جامعة حماه
كلية الهندسة الزراعية

# المحاضرة النظرية الأولى

# التربة وعوامل تكوينها

إعداد : د. حيدر هاشم الحسن

24/3/2021

# علم التربة:

- هو العلم الذي يتناول خواص التربة الشكلية (المورفولوجية) والفيزيائية والكيميائية والخصوبية والحيوية، كما يعنى بحصرها وتصنيفها واستصلاحها وصيانتها من التدهور، ويهتم بتكوينها وتوزّعها الجغرافي واستعمالاتها الزراعية، وتطبيق مختلف التقنيات الحديثة لرفع إنتاجيتها،
- وهكذا نجد أنَّ ما يسمى **علم التربةpedology** يشكّل بحد ذاته مجموعة كبيرة ومتنوعة من فروع العلم التي تدرس بشكل عام مختلف النواحي النظرية والجوانب التطبيقية للتربة، وبخاصةً الأرض الزراعية والحراجية وأراضي المراعي.

يعتمد علم التربة (**pedologY**أو **soil science**) **كعلم تطبيقي** على مجموعة كبيرة من العلوم الأساسية والبيولوجية والزراعية المختلفة، والتقنيات الهندسية المدنية والمائية والكيميائية الصناعية، والاستشعار عن بعد.

## 2-تعريف التربة: Soil

- يُعدّ العالم الروسي **دوكوتشاييف** (1846-1903) الذي نشر في عام (1883) كتاباً أطلق عليه اسم **(التشيرنوزيم الروسي)، أوّل من أطلق تعريفاً علمياً على التربة**، ليأخذ معنى جديدا لم يكن معروفاً من قبل، ويختلف عن مفهوم الجيولوجيين للتربة.
- عرَّف **دوكوتشاييف** التربة في عام (1889): بأنَّها (**نتاج متغّير وتابع لفعل كل من المناخ، والصخور الأم، والأحياء (نباتات وحيوانات وأحياء دقيقة)، والزمن (عمر التربة).**
- دوَّن **معادلة تشكُّل التربة** في السنوات الأخيرة من حياته (1899-1902) على النحو التالي:

$$S = f(cl, o, p, t)$$

- حيث أنَّ: (S)- **التربة** أو أي صفة من صفاتها و**(f) تابع** و**(cl)المناخ climate** و**(o)الأحياء organisms**، من نباتات وحيوانات وكائنات حية دقيقة، و**(p) الصخور الأم** parent materials، و**(t) الزمن.**

- حاول الأمريكي **جيني Jenny** عام 1941 أن يوجز عوامل تشكّل التربة وتكوينها في علاقة مشابهة لتلك التي وضعها **دوكوتشاييف**، مدخلاً فيها عاملاً جديداً **هو عامل التضاريس relief (r) أو الطبوغرافيا**، وكانت على النحو التالي:

$$S = f( cl . o . p . r . t )$$

- أطلق **جيني Jenny** على مجاهيل هذه المعادلة **(عوامل تشكُّل التربة) soil forming factors**،

- كما بيَّن جيني أن لا قيمة لتلك المعادلة ما لم توضع لها الحلول، وانطلاقاً من ذلك **فقد حاول إيجاد العلاقات الكميَّة الفردية بين صفات التربة، وكل عامل من عوامل تشكّلها على حدة**، واضعاً سلسلة من المعادلات الثانوية التي تربط خواص التربة، وعلاقتها بكل من المناخ والصخور الأم والزمن والكائنات الحيَّة والطبوغرافيا كلا على حدة، وبشكل يكون فيه **المجهول هو المتغيّر الوحيد واضعاً إياه بين قوسين، في حين تبقى عوامل تشكّل التربة ثابتة، على النحو التالي:**

- فمثلا التربة أو أي صفة من صفاتها وعلاقتها **بالمناخ** : $S = f (cl) o .p .r. t$

- والتربة أو أي من خواصها وعلاقتها **بالصخرة الأم** : $S = f (p) cl.o.r.t$

- **بعض التعاريف العالمية للتربة:**
- وصف **الألماني رامان التربة** بأنَّها تلك الصخور المفكَّكة التي استحالت إلى طبقة مفتّتة واعتراها بعض التغيُّرات الكيميائية، واختلطت ببقايا النباتات والحيوانات، والكائنات الحية الأخرى، التي تعيش فيها وعليها.
- **عرَّف الفرنسي دومولون التربة** بأنَّها تكوين طبيعي سطحي مفكّك البنية متغيّر العمق، فهي **الناتج النهائي لما يعتري الصخور الأم، من تغيّرات ناجمة عن تأثير مختلف العمليات الفيزيائية والكيميائية والحيوية.**
- أوجز تعريف **أطلقه دوشوفور** عندما قال: **بأنَّ التربة هي (ذلك الجسر بين عالمي الجمادات والحياة)**، أي أنَّ التربة بما تعجّ به من أحياء وتزخر به من ظواهر حيَّة، **تشكّل همزة الوصل ونقطة التحوّل بين الغلاف الصخري (الصخور الأم)، والغلاف الحيوي، وما يكتنفه من أحياء دقيقة وحيوانات.**
- يظهر واضحاً أنّه لم يتفق بعد على تعريف علمي واحد للتربة، ومرد ذلك إلى تعدّد المدارس، وتباين وجهات النظر العلمية بين دارسي التربة، حسب تكوينهم العلمي، والأهداف المتوخاة من دراستهم لها،

- **وهكذا يمكن أن نورد التعاريف التالية للتربة:**
- **من الوجهة الجيولوجية:** تشكّل التربة الطبقة العليا من الغلاف الصخري التي تفكّكت تحت تأثير الغلافين الجوي Atmosphere، والمائي Hydrosphere.
- **من الوجهة البيدولوجية:** تمثّل التربة نظام مفتوح رباعي الأطوار مبعثر غير متجانس، ومتمايز إلى آفاق(A,B,C)يشغل الجزء السطحي من القشرة الأرضية المجوَّاة، ويعدّ تابعاً مركّباً للصخور الأم والمناخ والأحياء والتضاريس والزمن والإنسان.
- **من الوجهة الزراعية** فتعرَّف بأنَّها (جسم طبيعي مفكَّك البنية متغيّر العمق ينجم عن تجوية الصخور والفلزات وتفكّك المادة العضوية وتحولاتها مجتمعةً تحت تأثير مجموعة من العوامل الفيزيائية والكيميائية والحيوية (البيوفيزياكيميائية) ويشكّل وسطاً ميكانيكياً وفيزيائياً وكيميائياً وحيوياً صالحاً لنمو النباتات، بما يتميز به من عوامل الخصوبة الطبيعية، أو المكتسبة أو كليهما معاً).

## 3-1-عوامل تشكُّل التربة:Factors of soil formation

تتكوَّن التربة وتتطور مع مرور الزمن تحت تأثير مجموعة من العوامل المناخيـة والحيويـة والبشـرية والتضـاريس فـي الصـخور الأم الأوليـة، وتنقسم هذه العوامل إلى **ثلاث مجموعات:**

**عوامـل فعّالـة:** وتشـمل المنـاخ والأحيـاء (الكائنـات الحيـة الدقيقـة والحيوانية والنباتية) والتضاريس والإنسـان.

**عوامل ساكنة أو غير فعالة:** تضـم الصـخور الأم التـي تتكـوّن منهـا مادة التربة.

**عوامل محايدة** : ممثّلة بالزمن .

## 1-3-1-عامل المناخ:

- يُعرَّف المناخ climateبأنَّه محصّلة تفاعل مجموعة العوامل الحيويّة من حرارة وضوء وأمطار ورطوبة ورياح، في منطقة جغرافية معينة.

