كلية الزراعة **م.م. رؤى قيس محمود**

صيانة الترب (عملي)

المرحلة الرابعة

المحاضرة الرابعة

التعرية المائية Water Erosion

تتضمن عملية تعرية التربة طورين أساسيين هما :

1. **فصل** دقائق التربة الأولية من كتلة التربة .
2. **النقل** بواسطة عوامل معرية مثل جريان الماء على سطح التربة والريح .

عندما لا تتوفر الطاقة الكافية لنقل هذه الدقائق يحدث **الطور الثالث** وهو **الترسيب** .

يعتبر **التناظر المطري** أهم عامل في فصل الدقائق وكنتيجة لارتطام قطرات المطر بسطح التربة البور ، فإن دقائق التربة ترفع بواسطة الهواء لمسافة بضع سنتمترات .

- ان تعريض التربة لعواصف مطرية شديدة مستمرة يؤدي الى ضعف التربة .
- تتكسر التربة أيضاً بواسطة عمليات التجوية ميكانيكياً (بتعاقب الترطيب والتجفيف والانجماد والذوبان وفعل الجليد أو حيوياً .
- كذلك يساهم أيضاً كل من الماء الجاري والريح في فصل دقائق التربة .

كل العمليات التي ذكرت تجعل التربة أكثر هشاشةً وبذلك يمكن أن تزال بسهولة بواسطة عوامل النقل .

تحدث الطاقة المتوفرة للتعرية بشكلين : **كامنة وحركية ، فالطاقة الكامنة PE (Potential energy)** تنتج من الفرق في ارتفاع جسم معين بالنسبة للآخر فهي حاصل ضرب الكتلة (m) وفرق الارتفاع والتعجيل بسبب الجذب الأرضي (g) وبذلك :

$$PE = m\ h\ g$$

والتي وحدات رموزها هي كغم ، متر ، متر.ثا^{2} على التوالي ، والقيمة النهائية تنتج بوحدات الجول .

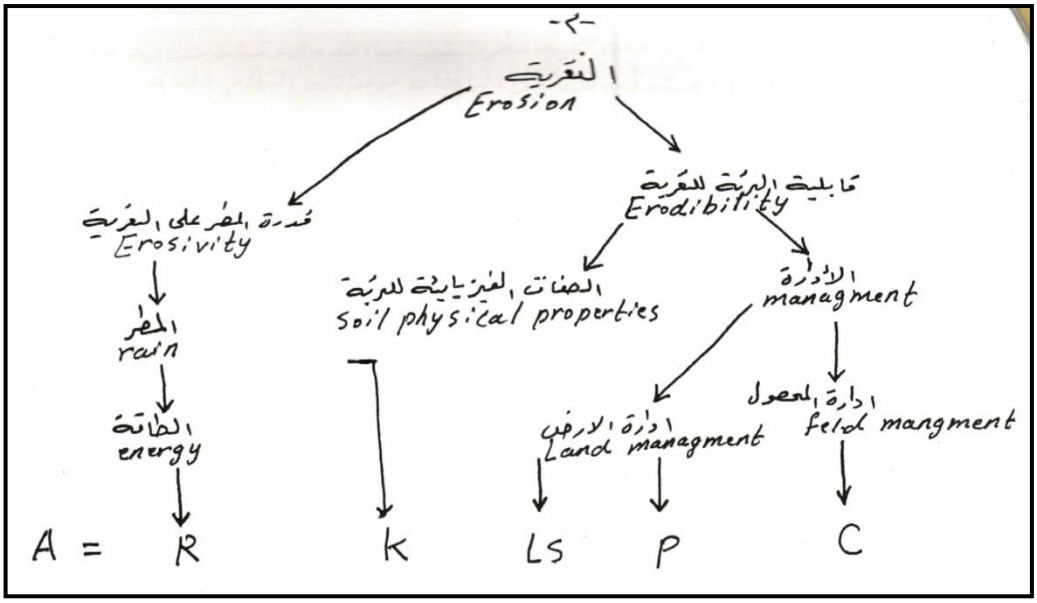
والطاقة الكامنة للتعرية تحول الى **طاقة حركية (KE) (Kinetic energy)** . وهذه الاخيرة تعزى الى الكتلة والسرعة V (Velocity) للعامل المسبب للتعرية كما في المعادلة التالية : $KE = 1/2\ m\ V^2$

