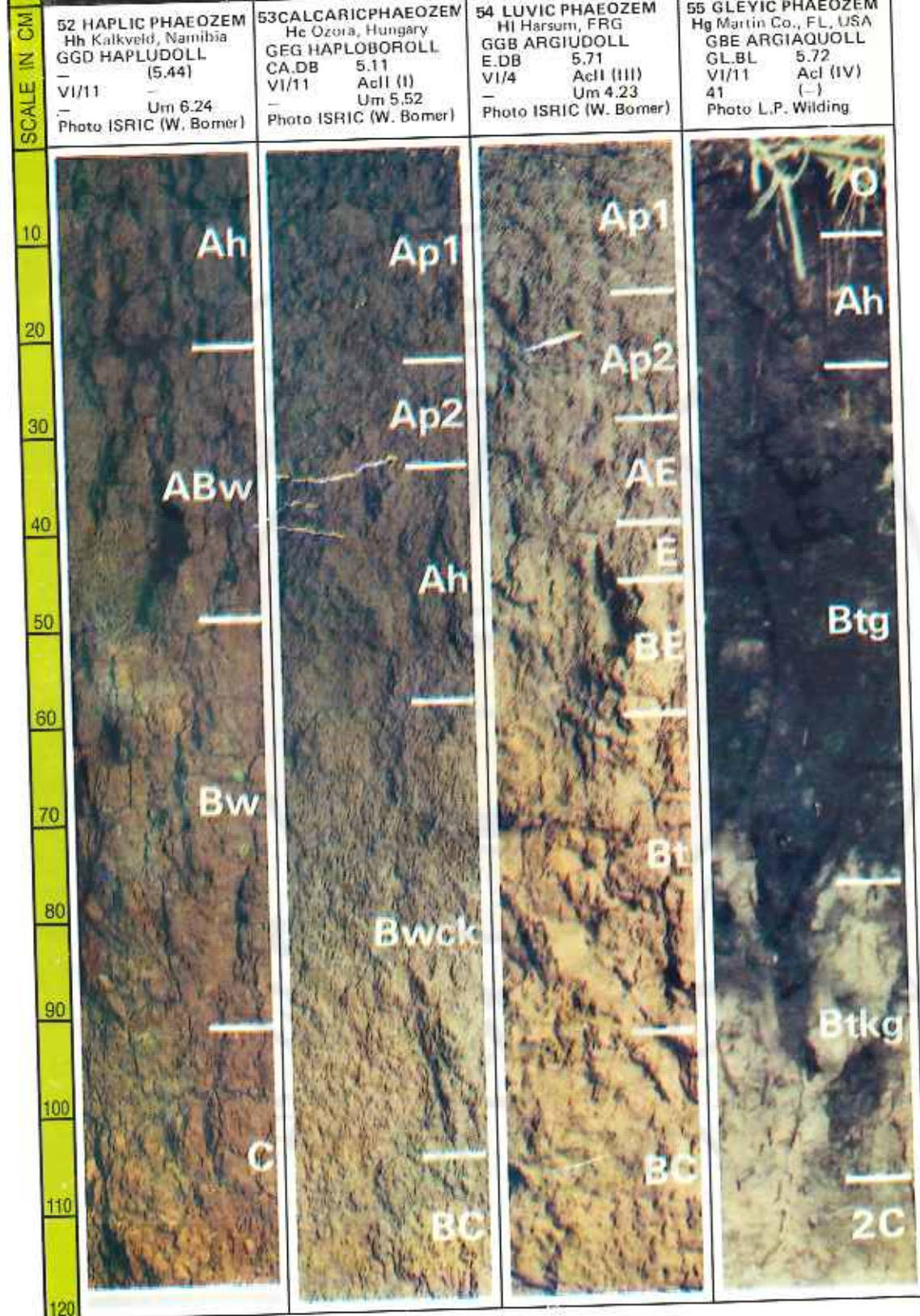
Cg

Ah

Ah/Bwkc

BCK

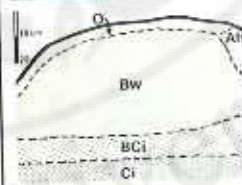
PHAZEMS H



SCALE IN CM	GREYZEMS M		CAMBISOLS B	
	56 ORTHIC GREYZEM Mo Belgorod Area, USSR GED ARGIBOROLL O.DG 5.71 VII/21 — — Um 6.14 Photo ISRIC (W. Bomer)	57 GLEYIC GREYZEM Mg Edmonton, Canada GBE ARGIAQUOLL GL.BL 5.42 VII/21 — — Photo C. Mathieu	58 EUTRIC CAMBISOL Be Ikoolinen, Finland IEC CRYOCHREPT O.EB 5.41 VII/11 Ael (I) — (—) Photo ISRIC (W. Bomer)	59 DYSTRIC CAMBISOL Bd Hollerath, FRG IEG DYSTROCHREPT O.DYB 5.41 VII/11 Ael (I) — Um 6.14 Photo ISRIC (W. Bomer)
10				
20				
30				
40				
50				
60				
70				
80				
90				
100				
110				
120				

CAMBISOLS B

SCALE IN CM	60 HUMIC CAMBISOL Bh Kranskop, RSA IFD HAPLUMBREPT O.SB 5.41 VII/11 — Um 6.12 Photo ISRIC (W. Bomer)	61 GLEYIC CAMBISOL Bg Zuiderkempen, Belgium IEG DYSTROCHREPT GLEB 5.43 VII/11 Ael (XVII) (—) Photo F.R. de Coninck	62 GELIC CAMBISOL Bx 30 km SSE of Kay Pt., Yukon coast, Canada IAE CRYAQUEPT O.TC — VII/31 — Photo C. Tarnucai
10	Ah	Ah	
20			
30	ABw	Bwg	
40			
50			
60	Bw		
70		Ce	
80			
90			
100	2C		
110			
120			



CAMBISOLS B

63 CALCIC CAMBISOL
Bk Pontecorvo, Italy
IEE XEROCHREPT
O.EB 5.11
V/12 Ael (II)
Um 6.2
Photo ISRIC (W. Bomer)

64 CHROMIC CAMBISOL
Be Townsville, Australia
IEE XEROCHREPT
IX/21 5.41
28 Gn 3.12
Photo E.A. FitzPatrick

65 VERTIC CAMBISOL
Bv Tel Bissa, Syria
IEE XEROCHREPT
VII/11 4.11
10 Uf 6.31
Photo W.G. Sombroek

66 FERRALIC CAMBISOL
Bf Tai, Ivory Coast
IDE DYSTROPEPT
VII/41 5.44
26 Gn 2.21
Photo ISRIC (W. Bomer)

SCALE IN CM

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

110

120

Apck

Bck

Cck

Ah

Bw

BC

C

Ap

Bw1

Bw2
(slickensides)