- يقودنا ذلك إلى تعريف مفهوم **المناخ الموقعي (الموضعي)، أو المناخ الأرضي pedo-climate :** وهو المناخ السائد في موقع ما ذي مساحة محدّدة تماماً يتمتع بظروف مناخية وبيئية وأرضية متجانسة تميّزه عن المواقع الأخرى ضمن منطقة جغرافية معينة، ولهذا المفهوم أهمية بالغة في فهم العلاقات المتبادلة بين العوامل البيئية الموقعية والمناخ والغطاء النباتي السائد للموقع موضع الدراسة.

- وهكذا نصل إلى **مفهوم الموقع** من الناحيتين البيئية والحيوية، حيث يعبّر عن مساحة معينة ذات شروط بيئية متجانسة ومتميّزة بنبت طبيعي واحد.

- يعدّ المناخ **من أهم عوامل تشكّل التربة وأكثرها تعقيداً، إذ يصعب تمثيله بقيمة عددية واحدة،** ولدراسة أثره في تكوين التربة، لا بدَّ من تقسيمه إلى عدد من العوامل الثانوية كالأمطار (الرطوبة)، والحرارة والرياح.

**يلعب المناخ دوراً أساسيا في توجيه ثلاث عمليات تؤثر في تكوين التربة وهي:**

**-تجوية الصخور والفلزات وتفكّكها (تفسّخها)**weathering alteration.

**- هجرة الفلزات والعناصر خلال المقطع الأرضي.**

- تطوّر المادة العضوية في التربة.