والتي تكون وحدات رموزها هي : كغم ، متر ، متر . ثا$^{-1}$ على التوالي والقيمة النهائية تنتج بوحدات جول .

المعادلة العامة لمفقودات التربة Universal Soil Loss Equation (USLE)

إن المسبب الرئيسي لتعرية التربة المائية هو سقوط المطر على التربة ، فقدرة المطر على التعرية (Erosivity) وقابلية التربة للتعرية (Erodibility) هما العاملان المهمان اللذان يؤثران في كمية التربة المفقودة بواسطة تعرية التربة .

لقد أشار Hudson ,1971 الى المخطط الموضح ادناه والذي يوضح طريقة اشتقاق العوامل المؤثرة في تعرية التربة .



هذه العوامل وضعت في معادلة أقترحت من قبل Wischmeier et.al 1958 وسميت **بالمعادلة العامة لمفقودات التربة (USLE)** وهي :- **A = R × K × LS × P × C**

حيث أن :

A = كمية مفقودات التربة لمساحة معينة وتحسب بالطن / إيكر أو طن متري / هكتار .

R = مؤشر قدرة المطر على التعرية . **K** = عامل قابلية التربة للتعرية . **LS**= عاملي طول ودرجة المنحدر .
P = عامل الصيانة . **C** = عامل إدارة المحصول .

<u>قدرة المطر على التعرية Erosivity</u>

تعرف انها قابلية المطر على احداث التعرية ، ويعزى الى زخم العاصفة المطرية أو طاقتها الحركية .

ان الزخم هو حاصل ضرب الكتلة في السرعة وهو قياس للضغط المسلط بواسطة المطر على التربة وبهذا فهو يمتلك طبيعة الجهد الجهد الميكانيكي الذي يسبب تكسر او فصل مجاميع التربة . لقد ربطت تلك القدرة المعرية للمطر بالزخم أو الطاقة من قبل (Rosse ,1960) (Williams ,1972) . اذ تعتبر الطاقة الحركية (النوعية) العامل الرئيسي المسبب لفصل التربة عن موقعها .

قام Wischmeir and Smith ,1958 بتطوير علاقة بين **فقد التربة وعامل المطر** ، فالاخير يمثل حاصل ضرب الطاقة الحركية للمطر (E) وأقصى شدة خلال العاصفة لفترة 30 دقيقة (I_{30}) . تحسب (I_{30}) على انها ضعف اقصى كمية مطر تسقط في أي 30 دقيقة متتالية خلال العاصفة .

ان معادلة الطاقة – الشدة المستنبطة من قبل الباحثان بوحدات النظام العالمي هي :-

$$KE = 13.32 + 9.78 \log_{10} I$$

حيث ان :- KE = الطاقة الحركية (النوعية) جول / م^2 .ملم .

I = شدة سقوط المطر ملم / ساعة .

يعتمد حساب قيم (R) على تحليل بيانات المطر والتي تحتاج وقتاً وجهداً كبيراً لذلك حاول عدة باحثين ايجاد علاقة خطية مباشرة بين مؤشر قدرة المطر وكمية المطر Roose,1976 . عليه فقد وجدت علاقة بين قيم المؤشر السنوية والمستحصلة من حسابات الطاقة

وبين كمية المطر السنوية ولسبع مناطق في العراق (الطيف وعباس ، 1987) وتم رسم تلك العلاقة فكانت خطية وعالية الارتباط والمعادلة هي : **R = 2.5 × P**

حيث أن :- R = المعدل السنوي لمؤشر طاقة المطر (ميكاجول.ملم / هكتار .ساعة . سنة)

P = المعدل السنوي لكمية المطر (ملم) .

