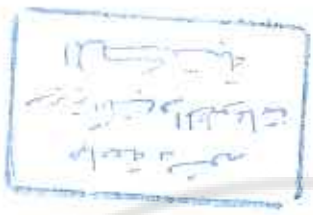
منشورات جامعة دمشق

كلية الزراعة



أساسيات في علم التربة

الدكتور فلاح أبو نقطة

أستاذ في قسم التربة واستصلاح الأراضي

وكيل الكلية للشؤون العلمية

جامعة دمشق : ١٤٢٤ - ١٤٢٥هـ

٢٠٠٣-٢٠٠٤ م

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفهرس

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

- مجموعة الامفيبولات والبيروكسينات ٥٥
- الكوارتز ٥٨

الفصل الخامس : المعادن الثانوية غير المتبلورة والذوابة في الماء ٦١

- المعادن الثانوية غير المتبلورة وخفية التبلور ٦٣
- أكاسيد السيليسيوم ٦٤
- أكاسيد الألمنيوم ٦٥
- أكاسيد الحديد ٦٦
- أشباه الألوفان ٦٧
- **المعادن الذوابة في الماء** ٦٨

الفصل السادس: معادن الغَضار ٧١

- تصنيف معادن الغضار ٧٣
- نشوء معادن الغضار ٧٥
- الخصائص العامة لمعادن الغضار ٧٧
- أهم معادن الغضار ٧٨

الفصل السابع : الصخور ودورها في تكوين التربة ٨٧

- الصخور النارية ٨٩
- الصخور المتحولة ٩٦
- الصخور الرسوبية ٩٨
- طرائق تكوين الصخور الرسوبية ١٠٠
- أنواع الصخور الرسوبية ١٠٣
- المواد الأم المكونة للتربة ١٠٥

الفصل الثامن : تجوية الصخور والمعادن ١١١
- التجوية الفيزيائية ١١٤
- التجوية الكيميائية ١١٧
- التجوية الحيوية ١٢٤
- مقاومة الصخور والمعادن للتجوية ١٢٥
- أنماط التجوية ١٢٨

الباب الثاني : تكوين الترب ومورفولوجيتها وتصنيفها ١٣١

الفصل التاسع : تكوين الترب ١٣٥
- عملية تكوين التربة ١٣٥
- عوامل تكوين التربة ١٤٠
  - المواد الأم ١٤٠
  - المناخ ١٤١
  - الأحياء ١٤٩
  - التضاريس ١٥١
  - عمر التربة ١٥٣
  - النشاطات البشرية ١٥٥

الفصل العاشر : مورفولوجية التربة ١٥٧
- التركيب الطوري للتربة ١٥٩
- العناصر والملامح الشكلية لمقطع التربة ١٦١
- بناء مقطع التربة ١٦٢
- لون التربة ١٧٣
- بنية للتربة ١٨٠
- بنية التربة وأهميتها الزراعية ١٩٠

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

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدّمة :

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

وتتفرد التربة بخصوصية تميزها عن الأرض، إذ تعد الأساس الذي تقوم عليه عمليات الإنتاج الزراعي بشقيه النباتي والحيواني.

وبقدر مايكون هذا الأساس راسخاً متيناً، وبقدر ما نتعمق معارفنا عنه، وكيفية إدارته والتعامل معه بصورة سليمة، تصبح عمليات الاستثمار الزراعي أكثر نفعاً ومردوداً.

ومع اطّراد 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 الترب 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، وينصبُ الأمل في ردم الفجوة الواسعة بين إنتاج المواد الغذائية واستهلاكها، وفي تحقيق قدر ما من التوازن والاستقرار في مجال الأمن الغذائي.

وعبر التكثيف الزراعي يمكن زيادة مردود وحدة المساحة الأرضية، إلا أن هذا التكثيف يبقى عاجزاً عن تحقيق أهدافه مالم 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 فعّالة.

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 المكثّفة، غير أن الإفراط في التكثيف الزراعي قد يؤدي إلى تدهور خصوبة التربة وتلوّث البيئة، لهذا تعد دراسة الترب؛ لمعرفة خصائصها وتحديد مستوى خصوبتها ومقدرتها الإنتاجية ومدى ملاءمتها لهذا الغرض أو ذاك، الخطوة الأولى والأساسية، لا بل حجر الزاوية عند تخطيط أي مشروع زراعي، بغية زيادة الغلّة والمحافظة على التربة والبيئة، ويجب أن لا تتوقف تلك الدراسة في أيٍ 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 جليّة لدى الخاصّة، 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 الترب، فعمليات التجوية الممهدة لنشوء الترب، مروراً بتكوين الترب وعوامله، ثم مورفولوجية الترب التي تعكس للعيان الكثير من الخصائص بصورة واضحة، يلي ذلك تصنيف الترب وأسسه ونظمه في المدارس العالمية، كما يسلّط الضوء على الترب المتأثرة بالأملاح وأسباب نشوئها وسبل استصلاحها.

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

كما يختتم الكتاب بقائمة بالمصطلحات العلمية وسجل بأسماء المراجع وملحق ملوّن لمقاطع الترب .

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

دمشق /٦ أيار/ ٢٠٠٣ د.فلاح محمود أبو نقطة

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

تمهيد

علم التربة Pedology:

يتناول هذا العلم دراسة التربة من جميع النواحي، بدءاً من تكوينها وتركيبها وخصائصها المختلفة، وأسس توزع 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 يزيد على ستة آلاف سنة وحتى اليوم فإنه يُنظر إلى التربة كميدان للعمل والإنتاج، إذ تُعدُّ التربة طبقة سطحية مفككة نسبياً تجري عليها عمليات الفلاحة وتنتشر فيها جذور النباتات.

لقد كان قدماء المصريينَ والبابليينَ والآشوريينَ والصينيينَ السباقين 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 قسَّم أرسطو الترب استناداً إلى خصوبتها إلى سبع درجات هي : ممتازة – جيدة – خصبة – مقبولة – منهكة – فقيرة وعديمة الخصوبة. كما قُسِّمت أراضي الصين في كتاب ظهر في القرن الرابع قبل الميلاد إلى خمس مجموعات، تبعاً لألوانها، ومُيِّزت كل مجموعة إلى ثلاث درجات استناداً إلى مستوى خصوبتها ووُزِّعت الأخيرة إلى زمر حسب تركيبها الميكانيكي. وبقي هذا التقسيم سائداً حتى منتصف القرن العشرين.

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

كما نشر العالم ليبيغ (Liebig عام ١٨٤٠) كتابه (الكيمياء وتطبيقاتها في الزراعة والفسيولوجيا) 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 فعّالة في تطوّر علم التربة.

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

إذ عرّف ستيبوت 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 المطّردة 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 روسية أواخر القرن التاسع عشر،ساعد في ذلك اتساع رقعة البلاد وتنوُّع مناخها وغطائها الأرضي، وكان العالم لومونوسف (Lomonosov) أول من أشار إلى دور الأحياء الدقيقة،وبخاصة الطحالب في تكوين التربة، وذلك في كتابه (الطبقات الأرضية) عام ١٧٦٣م، قائلاً « غالباً ماتظهر على الصخور الجرداء طحالب خضراء فتية لاتلبث أن تهرم ويسود لونها لتصبح تربة، ومع تجمعها وتقدم الزمن تغدو قادرة على إنتاج طحالب ضخمة وغيرها من النباتات ».

يعد العالم داكوتشايف (Dokuchaev) أول من عرَّف 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 داكوتشايف الأكثر شيوعاً هو المدوَّن عام ١٨٨٦م «التربة هي الآفاق 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».

يعد تعريف داكوتشايف هذا أساساً لتطور علم التربة النشوئي أو التكويني في روسية ابتداءً من أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين.

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

مفهوم التربة عن خصوبتها،والخصوبة أهم صفة وسمة نوعية مميزة للتربة بغض النظر عن مستواها الكمي، كما أن مفهوم خصوبة التربة يميزها دوماً عن الصخور عديمة الخصوبة» ومما يؤخذ على هذا الإتجاه 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 للترب) 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 أوروبة: إن تعريف التربة في فرنسة قريب من تعريف داكوتشايف، 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 ألمانية 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 لاشك فيه أن هذه النظرة قريبة من المفهوم الجيو زراعي في غرب أوروبة. لقد أسهم العالم ماربوت (Marbut) في تطور علم التربة في الولايات المتحدة،إذ اعتمد مفاهيم داكوتشايف وطبّقها على دراسة الترب الأمريكية، إلا أنه عرّف التربة استناداً إلى تركيبها وخصائصها وليس إلى عمليات تكوينها «تتألف التربة من الطبقة الخارجية للقشرة الأرضية وتكون غير متماسكة، يراوح عمقها بين بضع مليمترات 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 أمريكة، 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: $S=F(cl,o,r,p,t)$ 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 الإتجاه الثاني في العقود الأخيرة في إيجاد كثير من المفاهيم المعاصرة عن التربة من خلال اهتمامه بالتصنيف، مما أدى إلى ظهور فرع من تصنيف الترب 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 بدّل 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 الآفاق قريباً من السطح حيث تختلف هذه الآفاق عن المواد الصخرية المتوضعة تحتها نتيجة التفاعل بين المناخ والأحياء والمواد الأم والتضاريس على مر الزمن».

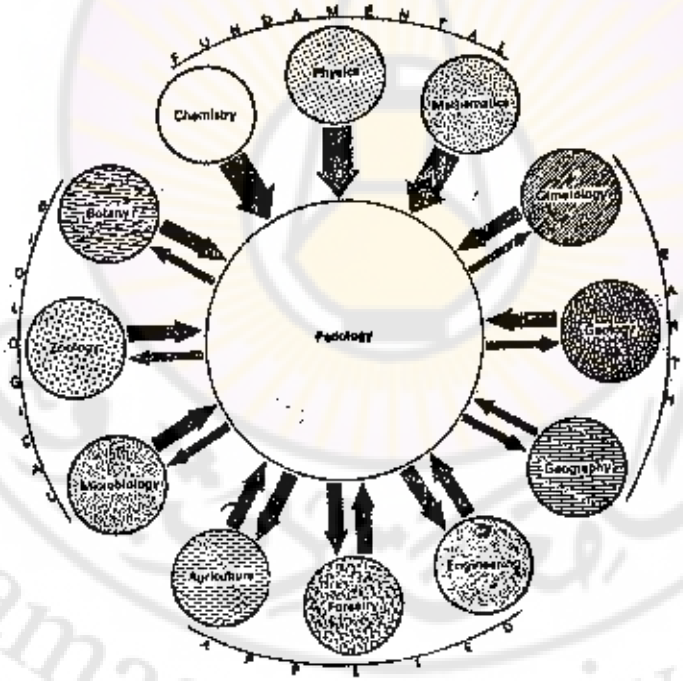
يتضح مما سبق عدم وجود تعريف علمي للتربة متفق عليه من الجميع، على الرغم من أن العاملين في هذا المجال يدركون جيداً معنىالتربة، ويرجع السبب في ذلك إلى تعدد المدارس وتباين وجهات نظرها.

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

ومهما تعدّدت التعاريف وتباينت فالتربة عالم قائم بذاته، ينبض بالحياة ويعج بالحركة، علاقاته وطيدة وثيقة بالعوالم المحيطة،والتربة معين للخير والعطاء لاينضب، أمدّت الأجيال البشرية على مر العصور بالغذاء والكساء والدواء والمأوى، وستبقى ينبوعاً متدفقاً للمواد والطاقة مادام الإنسان يرعاها، تغدق بغير حساب على من يكتشف أسرارها ويُجلّي غموضها ويحسن إدارتها، وتشح على من يسيء إليها وتُجدب، في كنف خصبها تطورت أقدم الحضارات وأرقاها،

ومع تدهورها، وما اتبع الزرع والضرع من ضُرٍّ، باد الكثير من تلك الحضارات. وإن ثراها أعلى شأناً وأكثر نفعاً للإنسانية من الثريّا مضرب الأمثال في الرفعة والسمو. هذا العالم الفسيح المتجدد يستحق كل عناية واهتمام لتنعم البشرية بعطائه الثر وليحفظ ثروة غالية للأجيال القادمة.

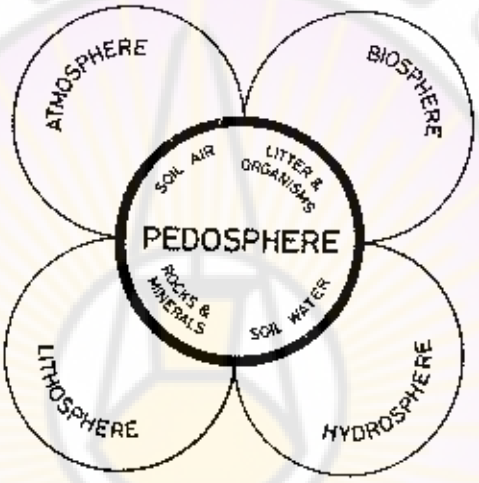
لقد تطور علم التربة في العقود الأخيرة،وخطا خطوات واسعة،أسهم في ذلك تقدم كثير من العلوم الأساسية والتطبيقية، وطرائق الدراسة التي يعتمد عليها، حتى غدا علماً قائماً بذاته، إلا أننا نجد كل حين الجديد في هذا المحيط الذي لم تسبر بعد كل أغواره ولم تكتشف بعد كل مجاهله. ويوضح الشكل (١) موقع علم التربة من العلوم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



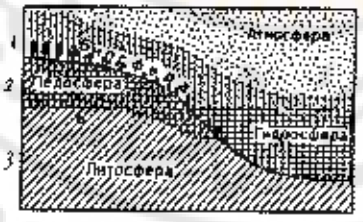
الشكل (١) علاقة علم التربة بالعلوم الأخرى

موقع التربة في الطبيعة ودورها :

موقع التربة : تقع التربة على حدود تماس كلٍ 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 التربي 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 الترابي ٣ –الغلاف الصخري، ٤ – الغلاف المائي، ٥ – الغلاف الجوي

دور التربة : تلعب التربة أدواراً رئيسة متعددة أهمها مايلي :

١. إن الدور الأول يتمثّل في توفير أسباب بقاء الحياة على الأرض، إذ تمدُّ 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.

جامعة دمشق Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

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 للترب

الفصل الخامس: المعادن الثانوية غير المتبلورة والذوابة في الماء

الفصل السادس: معادن الغضار

الفصل السابع: الصخور ودورها في تكوين الترب

الفصل الثامن: تجوية الصخور والمعادن

جامعة دمشق Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الأول

التركيب المعدني للقشرة الأرضية

ـ القشرة الأرضية

ـ التركيب المعدني للصخور

ـ انتشار المعادن في الصخور الأم والترب

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

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 ٤٠٠٧٧كم وقطرها ١٢٧٥٦كم. تبلغ سماكة هذه القشرة بضعة كيلومترات تحت المحيطات ونحو ٣٠كم في السهول، وتصل حتى ٧٠كم في الجبال. تختلف كثافة القشرة تبعاً لموقعها قارياً كان أم محيطياً، وتتألف عادة من ثلاث طبقات تتوضع من الأسفل إلى الأعلى حسب مايلي:

١ــ طبقة الصخور البازلتية : تصل سماكتها نحو ٣٠كم، وكثافتها ٢,٨-٢,٩ غ/سم٣،تتألف من صخور قاعدية فقيرة بالسيليكا وغنية بالمغنزيوم والحديد.

٢ــ طبقة الصخور الغرانيتية : تصل أقصى سماكة لها ٥٠-٧٠كم تحت الجبال، وقد تصبح قليلة السماكة أو حتى تغيب من بعض المواقع،تبلغ كثافتها ٢,٦-٢,٧غ/سم٣،تتألف من صخور حامضية غنية بالسيليكا.

٣ــ طبقة الصخور الرسوبية : تتشكل بمعظمها في المياه وقد تتشكل في القارات، يبلغ متوسط سماكتها نحو ١٠-١٥كم، وتتراوح كثافتها بين ٠,٨-٢,٧غ/سم٣.

على الرغم من أن الصخور الرسوبية لاتشكل 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 كم٢، بينما تشغل المياه ٧٠,٨ % من تلك المساحة، حيث يبلغ حجم الماء نحو ١,٤ مليار كم٣ ووزنه نحو ٦,٩% من وزن القشرة الأرضية.

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

جدول (١) التركيب الكيميائي للقشرة الأرضية لعمق ١٦كم.

عن كلارك Clark، % وزنية

العنصر	%	العنصر	%
١- أكسجين	٤٦,٧١	٧- بوتاسيوم	٢,٥٨
٢- سيليكون	٢٧,٦٩	٨- مغنيزيوم	٢,٠٨
٣- ألمنيوم	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.

ت الصخور بمختلف أنواعها المصدر الأساسي لمعادن التربة، حيث تنشأ بعد تعرض تلك الصخور لمختلف أنواع التهدم والتحول تحت تأثير المناخ والأحـ ، وكثير من العوامل الأخرى.

تعرف المعادن Minerals بأنها أجسام طبيعية صلبة تكونت داخل الأرض أو على سطحها بفعل العمليات الجيولوجية، وتتصف بخصائص فيزيائية وكيميائية محددة.

وسيتم التركيز في هذا المجال على المعادن التي تنتشر بصورة واسعة في التربة أو التي لها أهمية واضحة في دراسة الترب.

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 لكلٍ 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.

المعـــــادن	% وزنيّـــة			
	الصخور الصهارية	الصخور الرسوبية		القشرة الأرضية
		الطفل	الحجر الرملي	
١-الفلسبار (الفلدسبار)	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- الغوتيت	–	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 والغوتيت والكربونات.

أما الاختلاف بين تركيب صخر رسوبي وآخر (الطفل «الشل»، الحجر 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 المعدني للقشرة الأرضية، وتسود المعادن المذكورة ــ عدا الامفيبول والبيروكسين ــ في التربة 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،وتعكس 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،يعبَّر 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 لاتدل 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

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

		أورثوسيليكات (أملاح H_4SiO_4)	
			ميكا **Micas**
غالباً جداً	غالباً جداً	$KH_2Al_3(SiO_4)_3$	أ- موسكوفيت Muscovite
عرضياً	غالباً جداً	$KH_2(Mg.Fe)_3Al(SiO_4)_3$	ب- بيوتيت Biotite
غالباً	غالباً جداً	$Ca_2(Al.Fe)_3OH(SiO_4)_3$	ابيدوت Epidote
نادراً	غالباً جداً	$(Mg.Fe)_2SiO_4$	أوليفين Olivine
نادراً	عرضياً	$Na(AlSiO_4)$	نيفيلين Nepheline
		متعددة السيليكات (أملاح $H_4Si_3O_8$)	
			فلسبارات **Feldspars**
غالباً جداً	غالباً جداً	$KAlSi_3O_8$	أ- أورثوكلاز Orthoclase
شائع	غالباً جداً	$NaAlSi_3O_8$	ب- ألبيت Albite
نادراً	عرضياً	$Ca_2Al_2Si_2O_8$	ج- أنورثيت Anorthite
نادراً	عرضياً	خليط من المعدن الأول والثاني	د-أنورثوكلاز Anorthoclase
عرضياً	غالباً جداً	خليط من المعدن الثاني والثالث	هـ-بلاجيوكلاز Plagioclase
		أكاسيد حرة	
			أكاسيد السيليسيوم
غالباً جداً	غالباً جداً	SiO_2	أ-كوارتز Quartz
عرضياً	عرضياً	SiO_2	ب-كريستوباليت Cristobalite
عرضياً	عرضياً	SiO_2	ج-كالسيدوني Chalcedony (agate-flint-etc)
			أكاسيد الحديد
غالباً جداً	غالباً جداً	Fe_2O_3	أ- هيماتيت Hematite
غالباً	غالباً	$FeO(OH).Fe_2O_3.H_2O$	ب-غوتيت Goethite
غالباً جداً	غالباً	$FeO(OH).nH_2O$	ج-ليمونيت Limonite
غالباً	غالباً	$FeO\,Fe_2O_3$	د-مغنيتيت Magnetite
			أكاسيد الألمنيوم
نادراً	غالباً	Al_2O_3	أ- ياقوت Corundum
نادراً	غالباً	$AlO(OH).Al_2O_3.H_2O$	ب- دياسبوريت Diasporite
عرضياً	غالباً	$Al(OH)_3$	ج-جبسيت Gibbsite

			أكاسيد المنغنيز
نادراً	عرضياً	$MnO(OH)$	أ- مانغنيت Manganite
نادراً	نادراً	Mn_3O_4	ب-هاوسمانيت Haussmanite
غالباً	غالباً	MnO_2	ج-بيرولوسيت Pyrolusite
			أكاسيد التيتان
غالباً	غالباً	TiO_2	أ- روتيل Rutile
عرضياً	غالباً	$FeO\ Ti\ O_2$	ب- ايلمينيت Ilmenite
		كربونات (أملاح H_2CO_3)	
غالباً	غالباً جداً	$Ca\ CO_3$	كالسيت Calcite
نادراً	عرضياً	$Mg\ CO_3$	مغنيسيت Magnesite
عرضياً	غالباً جداً	$(Ca\ Mg)\ CO_3$	دولوميت Dolomite
نادراً	غالباً	$Fe\ CO_3$	سيديريت Siderite
		فوسفات (أملاح H_3PO_4)	
عرضياً	غالباً	$Ca_5(F,Cl,OH)(PO_4)_3$	أباتيت Apatite
عرضياً	عرضياً	$Fe\ PO_4\ 2H_2O$	ستريبتغيت Strengite
نادراً	عرضياً	$Al_3(OH)_3(PO_4)\ 5H_2O$	فافيليت Wavilite
نادراً	غالباً جداً	$Fe_3(PO_4)_2.\ 8H_2O$	فيفيانيت Vivianite
		معادن متنوعة	
عرضياً	غالباً	FeS_2	بيريت Pyrite
غالباً	غالباً	$H_4\ Na\ Mg_3\ B_3\ Al_6\ Si_6\ O_{31}$	تورمالين Tourmaline
غالباً	غالباً	$Zr\ SiO_4$	زركون Zircon
عرضياً	غالباً	$Ca\ SO_4\ 2H_2O$	جبس Gypsum
غالباً	غالباً	$Na\ Cl$	ملح صخري Halite
		معادن الخضار	
غالباً	غالباً	$Al_2(OH)_4\ Si_2\ O_5$	كاولينيت Kaolinite
غالباً	غالباً	$Al_2(OH)_2Si_4\ O_{10}$	مونتموريونيت Montmorillonite
نادراً	نادراً	$Al\ Fe(OH)_2\ Si_4\ O_{10}$	نونترونيت Nontronite
غالباً	غالباً	$KAl_2(OH)_2(Al\ Si_3)\ O_{10}$	ميكا مائية Hydromica

Damascus University

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 الوزنيَّة 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 لايقلل من أهميتها إذ تضم عناصر في غاية الأهمية لتغذية الأحياء مثل الكربون والنتروجين 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_2O_3	١٥,٢٢
Al	٨,٨	٧,١٣	Fe_2O_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_2O	٣,٧١
K	٢,٦	١,٣٦	K_2O	٣,١١
Mg	٢,١	٠,٦	MgO	٣,٤٥
Ti	٠,٦	٠,٤٦	TiO_2	١,٠٢
H	(٠,١٥)	٠,٠	H_2O	١,٣٠

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثاني

تشـكّل المعـادن وتـصنيـفها

ـ تشكل المعادن

ـ تصنيف المعادن

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

تشكّل المعادن وتصنيفها
Minerals Formation & Classification

تشكّل المعادن :

تنشأ المعادن في الطبيعة بطرق متباينة،إذ يتكون أكثرها من تبرُّد الصُهارة Magma إما في أعماق الأرض، أو عند تبرد المقذوفات البركانية على سطح الأرض، وهناك إختلافات كبيرة بين خصائص المعادن المتكونة في الأعماق السحيقة وتلك المتكونة على سطح الأرض وبخاصة في بناها البلورية.

إن أهم المعادن المتشكلة من تبرد الصهارة هي معادن السيليكات والسيليكات الالومينية 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 متنوعه 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، ولقد 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 تبعا لتركيبها الكيميائي، أو إستناداً إلى نشأتها، وغالبا ما يعتمد هذا الأخير في علوم التربة.

أولا– تصنيف المعادن الكيميائي :

تقسم المعادن إستناداً إلى تركيبها الكيميائي إلى صفوف،وقد يضم الصف الواحد عدداً من المجموعات أوالزمر، وفيما يلي استعراض لأحد هذه التصانيف:

1– **صف العناصر الفطرية أو الحرة Native clememts:** 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 والتربة، غير أنها تعد خامات لاستخراج كثير من العناصر. تنتج هذه المعادن من اتحاد الكبريت مع أحد العناصر المعدنية ومن الأمثلة عليها: البيريت $Fe\ S_2$ والغالينا PbS والكالكوبيريت $Cu\ Fe\ S_2$.

3– **صف الهاليداتHalides:** يضم أملاح الأحماض التالية : HF, HCl، وأندر من ذلك، HI , IIBr ومثال عليها: الهاليت أو الملح الصخري Na Cl، السيلفين KCl، الفلوريت $Ca\ F_2$ الكارناليت $Mg\ Cl_2,KCl.\ 6H_2O$ 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 تصنَّف أحياناً في صف السيليكات.

ب – أكاسيد الحديد، مثل: الهيماتيت والغوتيت والليمونيت.

ج – أكاسيد الألمنيوم مثل: الجبسيت والبيميت والكورونذ.

د – أكاسيد المنغنيز، مثل: المنغنيت والبيرولوزيت.

هـ– أكاسيد التيتانيوم، مثل: الأناتاز والإلمينيت.

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

أ–الكربونات Carbonates: هي أملاح حمض الكربون ومثال عليها: الكالسيت $Ca\ CO_3$ والسيديريت $Fe\ CO_3$ والدولوميت $Ca\ Mg\ (CO_3)_2$ والصودا $Na_2\ CO_3.\ 10H_2O$ وغيرها.

ب– الكبريتات Sulfates : هي أملاح حمض الكبريت ومثال عليها : الجبس $Ca\ SO_4.\ 2H_2O$ والأنهدريت $Ca\ SO_4$ والميرابيليت $Na_2SO_4.\ 10H_2O$ وغيرها.

ج– النترات Nitrates : هي أملاح حمض النتريك أو الأزوت مثل: نترات شيلي $Na\ NO_3$ ونترات البوتاسيوم KNO_3.

د ــ الفوسفات Phosphates : أملاح حمض الفوسفور، وتضم الفوسفوريت والأباتيت وغيرهما.

6- **صف السيليكات Silicates:** تسود معادن هذا الصف في القشرة الأرضية، إذ سبقت 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، وتقسم عادة إلى: سيليكات بسيطة مثل: معادن الأليفين والسربنتين والتالك، وسيليكات معقدة أو المونية، حيث يتوضع الألمنيوم داخل رباعيات الوجوه ليزيح جزءاً من السيليكون ومثال عليها : الفلسبار والميكا ومعادن الغضار.

وتجدر الإشارة إلى أن ألمنيوم السيليكات البسيطة لايتوضع داخل رباعيات الوجوه وإنما يبقى خارجها مشكلاً جسوراً تربط تلك الرباعيات.

7- **صف الفحوم الهيدروجينية Hydrocarbons:** مثل النفط والأسفلت والكيروسين والخث.

ثانياً- تصنيف المعادن تبعاً لنشأتها:

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

١ــ **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 .

٢ــ **المعادن الثانوية Secondary minerals:** تضم معادن الغضار ومعظم الأكاسيد، وهي نواتج التجوية الكيمائية، كما تتكون من الاتحادات التي تتم بين الشوارد أو المركبات المتحررة من عمليات التجوية وتكوين الترب، ويجب أن لايغيب عن الذهن أن كلمة ثانوي هنا لاتعني نسبة المعدن أو أهميته وإنما تعني نشأته .

٣ــ **المعادن الذوّابة 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 ترب المناخات الجافة، وتتصف هذه الأملاح بسهولة انحلالها في الماء، وبترسبها عند جفاف التربة حيث تدخل في الطور الصلب لها.

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

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

الفصل الثالث

البنية البلورية للمعادن

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

Damascus University

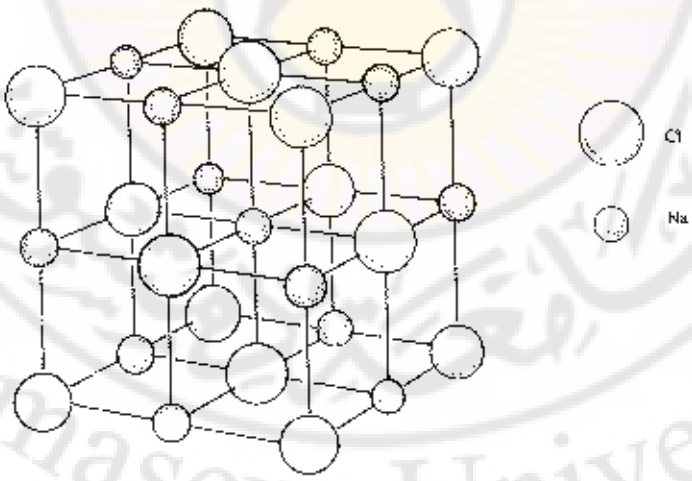
وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

البنيـة البلّورية للمعـادن
Crystal Structure of Minerals

البنية البلورية:

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

تتوضع الشوارد في البلورات بشكل هندسي محدّد، بحيث يكون لكل معدن بنية خاصة به، يمكن أن تميزّه عن غيره، وتكون الصفات الضوئية (البصرية) للبلورات مختلفة تبعاً للإتجاهات 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) ،

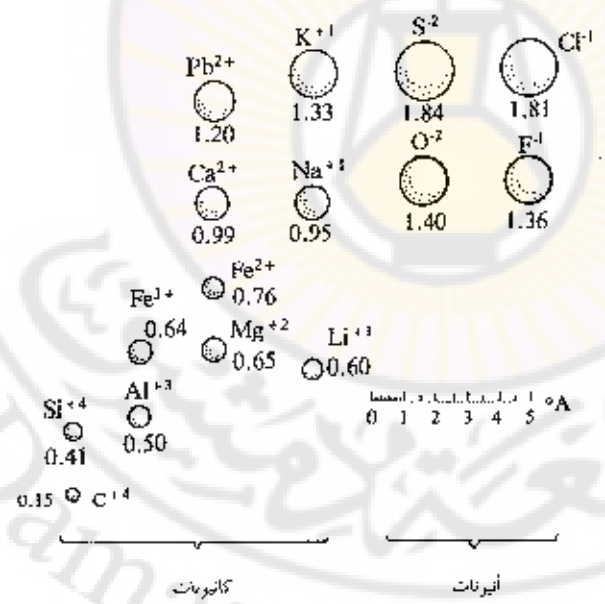


شكل (٤) مخطط ترتيب الذرات في بلورة الملح الصخري المكعبية

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.

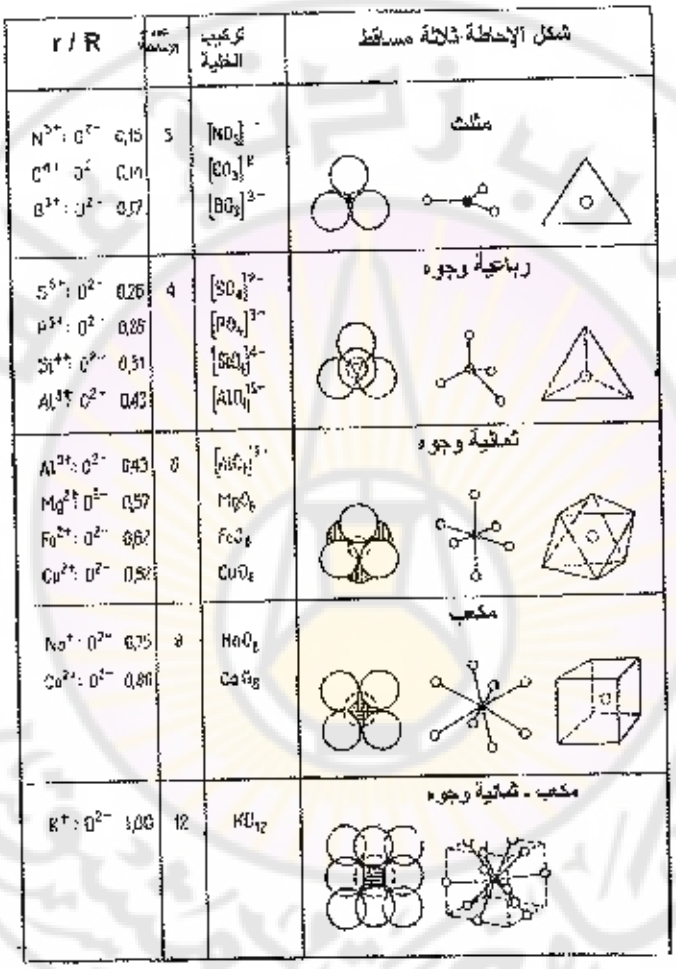
يتعلق توضع الشوارد في البنية البلورية بأقطار تلك الشوارد، ويسمى عدد الأنيونات التي تحيط بكاتيون معين « عدد التناسق أو الإحاطة » فكلما كبر قطر الكاتيون ازداد عدد الأنيونات التي يمكن أن تحيط به، ممايؤدي إلى تغير أشكال البنى البلورية.

ويبين الشكل (٥) الحجوم 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 اكبر من الأنيونات المحيطة به، فيؤدي ذلك إلى ظهور أنواع إحاطة جديدة، حيث ينتقل عدد الاحاطة من ٣ إلى ١٢ في حالة كون الأكسجين هو الانيون المحيط.



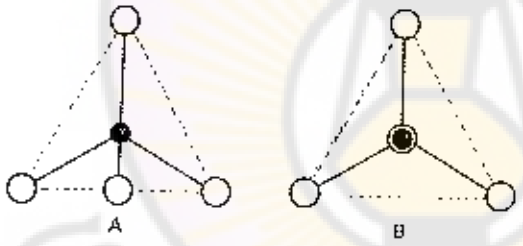
الشكل (٦) أنواع الإحاطة بين الكاتيونات والأنيونات

ويلاحظ عدم تشكُّل 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 هرماً رباعي الوجوه Tetrahydron ويحتل مركزه كاتيون صغير الحجم مناسب كالسيليكون أو الألمنيوم مثلاً، حيث يلامس الأنيونات الأربعة من الداخل. وتتكون ثمانية الوجوه Octahydron 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 مكعبية.

البنى السيليسية لرباعيات الوجوه :

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



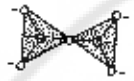
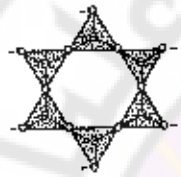
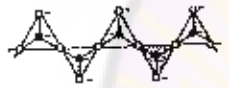
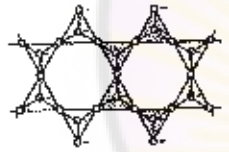
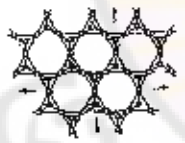
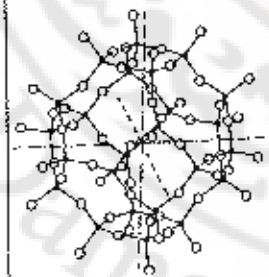
شكل (٧) ترتيب ذرات الأكسجين حول السيليكون في رباعية الوجوه بمسقطين، مستوي وشاقولي (A و B)

ويلاحظ أنها تحتوي على أربع روابط إتحادية سالبة حرة، وهذه تسعى للإشباع والاتزان، ويتم ذلك إما عن طريق ضم كاتيونات جديدة من الوسط المحيط، أو عن طريق تشارك الرباعيات المتجاورة بواحدة 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 المغنزيوم، وتدعى هذه البنية

سيليكات منفردة Nesosilicates، صيغتها $(SiO_4)^{4-}$ ، وتوجد في معدن الأليفين.

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

مجموعة السيليكات	المعدن	التركيب الكيميائي	الوضع الفراغي لرباعيات الوجوه	نسبة O:Si
رباعيات الوجوه المنفردة Nesosilicates	الأوليفين Olivine	$(MgFe)_2\ SiO_4$		٤:١
رباعيات الوجوه المزدوجة Sorosilicates	الأبيدوت Epidote	$Ca_2\ (Al,Fe)_3Si_3O_{12}(OH)$		٧:٢
رباعيات الوجوه الحلقية Cyclosilicates	البريل Beryl	$Be_3Al_2Si_6O_{18}$		٣:١ ١٨:٦
رباعيات الوجوه السلسلية Inosilicates أ ــ سلسلة مفردة Single Chain	البيروكسين Pyroxene	$(MgFe)\ SiO_3$		٣:١
ب ــ سلسلة مزدوجة Double	الهورنبلند Hornblende	Complex CaNaMgFeAl Silicate		١١:٤
رباعيات الوجوه الورقية Phyllosilicates	الميكا Mica الموسكوفيت Muscovite	$KAl_2Si_3O_{10}\ (OH)_2$		٥:٢
	البيوتيت Biotite	$K(MgFe)_3\ AlSi_3O_{10}(OH)_2$		
رباعيات الوجوه الشبكية أو الهيكلية Tectosilicates	الفلسبار Feldspar الأورثوكلاز Orthoclase	$KAlSi_3O_8$		١:٢
	البلاجيوكلاز Plagioclase	$(CaNa)\ Al_2Si_2O_8$		

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 $(Si_2O_7)^{6-}$ وتوجد في اللوسونيت والإبيدوت.
- **بنية حلقية Cyclosilicates:** تشترك ثلاث أو أربع أو ست من رباعيات الوجوه مشكلة هذه البنية، وتختلف صيغتها تبعاً لعدد الرباعيات المتشاركة، مع بقاء النسبة بين السيليكون والأكسجين ثابتة وتساوي١:٣، وهي تميز معادن التورمالين والوالاستونيت والبيريل.
- **البنية السلسلية Inosilicates :** تكون بصورة سلسلة مفردة أو مضاعفة.

أ- السلسلية المفردة: تميز معادن البيروكسين صيغتها $(Si_2O_6)^{4-}$ ونسبة Si إلى O = ١:٣ وبالتالي فإن كل شاردة من السيليكون تحتاج إلى شحنتين لإشباعها.

ب- السلسلية المضاعفة أو الشريطية Band Silicates: توجد في الأمفيبول، صيغتها $(Si_4O_{11})^{6-}$ وهنا تحتاج كل شاردة من السيليكون إلى شحنة ونصف لإشباعها.

- **البنية الورقية أو الصفيحية 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 $(Si_4O_{10})^{4-}$ وهنا انخفضت نسبة Si إلى O لتساوي ٢,٥:١ ولم تبق سوى شحنة سالبة مقابل كل شاردة سيليكون.
- **البنية الهيكلية Tectosiliates:** تتوزع رباعيات الوجوه في شبيكات ثلاثية الأبعاد، إذ تتشارك 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 يحلُّ الألمنيوم ثلاثي التكافؤ بدلاً من السيليكون رباعي التكافؤ، مما يؤدي إلى تشكيل مجموعة السيليكات الألومينية وظهور الشحنات السالبة التي لاتلبث أن تشبع 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 ذرّة من الألمنيوم لتكونت الصيغة $(AlSi_3O_8)^-$ تحوي شحنة سالبة، وعند إشباعها بالبوتاسيوم يتكون معدن الأورثوكلاز $KAlSi_3O_8$ وإذا أشبعت بالصوديوم، تكوّن الألبيت $Na\ AlSi_3O_8$ 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 حجومها. وتقسم الشوارد تبعاً لأنصاف أقطارها في ثلاث مجموعات: صغيرة ومتوسطة وكبيرة، وتستطيع ذرات أو شوارد المجموعة الواحدة التبادل معاً لتكوين مايسمى بالمحاليل الصلبة Solid Solutions.

أ – شوارد صغيرة: Al, Si أنصاف أقطارها من ٠,٣٩ - ٠,٥١ Å وعموماً أقل من ٠,٦ Å

ب – شوارد متوسطة وتضم تحت مجموعتين:

Fe, Mg أنصاف أقطارها من٠,٦٦ – ٠,٧٤ Å وعموماً من ٠,٦ – ٠,٨ Å

Na, Ca أنصاف أقطارها من٠,٩٧–٠,٩٩ Å، وعموماً، من ٠,٨ – ١,٠ Å

ج– شوارد كبيرة:F,OH,K أنصاف أقطارها نحو 1.34Å وعموماً أكبر من 1.3 Å.

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

تحتل ثمانية الوجوه Octahedron المرتبة الثانية من حيث انتشارها، إذ تكون بصورة ثمانية وجوه ألمنيوم هيدروكسيلية $Al(OH)_6^{3-}$، وتدخل مستقلة في بنية كثير من المعادن، كما هو الحال في الجبسيت $Al(OH)_6^{3-}$ 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 الإختلافات شدة إذا علمنا أن ألمنيوم 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 تترتب الشوارد أو الذرات في البلّورة بشكل منتظم في جميع الإتجاهات وفق شبيكة بلورية lattice تتكرر بانتظام.

والبلّورة جسم صلب متجانس ذو وجوه مستوية غالباً، تتصف بجملة من عناصر الشكل تشمل الحواف والرؤوس والوجوه والزوايا بين الوجوه التي تعد أهمها. كما أن للبلّورة 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 فيتكرر 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

ـ المعادن الأولية في الترب

ـ أهم المعادن الأولية

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

التركيب المعدني للتربة
Soil Mineral Composition

المعادن الأولية في الترب:

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 أوالاتحادات، 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 الوزنيَّة في معظم الترب، بينما تسود الثانوية منها في ترب المناخات الحارّة الرطبة، كالترب الحمراء أو القرميدية، نتيجة شدّة التجوية.

يتوضع القسم الأكبر من المعادن الأولية في الحبيبات الخشنة، كالحصى والرمل والغبار، وتتصف بشبيكة بلورية غير متحركة، وليس لها مقدرة على الإحتفاظ 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 التربة 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؛ كالفوسفور والبوتاسيوم والكبريت والكالسيوم والمغنيزيوم، إضافة إلى كثير من المغذيات الصغرى، مثل الحديد والنحاس والزنك وغيرها.

أهم المعادن الأولية

لقد سبقت 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 التربة، إذ تشكل٥٥% من وزن القشرة الأرضية و١٠- ١٥% من وزن التربة. وهي تنسب تبعاً لموقع الألمنيوم فيها إلى السيليكات الألومينية، ويمكن إعتبارها أملاحاً لحمض متعدد السيليكات $H_4 Si_3O_8$.

تمتاز أفراد هذه المجموعة بمقاومتها العالية للتجوية مقارنة بالسيليكات البسيطة، ويرجع هذا إلى بنيتها الهيكلية المتزنة. 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 بوساطة شوارد البوتاسيوم أو الصوديوم أو الكالسيوم مكونة بنية هيكلية متزنة، ونظراً لاختلاف نسبة الاستبدال بين السيليسيوم والألمنيوم في رباعيات الوجوه ولاختلاف الشاردة التي ستشبع الشحنات الحرة ونسبتها، تتكون عدة أنواع من المعادن ضمن هذه المجموعة تشمل :

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

ب – **الألبيت:** فلسبار صودي

ج – **الأنورتيت:** فلسبار كلسي

د – **البلاجيوكلاز:** فلسبارات صودية كلسية، تضم عدداً من المعادن تختلف فيما بينها تبعاً لنسبة الصوديوم والكالسيوم؛ وتتألف من الألبيت والأوليغوكلاز والأنديزين واللابرادوريت والبيتونيت والأنورتيت، حيث تزداد نسبة الكالسيوم والألمنيوم على حساب الصوديوم والسيليسيوم بدءاً من الألبيت وانتهاءً بالأنورتيت.