**- طرائق تصنيف المناخات حسب عامل الرطوبة والأمطار:**

**- تصنيف بنك:** لقد اعتمد بنك على معدل التبخر والنتح (E) كأساس لهذا التصنيف.

**تصنيف تبعاً لعلاقة بنمان**

**تصنيف لانج** حيث ربط الأمطار مع عامل الحرارة

**تصنيف دو مارتون**

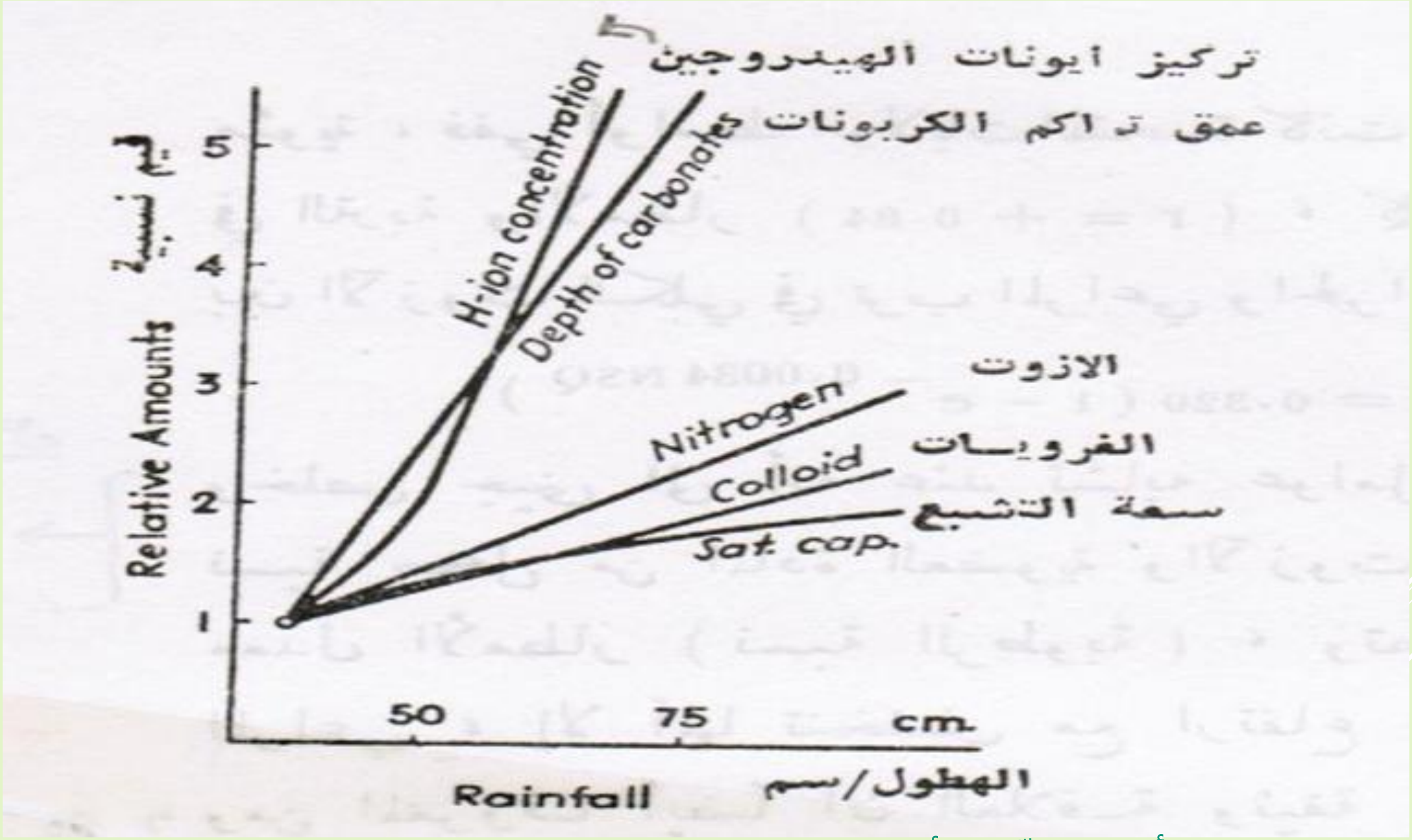
**تصنيف مابر للرطوبة(N.S.Q):**

**تصنيف فورني (Fournier 1955):**

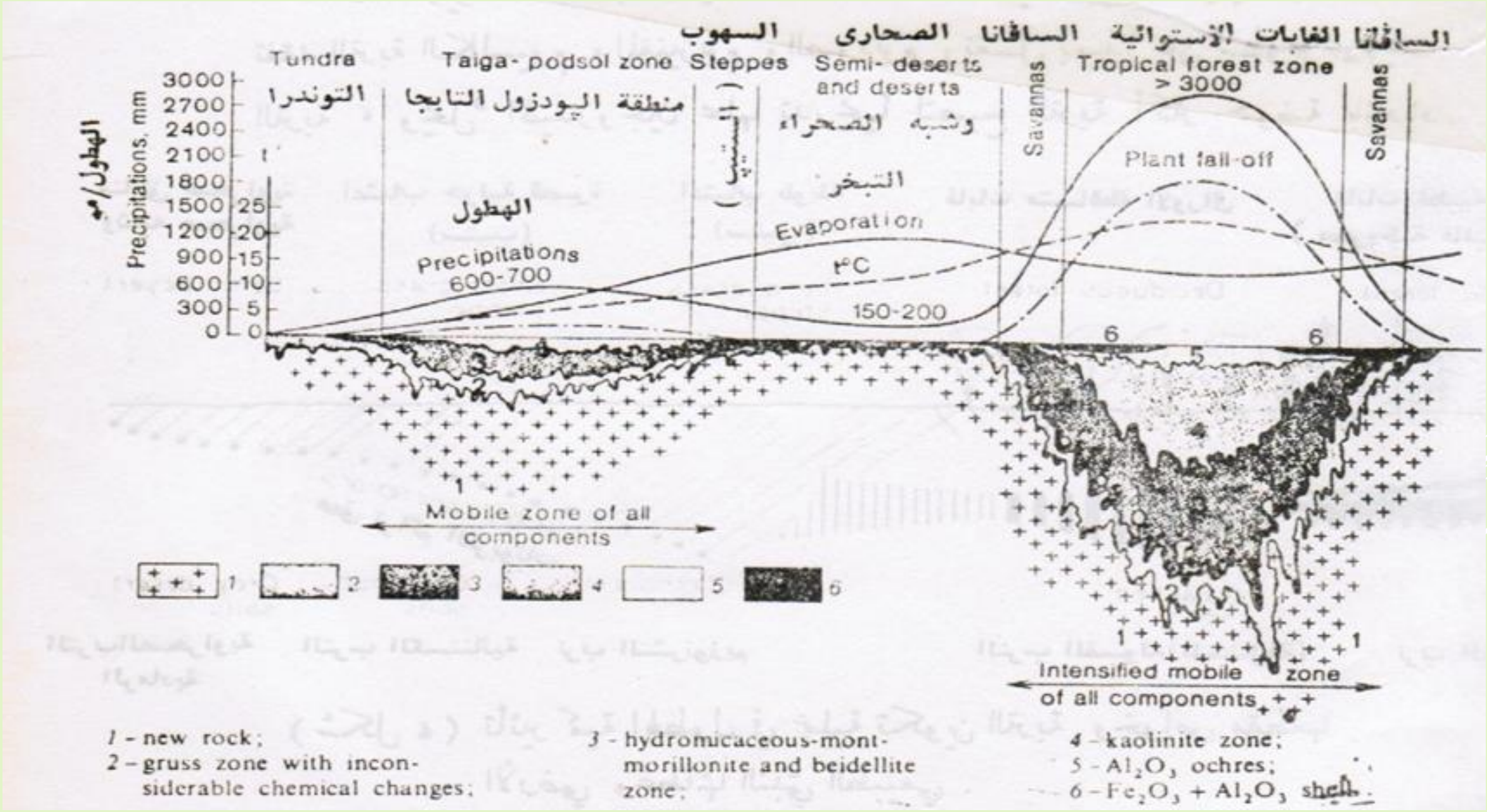
**تصنيف تورنثويت (thornthwaite 1955):**

**تصنيف أمبرجيه**

- يُضاف إلى الأثر الكبير الذي تلعبه **مياه الأمطار** في **عمليات الإذابة والتحلّل المائي (الإماهة) والأكسدة والإرجاع**، التي تسهم في التجوية الكيميائية للصخور والفلزّات.
- فإنَّ لهذه المياه تأثيرات أكبر في عملية تطوّر التربة وتوجيه مسارها بشكل مباشر، فضلاً عن تأثيرها الفاعل وتحديد نوع الغطاء النباتي السائد وتركيبه وكثافته،
- تنشيط عملية التجوية الحيوية وتحفيز العديد من العمليات المؤثّرة في خواص التربة الأساسية الفيزيائية والكيميائية والخصوبية.
- كما في الشكل (2)، الذي يوضّح تأثير معدّل الأمطار في كل من سعة التشبع بالقواعد، وpH التربة وعمق تراكم كربونات الكالسيوم، ومحتوى الترب من الآزوت والغرويات الطينية، والشكل(3) الذي يوضّح تأثير المناخ، في تطور المقطع الأرضي والغطاء النباتي السائد.



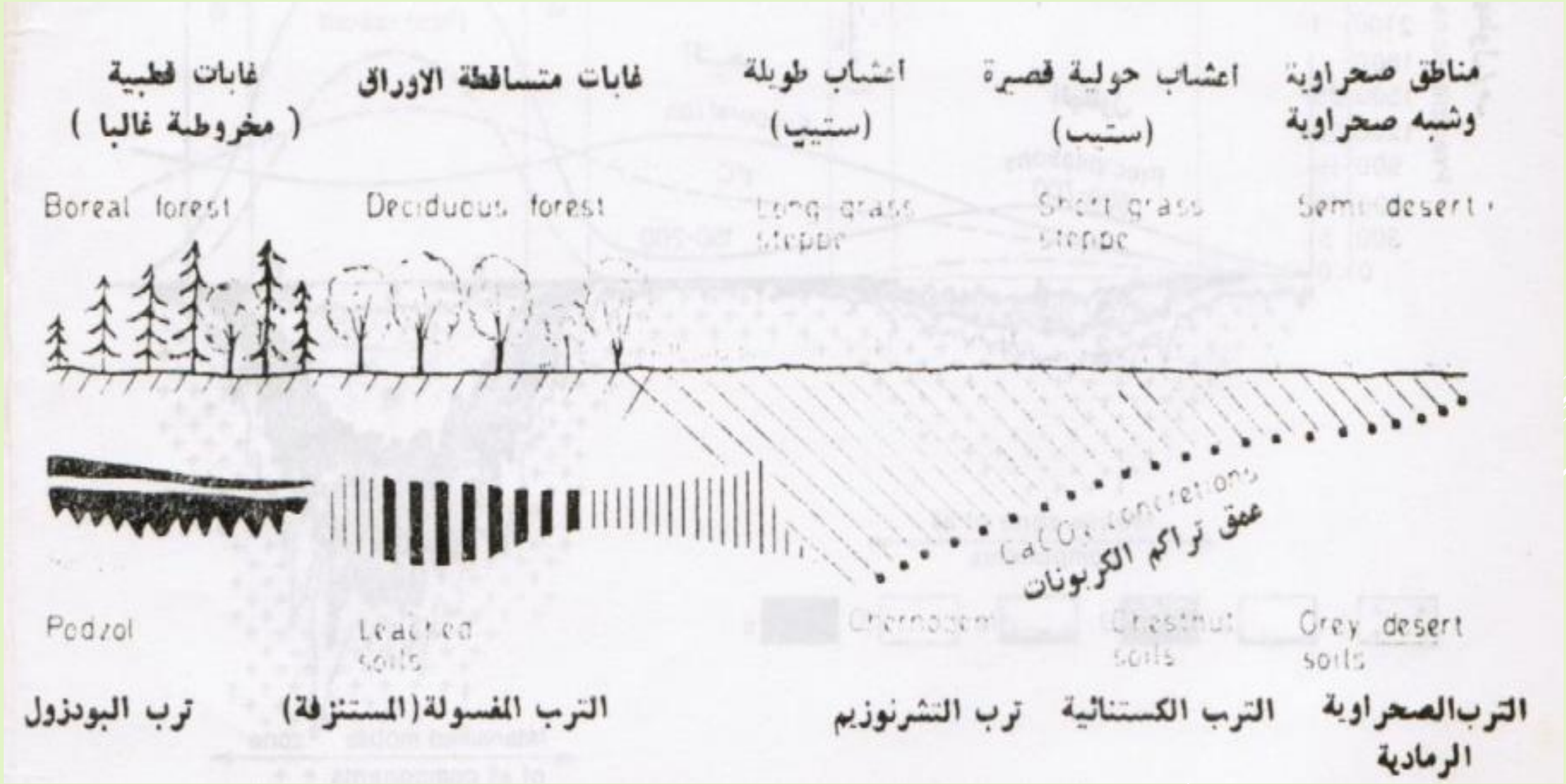

الشكل رقم(2): تأثير معدّل الأمطار في كل من سعة التشبع بالقواعد، وpH التربة وعمق تراكم كربونات الكالسيوم، ومحتوى الترب من الآزوت والغرويات الطينية