Bw3
(slickensides)

Bck
(slickensides)

Ap

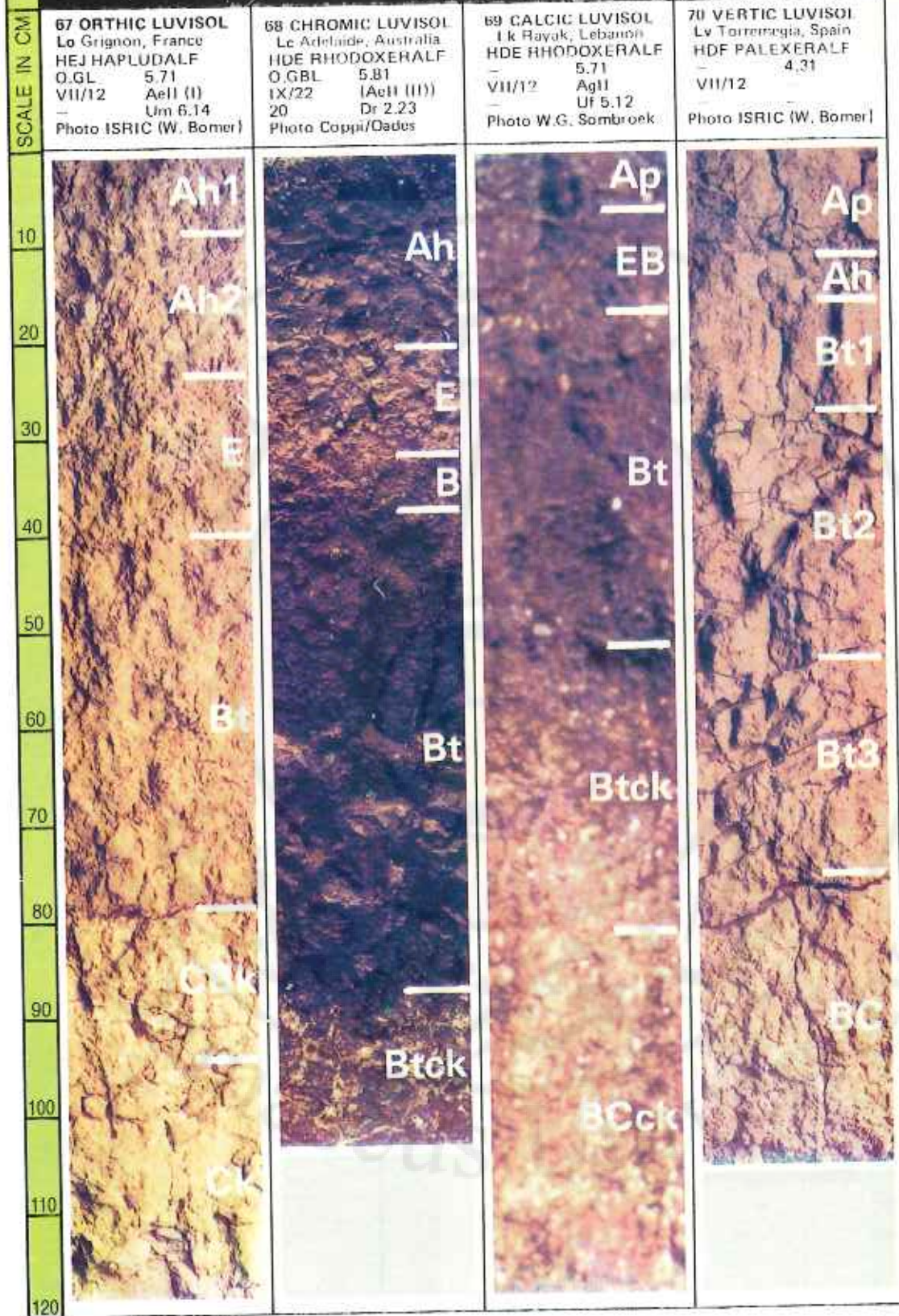
AB

Bws

BC

CB

LUVISOLS L



LUVISOLS

SCALE IN CM

71 FERRIC LUVISOL
Lf Lehea, Greece
HDG HAPLOXEROLF
— 5.71
IX/22 Aell (III)
— (—)
Photo ISRIC (W. Bomer)

72 ALBIC LUVISOL La
Central Alberta, Canada
HBD CRYOBOROLF
O.GL (—)
(—) (—)
(—) (—)
Photo G. Coen

73 PLINTHIC LUVISOL
Lp Ibadan, Nigeria
HCB PLINTHUSTALF
— 5.71
IX/12 —
26 Gn 2.21
Photo ISRIC (W. Bomer)

74 GLEYIC LUVISOL
Lg Lenti, Hungary
HAI OCHRAQUALF
GL.GBL 5.73
VII/12 Aell (VIII)
33 Gn 3.75
Photo ISRIC (W. Bomer)

10

Ah

20

30

Btcs

40

50

Bts

70

80

90

Btsx

100

110

120

Ah

Ahcs

Btcs1

Btcs2

Bt(cs)