عند تجوية الفلسبار تتكون مختلف أنواع معادن الغضار وذلك تبعاً لرقم حموضة الوسط ونوع الشاردة السائدة فيه، فعادة ماينتج عن تهدم الفلسبار معادن السمكتيت، إذا كان الوسط قلوياً مع وفرة من المغنيزيوم والكالسيوم، كما تتكون الميكا المائية (الإلّيت) 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 ــ البيروكسين Amphyboles - Pyroxencs :

وهي سيليكات سلسلية Inosilictes تُعدُّ أملاحاً لحمض ميتاسيليسيك $H_2 SiO_3$ وتضم زمرتين هما البيروكسين والأمفيبول.

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

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

بيروكسين أحادي الميل: معادن أكثر أهمية وانتشاراً من السابقة، لايحتوي بعضها على ألمنيوم مثل ديوبسيد بينما يحوي بعضها الآخر ألمنيوم مثل أوجيت.

عند تجوية البيروكسينات فإنها تكوّن عدداً من المعادن أهمها الكلوريت والسربنتين ($H_4Mg_3Si_2O_9$) 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 السيليكا الثانوية أو معدن الأبال.

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

نظراً لسهولة تجوية معادن هذه المجموعة، فإنها لاتصادف 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 الصفيحية من حيث البنية، وضمن أملاح حمض الأورثوسيليسيك 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 الصفيحية حيث تتكون من ثلاث وريقات أو صفائح، اثنتين من رباعيات الوجوه السيليسية تحصران واحدة من ثمانيات الوجوه الألومينية الهيدروكسيلية، وترتبط هذه الوريقات فيما بينها بوساطة شوارد البوتاسيوم أو الصوديوم أو المغنيزيوم أو الحديد.

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

تضم مجموعة الميكا عدداً آخر من المعادن أهمها الفلوغوبيت.

رابعاً – الأليفين Olivines :

تعد معادن الأليفين أملاحاً لحمض أورثوسيليسيك صيغتها $(MgFe)_2SiO_4$ حيث تتغير النسبة بين الحديد والألمنيوم، وتدخل ضمن مجموعة السيليكات الجزرية (المنفردة) Nesosilicates. تتجوى هذه المعادن بسرعة عالية، لهذا فهي لاتوجد إلا في الترب الفتية المتكونة على صخور قاعدية أو فوق قاعدية.

خامساً– النفيلين Nephelene $(NaK)AlSiO_4$:

إن هذا المعدن هو أحد أملاح أورثوسيليسيك، يتميز ببنية هيكلية، وهو من أشباه الفلسبار Feldsparoids التي تكون أفقر بالسيليسيوم مقارنة بالفلسبار.

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 تكوين المونتموريونيت.

سادساً – الكوارتز Quartz :

يتصف ببنية هيكلية متزنة، 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 ٠٠٠١ 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.

تودي السيادة المطلقة للكوارتز في المواد الأم والترب إلى انخفاض مستوى خصوبتها بدرجة كبيرة. يعد الكوارتز في الترب المحلّية (غير المنقولة)، 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 Apatite $Ca_5 (F.Cl) (PO_4)_3$:

معدن غير سيليكاتي، شديد الثبات يدخل في تركيب الصخور الاندفاعية، ويعدُّ أهم المصادر الطبيعية لتصنيع الأسمدة الفوسفاتية وبخاصة السوبرفوسفات؛ حيث يتم معاملة 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 الترب.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الخامس

المعادن الثانوية غير المتبلورة والذوابة في الماء

ـ المعادن الثانوية غير المتبلورة وخفية التبلور

ـ المعادن الذوّابة في الماء

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

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

تؤدي تجوية المعادن الأولية إلى تكوين محاليل وحلالات وهلامات من السيليكا المائية وأكاسيد كل من الألمنيوم والحديد والمنغنيز المبلورة 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 انتثار عالية وقد تكون متبلورة أو خفية التبلور أو غير متبلورة amorphic.

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 ستنعكس 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 لاتدوم طويلاً، فمع مرور الزمن، قد تتحول إلى حالة بلورية، فمثلاً لاتبقى كربونات الكالسيوم حديثة الترسب بحالة غير بلورية سوى بضع ساعات، لا تلبث 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 بوساطة الأجهزة البصرية، ولكنه يبدو باورياً 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 والترب.

وكقاعدة عامة فإن المياه الأرضية، الجوفية منها والنهرية، تحتوي على محاليل ممددة حقيقية أو غروية من مركبات السيليسيوم الناتجة عن تخريب السيليكات، وكذلك عن تمعدن المخلفات العضوية، إذ يراوح تركيز SiO_2 في المياه الطبيعية بين ١٠-٢٠٠ مغ/ل، ويؤدي ترسب SiO_2 وتخثرها إلى تكوين أشكال متعددة من أكاسيد السيليسيوم غير المتبلورة، لاتلبث 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 $mSiO_2.nH_2O$:** تصادف نادراً مقارنة بغيرها من أكاسيد السيليسيوم، إذ غالباً ما توجد في الترب نسب منخفضة من هلامات السيليس القابلة للحركة أومن سيليكات الصوديوم.

ب- **الأبال $SiO_2 .nH_2O$, Opal:** تلاحظ في الصخور الرسوبية والترب 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 الترب بصورة حبيبات ناعمة

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

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 وببطء شديد إلى كوارتز ثانوي.

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

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

أ ــ **الجبسيت أو الهيدرارجيليت (Hydrargillite) .Gibbsite $Al(OH)_3$:**
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 يتلّون بالبني نتيجة وجود أكاسيد الحديد، وزنه النوعي ٢,٤٣.

ب ــ **البيميت Al₂ O₃.H₂O Bochmite:** معدن غير متبلور، أو خفي التبلور عديم اللون أو أبيض مصفر، يتلون بالبني عند وجود أكاسيد الحديد، وزنه النوعي ٣,٠١-٣,٠٦، يعد مثالاً نموذجياً للبوكسيت والترب الأليتية القديمة في المناطق المدارية وشبه المدارية.

إن إحتواء الترب على نسب كبيرة من هذه الأكاسيد يعمل على تكوين بنى جيدة وعلى إضعاف الامتزاز الكاتيوني، ولكنه يقوّي الامتزاز الأنيوني.

٣- **أكاسيد الحديد:** أهم أنواعها: الليمونيت والهيماتيت والمغنيتيت، وتنتشر على نطاق واسع في قشور التجوية والترب، وتعطي الترب ألوانها البنّية 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 والترب وفي بنيتها أيضاً.

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

أ ــ **الليمونيت 2Fe₂ O₃. 3H₂O:** غير متبلور نموذجي يتغير لونه من بني أصفر إلى بني، قساوته متفاوتة بشدة؛ إذ تراوح بين ١و٥، وزنه النوعي ٣,٠-٤,٠، عندما يفقد جزءاً من مائه يتحول إلى غوتيت خفي التبلور يحوي جزيئة ماء واحدة.

ب ــ 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 ــ المغنيتيت $FeO\ Fe_2O_3$: لونه حديدي أسود، وزنه النوعي ٤,٩-٥,٢، يختلف عن سابقه بخصائصه المغنطيسية.

تعد أكاسيد الحديد عاملاً مهماً في تكوين بنى 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 المستنقعية والغدقة.

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

٥- **مجموعة أشباه الألوفان Allophanoids:** تعد أنواعاً غير بلورية من معادن الغضار، نتجت من الترسب الحديث نسبياً لمركبات السيليسيوم والألمنيوم، صيغتها العامة $L\ SiO_2.mAl_2O_3.nH_2O$ 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 الألوفان السائدة هي ذات النسبة SiO_2/Al_2O_3 = ١/٢.

تتصف هذه المعادن عادة بألوان بيضاء رمادية، إلا أن استبدال الألمنيوم بالحديد وتكوين سيليكات غير بلورية يؤدي إلى إعطاء معادن قاتمة الألوان أو حتى سوداء. تعد أشباه الألوفان معادن مميزة للترب الفتيّة 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. وتميز تبعاً لدرجة انحلالها في الماء إلى سهلة 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 تخلى الجبس عن مائه يتحول إلى انهدريت مروراً بالسيمي انهدريت، ويصبح غير ذوّاب في الماء.

٤- **الميرابيليت** : يتصف بقساوة منخفضة، وطعم مر، وهوعبارة عن سلفات صوديوم تحوي عشر جزيئات من الماء، فإذا تخلى عن مائه تحول إلى تيناردیت ليصبح أشدّ قساوة.

٥- **الكالسيت** : وهو واسع الانتشار في الطبيعة، إذ يعد المكوّن 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 الترب 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 الأراغونيت في صيغته، ويختلف عنه ببنيته البلورية إذ تكون معينية قائمة في الأراغونيت.

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- **السيديريت** : هو كربونات الحديدي، ويتكون في ظروف الإرجاع في الترب الرطبة حيث يعطيها الألوان الرمادية الخضراء المزرقة. يتحول لون هذا المعدن في حمض كلور الماء الساخن إلى أخضر مصفر نتيجة انحلاله في الحمض.

يعد وجود المعادن الذوابة في الماء من مميزات الترب 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 ترب المناطق المعتدلة.

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

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل السادس

معـــادن الغضـــار

ـ تصنيف معادن الغضار

ـ نشوء معادن الغضار

ـ الخصائص العامة لمعادن الغضار

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

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 حرّة، 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 الثمانيات مكونة المطبقة Layer، حيث تكون النسبة بين صفائح الرباعيات والثمانيات محددة في كل معدن، فقد تكون ١ إلى ١ أو ٢ إلى ١ أو غيرها.

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

تعدُّ معادن الغضار من الوجهة الكيميائية، سيليكات ألومينية مائية في المقام الأول، ثم سيليكات حديدية ومغنيزية وغيرها، صيغتها العامة $LSiO_2 . mAl_2O_3 . nH_2O$، وتعدُّ النسبة الجزيئية 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 للمطبقات:** تعتمد على عدد الصفائح ونسبها، فهناك معادن te-oc وهذا يعني ١ إلى ١، حيث تتناوب فيها صفيحة من رباعيات الوجوه مع أخرى من ثمانيات 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 يحتل المرتبة الثانية بالأهمية، وقد يكون ثابتاً في بعض المعادن ومتغيراً في البعض الآخر. وتدخل ضمن البعد القاعدي أيضاً المسافة البينية التي تفصل مطبقتين متجاورتين، وهذا البعد ثابت في الكاولينيت إذ يساوي ٠,٧٢ نانو متراً (نم) ومتغير في السمكتيت من ١-٢نم، 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 الد ل 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 لايستطيع الكاولينيت أن يد ، 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 إمتزازه الكاتيوني عالية جداً.

تكوُّن أو نشوء معادن الغضار:

تتكون معادن الغضار بإحدى الطريقتين التاليتين :

أ ــ التكوين المتبقي: يقصد به إزاحة بعض الذرات أو الشوارد من المعادن الورقية كالميكا مثلاً ليحل بدلاً عنها ذرات أوشوارد 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:

موسكوفيت $\xleftarrow{K-}$ بيت $\underset{+K}{\overset{K-}{\rightleftharpoons}}$ فيرميكوليت $\xleftarrow{Al+}$ كلوريت ثانوي

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

ب ــ 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 السيليكا والألومين 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 مايوضحه 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 الكربو ... ة، وهي تحتل الجزء المركزي من الحوض، أما في المناطق الأكثر رطوبة، كما هو الحال في الأجزاء الغربية من الحوض، حيث تنتشر الترب القرفية المغسولة والنموذجية، فكان معدن النونترونيت هو السائد في مجموعة الغضار (Abunukta 1982)، كما أثبت المؤلف وجود علاقة طردية وثابتة بين جفاف المناخ المحلي وتكوين معدن الباليغورسكيت؛ إذ وجد أن الترب الرمادية القرفية الفاتحة، 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 الترب القرفية الكربوناتية آثاراً من ذلك المعدن، ولم يلاحظ وجود الباليغورسكيت في الترب القرفية المغسولة والنموذجية.

وكان المؤلف قد حدد عام ١٩٧٠ الانتشار السائد لمعدن الإليت في مجموعة غضار الترب الكستنائية والسولونتس في سهوب روسية، بينما لايوجد 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 شريحية الشكل تشبه الميكا وقد تكون أحياناً إبرية أوليفية.

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

٤- قادرة على امتصاص الماء والمحاليل العضوية.

٥- تمتز الكاتيونات بدرجة كبيرة، فقد تصل سعة امتزازها الكاتيوني إلى أكثر من ١٥٠ مليمكا فئ/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

اسم المعدن	نسب الصفائح في الطبقة	البعد القاعدي، نم	النسبة الجزيئية $\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$ لـ	سعة الامتزاز الكاتيوني ملك/١٠٠غ عند PH=7	شكل الحبيبات تحت المجهر الالكتروني	الاسترطابية القصوى %
كاولينيت	1 : 1	0.72	2	15–3	شرائح مسدسية جيدة التشكيل، متطاولة أحياناً	4 - 2
هالويزيت	1 : 1	1.08-1.0	2	50-40	شرائح متطاولة أنبوبية	20
مونتموريونيت	2 : 1	2.0-1.0 1.4	4	150-80	صفائح سيئة الوضوح، نادراً ماتكون مسدسية، تميل للتجمع	30
إليت	2 : 1	1.0	3.5-3	40–10	سيئة الوضوح، تكون أحياناً بصورة شرائح مسدسية	13
فيرميكوليت	2 : 1	1.4-1.0 1.4	4	150-100	فتيتات انبوبية	20 ≈
كلوريت	1:1:2	1.4	4	40–10	مسدسية سيئة الوضوح	8 ≈

أهم معادن الغضار:

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

أ- مجموعة الكاولينيت: تضم إضافة للكاولينيت الديكيت والناكريت، صيغتها $Al_2(OH)_4Si_2O_5$. تنتشر بصورة واسعة في الترب الناضجة التي تعرضت لتجوية شديدة مدة طويلة في الأوساط الحامضية، وتتوافر مثل هذه الظروف في الترب الحمراء والصفراء والفرميدية في المناطق الرطبة المدارية وشبه المدارية، كما تصادف بنسب قليلة في غيرها من الترب.

خصائص مجموعة الكاولينيت :

١- حبيباتها شريحية مسدسية متطاولة، تظهر على شكل مادة ترابية بيضاء اللون.

٢- البعد القاعدي ثابت يساوي ٠,٧٢ نم، مما يعني عدم قابليتها للإنتباج أثناء ترطيبها.

٣- توجد بصورة رئيسة في الحبيبات التي تزيد أقطارها على ١مكم، رغم أنها تصادف عادة في الحبيبات التي تراوح أقطارها بين ٠,١–٥ مكم.

٤- قدرتها على [illegible] منخفضة.

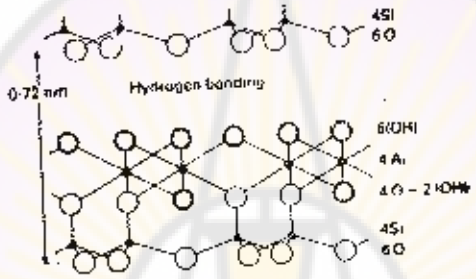
٥- تبلغ سطوح امتزازها الخارجية ٥-٤٠م٢/غ وليس لها سطوح امتزاز داخلية.

٦- لاتتعدى سعة امتزازها ٢٠ ممك/١٠٠غ.

٧- فقيرة بالقواعد والقواعد الترابية، لذلك تحتاج الترب الغنية بتلك المعادن إلى إضافة أسمدة هذه القواعد.

٨- تتهدم عند تسخينها مدة ساعتين على حرارة ٥٠٠°م، وهذا مايميزها عن الكلوريت الذي لايتهدم في الظروف المذكورة.

ويظهر الشكل (٨) مخطط البنية البلورية للكاولينيت، كما يبين الشكل (٩) صورة مجهرية الكترونية له .



شكل (٨) مخطط البنية البلورية للكاولينيت

شكل (٩) صورة للكاولينيت عن المجهر الألكتروني

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

١. لونها أبيض أو رمادي مصفر .

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

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

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

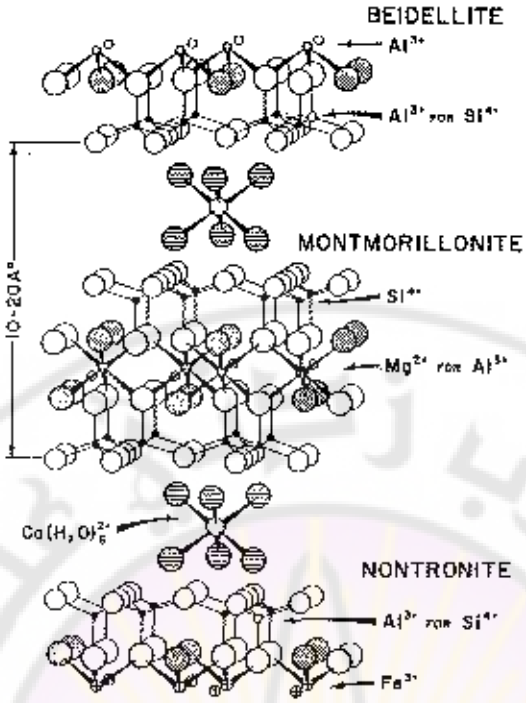
٥. تبدو حبيباتها تحت المجهر الإلكتروني بصورة إبريّة أو شريحية متطاولة.

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 الاندفاعية القاعدية وكذلك الرماد البركاني تساعد على تكوين معادن هذه المجموعة، وهذا ما يلاحظ بوضوح في ترب جنوب غرب سورية.

تضم هذه المجموعة أيضاً معدن البيديليت، وهو أغنى بالألمنيوم 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 سيِّئ الوضوح.

٢) أدق معادن الغضار وأنعمها، إذ تراوح معظم أقطار حبيباتها بين ٠,٠١ –١ مكم.

٣) سعة امتزازها الكاتيوني عالية تراوح بين ٨٠–١٥٠ ممك /١٠٠غ، ومقدرتها على امتزاز الأنيونات منخفضة جداً.

٤) يبلغ سطحها النوعي نحو ٨٨٠م٢/غ، منها ٨٠٠م٢/غ للسطوح الداخلية والباقي سطوح خارجية.

٥) تمتص الرطوبة بشراهة وتصبح عندها لدنة لصوقة وتنتبج بشدة كما تتكمش عند الجفاف وتتشقق شقوقاً عريضة عميقة تحصر بينها كتلا ترابية عالية الكثافة.

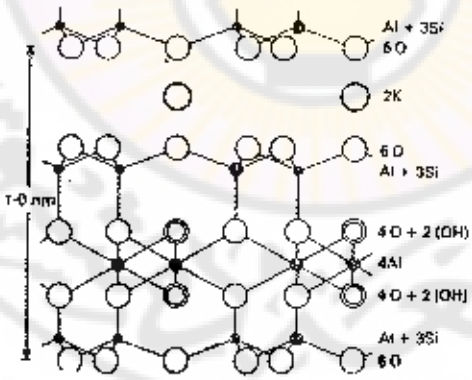
٦) يتغير البعد القاعدي من نحو ١نم عند الجفاف إلى نحو ٢نم عند الابتلال، وقد تنتبج أكثر من ذلك إذا كانت مشبعة بالقلويات مثل الصوديوم أو الأمونيوم.

٧) تحوي نحو ٤% من وزنها MgO، كما تحتوي على مختلف الكاتيونات الممتزة.

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

تتصف الترب الغنية بالسمكتيت - إذا كانت فقيرة بالدبال - بخصائص فيزيائية سيئة كارتفاع اللدونة والالتصاق، وانخفاض نفاذية الماء والهواء، وارتفاع صفة إلفة الماء، وكذلك ارتفاع مقدرتها على تثبيت الفوسفات، أما إذا ترافق وجود السمكتيت مع وجود نسبة واضحة من المعادن الأولية والدبال فإن 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 الترب، عدا ترب المناطق المدارية المتكونة على صخور قاعدية. وتشكل نسبة كبيرة في حبيبات التربة التي تقل أقطارهـا عن ١-٢ مكم. 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 ٢٠-٤٠ممك /١٠٠غ .

٣) يكون ولعها بالماء ولصوقها وانتباجها أقل كثيراً مقارنة بالسمكتيت.

٤) البعد القاعدي ثابت ويساوي ١,٠ نم.

٥) مقدرتها في تثبيت الفوسفات أقل مقارنة بالسمكتيت.

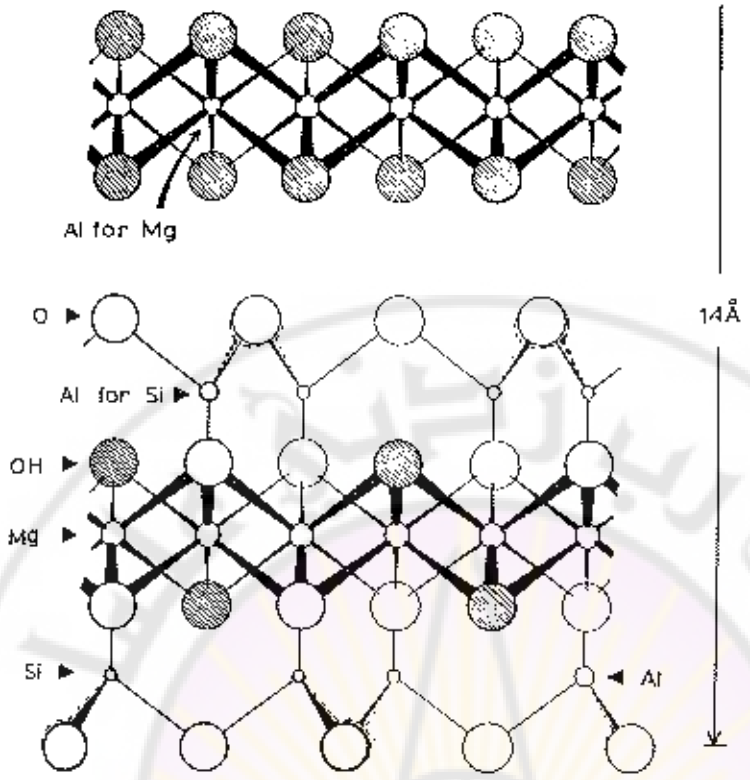
٦) غنية بالبوتاسيوم والمغنزيوم، حيث تستطيع النباتات الإستفادة منهما عند تحررهما.

ج- مجموعة الفيرميكوليت : 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 نم عند انتباجها، كما أن سعة امتزازها أعلى إذ تراوح بين ١٠٠-١٥٠ ممك/١٠٠غ، ويراوح سطحها النوعي بين ٦٠٠-٨٠٠م٢/غ عندما يبلغ بعدها القاعدي ١نم.

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 نم، يبلغ سطحه النوعي ٧٠-١٥٠م٢/غ وسعة أمتزازه الكاتيوني ١٠-٤٠ ممك /١٠٠ غ.

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



شكل (١٢) مخطط البنية البلورية للكلوريت

رابعاً – المعادن السلسلية ــ الشريطية :

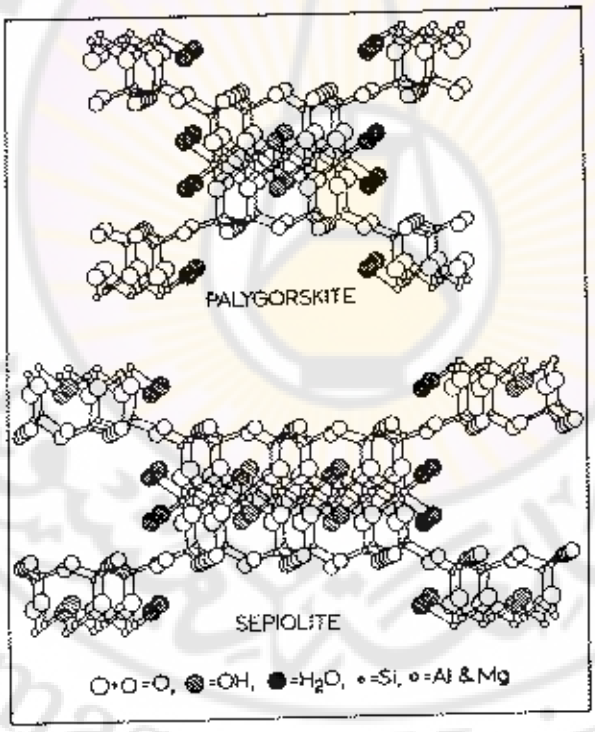
أكثرها انتشاراً معدن الباليغورسكيت والسيبيوليت، وهي سيليكات مغنيزية ألومينية حديدية، ليفية البنية، إذ تتألف من سلاسل مضاعفة من رباعيات الوجوه السيلسية، توجد على طولها أنابيب دقيقة من الماء، شكل (١٣)

تصادف هذه المعادن غالباً في قشور تجوية الصخور القاعدية والرماد البركاني، وهي من مميزات ترب المناطق الجافة. يشبه الباليغورسكيت معدن المونتموريونيت 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 و١٩٩٤ إلى أن هذا المعدن واسع الانتشار وبنسبة عالية في الترب الرمادية القرفية الفاتحة في جنوب شرق

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

يبلغ البعد القاعدي لهذا المعدن ١٠,٩٧ نم، وتراوح سعة امتزازه بين ٥-٣٠ ممك /١٠٠غ. وإن وجود مثل هذا المعدن بنسبة كبيرة سيعمل على ارتفاع نسبة المغنزيوم الممتز في الترب ومالذلك من آثار سلبية، إذ يؤدي إلى قلوية الترب.

تضم هذه المجموعة أيضاً معدن البلومبيريت، وهوسيليكات كالسيوم، والسابونيت، وهو سيليكات مغنزيوم، ويوجدان غالباً في الترب القلوية والمالحة الصودية.



شكل (١٣) مخطط البنية البلورية لكل من الباليغورسكيت والسيبيوليت

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل السابع

الصخور ودورها في تكوين الترب

ـ الصخور النارية

ـ الصخور المتحولة

ـ الصخور الرسوبية

ـ المواد الأم المكونة للتربة

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

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 صخراً 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 ترث كثيراً من خصائصها عن الصخور الأم؛ فالحجر الرملي مثلاً يعطي تربة رملية فقيرة بالعناصر الغذائية، أما الصخور الطينية أو حتى البازلتية فغالباً ما تشكل تربةً طينية غنية عادة بتلك العناصر، لذلك تتباين الترب المتكونة على صخور مختلفة حتى وإن نشأت في ظروف مناخية وحيوية متماثلة.

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

أولاً: الصخور النارية Igneous rocks:

تنشأ هذه الصخور من تبرد الصهارة أو المغما Magma وتصلبها، على أعماق مختلفة تحت سطح الأرض. والمغما 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

بوجود نوعين من الصهارة، حامضية غرانيتية و قاعدية 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، وتصعد في شقوق القشرة الأرضية إلى مسافات مختلفة. ويلعب العمق الذي تتبرد فيه تلك الصهارة دوراً بارزاً في البنية البلورية للصخور؛ ففي الأعماق السحيقة يكون التبرد بطيئاً؛ مما يتيح مجالاً لنمو البلورات في الصخور العميقة أو الباطنية Plotunic 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 والليباريت 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 هوية الصخرومنشئه وتصنيفه. ويقصد بالبنية شكل مكونات الصخر من معادن وحطع 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 أمورفية.

تتصف الصخور تامة التبلور بظهور معادنها بصورة حبيبات بلورية أوبلورات 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 أجنّة بلورية.

نسيج الصخور النارية I.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 والتطبق و غيرها.

يقسم نسيج الصخور إلى الأنواع التالية:

١ – كتلي massive texture: يتصف بتوزع حبيبات المعادن بصورة منتظمة متجانسة، وهو ما يميّز الصخور العميقة.

٢ – مسامي porous t.: يتصف باحتوائه على فراغات تشاهد بالعين المجردة وهو يميّز الصخور السطحية.

٣ – غير منتظم: يتصف بتوزع حبيبات المعادن عشوائياً داخل الصخر.

التركيب الكيميائي والمعدني للصخور النارية:

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

Damascus University

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_2O_3	١٣,٦	١٧,٣	١٥,٩	٣,١٤	٢١,٨
Fe_2O_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_2O	٢,١	٤,١	٠,٣	٠,٣	٧,٠
Na_2O	٣,٧	٤,٣	٢,٣	١,٢	٨,٦

تصنيف الصخور النارية: تقسم الصخور النارية عموماً إلى صخور عميقة وأخرى سطحية، ويتمثل الإختلاف 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 (٨و٩) تصنيف الصخور النارية وأهم خصائصها.

جدول (٨) الصخور النارية العميقة وأهم خصائصها

درجة الحموضة	SiO_2 %	درجة التشبع	اسم الصخر	اللون السائد	البنية (تامة التبلور)	المعادن الرئيسة
حامضية	٦٥ ٧٥	فوق مشبعة	غرانيت بغماتيت	وردي، رمادي	حبيبية، شبه بورفيرية بغمائية	فلسبار صودي وبوتاسي ٦٠–٦٥%، كوارتز ٣٠-٣٥%، ملونة: ميكا، هورنبلند، أوجيت ٥–١٥%
متعادلة	٥٢ ٦٥	مشبعة	سيانيت	رمادي، وردي	حبيبية، شبه بورفيرية	صفاح صودي وبوتاسي، حبيبات متفرقة من الكوارتز تصل حتى ٨%، ميكا، أوجيت وهورنبلند.
			ديوريت	رمادي قاتم (أخضر بني)	حبيبية	بلاجيوكلاز متعادل وحامضي (حبيبات متفرقة من الكوارتز)، هورنبلند، وميكا.
قاعدية	٤٥ ٥٢	مشبعة	غابرو لابرودوريت	قاتم	حبيبية	بلاجيوكلاز قاعدي، أوليفين وبيروكسين.
فوق قاعدية	أقل من ٤٥	مخدومة	دوليت بيريدوتيت	بني أسود	حبيبية	أوليفين، بيروكسين (يمكن أن يصادف المغنيتيت، وكلوريت).
قلوية	نحو ٥٥		سيينيت نيفيلي	رمادي فاتح (زهري أو مخضر)	حبيبية ضخمة	أورثوكلاز أوميكروكلين، ألبيت وتيفيلين، هورنبلند، بيروكسين قلوي وبيوتيت.

جدول (٩) الصخور النارية السطحية وأهم خصائصها

درجة الحموضة	اسم الصخر	اللون السائد	البنية (غير تامة التبلور)	المعادن الرئيسة
١ — حامضية	ليباريت، بورفير كوارتزي اوبسيديان	رمادي فاتح بني محمر	بورفيرية زجاجية، زجاجية	فلسبار صودي وبوتاسي ٦٠–٦٥%، كوارتز ٣٠-٣٥%، ميكا، هورنبلند، أوجيت ٥–١٥%.
٢ — متعادلة	انديزيت، تراكيت، اورتوفير	رمادي، بني محمر	بورفيرية (خشنة السطح)	فلسبار صودي وبوتاسي (حبيبات متفرقة من الكوارتز تصل حتى ٨%)، ميكا، أوجيت، هورنبلند.
٣ — قاعدية	بازلت، دياباز	أسود تقريبا أخضر بني	بورفيريه حبيبية دقيقة	بلاجيوكلاز قاعدي، أليفين، بيروكسين.
٤ — فوق قاعدية	بيكريت	أسود مخضر	حبيبية متوسطة	أليفين، بيروكسين (يمكن أن يصادف مغنيتيت، وكلوريت).
٥ — قلوية	فونوليت	رمادي فاتح	كثيفة (كتيمة)	أورثوكلاز أوميكروكلين، ألبيت، تيفيلين، هورنبلند وبيروكسين قلوي، بيوتيت.

أنواع الصخور النارية:

آ – الصخور الحامضية Acidic rocks:

تضم الغرانيت والليباريت والبغماتيت وغيرها، وتتصف بغناها بالسيليكا، 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، وتحوي 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 الترب 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 الترب المتكونة عن هذه الصخور، وتصبح الترب شديدة الحموضة نتيجة غسل القواعد و القواعد الترابية خارج حدود التربة بوساطة مياه الهطل.

ب – الصخور المتعادلة Neutral rocks:

يندرج ضمنها الأنديزيت والسينيت والديوريت وغيرها، تـراوح 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 قاتمة نتيجة التجوية.

يكون نسيج هذه الصخور كتلياً وأحياناً كروياً أو لوزياً حيث تمتلئ 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

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

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

لا تشكل الصخور القلوية Alkaline rocks أكثر من١% من مجموع الصخور النارية، وهي غنية بالمعادن القلوية كالنيفيلين واللوسيت وغيرهما.

تبلغ نسبة انتشار الصخور الحامضية ٤٧% والأنديزيت٢٤% ويحتل البازلت المرتبة الثالثة بنسبة ٢١ % من الصخور النارية.

ثانياً: الصخور المتحوّلة .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 تتهدم 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 الرئيسة في التحول. ويمكن القول أن هذه الصخور تشبه النارية في بعض صفاتها؛ كالبنية البلورية، وتشبه الصخور الرسوبية في صفات أخرى، مثل التطبق.

ويوجد ثلاثة أنواع رئيسة 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 بالميكا مع تطبق شديد الوضوح.

٣ – **الرخام Marble:** صخر متحول عن الحجر الكلسي، ويتألف بصورة رئيسة من الكالسيت، كما قد يضم الدولوميت والكوارتز والفلسبار وغيره.

لون الصخر النقي أبيض، لكن وجود الشوائب تكسبه ألواناً متباينة. ويسهل خدش الرخام بوساطة السكين، وهو يفور 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 تكوّن 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 سم٢ من سطح الأرض وتكون منها وسطياً نحو ١٧٠ كغ/سم٢ من الصخور الرسوبية. ومن معرفة مساحة الكرة الأرضية البالغة نحو ٥١٠ مليون كم٢، 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 التكشفات الصخرية في الجبال يمكن أن تكون صخوراً رسوبية.

وتمر 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 – تصخُر 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 تكوينها 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 خلائط 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 الترب، 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:** تتغطى عادة التضاريس المنبسطة والمنحدرات الخفيفة من اليابسة بتوضعات من الصخور الرسوبية القارية بمختلف أنواعها. وتظهر كقشرة تجوية تغطي الصخور النارية والبحرية، كما تكّون أغلفة في أسفل السفوح الجبلية وأماكن ترسبات التيارات المائية الجبلية، وفي الوديان القديمة ودالات الأنهار. لقد انتقلت هذه الصخور وانتشرت مع حركة الثلاجات

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، ويعدُّ 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 (٠,٩ ـ ١,٦ غ/سم٣) عالية المسامية، واضحة التطبق، ومع مرور الوقت، تصبح أكثر تماسكاً والتحاماً، وتزداد كثافتها لتصل (١,٩ – ٢ غ/سم٣) ويتناقص أو ينعدم 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 الحجوم 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:

آ – الأنقاض الحطامية: هي صخور وحجارة وحصى الركام الجليدي أو السفحي بمختلف حجومها إذ تزيد أقطارها على ٢ مم.

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

حديدي أو غضاري وغيرها. وهذا ما يميزها عن البريش Breccia المؤلفة 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 والجداول وكذلك بفعل الرياح.

عندما تتماسك الرمال بوساطة 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. يصادف الحجر الرملي بصورة تجمعات متراصة في مختلف الظروف القارية والبحرية.

جـ – الغرين Silt: تقع أقطار حبيباته بين الرمل والغضار (٠,٠٠٢ – ٠,٠٥مم)، 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 والدالات. وقد تحتوي هذه الرواسب على أملاح سهلة الذوبان، أو على تجمعات من مركبات الحديد والألمنيوم وتدرنات أو طبقات من الكلس أو الجبس.

تتصف الصخور الطينية عموماً بتطبقها 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 والسيليكا 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 وغيرهما 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 الناشئة 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 اصل نباتي، حيث تتجمع في قيعان البحيرات وضفافها بصورة خث (Peat).

وإن تراكم طبقات ضخمة من المخلفات النباتية قد تتحول إلى ليغنيت 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 والآزوت

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

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

أنواع الصخور الرسوبية:

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

١ – **الحجارة الكلسية Limestones:** تتألف من كربونات الكالسيوم بنسبة تزيد عادة على ٩٥ % بصورة كالسيت 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 متراصة أو مفككة، يسهل خدشها بالسكين، تفور عند معاملتها بحمض كلور الماء الممدد، لونها متنوع نظراً لاختلاف الشوائب فيها، فقد يكون اللون أبيضَ أو مصفراً أو رمادياً قاتماً أو حتى أسود.

٢ – **الطباشير Chalks:** صخور ترابية طرية سهلة التفتت، لونها أبيض أو مصفر، تحوي نحو ٩٠ – ٩٩ % كالسيت، لذا فهي تفور بشدة عند معاملتها بحمض كلور الماء الممدد. يغلب في تركيبها المخلفات الكلسية للكائنات الدقيقة، وأهمها المُثَخْرِبات Foraminifera والطحالب مختلطة مع مساحيق من الكالسيت والغضار، كما تحوي البقايا السيليسية للمشطورات Diatoms؛ وهي طحالب مجهرية وحيدة الخلية جدرها 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 سائبة أو حتى ترابية، ألوانها متعددة وغالباً ما تكون رمادية أو مصفرة لكنها قد تصبح قاتمة. لا تفور عند معاملتها بحمض كلور الماء الممدد أو قد يكون تفاعلها ضعيفا.

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 الترب 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 جدرها من السيليس، بصورة أبال أوكالسيدوني أو كوارتز ثانوي، وتستطيع تلك الأحياء العيش على أعماق مختلفة في المياه.

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

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

جدول (١٠) التركيب المعدني لبعض الصخور الرسوبية

الصخر	المعادن الرئيسة % وزنية
١ – الطفل Shale	كوارتز ٣٠، فلسبار ١٢، ميكا ١٨، كاولينيت ١٢
٢ – الحجر الرملي Sandstone	كوارتز أكثر من ٧٠، فلسبار 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_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	CO_2	H_2O
١ – الطفل	٥٨,٩	١٥,٦	٤,١	٢,٥	٣,١٥	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 الترب 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 (الهيبوطيات) Deluvial d.:** هي ما يتجمع أسفل المنحدرات الخفيفة، نتيجة انجراف نواتج التجوية بالسيح السطحي لمياه الأمطار. ومن أهم مميزاتها تطبقها 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 وأسرة 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 الطمية 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 بتطبقها الواضح وبفرزها الميكانيكي، وقد يلاحظ فيها عروق حمراء أو بنية أو رمادية مخضرة بدرجات متفاوتة. يُعد 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 متجانسة في معظم الأحيان، إذ تسود فيها حبيبات الرمل الناعم الذي يغلب في تركيبه الكوارتز.

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

٧ – **اللوس (الطيس) Loess:** يتكون من حبيبات دقيقة كربوناتية 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 يضعف دور العاملين الحيوي والمناخي.

ولقد سبقت الإشارة إلى أن التربة ترث 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 مبسَّطاً للصخور الأم تبعاً لتركيبها الكيميائي، إذ تقسم إلى تسعة أنواع.

جدول (١٢) تصنيف الصخور الأم استناداً إلى تركيبها الكيميائي

النـــــوع	التركـــيب %
١ – فوق قاعدية	٩٠ < Ferromags (حديدية مغنيزية)
٢ – قاعدية	٩٠ – ٤٠ Ferromags ٥٥ – ٤٥ SiO_2
٣ – متعادلة (متوسطة)	٤٠ – ٢٠ Ferromags ٦٥ – ٥٥ SiO_2
٤ – حامضية	٢٠ – ٥ Ferromags ٨٥ – ٦٥ SiO_2
٥ – شديدة الحموضة	٥ > Ferromags
٦ – كربونائية	
كربونائية خفيفة	٥ – ١ $(Ca + Mg) CO_3$
كربونائية معتدلة	٢٠ – ٥ $(Ca + Mg) CO_3$
كربونائية شديدة	٥٠ – ٢٠ $(Ca + Mg) CO_3$
كربونائية سائدة	٥٠ < $(Ca + Mg) CO_3$
٧ – سلفائية	
سلفائية خفيفة	٥ – ١ $Ca SO_4$
سلفائية معتدلة	٢٠ – ٥ $Ca SO_4$
سلفائية شديدة	٥٠ – ٢٠ $Ca SO_4$
سلفائية سائدة	٥٠ < $Ca SO_4$
٨ – مالحة	
مالحة خفيفة	٥ – ١ أملاح سهلة الذوبان
مالحة معتدلة	٢٠ – ٥ أملاح سهلة الذوبان
مالحة شديدة	٥٠ – ٢٠ أملاح سهلة الذوبان
مالحة سائدة	٥٠ < أملاح سهلة الذوبان
٩ – عضوية	
عضوية خفيفة	٥ – ١ مادة عضوية
عضوية معتدلة	٢٠ – ٥ مادة عضوية
عضوية شديدة	٥٠ – ٢٠ مادة عضوية
عضوية سائدة	٥٠ < مادة عضوية

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثامن

تجويـــة الصخـــور والمعـــادن

ـ التجوية الفيزيائية

ـ التجوية الكيميائية

ـ التجوية الحيوية

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

تجويـــة الصخـور والمعـادن
Rocks & minerals weathering

التجوية:

تعني كلمة التجوية هنا، تعرّض الصخور ومعادنها للعوامل الجويّة، وتتضمن جملة التغيرات الميكانيكية والكيميائية التي تطرأ على الصخور والمعادن، تحت تأثير الأغلفة الجويّة والمائية والحيوية. وتعدُّ 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:

آ – 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: متبقّية 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 تجرى العمليتان معاً، ويصبح الانتقال من إحداهما 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 – فيزيا – ميكانيكية، ٢ – فيزيا – كيميائية وكيميائية، ٣ – بيوكيميائية وبيولوجية. وهذه الآليات متداخلة ومرتبطة معاً.

أولاً: التجوية الفيزيا – ميكانيكية Physico – mechanical w.:

يندرج تحت هذه التجوية، تحطم الصخور والمعادن وتفتتها دون تغيير في تراكيبها الكيميائية. وتتم 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 تكشُّف تلك الصخور على سطح الأرض، يقل مقدار الضغط الواقع عليها فتبدأ الصخور بالتشقق إلى طبقات موازية سطح الأرض، وتدعى هذه العملية بالتصفُّح Sheeting، إذ تبلغ سماكة الصفائح القريبة من السطح بضعة سنتمترات، 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 وتقشر 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.

ويسرّع هذه العملية احتواء الصخر على معادن متباينة في معاملات تمددها الحجمية، وفي هذه الحالة ستؤول الصخرة إلى التحطم 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 تعرّض 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 الانفصام.

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 وتنعدم 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 ١,٥كغ/سم^{٢}

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

٤ – **تجمُّد الماء:** عند تجمد الماء في شقوق الصخور ومسامها، يتمدد بمقدار عُشر 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، فنمو البلورات في حيّز مغلق يولّد 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 تميه بعض المعادن كالأنهدريت $CaSO_4$ مثلاً يحوله إلى جبس $CaSO_4. 2H_2O$ ليزداد حجمه بمقدار ثلث حجمه الأصلي، أو تحول التيناردیت Na_2SO_4 إلى ميرابيليت بعد أن يضم عشر جزيئات من الماء $Na_2SO_4. 10\ H_2O$ ولا يغفل في هذا المجال الدور الفعّال 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 الشيبيات مسام الصخور الصلدة.