في عبادان ونايجريا ربط (Lal,1976) الطاقة الحركية لكمية المطر (P) ملم وأقصى شدة لمدة 30 دقيقة (I_{30}) ملم / ساعة كما يلي : -

$KE = 24.5\ P + 27.6$

$KE = 18.2\ I_{30} + 18.2$

حيث أن :- KE = الطاقة الحركية بوحدات جول / م^2 .

لقد اعتمدت مؤشرات متنوعة لقدرة المطر على التعرية وحسب المنطقة المناخية التي عمل فيها الباحثون . لكن يمكن استخدام مؤشر EI_{30} بثقة اكبر ولمدى واسع من المناطق المناخية في حالة توفر معدلات الشدة – الطاقة فيها .

مثال :- إحسب عامل مؤشر قدرة المطر (R) في المعادلة العامة لمفقودات التربة من المعلومات التالية في الجدول أدناه لعاصفة مطرية

الزمن (دقيقة)	كمية المطر (ملم)	الشدة (ملم/ ساعة)	الطاقة الكامنة جول/م^2 .ملم باعتماد معادلة الطاقة-الشدة	الطاقة الكلية جول/م^2
15	1.52	6.08	8.83	13.42
30	14.22	56.88	27.56	391.9
45	26.16	104.64	28.58	747.65
60	31.5	126.00	28.79	906.89
75	8.38	33.52	26.00	217.88
89	0.25	1.00	13.32	3.33

الحل : أقصى كمية مطر خلال أي 30 دقيقة متتالية من العاصفة هي :

26.16 + 31.50 = 57.66 ملم

ومن الجدير بالذكر ان أقصى كمية مطر خلال أي فترة زمنية ثابتة تحدث عند الشدات العالية خلال العاصفة .

الشدة القصوى للمطر خلال 30 دقيقة = $\frac{57.66 \times 60}{30}$ = 115.32 ملم / ساعة

الطاقة الكامنة الكلية = مجموع القيم في العمود رقم 5 = 2277.74 جول / م^2

الطاقة الكامنة الكلية للشدة القصوى EI_{30} تكون :

2277.74 × 115.32 = 2668.98 26 جول / م^2 .ملم/ساعة

القدرة على التعرية (R) = EI_{30} / 100 = 262668.98 / 100 = 2626.69 ميكاجول.ملم/هكتار.ساعة .

ان وحدات K في النظام العالمي هي طن متري . هكتار . ساعة / هكتار ميكاجول .ملم وإن قيمة K في النظام العالمي تكون 0.13 مرة بقدر تلك المحسوبة بالوحدات الانكليزية المعتادة .

يعطي حاصل ضرب العاملين K،R تقديراً الى ما يسمى بالتعرية القياسية أو التعرية الكامنة ، إن التعرية القياسية تفترض ظروف حقلية قياسية بالنسبة للعوامل الأخرى للمعادلة العامة لمفقودات التربة (USLE) ، قيم C,P,LS = 1 تحت ظروف قياسية . ويمكن حساب ادنى وأقصى قيمة لمفقودات التربة باعتماد مدى لقيم R ومدى لقيم K فحاصل ضرب القيمتين الواطئتين يعطي أدنى فقد قياسي للحقل ، بينما حاصل ضرب القيمتين العاليتين يعطي أعلى فقد قياسي.