BCw

Cw

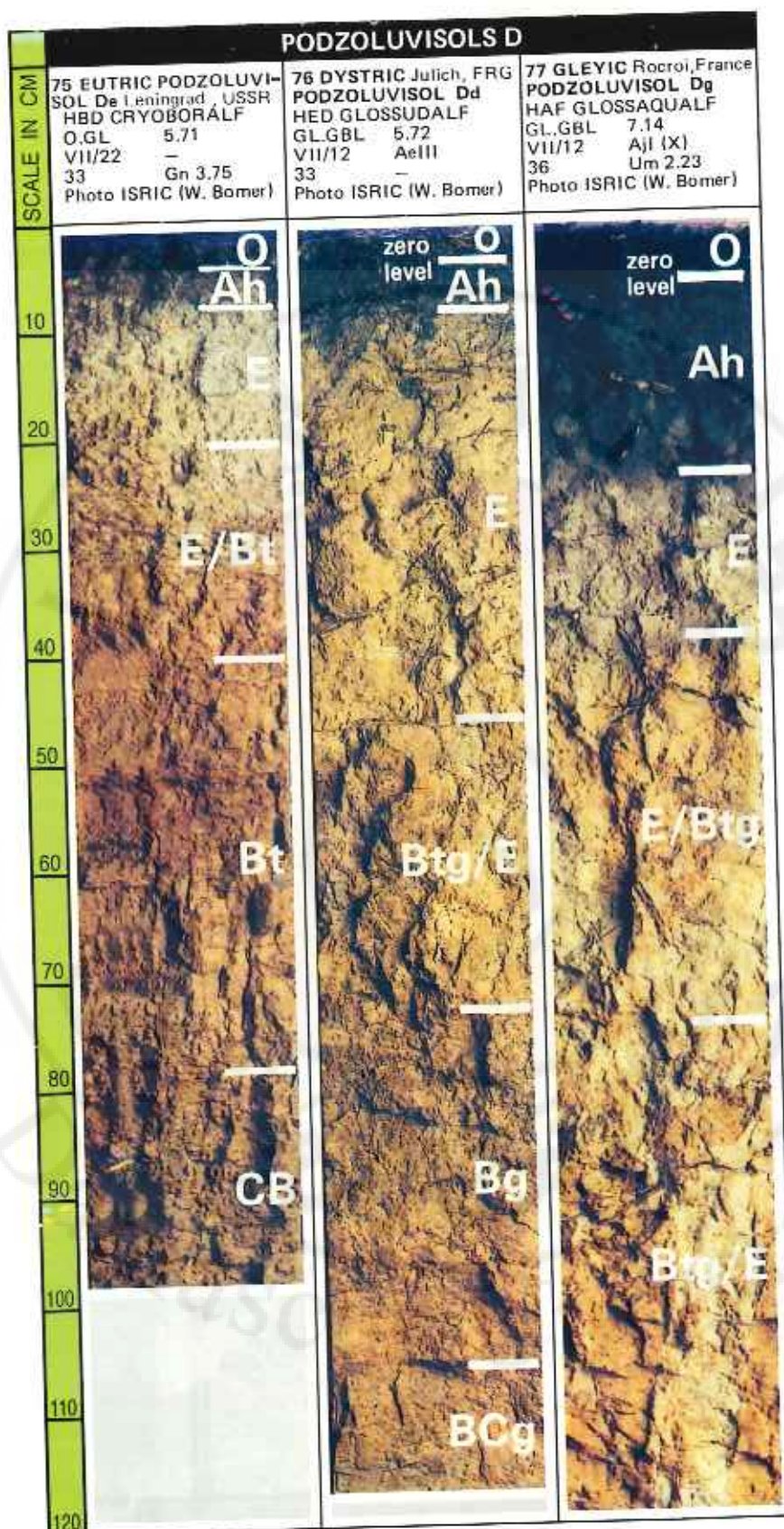
Ap

E

Bt

BCg

Cg



PODZOLS P

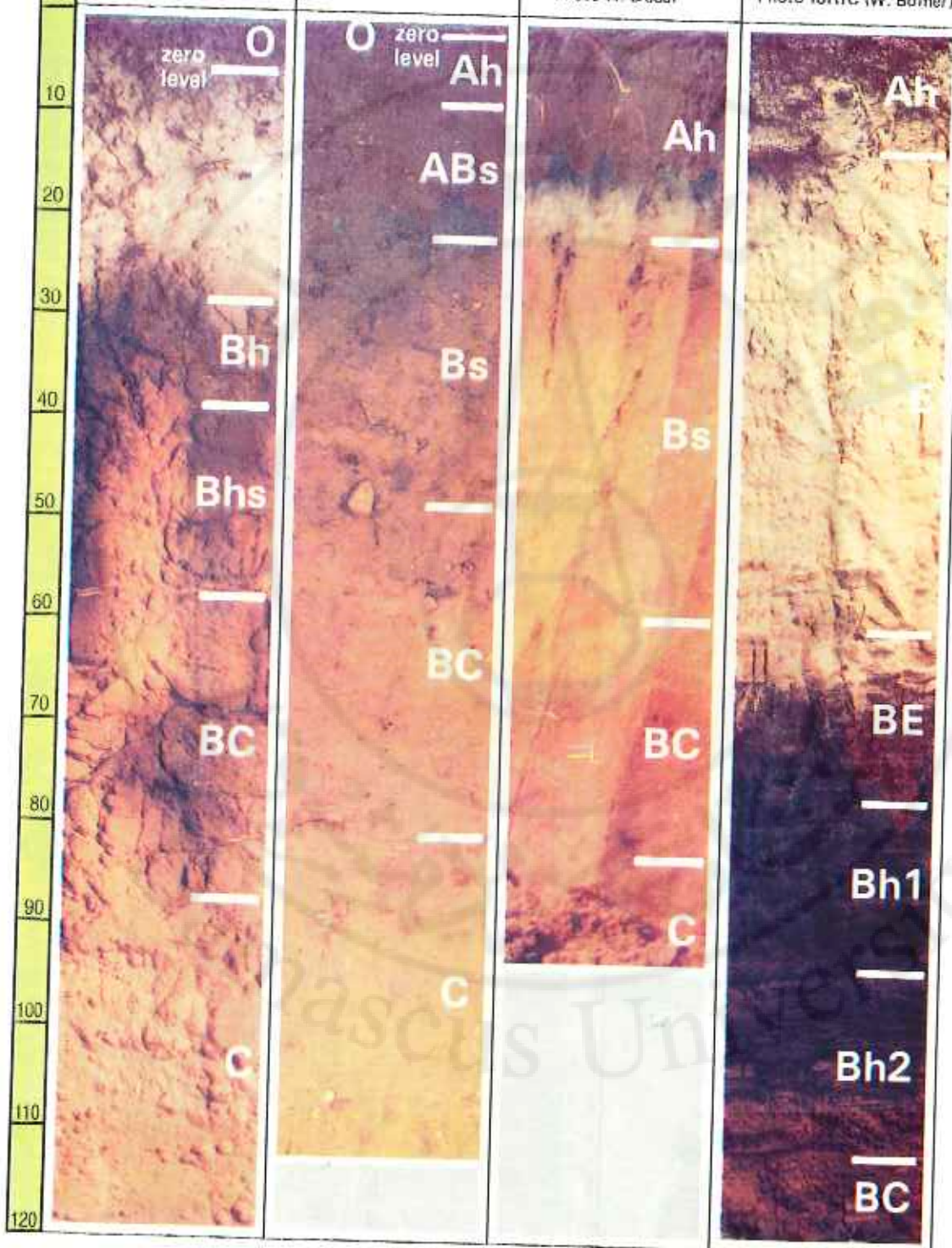
SCALE IN CM

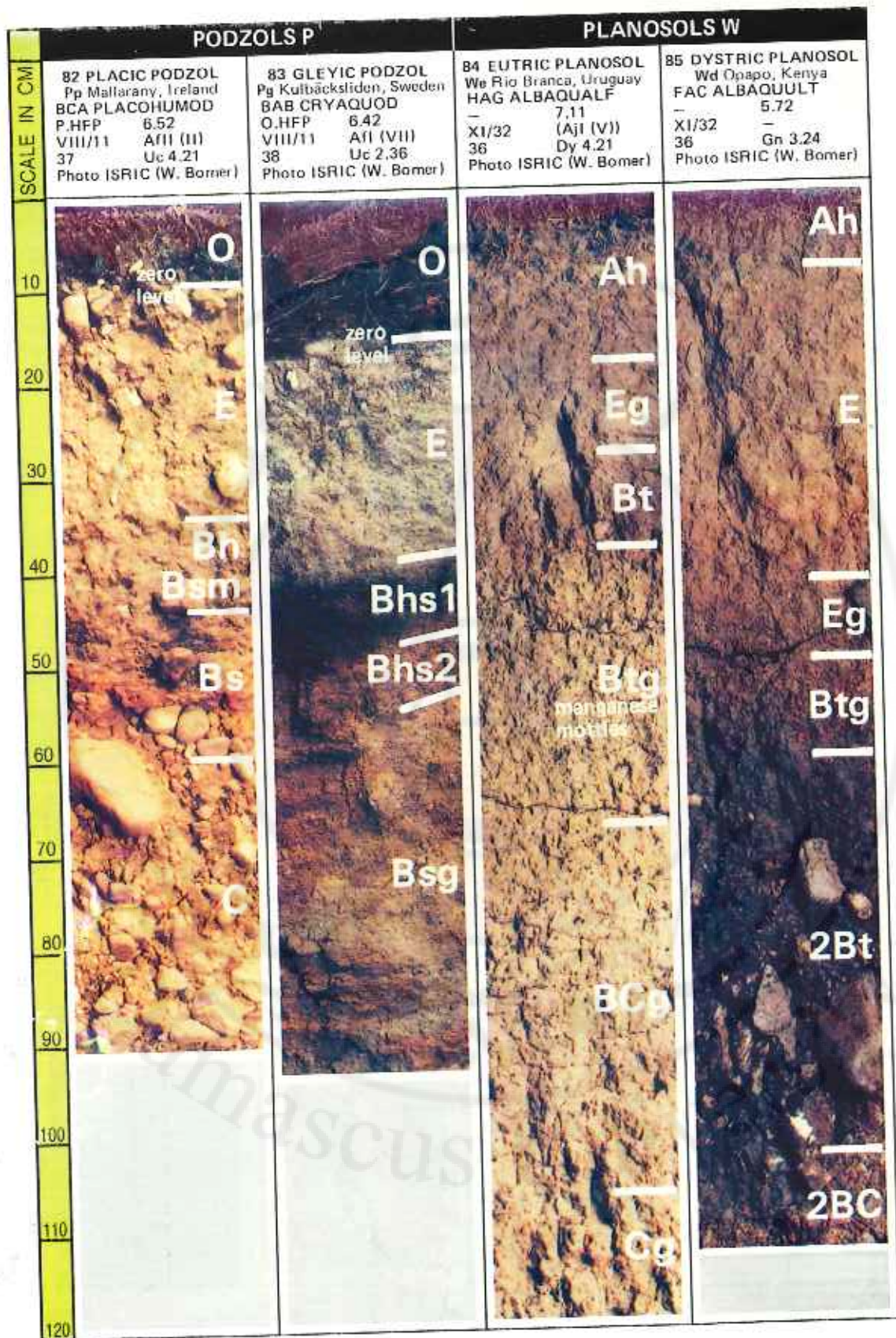
78 ORTHIC PODZOL
Po Emmet Co., MI, USA
BDE HAPLORTHOD
IO.FHP 6.31
VIII/11 Afi (II)
37 Uc 2.21