بفعل التجوية الفيزيامیكانيكية، 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 وتشبُّع 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 ١٠° م، وهذا يفسِّر 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 ـ الإماهة Hydration: تعبّر 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 الشبيكة البلورية للمعدن. ومن المعادن الأولية التي تتعرض للإماهة المباشرة، البيوتيت؛ إذ يمتص الماء بين مطبقاته (رزمه) مؤدياً إلى انتباج 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 غوتيت ثم إلى ليمونيت مع استمرار عملية الإماهة حسب المعادلتين التاليتين:

(غوتيت) $Fe_2O_3 + H_2O \rightarrow Fe_2O_3 . H_2O$ (هيماتيت)

(ليمونيت) $2Fe_2O_3 + 3H_2O \rightarrow 2Fe_2O_3 . 3H_2O$

كما يتميه الأنهدريت غير الذواب في الماء إلى جبس أكثر قابلية للذوبان حسب المعادلة التالية: $CaSO_4 + 2H_2O \rightarrow CaSO_4 . 2H_2O$

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. وتعدُّ 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 المميهة بنسبة تراوح بين ٥٠ ـ ١٥٠ % من حجمها الأصلي، وغني عن القول ما لهذه الزيادة في الحجم من أهمية في تجوية المعادن.

٢ – **التحلل المائي Hydrolysis:** وتُعدُّ 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) ــ الداخلة في بلورات المعادن الأولية وبخاصة السيليكات ــ بشوارد هيدروجين الماء أو المحاليل المائية لتشكيل مجموعات هيدروكسيل في تركيب تلك المعادن أو هيدروكسيدات منفصلة حسب المعادلة التالية:

$$NaAlSi_3O_8 + HOH \rightarrow HAlSi_3O_8 + NaOH$$

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:

$$2HAlSi_3O_8 + HOH \rightarrow Al_2Si_2O_5(OH)_4 + 4SiO_2$$

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

$$CaAl_2Si_2O_8 + 2HOH + CO_2 \rightarrow Al_2Si_2O_5(OH)_4 + CaCO_3$$

وهذا ما يفسِّر إمكان تكوّن 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 تحوّل 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:

$$Al_2Si_2O_5(OH)_4 + 4H_2O \rightarrow Al_2O_3 . 4H_2O + 2SiO_2 . 4H_2O$$

وتدعى عملية تهدم 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 تهدم تلك المعادن .

وخلال التحلل المائي للفلسبار ذي البنية الهيكلية، 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 تهدم تام للمعادن؛ فعندما تزاح شوارد الألمنيوم من رباعيات الوجوه فإنها ستترك عدداً كبيراً من الروابط الحرة التي لا تلبث أن تشبع كلٌ منها بصورة فردية بشاردة هيدروجين، علماً أن الروابط بين شوارد الهيدروجين ضعيفة مما يعمل على تهديم بنية المعدن.

يتأثر معدل هذه العملية وفعاليتها بعدد من العوامل،منها : السطح النوعي للمعادن، pH الوسط، حجم الماء وسرعة حركته في الفتات 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 المتسرّبة 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 ولدرجة 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 كثيرٍ 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:

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightleftharpoons Ca(HCO_3)_2$$

إن بيكربونات الكالسيوم المتكونة أكثر قابلية للانحلال في الماء مقارنة بالملح الأصلي. والتفاعل السابق عكوس، 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:

$$Na_2SiO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow Na_2CO_3 + SiO_2$$
$$Na_2S + CO_2 + H_2O \rightarrow Na_2CO_3 + H_2S$$

كما سبقت الإشارة إلى مشاركة ا لكربنة مع التحلل المائي وتأثيراتهما في المعادن.

٥ – **الأكسدة Oxidation:** تعرض كثيرمن 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:

$$2FeS_2 + 7O_2 + 2H_2O \rightarrow 2FeSO_4 + 2H_2SO_4$$
$$12FeSO_4 + 3O_2 + 6H_2O \rightarrow 4Fe_2(SO_4)3 + 4Fe(OH)_3$$
$$2Fe_2(SO_4)_3 + 9H_2O \rightarrow 2Fe_2O_3 + 3H_2O + 6H_2SO_4$$

تتصف النواتج الجديدة بأنها أكثر عرضة للتجوية من مكوناتها الأصلية. ويمكن أن يتم تأكسد الحديد داخل الشبيكة البلورية أو خارجها، فإن تمّ داخل الشبيكة فإنه سيخلّ 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 إماهة الأليفين وتكوين السربنتين حسب المعادلتين التاليتين:

$$MgFeSiO_4 + 2H_2O \rightarrow Si_2O_5Mg_3(OH)_4 + SiO_2 + 3FeO$$
أوليفين سربنتين

$$2FeO + 1/2O_2 \rightarrow Fe_2O_3$$

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 الحديدي القابلة للحركة، وبخاصة بيكربونات الحديدي 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 تكوُّن 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 نحو ٧ – ٥٦ مغ/ل بمتوسط ≈ 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 السلكنة، وهي واسعة الانتشار في الطبيعة وبخاصة في الصخور الرسوبية مثل الحجر الكلسي والجبس، كما تدخل في كثير من النباتات المتصخرة Phytoliths. كما تعمل السلكنة على تكوين كثير من معادن الغضار حسب المعادلة التالية:

$$\text{سمكتيت} \underset{+SiO_2}{\overset{SiO_2-}{\rightleftharpoons}} \text{كاولينيت} \underset{+SiO_2}{\overset{SiO_2\cdots}{\rightleftharpoons}} \text{جبسيت}$$

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

نتيجة التجوية الكيميائية تحدث تغيرات متعددة في المعادن، وتتهدم شبكاتها 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 الترب.

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

ونتيجة عملية النترجة يتكون حمض الآزوت، 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 Meghatcrium تخرّب الفلسبار، أما فطور البنسيليوم فإنها تطرح حموض عضوية تعمل على تخريب المعادن الأولية.

وتجدر الإشارة إلى أن الحزازيات لا تخرب المعادن كيميائياً فحسب، وإنما ميكانيكياً أيضاً وذلك باختراق هيفاتها من خلال سطوح الانفصام 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 والتيتانيت 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 (١٣) مرتبة بصورة تصاعدية عن جاكسون (Jackson 1968).

جدول (١٣) مقاومة حبيبات المعادن للتجوية.

١ – جبس، هاليت.
٢ – كالسيت، أراغونيت، دولوميت، أباتيت.
٣ – أليفين، هورنبلند، أجيت، ديوبسيد.
٤ – بيوتيت.
٥ – ألبيت، أنورثيت، ميكروكلين، أورثوكلاز، زجاج بركاني.
٦ – كوارتز.
٧ – موسكوفيت، إليت.
٨ – فيرميكوليت.
٩ – سمكتيت.
١٠ – كلوريت بيدولوجي.
١١ – ألوفان.
١٢ – كاولينيت، هالويزيت.
١٣ – جبسيت، 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، وتسود 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 الترب بانخفاض مستوى خصوبتها.

كما وضع غولديش مخططاً يبين ثبات المعادن في العوامل الخارجية، شكل (١٤) التالي:

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 يتحكّم المناخ بصورة مباشرة في سرعة التجوية ونوعية النواتج 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 والسيليكا في السيليكات الألومينية الثانوية المتكونة، وتزداد فيها نسبة الأكاسيد نصف الثلاثية، وعند انخفاض نسبة السيليكا ستتكون معادن خالية منها، بصورة أكاسيد الحديد والألمنيوم المائية مثل الغوتيت $Fe_2O_3 . H_2O$ والهيدرارجيليت $Al(OH)_3$.

ويبين الجدول (١٤) دور المناخ في التجوية عن **Ramann**.

المنطقة المناخية	متوسط حرارة التربة م°	تشرد الماء النسبي Dissosiation	مدة التجوية السنوية 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 الرئيسة للتجوية إلى النمطين التاليين:

١ – **التجوية السيالية 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 والبوتاسيوم والمغنزيوم فقد تغسل بدرجة أقل من سابقاتها، ونتيجة لذلك يزداد محتواها نسبياً في نواتج التجوية.

في هذه التجوية تتكون بصورة رئيسة معادن الغضار مثل، السمكتيت والإليت والكاولينيت.

٢ – **التجوية الألّيتية Allitic:** 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 وغوتيت وغيرها.

وعلى هذا الأساس يلاحظ اختلاف شديد بين التجوية السيالية والألّيتية، ففي النمط الأول تجري العملية بدرجة أبطأ كثيراً، إضافة إلى فقد قليل للسيليكا المرتبط، بينما يحفظ القسم الباقي منها في نواتج التجويةبصورة سيليكات ألومينية ثانوية، وهنا تغسل القواعد وبخاصة Kو Mg جزئياً ليدخل الباقي في السيليكات الألومينية الثانوية. أما في التجوية الألّيتية 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 هشة لدرجة يمكن قطعها بسهولة بالسكين أو حتى تفتيتها باليد بسهولة.

وفي الواقع تجري كل من التجوية الفيزيائية والكيميائية معاً في أغلب الأحيان، وتساعد إحداهما 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.

جامعة دمشق Damascus University

الباب الثاني

تكوين الترب ومورفولوجيتها وتصنيفها

الفصل التاسع: تكويـــن الترب

الفصل العاشر: مورفولوجية الترب

الفصل الحادي عشر: تصنيف الترب

الفصل الثاني عشر: الترب المتأثرة بالأملاح

الفصل الثالث عشر: الترب في سورية

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل التاسع

تـكويـن الـتربة

- عملية تكوين التربة
- عوامل تكوين التربة

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

تـكويـن الـتربـة Soil formation

أولاً: عملية تكوين التربة:

تتكون التربة من الصخور وقشور النجوية 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، وتتصف 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 متعاكسة وتعد عمليات فرعية عند تكوين التربة، وإن أهم هذه الظواهر ما يلي:

١ -امتصاص الأحياء المركبات المعدنية وتكوين المواد العضوية ⟷ طرح الأحياء المركبات المعدنية والعضوية.

٢ - تحلل المخلفات العضوية وتمعدنها ⟷ تكوين المواد الدبالية.

٣ - تحميض محاليل التربة بالحموض العضوية ⟷ تعديل المحاليل بالقواعد المتحررة عن تفسخ المخلفات أو عن النجوية.

٤ - تهديم المعادن الأولية ⟵ تكوين المعادن الثانوية، وهي عملية غير عكوسة.

٥ – تختّر الغرويات وترسبها في التربة وتكوين وحدات بنيوية ثابتة ⟷ بعثرة الغرويات وانحلالها وانتقالها في مقطع التربة وتهديم الوحدات البنيوية.

٦ – تميُّه المركبات المعدنية ⟷ نزع الماء أو تجفاف المركبات المعدنية.

٧ – الأكسدة عند توافر الأكسجين وجودة التهوية ⟷ الاختزال عند نقص التهوية والغمر بالمياه.

٨ – صعود المحاليل للأعلى وتجمّع المركبات المنحلة في الآفاق السطحية ⟷ نزول المحاليل وغسل المركبات المنحلة إلى أعماق التربة أو حتى خارج حدودها.

٩ – امتصاص الأحياء العناصر الضرورية لحياتها وتجميعها في الآفاق السطحية ⟷ انحلال تلك العناصر وغسلها إلى الأسفل.

١٠ – امتزاز الشوارد من محلول التربة على معقد الامتزاز ⟷ انتزاز الشوارد من معقد الامتزاز إلى المحلول.

١١ – ترطيب التربة بمياه الهطل أو بالمياه الجوفية ⟷ جفاف التربة بالبخر أو بصرف المياه إلى الأعماق.

١٢ – امتصاص أشعة الشمس وتسخين التربة ⟷ انعكاس الأشعة وإشعاعها وتبريد التربة.

١٣ – تمايز مقطع التربة وتكوين مختلف الآفاق ⟷ 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 الآفاق 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 تفسخ لتلك المواد في مكان آخر بفعل الأحياء الدقيقة، التي تعمل على تحرير العناصر الغذائية، لتوفيرها لأجيال جديدة من الأحياء. ولولا عملية تفسخ 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 تفسخها 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 ٣٢طناً/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 ٠,٦طن/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 الترب، وبخاصة في نسبة الدبال المتكونة 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.

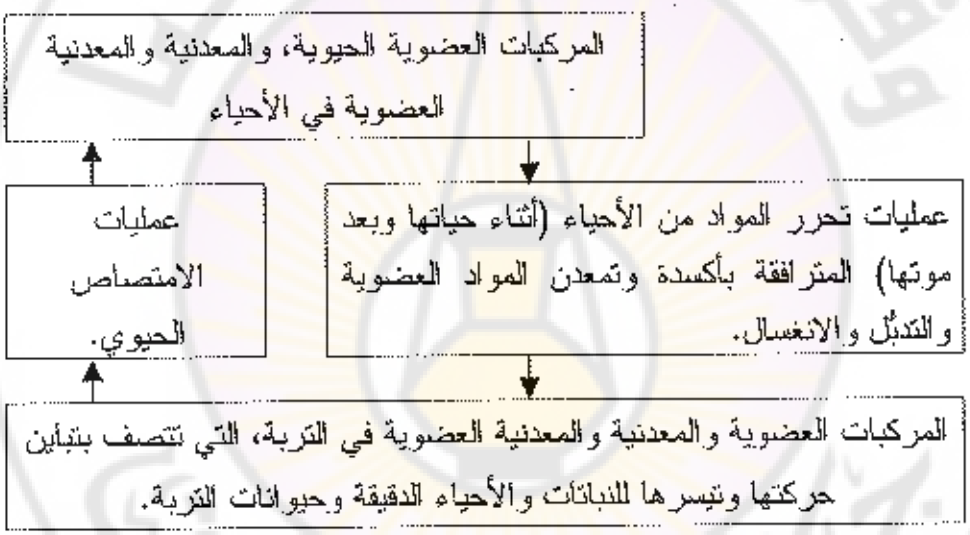
يختلف تركيب النباتات ونسب العناصر فيها من نوع نباتي لآخر، ويتعلق هذا بمكان انتشاره وبمقدرة الامتصاص الاصطفائية لهذا النبات، التي تتلخص بمقدرته على امتصاص العناصر الغذائية ليس وفق نسب وجودها في المحلول الترابي، وإنما تبعاً لبنيته التشريحية وخصائصه الفيزيولوجية.

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

نتيجة الدورة الحيوية تتراكم في الترب 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 جُزيْء غرامي واحد من CO_2 تمتص النباتات ١١٢ كيلو كالوري من الأشعة الشمسية وهذا يعني ٩,٣٣كيلو كالوري لكل ١غ من الكربون، وبفرض أن كمية المخلفات العضوية تعادل نحو ١ – ٢٠ طناً/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 تتركب 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 ليشارك في الدورة الجيولوجية للمواد، ولهذا يلعب النظام المائي للتربة، ودرجة غسلها دوراً بارزاً في درجة تجمُّع المواد في آفاق التربة أو غسلها منها.

وبتأثير الدورة الحيوية للمواد، وما يرافقها من تكوين المواد العضوية وتفسخها، تتعرض المواد الأم لتفاعل مستمر مع الأحياء ومخلفات نشاطها الحيوي، وكذلك مع نواتج تحلل المخلفات العضوية وتمعدنها، وهذا ما يعبِّر 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 داكوتشايف 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.

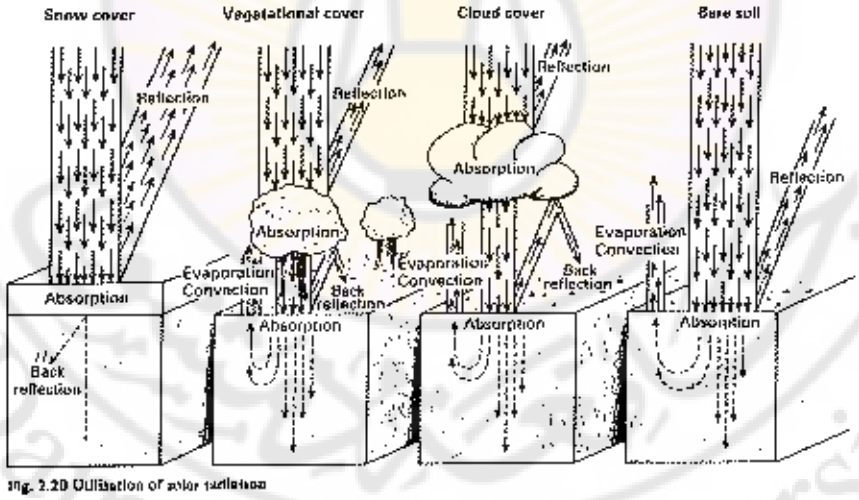
١- المواد الأم أو الصخور المكونة للتربة Parent material: يرتبط التركيب الميكانيكي والمعدني والكيميائي للتربة، وكثير من خصائصها بصورة تامة بنوعية الصخور الأم، وبخاصة في المراحل المبكرة، ومع مرور الوقت وتطور عملية تكوين التربة، تظهر صفات جديدة تختلف عما هي عليه في الصخور الأم تسمى الصفات المكتسبة.

ولقد سبقت دراسة أنواع الصخور الأم وتأثير كلٍ 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.



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 البخر 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:

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

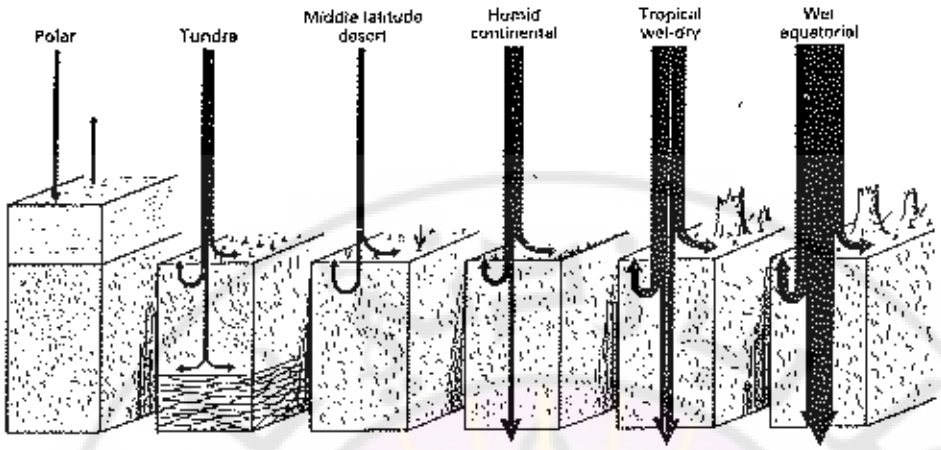
فمثلاً لو بلغ عدد الأيام التي تزيد فيها الحرارة على ١٠°م ٢٢٠ يوماً وكان متوسط الحرارة اليومي ١٨°م فإن مجموع درجات الحرارة سيبلغ ٢٢٠ × ١٨ = ٣٩٦٠°م وتكون المجموعة الحرارية دافئة أو (شبه مدارية).

تتوزع المجموعات المناخية الحرارية على سطح الأرض المنبسطة متماشية وموازية تقريباً لخطوط العرض، وتشذ عن 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 لرطوبته 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 المبيّنة في الجدول (١٦) التالي:

المجموعات المناخية الرطوبية	معامل الترطيب (حسب إيفانوف) Ivanov
١ – رطبة جداً	١,٣٣ <
٢ – رطبة	١,٠ – ١,٣٣
٣ - نصف رطبة	٠,٥٥ – ١,٠
٤ – نصف جافة	٠,٣٣ – ٠,٥٥
٥ – جافة	٠,١٢ – ٠,٣٣
٦ – جافة جداً	٠,١٢ >

ويتم حساب معامل الترطيب السنوي والشهري. ويبين الشكل (١٧) العلاقة بين كمية الأمطار الهاطلة 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 توزع 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. صنَّف (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 ١٠° شمالاً وجنوباً، باستثناء آسيا، إذ يقع بين خطي ١٠ – ٢٠° شمالاً. معدل الحرارة السنوي ٢٤ – ٢٧°م، ومعدل الهطل السنوي ١٥٠٠ – ٢٥٠٠ مم، والمعدل الشهري ٢٥ – ٧٥ مم، لا يوجد فيه فصل جاف.

٢ – مناخ الرياح التجارية الجانبية: يقع بين خطي عرض ١٠ – ٢٥° شمالاً وجنوباً، معدل الحرارة السنوي كسابقه، ومعدل الهطل السنوي ١٥٠٠ – ٣٠٠٠مم، مع تذبذب شديد في المعدل الشهري يراوح بين ٢٥ – ٧٠٠مم، الشتاء هو فصل جاف.

٣ – مناخات الصحارى المدارية والسهوب: تنتشر بين خطي عرض ١٥ – ٣٥° شمالاً وجنوباً، معدل الحرارة السنوي ٢١ – ٢٧°م ترتفع الحرارة إلى ٥٤°م وتنخفض إلى –١°م وليس هناك تجمُّد للتربة. معدل الهطل السنوي في الصحارى من ١٠ – ١٠٠مم وفي السهوب من ١٠٠ – ٥٠٠مم.

٤ – مناخ صحراء الساحل الغربي: ينتشر بين خطي عرض ١٥ – ٣٠° شمالاً وجنوباً، معدل الحرارة السنوي ١٨ – ٢٣°م وكسابقه ترتفع الحرارة إلى ٥٤°م وتنخفض إلى – ١°م دون تجمد التربة. معدل الهطل السنوي أقل من ٢٥٠مم وعموماً لا شيء فعلياً.

٥ – مناخ مداري رطب – جاف: يقع بين خطي عرض ٥ – ٢٥° شمالاً وجنوباً، معدل الحرارة السنوي ٢٤ – ٢٧°م وأقصى حرارة تصل ٣٨°م ولا تنخفض عن ١٦°م، معدل الهطل السنوي ١٠٠٠ – ١٧٠٠مم مع تغير شهري من ٠ – ٣٥٠مم، 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 - ١٧٥مم.

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 إلى ٤°م، يستمر التجمد لفترة ١٥ - ٦٥ يوماً. معدل الهطل السنوي يراوح بين ٤٠٠ - ٨٠٠مم، يهطل 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 - ١٠٠مم في

الصحارى و١٠٠ – ٥٠٠ مم في السهوب، مع تغيرات شهرية شديدة.

١٠ – مناخ قارّي 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، يهطل أقصى معدل لها في الصيف.

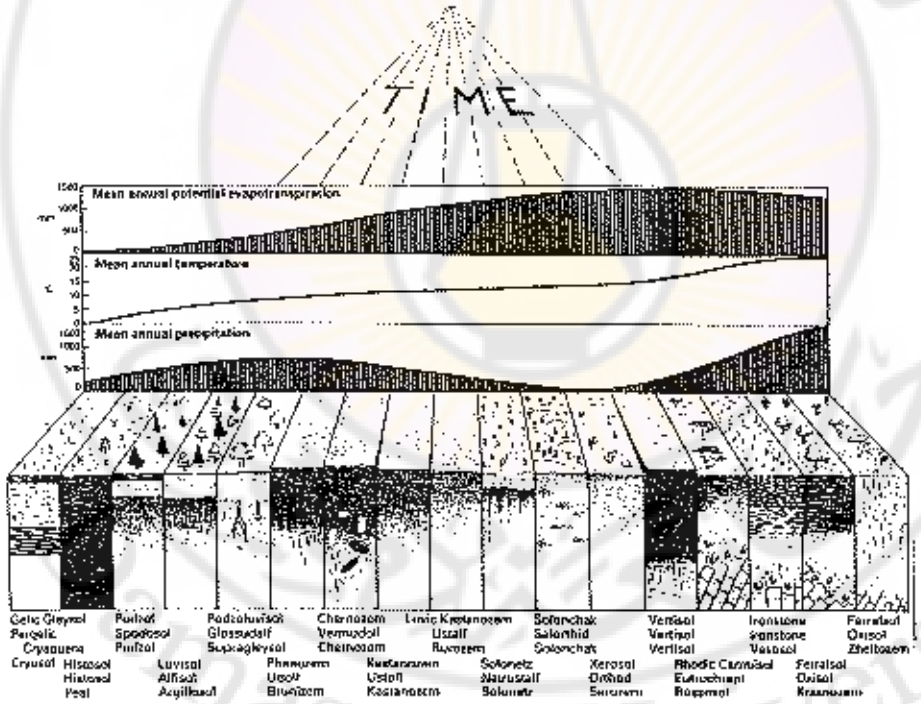
١٢ – مناخ تحت قطبي شمالي بحري: ينتشر بين خطي عرض ٥٠ – ٦٠° شمالاً وبين خطي عرض ٤٥ – ٦٠° جنوباً، معدل الحرارة السنوي –١٥ –١°م تحت الصفر مع تغيرات من ١٠ – ٢٠°م، وتصل أدنى حرارة حتى – ٢٥°م، وتستمر الفترة الخالية من التجمد حتى ٢٠ يوماً، يراوح معدل الهطل السنوي ٥٠٠ – ٧٠٠ مم، يهطل أقصى معدل له في الصيف.

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، يهطل أقصى معدل لها في الخريف.

١٤ – مناخ الغطاء الجليدي: ينتشر في غرينلاند ومنطقتي القطبين، معدل الحرارة السنوي – ٤٥°م حتى – ١٨°م مع تغيرات من ١٤ – ٢٢°م، قد تنخفض الحرارة إلى – ٧٥°م، وليس هناك فترة خالية من التجمد. معدل الهطل السنوي من ٥٠ – ٥٠٠ مم يسقط معظمه بصورة ثلوج.

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) توزع الترب النطاقي تبعاً لخطوط العرض وما يرافقها من عوامل مناخية.



شكل (١٨) تمنطق 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 تمدُّ التربة سنوياً بمخلفات تتوضع على سطح التربة وتحته، 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.

ويبين 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 لغسل التربة وإزاحة المركبات العضوية والمعدنية الذوابة، وتتعمق عملية تكوين التربة كثيراً داخل التربة،

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

المجتمعات النباتية	المواد العضوية			العناصر المعدنية والآزوت	
	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 إفيمبرية)	٦	٣,٥	٢,٤	٠,٤٦١	٠,١٩٤

غير أن الأفق الدبالي A1 يكون أقل عمقاً مقارنة بما هو تحت الأعشاب. أما تحت الأعشاب فإن عملية الغسل تكون أضعف من سابقتها، وإن تجمُّع كميات كبيرة من مخلفات الجذور في الآفاق العلوية من التربة يعمل على تكوين أفق دبالي عميق نسبياً ومفكك.

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

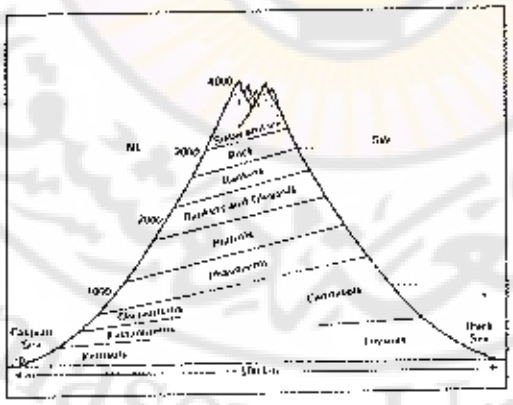
وإذا كانت أهم الوظائف الرئيسة للنباتات في تكوين الترب، هو تركيب المواد العضوية وتخزين الطاقة، فإن أهم دور للحيوانات يتمثل باستهلاك تلك المواد وتفسيخها وتوزيع مخزونات الطاقة وتحويل قسم منها إلى طاقة حرارية أو كيميائية أو ميكانيكية، وتلعب الحيوانات العاشبة دوراً مهماً في ذلك.

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 (topography) Relief:

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) تمنطق الترب تبعاً لإرتفاعها بين البحر الأسود وبحر قزوين

التضاريس المتوسطة: تضم التلال والوديان والنجود، وهي تعمل بالدرجة الأولى على توزيع الأمطار على سطح الأرض، وتنظيم النسب بين الماء المتسرّب في التربة والسائح على سطحها، ففي التضاريس المنبسطة تكون نسبة الماء المتسرب في التربة عالية، على خلاف المنحدرات، حيث يسود السيح السطحي. تؤثر التضاريس المتوسطة في توزّع 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 تميّز ثلاث مجموعات من أنماط تكوين الترب وعلاقتها بالهيدرولوجيا:

أ – **الترب ذاتية التشكّل 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 والتليلات الصغيرة والزملات، 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 تشكُّل 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 المعقَّد؛ 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. ويحسب 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 تمُر 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 تغيُّر الترب المتكونة الناضجة الناتج عن تغيرات كبيرة في عوامل تكوين التربة، وفي هذ 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 تعمّق 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 والبودزول)، وهذا ما يطلق عليه اسم التطور الذاتي.

ويمكن تقسيم الترب تبعاً لنضجها أو عمرها إلى ثلاثة أقسام:

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

٢ – **ترب ناضجة:** وهي جيدة التطور، وتتمتع بتوازن ديناميكي مع البيئة المحيطة، وتتساوى فيها عمليات البناء والهدم، وتسود فيها الخصائص المكتسبة على الموروثة، وتحوي مقطعاً متمايز الآفاق، وهي من أكثر الترب ملاءمة 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	٠,٥
المرجيَّة والتشرنوزومية المعاصرة	٠,٢٥

٦ ـ 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، تمييزاً لها عن العوامل الداخلية التي تشمل البراكين والزلازل والتغيرات الجيومورفولوجية للأرض وتركيز المواد جيوكيميائياً ودور التيارات المائية والغازية العميقة والحارة، 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.

وتتصف 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 النبات، 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 يتعلق 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 القول إن تغير 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

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

مـــورفـولـــوجيـــــة الـتربـــــة
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 لرطوبة التربة وظروف الوسط. وفيما يلي عرض موجز لتلك الأطوار:

١ – الطور الصلب Solid phase: يشكل الجزء الأساسي أو الهيكلي 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 الانتشار، متنوع المكونات، إذ يتألف من مواد معدنية وأخرى عضوية وثالثة معدنية عضوية، وتتفاوت نسب تلك المواد، إلا أن الجزء المعدني يسيطر من الناحية الوزنية في معظم الترب.

٢ – الطور السائل Liquid phase: يعبّر عن الماء في التربة، وما يحويه من مركبات منحلة فيه، وهو من أكثر المكونات حركة وتبدلاً، إذ ينتقل داخل التربة في سائر الاتجاهات، حاملاً معه المركبات المنحلة، 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».

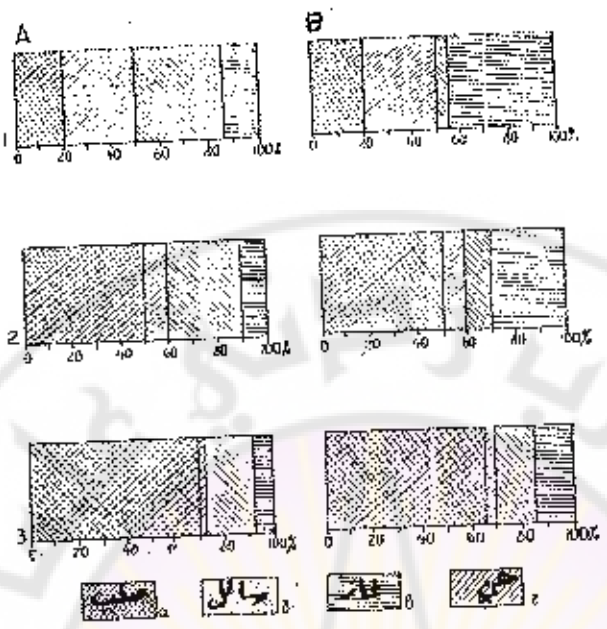
وهناك مدخلان لدراسة هذا الماء: الأول، فيزيائي، يهتم بدراسة أنواع الرطوبة في التربة وحركتها وحفظها وفقدها، ولا يتعرض كثيراً لدراسة كيميائية هذا الماء، والمدخل الثاني: كيميائي، إذ ينظر إلى الماء كمحلول أرضي، يهتم

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

٣ – الطور الغازي Gascous 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 وأفقر 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 انها تشكل في بعض الترب أكثر من نصف حجمها، علماً أن بعض المختصين لا يدخل تلك الجذور ضمن هذا الطور.

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



الشكل (٢٠) النسب الحجمية لأطوار المادة في الترب

العناصر والملامح الشكلية لمقطع التربة:

يظهر في التربة عند تكوينها كثير من الصفات أو الملامح الشكلية، تميزها عن الصخور الأم وعن غيرها من الترب، وتزداد تلك الملامح 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 الخفيّة التي تجري في التربة. كما تعدُّ 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 تضافر سائر الاختبارات المورفولوجية بكل مقاييسها الكبيرة والمتوسطة والدقيقة (الماكرو، والميزو، والميكرو).

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

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

بناء مقطع التربة Soil profile structure:

تعبر هذه الصفة عن طبيعة تعاقب آفاق التربة وترتيبها باتجاه شاقولي، إذ تتألف التربة الناضجة عادة من عدة طبقات تدعى الآفاق، تختلف فيما بينها باللون والبنية والاندماج وغيرها، كما قد تتباين أيضاً بتراكيبها الميكانيكية والكيميائية والحيوية.

ويعرّف الأفق Horizon بأنه طبقة من التربة، ذات عمق معيّن، يوازي غالباً سطح الأرض، ويتميز عن غيره من الآفاق المجاورة بدرجات متفاوتة.

ويرجع تكوين الآفاق وتمايزها إلى العوامل التالية:

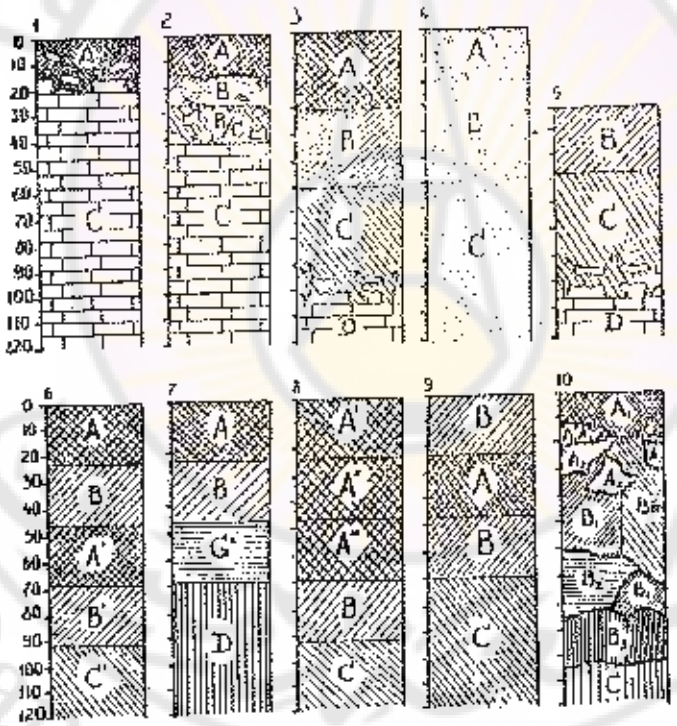
١ – تجوية المعادن الأولية وتكوين معادن ثانوية؛ مما يؤدي إلى ظهور مواد تختلف في صفاتها الشكلية عن الصخور الأم.

٢- تجمّع 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 كلٍ من التجوية وعملية تكوين التربة، وتوزعها خلال مقطع التربة بدرجات متفاوتة.

نتيجة تأثير العمليات الأربع المذكورة يتمايز مقطع التربة إلى آفاق مختلفة. ويتصف كل نمط تربي بآفاقه الخاصة التي تميّزه عن غيره من الأنماط، ويرجع ذلك إلى طبيعة عملية تكوينه وشدتها 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- منجرف

٦- أثري ٧- متعدد الحدود ٨- متعدد الدورات ٩- مقلوب ١٠- فسيفسائي

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

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

الأفق Ao – أفق المهاد الغابي أو العشبي (السقط Litter): يتألف من مخلفات عضوية غير متفسّخة، يوجد في الترب البكر الغابية أو العشبية، يمكن تمييز المخلفات العضوية فيه بسهولة، تختلف سماكته من تربة لأخرى، ويعدّ أفقاً عضوياً، وإذا ما توضع 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:

A_1 – أفق دبالي – غسلي Humus – eluvial h.: أفق يتجمع فيه الدبال مترافقاً مع تهدُّم المركبات وغسلها بصورة ذائبة أو معلّقة.

A_2 – أفق غسلي Eluvial h.: يغسل أو يزاح منه كثير من نواتج تهدم المعادن المعقدة مثل السيليكات الألومينية، وتتوضع نواتج الإزاحة في الآفاق 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 Solodic h. في الترب التي تحمل هذا الاسم. ويمكن أن تتكون آفاق انتقالية مثل $A_1 A_2$ أو $A_2 B_1$ وغيرها.

Ap – أفق الحراثة Plow h.: الأفق السطحي من الترب المفلوحة، وهو خليط من الآفاق 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 ترسيبياً 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 إلاّ 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 تداخلاتها.

إضافة إلى ذلك يمكن تمييز الآفاق الانتقالية مثل: $A_1 A_2$ أو AB_1 وغيرها، وكذلك الآفاق التي تظهر فيها علامات الوحل بدرجة ضعيفة مثل Bg أو A_2g وغيرها.

ثانياً: الآفاق في المدرسة الأمريكية ومنظمة الأغذية والزراعة FAO:

أ – الآفاق العضوية Organic horizons:

O – آفاق 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. وتقسم هذه الآفاق إلى نوعين:

O_1 – آفاق عضوية تحتوي على مخلفات نباتية قليلة التفسخ، إذ يمكن تمييز معظم أصول تلك المخلفات بالعين المجردة.

O_2 – آفاق عضوية تحوي 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:

A_1 و A_2 – كما في المدرسة الروسية.

A_3 – أفق انتقالي بين A و B، تسود فيه الخصائص المميزة للأفق A_1 أو A_2 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 A_3 و B.

A&B – أفق يشبه الأفق A_2، 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 – الآفاق التي تسود فيها إحدى الخصائص التالية أو جميعها:

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

٢ – تركيز متبقٍ من الأكاسيد نصف الثلاثية أو الغضار متحدة أو منفصلة.

٣ – تغطية بصورة أغشية من الأكاسيد المذكورة بشكلٍ كافٍ لتعطي ألواناً أدكن أو أشد أو أكثر حمرة من الآفاق التي تجاوره.

٤ – تحوّل 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 موشورية إذا ترافق ذلك مع تغير الحجم عند تغير الرطوبة.

وتضم الآفاق B الأشكال التالية:

B_1 – أفق انتقالي بين B و A_1 أو بين B وA_2، بحيث تسود فيه خصائص الأفق B_2 الذي يتوضع تحته.

B&A – أفق يتصف أكثر من ٥٠% من حجمه بخصائص الأفق B وبعض أجزائه بخصائص A_2.

B_2 – الجزء الأساس من الأفق B ولا يتصف بخصائص أي من الآفاق A أو C أو R.

B_3 – أفق انتقالي بين B و C أو R، تكون فيه الخصائص التشخيصية للأفق B_2 واضحة جداً رغم أنها مشتركة مع خصائص الأفق C أو R.

C – أفق أو (طبقة) يشبه شكلياً المواد التي يفترض أنها كوّنت 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 الرئيسة، فهي عبارة عن حروف لاتينية صغيرة مأخوذة من كلمات محددة، وذلك كما يلي:

h – تربة مدفونة.

ca – تراكم كربونات القواعد الترابية وعادة كربونات الكالسيوم.

cs – تراكم سلفات الكالسيوم.

cn – تجمُّع عقد صخرية أو درنات صلبة غنية بالأكاسيد نصف الثلاثية.

g – وحل شديد.

h – ترسيب الدبال.

ir – ترسيب الحديد.

m – تمليط شديد أو تصلّب.

p – حراثة أو إسلاس التربة.

sa – تجمع الأملاح الأكثر ذوباناً من الجبس.

si – تمليط سيليسي، وهذا الرمز خاص بالأفق 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 تغيّر اللون لتعيين

حدود الآفاق، 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 الآفاق وتعيين حدودها.

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

١ – **انتقال منقطع Abrupt distinctness:** يحدث الانتقال في مسافة تقل عن٢ سم، مثل الانتقال من A إلى B_1 في السولونتس.

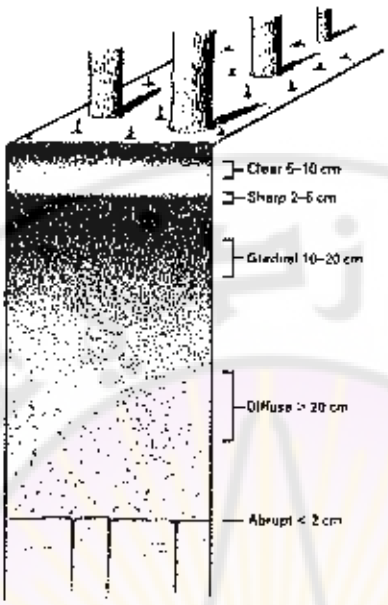
٢ – **حاد Sharp:** الحد الفاصل بين أفقين متعاقبين واضح تماماً، ولا يتجاوز مقدار الخطأ على جدران المقطع ٢ – ٥ سم، يظهر هذا الانتقال عند التغير الشديد في درجة التغضّر أو التدبُّل أو تكوين المستجدات، وفي الحدود السفلى لأفق الحراثة.

٣ – **واضح Clear:** يمكن تعيين الحدود بخطأ يراوح بين ٥ – ١٠ سم، ويظهر في الحدود السفلى للأفق A_2 في الترب البودزولية، والآفاق الموحلة بشدة، وأسفل الأفق الدبالي في التشرنوزوم.

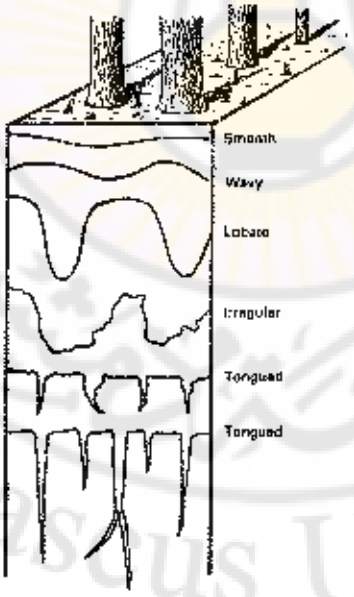
٤ – **تدريجي Gradual:** يراوح الخطأ في التعيين بين ١٠ – ٢٠ سم، يصادف في آفاق الترب الحمراء، وبين تحت الآفاق السطحية للتشرنوزوم.

٥ – **منتشر Diffuse:** لا يمكن تعيين الحدود بين الآفاق إلا بمسافة تزيد على ٢٠ سم، ويوجد مثل هذا الانتقال في الترب القلّابة 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 التطبق 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، وتقسم 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، وتقسم 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 توضع المواد أفقياً، كما تعمل الشقوق الشاقولية والبنى العمدية أو الموشورية على ظهور هذه الحدود. تراوح النسبة بين عمق اللسان وعرضه بين ٢ – ٥، وتقسم 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 والمنشارية والقباقية 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 النباتية، بينما يعده آخرون بأنه العمق الذي يحتوي على الدبال. وعرّفه العالم كوستيتشف 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.

يراوح عمق معظم الترب الزراعية بين ٤٠-١٥٠ سم، وهذا ينعكس على أعماق جذورها. 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 التربة حسب عمق أفقيها A + B إلى ما يلي حسب الجدول (١٨) التالي:

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

ويجوز اتّباع التقسيم المذكور لتحديد المواصفات العامة لتربة 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 تدريج العمق هذا يختلف من نمط تربة لآخر، وليس بالضرورة أن يعتمد على عمق الأفقين A + B كأساس لتصنيف أعماق سائر الترب، وإنما قد يعتمد على أعماق آفاق أخرى مثل، AB + A في التشرنوزوم والترب الكستنائية، و B_1 + A في السولونتس.

لون التربة Soil color

يعد اللون من أكثر الصفات الظاهرية وضوحاً، ومن أيسرها تعييناً، وغالباً ما يعكس الكثير من خصائص التربة ومسار عملية تكوينها. ونظراً لما للون من أهمية فقد سُمِّيَ 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 القلأبة. وعلى هذا الشكل لا يوجد ارتباط تام بين نسبة الدبال وشدة اللون الأسود، وعموماً فإن ترب النمط الواحد تكون أكثر دكنة 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 رئيسة 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 التمّيه 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 المستنقعية بعد صرف مياهها.

