الجمهورية العربية السورية

جامعة حماه

كلية الهندسة الزراعية

أساسيات علوم التربة وتصنيفها

المحاضرة النظرية الأولى 28-2-2019
التربة وعوامل تكوينها

1-1-علم التربة:

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

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

1-2-تعريف التربة: soil

يعدّ العالم الروسي **دوكوتشاييف** (1846-1903) الذي نشر في عام (1883) كتاباً أطلق عليه اسم (التشرنوزيم الروسي)، أوَّل 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): بأنها (**نتاج متغير وتابع لفعل كل من المناخ، والصخور الأم، والأحياء (نباتات وحيوانات وأحياء دقيقة)، والزمن (عمر التربة).**

دون معادلة تشكل التربة في السنوات الأخيرة من حياته (1899-1902) على النحو التالي:

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

حيث أن: (**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 materals، و(**t**) **الزمن**.

طور الأمريكيان **هليجارد Hilgard ومارابوت Marbut** مفهوم **دوكوتشاييف** وتعريفه للتربة، وأسهم الأمريكي جوف Joffe ذو الأصل الروسي في نشر مفاهيم المدرسة الروسية التي لاقت قبولاً واسع النطاق في الغرب.

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

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

أطلق **جيني Jenny** على مجاهيل هذه المعادلة (عوامل تشكل التربة) soil forming factors ، كما بين جيني أن لا قيمة لتلك المعادلة ما لم توضع لها الحلول، وانطلاقاً من ذلك فقد حاول إيجاد العلاقات الكمية الفردية بين صفات التربة، وكل عامل من عوامل تشكلها على حدة، واضعاً سلسلة من المعادلات الثانوية التي تربط خواص التربة، وعلاقتها بكل من المناخ والصخور الأم والزمن والكائنات الحية والطبوغرافية كلا على حدة، وبشكل يكون فيه المجهول هو المتغير الوحيد واضعاً اياه بين قوسين، في حين تبقى عوامل تشكل 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 بالصخور الأم: $S = f(p)\ cl.o.r.t$

نظراً لطبيعة العلاقات المتبادلة، والمعقدة، القائمة بين العوامل الخمسة المؤثرة بمجموعها في التربة المتكونة، فإن القيمة العملية لهذه العلاقات الموضوعة، تبقى محدودة جداً في كثير من هذه الحالات، باستثناء عامل الزمن Chrono function الذي لا يتأثر بسواه من العوامل.

بعض التعاريف العالمية للتربة:

وصف **الألماني رامان** التربة بأنها تلك الصخور المفككة التي استحالت إلى طبقة مفتتة واعتراها بعض التغيرات الكيميائية، واختلطت ببقايا النباتات والحيوانات، والكائنات الحية الأخرى، التي تعيش فيها وعليها.

عرف الفرنسي دومولون التربة بأنها تكوين طبيعي سطحي مفكك البنية متغير العمق، فهي الناتج النهائي لما يعتري الصخور الأم، من تغيرات ناجمة عن تأثير مختلف العمليات الفيزيائية والكيميائية والحيوية.

أوجز تعريف **أطلقه دوشوفور** عندما قال: بأن التربة هي (ذلك الجسر بين عالمي الجمادات والحياة)، أي أن التربة بما تعج به من أحياء وتزخر به من ظواهر حية، تشكل همزة الوصل ونقطة التحول بين الغلاف الصخري (الصخور الأم)، والغلاف الحيوي، وما يكتنفه من أحياء دقيقة وحيوانات.

يظهر واضحاً أنه لم يتفق بعد على تعريف علمي واحد للتربة، ومرد ذلك إلى تعدد المدارس، وتباين وجهات النظر العلمية بين دارسي التربة، حسب تكوينهم العلمي، والأهداف المتوخاة من دراستهم لها، وهكذا يمكن أن نورد التعاريف التالية للتربة:

أ- **من الوجهة الجيولوجية**: تشكل التربة الطبقة العليا من الغلاف الصخري التي تفككت تحت تأثير الغلافين الجوي Atmosphere، والمائي Hydrosphere.

ب-**من الوجهة البيدولوجية:**

تمثل التربة نظام مفتوح رباعي الأطوار مبعثر غير متجانس، ومتمايز إلى افاق، (A,B,C)يشغل الجزء السطحي من القشرة الأرضية المجواة، ويعد تابعاً مركباً للصخور الأم والمناخ والأحياء والتضاريس والزمن والإنسان.

ت-**من الوجهة الزراعية** فتعرف بأنها (جسم طبيعي مفكك البنية متغير العمق ينجم عن تجوية الصخور والفلزات وتفكك المادة العضوية وتحولاتها مجتمعة تحت تأثير مجموعة من العوامل الفيزيائية والكيميائية والحيوية (البيوفيزيا كيميائية) ويشكل وسطاً ميكانيكياً وفيزيائياً وكيميائياً وحيوياً صالحاً لنمو النباتات، بما يتميز به من عوامل الخصوبة الطبيعية، أو المكتسبة أو كليهما معاً).

1-3 - عوامل تشكل التربة:Factors of soil formation

تتكون التربة وتتطور مع مرور الزمن تحت تأثير مجموعة من العوامل المناخية والحيوية والبشرية والتضاريس في الصخور الأم الأولية، وتنقسم هذه العوامل إلى ثلاث مجموعات:

أ- **عوامل فعالة**: وتشمل المناخ والأحياء (الكائنات الحية الدقيقة والحيوانية والنباتية) والتضاريس والإنسان.

ب- **عوامل ساكنة أو غير فعالة**: تضم الصخور الأم التي تتكون منها مادة التربة.

ت- **عوامل محايدة** : ممثّلة بالزمن .

1-3-1-عامل المناخ:

يعرَّف المناخ climate بأنه محصلة تفاعل مجموعة العوامل الحيوية من حرارة وضوء وأمطار ورطوبة ورياح، في منطقة جغرافية معينة. أما الطقس weather فهو محصلة العوامل الجوية في زمن معين. ويقودنا ذلك إلى تعريف مفهوم المناخ الموقعي (الموضعي)، كما يطلق عليه في كثير من الأحيان المناخ الأرضي pedo-climate.

وهو المناخ السائد في موقع ما ذي مساحة محددة تماماً يتمتع بظروف مناخية وبيئية وأرضية متجانسة تميزه 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 يعبر عن مساحة معينة ذات شروط بيئية متجانسة ومتميزة بنبت طبيعي واحد.

يعد المناخ من أهم عوامل تشكل التربة وأكثرها تعقيداً، إذ يصعب تمثيله بقيمة عددية واحدة، ولدراسة أثره في تكوين التربة، لا بد من تقسيمه إلى عدد من العوامل الثانوية كالأمطار (الرطوبة)، والحرارة والرياح.

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

-تجوية الصخور والفلزات وتفككها (تفسخها)weathering alteration.

- هجرة الفلزات والعناصر خلال المقطع الأرضي.