**الشكل رقم (3): تأثير المناخ، في تطور المقطع الأرضي والغطاء النباتي السائد**

توصل **جينايي** إلى أنه عند تشابه عوامل تشكل التربة إلى حدٍ ما في منطقة محددة، فإنّ **نسبة كل من المادة العضوية والآزوت الكلي في التربة تتزايد** بارتفاع معدّل الأمطار (نسبة الرطوبة)،

- وتكون هذه الزيادة أكبر في **أراضي المراعي**، إلا أنَّها **تنخفض** مع ارتفاع متوسط درجة الحرارة السنوية،
- ومن المعروف أيضاً أنَّ العلاقة وثيقة جداً بين **كميَّة الأمطار السنوية وpHg التربة**، **ففي أراضي المناطق الرطبة تُفقد القواعد والقواعد الترابية من الطبقة السطحية**،
- وتذيب الأمطار الغزيرة المحمَّلة بغاز $CO_2$ الصخور الكلسية والدولوميتية.
- وهكذا **تفقد** التربة الكالسيوم والمغنيزيوم والصوديوم من الطبقة السطحية، وتغسل بعيداً عن سطوح غرويات التربة، ويحل **الهيدروجين** محلها تدريجياً لتصبح التربة **أكثر حموضة** في هذه الطبقة بازدياد كمية الأمطار السنوية.
- **لا يحصل فقد يذكر** في القواعد والقواعد الأرضية، **في أراضي المناطق الجافة وشديدة الجفاف**، بل تبقى السطوح الغروية مشبعة بها، وفي كثير من الحالات تغدو الأراضي **مالحة أو قلوية** في تلك المناطق (الشكل 4).




الشكل رقم (4): تأثير كمية الهطول المطري في عمق تراكم الكربونات وتوزّع الترب.

- تلعب كميّات الأمطار المتسرّبة عبر المقطع الأرضي دوراً هاماً في عملية تكوين التربة ونضوجها، وتتوقّف هذه الكميّات على شدّة الهطول المطري ودرجة الحرارة التي يتوقّف عليها معدّل التبخّر والنتح
- يلعب **عامل الحرارة** دوراً حاسماً في تحديد صفات التربة المتكوّنة، لما له من تأثير في معدّلي التبخّر والنتح، وتحديد نوع النظام المائي السائد من جهة، وزيادته لسرعة التفاعلات الكيميائية والبيوكيميائية وتحديده لنمط التجوية من جهة أخرى، الأمر الذي دفع **رامان** Ramann إلى تقدير التجوية عن طريق قياس سرعتها في ظروف مناخية معيّنة،
- وهذا ما عُرف **بعامل رامان للتجوية** Ramann's weathering factor وهو يساوي **جداء** متوسط الحرارة السنوية للتربة بعدد أيَّام السنة التي تتجاوز فيها الحرارة درجة الصفر في المنطقة المدروسة.

انطلاقاً من مفهوم رامان فقد استوحى علماء التربة، ما يسمّى **المؤشّر السنوي للفعَّالية الكيميائية "Iae"** والذي يساوي مجموع جداءات معامل تأيّن الماء (K) Water dissociation بالمتوسط الشهري لدرجة الحرارة (T)، ويعطى بالعلاقة التالية:

$$Iae = \sum_1^n K.T$$

## 2-3-1 عامل الزمن:

- تختلف الخواص التطورية للتربة تبعاً **للـزمن**، الـذي يعـدّ أحـد أهـم عوامـل التفريـق والتمايز بين أنواع الترب المختلفة وخواصها المتعدّدة وعلى **مستويات ثلاثة:**

1 - خـواص تتغيَّـر مـن سـاعة لأخـرى، كدرجـة الحـرارة، وضـغط CO2 فـي جـو التربـة، والنشـاط الحيوي وظواهر الامتزاز، والتبادل الأيوني في ظروف محدودة من الزمن.

2- خواص تختلف من موسم لآخـر، كـالمحتوى الرطـوبي، والمحتـوى الآزوتـي النتراتـي، والـpH ، إلا أنَّ هذه الخواص تأخذ قيمة ثابتة على مستوى السنة ككل.

3- وهناك خواص تتمايز مع مر السنين، فالترب تمر بأطوار (مراحل) **ثلاث هي:**

- **طـور التـرب الفتيـة حديثـة التكـوين Young soil** ثـم **طـور التـرب الناضجة Mature soil**
- **فطور الترب القديمة (أو المسنّة) Old soil**

- ويمكن أن تضاف إلى الأطوار الثلاثة السـابقة مرحلـة رابعـة **تسـبق الأولـى، وهـي تمثـل الصـخور الأم أو المـواد الأم Parent material غيرالمجـوّاة (فـي زمـن التكوين صفر).**

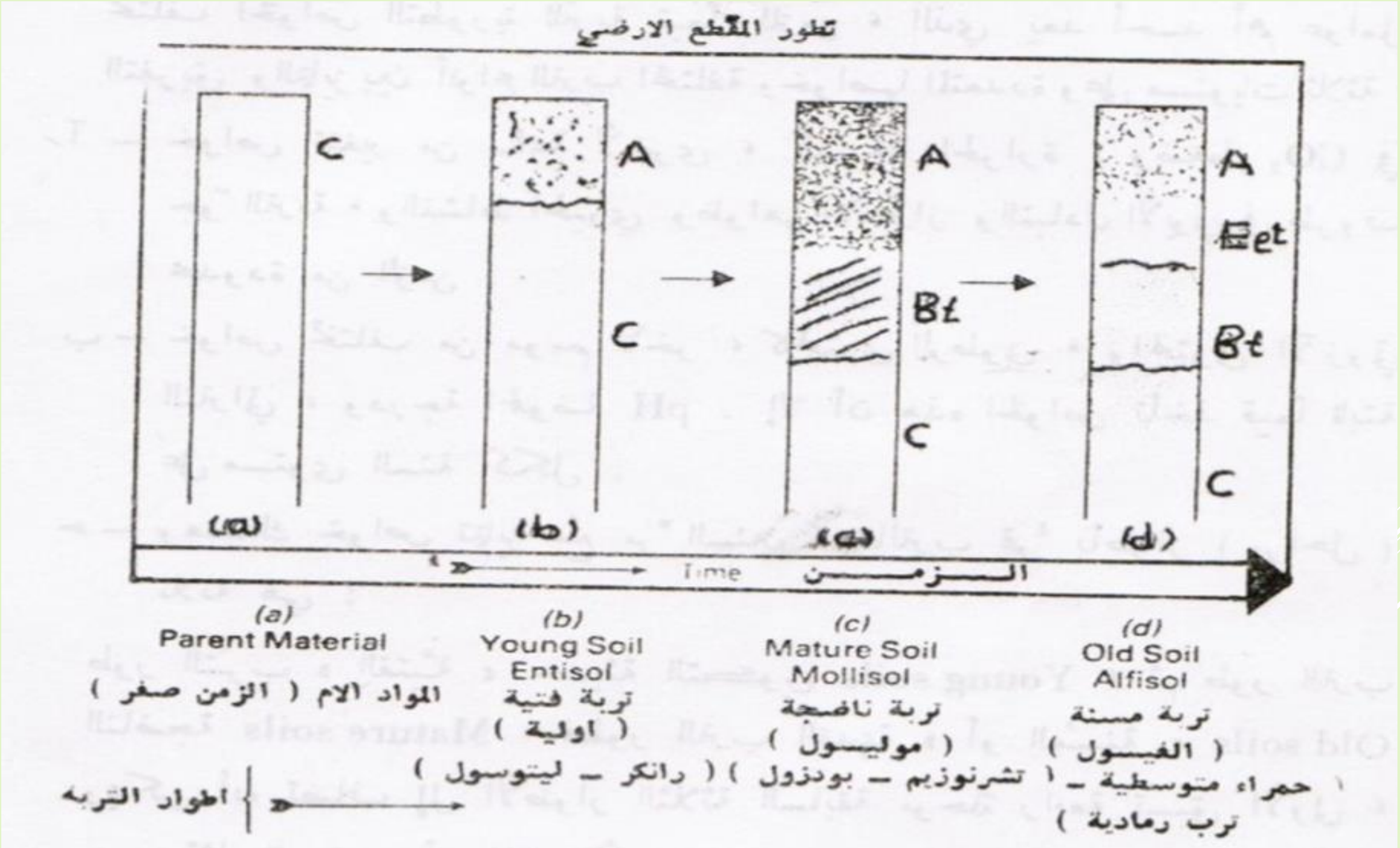
- يتباين الزمن اللازم لتكوين مجموعات الترب المختلفة، متراوحاً من **100 عام** للترب الفتية كالترب البدائية مثل (الرانكر، Entisoils) و**1000 عام** للترب الناضجة مثل (التشرنوزيم، والبودزول)، وقد يصل إلى **10.000 عام** لبعض الترب الهرمة كالترب الحمراء المتوسطية أو الفيسول Alfisol كما في الشكل (5).
- **الترب الناضجة:** هي التربة التي يتمايز مقطعها الأرضي إلى أفاق منشأية (A, B, C)، و لا تتغيّر خصائصه في وقت قصير مع مرور الزمن مثل (التشرنوزيم، والبودزول) و تكون في توازن ديناميكي مع الظروف المحيطة بها.
- **مؤشّرات الترب الناضجة:**