Photo ISRIC (W. Bomer)

79 LEPTIC PODZOL P1
Gelderland Pr., Netherlands
BDE HAPLORTHOD
O.HFP 6.11
VIII/12 Afi (IV)
6 Uc 5.21
Photo H. de Bakker

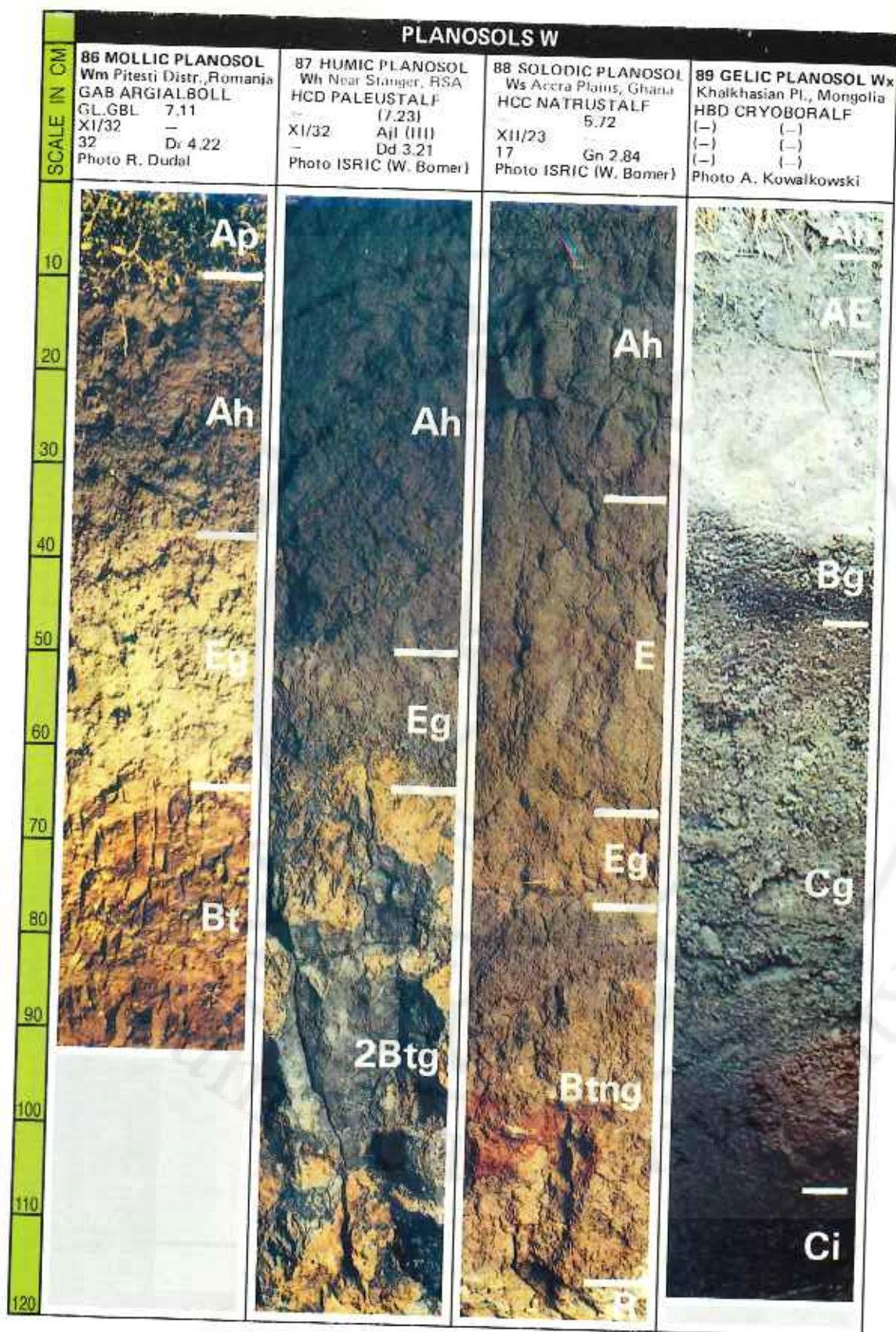
80 FERRIC PODZOL
Pl Kielce, Poland
BB FERROD
O.HFP 6.33
VIII/11 Afi (III)
37 Uc 2.21
Photo R. Dudal