- تطور المادة العضوية في التربة.

تتوزع الأمطار الهاطلة في أرض ما إلى مياه تخترق سطح التربة، فتحتفظ بجزء منها، وجزء أخر يذهب مع مياه الصرف مفقوداً أو مغذياً المياه الجوفية، وقد يتبخر من سطح التربة أو يفقد على هيئة نتح من الغطاء النباتي، أما الجزء الثالث فيكون على شكل جريان سطحي يذهب بعيداً عن الأرض التي هطلت عليها الأمطار.

تخترق مياه الأمطار أراضي المناطق الجافة لأعماق ضئيلة، في الوقت الذي يفقد قسم كبير منها عن طريق التبخر والنتح Evapotranspiration، أما في المناطق الرطبة فان قسماً كبيراً من مياه الأمطار يخترق أعماق التربة ليذهب مع مياه الصرف نظراً لضعف معدل التبخر والنتح.

- طرائق تصنيف المناخات حسب عامل الرطوبة والأمطار:

- **تصنيف بنك:** لقد اعتمد بنك على معدل التبخر والنتح (E) كأساس لهذا التصنيف، وبناءً على ذلك فقد ميز بنك المناطق التالية:

أ-المناطق الجافة التي يزيد فيها معدل التبخر والنتح على الأمطار الهاطلة (E>P).

ب-المناطق الهامشية التي يتساوى فيها التبخر والنتح مع كمية الأمطار (E=P).

ج-المناطق الرطبة حيث تزيد الأمطار الهاطلة على التبخر والنتح (P>E).

- **تصنيف تبعاً لعلاقة بنمان** عندما تكون Eمحسوبة يمكن تمييز أربع مناطق جفافية حسب قيمة E، وهي:

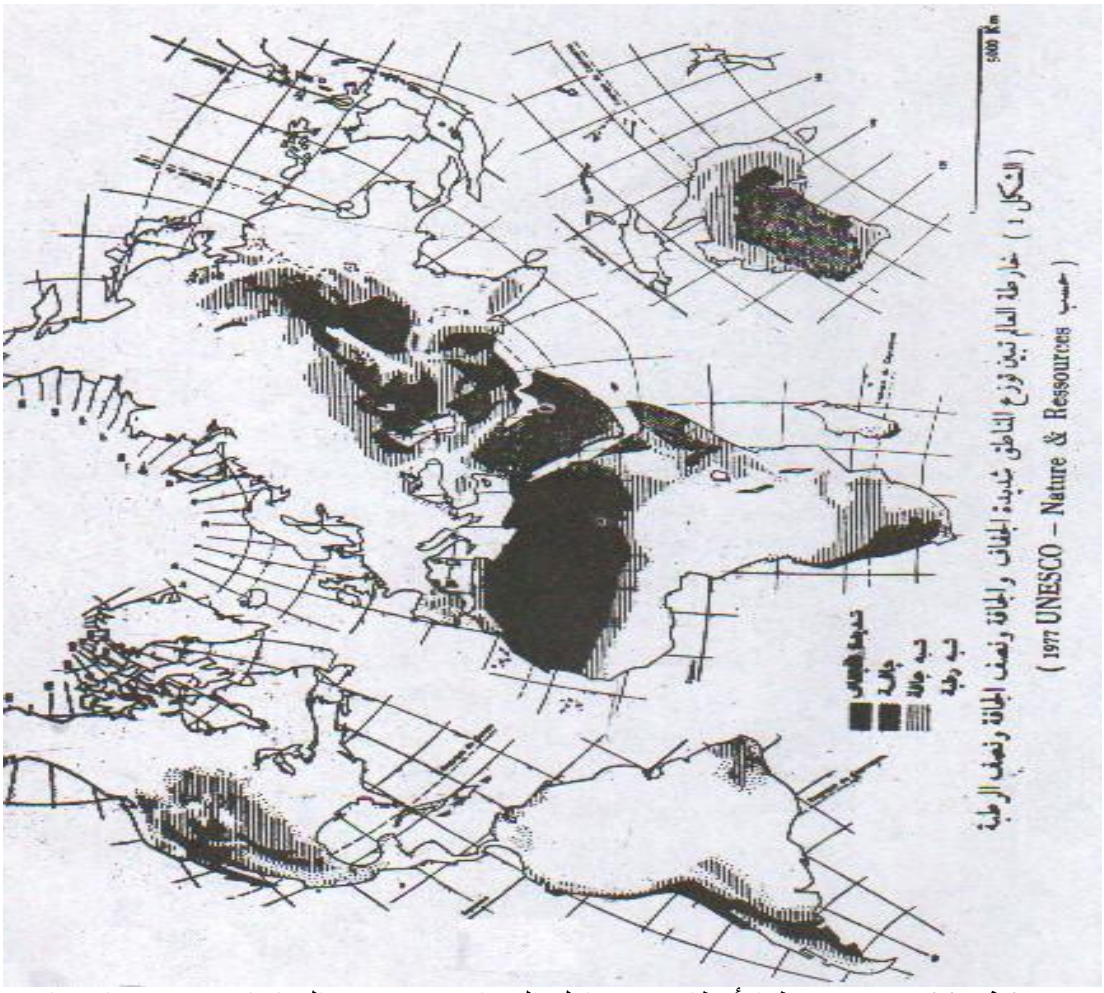
ا-**المناطق شديدة الجفاف Hyper –arid Region**(القاحلة) عندما تكون: 0.03> وتشمل الصحاري الحقيقية (الشكل (1).

ب-**المناطق الجافة Arid Region**: $0.03< \frac{P}{E} <0.20$

ج-**المناطق نصف الجافة Semi-Arid Region:** $0.20< \frac{P}{E} <0.50$

د-**المناطق شبه الرطبة Sub humid Region:** $0.50< \frac{P}{E} <0.75$

كما في الشكل رقم (1) توزع المناطق الجفافية الأربع في العالم.



- **<u>تصنيف لانج</u>** حيث ربط الأمطار مع عامل الحرارة، وصنف المناخات حسب ما سماه **بعامل لانج للمطر** وذلك حسب العلاقة التالية:

$$\frac{P}{T}=R1$$

حيث:P =كمية الأمطار الهاطلة السنوية (ملم).

T=متوسط درجات الحرارة السنوية (بالدرجة المئوية C)

- **<u>تصنيف دو مارتون De Martonne 1993:</u> عدل دو مارتون عامل لانج** بإضافة عشرة لمتوسط الحرارة السنوية وأطلق عليه **مؤشر دو مارتون للجفاف** (De Martonne,s) وذلك حسب العلاقة التالية:

$$A\frac{\text{كمية الأمطار السنوية (بالمم)}}{10+(C)\text{متوسط الحرارة السنوية}}=\frac{P}{10+T}=$$

ميز دو مارتون منطقتين حسب العلاقة السابقة

أ- عندما تكون قيمة A بين (5 -10) تسمى المنطقة صحراوية.