1- وجود آفاق تشخيصية كأفق تجمع الطين Argillic، أو أفق كربونات الكالسيوم Calcic

أو 2- وجود أفق سبودي Spodic دبالي بودزولي غني بالحديد والألمنيوم موجودين بحالة غروية مرتبطة وغير بلورية.

أو 3- انخفاض في درجة pH التربة في الطبقة السطحية.

أو 4 - تراكم المادة العضوية في الطبقة السطحية لعمق كبير.




الشكل رقم (5): مراحل تطور التربة كتابع للزمن

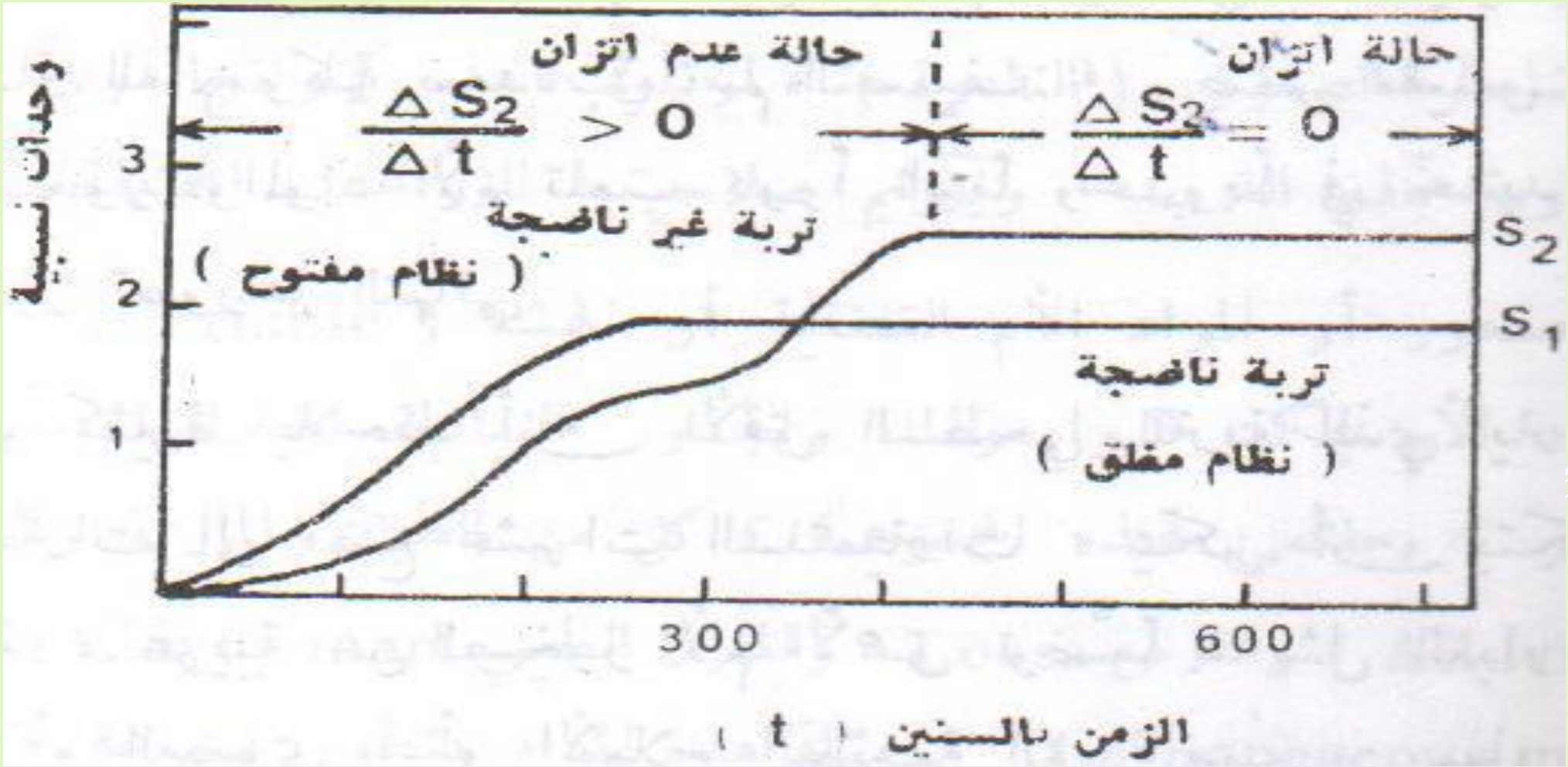
- **العوامل التي تعيق عملية نضوج (Ripening)التربة وتكوين مقطعها الأرضي بخواصه النموذجية:**
- عامل الجفاف، والحرارة المنخفضة، والمواد الأم المقاومة للتجوية، والانجراف المائي والريحي، والانحدار الشديد، والنشاط الإنساني.
- تتطوّر التربة كنظام بيولوجي مع مرور الزمن، وتتوقف سرعة تطورها على مجموعة من العوامل التي تتغير بدورها مع الزمن، ولتبسيط ذلك يمكن القول أنَّه في **الزمن صفر (t= 0) تكون الصخور أو المواد الأم والتربة شيئاً واحداً**، أي أنَّه يمكن من الوجهة الرياضية اعتبار الصخرة الأم هي التربة في الزمن صفر للتجوية.
- وإذ لوحظ أنَّ معدَّل تطوّر التربة **S** ككل (أو تغيُّر إحدى خواصها) يكون ضئيلاً جداً خلال زمن القياس، أي أنَّ هذا التطوّر أو التغيُّر يكون غير معنوي Non-significant،

**عند ذلك يمكن القول أنَّ التربة تؤلّف نظاماً مغلقاً وفي حالة استقرار أو اتزان Steady state كما في الجهة اليمينية من الشكل (6)،**

**أي: (نظام مغلق) حالة استقرار وتوازن← غير معنوي=** $\int_0^t \frac{\Delta S}{\Delta t}$

$\frac{\Delta S}{\Delta t}$= سرعة تطور التربة كنظام=الصفر.