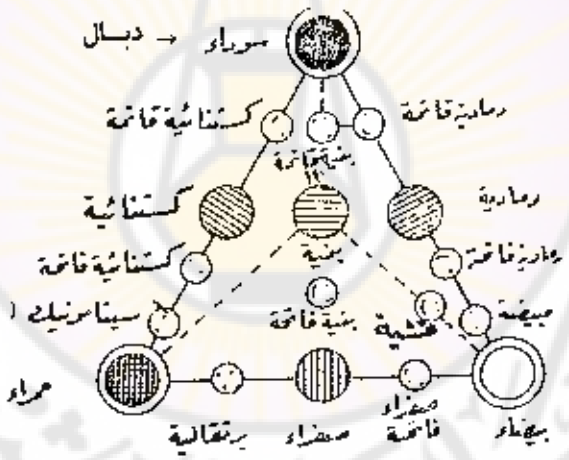
٥ – **اللون البني:** يميّز الترب الطينية الغنية بالإلّيت ومختلف أنواع الميكا وخلائط أكاسيد الحديد المتميهة بمختلف الدرجات. ويسود هذا اللون في معظم معادن الغضار، كما ينتج عن مزج الألوان الحمراء والصفراء والبيضاء والسوداء بنسب مختلفة، لهذا يعد أكثر الألوان انتشاراً في معظم الترب.

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

٧ – **اللون الأزرق:** نادراً ما يصادف بصورة نقية في الترب. وهو لون الوحل في بعض الترب المستنقعية الناتج عن معدن الفيفيانيت 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 غضارية مخضرة مثل النونترونيت، وكذلك يفعل الغلوكونيت.

وتجدر الإشارة إلى أن الألوان السابقة لا توجد عادة في التربة بحالة نقية وإنما بصورة مزيج لتعطي ألواناً مزيجة أو انتقالية. ويتم تحديد ألوان التربة بطرائق متعددة، إذ وضع العالم زاخاروف (Zakharov) منذ ثلاثينيات القرن الماضي مثلثاً يحدد الألوان حسب تداخل المركبات 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 «Hue»: ويعني هذا المؤشر موقع اللون في الطيف المرئي وعلاقته بالألوان الخمسة المستعملة، وهي: الأحمر والأصفر والأخضر والأزرق والأرجواني، وهو يعبّر 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 Red (R)، الأصفر Yellow (Y)، الأخضر Green (G)، الأزرق Blue (B)، والأرجواني Purple (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 تدريجات عشرية مرقمة كالتالي:

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

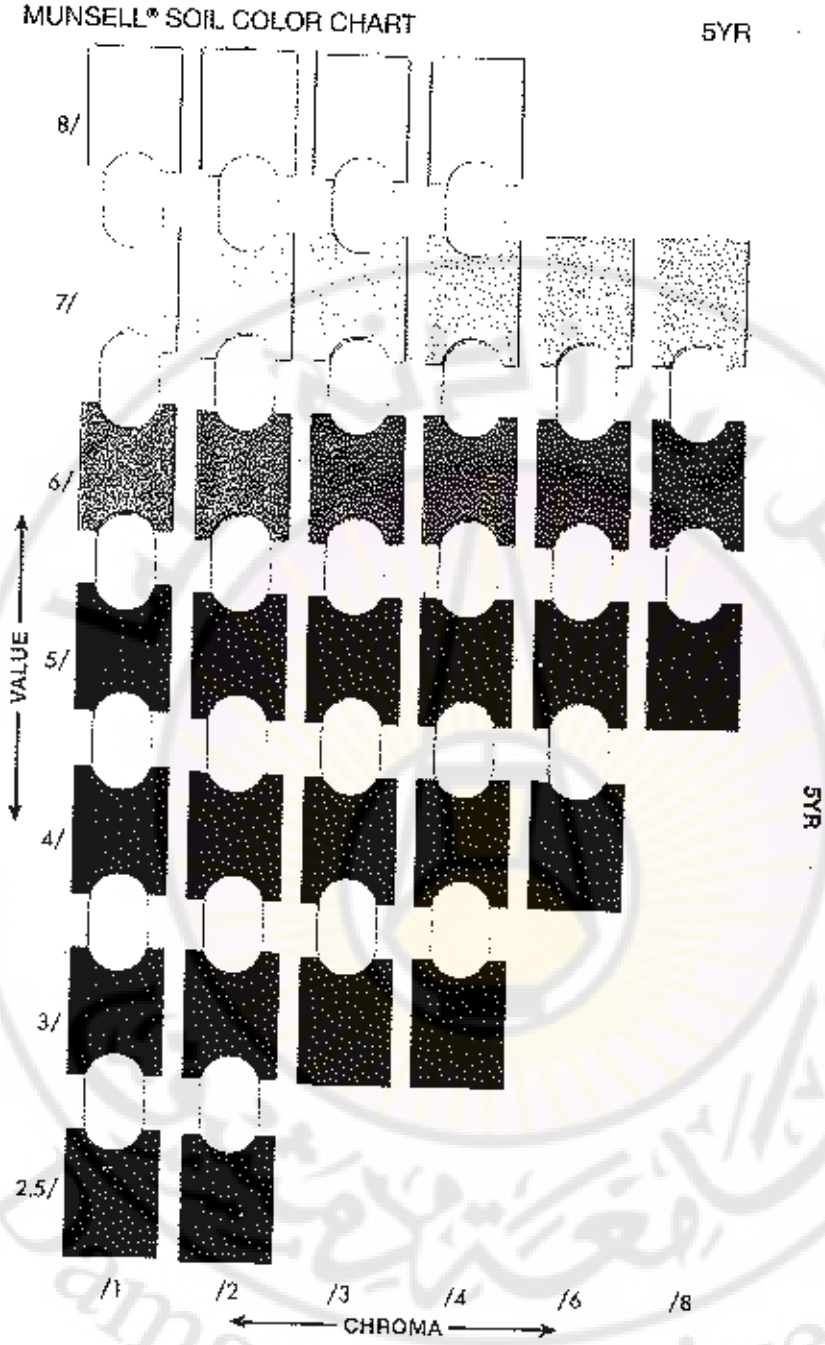
تراوح درجة الإضاءة بين 1 للّون الأسود و10 للّون الأبيض، أما نقاء اللون فيساوي 1 لمزيج من اللونين الأبيض والأسود (الرمادي) ويساوي 8 للون النقي تماماً. على هذا الأساس تضم لوحات منسل عدداً كبيراً جداً من الألوان، لا يستعمل منها في تحديد ألوان التربة في الولايات المتحدة سوى خمسها تقريباً، تنحصر في اللونين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

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

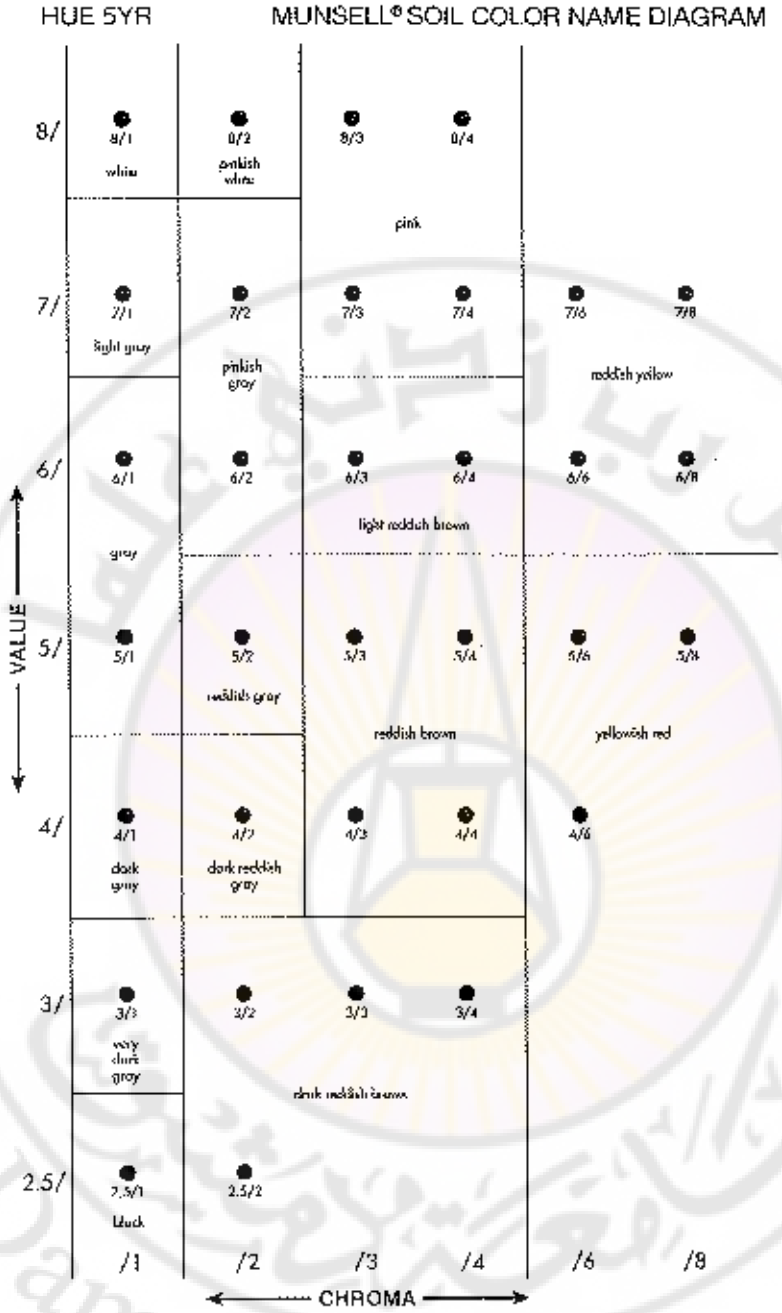
ويمكن أن يلحق بها ألوان أخرى، ويحوي جدول منسل الصادر عام ١٩٩٨ في الولايات المتحدة إحدى عشرة لوحة تضم ٣٩٩ لوناً.

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.

Damascus University



الشكل (٢٥) لوحات منسل لألوان التربة



Damascus University

نسيج التربةSoil 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 مجمعاته متينة نسبياً وهي جافة، معتدلة اللدونة وهي رطبة، ويتميز الطمي الرملي بانخفاض متانة مجمعاته، إذ تتهدم 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

تعبر عن الحبّات 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 المهدمة– عندما تتهدم. وتختلف البنية من أفق لأخر ومن تربة لأخرى، وغالباً ما يحوي الأفق الواحد أكثر من نوع واحد من البنى.

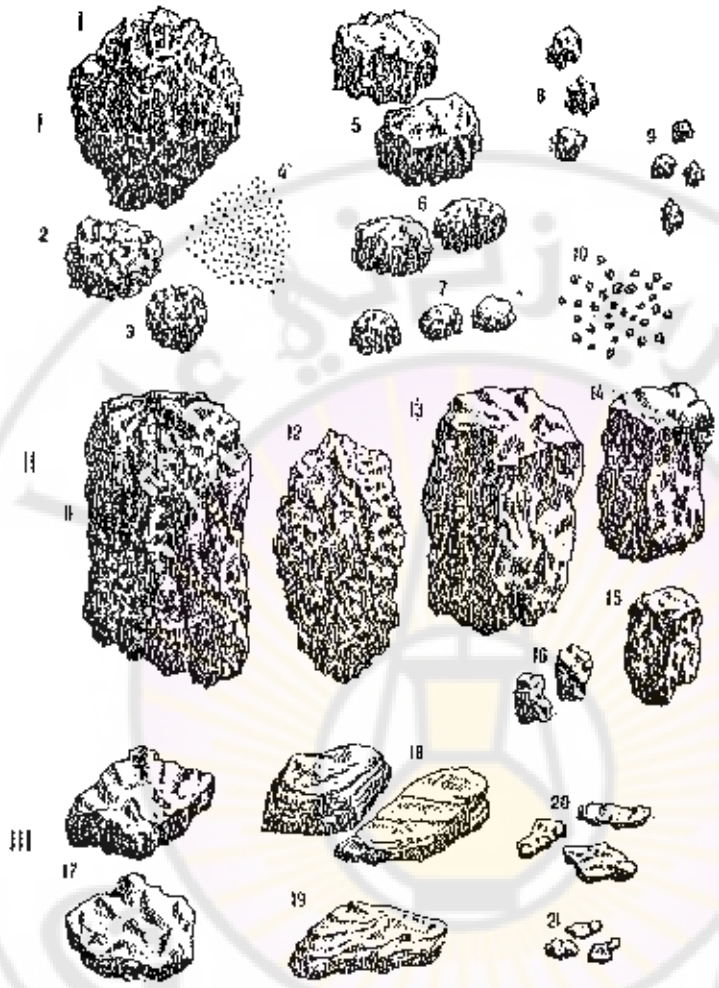
تقسم البنى تبعاً لأشكالها في ثلاث مجموعات رئيسة هي:

١ – شبه مكعبة، ٢ – موشورية، ٣ – صفيحية.

وتضم كل مجموعة عدة أجناس تتميز إلى أنواع متعددة، كما هو واضح من الجدول (١٩)، كما تبين الأشكال (٢٦ و ٢٧ و٢٨) أنواع تلك البنى.

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

الجنس	النوع	المقياس مم
(١) البنية شبه المكعبة		
		القطر
بنسية كتلـية – شكلها غير منتظم وغير مستوية السطح غير ثابتة	١ – كتلية ضخمة	> ٢٠٠
	٢ – كتلي	٢٠٠ - ١٠٠
	٣ – كتلية ناعمة	١٠٠ - ١٠
بنية فتاتية (مكورة) شـكلها مكور غير منتظم – سطوح مكسرة غير مستوية لا أضلاع لها، ثابتة نسبياً.	١ – مكورة ضخمة	١٠ - ٣
	٢ – مكورة	٣ – ١
	٣ – مكورة ناعمة	١ - ٠,٢٥
	٤ – غبارية	< ٠,٢٥
بنسية بندقـية – شـكلها منـتظم قليلاً أو كثيراً، السـطوح جـيدة الوضوح والأضلاع حادة، ثابتة جداً.	١ – بندقية ضخمة	< ١٠
	٢ – بندقية	١٠ – ٧
	٣ – بندقية ناعمة	٧ - ٥
بنـية حبية – شكلها منتظم قليلاً أو كثيراً وأحياناً مكور مع وضوح السطوح – ثابتة جداً.	١ – حبية ضخمة (بازيلاتية)	٥ – ٣
	٢ – حبية (برغلية)	٣ – ١
	٣ – حبيه ناعمه	١ – ٠,٢٥
(٢) البنية الموشورية		
بنـية شـبه عمدية – ضعيفة التشكل، مع سطوح غير مستوية وأضلاع مدورة.	١ – شبه عمدية ضخمة	< ٥٠
	٢ – شبه عمدية	٥٠ - ٣٠٠
	٣ – شبه عمدية ناعمة	< ٣٠
بنية عمدية – الشكل منتظم مع جودة وضوح السطوح مع تحدب السطوح العليا واستواء القاعدة.	١ – عمدية ضخمة	٥٠ – ٣٠
	٢ – عمدية ناعمة	< ٣٠
بنسية موشـورية – السطوح جيدة الوضوح مع استوائها ولمعانها وتكون الأضلاع حادة.	١ – موشورية ضخمة	٥٠ - ٣٠
	٢ – موشورية	٣٠ – ١٠
	٣ – موشورية ناعمة	١٠ - ٥
(٣) البنية الصفيحية		
		سماكة (المحور الشاقولي)
بنـية صفيحية – تختلف فيها أطوال الصفائح الأفقية.	١ – اردوازية	< ٥
	٢ – صفيحية	٥ – ٣
	٣ – شرائحية	٣ – ١
	٤ – ورقية	< ١



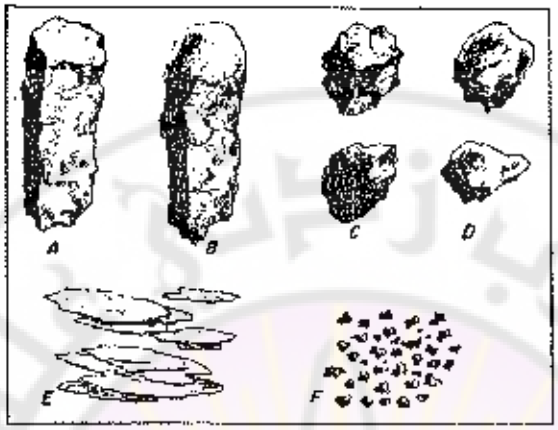
الشكل (٢٦) أشكال البنى في المدرسة الروسية

I النموذج الأول: ١- فتاتي ضخم ٢- فتاتي متوسط ٣- فتاتي ناعم ٤- غباري ٥- بندقي ضخم ٦- بندقي ٧- بندقي ناعم ٨- حبي ضخم ٩- حبي ١٠- حبي ناعم.

II النموذج الثاني: ١١- عمدي ١٢- شبه عمدي ١٣- موشوري ضخم ١٤- موشوري ١٥- موشور ناعم ١٦- موشوري دقيق.

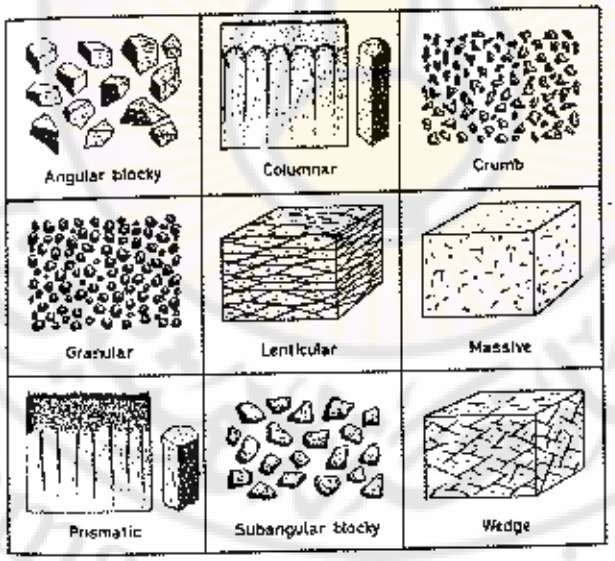
III النموذج الثالث: ١٧- أردوازي ١٨- صفيحي ١٩- ورقي ٢٠- حرشفي خشن ٢١- حرشفي ناعم.

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



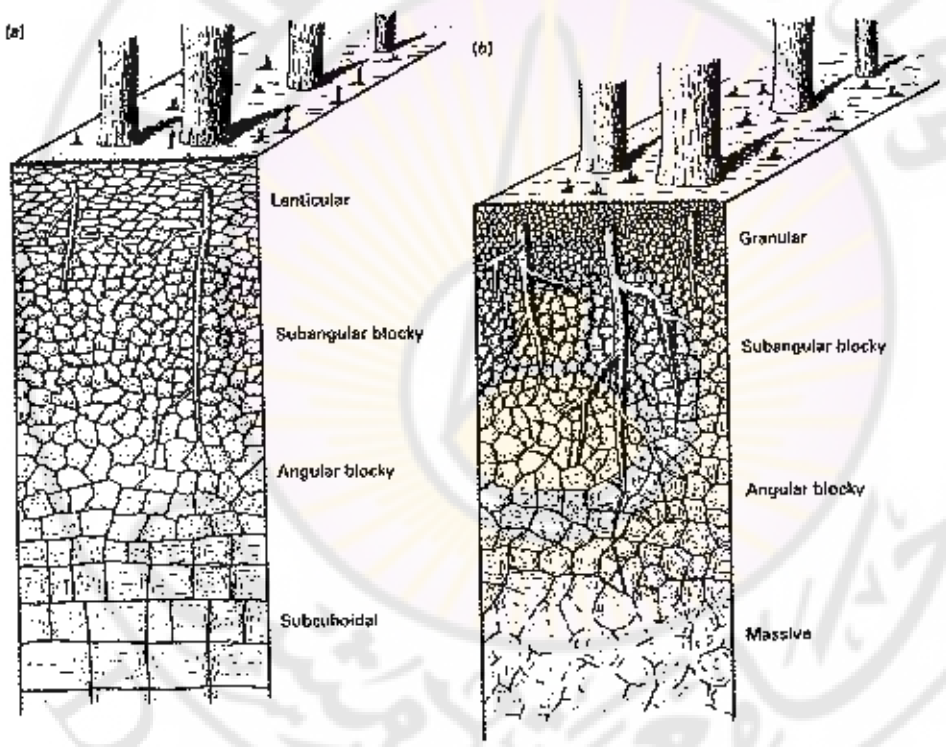
الشكل (٢٧) بعض أنواع البنى في المدرسة الأمركية

A– مورشورية، B– عمدية، C– كتلية مزواة D – كتلة شبه مزواة E– صفيحية F– حبية



الشكل (٢٨) بعض انواع البنى

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



الشكل (٢٩) تغير البنية مع العمق

Damascus University

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: الترب الرملية، حيث تكون حبيبات الرمل سائبة غير متماسكة، وفي الترب الطينية إذ تلتصق حبيبات الغضار معاً وبشدة لتشكل كتلاً طينية متراصة متواصلة.

عند تقيم 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 الترب تبعاً لاندماجها إلى ما يلي:

١ – متراصة جداً: لا يمكن حفرها بالرفش، ولا تدخل فيها السكين، توجد في آفاق الترسيب القلوية.

٢ – متراصة: 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 الترب الرملية.

وتقسم 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 أقنية عريضة، تحفرها الحيوانات التي تعيش في التربة.

أما الشقوق بين المجمعات، التي تتكون 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، والالـماج، والتركيب.

تقسم هذه التكوينات تبعاً لمنشئها إلى مواد كيميائية وأخرى حيوية.

أ – [illegible]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 تتزهر على جدر مقطع التربة عند جفافها.

د – أكاسيد الحديد والمنغنيز: ألوانها بنية حمراء، أو بنية مصفرة أو سوداء.

هـ – مركبات الحديدي: 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 تدرنات صغيرة داكنة اللون، وهي أقل قساوة مقارنة بأكاسيد الحديد والمنغنيز.

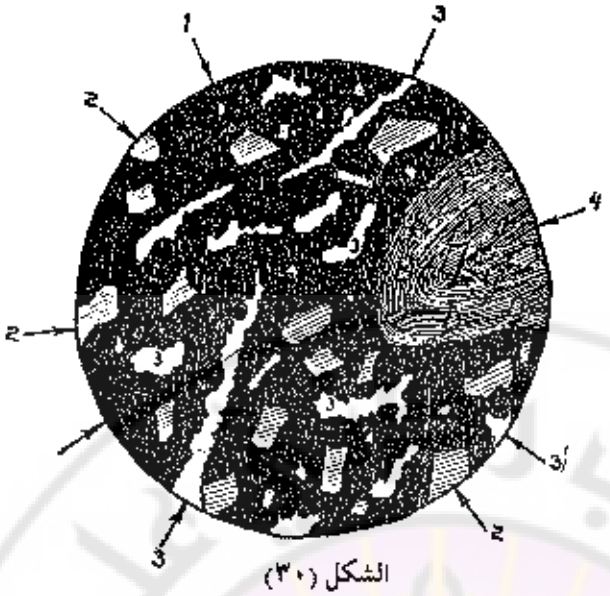
كما يمكن أن تُعدَّ معادن الغضار تكوينات حديثة عندما تتوضع بصورة أغشية موجهةoriented.

ب- التكوينات الحديثة الحيوية و تضم: 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 الآجر أو الزجاج وغيرها، و يمكن لهذه الشوائب أن تلقي بعض الضوء على تاريخ التربة وتطورها، فوجود أصداف نهرية مثلاً في تربة ما يَدل على الأصل اللحقي لهذه التربة.

البنية الدقيقة للتربة وأنواعها

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



الشكل (٣٠)

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

عند دراسة هذه البنية يجب أن يحدد بدقة توضع الهياكل Skeletons والمصورة Plasma والمسام Pores ضمن اللحمة. ولقد ميّزت ياريلوفا منذ عام ١٩٧٧ سبعة أنواع من البنى الدقيقة أو اللحمات، وهذا ما يظهر في الشكل (٣١) وقد رُتّبت 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– المصورة، ٤– المسام.

١ – رملية أو حبّية (granular) Sandy: تتوضع حبيبات الهياكل التي تزيد أقطارها على ٠,١ مم بصورة متقاربة أو متلاصقة ضمن الشريحة، ولا وجود للمصوّرة أو تظهر بشكل أغشية أو طليات 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 – مصوّري – رملي (متكتل) Plasmo – sandy (Agglomerate): تترتب 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 Sandy – plasmic (Porphyric): يتصف بوجود معظم المواد بقياسين مختلفين، فالمصورة (غالباً غضارية أو تضم حبيبات غبارية) مجمّعة أو غير مجمعة، تتوزع فيها حبيبات رملية أكبر من ٠,١ مم.

٥ – غباري – مصوري Silty – plasmic: يتكون الهيكل أساساً من حبيبات الغبار (٠,٠٠٥ – ٠,٠٥ مم) متوضعة بكثافة في المصورة، ويمكن أن تكون مبقّعة بحبيبات من الرمل، تكون المصورة مُجمّعة أو غير مجمعة.

٦ – مصوري – غباري Plasmo – 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 الحبية التي تراوح أقطارها بين ١ – ٥ مم الثابتة مائياً، ذات المسامية المعتدلة، أفضل المجمّعات 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 حبّات 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 الحبّات – 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 تهدمها 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 معيّن 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:

آ – تجزئة كتلة التربة إلى مجمعات.

ب – ترابط العناصر الميكانيكية لتكوين المجمعات الثابتة مائياً.

ويمكن تقسيم العوامل التي تؤدي إلى تكوين بنية جيدة زراعياً إلى عوامل فيزيا ــ ميكانيكية وفيزيا ــ كيميائية وكيميائية وحيوية.

١ – **العوامل الفيزيا ــ ميكانيكية:** يعد الضغط أهم هذه العوامل، فنمو جذور النباتات، وحركة الحيوانات والحشرات وحفرها الأنفاق تشكل ضغوطاً على التربة الناعمة تؤدي إلى تحببها، كما يشارك في ذلك انتباج الترب أثناء ترطيبها وتقلصها عند جفافها، وهذا يؤدي إلى تكوين شقوق مختلفة الحجوم مترافقاً مع ضغوط داخلية تصل إلى ٢٠٠ كغ/سم٢.

يعدُّ تعاقب الانتباج والتقلّص عاملاً ميكانيكياً يساعد في تكوين بنية التربة، كما أن تجمُّد الماء وذوبانه يقوم بآلية مماثلة في تكوين تلك البنية.

وتعمل فلاحة 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 ــ كيميائية:** تضم هذه العوامل تخثر الغرويات، ودور ذلك في تكوين البنية، وبخاصة الغرويات الطينية، وقد يكون التخثر عكوساً أو غير عكوس، ولهذا الأخير أهمية كبيرة في تكوين بنية ثابتة في الماء.

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

غير أن كثيراً من عمليات التخثر 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 إنّ تكوّن كربونات الكالسيوم وسيليكات المغنيزيوم والحديد يعمل على التحام العناصر الميكانيكية لتشكيل 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 تجمُّع 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 شدَّة التهوية في الترب الصحراوية وشبه الصحراوية؛ إذ تتهدم وتتمعدن 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.

تهدُّم البنية الثابتة مائياً: عند زراعة التربة، تتهدم بنيتها تحت تأثير عوامل ميكانيكية أو فيزيا ــ كيميائية أو حيوية. ويجري الهدم الميكانيكي في الآفاق السطحية نتيجة حركة الآلات الزراعية والحيوانات، أو الجرافة 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 الثابتة.

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، ويُلخّص الجدول (٢٠) أهم الاختلافات بين تلك التربتين.

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

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

عند تقويم بنية التربة يجب الاهتمام بالمجمعات الثابتة الدقيقة التي تراوح أقطارها بين ٠,٠٥ – ٠,٢٥ مم، إذ إنها تزيد من سعة الرطوبة وتحسّن 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 ويسرّع من البخر ويسيء 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 الحراثات 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.

$(CH_2 = CH - COOH), (CH_2 = C(CH)_3 - COOH)$

تسمى هذه المركبات Krilium أو قطران صناعي.

تضاف تلك المركبات بنسبة نحو ٠,٠٠١ % من وزن التربة أي نحو ٢٥ – ٣٠كغ/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 الترب

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

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

تصنيف الترب Soil Classification

تغطي سطح الأرض أنماط عديدة من الترب المتباينة، ومن أجل استثمارها بصورة سليمة، لابد من تصنيفها، وذلك بلمّ الترب وفق أسس محددة في مجموعات ، تضم كل منها أنواعاً من الترب المتماثلة في خصائصها المهمة.

ويجب أن يبنى التصنيف العلمي للترب على أسس منشئية إنتاجية، بحيث يعكس ظروف تكوين الترب، ويبيّن توزعها الجغرافي، ويحدد خصائصها المؤثرة في قدراتها الإنتاجية.

ولم تزل مشكلة تصنيف الترب من أكثر المسائل صعوبة وجدلاً، نظراً لتعقيد سائر التصانيف القائمة من جهة، وتعدد مدارس الترب 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 التصانيف في البداية تجريبية، إذ قسمت الترب في مجموعات استناداً إلى إحدى خصائصها المهمة مثل؛ تركيبها الميكانيكي أو الكيميائي، أو حتى التركيب المعدني لصخورها الأم، ولقد سميت تلك التصانيف، جيوزراعية، أو كانت الترب تصنف تبعاً لملاءمتها لزراعة محصول معين؛ كالقمح أو الذرة أو القطن مثلاً.

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

أولاً: التصنيف في المدرسة الروسية

لقد وضع داكوتشايف Dokuchaiev أول تصنيف علمي للترب، وذلك استناداً إلى عوامل تكوينها، وعدّ نمط التربة المنشئي الوحدة الأساسية للتصنيف، وعرّف نمط التربة Soil type بأنه مجموعة الترب المتماثلة في خصائصها، حيث تتكون في ظروف متشابهة مناخياً ونباتياً وصخرياً وتضريسياً.

وقسّم 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.

وعدّل 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 تعني تكوّن التربة تحت تأثير المناخ والنبات.

٢ – ترب بين نطاقية Entrazonal: 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 التصانيف 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 طبيعياً.

لقد عمل في مجال تصنيف الترب كثير من العلماء، من أشهرهم إيفانوفا 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 و١٩٨٩عن معهد داكوتشايف.

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

والتوندرية، وتمّ فيه تصنيف نحو ٨٠ نمطاً من الترب، وجمعت تلك الأنماط في مجموعات بيئية نطاقية ورتب رطوبية. جدول(٢١)

وتُميَّز 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.

و قسمّت المجموعات المذكورة إلى تحت مجموعات تبعاً للخصائص البيو – فيزيا – كيميائية للترب مثل؛ (نوعية الدبال، تفاعل التربة، محتوى الكربونات، القلونة، الملوحة، البدزلة وغيرها). كما قسمت استناداً إلى ظروف الرطوبة إلى ثلاث رتب: ذاتية، نصف مائية ومائية.

تضم المجموعة البيوميناخية رتب وأنماط الترب 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 الترب المتقاربة في خصائصها.

جدول (٢١) ملخص مخطط تصنيف الترب في المدرسة الروسية عن كاوريتشف (Kaurichev, ١٩٨٩)

تحت المجموعات البيوفيزياكيميائية	المجموعات البيئية النطاقية Zonal ecological groups		
	الرتب المنشئية تبعاً لنظام الترطيب		
	ذاتية التشكل (أوتومورفية)	نصف مائية التشكل (نصف هيدرومورفية)	مائية التشكل (هيدرومورفية)
	١ – الأدغال السيبيرية (Taiga): مجموع حرارة التربة SST من ٤٠٠ – ٢٧٠٠°م. طول الفترة التي تقل فيها الحرارة عن الصفر SFP من ٢ – ٨ أشهر، معامل الترطيب MC من ١,٣٣ – ٠,٧٧.		
حامضية فولفاتية	بودزولية (نمط)	بودزولية مستنفعية (نمط)	–
هيوماتية – فولفاتية	عشبية بودزولية (نمط)	–	–
فولفاتية – هيوماتية	عشبية كلسية	عشبية موحلة	–

	٢ – الترب البنية الغابية: SST من ١٦٠٠ – ٣٤٠٠م، SFP من ١ – ٥ أشهر، MC من ١,٠ – ١,٣٣.		
حامضية فولفاتية	أراضي بنية	أراضي بنية موحلة	
	٣ – السهبية الغابية: SST من ٨٠٠ – ٤٤٠٠م، SFP من ١ – ٨ أشهر، MC من ٠,٤٤ – ٠,٧٧		
متعادلة هيوماتية	تشرنوزوم	تشرنوزوم مرجية	مرجية
	٤ – السهبية الجافة: SST من ١٦٠٠ – ٤٤٠٠م، SFP من ١ – ٨ أشهر، MC من ٠,٢٢ – ٠,٤٤.		
متعادلة هيوماتية	كستنائية	كستنائية مرجية	مرجية
هيوماتية – فولفاتية مقلونة	كستنائية سولونتس	كستنائية مرجية سولونتس	مرجية كستنائية سولونتس
	٥ – نصف صحراوية: SST من ٢٠٠٠ – ٣٤٠٠م، SFP من ١ – ٨ أشهر، MC من ٠,١٢ – ٠,٢٢.		
فولفاتية – هيوماتية كربوناتية	بنية نصف صحراوية	بنية مرجية	مرجية
هيوماتية – فولفاتية مالحة	سولونتشاك أوتومورفي	–	سولونتشاك هيدرومورفي
	٦ – صحراوية: SST من ٣٤٠٠ – ٧٢٠٠م، SFP من ٠ – ٥ أشهر، MC ≥ ٠,١٢		
هيوماتية – فولفاتية كربوناتية جبسية	رمادية – بنية صحراوية	مرجية – صحراوية	مرجية صحراوية
هيوماتية – فولفاتية مالحة	سولونتشاك أونومورفية	–	سولونتشاك هيدرومورفية
	٧ – نصف صحراوية شبه مدارية: SST من ٣٤٠٠ – ٧٢٠٠م، SFP من ٠ – ٧ شهر، MC من ٠,١٢ – ٠,٢٢.		
هيوماتية – فولفاتية كربوناتية	سيروزوم	سيروزوم مرجية	مرجية
	٨ – سهبية – شجيرية شبه مدارية: SST من ٤٤٠٠ – ٧٢٠٠م، SFP – ٠ من MC ٠,٢٢ – ٠,٤٤.		
فولفاتية – هيوماتية متبلة	رمادية سقرفية	رمادية – قرفية مرجية	مرجية
	٩ – غابية جفافية شبه مدارية: SST من ٤٤٠٠ – ٥٦٠٠م، SFP – ٠ من MC ٠,٤٤ – ١,٠.		
متعادلة هيوماتية عالية النتيل	قرفية	قرفية مرجية	مرجية
	١٠ – غابية رطبة شبه مدارية: SST من ٤٤٠٠ – ٥٦٠٠م، SFP – ٠ من MC ١,٠ – ١,٣٣.		
حامضية فولفاتية فيرالبتية	أراضي حمراء	–	–
حامضية فولفاتية فيرسيالبتية	أراضي صفراء	أراضي صفراء موحلة	–
حامضية فولفاتية سيالبتية	أراضي صفراء بوزولية	أراضي صفراء بوزولية موحلة	

يضم هذا الملخص أمثلة عن أنماط الترب وليس جميعها، وتقع ترب سورية ضمن المجموعات البينية 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 ترسبها، نتيجة تماثل الظروف البيولوجية والمناخية والهيدرولوجية. وتتصف ترب النمط الواحد بوضوح العملية الرئيسة لتكوين التربة مع إمكان تداخلها مع غيرها من العمليات.

وتتحدد الملامح الرئيسة 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 المستجدات المعدنية والمعدنية العضوية.

٣ – تماثل في طبيعة هجرة المواد وتراكمها.

٤ – تماثل بناء مقطع التربة أو تسلسل الأفاق.

٥ – تماثل العمليات اللازمة لرفع خصوبة التربة والحفاظ عليها.

وأخيراً يجب أن تتماثل النظم التربية، 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	فرنسة
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 بتبدّل 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 الملامح الأثرية المحفوظة في التربة من مراحل تكوين سالفة، وغالباً ما يعبّر عن الظرف أو الظاهرة نوعياً لا كمياً.

٣ – جنس: يميّز ضمن الفصيلة استناداً إلى درجة تطور عمليات تكوين التربة مثل: (عمق البذزلة ودرجتها، عمق التدبّل 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: يعبّر عن الحالة الزراعية للتربة أو غطائها النباتي.

يتم 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 الآفاق، درجة الملوحة، رقم الحموضة. وعند تشخيص الترب الزراعية لابد من تحديد درجة التكثيف الزراعي ونتائج التحاليل الكيميائية الزراعية والفيزيائية الزراعية، مثل: محتوى العناصر الغذائية المتيسرة و الكثافة، والمسامية، والبنية، وغيرها.

أما التسمية الكاملة للتربة، فتبدأ بالنمط فتحت النمط وسحنته، فالفصيلة، فالجنس، فالنوع، فالصنف وأخيراً الطور، وهذا ما يوضحه المثال التالي:

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

ثانياً: تصنيف الترب في الولايات المتحدة:

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

ومع منتصف القرن الماضي بدأ بالظهور اتجاه جديد في تصنيف الترب يدعى الاتجاه الرسمي أو الإداري، وعلى رأسه كيلوج Kellog وسميث Smith، وهذا الاتجاه يحاول تبسيط سائر المفاهيم والمصطلحات وصياغتها بمقياس كمّي 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 للترب 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 تميّز 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 القلاّبة Vertisols التي تحدد تبعاً لنسيجها.

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

آ – 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 تراكيز عالية من الكربون العضوي التي تشكل معقدات ألومينية – هيومية، يرجع ارتفاع نسبة الدبال فيه إلى تفسخ الجذور الكثيفة للنجيليات.

٤ – Mollic e. (تسمية لاتينية، mollis، ناعم، طري): أفق تراكم الدبال، يشغل الـ ١٨ سم السطحية في التربة، ويتصف بعد حراثته بما يلي:

– أفق غير كتلي ولا قاسٍ في الحالة الجافة، ذو بنية حبيبة أو فتاتية.

– لونه رمادي أو أسود، وهو أدكن من الأفق C.

– تزيد نسبة تشبعه بالقواعد على ٥٠ % (طريقة أسيتات 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): يتكون 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 كتلياً وقاسياً أثناء الجفاف.

ب – الآفاق تحت السطحية Subsurface horizons:

١ – أفق Agric horizon، (تسمية لاتينية، ager، حقل): يتكون تحت أفق الحراثة 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 الحرّة، أو الذي انفصلت فيه الأكاسيد لدرجة تجعل لونه بلون حبيبات الرمل والغبار الداخلة في تركيبه وليس بلون الأغشية 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 بـــ ٥ % مما هي في الأفق C.

٥ – أفق Cambic h.، (لاتينية cambiare، تغيّر): لا يتصف باللون الداكن أو بمحتواه العضوي أو ببنيته 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 نقعه بالماء فترة طويلة.

٧ – Fragipan، (محوّرة عن اللاتينية، fragilis، هش أو قصم، 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 مغسولة 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 بـــ ٥ % على الأقل عما هي في الأفق الذي يقع تحته، ويبلغ جداء سماكته بالسنتمتر في الجبس ≥ ١٥٠. (السماكة × النسبة المئوية للجبس ≥ ١٥٠)

١٠ – أفق Kandic h.، (محورة من kandite، 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 آفاق الغضار يتصف بالخصائص التالية:

– بنية عمدية غالباً، أو موشورية في بعض أجزائه العلوية، ويمكن أن تتهدم 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 المغنزيوم المتبادل في تعيين هذا الأفق.

١٢ – Ortstein، (مركبة من كِسَر 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 ١٦ممك/١٠٠غ كحد أقصى بطريقة أسيتات الأمونيوم.

١٤ – أفق Petrocalcic h.، (يونانية، petra، صخرة): طبقة تقع في الـ ١٠٠ سم السطحية، تزيد سماكتها على ١٠ سم، مملّطة بالكربونات لدرجة لا يمكن حفرها بالرفش أو المر و لا حتى بالمسبر، 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 مُسطّح، وتُعني هنا حاجزاً مملطاً رقيقاً): حاجز رقيق ٢ – ١٠ مم، أسود إلى أحمر داكن، مملّط 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 مائي١:١على ٣٠ د.س/م أو سماكته بالسم ×EC ≤٩٠٠، أو سماكته بالسم × % للأملاح ≤٦٠.

١٨ – أفق Sombric h.، (إسبانية، sombra، داكن): أفق يتكون في ظروف الصرف الحر، يحتوي على دبال مترسب غير متحد مع الألمنيوم وغير مبعثر، سعة تبادله الكاتيوني غير عالية وكذلك نسبة تشبُّعه 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.

ويلخص الجدول (٢٣) تلك الرتب وأهم خصائصها.

رتب الترب	الجذر الصياغي	بعض خصائص الرتبة ومكافئاتها التقريبية في التصانيف الأخرى
Alfisols - 1	alf	تحـوي أفقـاً طينياً أو صودياً، نسبة التشبع بالقواعد أكبر من ٣٥%، تحوي طبقة مغرية ochric، الماء المتيسر < ١٥ بار أ يستمر مدة ثلاثة أشـهر عـندما تكون الترب دافئة بصورة كافية لنمو النباتات، تكافئها: تـرب رماديـة – بنـية بودزولـية، رمادية غابية، بنية غير كلسية، تشرنوزوم متدهورة، ترب بلانوسول (السهول الغدقة)، جاءت التسمية من Al و Fe.
Andisols - 2	and	داكـنة اللـون، تتشـكل من الرماد البركاني، غنية بالزجاج البركاني ومعادن الألوفان، أصل التسمية ياباني an داكن و do تربة.
Aridisols - 3	id	تـرب المناطق الجافة، تحوي آفاقاً تشخيصية متنوعة، لا تحتوي على ماء متيسر للنباتات الوسطية رطوبياً لفترة طويلة لارتباط هذا الماء بقوة تـزيد علـى ١٥ بـاراً، أو لأنه مالح أو لكليهما. تكافئها تقريباً: ترب صحراوية، سيروزوم، سولونتشاك، سولونتس رمادية بنية صحراوية، أصل التسمية لاتيني "Aridus" وتعني جاف.
Entisols - 4	ent	قليلة التطور، لا تحوي آفاقاً تشخيصية متمايزة. تكافئها: ترب لحقية، هيكلية، حصوية، فلوفيسول، ريغوسول، أصل التسمية غير واضح ولا معنى لها.
Gelisols - 5	el	رتبة ترب المناطق القطبية، حيث تتعرض الترب للتجمد لفترات طويلة مـن العـام، تشـمل مناطق التندرا والقطب الجنوبي. التسمية لاتينية «Gelu» وتعني التجمد.
Histosols - 6	ist	ترب عضوية، تترافق عادة مع تحت رتبة مائية، تكافئها: ترب الخث، أو التورب والمك، أصل التسمية لاتيني «Histos» وتعني نسيجاً.
Inceptisols - 7	ept	تطـور الآفـاق في بدايته، ولها آفاق علوية، والأفق B غالباً ما يكون متغـيراً Cambic، عمليات الغسل والترسيب ضعيفة أو معتدلة وكذلك عمليات التجوية، تكافئها: ترب قرفية، بنية حامضية، بنية غابية، جلاي مبالية، كامبيسول، التسمية لاتينية «Inceptum» تعني بداية.