ب- وإذا تراوحت قيمة A بين (10-20) سميت المنطقة جافة.

- **<u>تصنيف ماير للرطوبة(N.S.Q) :</u>**

استبدل **ماير** (N.S.Q) النقص المطلق لدرجة تشبع الهواء الجوي ببخار الماء مقدراً بالمم زئبقياً، بمتوسط الحرارة السنوية في كل من عامل لانج ومؤشر دو مارتون المشار إليهما أنفاً، وأطلق عليه اسم عامل ماير للرطوبة (N.S.Q) الذي يعطى بالعلاقة التالية:

$$N.S.Q = \frac{P}{\frac{100-RH}{100}DPV}$$

حيث P=متوسط كمية الأمطار السنوية /مم

RH=الرطوبة النسبية

Dpv=النقص (العجز) المطلق لدرجة تشبع الهواء ببخار الماء مقدراً بالميلمتر زئبقياً ويؤخذ عند درجة الحرارة المتوسطة من جداول خاصة.

- **تصنيف فورني (Fournier 1955)**: أقترح **فورني** اصطلاح المؤشر المناخي التالي:

$$F1=\frac{P^2}{P}$$

حيث: P =معدل الأمطار الشهرية.

- **تصنيف تورنثويت (thornthwaite 1955)**: حيث وضع معاملاً نسبياً للرطوبة (H_R)

$$H_R=100\ (\frac{P}{E}-1)$$

وصنف بموجبه المناخات إلى ثلاث درجات:

-**المناخ الجاف** H_R>66.7-

-**المناخ شبه الجاف** 33.3- > H_R >66.7-

-**المناخ الرطب** 100> H_R >20

على الرغم من الاختلاف الكبير في كميات الأمطار السنوية الهاطلة في القطر العربي السوري وتفاوت الحرارتين العظمى والدنيا، والرطوبة الجوية والتبخر، فان كل الأراضي السورية بما فيها البادية تخضع للمناخ المتوسطي، ولذلك فان التصنيف المناخي الحيوي (البيو مناخي) الذي وضعه أمبرجيه 1955 والذي ربط فيه عوامل المناخ من أمطار وحرارة بعامل التبخر الذي مثله بتفاوت الحرارتين الدنيا والقصوى يصلح إلى حد ما لتصنيف المناخ محليا.

-وضع **أمبرجيه العلاقة التجريبية** التي تقود إلى ما أسماه **المعامل الرطوبي الحراري** pluviothermic (Q) coefficient:

$$Q=\frac{1000P}{\frac{(M+m)}{2}(M-m)}=\frac{2000P}{M^2-m^2}$$

حيث p =كمية الأمطار السنوية بالمم.

M = متوسط درجات الحرارة العظمى للشهر الأكثر حرارة (C+273)

m =متوسط درجات الحرارة الصغرى للشهر الأكثر برودة (C+273)

تعدّ المنطقة أشد جفافاً كلما كانت قيمة Q صغيرة، واستناداً إلى علاقة أمبرجيه، فقد صنف المناخ الحيوي المتوسطي إلى عدة طوابق تختلف في درجة جفافها، وتتراوح بين الطابق المناخي المتوسطي الرطب جداً والطابق الجاف جداً، ويتميز كل منها بغطاء نباتي خاص به.

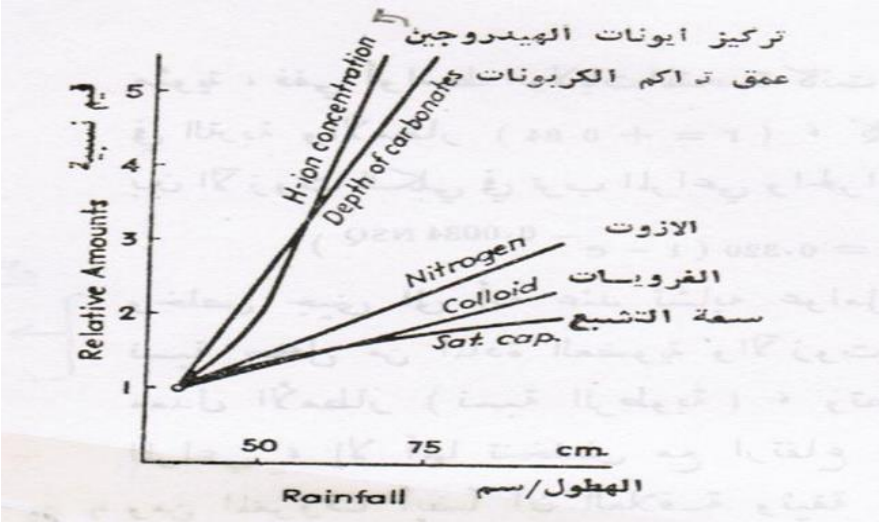
تقع مناطق المناخ المتوسطي بين خطي العرض (30 و40) وتخضع لمناخ انتقالي بين مناخات المناطق المعتدلة الباردة والمدارية، ويمتاز هذا المناخ بفصل صيف حار وجاف تصل فيه درجة الحرارة إلى 40 درجة مئوية وتزيد أحياناً، وفصل شتاء بارد ورطب، تهبط فيه درجة الحرارة إلى ما دون الصفر بخمس درجات، أما كمية الأمطار السنوية فهي ضعيفة نسبياً، قد تتجاوز الـ 1000مم/سنوياً في بعض المرتفعات الساحلية، وتنخفض إلى أقل من 100 مم/سنوياً كلما اقتربنا من البادية.

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

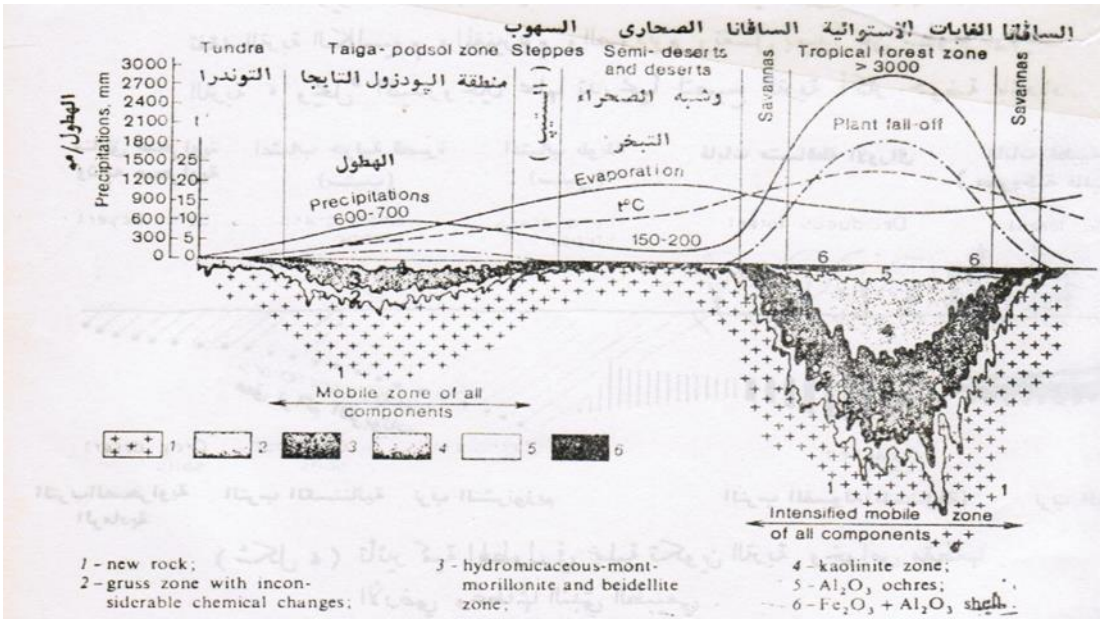
لقد **بيَّن جيني Jenny 1994** أثر تغيرات كمية الأمطار في محتوى التربة السطحية من المادة العضوية والآزوت الكلي وكان ذلك مقترناً بدرجة حرارة سنوية واحدة مساوية 11 درجة مئوية.