S=خواص التربة ككل أو إحدى خواصها الفردية، t=فترة الملاحظة أو القياس (الزمن).




**الشكل رقم (6): تغيرات خواص التربة مع الزمن.**

- أمَّا عندما يكون معدَّل تغيُّر خواص التربة (أو إحدى خواصها) معنوياً، فإنَّه يمكن القول أنَّ التربة في حالة تطور وتغيّر،
- وتغدو التربة أو خواصها متغيّرة يمكن قياسها، مشكّلةً بذلك نظاماً مفتوحاً أو غير مستقراً Open or Non steady state system
- ويتصف واقع التربة الطبيعية بالتعقيد وعدم التجانس، فإذا بلغت التربة مرحلة الاتزان والاستقرار بالنسبة لبعض خواصها، فإنَّ بعضها الآخر قد يستمر بالتطور والتغيّر لحقب زمنية تطول أو تقصر تبعاً لشدَّة عوامل تكوينه ومكوّنات كل عامل على حدة.
- ففي الوقت الذي يحصل التوازن في نسبة كل من **كربونات الكالسيوم والمادة العضوية في زمن لا يتجاوز 300 عام**
- نجد أنَّ **توازن الطين وتراكمه ليكوّن أفقاً طينياً مميزاً يحتاج ما يقارب من عشرة قرون**

## 1-3-3- الصخور أو المواد الأم: Rock/Parent material

- يتأثَّر عدد لا يستهان به من خواص التربة بالصخور أو المواد الأم، وبخاصةً في حالة التربة الفتية، ويتضح الدور الهام لمادة الأصل كلما كبر مقياس الدراسة أو الخارطة، ومع الهبوط في سلم الوحدات التصنيفية للترب،
- أمَّا على نطاق العالم وكلما صعدنا في سلم التصنيف وصغر مقياس الخارطة نجد أنَّ الصخور والمواد الأم تلعب دوراً ثانوياً ومحدوداً في تحديد خواص الترب ومسار تطورها النهائي.
- يُلاحظ في حالات كثيرة أنَّ الأفق السطحي للتربة، الذي يتراوح عمقه بين بضعة مليمترات إلى بضع عشرات السنتمترات، يمكن أن يتكون من مواد منقولة غريبة عن الصخور الأم الأعمق توضعاً، مثل الغبار الكوني أو البركاني أو العضوي أو الأملاح الذائبة التي ترسب من مياه الأمطار والجريان السطحي، أو الغبار الناتج عن الانجراف الريحي، أو النشاط الإنساني الصناعي، أو العمراني أو الزراعي.

- تلعب الخواص الكيميائية والفيزيائية للمواد الأم في بعض الحالات، دوراً هاماً في مسار تطور الترب أياً كان المناخ السائد، كحالة الترب الكلسية Calcimorphic Soils التي تتكوَّن من الصخور الكلسية والفيرتيسول Vertisoils، التي تنشأ من صخور أم مولدة للطين القابل للانتفاخ، من مجموعة السميكتيت (المونتموريونيت) وهاتان المجموعتان تحتلان مكاناً خاصاً بهما في معظم التصانيف الدولية،

- وبصورة عامة تكون الترب المتكوّنة من صخور أم **قاعدية** ذات محتوى طيني من نوع **الإيليت** أو **المونتموريونيت**، ولها سعة تبادلية عالية، وتكون في المحصلة **تربا خصبة**، أمَّا الصخور **الحامضية** فتقود إلى تكوين ترب ذات طين من نوع **الكاؤولينيت**، وتكون غالباً **أدنى خصوبة** من الأولى.

- ومن الثابت أنَّ الصخور الأم لا يمكنها تعديل عملية تكوين الترب وتطورها، ولكن بالمقابل فإنّها يمكن أن تبطّئ معها أو تحفزه عن طريق خواصها الفيزيائية، وبخاصة النفاذية منها، كما يمكن أن تؤثّر الصخور في محتوى الترب الناشئة من القواعد والقواعد الترابية والعناصر الخصوبية الرئيسة والعناصر الصغرى (النادرة)، وتلعب هذه النواتج دوراً هاماً في تحديد خصوبة هذه الترب، وتقويم صلاحيتها للزراعات المختلفة.

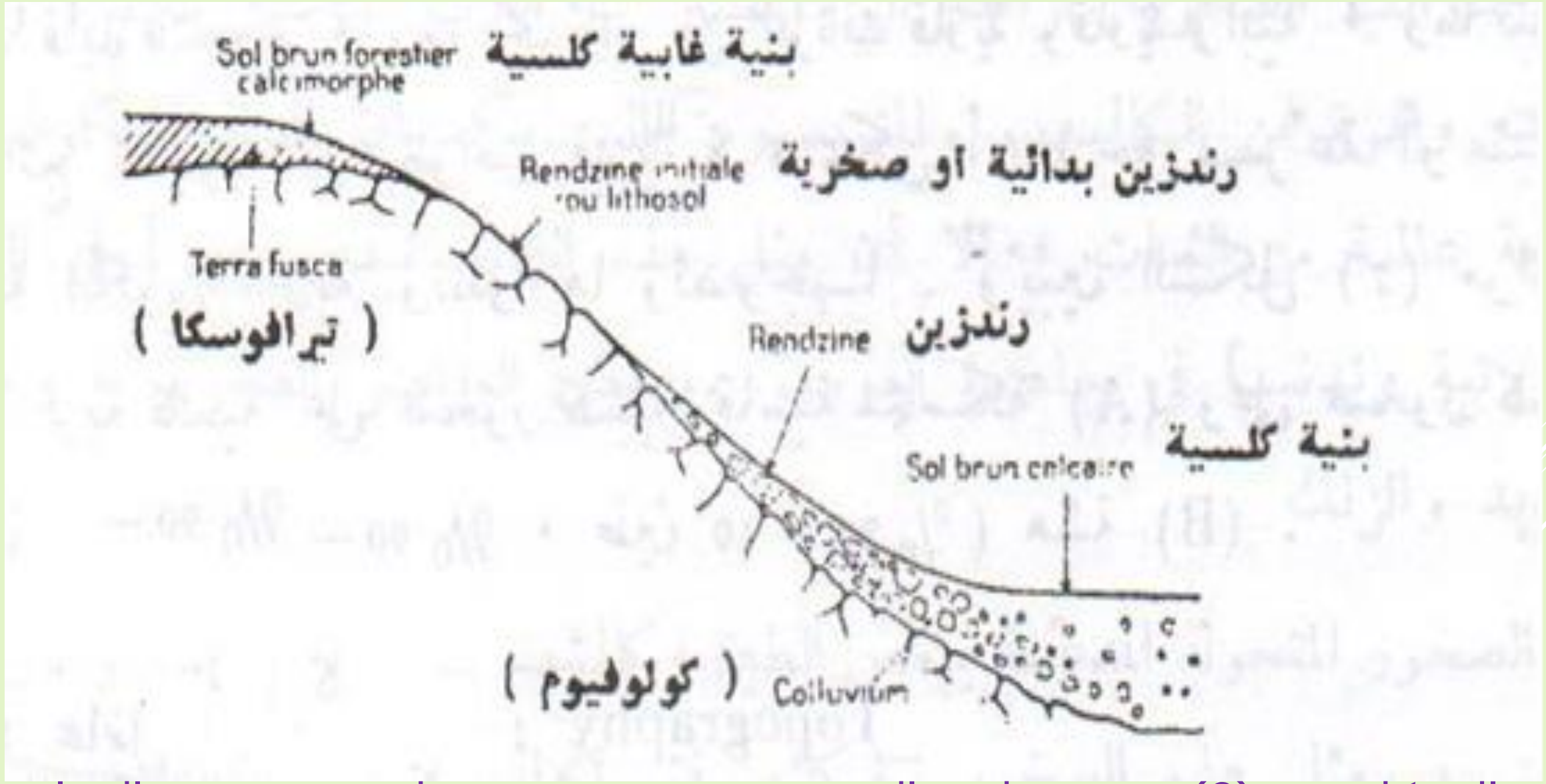
- **أنواع الصخور الأم :**
- آ-**الصخور أو المواد الأم التفتتة أو الهشّة ( Friable)**، تتصف المواد الأم في هكذا ترب بأنَّه يمكن للهواء والماء والجذور النباتية اختراقها بسهولة وتفكيكها بيسر، وينتمي إلى هذه المجموعة كل من الطين والرمل والمارل، ومثل هذه المواد يتطور بسرعة لا تتعدى القرنين من الزمن، إلى ترب عميقة في المناخات المعتدلة.
- ب- **الصخور المصمتة الحامضة:** كالغرانيت والصخور المشابهة مثل الكوارتيز والحجر الرملي Sandstone، وتكون التغذية النباتية في الترب الناشئة من هذه الصخور **قاصرة** عن تلبية متطلبات الزراعات المختلفة، ويكون افتقارها للعناصر القلوية الترابية سبباً في تكوين فلزي الكاؤولينيت والفيرموكوليت وتطورهما، وتسود في مثل هذه الترب تحولات المادة العضوية إذا تحقق لها الوجود أو التراكم.
- ح- **الصخور المصمتة القاعدية:** كالبازلت والجابرو ذات المحتوى المرتفع من العناصر القلوية الترابية، التي يمكن لهذه الأخيرة إذا مكثت في التربة أن توجّه عملية التكوين والتخليق الفلزي نحو نشوء فلزات الطين ذات سعة تبادلية عالية من مجموعة المونتموريونيت، التي تقود إلى **خصوبة عالية** إذا حسنت الخواص الفيزيائية للتربة.