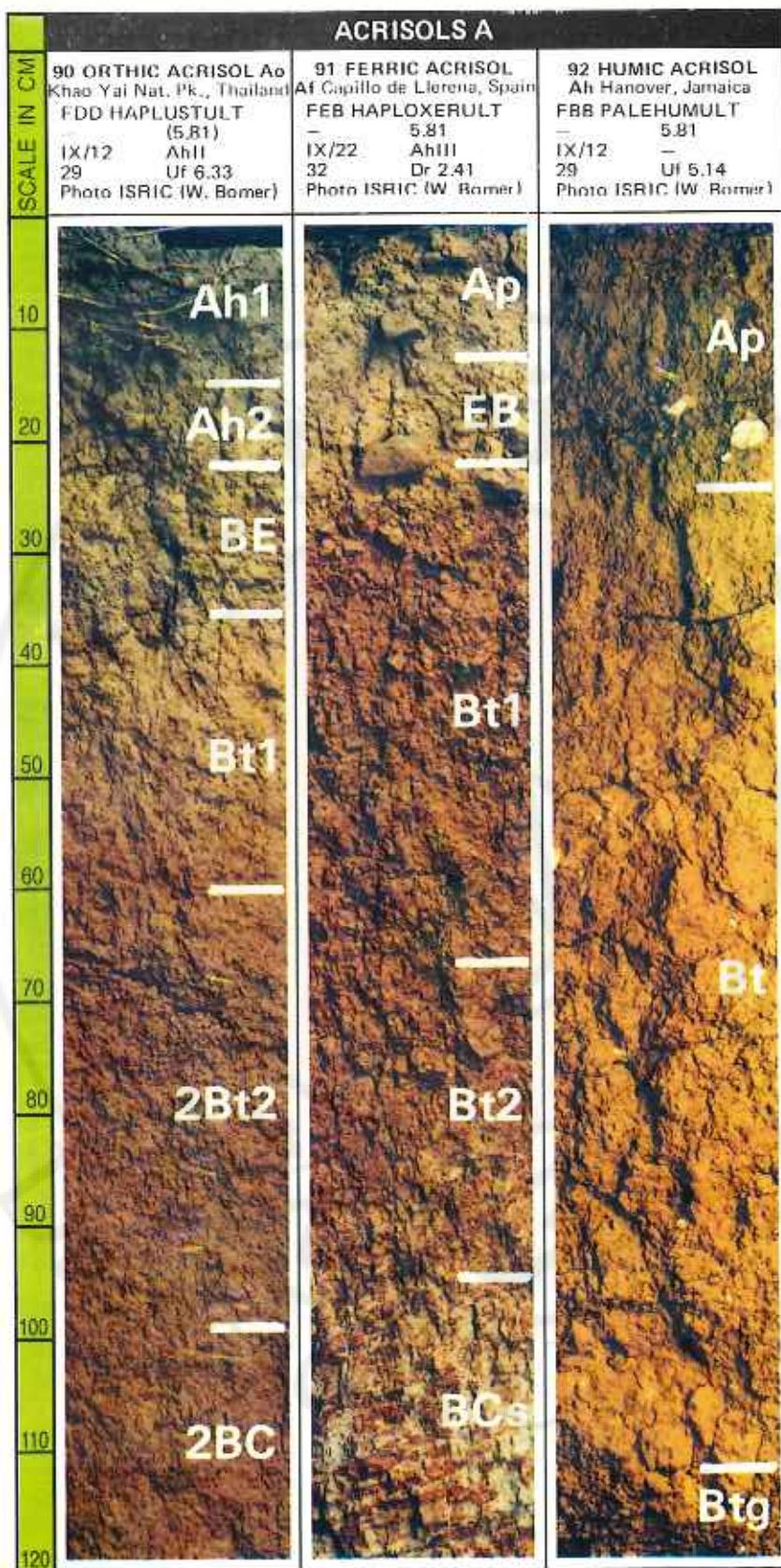
81 HUMIC PODZOL
Ph Sematan, Malaysia
BCB TROPOHUMOD
— 6.32
VIII/11 Afi (III)
38 Uc 2.20
Photo ISRIC (W. Bomer)