ففي أواسط الولايات المتحدة الأمريكية، كانت العلاقة وثيقة جداً بين محتوى التربة من الآزوت الكلي والأمطار (r=+0.84)، كما بين أيضاً أن هناك علاقة لوغاريتمية بين محتوى تربتي المراعي، والحراج من الآزوت الكلي، **وعامل ماير للرطوبة (N.S.Q)** حسب العلاقة التالية:

$$N=0.320(1-e^{-0.0034NSQ})$$ (الآزوت الكلي)

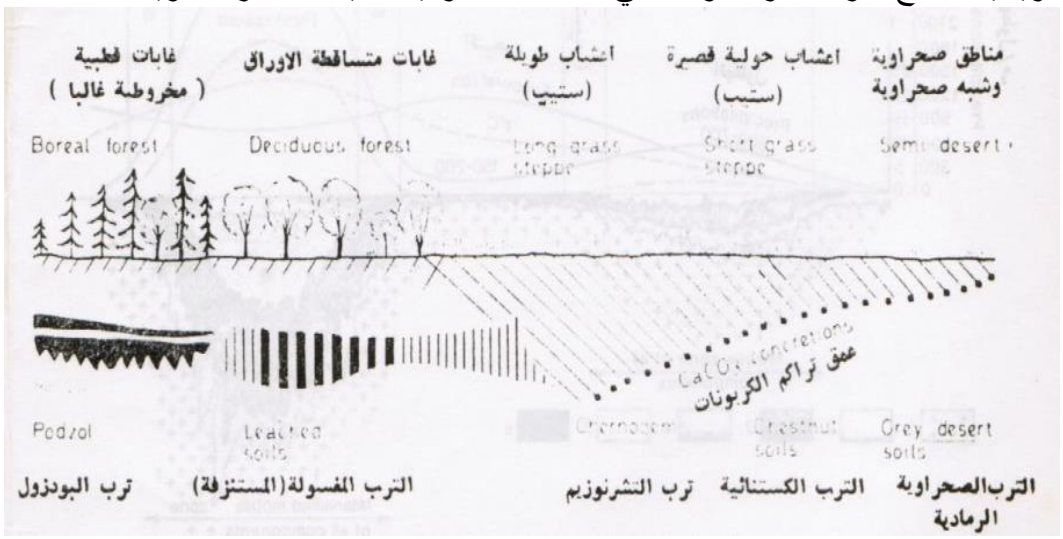


الشكل رقم (2) تأثير معدل الهطول المطري في بعض خصائص التربة الأساسية



الشكل رقم (3): مخطط يبين تأثير المناخ في تطور المقطع الأرضي والغطاء النباتي السائد

توصَّل **جيني** إلى أنَّه عند تشابه عوامل تشكل التربة إلى حد ما في منطقة محددة، فإنَّ نسبة كل من المادة العضوية والآزوت الكلي في التربة تتزايد بارتفاع معدل الأمطار (نسبة الرطوبة)، وتكون هذه الزيادة أكبر في أراضي المراعي، إلا أنَّها تنخفض مع ارتفاع متوسط درجة الحرارة السنوية، ومن المعروف أيضاً أن العلاقة وثيقة جداً بين pH التربة وكمية الأمطار السنوية، ففي أراضي المناطق الرطبة تُفقد القواعد والقواعد الترابية من الطبقة السطحية، وتذيب الأمطار الغزيرة المحملة بغاز 2CO 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.



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

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).
تلعب كميات الأمطار المتسربة عبر المقطع الأرضي دوراً هاماً في عملية تكوين التربة ونضوجها، وتتوقف هذه الكميات على شدة الهطول المطري ودرجة الحرارة التي يتوقف عليها معدل التبخر والنتح، وقد وضع لهذا

الغرض العديد من العلاقات التي تحدد كميات مياه الأمطار التي ترشح من خلال سطح التربة، باستخدام أحواض قياس الرشح (الليزيمترات Lysimeters)، وتعيين الجريان السطحي Run off لمياه الأمطار في الأحواض الساكبة Catchment basins للعديد من الأنهار، وتعد علاقة **هينان وأوبرت Henin and Aubert)** أكثرها شيوعاً ودقة وصلاحية للمناخات كافة، وتعطى بالعلاقة التالية:

$$D=\frac{yP^3}{1+yP^2}$$

D : كمية المياه المتسربة عبر التربة بالأمتار المكعبة
P : متوسط الهطول السنوي بالأمتار
Y : تعطى بالعلاقة

$$Y=\frac{b}{0.15T-0.13}$$

T: المتوسط السنوي لدرجة الحرارة (C)
b: معامل يتوقف على قوام التربة، ويتراوح بين (0.5) للطين و(2) للرمل الخشن.
يلعب عامل الحرارة دوراً حاسماً في تحديد صفات التربة المتكونة، لما له من تأثير في معدلي التبخر 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 معينة، وهذا ما عرف **بعامل رامان للتجوية Ramann's weathering factor** ،
وهو يساوي جداء متوسط الحرارة السنوية للتربة بعدد أيام السنة التي تتجاوز فيها الحرارة درجة الصفر في المنطقة المدروسة.
انطلاقاً من مفهوم رامان فقد استوحى علماء التربة، ما يسمى المؤشر السنوي للفعالية الكيميائية "Iae "والذي يساوي مجموع جداءات معامل تأين الماء Water dissociation (K) بالمتوسط الشهري لدرجة الحرارة (T)، ويعطى بالعلاقة التالية:

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

تتراوح قيمة المؤشر السنوي للفعالية (النشاط) الكيميائية Iae بين 0.58 للمناخات القطبية، و 13.8 للمناطق المدارية (سيلان)، بينما يبلغ 3.7 للمناطق المعتدلة، و4.6 لمنطقة حوض المتوسط، و6.6 للمناطق الاستوائية (مدغشقر)، ويعد هذا المؤشر وسيلة مقارنة نسبية، إذ أنه لا يعني أن النشاط الكيميائي في المناطق المدارية يكون أكثر فعالية بثلاث مرات مما هو عليه في ترب منطقة المتوسط.
هناك أيضا قرينة النشاط البيولوجي (الحيوي) "Iae " التي تساوي مجموع درجات الحرارة اليومية Tالتي تزيد عن 10 درجات مئوية خلال الفترة الرطبة من العام وتعطى بالعلاقة:

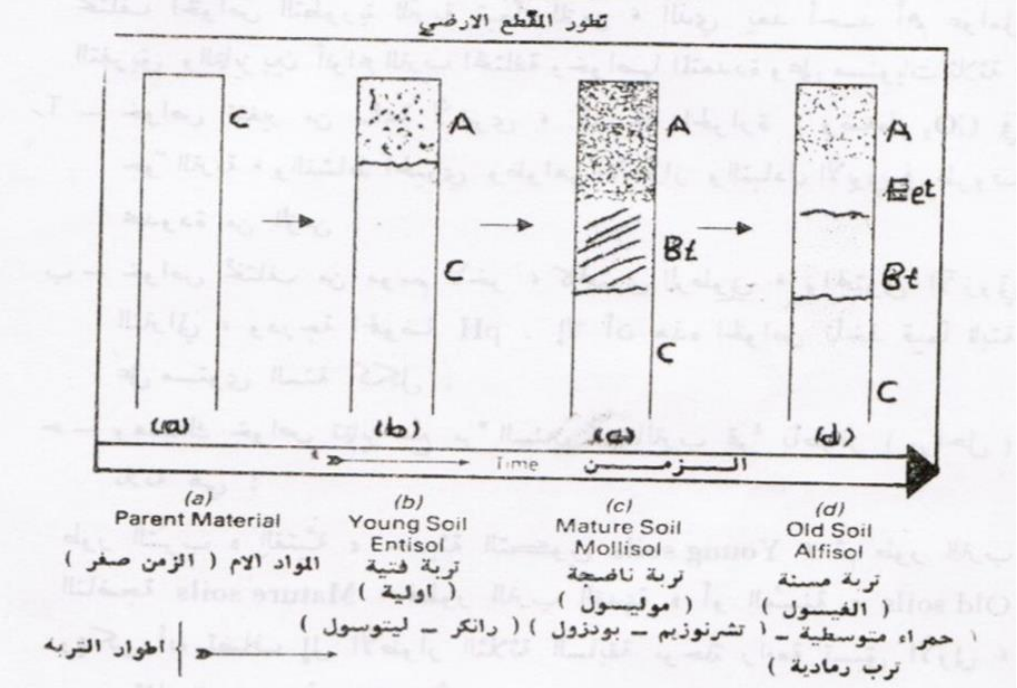
$$Iae=\sum_1^n T-10$$

وفيها (T>10) وتبلغ قيمة هذا المؤشر للمناطق المعتدلة والمتوسطية بين (800-1800)، وتزيد على 6000 للمناطق المدارية، حيث تمطر معظم أيام السنة، ويبلغ متوسط درجة الحرارة اليومية C26.

2-3-1 عامل الزمن: Chronofunction

تختلف الخواص التطورية للتربة تبعاً للزمن، الذي يعد أحد أهم عوامل التفريق والتمايز بين أنواع الترب المختلفة وخواصها المتعددة وعلى مستويات ثلاثة:
أ- خواص تتغير من ساعة لأخرى، كدرجة الحرارة، وضغط CO2 في جو التربة، والنشاط الحيوي وظواهر الامتزاز، والتبادل الأيوني في ظروف محدودة من الزمن.
ب-خواص تختلف من موسم لآخر، كالمحتوى الرطوبي، والمحتوى الآزوتي النتراتي، والـpH ، إلا أن هذه الخواص تأخذ قيمة ثابتة على مستوى السنة ككل.

ث- وهناك خواص تتمايز مع مر السنين، فالترب تمر بأطوار (مراحل) ثلاث هي:
- طور الترب الفتية حديثة التكوين Young soil
- ثم طور الترب الناضجة Mature soil
- فطور الترب القديمة (أو المسنة) Old soil
- ويمكن أن تضاف إلى الأطوار الثلاثة السابقة مرحلة رابعة تسبق الأولى، وهي تمثل الصخور الأم أو المواد الأم Parent materialغير المجواة (في زمن التكوين صفر).
- يتباين الزمن اللازم لتكوين مجموعات من الترب المختلفة، متراوحاً من 100 عام للترب الفتية كالترب البدائية مثل (الرانكر، Entisols) و1000 عام للترب الناضجة مثل (التشرنوزيم، والبودزول)، وقد يصل إلى10.000عام لبعض الترب الهرمة كالترب الحمراء المتوسطية أو الفيسول Alfisol كما في الشكل (5).



الشكل رقم (5): مراحل تطور التربة كتابع للزمن

- **الترب الناضجة**: هي التربة التي يتمايز مقطها الأرضي إلى أفاق منشأية (A, B, C)، ولا تتغير خصائصه في وقت قصير مع مرور الزمن مثل (التشرنوزيم، والبودزول) وتكون في توازن ديناميكي مع الظروف المحيطة بها.
- **مؤشرات الترب الناضجة**:
- وجود آفاق تشخيصية كأفق تجمع الطين Argillic، أو أفق كربونات الكالسيوم Calcic
- أو وجود أفق سبودي Spodic دبالي بودزولي غني بالحديد والألمنيوم موجودين بحالة غروية مرتبطة وغير بلورية.
- أو انخفاض في درجة الـ pHالتربة في الطبقة السطحية.
- أو تراكم المادة العضوية في الطبقة السطحية لعمق كبير.

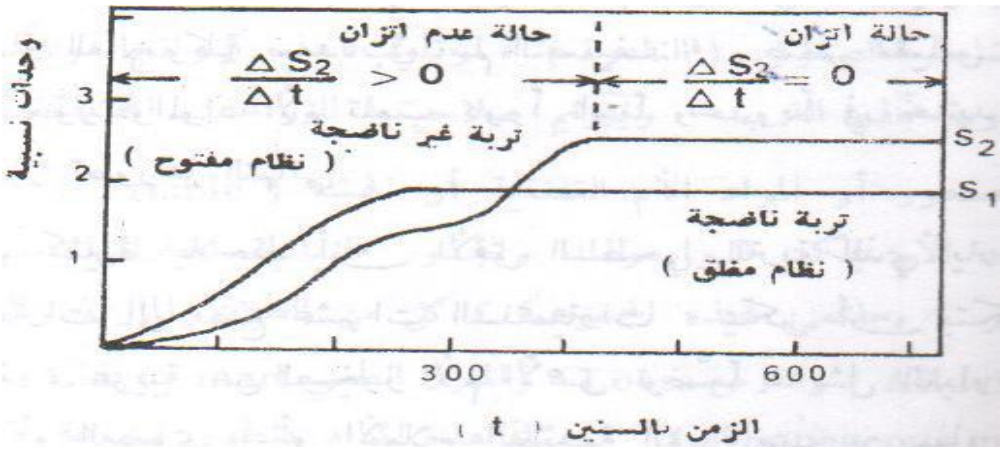
العوامل التي تعيق عملية نضوج (Ripening)التربة وتكوين مقطعها الأرضي بخواصه النموذجية:
عامل الجفاف، والحرارة المنخفضة، والمواد الأم المقاومة للتجوية، والانجراف المائي والريحي، والانحدار الشديد، والنشاط الإنساني.