- د- **الصخور الكلسية-المغنسية**: هي صخور عمادها الحجر الكلسي Limestone والدلوميتي، ويمكن لها أن تنحل كصخور كربوناتية بشكل تدريجي، تحت تأثير المياه المحمّلة بالحموض العضوية و $CO_2$ وتحرّر كميَّات وافرة من الكالسيوم والمغنيسيوم اللذين يكسبان الدبال المتكوّن فيها درجة عالية من الثبات، إلا أنَّه مثل هذه الترب تبدي عجزاً في التغذية الآزوتية، وتدنياً في جاهزية الفوسفور وبعض العناصر الصغرى، وبخاصة الحديد والزنك كما في الشكل 7.

- و-**الصخور والفلزات الملحية**: كالأملاح الذائبة والجبس (الجص) وسواهما التي تؤدّي إلى نشوء ترب ذات تكوين خاص يتميَّز بوجود الأملاح التي تعدّل من محلول التربة، وحركة الذائبات فيه، ومن بنية معقّد الامتزاز الطيني الدبالي وتتأثر بذلك كله فيزيولوجية النباتات النامية وإنتاجيتها في مثل هذه الترب.

## 1-3-4- عامل الطبوغرافيا: Topography

- يتأثَّر تكوين التربة وتطوّرها بعامل الطبوغرافيا وفق نمطين:
- **الأول مباشر:** ويتعلق بترب الانحدارات التي تخضع لفعل الانجراف الذي يمكن أن يؤدّي إلى اقتطاع بعض الآفاق السطحية وخسارته، وقد تغدو التربة عارية تماماً، فتتكشّف عندها الصخور الأم، أي أن الانجراف يجعل التربة وكأنها فتية حديثة التكوين، فهو يشكّل عنصراً مضاداً لاكتمال تطورها ونضوجها.
- **والثاني غير مباشر:** يتعلَّق بالإنغسال leaching المائل أو الجانبي: اللذان يشكّلان تدفقاً مستمراً للمياه على طول الانحدار، وتسرباً للعناصر الغروية الناعمة والذائبة، ضمن كتلة المقطع الأرضي، ابتداءً من أعلى المنحدر باتجاه أسفله، وبشكل تبقى معه العناصر الخشنة في مكانها، وتتراكم الحبيبات الناعمة منها في أسفل المنحدرات وقيعان الأودية والمسيلات.
- ويبيّن الشكل(8) تعقباً طبوغرافياً Top sequences لمجموعة من الترب المتكوّنة على سطح منحدر، مادته الأم، مكونة من صخور كلسية قاسية (Duchaufour, 1970).




الشكل رقم (8): يبين تعاقب الترب (Top sequences) على سفح من المواد الأم الكلسية القاسية.

## 1-3-5-محموعة العوامل الحيوية: Biological factors

تلعب الكائنات الحية دوراً هاماً في تكوين التربة وتطورها، وتضم هذه المجموعة النباتات والحيوانات والأحياء الدقيقة والإنسان.

### 1-3-5-1- أشكال تأثير الغطاء النباتي في تطور التربة ونضوجها:

أ-**عن طريق المناخ الموقعي (المحلي)**: يسهم فيه الغطاء النباتي بقسط وافر عبر تقليل الأشعة الشمسية الواردة إلى سطح الأرض، مما يحفظ طبقة الفرشة الغابية أو الدبال السطحية من التفكك السريع، والرطوبة الأرضية من التبخر، ويلاحظ تأثير ذلك بوضوح عقب قطع الغابة الاستثماري أو نشوب الحرائق.

ب-**الأثرين الايجابي والسلبي لعمق الانتشار الجذري** والظواهر التي ترافق هذا التغلغل فتساعد على زيادة معدَّل تسرّب مياه الأمطار وتحفّز عملية الإنغسال واستنزاف العناصر الذائبة والغرويات العضوية المعدنية من الطبقة السطحية للتربة، وعلى العكس من ذلك يسهم الغطاء النباتي العشبي ذو الانتشار الجذري السطحي الكثيف (كالمروج) في خفض معدّل تسرّب المياه إلى الأعماق وإلى التقليل من ظواهر الإنغسال والاستنزاف عبر مقطع التربة، كما ينتج عن هذا الانتشار الجذري الهائل تراكم للدبال في الطبقة السطحية، وكثيراً ما تؤدّي إلى تكوين أفق دبالي Humified horizon أكثر سماكة من ذلك المتكوّن تحت بعض أنواع الغابات.