Mollisols - 8	oll	فيها أفق Mollic، تتطور غالباً تحت غطاء من الحشائش، تنتشر في السهوب والبرلري، أفقها السطحي عميق داكن اللون، غني بالدبال مع درجة تشبع بالقواعد عالية. تكافئها: النشرنوزوم، الترب الكستنائية، الرندزينا، الترب البنية الغابية، السولونتس، أصل التسمية لاتيني «Mollis» وتعني ليّن.
Oxisols - 9	ox	ترب تحوي أفق Oxic، لا تكون الآفاق متمايزة بوضوح، وحدودها متموجة، التجوية شديدة، تنتشر في المناطق المدارية، تكافئها: ترب اللاتيريت، اللاتوسول، أصل التسمية «Oxid» فرنسية.
Spodosols - 10	od	ترب تحوي أفق غسل A_2 رمادي اللون (albic) غني بأكاسيد السيليكون، وآفاق ترسيب، نسبة التشبع بالقواعد منخفضة، وهي حامضية، تكافئها: البودزول، البنية البودزولية، أصل التسمية لاتيني «Spodo» وتعني رماد الخشب.
Ultisols - 11	ult	ترب تعرضت للتجوية والغسل بشدة، تحوي أفقاً طينياً، نسبة التشبع بالقواعد أقل من ٣٥ %، وهي أكثر حمرة مقارنة برتبة Alfisols، تكافئها تقريباً: الأراضي الحمراء والصفراء البودزولية، الترب البنية المحمرة اللاتيريتية، أصل التسمية لاتينية «Ultimus» وتعني نهاية.
Vertisols -12	ert	تحوي أكثر من ٣٠ % طيناً قابلاً للانتباج، تظهر شقوق عميقة وعريضة أثناء الجفاف، تحصر فيما بينها كتلاً ذات كثافة عالية، تكافئها: الترب 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:

آ – وجود التشبع بماء الجاذبية أو غيابه.

ب – الاختلافات المنشئية الناتجة عن المناخ أو النباتات.

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

تصاغ تسمية تحت الرتبة بأخذ بادئة تدل على ظاهرة أو خاصيّة 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:

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

ب– الخصائص التشخيصية: من الألوان الحمراء القاتمة 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 ــ أو اثنتين مميزتين ــ تسبق اسم المجموعة، ويتم تحديدها استناداً إلى ما يلي:

آ – الصفات النموذجية أو الأساسية للمجموعة الكبرى وهي Typic.

ب– التدارج: الانتقال التدريجي إلى مجموعة أخرى ضمن تحت التربة أو خارجها.

ج– التدارج الخارجي: الخروج عن مفهوم التربة والانتقال إلى المواد الصخرية أو غيرها.

د – التدارج المضاعف: اجتماع صفتين معاً مثل: Mollic – Natriboric.

٤- **القصائل 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 الآفاق وغيرها.

ثالثاً: التصنيف الفرنسي:

يلخّص العالم دوشوفور (Duchaufour) أسس هذا التصنيف، إذ تقوم على منشأ الترب من جهة وتتميز بخاصيتين رئيستين 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:

آ – 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 التجوية المناخية: إذ تزداد بدءاً من المناخ الجاف وانتهاءً بالمناخ الحار الرطب.

ج – نوعية المواد العضوية وتأثيرها في تطور الترب.

د – تأثير الماء الأرضي.

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

١ – ترب معدنية بدائية. ٢ – ترب متطورة قليلاً. ٣ – ترب مقلوبة Vertiols.
٤ – ترب داكنة Andosols. ٥ – ترب كلسية مغنيزية. ٦ – ترب متساوية الدبال.
٧ – ترب بنية. ٨ – ترب بودزولية. ٩ – ترب أكاسيد نصف ثلاثية.
١٠ – ترب فيرالينية. ١١ – ترب هيدرومورفية. ١٢ – ترب صودية.

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

تضم خارطة ترب العالم المذكورة ٢٨ وحدة تربة رئيسة 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 الرئيسة لترب العالم ومعنى كل منها وبعض خصائصها:

المجموعات الرئيسية للترب	أصل التسمية ومعناه	بعض خصائص التربة
1 – ACRISOLS:	acer, شديد الحموضة، لاتيني	مغسولة، شديدة الحموضة، نسبة القواعد الممتزة منخفضة.
2 - ALISOLS:	alumen, ألمنيوم، لاتيني	ذات محتوى عال من الألمنيوم.
3 – ANDOSOLS:	an, din, داكنة تربة –، يابانى	تتكون من أصول غنية بالزجاج البركاني، ويكون لونها السطحي عادة داكنا.
4 - ANTHROSOLS:	anthropos, إنسان، يوناني	نشاطات بشرية عالية.
5 ARENOSOLS:	arena رمل، لاتيني	ترب ضعيفة التطور خشنة النسيج.
6 – CALCISOLS:	calx, كلس، لاتيني	تراكم كربونات الكالسيوم.
7 CAMBISOLS:	cambiare, تغير، لاتيني متأخر	تغيرات في اللون والبنية والاندماج، ضعيفة التطور مع تكوين موضعي للغضار.
8 – CHERNOZEMS:	chernо, Zemla, أرض، سوداء، روسي	غنية بالمادة العضوية سوداء اللون.
9 – FERRALSOLS:	ferrum, alumen, حديد، ألمنيوم، لاتيني	غنية بالأكاسيد (نسب الثلاثة)، شديدة النجوبة تتكون بصورة رئيسة من الكاولينيت والأكاسيد.
10 - FLUVISOLS	fluvius, نهر، لاتيني	توضعات لحقية (طمية).
11 GLEYSOLS:	gley, وحل، روسي	تحوي أفق موحل G نتيجة لسيادة العمليات اللاهوائية.
12 – GREYZEMS:	grey, zemla, أرض رمادية، روسي، إنكليزي	تحوي حبيبات من السلت والرمل غير المغطى والموجود في طبقات غنية بالمواد العضوية – ترب السهوب الغابية.
13 GYPSISOLS:	gypsum, جبس، لاتيني	تراكم سلفات الكالسيوم.
14 HISTOSOLS:	histos, نسيج، يوناني	ترب خثية تحتوي على مواد عضوية طازجة أو متفسخة جزئياً.
15 - KASTANOZEMS:	castanea, كستناء لاتيني، روسي،	غنية بالمادة العضوية لونها بني أو كستنائي.
16 – LEPTOSOLS:	leptos, رقيق، يوناني	ضحلة ضعيفة التطور.
17 – LIXISOLS:	lixivia, غسل، لاتيني	شديدة النجوبة، يتراكم فيها الغضار، نسبة تشبع بالقواعد منخفضة.
18 - LUVISOLS:	luere, غسل خفيف، لاتيني	تراكم الغضار، نسبة تشبع بالقواعد متوسطة وعالية.
19 – NITISOLS:	nitidus, لامع، لاتيني	سطوح اللبنات (الوحدات البنيوية) لامعة.
20 – PHAEOZEMS:	phaios, داكن، روسي، يوناني	غنية بالمادة العضوية، داكنة اللون (شبه تشرنوزومية).
21 – PLANOSOLS:	planus, مستوي، لاتيني	متطورة عموماً في تضاريس بسيطة أو مقعرة مع تشبع سطحي موسمي بالمياه.
22 – PLINTHOSOLS:	plinthos, قرميدة، يوناني	مواد طينية ميركشة، تصبح قاسية عند تعرضها للجو.
23 – PODZOLS:	podzol, رماد وتحت، روسي	ترب بودزولية تحوي أفقاً مقصوراً بشدة (مبيض).
24 - PODZOLUVISOLS:	Podzol, luvisols	تجمع بين خصائص البودزول واللوفيسول.
25 – REGOSOLS:	rhegos, دثار، غطاء، يوناني	غطاء من المواد المفككة تتوضع فوق طبقة قاسية من الصخور.
26 – SOLONCHAKS:	ترب مالحة، روسي	تحوي نسبة عالية من الأملاح سهلة الذوبان في الماء.
27 – SOLONETZ:	ترب قلوية، روسي	تحوي نسبة عالية من الصوديوم الممتز.
28 – VERTISOLS:	vertere, قلب، لاتيني	ترب قلّابة لأنها غنية بمعادن الغضار القابلة للانتفاخ.

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

1 - LITHOSOIS:	Lithos	صخر – يوناني،	ترب صخرية بدائية لا يزيد عمقها على ٢٥سم.
2 - RANKERS:	rank	انحدار شديد – أسترالي،	ضعيفة التطور ذات مقطع AC على صخور سيليسية صلدة ومنحدرة.
3 - RENDZINAS:	rzedic	صرير المحراث – بولوني،	ترب كلسية، عشبية ضحلة محجرة.
4 - XEROSOLS:	xeros	جاف – يوناني،	ترب نصف صحراوية بما فيها السيروزوم.
5 - YERMOSOLS:	yermo	صحراء – إسباني،	ترب صحراوية.

المداخل إلى التصنيف وأسسه العامة:

على الرغم من تعدد مدارس علم التربة، فإنه عند تصنيف الترب، 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 تتصف 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 الترب في الزراعة.

٣ – الخصائص الإنتاجية للترب وطرائق استثمارها بصورة سليمة.

تهتم التصانيف 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.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثاني عشر

الـــترب المتأثرة بالأملاح

ـــ مصادر الأملاح وظروف تجمعها في الترب

ـــ الترب المالحة (السولونتشاك)

ـــ تصنيف السولونتشاك

ـــ السولونتس

ـــ تصنيف السولونتس

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الـــترب المتـأثـرة بالأمـــلاح Salt Affected Soils:

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

تشغل هذه الترب مساحات واسعة من الأراضي الزراعية في العالم وبخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة. وتدل الدراسات على أن هذه الترب 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) توزع الترب 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 ترب العالم المذكورة صغيرٌ جداً، وبالتالي تعد مثل هذه الأرقام تقريبية. كما تجدر الإشارة إلى انتشار مساحات متفرقة من الترب القلوية وأكثر منها المقلونة في حوض الفرات والغاب وفي غيرهما من المناطق المروية في القطر بما فيها ترب مشروعات الري القديمة في جنوب سورية. (أبو نقطة ١٩٩٦)

الجدول (٢٥) توزع الترب 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 ترب العالم. (أبو نقطة ٢٠٠٢)

مصادر الأملاح وظروف تجمعها في الترب:

تعدُّ الصخور الصهارية المصدر الرئيس لتكوين الأملاح على سطح الأرض، نتيجة عملية التجوية، ومن ثم تجمع تلك الأملاح في البحار والمحيطات، وكذلك في القارات، أما ملوحة الصخور الأم والترب، 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 والترب.

٢ – البحار والمحيطات:

وهي تسهم بفعالية في تملّح الصخور الأم والترب 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 الترب المالحة التي تكونت على بحيرات مالحة بعد جفافها، وتشاهد مثل هذه الظواهر حول بحر قزوين والبحيرة الكبرى في يوتا بالولايات المتحدة، وبهذه الطريقة تملّح كثير من السبخات في سورية.

٤ – الرياح:

تنقل الرياح حبيبات التربة المالحة لتوضعها على أراض عادية، وبفعل الرياح تترسّب كمية من الأملاح تقدر بـ٢–٢٠ طناً/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 تملُّح البحار والمحيطات بالشاردتين المذكورتين.

٦ – الماء الأرضي:

تزداد خطورته مع ازدياد تركيزه واقتراب توضعه 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:

$$L = 170 + 8°t \pm 15$$

حيث: L: العمق الحرج للماء الأرضي، سم.

°t : متوسط الحرارة السنوي، مْ.

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

٧ – النباتات الجفافية:

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

٨ – الـــري:

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 ستتراكم 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 كالوديان والدالات والشواطئ، ويكون دور التضاريس الدقيقة واضحاً بجلاء في المناطق السهبيّة.

١١ – الظروف الهيدرولوجية أو الخصائص المائية للصخور الأم والترب:

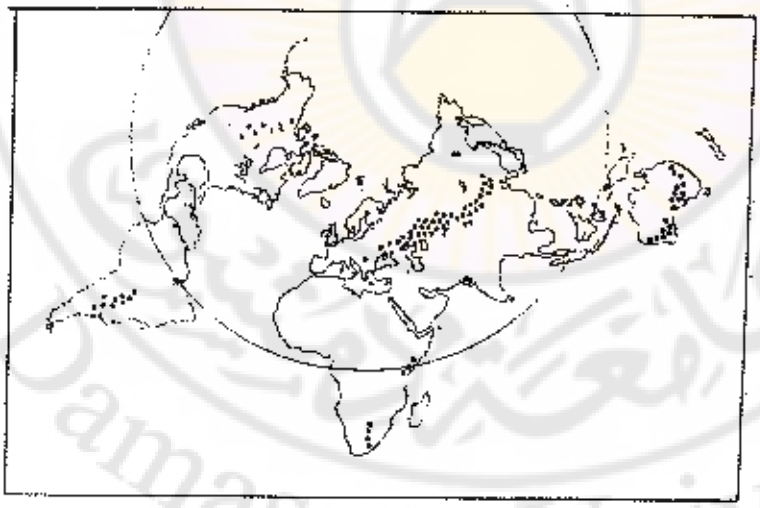
وهي التي تحكم حركة الماء واتجاهه، وتتعلق بالتركيب الميكانيكي والمسامية وسائر العوامل المحددة لحركة التيارات المائية صعوداً ونزولاً وفي جميع الاتجاهات.

Damascus University

الـــترب الـمالـــحة 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 ٠-٤٠سم، وتتجاوز تلك النسبة ١-٢% من وزن التربة لتصل أحياناً إلى ٢٠-٣٠%. تغطي سطح السولونتشاك عادة تزهرات أو قشورٌ 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 المرجية هي الوحيدة الأكثر ملاءمة لنمو النباتات. ويبين الشكل (٣٢) خارطة توزع السولونتشاك في العالم.

ويلاحظ أوسع انتشار للسولونتشاك في جمهوريات آسية الوسطى ثم استرالية فأمريكة الجنوبية.



الشكل (٣٢) خارطة توزع 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 الترب بتوزع منتظم للغضار والسيليكا والأكاسيد نصف الثلاثة في مقطعها، وتشذ عن هذه القاعدة السولونتشاك الصودية والترب المالحة القلوية؛ إذ تنتقل الغرويات من أفقها السطحي لتتوضع على عمق معين تحت سطح التربة.

تتصف هذه الترب بخلوها من البنية الفتاتية – الحبيّة الثابتة مائياً، رغم أن غروياتها تكون متخثرة وثابتة، وتكون سلسة ونفوذة، وسرعان ما تتهدم البنى الكاذبة عند غمرها بالماء.

إن نسبة الدبال في هذه الترب 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 الترب منخفضة إذ تراوح بين ١٠-٢٠ ممك/١٠٠ غ تربة، ويسود الكالسيوم والمغنزيوم في مقعد الامتزاز يليهما الصوديوم.

يراوح الـpH في هذه الترب بين ٧,٥ – ٨,٣، وهذا يتعلق عادة بمحتوى كربونات وبيكربونات الكالسيوم والمغنزيوم، وفي الصودية منها يراوح الـpH 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 يراوح بين ١٠٠–٢٠٠ غ/ل، وقد يصل أحياناً إلى ٣٠٠–٤٠٠ 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 الحلولي، حتى إذا بلغ حداً معيناً، تعذَّر 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 الترب، 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 مبتلّة wet solonchaks:** هي السولونتشاك الهيدرومورفية، حيث يتوضع الماء الأرضي قريباً من السطح، كما يطلق هذا الاسم على الترب التي تحوي قشرة على سطحها بسماكة ٢–٤ سم غنية بكلوريد المغنزيوم والكالسيوم، الذين يتصفان باسترطابية عالية مما يجعل التربة رطبةً 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 الترب عند تحولها إلى ميرابيليت الذي يحوي عشر جزيئات من الماء مما يعمل على تجفيف سطح التربة، وسرعة انهيارها أو رخاوتها. وتنشأ مثل هذه الترب عادة بفعل الرياح التي تعمل على تكوين كثبان 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 – **عمدية Columnar s.**: داكنة اللون، تحوي الصودا، يتشقق سطحها عند جفافها، ويتكون أفقها السطحي لعمق ١٠–٢٠سم من وحدات بنيوية عمدية 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 تغاذية الماء في التربة، وتفقد 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 Salinazation. تتصف هذه الترب بتمايز مقطعها إلى آفاق واضحة، وقد تبلغ نسبة الدبال في بعض أنواعها ٦–٨% من وزن التربة، وهي من أكثر أنواع السولونتشاك ملاءمة 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 Oily،ويندر وجود النباتات على هذه الترب.

وهناك أشكال أخرى، مثل البحرية والمستنقعية والتاكيرية وغيرها.

ومن المتعارف عليه قياس سميّة الأملاح بمكافئات الكلور، فإذا كانت سميّة

الكلور =١ فإن سمية Na_2CO_3 =١٠ وسمية $NaHCO_3$ =٣/١ ، وسمية Na_2SO_4 = ٦/١، من هذا يتضح أن الصودا أكثر سمية بعشر مرات من كلور الصوديوم، وبثلاثين مرة من بيكربونات الصوديوم وبستين 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

نوعية الملوحة	النسبة بين الأنيونات (مليمكافئ)		
	Cl/SO_4	HCO_3/Cl	HCO_3/SO_4
كلوريدية	2.5 ≤	–	–
كلوريدية ـ سلفاتية	2.5 - 1	–	–
سلفاتية ـ كلوريدية	1 - 0.2	–	–
سلفاتية	0.2 >	–	–
كلوريدية ـ صودية	1 <	1 >	1 <
سلفاتية ـ صودية	1 >	1 <	1 >
صودية ـ كلوريدية	1 <	1 <	1 <
صودية ـ سلفاتية	1 >	1 <	1 <
هيدرو كربوناتية ـ سلفاتية أو كلوريدية	–	–	1 <

أما الطريقة الثانية فهي الأبسط، وذلك بحساب النسب المئوية التي يشكلها كل أنيون بالمليمكافئ 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 السولونتشاك استناداً إلى الكاتيونات الذائبة أقل استعمالاً.

تعيين درجة ملوحة التربة:

لا تتعلق درجة ملوحة التربة بنسبة الأملاح فحسب، وإنما بنوعيتها أيضاً، نظراً لتباين 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 التحمل للملوحة	نوعية الملوحة ، الراسب الجاف %						
	صودية	صودية كلوريدية أو كلوريدية صودية	صودية سلفاتية أو سلفاتية صودية	كلوريدية	سلفاتية كلوريدية	كلوريدية سلفاتية	سلفاتية
غير متملحة عملياً	0.10>	0.15>	0.15>	0.15>	0.25>	0.20>	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	0.30-0.20	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	0.60-0.30	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	1.00-0.60	2.00-1.00
سولونتشاك، شديدة الملوحة جداً لا وجود للمحصول عملياً	0.50 <	0.60 <	0.70 <	0.80 <	1.20 <	1.00 <	2.00 <

استصلاح السولونتشاك:

لا تستعمل السولونتشاك 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. ويراوح مقنن الغسل بين ٢ – ١٧ ألف م^3/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.

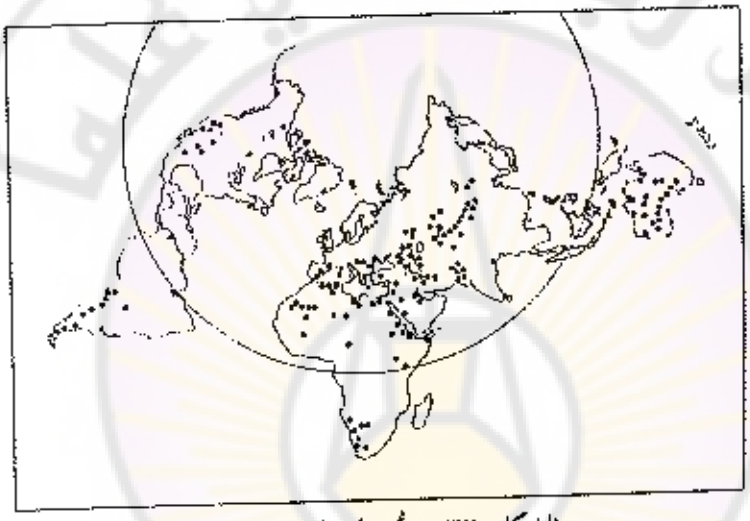
ويضاف مقنن الغسل على دفعات بفاصل زمني ٢ – ٥ أيام لتحسين غسل الأملاح، وتجرى العملية في أواخر الخريف وبداية الشتاء. وبعد الغسل يجب أن تتخذ الإجراءات الكفيلة بمنع ارتفاع الأملاح بالخاصية الشعرية. وتساعد الحراثة وتفكيك التربة في ذلك. وقد يُعمد إلى زراعة الرز بعد غسل الأراضي للاستفادة من المياه والتربة، وبعدها 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.

السولونتس (الترب القلوية) Solonetz

السولونتس، هي الترب التي يحتوي معقد امتزازها 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، وتوضّح الخارطة التالية شكل (٣٢) توزع السولونتس في العالم.



الشكل (٣٢) توزُّع السولونتس في العالم

يلاحظ من الخارطة أن السولونتس أوسع انتشاراً من السولونتشاك، إذا تتعدى حدود مناطق المناخات الجافة لتصل إلى المناخات شبه الرطبة.

الخصائص الأساسية لتكوين السولونتس:

لقد سبقت الإشارة إلى أن هذه الترب متأثرة بالأملاح، رغم أن هذه الأملاح تتوضع فيها على عمق معين، وتبقى الملوحة في الطبقة السطحية ضئيلة. ولاتختلف السولونتس عن السولونتشاك بنسبة الملوحة وتوضعها فحسب وإنما بهجرة الغرويات من السطح وترسبها 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 السولونتس، يتفق جميعها على أن لشاردة الصوديوم الدور الأساسي في تطور الخصائص السيئة للسولونتس، واستناداً إلى فرضية غيدرويتس، تتكوّن السولونتس عند غسل السولونتشاك 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 السولونتس بهذه الطريقة يجب أن يسود الصوديوم كثيراً على الكالسيوم والمغنزيوم.

وهناك الفرضية البيولوجية التي تعطي الدور الأول في تكوين السولونتس إلى النباتات السهبية الصحراوية مثل؛ الشيح والإشنان 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 الترب إلى سولونتشاك. وحسب رأي وليامز تتم العملية كما يلي:

تربة عادية ← تربة مقلونة (solonetzic) ← تربة قلوية (solonetz) ← سولونتشاك

تصنيف السولونتس:

تقسم هذه الترب إلى عدة أنماط استناداً إلى نظامها المائي – الملحي وظروف تطور العملية العشبية التي تعكس الخصائص النطاقية وذلك كما يلي:

١ – **سولونتس أوتومورفية Automonphic s. أو سهبية Steppe s.:** تتكون عندما يتوضع الماء الجوفي على عمق يزيد على ٦ أمتار، وترتبط ملوحتها بالصخور الأم. يتصف المقطع الملحي لهذه الترب 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 – **سولونتس نصف مائية Semi-hydromorphic s. أو سهبية مرجية Meadow steppe s.:** تتطور هذه الترب على المصطبتين الأولى والثانية للحقيات 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 المرجيّة.

٣ – **سولونتس مائية Hydromorphic s. أو مرجيّة:** تتكون عندما يتوضع الماء الأرضي على عمق يقل عن ٣ أمتار في فيضات الأنهار وحول البحيرات. تحتوي هذه الترب على نسبة كبيرة من الأملاح تتوضع فوق الأفق القلوي.

٤ – **سولونتس مستنقعية مرجية Meadow boggy s.:** تنشأ عند توضع الماء الأرضي قريباً من السطح، وعند ازدياد الرطوبة السطحية، حيث يتغطى سطح التربة بالغث، كما يتكون أفق موحل تحت الأفق القلوي.

تضم الأنماط السابقة عدداً من تحت الأنماط، يعكس كل منها الخصائص النطاقية للسولونتس، وتقسم 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 B_1 إلى مجموعات متعددة كما في الجدول (٢٨) التالي:

درجة قلونة الترب	% للصوديوم التبادلي ESP
١ – غير مقلونة	٣ >
٢ – خفيفة القلونة	١٠ – ٣
٣ – معتدلة القلونة	١٥ – ١٠
٤ – شديدة القلونة	٢٠ – ١٥
٥ – سولونتس	٢٠ <

وعندما تحتوي السولونتس على نسبة عالية من الأملاح الذوابة فإنها تكوّن الترب المالحة القلوية، وهي تجمع بين صفات التربتين المذكورتين.

استصلاح السولونتس: Reclamation of S.

ينصبُّ استصلاح هذه الترب بالدرجة الأولى على تحسين الخصائص الفيزيائية السيئة، الناتجة عن زيادة الصوديوم الممتز، وتوفير الظروف الملائمة لنمو المزروعات وتطورها. وتتلخص عمليات الاستصلاح بإحلال الكالسيوم في معقد الامتزاز وطرد الصوديوم منه. ويعد الجبس المصلح التقليدي نظراً لمزاياه العد يتم التفاعل التبادلي حسب المعادلة التالية:

$$[2Na + CaSO_4 \rightarrow \text{معقد امتزاز}] \; Ca + Na_2SO_4 \; \text{معقد امتزاز}$$

ونتيجة هذا التفاعل تتعادل القلوية، وتتحسن 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 ينعكس 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 تقعبها الحراثة والعزق.

تتوقف كمية الجبس اللازمة للاستصلاح، على نسبة الصوديوم الممتز، وهي تراوح بين ٨ – ١٠ أطنان/هكتار للسولونتس المرجية الصودية و ٣ – ٥ أطنان/هكتار للسولونتس السهبية. وتحسب كمية الجبس حسب المعادلة التالية:

$$CaSO_4.2H_2O = 0.086\ (Na - 0.05\ E)\ L.D$$

(طن/هكتار)

حيث:

٠,٠٨٦ – تحويل ١ مليمكافئ جبس إلى غرام.

Na – عدد مليمكافئات الصوديوم الممتز في ١٠٠ غ تربة في الأفق B_1.

E – سعة الامتزاز، مليمكافئ في ١٠٠ غ تربة في الأفق B_1.

٠,٠٥ – نسبة الصوديوم الممتز المسموح ببقائها في التربة.

L – عمق طبقة الحراثة، سم، وهي عادة تساوي ٣٠ سم.

D – الكثافة الظاهرية للأفق B_1 غ/سم^3.

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 مصلحات متعددة مثل؛ الكبريت والأحماض المعدنية وسلفات الحديدي وأملاح الكالسيوم المختلفة أو إضافة المواد العضوية.

وتجدر الإشارة إلى ضرورة الاهتمام بالإدارة السليمة للسولونتس؛ إذ تختلف هذه الترب في خصائصها وبالتالي تتباين الطرائق اللازمة لإدارة كلٍ منها.

تقسيم الترب المتأثرة بالأملاح حسب المدرسة الأمريكية

يقسّم 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. وتسود الملوحة الكلوريدية أو السلفاتية أو كلتاهما، إذ لا توجد صودا عادة. تبلغ الموصلية الكهربائية لمستخلص العجينة المشبعة للتربة ٤ ميلموز/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 ميلموز/سم، وتتجاوز ESP ١٥% من السعة التبادلية، لذلك يتجاوز الـ pH ٨,٥ في الأفق القلوي B_1.

تتميز هذه الترب، بارتفاع محتوى كربونات الصوديوم التي تسهم بفعالية في نشوء هذه الترب وهي تشبه السولونتس في المدرسة الروسية.

٣ – ترب مالحة صودية Saline sodic s.

هي الترب التي تزيد الموصلية الكهربائية لمستخلص عجينتها المشبعة على ٤ ميلموز/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.

ويلخّص 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 قلوية	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	تأثر 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 الملوحة
٥ – أكثر من ١٦	ملوحة عالية جداً	لا تنمو سوى المحاصيل شديدة تحمل الملوحة

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثالث عشر

الـــــترب فـــي ســـــورية

ـ الظروف الطبيعية لتكوين الترب في سورية

ـ تصنيف ترب سورية

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الـــــترب فـــي ســـــورية

الظروف الطبيعية لتكوين الترب في سورية:

تبلغ مساحة الجمهورية العربية السورية ١٨٥,١٧٩ كم٢، وتقع بين خطي عرض ٩١ ْ ٣٣ ً و ٣٧ ً ٢٠ ْ شمالاً، وخطي طول ٤٣ ً ٣٤ ْ و ٤٢ ً ٢٤ ْ 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 الترب حيناً، وقد يسود دور أحدها حيناً أخر، 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، إمّا في تصحُر الأراضي أو انجرافها من جهة أو في استقرارها وتطورها من جهة أخرى.

يسود في القطر مناخان متمايزان 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 ماطر 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 توزع الهطل في سورية.

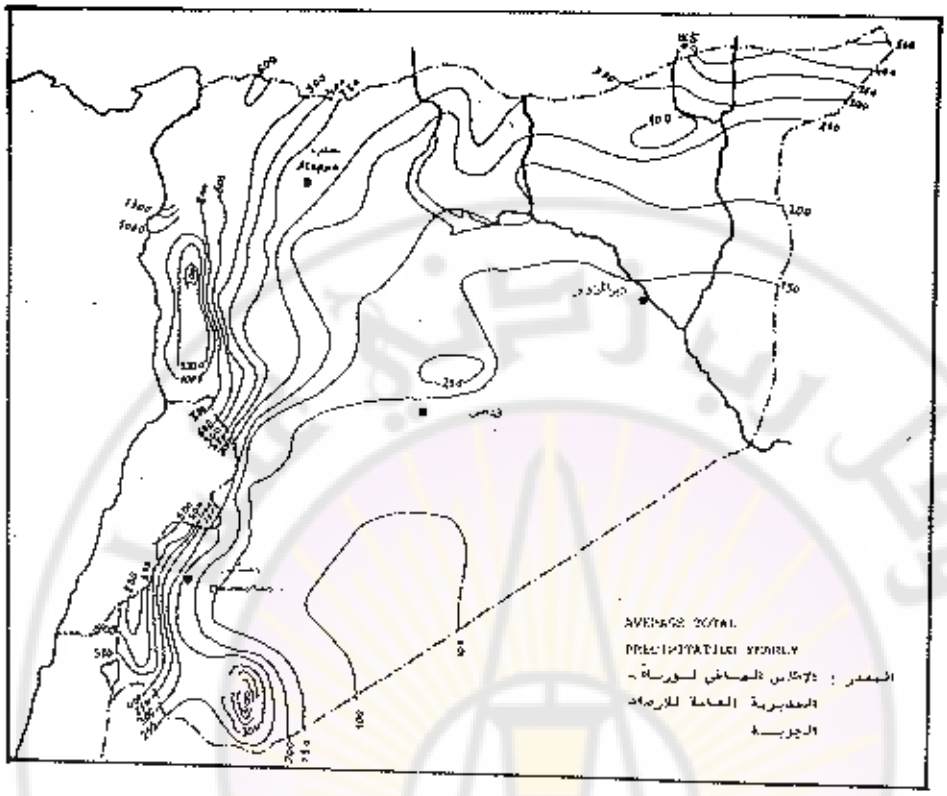
جدول (٣١) بعض البيانات المناخية في سورية

معدل الإشعاع الشمسي السنوي	١٥٠ – ١٧٠ كيلو حريرة/ سم^2
مجموع الحرارة التي تزيد على ١٠° سنوية	٣٥٠٠ – ٧٠٠٠°
الأيام التي تزيد حرارتها على ١٠°، سنوية	٢٢٠ – ٣٦٠ يوماً
معدل الحرارة العظمى السنوي	١٨ – ٢٧°
معدل الحرارة الصغرى السنوي	٦ – ١٤°
معدل المدى الحراري السنوي	١٤ –٢٧°
معدل الحرارة الجافة السنوي	١٢ – ٢٠°
معدل الهطل السنوي (مم)	١٠٠ – ١٤٠٠
الرطوبة النسبية في الصيف	٢٠ – ٥٠ % في الداخل
	٧٠ – ٨٠ % في المناطق الساحلية
الرطوبة النسبية في الشتاء	٦٠ – ٨٠% في الداخل
	٦٠ – ٧٠ % في المناطق الساحلية

الجدول رقم (٣٢) معدلات الهطل السنوي والمساحات التي تغطيها

معدل الهطل السنوي ، مم	المساحة، ألف كم^2	% من المساحة العامة	موقع انتشارها
أكثر من ١٠٠٠	٩,٢٥	٥	السفوح الغربية للجبال الساحلية
٥٠٠ – ١٠٠٠	٣٧,٠	٢٠	المناطق الساحلية وبعض المناطق الداخلية المتأثرة بشكل فعّال بالمناخ المتوسطي
٢٥٠ – ٥٠٠	٤٦,٠	٢٥	الجيوب المطرية الواقعة إلى الشرق من الفجوات الجبلية (درعا والقنيطرة والسويداء وحمص والمناطق المحاذية للحدود التركية)
١٠٠ – ٢٥٠	٤٧,٠	٤٠	تحاذي المناطق السابقة من الشرق والجنوب والأجزاء الغربية والشمالية من البادية
أقل من ١٠٠	١٨,٥	١٠	المناطق الشرقية والجنوبية من البادية

جامعة دمشق Damascus University



شكل (٣٣) خارطة توزع الهطل 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 وبالمنخفضات 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 أوروبة. 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 فصلا الربيع والخريف قصيري المدة، ويتأثران بمنخفض السودان والمنخفضات الخماسينية الحارة القادمة من شمال أفريقية.

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 بشكليه 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 وتخريب 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 والتصحُّر.

يمكن تمييز خمس مناطق في سورية استناداً إلى نوعية الغطاء النباتي السائد، ويرتبط توزع هذه المناطق بنوعية المناخ بصورة رئيسة. شكل (٣٤)

١ – مناطق الغابات الرطبة أو شبه الرطبة (الطوابق الدنيا)، ويسود فيها السنديان والبلوط.

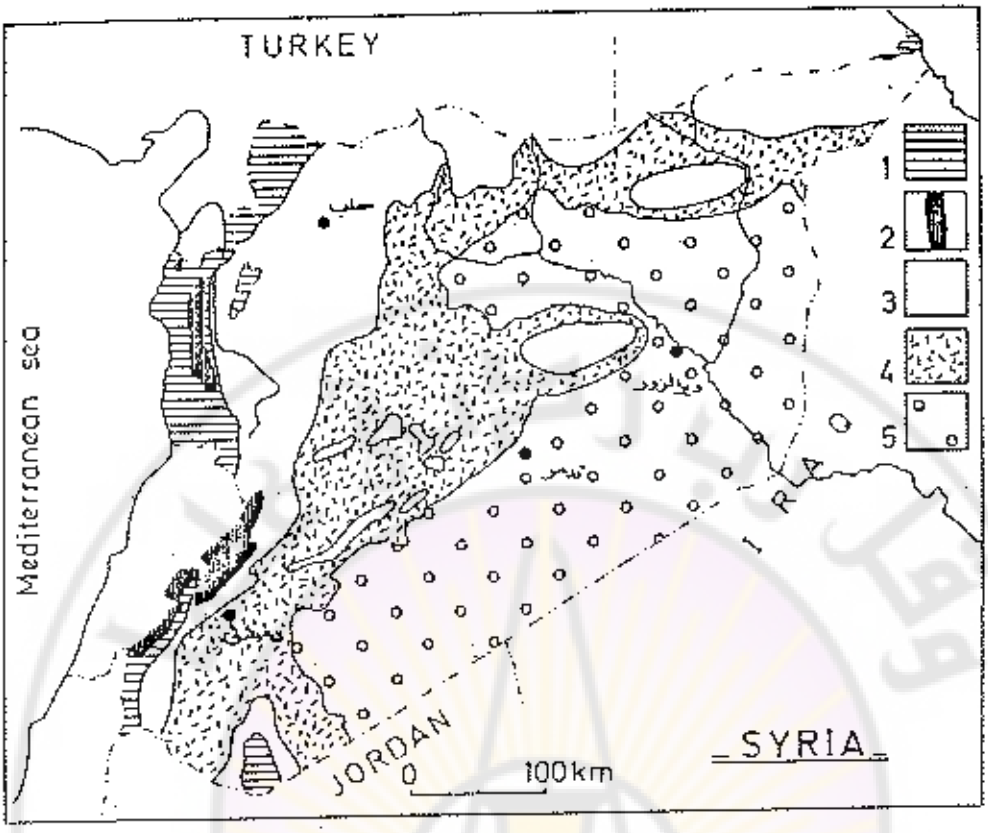
٢ – مناطق الغابات الرطبة أو شبه الرطبة (الطوابق العليا)، ويسود فيها البلوط والأرز واللزاب.

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 والقبا.

٥ – تكوينات السهوب شبه الصحراوية في المناخ الجاف وشديد الجفاف، يسود فيها الشيح والنيتول والاشنان.

جامعة دمشق Damascus University



الشكل (٣٤): خريطة المناطق الرئيسة للغطاء النباتي الطبيعي في سورية

(مبسطة عن خريطة الغطاء النباتي لمنطقة البحر المتوسط ـــ الفاو ـــ اليونسكو ١٩٧٠)

١- مناطق الغابات الرطبة أو شبه الرطبة (الطوابق الدنيا)

٢- مناطق الغابات الرطبة أو شبه الرطبة (الطوابق العليا)

٣- مناطق الاشجار والشجيرات السهبية في المناخ الجاف وشبه الجاف

٤- مناطق السهوب الشجرية في المناخ الجاف.

٥- مناطق السهوب شبه الصحراوية في مناخ جاف وشديد الجفاف.

جـ – الصخور: تأتي في المرتبة الثانية من حيث تأثيرها في تكوين الترب في سورية، ويمكن تمييز أربعة مكوّنات جيولوجية ذات تأثير مباشر في تكوين ترب القطر هي :

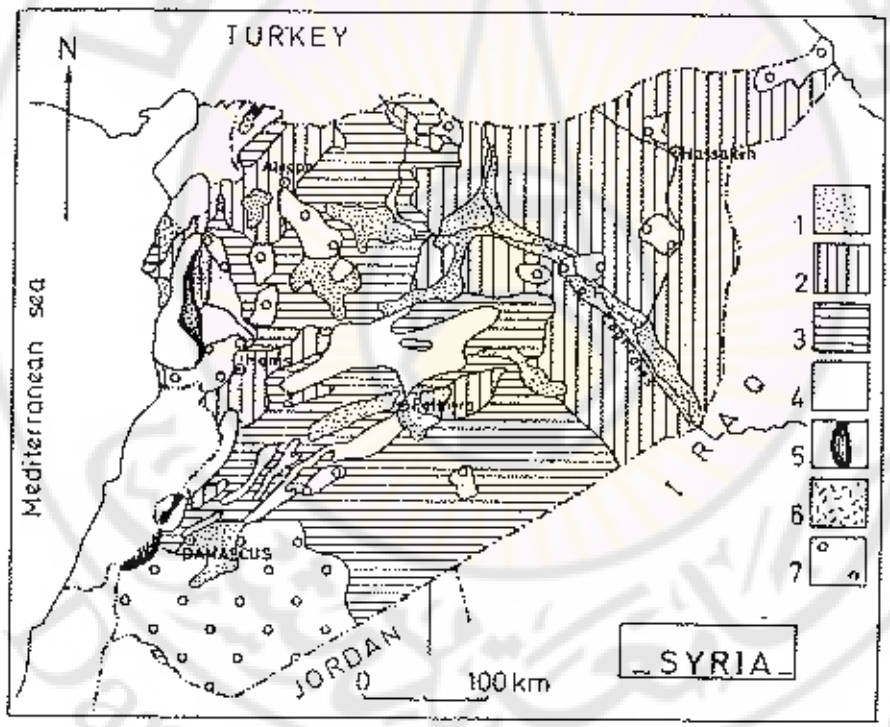
١ – الصخور البازلتية حديثة التكوين، تنتشر في مناطق متعددة أهمها حوران والقنيطرة ثم غرب حمص وحماة وشمال شرق الجزيرة، وقد تتعرى هذه الصخور تماماً من التربة كما هو ملاحظ في منطقة اللجاة مثلاً.

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 اللحقية 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 تكنواكسبورت ١٩٦٣)

١ – رسوبات العصر الرباعي ٢–صخور العصر النيوجيني 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 سلسلتي الجبال التدمرية والساحلية، وتشبه في تراكيبها الصخرية تراكيب العصرين السابقين، إلا أنها تحتوي على صخور أقل انتشاراً، مثل الجبس والصخور الفوسفاتية.

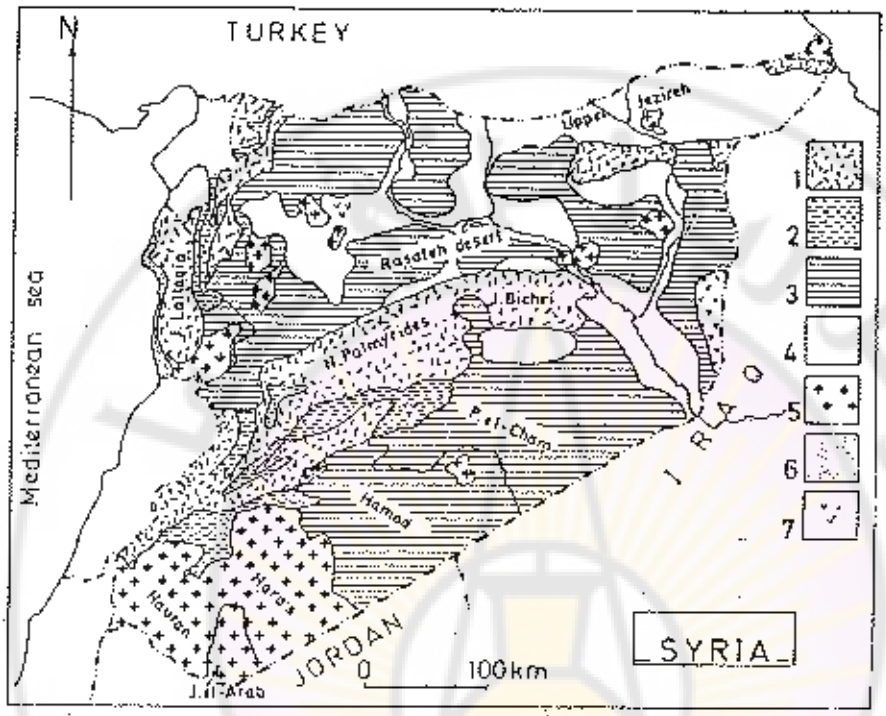
٥ – صخور الثلاثي والجوراسي Triassic & Jurrasic: تنتشر بشكل رئيس في المنطقة الشرقية من الجبال الساحلية والمنطقة الجنوبية الشرقية من سلسلة جبال لبنان الشرقية، ويؤلف الحجر الكلسي والدولوميت والمارل أهم صخورها.

٦ – صخور النيزوزي Nesozoic: تنتشر بدرجة محدودة في منطقة البابر 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 تكنواكسبورت ١٩٦٣)

١- المناطق الجبلية ٢- منخفضات ضمن سلاسل جبلية ٣- الهضاب والسهول

٤- الـ . رسوبية المنشأ ٥- مناطق التكوينات البركانية ٦- سهول ساحلية

٧- منخفضات طبيعية متملحة

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 المتفرقة 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، والجبُّول جنوب شرق حلب، إضافة إلى بعض المنخفضات على الحدود العراقية شمال البوكمال.