تتطور التربة كنظام بيولوجي مع مرور الزمن، وتتوقف سرعة تطورها على مجموعة من العوامل التي تتغير بدورها مع الزمن، ولتبسيط ذلك يمكن القول إنه في الزمن صفر (t= 0) تكون الصخور أو المواد الأم والتربة شيئاً واحداً، أي أنه يمكن من الوجهة الرياضية اعتبار الصخرة الأم هي التربة في الزمن صفر للتجوية. وإذا لوحظ أن معدل تطور التربة S ككل (أو تغير إحدى خواصها) يكون ضئيلاً جداً خلال زمن القياس، أي إن هذا التطور أو التغير يكون غير معنوي Non-significant، عند ذلك يمكن القول إن التربة تؤلف 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.

أما عندما يكون معدل تغير خواص التربة (أو إحدى خواصها) معنوياً، فإنه يمكن القول إن التربة في حالة تطور وتغير، وتغدو التربة أو خواصها متغيرة يمكن قياسها، مشكلةً 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، فإن بعضها الآخر قد يستمر بالتطور والتغير لحقب زمنية تطول أو تقصر تبعا لشدة عوامل تكوينه ومكونات كل عامل على حدة. ففي الوقت الذي يحصل التوازن في نسبة كل من كربونات الكالسيوم والمادة العضوية في زمن لا يتجاوز 300 عام نجد أن توازن الطين وتراكمه ليكون أفقاً طينياً مميزاً يحتاج ما يقارب من عشرة قرون.

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

يتأثر عدد لا يستهان به من خواص التربة بالصخور والمواد الأم، وبخاصة في حالة التربة الفتية، ويتضح الدور الهام لمادة الأصل كلما كبر مقياس الدراسة أو الخارطة، ومع الهبوط في سلم الوحدات التصنيفية للترب، أما على نطاق العالم وكلما صعدنا في سلم التصنيف وصغر مقياس الخارطة نجد أن الصخور والمواد الأم تلعب دوراً ثانوياً ومحدوداً في تحديد خواص الترب ومسار تطورها النهائي.

يلاحظ في حالات كثيرة أن 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 والفيرتيسول Vertisols، وهما مجموعتان من

الترب، تتكون الأولى من الصخور الكلسية أما الثانية فتنشأ 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 المتكونة من صخور أم قاعدية ذات محتوى طيني من نوع الإيليت أو المونتموريونيت، ولها سعة تبادلية عالية، وتكون في المحصلة تربا خصبة، أما الصخور الحامضية فتقود إلى تكوين ترب ذات طين من نوع الكاؤولينيت، وتكون غالباً أدنى خصوبة من الأولى. ومن الثابت أن الصخور الأم لا يمكن تعديل عملية تكوين الترب وتطورها، ولكن بالمقابل فإنها يمكن أن تبطئ معها أو تحفزه عن طريق خواصها الفيزيائية، وبخاصة النفاذية منها، كما يمكن أن تؤثر الصخور في محتوى الترب الناشئة من القواعد والقواعد الترابية والعناصر الخصوبية الرئيسية والعناصر الصغرى (النادرة)، وتلعب هذه النواتج دوراً هاماً في تحديد خصوبة هذه الترب، وتقويم صلاحيتها للزراعات المختلفة.

آ-**الصخور أو المواد الأم التفتتية أو الهشة (Friable)**، تتصف المواد الأم في هكذا ترب بأنه يمكن للهواء والماء والجذور النباتية اختراقها بسهولة وتفكيكها بيسر، وينتمي إلى هذه المجموعة كل من الطين والرمل والمارل، والطمي alluvion، واللوم loess والمارل الطيني Clayey marl والمارل الكربوناتي Carbonaceous marl ومثل هذه المواد يتطور بسرعة لا تتعدى القرنين من الزمن، إلى ترب عميقة في المناخات المعتدلة.

ب- **الصخور المصمتة الحامضية:** كالغرانيت والصخور المشابهة مثل الكوارتز والحجر الرمليSandstone، 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.

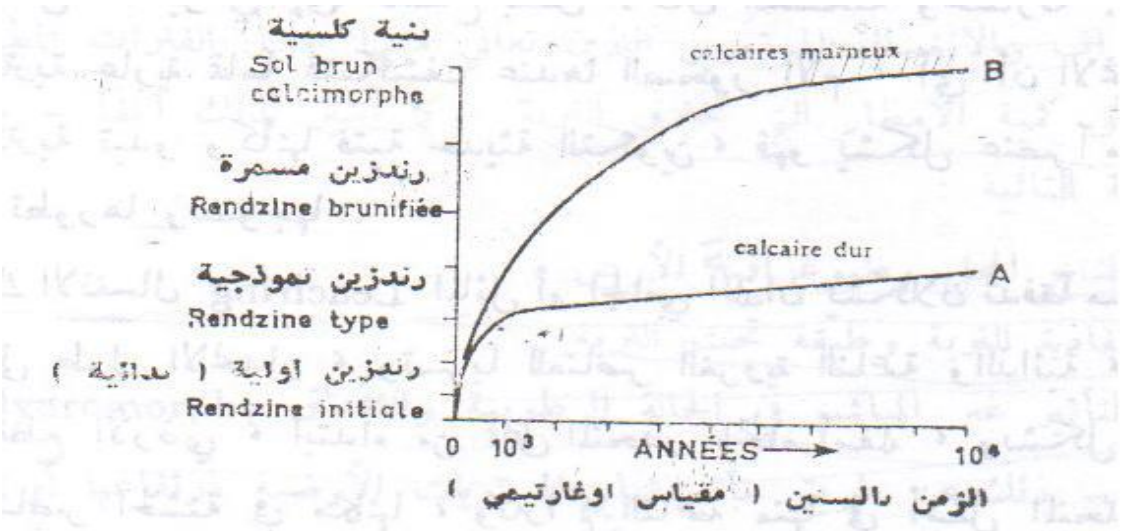
ح- **الصخور المصمتة القاعدية**: كالبازلت والجابرو والبيريدوتيت، ذات المحتوى المرتفع من العناصر القلوية الترابية، التي يمكن لهذه الأخيرة إذا مكثت في التربة أن توجه عملية التكوين والتخليق الفلزي نحو نشوء فلزات الطين ذات سعة تبادلية عالية من مجموعة المونتموريونيت، التي تقود إلى خصوبة عالية إذا حسنت الخواص الفيزيائية للتربة.