أشار (Hudson,1971) بأن كمية التعرية المسموح بها هي 2 طن متري / هكتار.سنة أو 5 طن / ايكر .سنة وينبغي ان لا تزيد عن ذلك ، ولقد اقترح (Zachar,1982) حد أقصى للتعرية المسموح بها هو 7.5 طن متري/هكتار.سنة$^{-1}$ من ايجاد التعرية القياسية والتي تعبر عن التعرية الكامنة على لوح قياسي (طبقاً للمعادلة العامة لمفقودات التربة فإن طول اللوح القياسي 22.13 م وانحداره 9 %) . يمكن اشتقاق التعرية الكامنة الكلية A_p من المعادلة التالية :

$$A_p = A_e \times LS$$

حيث أن :

A_e = التعرية الكامنة

A_p = التعرية الكامنة الكلية .

LS = عاملي طول ودرجة الانحدار (معبراً عن الانحدار كنسبة مئوية) .

يحسب عاملي LS مجتمعان من المعادلة الأتية

$$LS = l\,(0.136+0.097S+0.013S^2)/100$$

حيث أن :- l = طول المنحدر . S = درجة انحدار معبراً عنها كنسبة مئوية .

ويمكن حساب كل عامل على حده باستخدام النظام الانكليزي وكما يلي :- $L = (l/22.13)^p$

حيث أن : P = ثابت يتراوح من 0.3 لانحدارات تصل الى 10 % والى 0.6 لانحدارات تزيد عن 10 % .

l = طول المنحدر بوحدات المتر .

مثال : منطقة ذات عامل مطري 1870 وعامل تعرية K 107 واذا كان ميل الانحدار (S) 10 % وطول الانحدار (L) 100 م . ما هو مقدار مفقودات التربة التي ينبغي اختزالها ؟

$$S = 0.136 + 0.097S + 0.013S^2$$

$$S = 0.136 + 0.097\,(10) + 0.013(10)^2$$

$$S = 2.496$$

$$100/L = I$$

$$1 = 100/100 = I$$

$$Ls = 2.446 = 2.5$$

$$A_p = A_e \times LS$$

$$A_p = 1870 \times 107 \times 2.5$$

$$T/h.y^{-1}\ A_p = 79.5$$

ان هذه التعرية حسب (Zachar ,1981) يجب أن تختزل الى الحد المسموح به بمقدار 72 طن / هكتار .سنة$^{-1}$.

جدول (٤–٩) : قيم عامل طول الانحدار (L)

طول الانحدار (م)	٥	١٠	١٥	٢٠	٣٠	٤٠	٥٠
قيمة (L)	٠,٤٨	٠,٦٨	٠,٨٢	٠,٩٥	١,١٧	١,٢٥	١,٥٢
	٦٠	٨٠	١٠٠	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠	٣٠٠
	١,٦٦	١,٩١	٢,١٣	٢,٦١	٣,٠٢	٣,٣٨	٣,٦٩
	٣٥٠	٤٠٠	٥٠٠	٦٠٠	٧٠٠	٨٠٠	٩٠٠
	٣,٩٩	٤,٢٧	٤,٧٧	٥,٢٢	٦,٠٤	٦,٣٩	