- ج-**عبر المادة العضوية والدبال المتكوّن منها**، وهذه المادة تعدّ حلقة الاتصال بين العالم الحي والعالم المعدني، وعن طريقها يؤثر الأول في الثاني ويعدّل من خواصه. فالغطاء النباتي هو المصدر الأول للدبال، وهذا الأخير يعد أحد أهم عوامل تكوين التربة في ظروف المناخ المعتدل والرطب عبر مخلفاته التي تمتزج بالطور المعدني، والتي تشكّل مصدر الطاقة الأساسي للأحياء الدقيقة، وأحياء التربة الصغيرة Microflora .
- د- **حفظ التربة وتقليل أخطار الانجراف**، ويبدو ذلك من خلال المقارنة بين معدّلات انجراف التربة العارية والمزروعة وحساسيتها للتعرية، وتلك المغطّاة بالمروج والغابات، وتحت هذه الأخيرة نجد بشكل عام الترب الأكثر تطوراً وميلاً للنضوج بسرعة أكبر من غيرها.
- هـ-**تأثير الغطاء النباتي والأنواع النباتية في الدورة الحيوية (البيولوجية)**
- تعود فعَّالية هذه الدورة في تزويد التربة بالكاتيونات والعناصر الخصوبية الهامة كالآزوت والفوسفور وتأثيرها في حركة الماء وهجرة الغرويات، والإبقاء على التوازن القائم بين خواص المقطع الأرضي وبين العوامل الخارجية المحيطة.
- وهنا يلعب المحيط الجذري Rhizosphere دوراً هاماً في تعديل الخواص البيوفيزياكيميائية للتربة (pH، والأكسدة والإرجاع، ومحتواها من Co2، وكثافة الأحياء الدقيقة ومفرزاتها في الوسط، ونقل الكاتيونات من الأعماق وتجميعها في الآفاق السطحية...).

## 3-5-2-تأثير أحياء التربة وحيواناتها: Soil fauna & micro fauna

تضم مجموعات متباينة الأبعاد، فمنها ما تقل أبعادها عن (0.2) مم وتسمى الحيوانات الدقيقة Micro faunaكالحيوانات الأولية، ومنها ما تتراوح أبعادها بين (0.2-4) مم وتسمى الحيوانات المتوسطة Miso fauna، كالعناكب والديدان الخيطية (النيماتودا) والعث mite، ومنها ما تقع أبعاده بين (4 -80) مم وتضم الحشرات من مفصليات الأرجل والقواقع والحشرات القشرية وعديدات الأرجل، ويطلق عليها الحيوانات الكبيرة Macrofauna أمَّا ما زادت أبعادها عن (10) سم فقد أطلق عليها اسم الحيوانات الضخمة (العملاقة) Mega fauna، وتصادف هذه الحيوانات والأحياء بمختلف فئاتها في التربة ويتوقف انتشارها على الغطاء النباتي السائد، ونوع الدبال المتكون، وبناء التربة، وقوامها، وعلى النظامين الحراري والرطوبي المميزين للمقطع الأرضي.

يمكن أن نشير هنا إلى ما تخلفه هذه الحيوانات والأحياء من أنفاق ومخلفات وما تقوم به من تحولات للمواد العضوية، وإغناء التربة بمفرزاتها وأشلائها وخلط مكونات التربة ونقلها من موقع لآخر كل ذلك يجعل دورها هاماً، ولكنه يبقى محدوداً بمواسم نشاطها ودوراتها الحيوية وزمن تكاثرها ويتوقف ذلك على عامل المناخ بشكل أساسي كما في الشكل (9).

الشكل رقم (9): يوضح تأثير أحياء التربة وحيواناتها وما تخلفه من أنفاق ومخلفات.

- **1- 3-5-3- الأحياء الدقيقة (المجهرية):** يمكن لهذه الأحياء المجهرية أن تحتل موقعاً متقدماً ضمن نشاط الأحياء بشكل عام، وذلك بعد تقدم عملية تكوين التربة، إذ لا دور لها في عمليات التجوية الفيزيائية والكيميائية الأولية. ويقتصر دورها التحطيمي والتخليقي على المركبات العضوية والدبالية والمعقدات العضوية –المعدنية،

- ويلعب السطح النوعي للتربة المتكوّنة دوراً حاسماً في استيعاب هذه الأحياء الدقيقة من بكتيرية وفطرية وأشنية وسواهما، عن طريق امتزازها على السطوح الغروية الفلزية منها أو الدبالية، فتوفر لها الأولى الحماية والمستقر، وتؤمّن لها الثانية حاجتها من الطاقة ومتطلبات النمو الحيوي عن طريق فعل هذه الأحياء المفكّكة للمكونات العضوية المختلفة، الذي يأخذ طابعاً نوعياً ومتخصّصاً تابعاً للتركيب الكيميائي وجنس الأحياء المحللة ونوعها.

- وهكذا تسهم هذه الأحياء بفعالية كبيرة في دورات كل من الكربون والآزوت والفوسفور والكبريت والحديد، وفي الظروف المتباينة من التهوية والأكسدة والإرجاع، ومصادر التغذية والطاقة فتقود تارةً إلى نتائج ذات أثر إيجابي في تطوّر التربة وخصوبتها، وأخرى تنعكس سلباً على مجمل خواص التربة.

- **أخيرا لا بدّ** من أن يشار إلى انعدام تأثير الأحياء الدقيقة في عملية تكوين الترب البدائية والأولية، وفي المناطق الجافة والباردة والقطبية، وعند غياب مصدر للمادة العضوية تعمل فيه وتحيا عليه، أي أن إسهامها في تكوين الترب يكون تابعاً لوجود الأحياء الأرقى ونشاطها.

## 1-3-5-4-الدور الإيجابي للإنسان

- يكون دور الانسان إيجابياً في توجيه منحى تطوّر التربة، وعقلنته عبر ما يتخذه من قرارات حكيمة، بعيدة عن المصالح الآنية قصيرة الأمد، وترشيد استعماله للتربة الزراعية، والمحافظة على التوازن القائم بين التربة وعناصر البيئة، وهذا التدخل الإنساني في استعمال التربة واستهلاكها كمصدر طبيعي يتجدَّد بصعوبة بالغة خلال مئات السنين إلى آلافها يجب أن يركّز على أسس علمية وفلسفية في آنٍ واحد، فالتربة كأحد أهم المصادر الطبيعية على كوكب الأرض أحوج ما تكون لنظرة إنسانية شمولية متصلة عبر الزمان والمكان.
- وفي عصرنا الراهن، عصر الأتمتة والمعلوماتية والهندسة الوراثية والجنوح إلى السلم المنضبط، يعدّ سوء التوزّع السكاني الذي يترافق بالانفجارات الديموغرافية في كثير من مناطق العالم النامي، من أكبر الأخطار التي تهدّد التربة الزراعية باستنزاف خصوبتها واستفحال تدهور خواصها اللذان يقودان إلى التصحّر التام في كثير من الأحيان.

- تؤدّي المغالاة في استنزاف الخصوبة الطبيعية للترب، بغية تحقيق الربح السريع أو زيادة الإنتاج، لتلبية الطلب المتزايد على الغذاء، كل ذلك يستدعي تسارع استخدام المفرزات التكنولوجية ومبتكراتها، التي على الرغم مما قد يكون لها من جوانب ايجابية مبهرة، فمن المؤكّد أنَّ لها جوانب مخلّة باتزان النظام البيئي الأرضي قد تكون آثارها مدمرة للحياة ومظاهرها على هذا الكوكب المأهول.

- فما أحوج ترب العالم القديم ومنه ترب منطق شاسعة من الوطن العربي إلى سياسة حكيمة بعيدة المدى، تدفع عنها أخطار التدهور باعتماد التوازن بين معدلي التقدم العلمي، والنمو الاقتصادي من جهة، وبين النمو الديموغرافي من جهة أخرى، ونظرة متفحّصة للأوضاع القائمة في عالم اليوم، تقودنا إلى نتيجة مفادها أنّه لم يعد للكم البشري من نصيب في تحقيق التقدم المنشود، إذا ما كان على حساب النوع، وعلى الصعد كافة.

# إلى اللقاء في المحاضرة القادمة