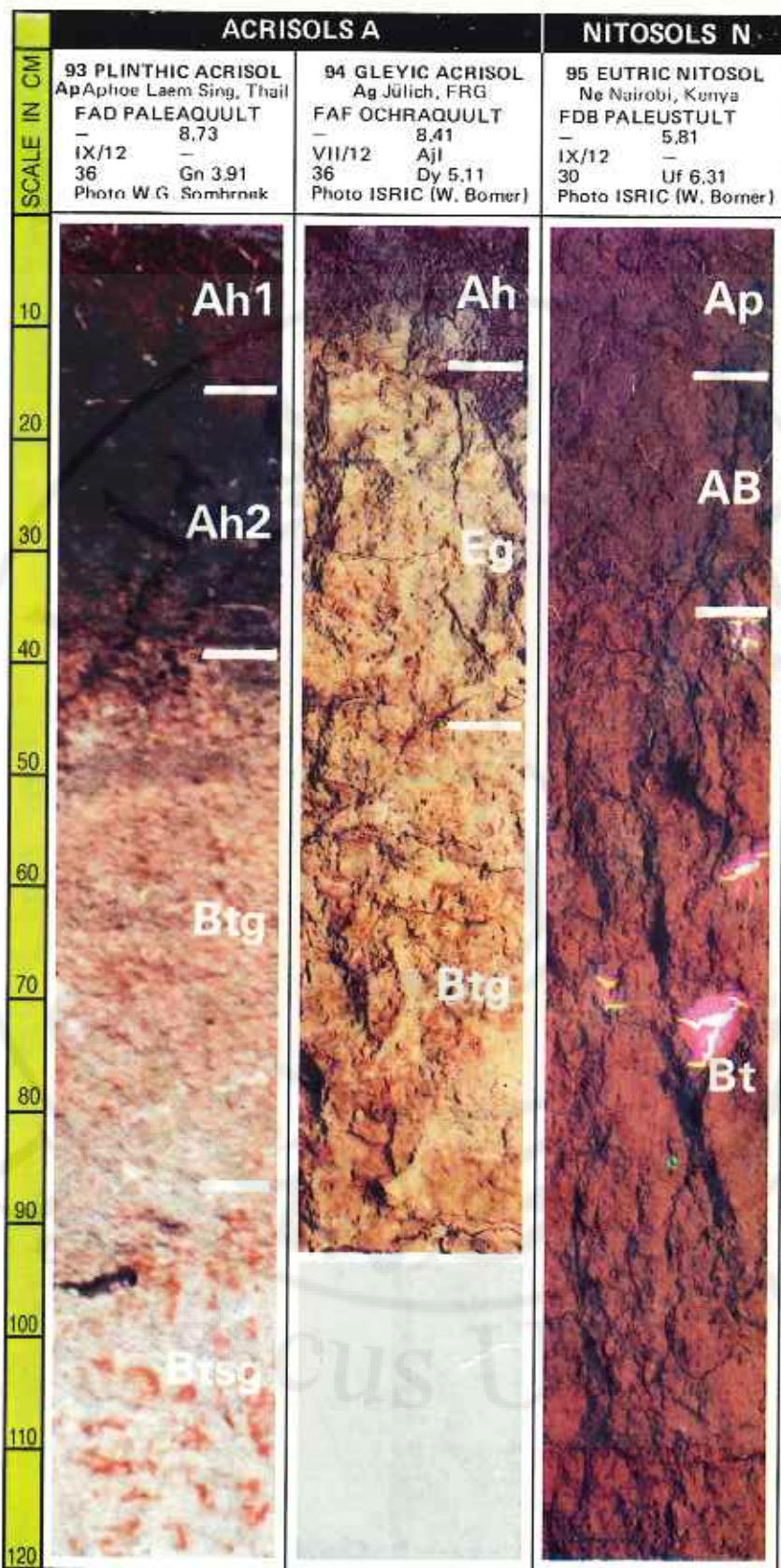


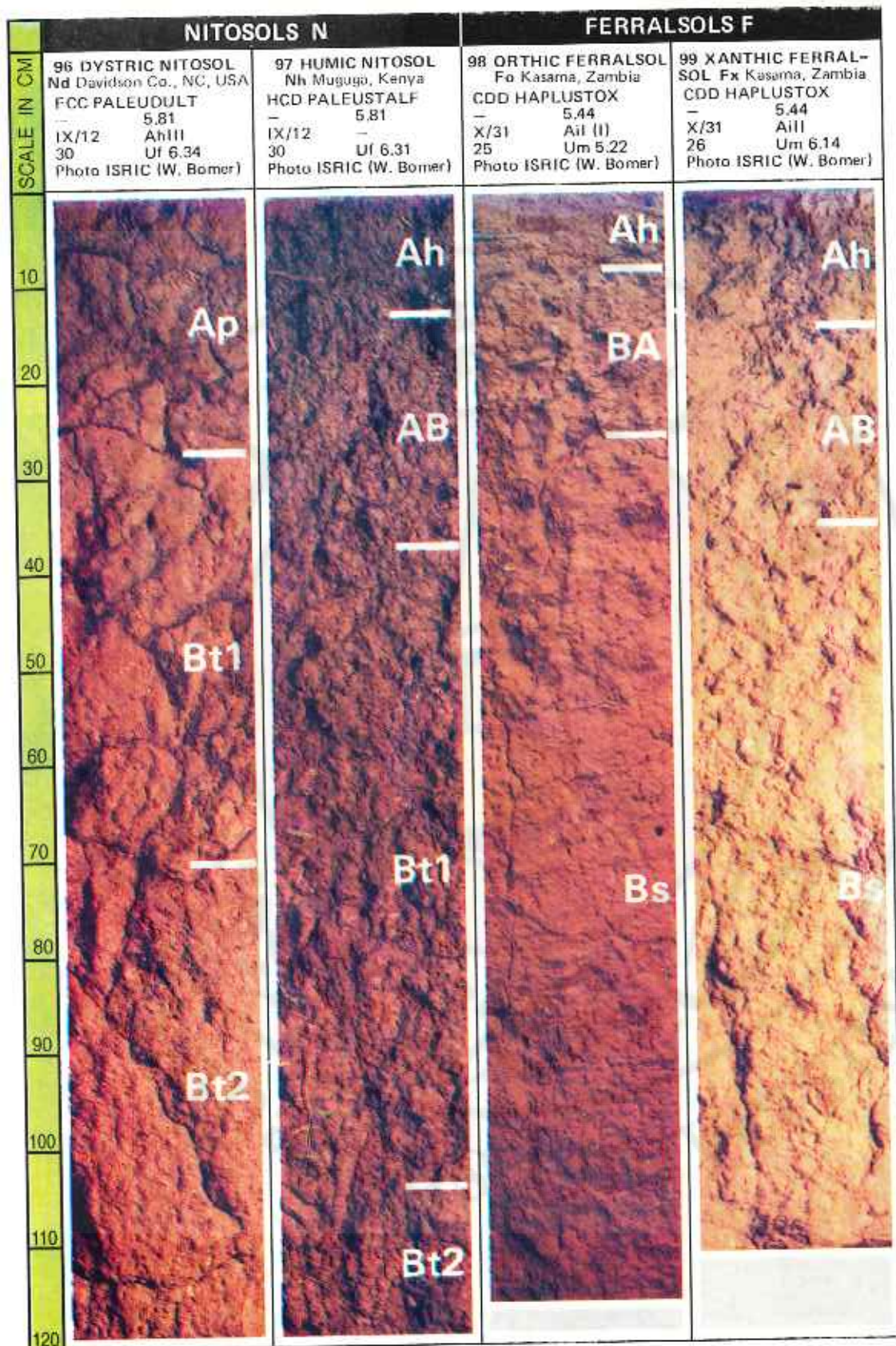


PLANOSOLS W

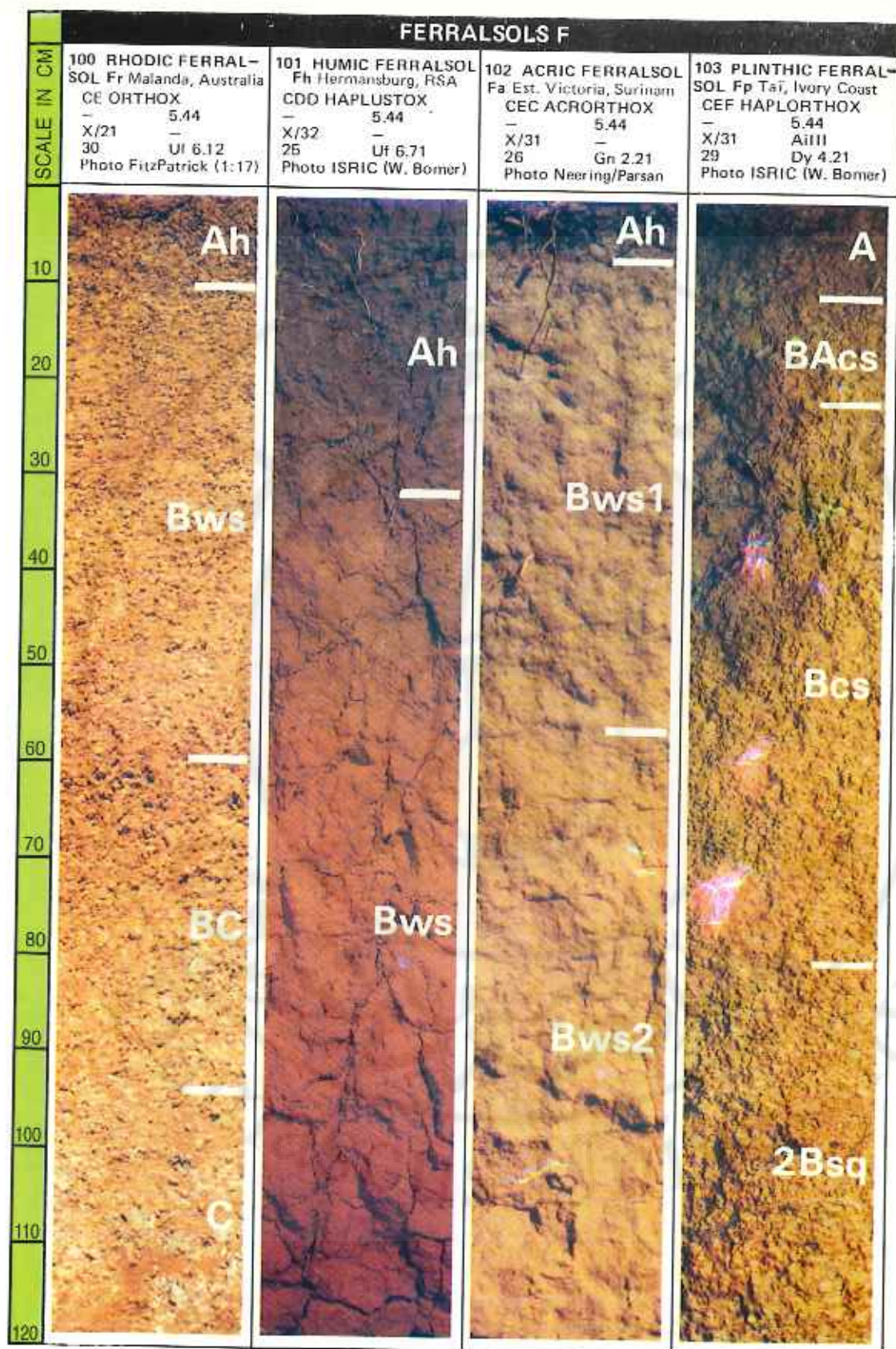