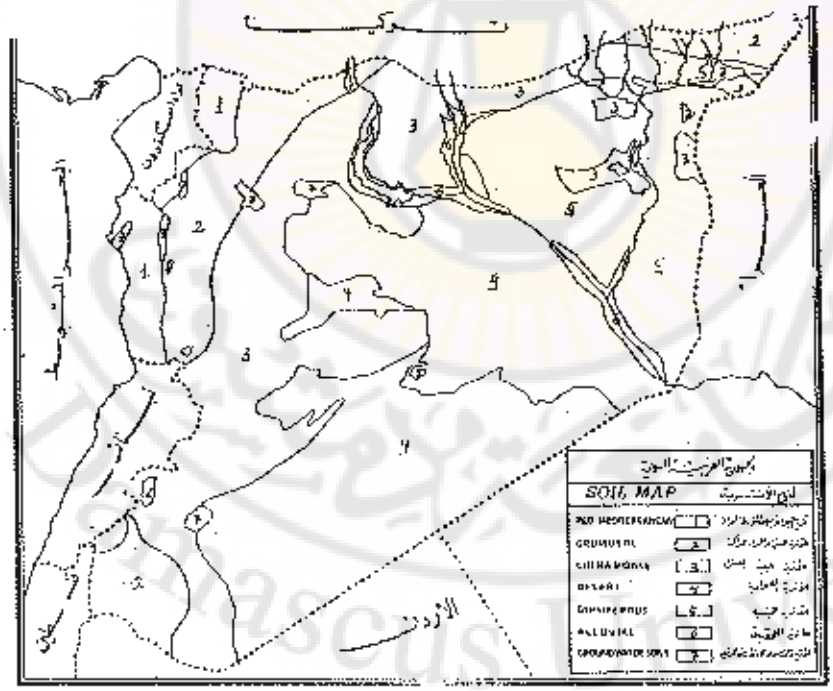
وعموماً يمكن القول إن الهضاب والسهول، تحتل المرتبة الأولى من حيث مساحتها، وتنتشر بصورة رئيسة في المناطق الداخلية من سورية وتكون منبسطة أو متموجة، تتخللها تلال تختلف في ارتفاعاتها، وهي تنحدر نحو الشرق والشمال الشرقي بدرجة خفيفة، ويراوح ارتفاعها عن سطح البحر بين ٢٠٠ – ٧٠٠ متر. كما تجدر الإشارة إلى وجود بعض الوديان الإنهدامية العميقة التي يصل عمقها إلى نحو ١٠٠ متر تحت مستوى سطح البحر، كما هو الحال في وادي اليرموك.

هـ – الزمن أوعمر التربة: تتكون الترب في سورية عموماً على تكشفات صخور العصرين الجيولوجيين الثلاثي والرباعي، إذ تنتشر ترب العصر الرباعي في المناطق البركانية في جنوب غرب سورية وغيرها، وكذلك على المواد اللحقية الحديثة في أسَرّة وديان الأنهار.

تصانيف ترب سورية :

بدأت دراسة الترب في سورية بصورة عامة في مطلع الخمسينيات، إذ حدد موير Muir.A عام ١٩٥١في ــ ملاحظاته عن ترب سورية – انتشار عدد من مجموعات الترب عند مدّ 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 ليره Van Liere: في الفترة الواقعة بين ١٩٥١ – ١٩٦٤ عمل خبيراً للترب في سورية من قبل منظمة الأغذية والزراعة FAO، فأعدّ 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 ليره لترب سورية

وفيما يلي موجز لمجموعات الترب حسب الخريطة المذكورة وأبرز خصائصها.

١ – ترب البحر المتوسط الحمراء Red Mediterrancan: تتكون في المناطق التي يزيد فيها الهطل السنوي على ٦٠٠ مم، يسود فيها اللون الأحمر، نسيجها طميي طيني وطميي (لومي) ، مونتموريونية ، 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^2، حيث تراوح كمية الهطل السنوي بين ٣٠٠ – ٦٠٠ مم، اللون السائد فيها هو الأحمر الداكن أو البني أو الأسود، وهي طينية مونتموريونية، يراوح الـ pH فيها بين ٨ – ٨،٥، الآفاق غير متمايزة، 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^2، يراوح معدل الهطل السنوي فيها بين ١٥٠ – ٣٠٠ مم، اللون السائد بني مصفر محمر، نسيجها طيني وطميي طيني، تسود فيها معادن المونتموريونيت والأتابولغيت، نسبة كربونات الكالسيوم فيها مرتفعة، الـpH من ٨ – ٨،٥، تمايز الآفاق ضعيف.

يحتوي مقطعها على تدرنات 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 و كذلك الحال في ترب حوران أيضاً .

٤ ــ **الترب الصحراوية Desert soils:** تبلغ مساحتها نحو ٩٢ ألف كم^2، متضمنة الترب الجصية، تتلقى معدلات سنوية من الهطل تقل عن ١٥٠ مم، لونها رمادي أو رمادي بني، طمية نسبة كربونات الكالسيوم عالية، وتمثل أراضي المراعي في سورية.

٥ – **الترب الجصية Gypsiferous soils:** مساحتها نحو ٥٥ ألف كم^2، لونها برتقالي مصفر، وهي مفككة، عرضة للانجراف الريحي، يبلغ الـpH 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 اللحقية الحديثة Alluvial soils:** تبلغ مساحتها نحو ٥ آلاف كم^2، نسيجها طمي رملي طيني إلى طيني، الـpH = 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 Diatomeceus)، 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.

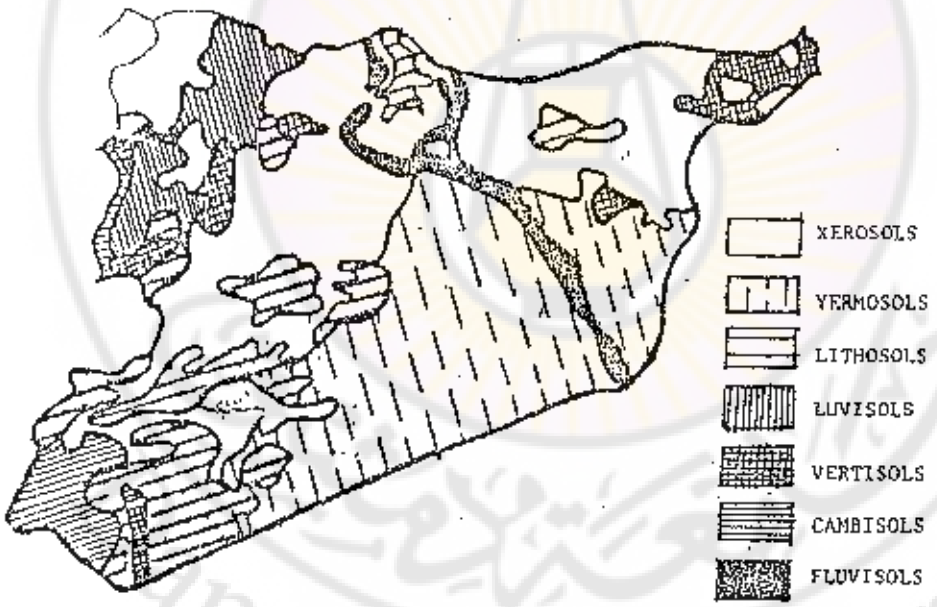
جدول (٣٣) مساحة الأرض حسب مجموعات الترب والمحافظات ١٩٩٧ (بألوف الهكتارات)

(000 Hectares) AREA OF LAND BY SOIL GROUPS & MOHAFAZAT

SOIL GROUPS	المجموع	القنيطرة	طرطوس	درعا	السويداء	الرقة	الحسكة	ادلب	دير الزور	اللاذقية	حماه	حمص	حلب	دمشق	مجموعات الترب
Red mediterranean	850	39	188	-	-	-	-	147	-	184	54	38	200	-	ترب البحر المتوسط الحمراء
Grumusol	2217	147	1	288	48	4	440	347	-	-	269	157	434	82	الترب الحمراء والبنية الداكنة (كرومورزول)
Cinnamonic	4782	-	-	81	221	685	1045	74	90	-	382	936	646	622	الترب البنية الصفراء (سينامونيك)
Desert	4244	-	-	4	286	20	-	-	372	-	104	2395	-	1063	الترب الصحراوية
Gypsiferous	5528	-	-	-	-	1051	728	-	2596	-	51	672	430	-	الترب الجبسية
Alluvial	531	-	-	-	-	202	7	-	248	22	-	-	52	-	الترب اللحقية
Groundwater	366	-	-	-	-	-	113	42	-	24	28	24	88	47	الترب المشكلة من المياه الجوفية
TOTAL	18518	168	189	373	555	1962	2333	610	3306	230	888	4222	1850	1814	المجموع

في عام ١٩٧٧ نشرت منظمة الأغذية والزراعة خريطة لمناطق الترب الرئيسة وذلك استناداً إلى التصنيف الخاص بها، وتتضمن الخريطة شكل (٣٨) سبع مجموعات من الترب وتوزعها، هي:

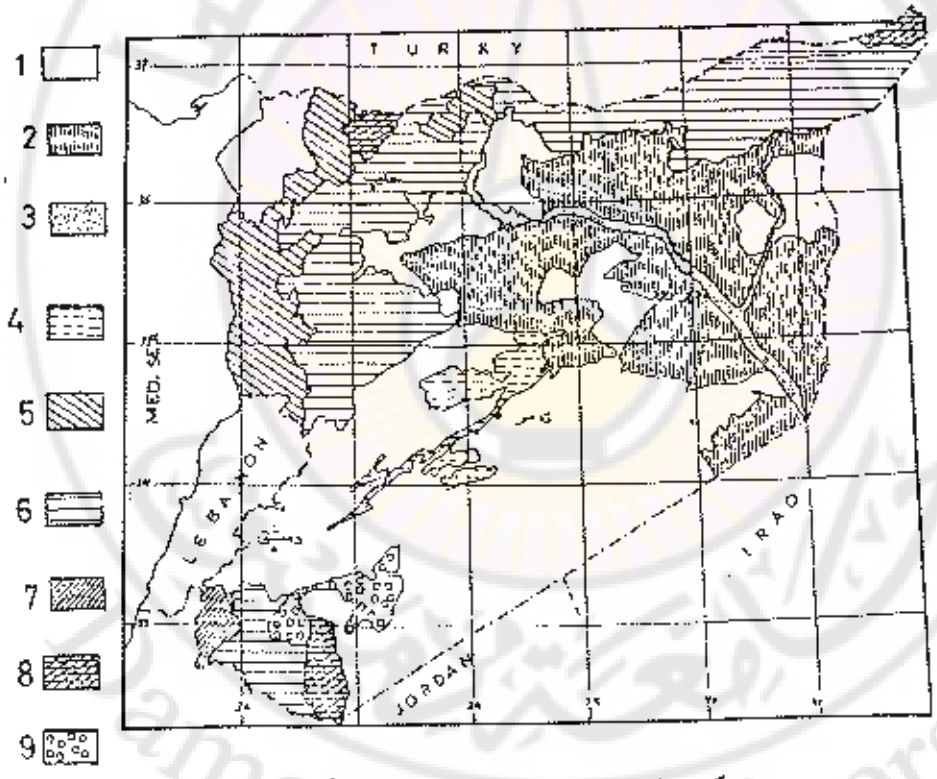
١ – الترب الجافة	Xerosolos
٢ – الترب الصحراوية	Yermosols
٣ – الترب الصخرية	Lithosols
٤ – الترب المغسولة	Luvisols
٥ – الترب القلابة	Vertisols
٦ – الترب المتغيرة	Cambisols
٧ – الترب النهرية	Fluvisols



الشكل (٣٨) تصنيف الفاو لترب سورية

تصنيف ترب سورية في المركز العربي لدراسة المناطق الجافة والأراضي القاحلة ACSAD:

بدأ المركز العربي "اكساد" مع بداية الثمانينيات بإعداد خارطة لترب الوطن العربي بمقياس ١/١مليون 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 الترب التالية: شكل (٣٩)



شكل رقم (٣٩) خارطة ترب سورية (أكساد)

أولاً ــ رتبة الترب الجافة Aridisols: تغطي ترب 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 كربونا ت الكالسيوم أو جميعها، كما يمكن أن يحتوي مقطعها على طبقات طينية أو كلسية أو جبسية، ويكون مقعد امتصاصها مشبعاً بالقواعد، وتضم المجموعات الكبرى GreatGroups التالية. (وفي تصنيف عام ١٩٩٩ عدلت التسمية لتصبح تحت رتبة بدلاً من مجموعة كبرى):

آ – الترب الكلسية Calciorthids؛ (Calcids): تشكل ٢٣% من المساحة الإجمالية للقطر، تغطي معظم مناطق البادية وبخاصة في أجزائها الجنوبية (الحماد) حيث تغطي حجارة البازلت أو الصوان سطح التربة، وتكون هذه الترب مترافقة مع الترب البدائية قليلة العمق Entisols. أما الأجزاء الشمالية من هذه الأراضي فيتخللها العديد من الوديان الصحراوية، وتقل أو تنعدم الحجارة السطحية، كما تترافق مع بعض الترب الجبسية (شمالي القريتين وجنوب تدمر)، نسيج هذه الترب طميي.

ب – الترب 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 الترب عادةً طميي رملي خشن ورملي.

ج – الترب الجافة المتغيرة Camborthids؛ (Cambids): هي ترب محدودة الإنتشار إذ لاتتجاوز رقعتها ٣% من مساحة القطر، توجد عادةً في المنطقة الجنوبية، حيث تنتشر في بعض الوديان والمنخفضات المجاورة للجبال، نسيجها عادةً طميي إلى طيني.

د – الترب الجافة القديمة (الأثرية) Palcorthids؛ (Durids): وهي ترب ذات انتشار محدود، إذ لا تشغل سوى نحو ١,٥% من مساحة القطر، تحتوي على قشرة كلسية متصلبة (متحجرة) 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 – الترب المالحة Salorthids؛ (Salids): لا تشغل سوى نحو ١,٥% من مساحة القطر، وهي تنتشر في وادي الفرات وفي بعض المنخفضات الصحراوية مشكلةً ما يسمى بالسبخات، مثل، الموح قرب تدمر، 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 سابقا إلى مستوى تحت رتبة، وتمت الإشارة إلى ذلك حيث وضعت التسمية الجديدة بين قوسين من أ إلى هـ.

ثانياً ــ رتبة الترب الابتدائية (قليلة التطور) Inceptisols: تحتل المرتبة الثانية من حيث مساحتها التي تبلغ نحو ٢٥% من مساحة سورية، وتضم مجموعتين من الترب هما:

أ – Xerochrepts: تنتشر في معظم المناطق الرطبة على طول الحدود الشمالية مع تركية وفي السهول الوسطى، وكذلك في المناطق الغربية والجنوبية الغربية من القطر. تتصف ترب هذه المجموعة بوجود أفق كلسي في مناطق الجزيرة، كما تتصف بعض الترب بوجود قشرة كلسية متصلبة. وعند احتوائها على نسبة عالية من الطين المنتبج (السمكتيت) 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 شهبا والرقة.

وفي التصانيف اللاحقة خرجت هذه المجموعة عن الرتبة المذكورة لتصبح في رتبة جديدة هي Andisols.

ثالثاً ــ رتبة الترب غير المتطورة Entisols: تشغل هذه الترب نحو ١٤% من مساحة القطر، وهي متفرقة الانتشار، إذ يمكن أن تصادف في أراضي جميع الترب. وتقسم إلى تحت رتبتين هما: الترب اللحقية Fluvents وترب السطوح المنجرفة Orthents التي لا يزيد عمقها على ٢٥ سم غالباً، وهما تضمان 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 ــ رتبة الترب القلابة Vertisols: تحتوي على نسبة عالية من معادن الغضار من نوع سمكتيت 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 الآفاق فيها صعباً، نظراً لعدم توافر الوقت الكافي لتكوين الآفاق التشخيصية في مقطعها.

إن انتشار هذه الترب 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 التضريسية في جبل العرب.

خامساً ــ رتبة الترب الغنية بالدبال Mollisols: انتشارها محدود، إذ تشكل نحو ٢% من مساحة القطر، نسبة الدبال في الآفاق السطحية لهذه الترب 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 ترب سورية من التصانيف العالمية:

نظراً لتعدد المدارس التي تناولت دراسة تصنيف ترب سورية، فإنه من المجدي عمل جدول للمقارنة بين تصانيف ترب سورية حسب نظم التصانيف العالمية المختلفة وذلك للاستفادة من جميع الدراسات المتعلقة بالموضوع، وبغية إفادة المهتمين بتصنيف الترب على اختلاف مدارسهم. كما هو واضح من الجدول (٣٤) التالي.

جدول (٣٤) مقارنة بين تصانيف ترب سورية في أهم المدارس العالمية (أبونقطة ٢٠٠١)

الترجمة عن الـ FAO	منظمة الأغذية والزراعة FAO	USDA. Soil Taxonomy	الأمريكي والروسي
١ – الترب اللحقية	Fluvisols	Fluvents	1 – Alluvial Soils
٢ – الترب المغسولة (الترب المتغيرة)	Luvisols (Cambisols)	Inceptisols	2 – Brown Forest Soils
٣ – الترب الكستنائية	Kastanozems	Mollisols	3 – Chestnut Soils
٤ – الترب الصحراوية	Yermosols	Aridisols	4 – Desert soils
٥ – الترب الصخرية	Lithosols	Entisols	5 – Lithosols
٦ – الترب المغسولة (المتغيرة)	Luvisols (Cambisols)	Inceptisols	6 – Noncalcic Brown Soils
٧ – ترب الرندزينا	Rendzinas	Mollisols (Rendoll)	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 Montain Soils
١١ – الترب الرملية (كثبان رملية)	Arenosols	Psamments	11 – Sand Dunes
١٢ – الترب المالحة (سولونتشاك)	Solonchak	Salorthids (Salids)	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 المشققة	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

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

المصطلحات العلمية

(A)

انكليزي	فرنسي	عربي
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 بنيوية
Agrochemistry	Agrochemique	كيمياء زراعية
Agrogeology	Agrogeologie	جيولوجية زراعية
Algae	Algues	طحالب
Alkalinity	Alcalinité	قلوية
Alluvial	Alluvial	غريني، لحقي
Amplitude	Amplitude	مدى
Angular	Angulaire	زاوي
Aqual	Aquien	مائي
Approximation	Approximation	تقريب
Arenaceuous	Sableux	رملي
Arid	Aride	قاحل
Aridisol	Aridisol	تربة مناطق قاحلة
Association	Association	تجمع، رابطة، إئتلاف

Azonal	Azonal	لانطاقي
(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، تكربن
Cement	Cement	ملاط
Chernozem	Chernozem	تشـــــرنوزوم، أرض سوداء
Class	Classe	صف
Classification	Classification	تـ ـف
Clay	Argile	غضار
Claying	Argiler	تغضر
Cleavage	Clivage	تشقق، انفلاق
Coagulation	Coagulation	تخثر
Coefficient	Coefficient	معامل
Colloid	Colloide	غروانى، غرائي
Columnar	Columnaire	عمدي

Complex	Complex	مُعقد
Compound	Compound	مركب
Composite	Composite	مؤلف – مختلط
Condensation	Condensation	عقيدة، تكثف
Conductivity	Conductivité	موصلية
Conglomerates	Conglomerates	رصـــيص، صـــخور تجمعية
Conservation	Conservation	حفظ
Consistance	Consistence	قوام
Constant	Constent	ثابت
Construction	Construction	بناء
Core	Coeur	لُبابة
Crumb	Crumeau	فتاتة
Crystal	Cristal	بلورة
Crystalline	Cristallin	بلوري، مُتبلّر
Crystallization	Cristallisation	تبلور، تبلُّر
Cubic	Cubique	مكعبي
(D)		
Degradation	Degradation	تدهور، تدني
Deltaic	Deltique	دلتي، دالي
Density	Densité	كثافة
Deposit	Dépôt	راسب، قرارة
Desalinization	Desalinisation	إزالة الملوحة، تحلية
Description	Description	وصف
Desert	Désertique	صحراوي
Detrital	Detritique	حتاتي
Development	Développement	تنامي

Diagnostic	Diagnostic	تشخيصي
Differentiation	Differentiation	تميز، تمايز
Diffusion	Diffusion	انتشار، تفشي
Dispersion	Dispersion	انتثار، تفريق، تشتيت
Displacement	Déplacement	إزاحة، استبدال
Dissociation	Dissociation	تفارق
Disturbed	Troublé	مشوش، مضطرب
Dynamic	Dynamique	ديناميي، حركي
(E)		
Earth	Terre	أرض
Ecology	Ecologie	علم البيئة
Elasticity	Elasticité	مرونة
Electrolyte	Electrolyte	الكتروليت
Eluvial	Eluvial	غسلي
Entisol	Entisol	أنتيسول، تربة بدائية
Ephemeral	Ephemére	موسمي، الزول (نباتات)
Epipedon	Epipedon	بدون علوي (تربة علوية)
Evaporation	Evaporation	تبخر
Evolution	Evolution	تطور
Exchange	Echangé	تبادل
Extraction	Extraction	استخلاص
(F)		
Fabric	Fabrique	حبك
Factor	Factore	عامل
Family	Famille	فصيلة

Fauna	Faune	وحيش
Features	Manifestations	ملامح
Ferrilization	Ferrilization	تكوين الحديد
Fissure	Fissure	شق
Fixation	Fixation	تثبيت
Flora	Flore	نبت
Fluvial	Fluvial	نهري
Forestery	Foresterie	غابي
Formation	Formationé	تكوين، تشكيل
Fractional	Fractioné	مُجزأ
Fracture	Cassur	مكسر
Fragipan	Fragipan	حاجز هش
Fungus	Mycéte, champinons	فُطر
(G)		
Gel	Gel	هلام، جل
Generation	Generation	صف، جيل
Genesis	Genése	تكوين، تكوّن، نشأة
Glebe	Glebe	كتلة ترابية (كدرة)
Gley	Gley	وحل
Gradient	Gradient	ممال
Graduation	Graduation	تدريج
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	دبالي، هيومي غ
Humidity	Humidité	رطوبة
Humin	Humin	دبالين، هيومين
Humus	Humus	دبال
Hydrolysis	Hudrolyse	حلمهة، تحلل مائي
Hydrometer	Hydrometer	مكثاف، مقياس كثافة
		السوائل
Hydrophilic	Hydrophilique	أليف الماء
Hydrous	Hydrique	مائي
Hygroscopic	Hydroscopique	استرطابي، هيغروسكوبي
(I)		
Illuvial	Illuvial	ترسيبي
Impermeable	Impermeable	كتيم، كتوم، غير نفوذ
Inclusions	Inclusions	متضمنات، مشتملات
Infiltration	Infiltration	تسرُّب
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	Litiére	فرشة غابية أو عشبية، سقط
Loam	Limon	طمي، لوم
Loess	Loess	لوس
Lysimeter	Lysimetre	مِحْلال
(M)		
Marl	Marne	مرل، مارن
Massive	Massif	مصمت، كتلي
Matrix	Matrix	لُحمة، أرضية، ضامّة
Metamorphic	Metamorphique	متحول
Microclimate	Microclimat	مناخ محدود
Mineral	Minéral	معدن (فلز)
Mineralization	Mineralisation	تمعدن
Moisture	Humidité	رطوبة
Monolith	Monolithe	مِسلّة، مونوليت، عمود صخري أو تربي
Moraine	Moraine	ركام جليدي
Morphology	Morphologie	مورفولوجيا (علم الشكل الظاهري)
Mother rock	Roche mére	صخرة أم

Mulch	Mulch	فرش الوقاية (ملش)
Mycelium	Mycelium	ميسليوم، مشيجة
(N)		
Natural	Naturelle	طبيعي
Neutral	Neutre	متعادل
Newformations	Neoformations	مستجدات، تكوينات حديثة
Node	Noeud	عقدة
Nomenclature	Nomenclature	تسمية
Normal	Normal	عادي، نظامي
Nutrition	Nutrition	تغذية
(O)		
Octahedron	Octaedron	ثماني وجوه
Optical	Optique	بصري
Order	Ordere	رتبة
Organic	Organique	عضوي
Organogenic	Organogene	عضوي المنشأ
Orientation	Orientation	توجيه
Outline	Contour	حد، تخم
(P)		
Paleonotology	Paléontologie	علم الحفريات
Packet	Quet	رزمة
Packing	Empaquetage	رزم
Particle	Particule	حُسيم، قُسيم
Peat	Tourbe	خث، تورب
Pebbles	Cailloux	حصى
Pedology	Pedologie	علم التربة
Pedon	Pedon	تربة (تصنيفياً)

Pedo-unit	Pedo – unité	وحدة تربة
Pedosphere	Pedosphère	غلاف تربي
Peds	Peds	لبنات (مجمّعات)
Passage	Passage	ممر
Pelites	Pelites	طينيات، صخور طينية
Permeability	Perméabilité	نفاذية
Phase	Phase	طور
Phenomenon	Phénoméne	ظاهرة
Phytolitho	Phytolite	نبات متحجّر
Plasma	Plasma	مصورة
Plasticity	Plasticité	لدونة
Platy	Platé	صفيحي
Podzol	Podzol	بودزول
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، ثمالي
Resistance	Résistance	مقاومة
(S)		
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	رسوبي
Segregation	Segregation	انعزال
Semi	Demi	نصف، شبه
Series	Series	سلاسل
Slit	Limon	غبار، غرين
Silty	Silteux	سلتي، غباري، غريني
Skeleton	Squelette	هيكل
Slate	Ardois	أردواز
Soil	Sol	تربة
Anormal =	= anormal	= غير عادية
Agricultural =	= cultivé	= زراعية
Alkali =	= alcalin	= قلوية

Alluvial =	= alluvial	= غرينية، لحقية
Aqual =	= aquien	= مائية
Arctic =	= arctique	= قطبية شمالية
Arid brown =	= arid brun	= بنية جافة
Automorphic =	= automorphique	= أوتومورفـــــــية (لامائية)
Azonal =	= azonal	= لانطاقية
Bogg =	= marécagaux	= مستنقعية
Chernozemic =	= chernozemique	= تشرنوزومية
Chestnut =	= châtain	= كستنائية
Cinnamonic =	= cinnamonique	= قرفية
Degraded =	= degradé	= متدهورة
Desert =	= desertique	= صحراوية
Gley =	= gley	= موحلة، نزازة، 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	= مرجية، براري
Mineral =	= mineral	= معدنية
Normal =	= normal	= عادية
Organic =	= organique	= عضوية
Peaty =	= tour bique	= خثية، توربية
Podzolic =	= podzolique	= بودزولية
Podzolized =	= podzolsey	= مبدزلة

Regosol =	= regosol	= رملية صحراوية
Rendzina =	= rendzina	= رندزبـــنا (عشـــبية فحماتية)
Saline =	= salin	ملحية (سولونتشاك)
Saline alkali	= salin alcali	= قلوية
Sody =	= gazonné	= عشبية
Solod =	= solod	= سولود
Solonchak =	= solontchaque	= ملحية، سولونتشاك
Solonetz =	= solonetz	= قلوية، سولونتس
Steppes =	= steppes	سهوب
Takyr =	= takyr	تاكير
Transported	= transporté	= منقولة
Tundra =	= tundre	= توندرا
Virgin Soil	Sol vierge	= عذراء، بكر
Zonal =	= zonal	= نطاقية
Solar	Solaire	شمسي
Solid	Solide	جامد
Soluble	Soluble	ذوّاب
Solution	Solution	محلول
Specific	Spécifique	نوعي
Sphagnun	Sphagnun	سفاغنون، طحلب
Spodosol	Spodosol	سبودوسول
Spotted	Macufé	مُبقّع
Steppization	Steppisation	تَسهُب
Sticky	Adhesive	لَبِق
Structure	Structure	بنية
Subangulare	Subangluaire	شبه مُزوّي

Suction	Succion	مص
Surface	Surface	سطحي
System	Systeme	جملة، منظومة
Suspension	Suspension	معلق، عالق
Stability	Stabilité	ثبات
Swelling	Gonflement	انتباج
(T)		
Taxonomy	Toxonomie	علم التصنيف (خاص)
Tension	Tension	شد، توتر
Testing	Epreuvé	اختبار
Tetahedron	Tetraédron	رباعي الوجوه
Texture	Texture	نسيج
Theory	Theorie	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)		
Ulmin	Ulmin	أولميـــن، حمـــوض هيومية بنية
Viscosty	Viscosté	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	= محللي
Nonavailable Water	Eau non utilisable	= غير متيسر
Soil	= de sol	= التربة (أرضي)
Solid	= solid	= متجمد، جليد
Suspended	= suspendé	= معلق
Vaporous	= vaporé	= بخاري
Weathering	Alteration, desagragation	تجوية
Weight	Poids	وزن
Wetting	Mouillage	تبلل
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.
- أبـــو نقطـــة فـــلاح؛ واقع الترب في سورية وتصنيفها، وزارة الدولة لشؤون البيئة بالتعاون مع UNDP دمشق ٢٠٠١.
- آدم، حسين سليمان؛ المناخ الزراعي، دار الأصالة، 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.
- بكمـــان هـــون بـــرادي؛ طبيعة الأراضي وخواصها، ترجمة الأنجلو المصرية، الطبعة السادسة ١٩٦٥.
- تركي خالد؛ الجيولوجيا الفيزيائية، جامعة الملك سعود، الرياض، ١٩٩٢.
- حمـــن محمـــد، عمر شريف، عدنان النقاش؛ أساسيات علم الجيولوجيا، جون وايلي وأولاده، نيويورك ١٩٨٣.
- حسين عبد العزيز، معجم المصطلحات الجيولوجية، جامعة الملك عبد العزيز، جدة، ١٩٩٩.
- فارس فاروق؛ أساسيات علم الأراضي، جامعة دمشق، ١٩٩٠.
- فـــوث هـــنري؛ أساســـيات علـــم الأراضي؛ ترجمة الطبعة السادسة، أحمد طاهر مصطفى، جون وايلي وأولاده، نيويورك ١٩٨٥.
- هاملـــتون؛ وولي؛ بيشوب؛ المعجم الجيولوجي المصور، ترجمة محمد فتحي عوض الله، الهيئة المصرية العامة للكتاب ١٩٩٩.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

المدقق اللغوي : الأستاذ الدكتور محمود الربداوي

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

FLUVISOLS J

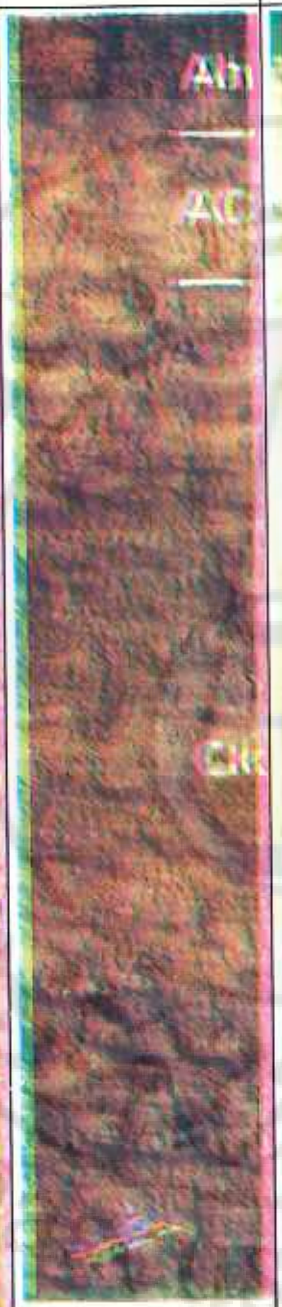
SCALE IN CM

1 EUTRIC FLUVISOL

Je Friesland Pr., Netherlands
JAD FLUVAQUENT
GLCU.HR 8.13
II/42 (BaXI)
2 Ug 5.5
Photo H. de Bakker

2 CALCARIC FLUVISOL

Je Ochten, Netherlands
JD FLUVENT
O.HR 3.71
II/42 (BcII)
2 Um 1.41
Photo ISRIC (W. Bomer)



3 DYSTRIC FLUVISOL

Jd Houston Co., TX, USA
JAD FLUVAQUENT
O.R 3.31
II/42 (BaII (I))
2 Um 1.2
Photo L.P. Wilding

4 THIONIC FLUVISOL

Jt Central Plain, Thailand
IAH TROPAQUEPT
R.HG 8.15
XII/11 BcVI (II)
1 Uf 6.41
Photo ISRIC (W. Bomer)

GLEYSOLS G

SCALE IN CM

10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120

5 EUTRIC GLEYSOL
Ge Jülich, FRG
IAJ HAPLAQUEPT
FE.G 8.31
XI/31 Bbl (I)
41 Um 6.14
Photo ISRIC (W. Bomer)

6 CALCARIC GLEYSOL
Gc Agnicourt-et-S., France
IAJ HAPLAQUEPT
O.HG 8.32
XI/36 Bbl (VI)
(–) (–)
Photo C. Mathieu

7 DYSTRIC GLEYSOL
Gd Langenthal, Switzerland
IAI HUMAQUEPT
O.HG 8.31
XI/32 (Bbl (III))
– –
Photo Lüscher/Richard †

8 MOLLIC GLEYSOL
Gm Oberägeri, Switzerland
GBF HAPLAQUOLL
O.HG 8.71
XI/34 Bbl (V)
41 Um 6.11
Photo Lüscher/Richard †

GLEYSOLS G

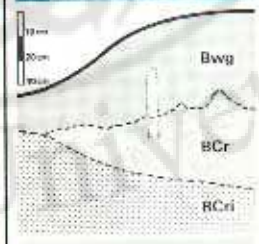
SCALE IN CM

10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120

9 HUMIC GLEYSOL
Gh Rijswijk, Netherlands
IAI HUMAQUEPT
R.HG 8.71
XI/21 BbIV
41 Um 1.21
Photo E.P. Paris

10 PLINTHIC GLEYSOL
Gp Port Harcourt, Nigeria
IAF PLINTHAQUEPT
– 8.31
XI/35 Bbl (III)
26 Gn 2.6
Photo C.D. Konstapel

11 GELIC GLEYSOL
Gx 10 km E of Sitidgi L., N.W.T., Canada
IAE CRYAQUEPT
GL.TC –
XI/31 –
Photo C. Tarnocai



REGOSOLS R

SCALE IN CM

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120

12 EUTRIC REGOSOL
Re Oombergen, Belgium
JE ORTHENT
O.HR 3.13
II/44 AbII (II)
5 Uc 1.43
Photo F.R. de Coninck

13 CALCARIC REGOSOL
Rc Castricum, Netherlands
JE ORTHENT
CU.R 3.61
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 Fillet Ringnes I., N.W.T., Canada
IAE CRYAQUEPT
R.TC —
II/1 —
Photo C. Tarnocai (scale 1:2.45)

LITHOSOL I

16 LITHOSOL
I Hollerath, FRG
non-soil 3.11
I/11 Abl (III)
3 Um 1.4
Photo ISRIC (W. Bomer)

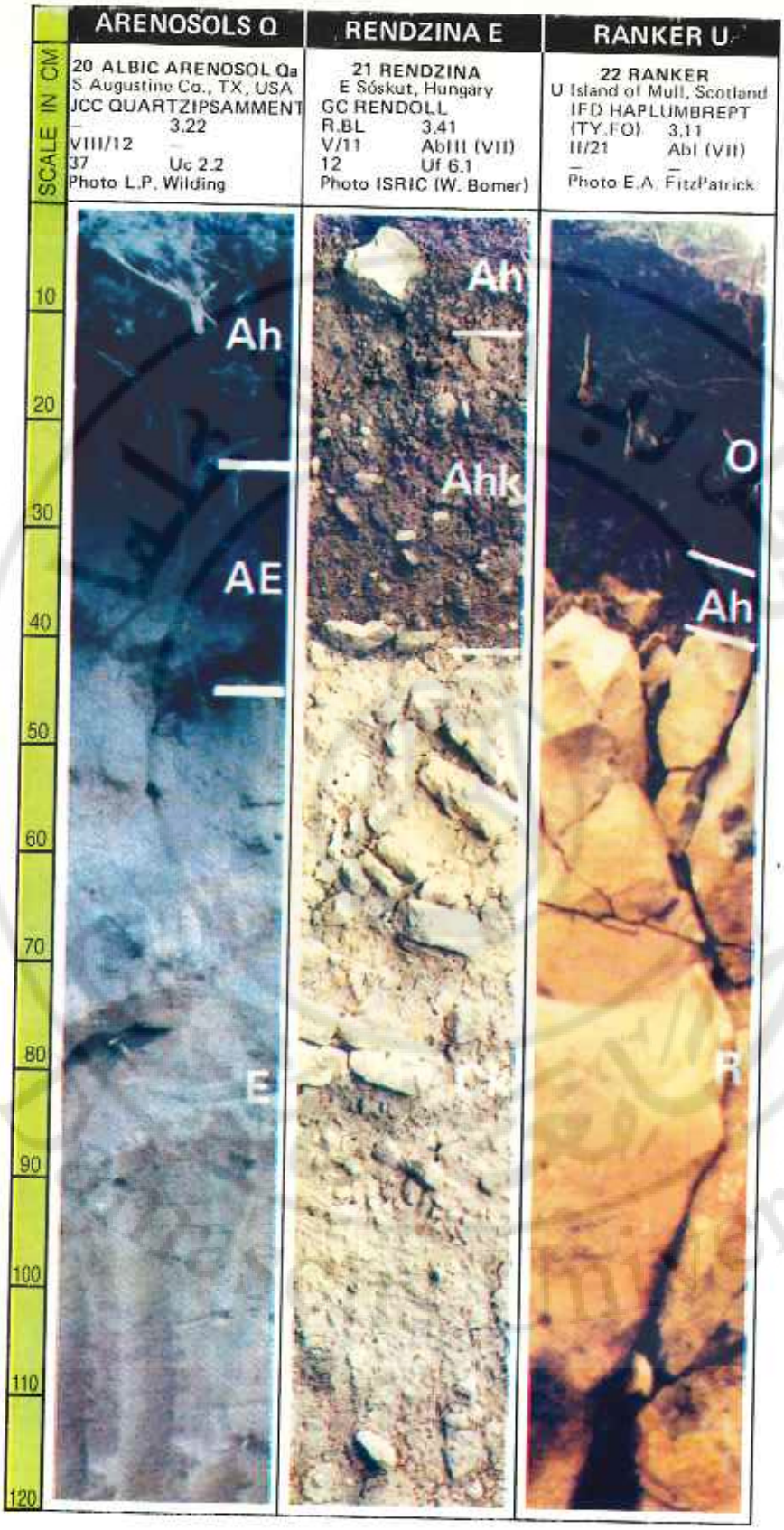
ARENOSOLS Q

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 (VIII))
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)

SCALE IN CM
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120


ARENOSOLS Q
20 ALBIC ARENOSOL Qa
S Augustine Co., TX, USA
JCC QUARTZIPSAMMENT
– 3.22
VIII/12 –
37 Uc 2.2
Photo L.P. Wilding
RENDZINA E
21 RENDZINA
E Sóskut, Hungary
GC RENDOLL
R.BL 3.41
V/11 AbIII (VII)
12 Uf 6.1
Photo ISRIC (W. Bomer)
RANKER U
22 RANKER
U Island of Mull, Scotland
IFD HAPLUMBREPT
(TY.FO) 3.11
II/21 AbI (VII)
– –
Photo E.A. FitzPatrick
SCALE IN CM
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
Ah
AE
E
Ah
Ahk
R
O
Ah
R

ANDOSOLS T

SCALE IN CM

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120

23 OCHRIC ANDOSOL
To Mokoia, New Zealand
IBG DYSTRANDEPT
– 6.12
IV/22 –
– –
Photo T.G. Shepherd

Ap
Bw1
Bw2
Bw3
2Bw4
2C below 115 cm

24 MOLLIC ANDOSOL
Tm Kiambu, Kenya
IBF EUTRANDEPT
– 3.11
IV/21 –
– –
Photo ISRIC (W. Bomer)

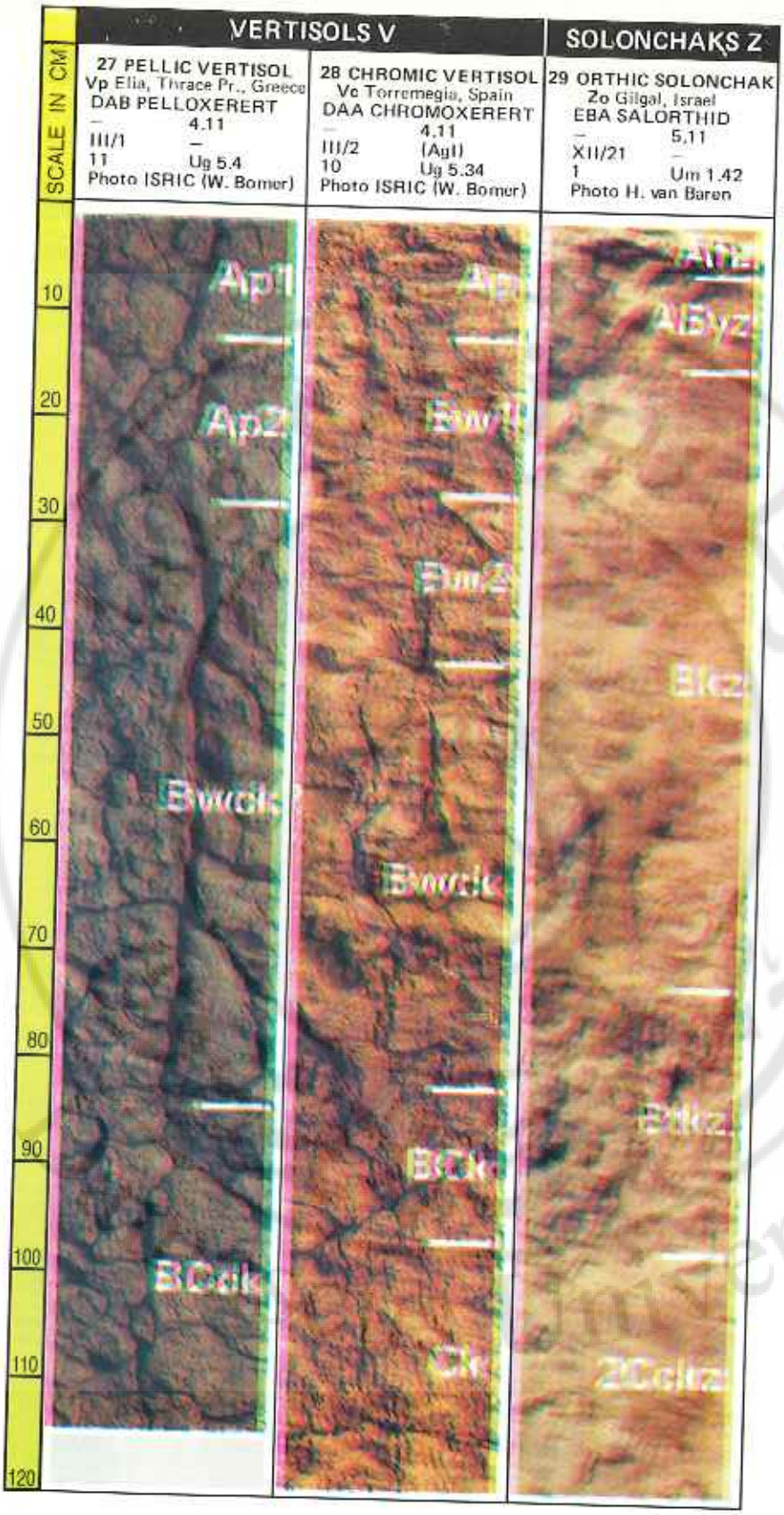
Ah1
Ah2
2C
3Ahb
3ABw
3Bw

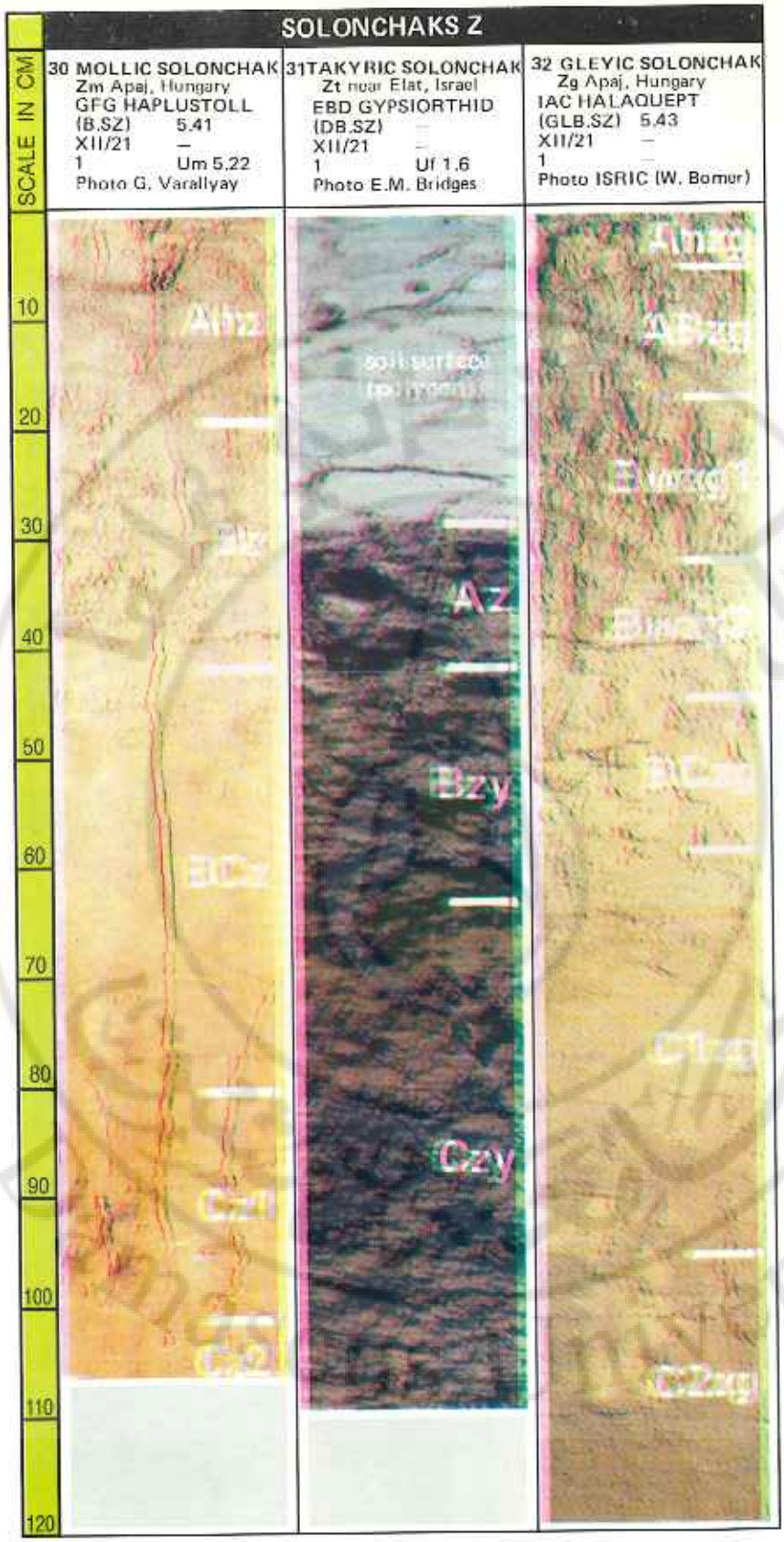
25 HUMIC ANDOSOL
Th Tokyo, Japan
IBG DYSTRANDEPT
– 5.41
IV/21 –
– –
Photo ISRIC (W. Bomer)