ء- **الصخور الكلسية –المغنيسية**: هي صخور عمادها الحجر الكلسي Limestone والدلوميتي، ويمكن لها أن تنحل كصخور كربوناتية بشكل تدريجي، تحت تأثير المياه المحملة بالحموض العضوية و CO_2 فلا يبقى منها إلا الشوائب الصخرية المرافقة التي تتميز بها الترب الناشئة منها، وتحرر كميات وافرة من الكالسيوم والمغنيسيوم اللذين يكسبان الدبال المتكون فيها درجة عالية من الثبات، إلا أن مثل هذه الترب تبدي عجزاً في التغذية الآزوتية، وتدنياً في جاهزية الفوسفور وبعض العناصر الصغرى، وبخاصة الحديد والزنك كما في الشكل 7.

هـ- **الصخور المتحولة المدعمة ببعض الطين**: كالشيست والميكاشيست والأردواز الطيني، ومثل هذه الصخور تتفكك وفق اتجاه تطبق وريقاتها، وتتطور الترب المتكونة منها ببطء شديد يميزها عن سواها من الصخور المجاورة.

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

يمكن القول إن أهم ما يميز أي صخور أو مواد أم، هو ما ينتج عنها من فلزات قابلة للتجوية، وما تحرره من أيونات قلوية وقلوية ترابية، وما تتمتع به نواتج التجوية من خواص فيزيائية، يمكن أن توجه مسرعةً أو مثبّطة عملية تكوين التربة وتطورها ونضوجها ويبين الشكل (7) مرحل تطور تربة كلسية، على صخور كلسية قاسية متماسكة (A)، وعلى صخور كلسية مارلية هشة (B) تحتوي كل منهما على (كلس 80-90 %، وطين10-20 %).



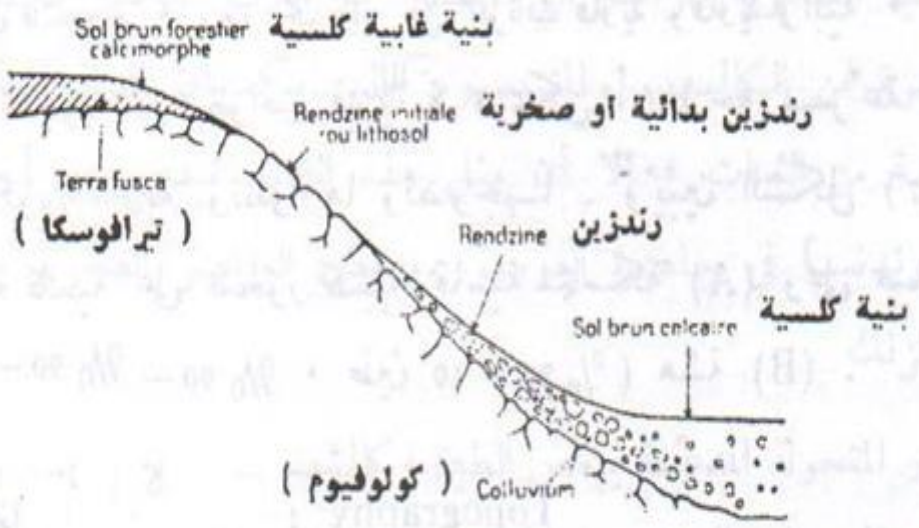
الشكل رقم (7): تطور التربة على صخور كلسية (A) وصخور كلسية (مارلية) هشة (B).

1-3-4- عامل الطبوغرافيا: Topography

إضافةً لتأثير الطبوغرافيا بشكل عام، وبخاصة التضاريس المحلية في المناخ الموقعي أو الأرضي Pedoclimateوانعكاس ذلك على المناخ السائد، والغطاء النباتي ونمط التجوية وشدتها، فإن عملية تكوين التربة وتطورها تتأثر بعامل الطبوغرافية وفق نمطين:

-**الأول مباشر**: ويتعلق بترب الانحدارات التي تخضع لفعل الانجراف الذي يمكن أن يؤدي إلى اقتطاع بعض الآفاق السطحية وخسارته، وقد تغدو التربة عارية تماماً، فتتكشف عندها الصخور الأم، أي أن الانجراف يجعل التربة وكأنها فتية حديثة التكوين، فهو يشكل عنصراً مضاداً لاكتمال تطورها ونضوجها.

والثاني غير مباشر الإنغسال leaching المائل أو الجانبي: اللذان يشكلان 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. ويبين الشكل (8) تعقباً طبوغرافياً Top sequences لمجموعة من الترب المتكونة 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.

يُلاحظ عموماً أن أنواع الترب المتكونة على السفح مختلفة المعارض (Exposures)، إنما تتبع في أنماطها كلا من الصخور الأم، وظروف المناخ السائد، التي تسرع من عملية تطور الترب ونضوجها في المنخفضات والمناطق المستوية، أما السفوح والمناطق ذات الانحدارات الكبيرة، فإنها تتميز بنماذج من الترب التي تمكث فتية حديثة التكوين (بدائيه)، لحقب زمنية طويلة نتيجة للانجراف والإنغسال المستمرين، الذين تعاني منهما، وذلك بسبب الجريان السطحي خلال الفترات المطيرة،

وتتعلق كمية الأمطار التي ترشح من خلال سطح التربة، بالعوامل التالية:

آ-المناخ المحلي وطبوغرافية الأرض.

ب-نفاذية التربة وطبقة تحت التربة.

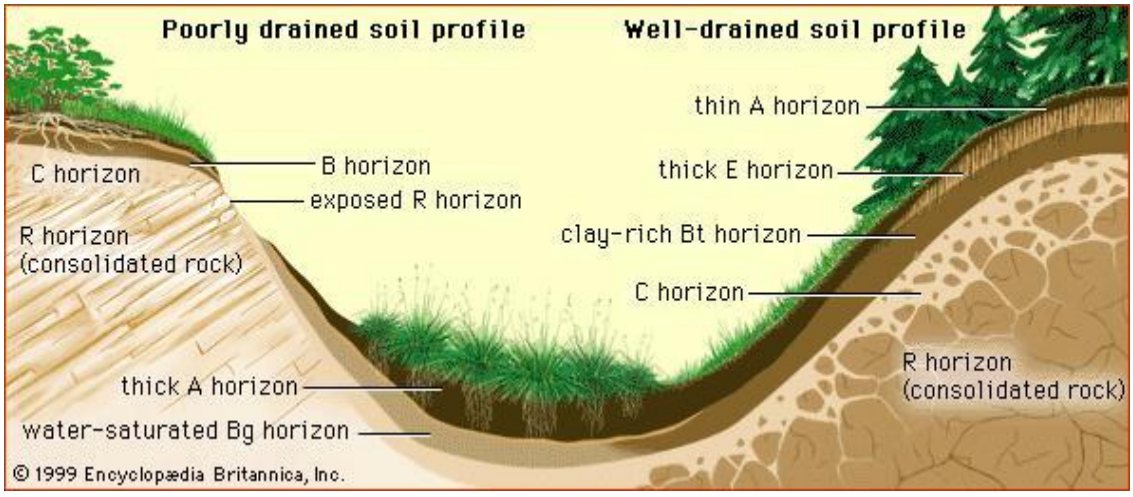
ج-التأثير غير المباشر في الحالة الرطوبية والتغدق Hydromorphic.