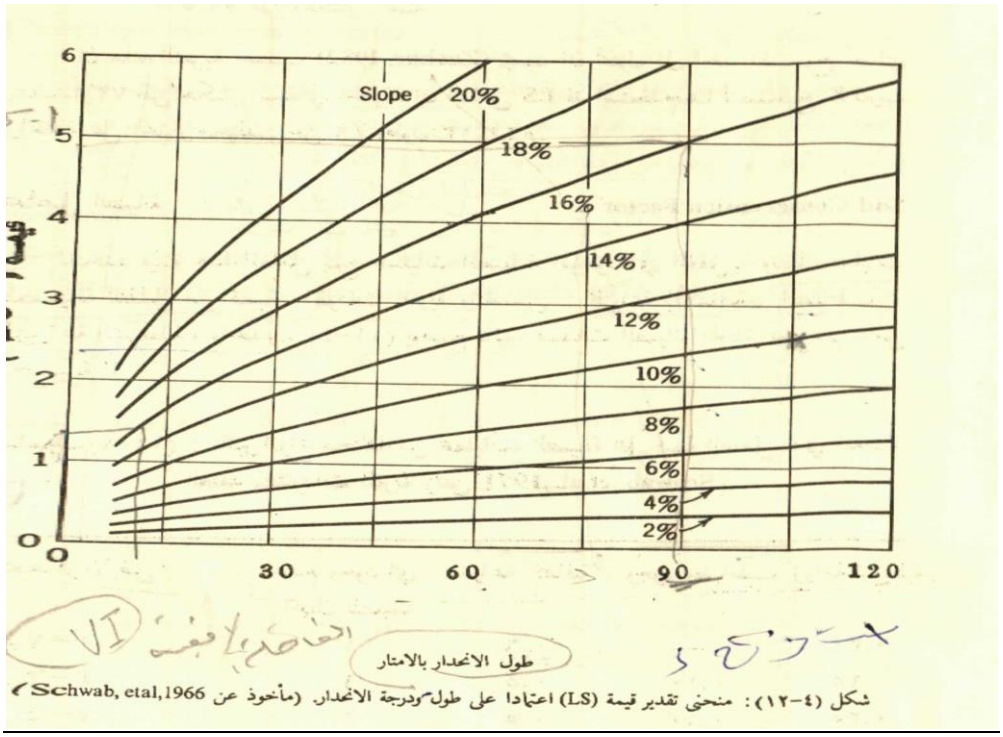
اما قيم S فيمكن ايجادها من المعادلة التالية :

$$S = \frac{0{\cdot}43 + 0{\cdot}3\,S + 0{\cdot}043\,S^2}{6{\cdot}613}$$

ان قيم S موضحة في الجدول (٤–١٠)

جدول (٤–١٠) : قيم عامل درجة الانحدار

ميل الانحدار٪	٢	٣	٤	٥	٦	٧
قيمة S	٠,١٨	٠,٢٦	٠,٣٥	٠,٤٥	٠,٥٧	٠,٧٠
	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣
	٠,٨٤	١,٠٠	١,١٧	١,٣٥	١,٥٥	١,٧٥
	١٤	١٥	١٦	١٨	٢٠	٢٢
	١,٩٧	٢,٢١	٢,٤٦	٢,٩٩	٣,٥٧	٤,٢١
	٢٤	٢٦	٢٨	٣٠		
	٤,٩٠	٥,٦٤	٦,٤٣	٧,٢٨		



شكل (٤-١٢): منحنى تقدير قيمة (LS) اعتمادا على طول ودرجة الانحدار. (مأخوذ عن Schwab, etal,1966)

عامل الصيانة Soil Conservation Factor : تتحدد قيمة هذا العامل بنوع عمليات الصيانة الموجودة في الحقل وتتضمن الزراعة الكفافية ، المصاطب ، الزراعة الشريطية وتنفذ عمليات الصيانة للتقليل من كمية مفقودات التربة والجدول التالي يوضح تأثير عمليات الصيانة المختلفة على قيم عامل الصيانة P .

جدول (٤-١١) : تأثير انواع مختلفة من عمليات الصيانة على قيمة العامل P في المعادلة العامة لمفقودات التربة (عن Schwab, et.al.,1971)

انحدار الارض	عدم وجود اي اعمال للصيانة	زراعة كفافية	وجود مصاطب	زراعة شريطية
٢-١,١	١	٠,٦	ـــــ	٠,٣٠
٤-٢,١	١	٠,٥	٠,١٠	٠,٢٥
٧-٤,١	١	٠,٥	٠,١٠	٠,٢٥
١٢-٧,١	١	٠,٦	٠,١٢	٠,٣٠
١٨-١٢,١	١	٠,٨	٠,١٦	٠,٤٠
اكبر من ١٨,١	١	٠,٩	ـــــ	٠,٤٥

لقد وجد بان المصاطب هي من أكفأ عمليات الصيانة التي يمكن أن تنفذ في الحقل كونها تعمل على تقليل طول المنحدر حيث أدى استعمالها في نبراسكا في الولايات المتحدة الأمريكية الى تقليل التعرية بمقدار 95 % (Schwab et al , 1966) .