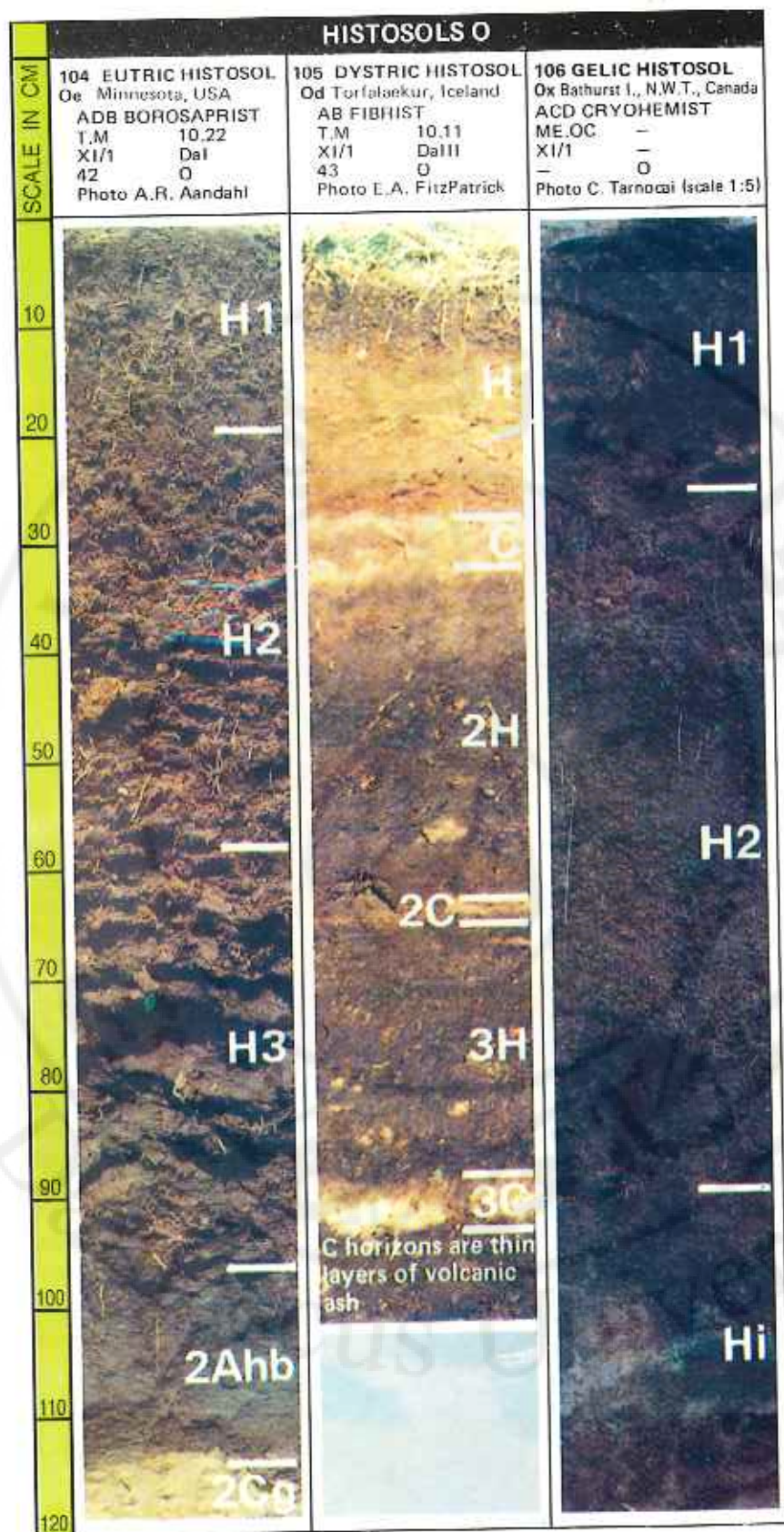


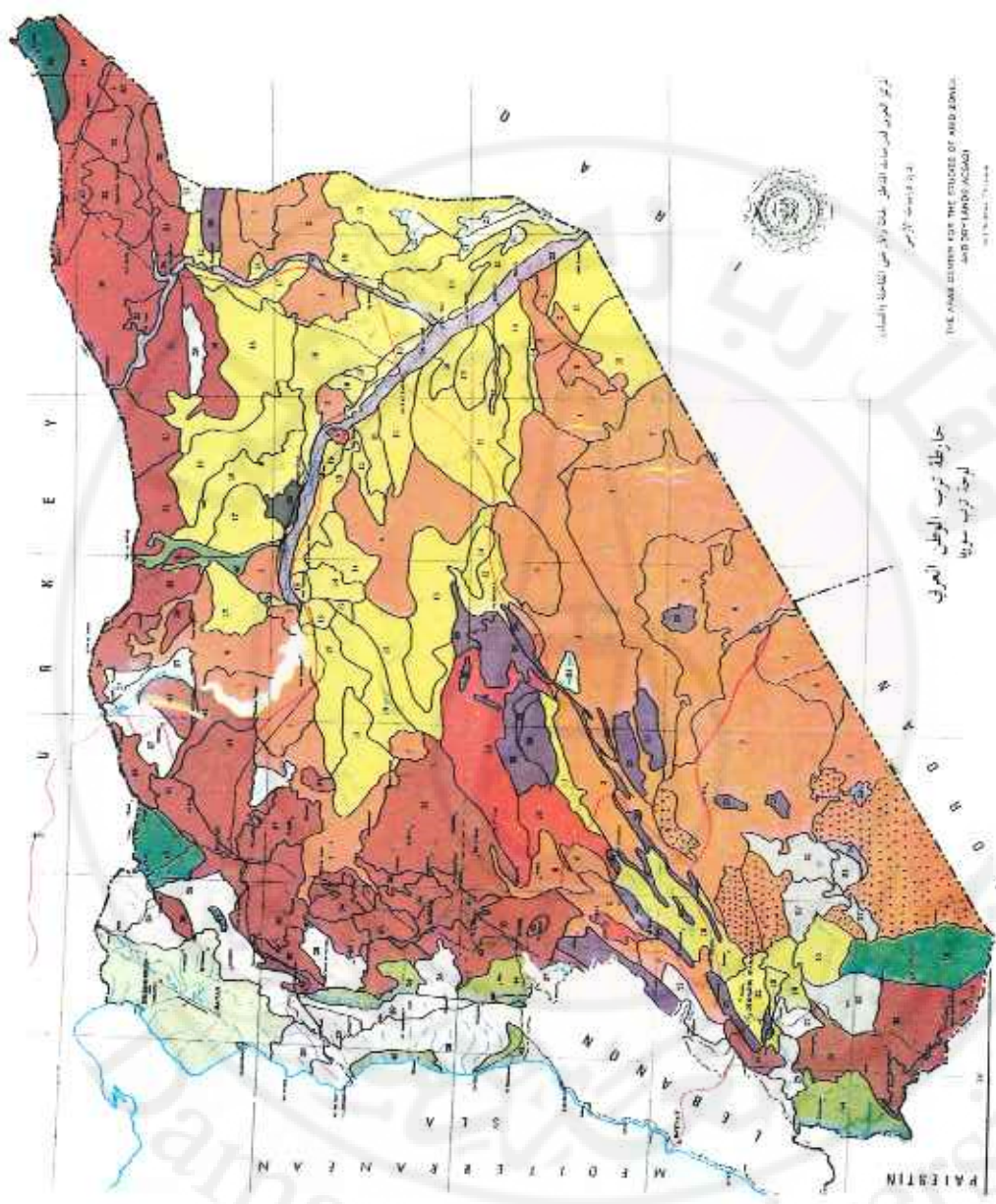




FERRALSOLS F







الترسيم الإداري لسنة ١٩٢٢
 ١٩٢٢

THE 1922 CENSUS ZONES
 AND 1922 CENSUS ZONES

الترسيم الإداري لسنة ١٩٢٢
 ١٩٢٢

١٩٢٢
 ١٩٢٢

١٩٢٢

MUNSELL® SOIL COLOR CHART

5YR