يتضح ذلك عن طريق تأثير تباين المستويات الأرضية، بارتفاعها أو انخفاضها عن مستوى الماء الأرضي الدائم، أو المؤقت اللذين يسودان في منطقة ما، ففي المناطق المتميزة بصخور أم سيليسية قاسية مثل الحجر الرملي (Sandstone)، تلاحظ سيادة الترب البودزولية الدبالية الحديدية في المرتفعات، والترب البودزولية أو الخثية (التوربية Peat-Tourbes) في المنخفضات، التي تتميز بغدقها الدائم.

يمكن تمييز نوعان من تطور الترب وانجرافها بشكل عام، اللذان ينجمان عن نمطين من تأثير التضاريس كما في الشكل (8):

أ- **الانجراف المتسارع** Accelerated erosion الذي ينجم عن الفعل العنيف للأمطار والجريان السطحي والرياح، على الصخور والترب، وعن تأثير عوامل الانجراف هذه في نواتج التفكك والتعرية.

ب- **الانجراف البطيء** (أو الجيولوجي)Geologic erosion ، وهنا يكون معدل تجوية التربة أو المواد الأم وانجرافها ضعيفاً، مع ملاحظة اقتراب معدل تكوين التربة من معدل تفكك المواد الأم وانجرافها بشكل يعوض أحدهما الآخر.



الشكل رقم (9): يبين تباين في تمايز القطاع الأرضي حسب شدة الانحدار والصرف.

يحدث الانجراف المتسارع في العادة عقب الانقلابات (أو التغيرات) المناخية، أو الحركات التكوينية، أو نتيجة تدخل الإنسان. أما الانجراف الجيولوجي البطيء فيميز المناطق التي يسودها غطاء نباتي غابي كثيف (أوجي climax) وتقدم الدراسة التمهيدية لتضاريس المناطق التي يراد دراسة غطائها البيدولوجي (الأرضي) الكثير من المعطيات الهامة التي تندرج تحت ما يسمى علم شكل الأرض (الجيومورفولوجيا). إن مجرد دراسة الخارطة الطبوغرافية وبخاصة خطوط التسوية (الكونتور) تقدم الكثير من المعلومات عن درجة تجانس الغطاء الأرضي والترب السائدة أو تباينها في منطقة الدراسة، فعندما تبتعد هذه الخطوط عن التوازي وانتظام المسافات الفاصلة بينها يكون ذلك مؤشراً واضحاً على عدم انتظام التضاريس والانحدارات، وأن هناك احتمالاً لتغير الترب الموجودة في المنطقة وتنوعها، تبعاً لظروف طبوغرافيتها، أما في المناطق المستوية أو القريبة من الاستواء فان وجود أي تموجات حتى ولو كانت طفيفة غالباً ما تعكس تبايناً وتمايزاً في الترب التي تغطيها.

تعدّ دراسة الصور الجوية والفضائية بالطريقة الستيريو سكوبية Stereoscopic vision (بالرؤية المجسمة) وباستخدام المجسام (ستيريوسكوب) لزوج من الصور المتراكبة المضبوطة بالشكل الذي تسمح فيه برؤية مجسمة ثلاثية الأبعاد، من أفضل التقنيات لدراسة طبوغرافية سطح الأرض وتضاريسها. فهي تقدم بنظرة واحدة للمنطقة التي تغطيها الصورة ما تعجز عن تأمينه دراسات الرصد الحقلي بما تكلفه من كثير من المال وكبير من العناء.

1-3-5-مجموعة 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 معدل تسرب مياه الأمطار وحفز 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 معدل تسرب المياه إلى الأعماق والى التقليل من ظواهر الإنغسال والاستنزاف عبر مقطع التربة، كما ينتج عن هذا الانتشار الجذري الهائل تراكم للدبال في الطبقة السطحية، وكثيراً ما تؤدي إلى تكوين أفق دبالي Humified horizon أكثر سماكة من ذلك المتكون تحت بعض أنواع الغابات.

ج-**عبر المادة العضوية والدبال المتكون منها**، وهذه المادة تعد حلقة الاتصال بين العالم الحي والعالم المعدني، وعن طريقها يؤثر الأول في الثاني ويعدل 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 تشكل مصدر الطاقة الأساسي للأحياء الدقيقة، وأحياء التربة الصغيرة Microflora .

ء- **حفظ التربة وتقليل أخطار الانجراف**، ويبدو ذلك من خلال المقارنة بين معدلات انجراف التربة العارية والمزروعة وحساسيتها للتعرية، وتلك المغطاة 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 فعالية 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...).

1-3-5-2-تأثير أحياء التربة وحيواناتها: Soil fauna & micro fauna

تضم مجموعات متباينة الأبعاد، فمنها ما تقل أبعادها عن (0.2) مم وتسمى الحيوانات الدقيقة Micro fauna كالحيوانات 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 Macrofaunaأما 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، واغناء التربة بمفرزاتها وأشلائها وخلط مكونات التربة ونقلها من موقع لآخر كل ذلك يجعل دورها هاما، 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 المتكونة 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، وتؤمن لها الثانية حاجتها من الطاقة ومتطلبات النمو الحيوي عن طريق فعل هذه الأحياء المفككة للمكونات العضوية المختلفة، الذي يأخذ طابعاً نوعياً ومتخصصاً 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 تارة إلى نتائج ذات أثر إيجابي في تطور التربة وخصوبتها، وأخرى تنعكس سلباً على مجمل خواص التربة.

أخيرا لا بد 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 ايجابياً في توجيه منحى تطور 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 يتجدد بصعوبة بالغة خلال مئات السنين إلى آلافها يجب أن يركز على أسس علمية وفلسفية في آن 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، يعد سوء التوزع 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 التصحر التام في كثير من الأحيان.

يؤدّي 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 المؤكد أن لها جوانب مخلة 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 متفحصة للأوضاع القائمة في عالم اليوم، تقودنا إلى نتيجة مفادها أنه لم يعد للكم البشري من نصيب في تحقيق التقدم المنشود، إذا ما كان على حساب النوع، وعلى الصعد كافة.

نهاية المحاضرة

الدكتور عصام شكري الخوري