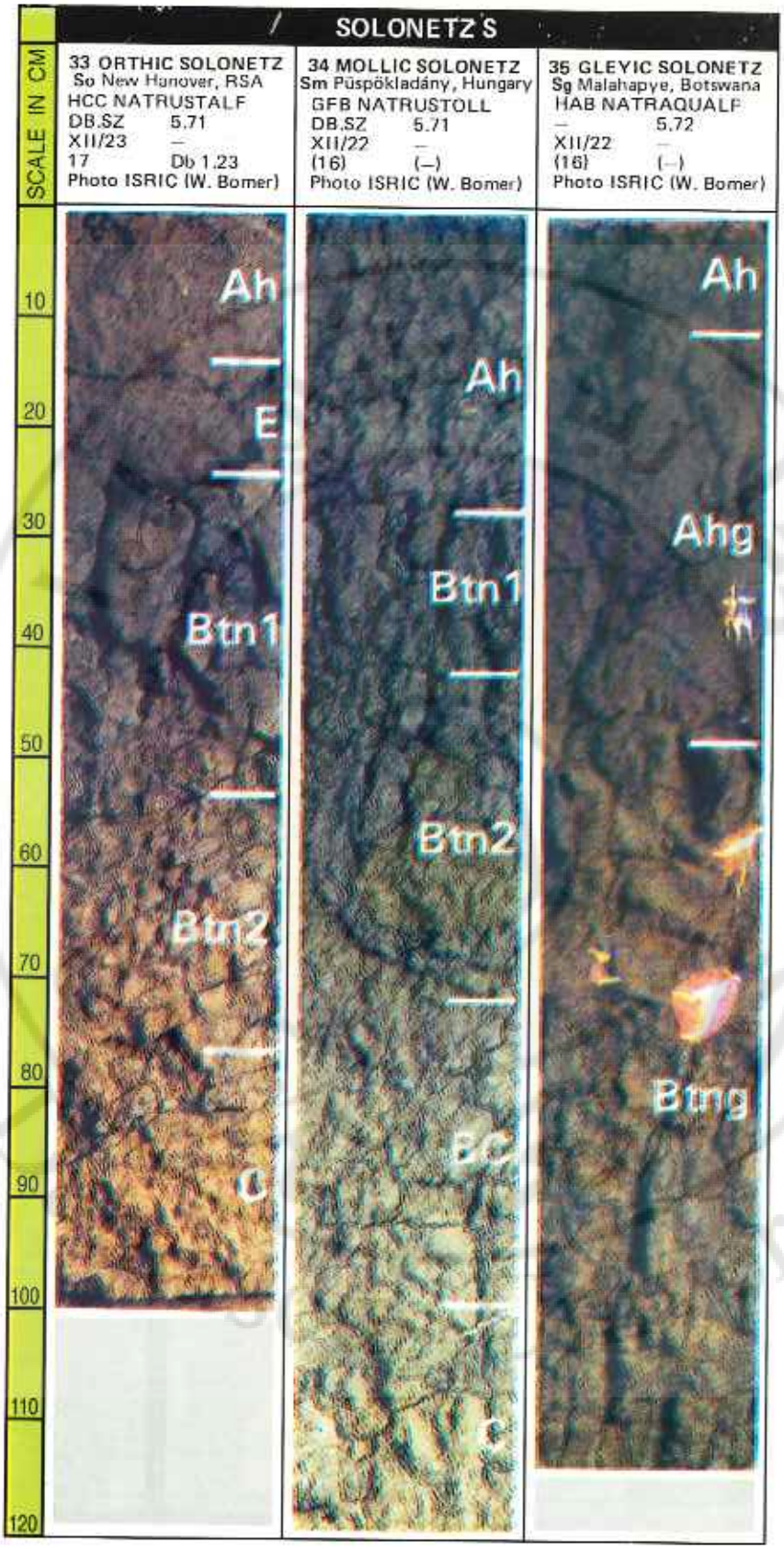
Ap
Ah
2Ah
3Bw

26 VITRIC ANDOSOL
Tv Wairakei Res. St., N Z
IBE VITRANDEPT
– 5.41
IV/21 Ael (III)
– –
Photo Barran/Cowie

Ap
Bw
BC
C1
C2
C3
C4


VERTISOLS V
SOLONCHAKS Z
SCALE IN CM
27 PELLIC VERTISOL
Vp Elia, Thrace Pr., Greece
DAB PELLOXERERT
– 4.11
III/1 –
11 Ug 5.4
Photo ISRIC (W. Bomer)
28 CHROMIC VERTISOL
Vc Torremegia, Spain
DAA CHROMOXERERT
– 4.11
III/2 (Ag1)
10 Ug 5.34
Photo ISRIC (W. Bomer)
29 ORTHIC SOLONCHAK
Zo Gilgal, Israel
EBA SALORTHID
– 5.11
XII/21 –
1 Um 1.42
Photo H. van Baren
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
Ap1
Ap2
Bwck
BCck
Ap
Bw1
Bw2
Bcck
BCk
Ck
AB
AByz
Blcz
B1kz
2Cclkz


SOLONCHAKS Z
SCALE IN CM
30 MOLLIC SOLONCHAK
Zm Apaj, Hungary
GFG HAPLUSTOLL
(B.SZ) 5.41
XII/21 –
1 Um 5.22
Photo G. Varallyay
31TAKYRIC SOLONCHAK
Zt near Elat, Israel
EBD GYPSIORTHID
(DB.SZ) –
XII/21 –
1 Uf 1.6
Photo E.M. Bridges
32 GLEYIC SOLONCHAK
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
Ahz
Bz
BCz
Cz1
Cz2
soil surface
(no humus)
Az
Bzy
Czy
Ahzg
Bzyg1
Bzyg2
BCzg
C1zg
C2zg


SOLONETZ S
SCALE IN CM
33 ORTHIC SOLONETZ
So New Hanover, RSA
HCC NATRUSTALF
DB.SZ 5.71
XII/23 –
17 Db 1.23
Photo ISRIC (W. Bomer)
34 MOLLIC SOLONETZ
Sm Püspökladány, Hungary
GFB NATRUSTOLL
DB.SZ 5.71
XII/22 –
(16) (–)
Photo ISRIC (W. Bomer)
35 GLEYIC SOLONETZ
Sg Malahapye, Botswana
HAB NATRAQUALF
– 5.72
XII/22 –
(16) (–)
Photo ISRIC (W. Bomer)
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
Ah
E
Btn1
Btn2
C
Ah
Btn1
Btn2
BC
C
Ah
Ahg
Btng

YERMOSOLS Y

SCALE IN CM

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120

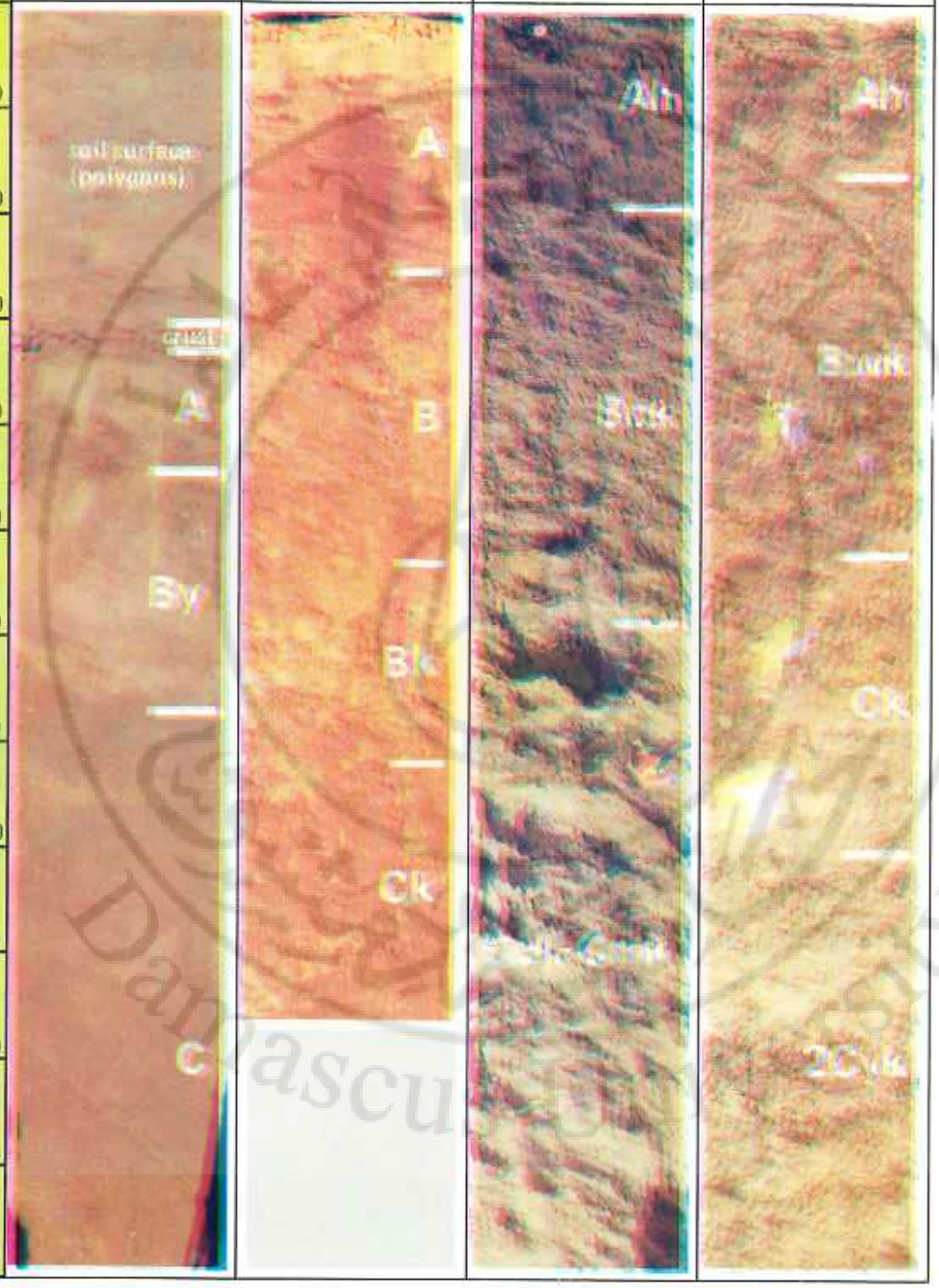
36 HAPLIC YERMOSOL
Yh Farm Naos, Namibia
EBF CAMBORTHID
– 5.41
I/32 –
6 Uc 5.22
Photo ISRIC (W. Borner)

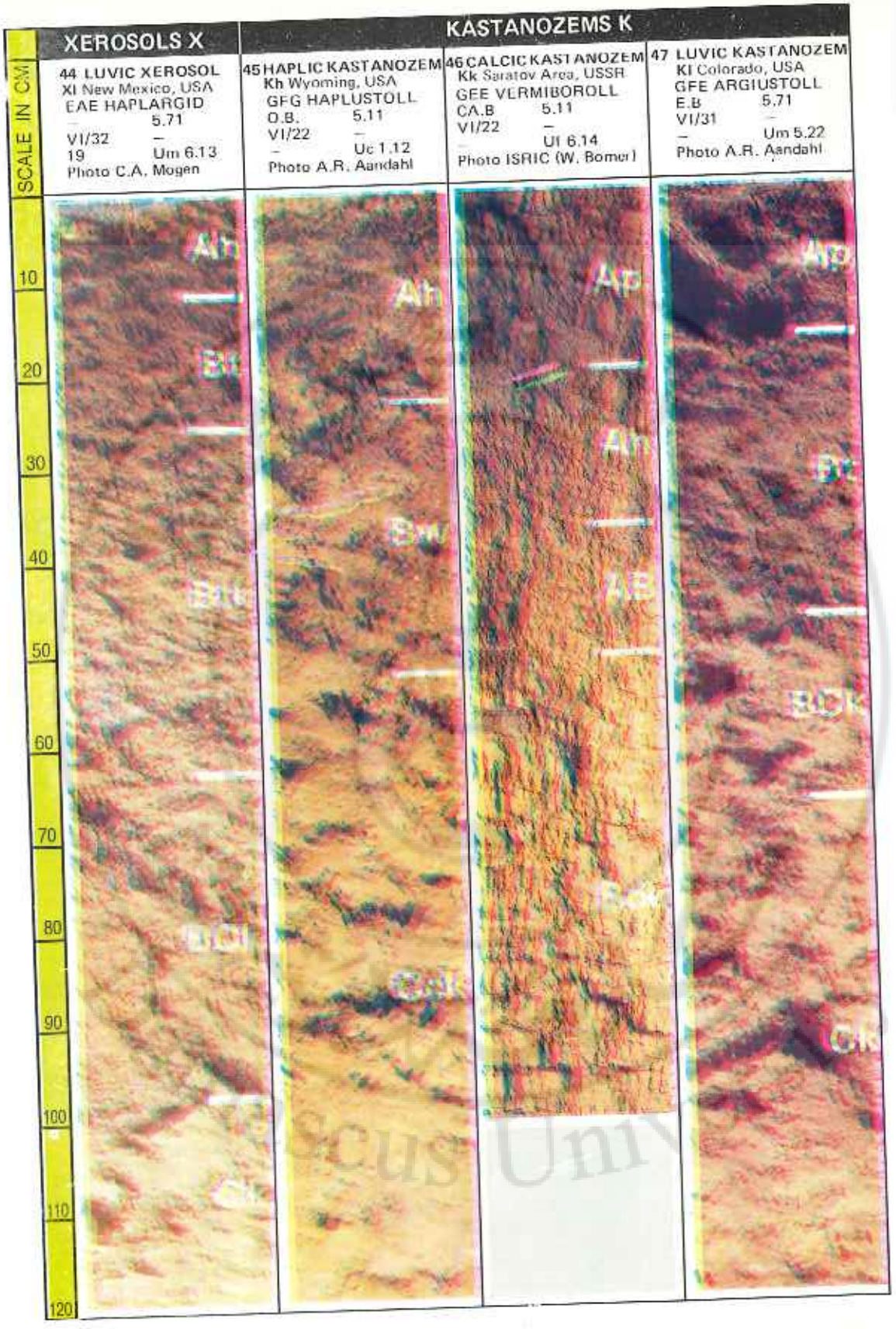
37 CALCIC YERMOSOL
Yk Khartoum, Sudan
EBE CALCIORTHID
– 5.11
I/35 –
(–) (–)
Photo E.A. FitzPatrick

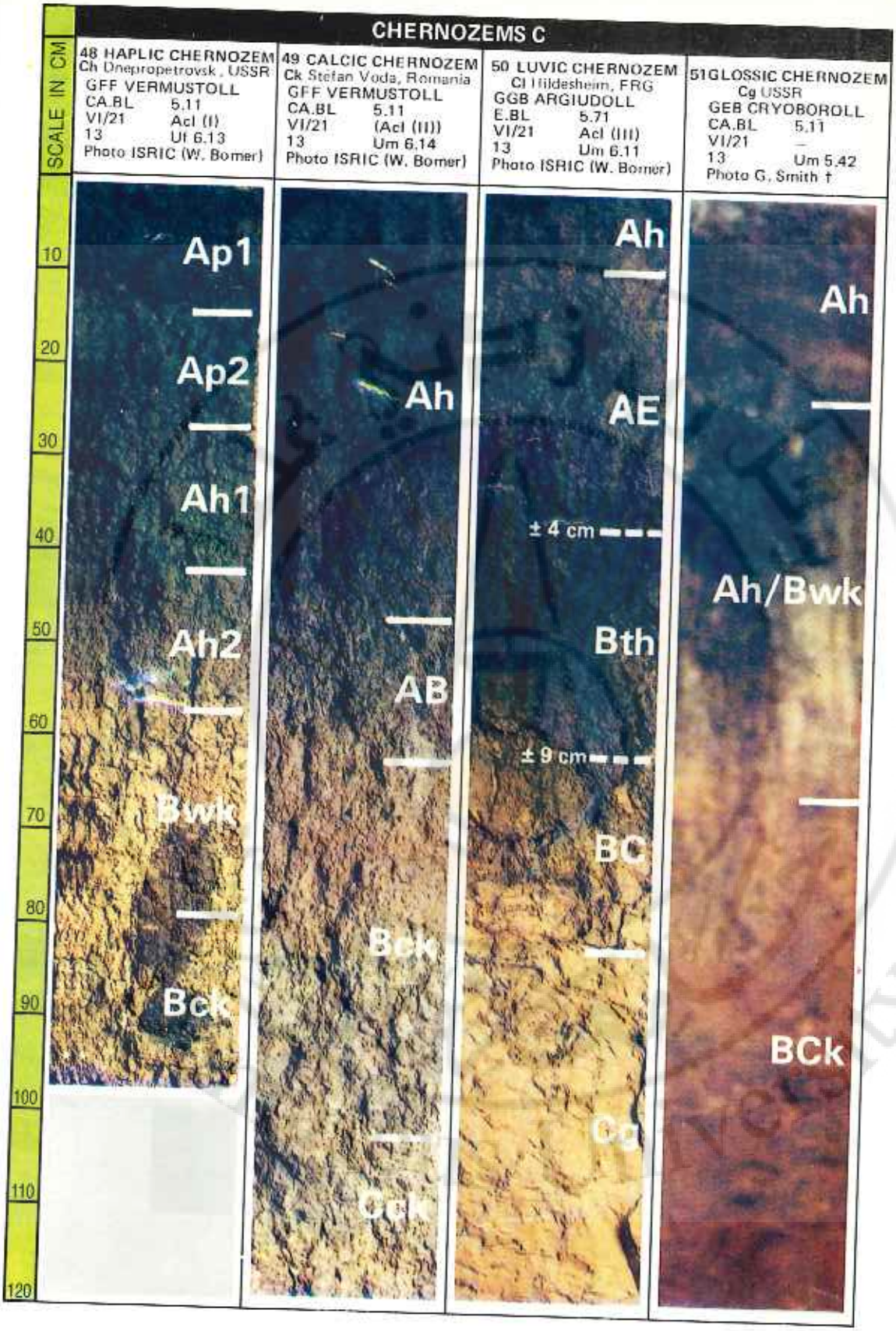
38 GYPSIC YERMOSOL
Yy Huwayyah South, Oman
EBD GYPSIORTHID
– 5.11
I/35 –
– –
Photo ISRIC (W. Borner)

39 LUVIC YERMOSOL
YI Heliograph Peak, AZ, USA
EAE HAPLARGID
– 5.71
I/35 –
– (–)
Photo E.A. FitzPatrick

SCALE IN CM	YERMOSOLS Y	XEROSOLS X		
	40 TAKYRIC YERMOSOL **Yt** near Elat, Israel EBF CAMBORTHID – – I/35 – – (–) Photo D.H. Yaalon	**41 HAPLIC XEROSOL Xh** Carnarvon, W. Australia EBF CAMBORTHID – 5.41 VI/32 – 19 Um 5.22 Photo H.M. Churchward	**42 CALCIC XEROSOL** **Xk** New Mexico, USA EBE CALCIORTHID 5.11 VI/32 – 19 Um 5.12 Photo C.A. Mogen	**43 GYPSIC XEROSOL** **Xy** New Mexico, USA EBD GYPSIORTHID – 5.11 VI/32 – 19 Um 6.14 Photo C.A. Mogen
10				
20				
30				
40				
50				
60				
70				
80				
90				
100				
110				
120				




XEROSOLS X
KASTANOZEMS K
SCALE IN CM
44 LUVIC XEROSOL
XI New Mexico, USA
EAE HAPLARGID
5.71
VI/32 –
19 Um 6.13
Photo C.A. Mogen
45 HAPLIC KASTANOZEM
Kh Wyoming, USA
GFG HAPLUSTOLL
O.B. 5.11
VI/22 –
– Uc 1.12
Photo A.R. Aandahl
46 CALCIC KASTANOZEM
Kk Saratov Area, USSR
GEE VERMIBOROLL
CA.B 5.11
VI/22 –
– UI 6.14
Photo ISRIC (W. Bomer)
47 LUVIC KASTANOZEM
KI Colorado, USA
GFE ARGIUSTOLL
E.B 5.71
VI/31 –
– Um 5.22
Photo A.R. Aandahl
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
Ah
Bt
Ah
Bw
Ap
An
AB
Ap
Bt
BCk
Ck


CHERNOZEMS C
SCALE IN CM
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 (II))
13 Um 6.14
Photo ISRIC (W. Bomer)
50 LUVIC CHERNOZEM
Cl Hildesheim, FRG
GGB ARGIUDOLL
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 †
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
Ap1
Ap2
Ah1
Ah2
Bwk
Bck
Ah
AB
Bck
Cck
Ah
AE
± 4 cm
Bth
± 9 cm
BC
Cg
Ah
Ah/Bwk
BCk

PHAZEMS H

SCALE IN CM

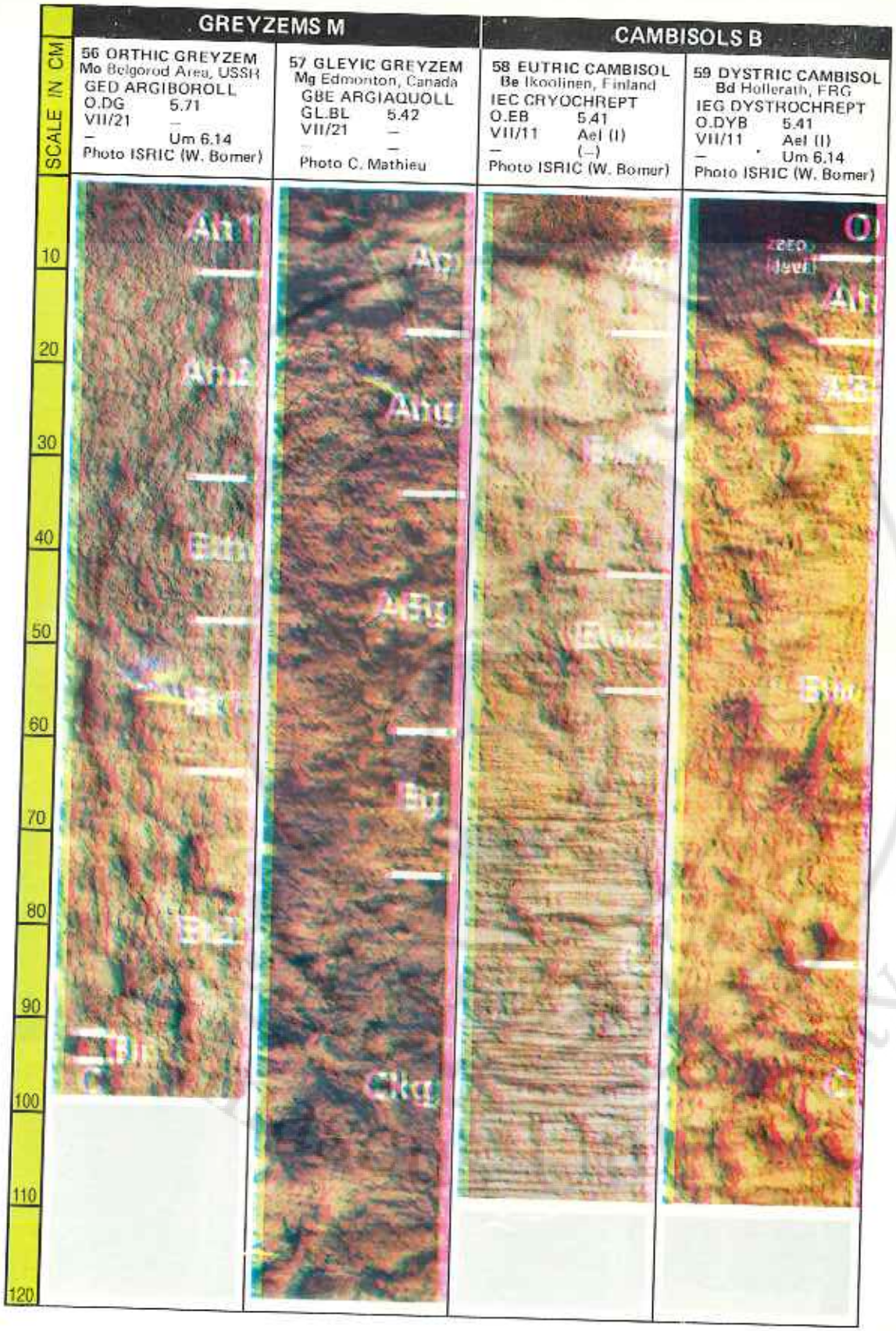
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120

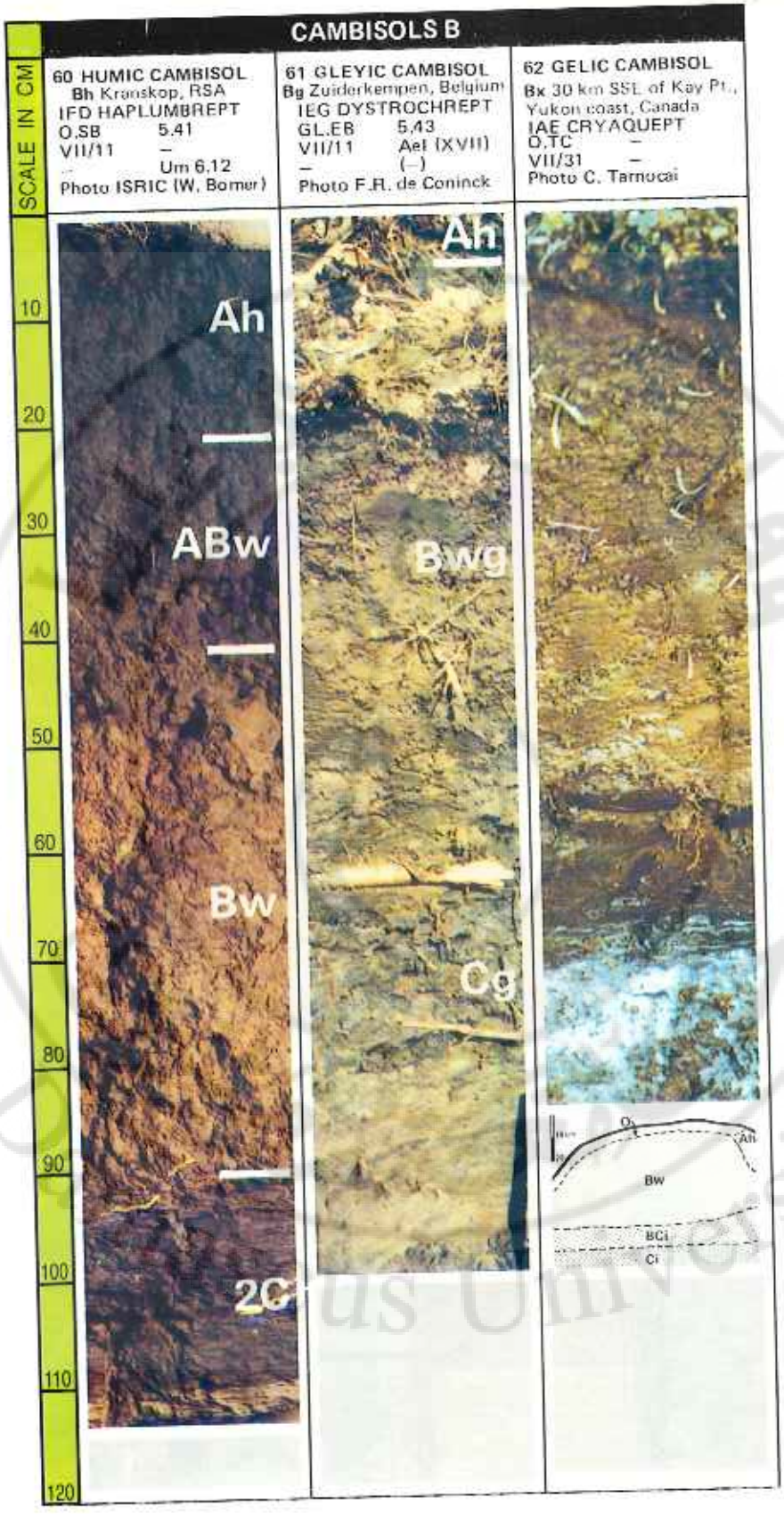
52 HAPLIC PHAEOZEM
Hh Kalkveld, Namibia
GGD HAPLUDOLL
– (5.44)
VI/11 –
– Um 6.24
Photo ISRIC (W. Bomer)

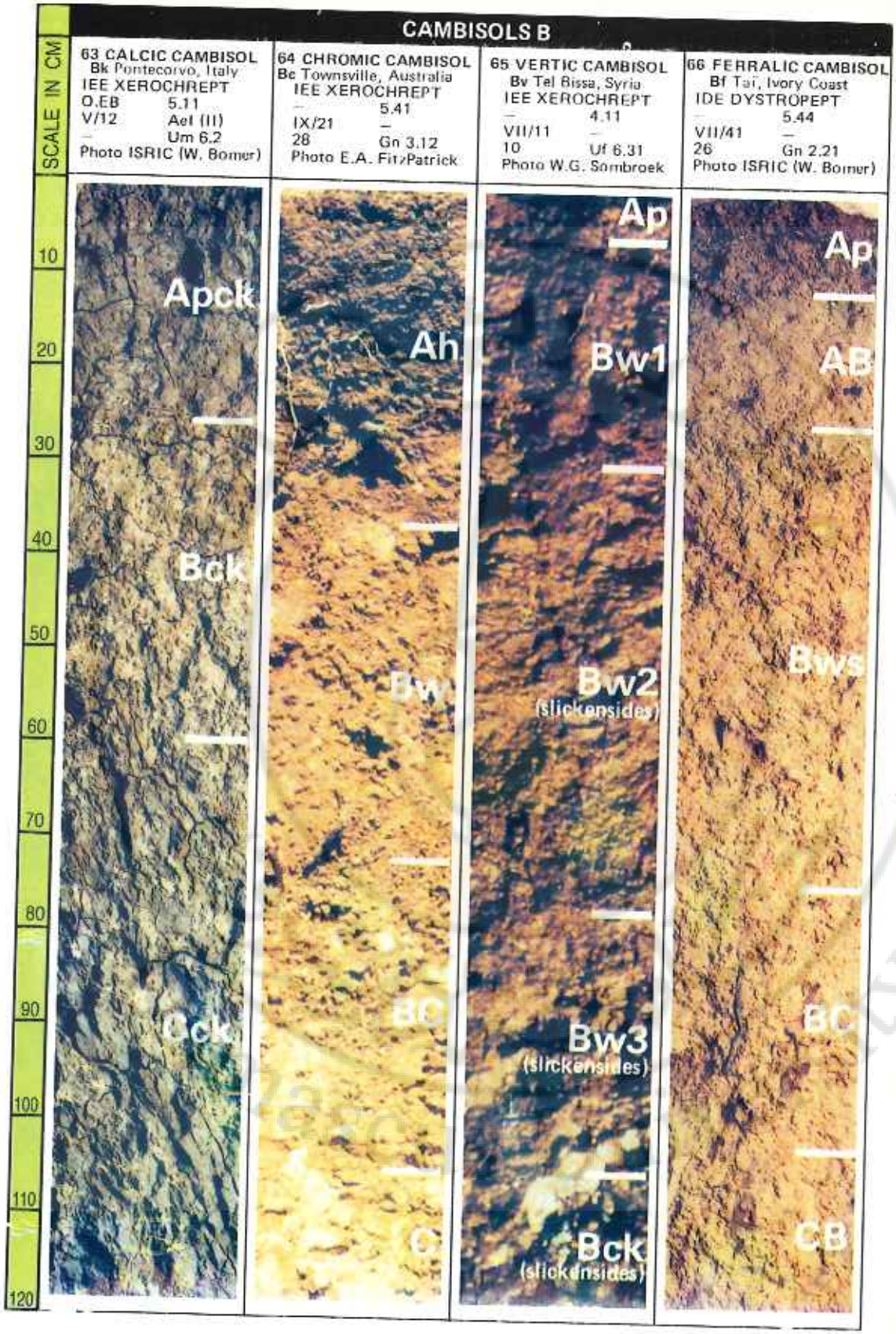
53CALCARICPHAEOZEM
He Ozora, Hungary
GEG HAPLOBOROLL
CA.DB 5.11
VI/11 AcII (I)
– Um 5.52
Photo ISRIC (W. Bomer)

54 LUVIC PHAEOZEM
HI Harsum, FRG
GGB ARGIUDOLL
E.DB 5.71
VI/4 AcII (III)
– Um 4.23
Photo ISRIC (W. Bomer)

55 GLEYIC PHAEOZEM
Hg Martin Co., FL, USA
GBE ARGIAQUOLL
GL.BL 5.72
VI/11 AcI (IV)
41 (–)
Photo L.P. Wilding


GREYZEMS M
CAMBISOLS B
SCALE IN CM
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
GL.EB 5.43
VII/11 AeI (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. Tarnocai
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
Ah
ABw
Bw
2C
Ah
Bwg
Cg
Ah
Bw
BCi
Ci


CAMBISOLS B
SCALE IN CM
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
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
Bc Townsville, Australia
IEE XEROCHREPT
– 5.41
IX/21 –
28 Gn 3.12
Photo E.A. FitzPatrick
65 VERTIC CAMBISOL
Bv Tel Bissa, Syria
IEE XEROCHREPT
– 4.11
VII/11 –
10 Uf 6.31
Photo W.G. Sombroek
66 FERRALIC CAMBISOL
Bf Taï, Ivory Coast
IDE DYSTROPEPT
– 5.44
VII/41 –
26 Gn 2.21
Photo ISRIC (W. Bomer)
Apck
Bck
Bck
Ah
Bw
BC
C
Ap
Bw1
Bw2
(slickensides)
Bw3
(slickensides)
Bck
(slickensides)
Ap
AB
Bws
BC
CB

LUVISOLS L

SCALE IN CM

67 ORTHIC LUVISOL
Lo Grignon, France
HEJ HAPLUDALF
O.GL 5.71
VII/12 AeII (I)
– Um 6.14
Photo ISRIC (W. Bomer)

68 CHROMIC LUVISOL
Le Adelaide, Australia
HDE RHODOXERALF
O.GBL 5.81
IX/22 (AeII (II))
20 Dr 2.23
Photo Coppi/Oades

69 CALCIC LUVISOL
Lk Bayak, Lebanon
HDE RHODOXERALF
– 5.71
VII/12 AgII
– Uf 5.12
Photo W.G. Sombroek

70 VERTIC LUVISOL
Lv Torremegia, Spain
HDF PALEXERALF
– 4.31
VII/12
– –
Photo ISRIC (W. Bomer)

LUVISOLS

SCALE IN CM

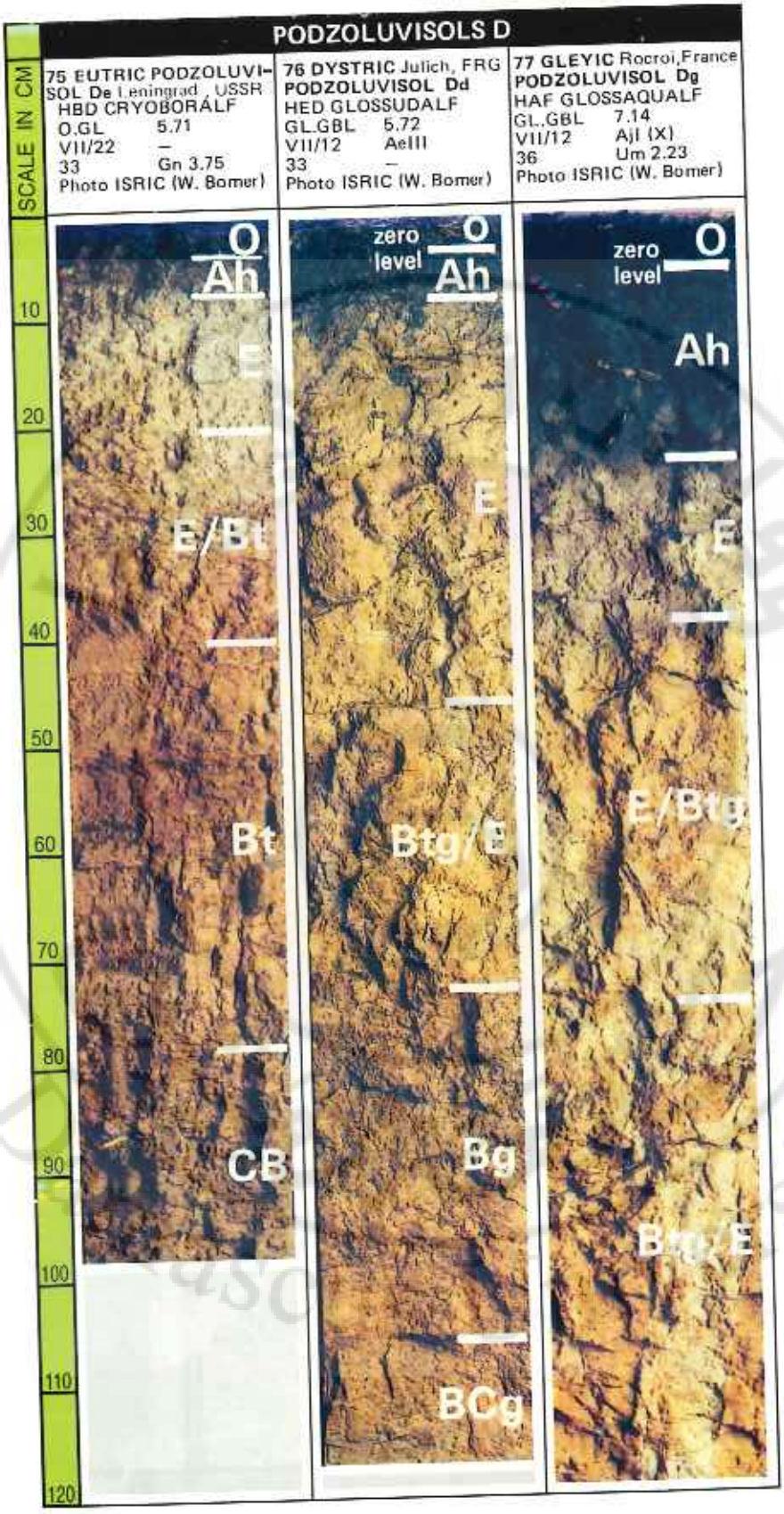
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120

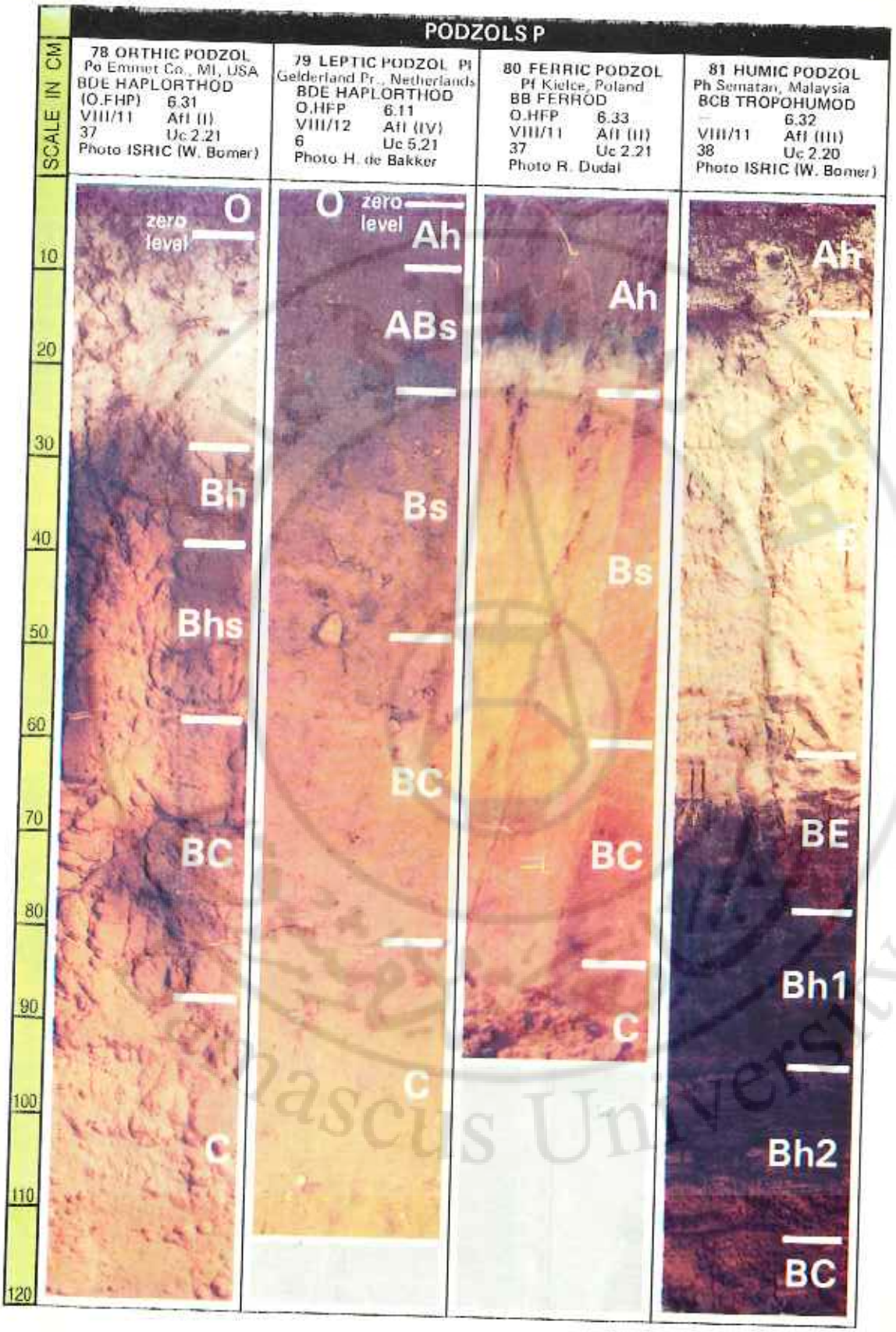
71 FERRIC LUVISOL
Lf Lehea, Greece
HDG HAPLOXERALF
– 5.71
IX/22 AeII (III)
– (–)
Photo ISRIC (W. Bomer)

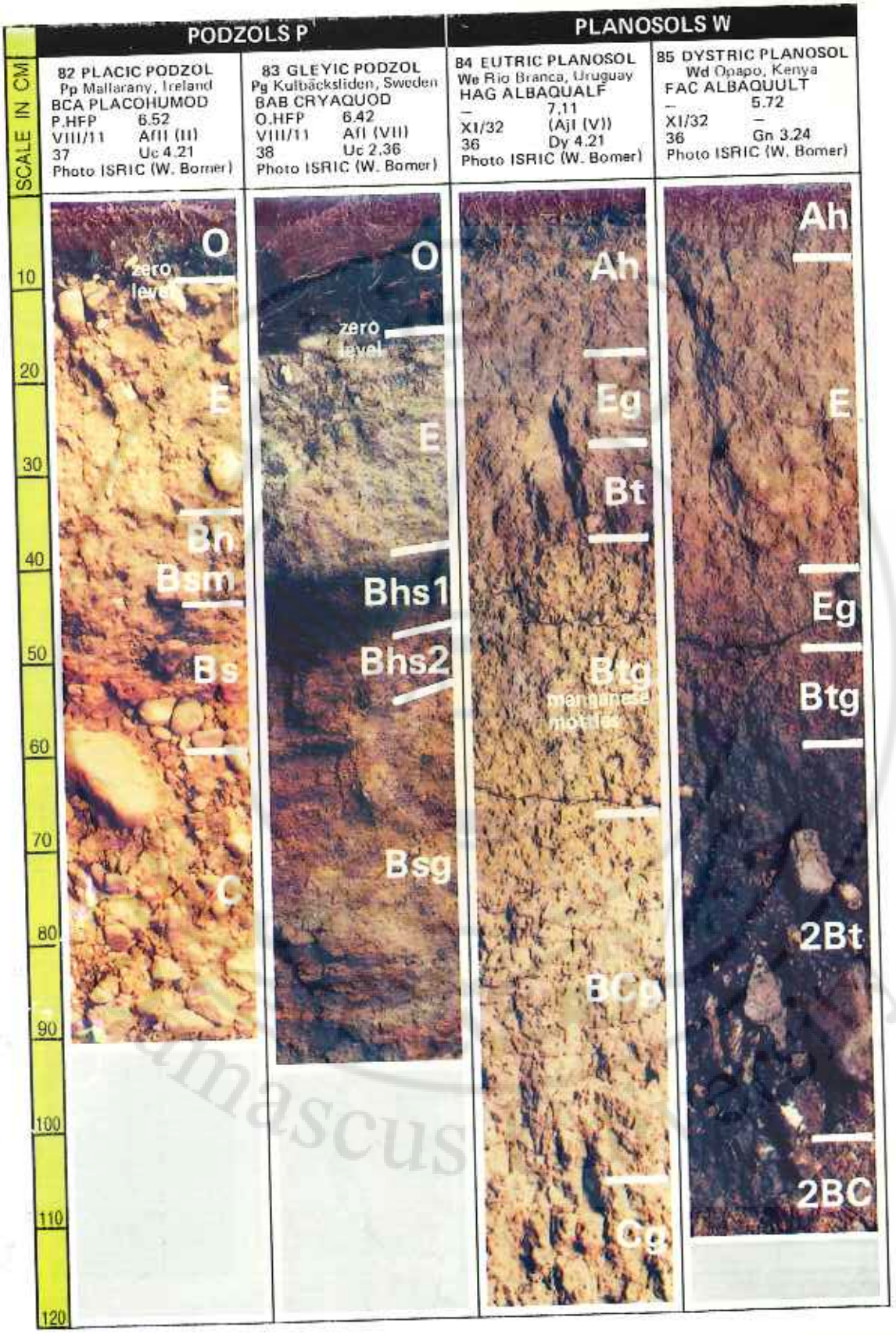
72 ALBIC LUVISOL La
Central Alberta, Canada
HBD CRYOBORALF
O.GL (–)
(–) (–)
(–) (–)
Photo G. Coen

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 AeII (VIII)
33 Gn 3.75
Photo ISRIC (W. Bomer)


PODZOLUVISOLS D
SCALE IN CM
75 EUTRIC PODZOLUVISOL De Leningrad, USSR
HBD CRYOBORALF
O.GL 5.71
VII/22 —
33 Gn 3.75
Photo ISRIC (W. Bomer)
76 DYSTRIC Julich, FRG
PODZOLUVISOL Dd
HED GLOSSUDALF
GL.GBL 5.72
VII/12 AeIII
33 —
Photo ISRIC (W. Bomer)
77 GLEYIC Rocroi, France
PODZOLUVISOL Dg
HAF GLOSSAQUALF
GL.GBL 7.14
VII/12 AjI (X)
36 Um 2.23
Photo ISRIC (W. Bomer)
zero level
O
Ah
E
E/Bt
Bt
CB
zero level
O
Ah
E
Btg/E
Bg
BCg
zero level
O
Ah
E
E/Btg
Btg/E
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120


PODZOLS P
SCALE IN CM
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
78 ORTHIC PODZOL
Po Emmet Co., MI, USA
BDE HAPLORTHOD
(O.FHP) 6.31
VIII/11 Afl (I)
37 Uc 2.21
Photo ISRIC (W. Bomer)
zero level
O
Bh
Bhs
BC
C
79 LEPTIC PODZOL Pl
Gelderland Pr., Netherlands
BDE HAPLORTHOD
O.HFP 6.11
VIII/12 Afl (IV)
6 Uc 5.21
Photo H. de Bakker
O
zero level
Ah
ABs
Bs
BC
C
80 FERRIC PODZOL
Pf Kielce, Poland
BB FERROD
O.HFP 6.33
VIII/11 Afl (II)
37 Uc 2.21
Photo R. Dudal
Ah
Bs
BC
C
81 HUMIC PODZOL
Ph Sematan, Malaysia
BCB TROPOHUMOD
6.32
VIII/11 Afl (III)
38 Uc 2.20
Photo ISRIC (W. Bomer)
Ah
BE
Bh1
Bh2
BC


PODZOLS P
PLANOSOLS W
SCALE IN CM
82 PLACIC PODZOL
Pp Mallarany, Ireland
BCA PLACOHUMOD
P.HFP 6.52
VIII/11 AfII (II)
37 Uc 4.21
Photo ISRIC (W. Bomer)
83 GLEYIC PODZOL
Pg Kultbäcksliden, Sweden
BAB CRYAQUOD
O.HFP 6.42
VIII/11 AfI (VII)
38 Uc 2.36
Photo ISRIC (W. Bomer)
84 EUTRIC PLANOSOL
We Rio Branca, Uruguay
HAG ALBAQUALF
– 7.11
XI/32 (AjI (V))
36 Dy 4.21
Photo ISRIC (W. Bomer)
85 DYSTRIC PLANOSOL
Wd Opapo, Kenya
FAC ALBAQUULT
– 5.72
XI/32 –
36 Gn 3.24
Photo ISRIC (W. Bomer)
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
O
zero level
E
Bh
Bsm
Bs
C
O
zero level
E
Bhs1
Bhs2
Bsg
Ah
Eg
Bt
Btg
manganese mottles
BCg
Cg
Ah
E
Eg
Btg
2Bt
2BC

PLANOSOLS W

SCALE IN CM

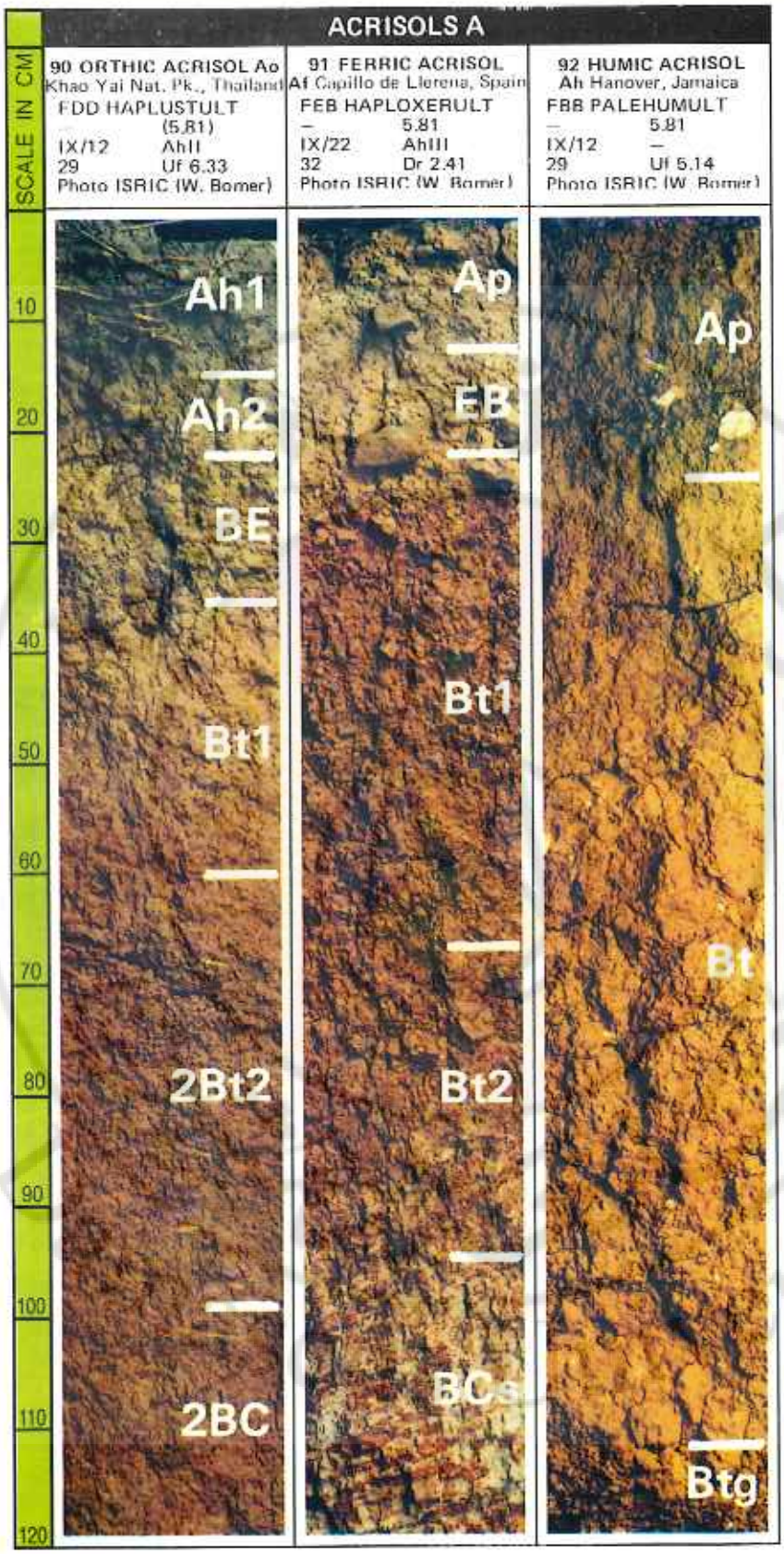
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120

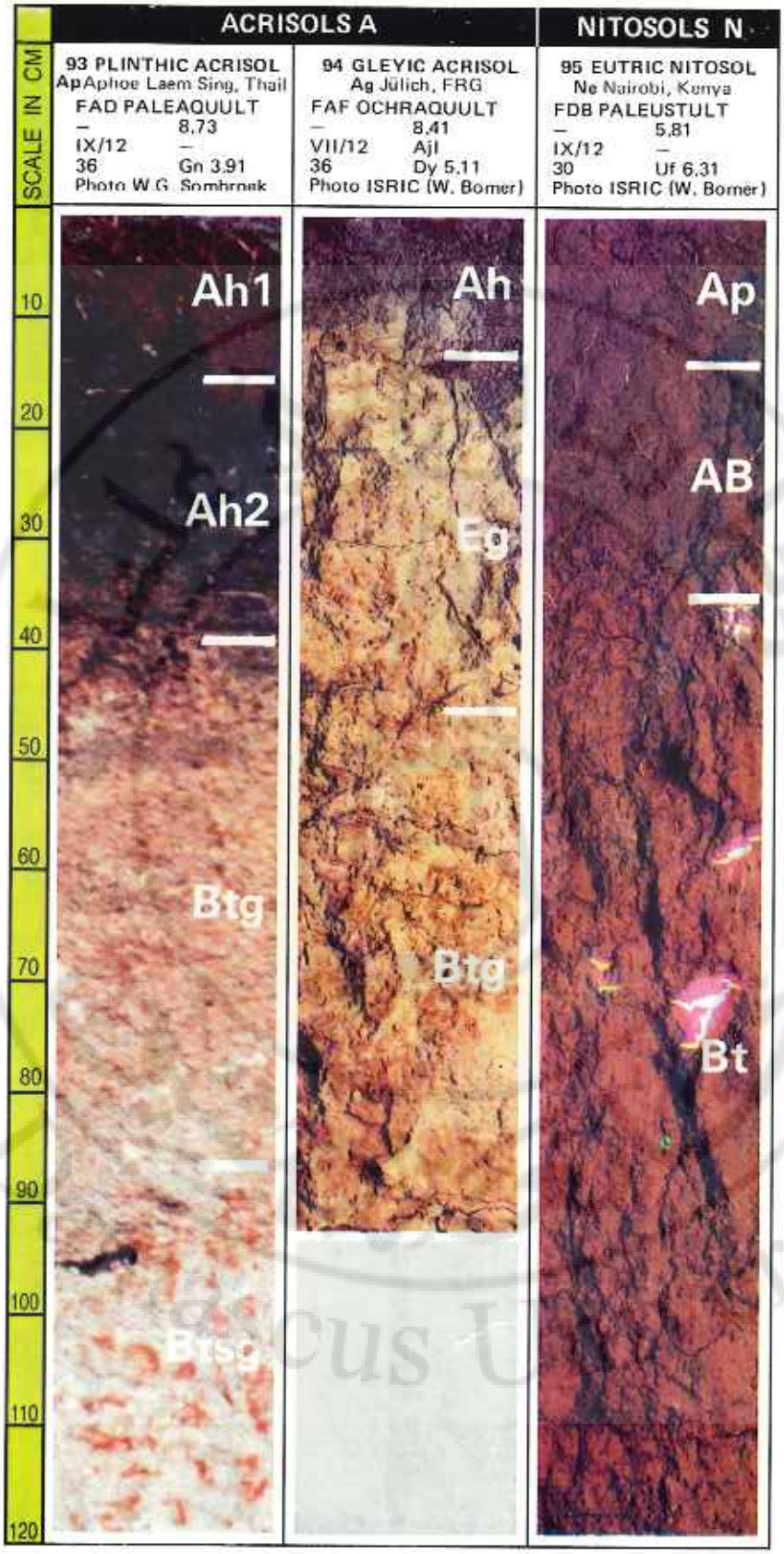
86 MOLLIC PLANOSOL
Wm Pitesti Distr., Romania
GAB ARGIALBOLL
GL.GBL 7.11
XI/32 –
32 Dr 4.22
Photo R. Dudal

87 HUMIC PLANOSOL
Wh Near Stanger, RSA
HCD PALEUSTALF
– (7.23)
XI/32 Ajl (III)
– Dd 3.21
Photo ISRIC (W. Bomer)

88 SOLODIC PLANOSOL
Ws Accra Plains, Ghana
HCC NATRUSTALF
– 5.72
XII/23
17 Gn 2.84
Photo ISRIC (W. Bomer)

89 GELIC PLANOSOL Wx
Khalkhasian Pl., Mongolia
HBD CRYOBORALF
(–) (–)
(–) (–)
(–) (–)
Photo A. Kowalkowski


ACRISOLS A
SCALE IN CM
90 ORTHIC ACRISOL Ao
Khao Yai Nat. Pk., Thailand
FDD HAPLUSTULT
(5.81)
IX/12 AhII
29 Uf 6.33
Photo ISRIC (W. Bomer)
91 FERRIC ACRISOL
Af Capillo de Llerena, Spain
FEB HAPLOXERULT
– 5.81
IX/22 AhIII
32 Dr 2.41
Photo ISRIC (W. Bomer)
92 HUMIC ACRISOL
Ah Hanover, Jamaica
FBB PALEHUMULT
– 5.81
IX/12 –
29 Uf 5.14
Photo ISRIC (W. Bomer)
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
Ah1
Ah2
BE
Bt1
2Bt2
2BC
Ap
EB
Bt1
Bt2
BCs
Ap
Bt
Btg


ACRISOLS A
NITOSOLS N
SCALE IN CM
93 PLINTHIC ACRISOL
Ap Aphoe Laem Sing, Thail
FAD PALEAQUULT
– 8,73
IX/12 –
36 Gn 3,91
Photo W.G. Sombroek
94 GLEYIC ACRISOL
Ag Jülich, FRG
FAF OCHRAQUULT
– 8,41
VII/12 Ajl
36 Dy 5,11
Photo ISRIC (W. Bomer)
95 EUTRIC NITOSOL
Ne Nairobi, Kenya
FDB PALEUSTULT
– 5,81
IX/12 –
30 Uf 6,31
Photo ISRIC (W. Bomer)
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
Ah1
Ah2
Btg
Btsg
Ah
Eg
Btg
Ap
AB
Bt

NITOSOLS N

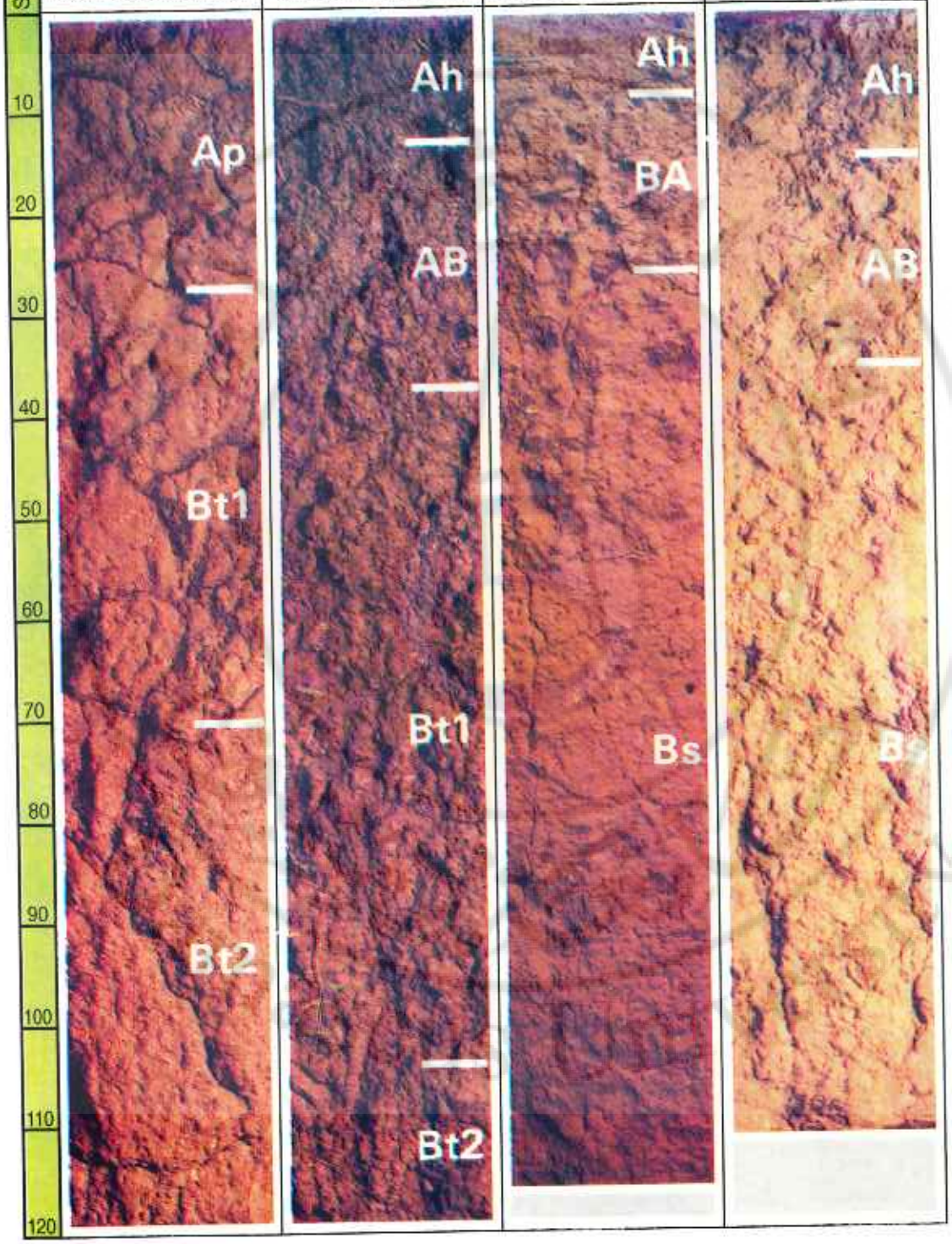
96 DYSTRIC NITOSOL
Nd Davidson Co., NC, USA
FCC PALEUDULT
– 5.81
IX/12 AhIII
30 Uf 6.34
Photo ISRIC (W. Bomer)

97 HUMIC NITOSOL
Nh Muguga, Kenya
HCD PALEUSTALF
– 5.81
IX/12 –
30 Uf 6.31
Photo ISRIC (W. Bomer)

FERRALSOLS F

98 ORTHIC FERRALSOL
Fo Kasama, Zambia
CDD HAPLUSTOX
– 5.44
X/31 AiI (I)
25 Um 5.22
Photo ISRIC (W. Bomer)

99 XANTHIC FERRALSOL Fx Kasama, Zambia
CDD HAPLUSTOX
– 5.44
X/31 AiII
26 Um 6.14
Photo ISRIC (W. Bomer)



FERRALSOLS F

SCALE IN CM

100 RHODIC FERRALSOL Fr Malanda, Australia
CE ORTHOX
– 5.44
X/21 –
30 Ul 6.12
Photo FitzPatrick (1:17)

101 HUMIC FERRALSOL Fh Hermansburg, RSA
CDD HAPLUSTOX
– 5.44
X/32 –
25 Uf 6.71
Photo ISRIC (W. Bomer)

102 ACRIC FERRALSOL Fa Est. Victoria, Surinam
CEC ACRORTHOX
– 5.44
X/31 –
26 Gn 2.21
Photo Neering/Parsan

103 PLINTHIC FERRALSOL Fp Taï, Ivory Coast
CEF HAPLORTHOX
– 5.44
X/31 Aiiii
29 Dy 4.21
Photo ISRIC (W. Bomer)

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120

HISTOSOLS O

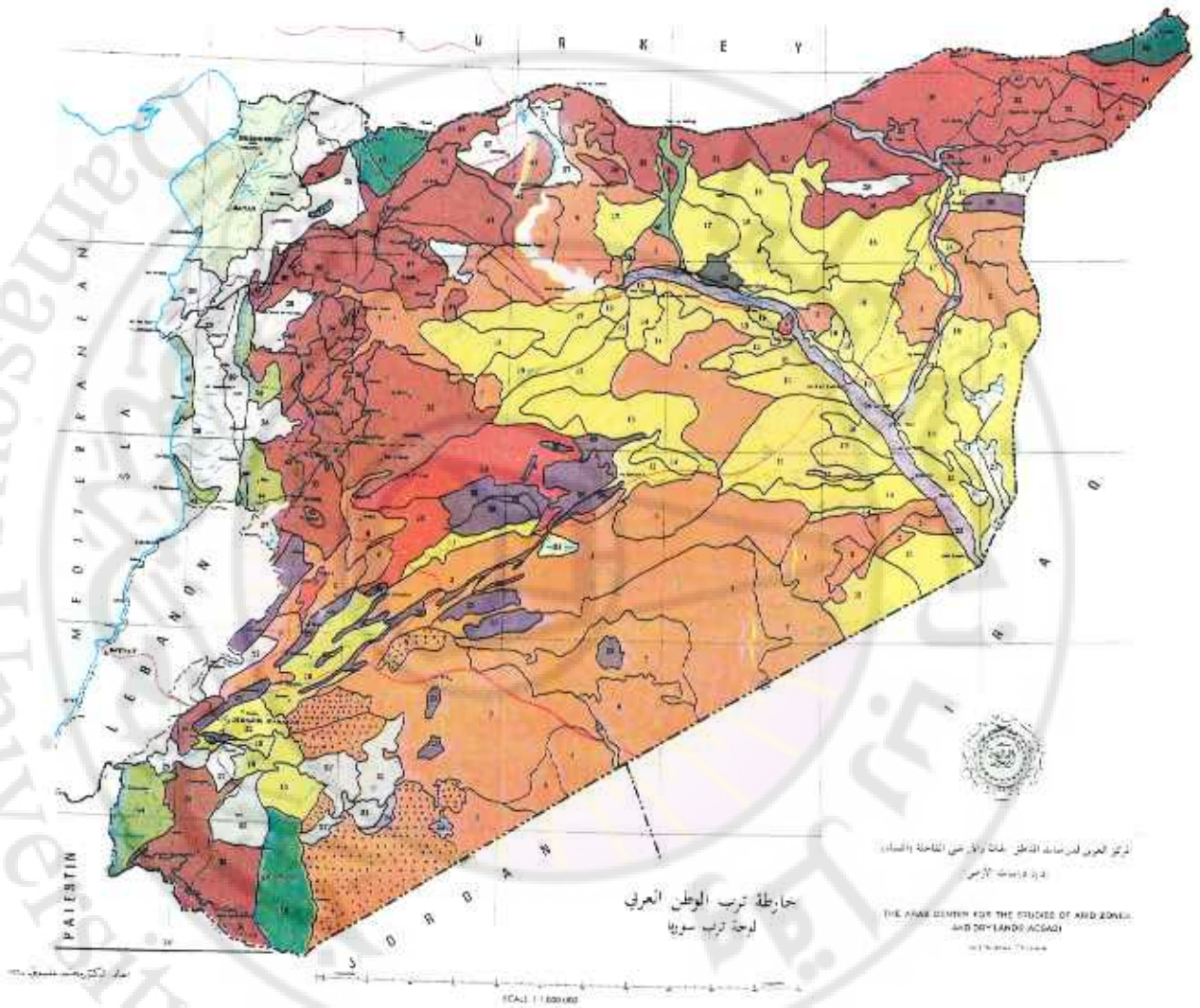
SCALE IN CM

10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120

104 EUTRIC HISTOSOL
Oe Minnesota, USA
ADB BOROSAPRIST
T.M 10.22
XI/1 Dal
42 O
Photo A.R. Aandahl

105 DYSTRIC HISTOSOL
Od Torfalaekur, Iceland
AB FIBRIST
T.M 10.11
XI/1 DaIII
43 O
Photo E.A. FitzPatrick

106 GELIC HISTOSOL
Ox Bathurst I., N.W.T., Canada
ACD CRYOHEMIST
ME.OC –
XI/1 –
– O
Photo C. Tarnocai (scale 1:5)


T U R K E Y
MEDITERRANEAN SEA
LEBANON
PALESTIN
I R A Q
J O R D A N
خارطة ترب الوطن العربي
لوحة ترب سوريا
THE ARAB CENTER FOR THE STUDIES OF ARID ZONES AND DRY LANDS (ACSAD)

مصطلحات الخريطة

الترب الجافة (ARIDISOLS)

الترب الكلسية (CALCIORTHIDS) والترب المصاحبة

1 - ترب كلسية نموذجية، قوام متوسط ، صخرية وعميقة الانحدار.
2 - ترب كلسية نموذجية، قوام خشن، ترب جيرية، صخرية.
3 - ترب كلسية نموذجية، قوام متوسط، ترب جيرية، صخرية.
4 - ترب كلسية نموذجية، قوام خشن، ترب جيرية، متوسطة الانحدار.
5 - ترب كلسية نموذجية، قوام خشن، ترب ذات قشرة كلسية، عميقة الانحدار.
6 - ترب كلسية نموذجية، قوام خشن، ترب غير متطورة ضحلة، صخرية إلى عميقة الانحدار.
7 - ترب كلسية نموذجية، قوام متوسط، ترب غير متطورة ضحلة، صخرية إلى متوسطة الانحدار.
8 - ترب كلسية نموذجية، قوام متوسط، صخور عارية، ترب غير متطورة ضحلة.
9 - ترب كلسية ذات محتوى مرتفع نسبيا من المادة العضوية، قوام متوسط، صخرية

الترب احيانا القليلة التطور والترب المصاحبة (CAMBORTHIDS)

10 - ترب حالية قليلة التطور، نموذجية، قوام متوسط، ترب كلسية نموذجية، صخرية.

الترب الجبسية (GYPSIORTHIDS) والترب المصاحبة

11 - ترب جبسية نموذجية، قوام ناعم، ترب كلسية نموذجية، ترب غير متطورة رسوبية نموذجية، صخرية
12 - ترب جبسية ، كلسية، قوام ناعم ومتوسط، ترب جبسية غنية المحتوى من الجبس، ترب كلسية نموذجية، صخرية
13 - ترب جبسية غنية المحتوى من الجبس، قوام خشن ، ترب ذات قشرة جبسية، صخرية
14 - ترب جبسية غنية المحتوى من الجبس، قوام خشن، ترب كلسية نموذجية، صخرية وعميقة الانحدار
15 - ترب جبسية غنية المحتوى من الجبس، قوام متوسط وخشن، ترب جبسية ، كلسية ، صخرية
16 - ترب جبسية غنية المحتوى من الجبس، قوام خشن، ترب جبسية ضحلة، جبسية الانحدار
17 - ترب جبسية غنية المحتوى من الجبس، قوام متوسط، ترب كلسية نموذجية، صخرية
18 - ترب جبسية غنية المحتوى من الجبس ، قوام متوسط ، ترب ذات قشرة جبسية ، صخرية وعميقة الانحدار
19 - ترب ذات قشرة جبسية ، قوام متوسط وخشن ، ترب جبسية غنية المحتوى من الجبس، صخرية إلى متوسطة الانحدار

الترب ذات القشرة الكلسية (PALEORTHIDS) والترب المصاحبة

20 - ترب ذات قشرة كلسية نموذجية، قوام متوسط وخشن، صخرية وعميقة وشديدة الانحدار

الترب الملحية (SALORTHIDS) والترب المصاحبة

21 - ترب ملحية نموذجية، قوام خشن وناعم، ترب جبسية غنية المحتوى من الجبس، صخرية

الترب ذات التعدليات الحيوية العالية (VERMIORTHIDS)

22 - ترب ذات تعدليات حيوية عالية وغير متطورة، قوام ناعم، ترب كلسية ذات محتوى مرتفع نسبيا من المادة العضوية

الترب غير المتطورة (ENTISOLS)

الترب غير المتطورة الرسوبية الحالية (TORRIFLUVENTS) والترب المصاحبة

23 - ترب غير متطورة ورسوبية حالية نموذجية، قوام متوسط، ترب ملحية نموذجية، صخرية
24 - ترب غير متطورة رسوبية حالية نموذجية، قوام ناعم، صخرية

غير المتطورة الضحلة الحالية (TORRIORTHENTS) والترب المصاحبة

25 - ترب غير متطورة ضحلة حالية، قوام خشن ومتوسط، ترب جالية، صخرية إلى شديدة الانحدار
26 - ترب غير متطورة ضحلة حالية، قوام خشن ومتوسط، صخور عارية، شديدة الانحدار

الترب غير المتطورة الضحلة المتوسطية** (XERORTHENTS) والترب المصاحبة

27 - ترب غير متطورة ضحلة متوسطية، قوام متوسط ، ترب قليلة التطور متوسطية كلسية، صخرية إلى شديدة الانحدار
28 - ترب غير متطورة ضحلة متوسطية ، قوام متوسط وناعم، ترب قليلة التطور متوسطية ضحلة، صخور عارية، جبلية إلى شديدة الانحدار
29 - ترب غير متطورة ضحلة متوسطية ، قوام متوسط وناعم، ترب داكنة غنية نسبيا بالمادة العضوية، صخور عارية، شديدة الانحدار

الترب القليلة التطور غير الحالية (INCEPTISOLS)

الترب القليلة التطور المتوسطية (XEROCHREPTS) والترب المصاحبة

30 - ترب قليلة التطور متوسطية نموذجية، قوام ناعم، ترب قليلة التطور متوسطية كلسية، ترب قليلة التطور متوسطية متشققة، ترب طينية متشققة متوسطية، صخرية إلى عميقة الانحدار
31 - ترب قليلة التطور متوسطية كلسية، قوام متوسط، ترب قليلة التطور حوضية جبسية حالية المحتوى من الجبس، صخرية
32 - ترب قليلة التطور متوسطية كلسية، قوام متوسط إلى ناعم، صخرية
33 - ترب قليلة التطور متوسطية كلسية، قوام ناعم، ترب قليلة التطور متوسطية ذات قشرة كلسية ، صخرية
34 - ترب قليلة التطور متوسطية كلسية، قوام ناعم، ترب قليلة التطور متوسطية متشققة، صخرية إلى عميقة الانحدار
35 - ترب قليلة التطور متوسطية كلسية، قوام متوسط وناعم، ترب قليلة التطور متوسطية ضحلة، عميقة الانحدار
36 - ترب قليلة التطور متوسطية كلسية، قوام ناعم، صخور عارية، متحدرة
37 - ترب قليلة التطور متوسطية كلسية ومتشققة، قوام ناعم جدا، ترب طينية متشققة متوسطة، صخرية
38 - ترب قليلة التطور متوسطية جبسية غنية المحتوى من الجبس، قوام متوسط، ترب قليلة التطور متوسطية كلسية، متوسطة الانحدار
39 - ترب قليلة التطور متوسطية ضحلة، ترب قليلة التطور متوسطية كلسية، ترب غير متطورة متوسطية ضحلة، ترب قليلة التطور متوسطية ذات قشرة كلسية، قوام ناعم، عميقة الانحدار
40 - ترب قليلة التطور متوسطية ذات قشرة كلسية، قوام متوسط وناعم، ترب قليلة التطور متوسطية كلسية، صخرية وعميقة الانحدار
41 - ترب قليلة التطور متوسطية، قوام ناعم، ترب ذات قشرة جبسية، ترب جبسية غنية نسبيا بالمادة العضوية متوسطة، صخرية
42 - ترب قليلة التطور متوسطية متشققة، قوام ناعم جدا، ترب قليلة التطور متوسطية كلسية، صخرية.

الترب الصدسية (MOLLISOLS)

الترب الداكنة الغنية نسبيا بالمادة العضوية المتوسطية (HAPLOXEROLLS)

44 - ترب داكنة غنية نسبيا بالمادة العضوية متوسطية ضحلة، قوام متوسط، ترب غير متطورة متوسطية ضحلة، ترب قليلة التطور متوسطية نموذجية، ترب داكنة غنية نسبيا بالمادة العضوية متوسطية نموذجية، متوسطة الانحدار
45 - ترب داكنة غنية نسبيا بالمادة العضوية متوسطية عميقة، قوام متوسط، ترب قليلة التطور متوسطية نموذجية، صخرية

الترب الطينية المتشققة (VERTISOLS)

الترب الطينية المتشققة الحالية (TORRERTS) والترب المصاحبة

46 - ترب طينية متشققة حالية نموذجية، قوام ناعم جدا، ترب طينية متشققة متوسطية، ترب غير متطورة رسوبية حالية نموذجية، ترب غير متطورة رسوبية متوسطية نموذجية، صخرية

الترب الطينية المتشققة المتوسطية (CHROMOXERERTS) والترب المصاحبة

47 - ترب طينية متشققة متوسطية، قوام ناعم، ترب قليلة التطور متوسطية متشققة، صخرية
48 - ترب طينية متشققة متوسطية، قوام ناعم، ترب قليلة التطور متوسطية ذات قشرة كلسية، صخرية
49 - ترب طينية متشققة متوسطية، قوام ناعم جدا، ترب قليلة التطور متوسطية نموذجية، ترب قليلة التطور متوسطية متشققة، عميقة الانحدار

الترب الركانية (ANDISOLS)

ترب الرماد البركاني الحالية (VITRITORRANDS) والترب المصاحبة

50 - ترب رمادية بركانية حالية كلسية، قوام متوسط، ترب رماد بركاني حالية كلسية ، جبسية، صخرية إلى عميقة الانحدار

الصخور العارية، الوحدات المعقدة والأطوار

الصخور العارية (ROCK OUTCROPS) والترب المصاحبة

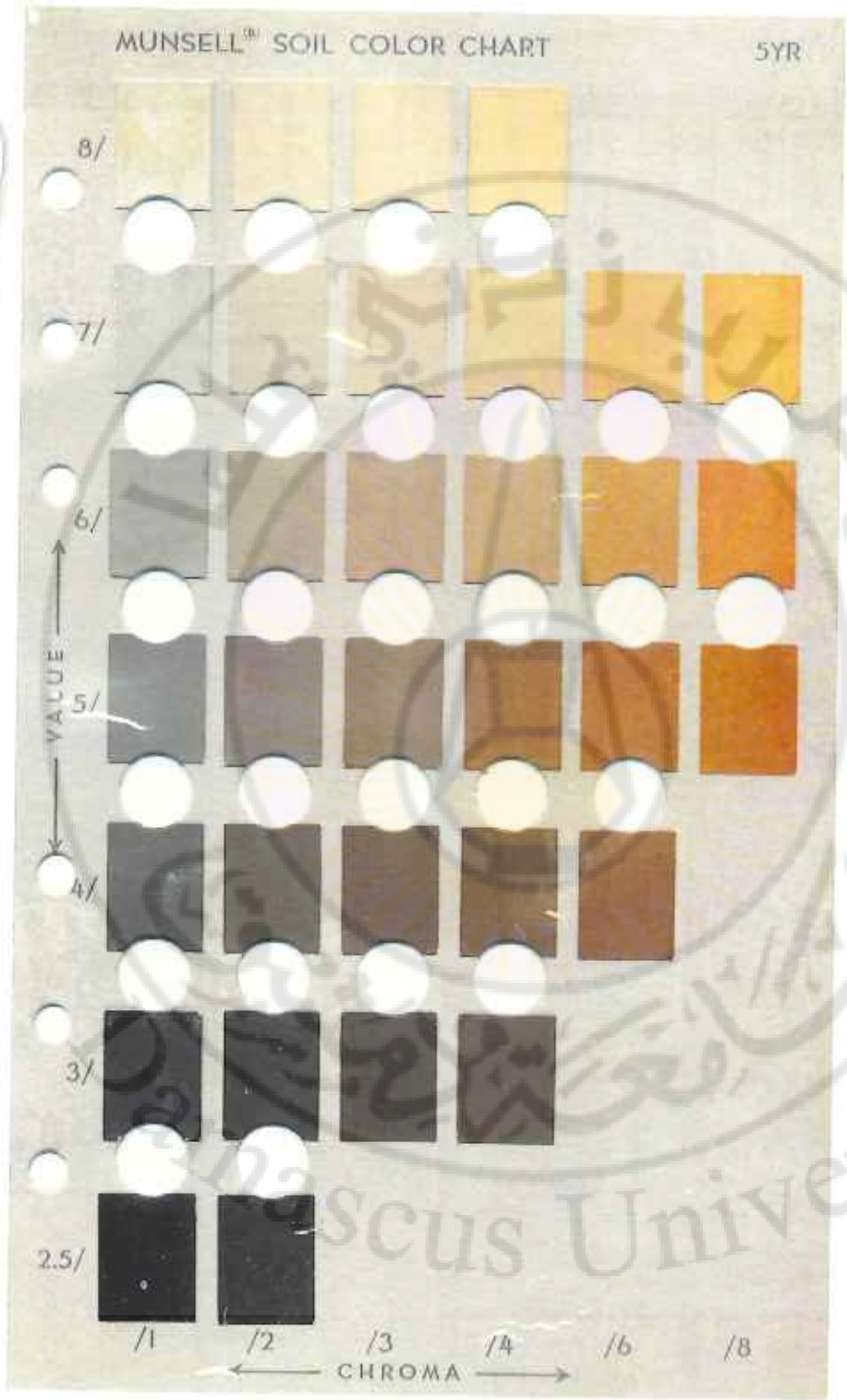
51 - صخور عارية، ترب غير متطورة ضحلة ضحلة، قوام متوسط، عميقة الانحدار
52 - صخور عارية، ترب قليلة التطور متوسطية كلسية متشققة، قوام ناعم، متوسطة الانحدار

الوحدات المعقدة (COMPLEXES)

53 - ترب قليلة التطور ضحلة نموذجية، ترب كلسية نموذجية، ترب جبسية غنية المحتوى من الجبس، قوام متوسط، صخرية
54 - ترب داكنة غنية نسبيا بالمادة العضوية متوسطية عميقة التكوين، ترب داكنة غنية نسبيا بالمادة العضوية متوسطية كلسية، ترب قليلة التطور متوسطية نموذجية، قوام متوسط، صخرية
55 - ترب طينية متشققة متوسطية، ترب غير متطورة متوسطية ضحلة، ترب قليلة التطور متوسطية متشققة، ترب داكنة غنية نسبيا بالمادة العضوية متوسطية، قوام ناعم، متوسطة الانحدار

طور حجري (STONY PHASE)

* لم يتم رسم الحدود
** مناخ البحر الأبيض المتوسط


MUNSELL® SOIL COLOR CHART
5YR
8/
7/
6/
5/
4/
3/
2.5/
VALUE
/1
/2
/3
/4
/6
/8
CHROMA