عامل الغطاء النباتي Cropping – Management Factor

يعرف هذا العامل على انه نسبة فقد التربة من أرض مزروعة تحت ظروف معينة الى الفقد المناظر من أرض بور محروثة . وهذا العامل يعكس التأثير الواقي للغطاء النباتي وغطاء سطح الأرض ويعتبر من أكثر العوامل تعقيداً في المعادلة .

يمكن اشتقاق هذا العامل تجريبياً من ألواح تجريبية حقلية ، وقد اقترح (wisch,eier and smith 1965) طريقة لتعيين قيمة C من نظام زراعة معين وموقع معين . لقد وضح هذا بالتفصيل من قبل Goldsmith 1977 ولخص من قبل Hudson ,1971 .

مثال :- احسب كمية التربة المفقودة في منطقة زاخو اذا كانت قيمة مؤشر طاقة المطر (R) 100 ، قيمة عامل قابلية التربة للتعرية (K) 0.1 وطول الانحدار 90 م ودرجة الانحدار 10 % وقيمة عامل الزراعة والادارة 0.15 ، اذا علمت بأن المنطقة تتبع الزراعة الكفافية .

الحل :

$$S = 0.136+0.097(s)+0.0139(s)^2$$

$$S= 0.136+0.097(10)+0.0139(10)^2$$

$$S= 2.496$$

$$L =0.9$$

$$A=R\times K\times LS\times C\times P$$

$$A=100\times 0.1\times 0.9\times 2.496\times 0.6\times 0.15$$

$$A=2.021\ T/h.Y^{-1}$$

يمكن تقسيم السنة الزراعية الى خمس فترات : الفترة F (أرض بور خشنة ، الفترة 1 (الانبات) ، الفترة 2 (تكوين المحصول) ، الفترة 3 (النمو ونضج المحصول) ، الفترة 4 (بقايا المحصول) . تشتق قيمة C لكل فترة وتضرب بالنسبة التي ترافق نفس الفترة لمؤشر قدرة المطر على التعرية (R) لهذا فإن $C\times R = C_f r_f+C_1 r_1+C_2 r_2+C_3 r_3+C_4 r_4$ تكون هذه الطريقة اكثر دقةً من استخدام قيم R , C السنوية طالما أن كلاً منهما تتغير بطريقة متبادلة خلال السنة .

يمكن اعتماد فيم C في الجدول التالي :

جدول (٤– ١١) : بعض قيم عامل ادارة المحصول النموذجية (C)
(عن Goldsmith, 1977)

ادارة المحصول	مستوى الانتاج	قيم C لكل فترة من مراحل نمو المحصول F	١	٢	٣	٤
الارض محروثة ومزروعة باستمرار بالبقوليات مع وجود كمية قليلة من البقايا النباتية	عالي	٧٠	٧٨	٥٤	٢٧	٦٢
الارض محروثة باستمهال المحراث القرصي مزروعة باستمرار بالبقوليات مع وجود كمية قليلة من البقايا النباتية	عالي	–	٧٨	٥٤	٢٧	٦٢
الارض محروثة ومزروعة باستمرار بالبقوليات مع وجود كمية قليلة من البقايا النباتية	متوسط	٧٥	٨٠	٧٠	٣٥	٧٥
الارض محروثة ومزروعة باللدرة وبعد الذرة تزرع بالحبوب أو القطن مع ترك البقايا النباتية	عالي	٣٦	٥٢	٤١	٢٠	٣٠
الارض محروثة ومزروعة باللدرة الصفراء وبعد اللدرة الصفراء تزرع الحبوب أو القطن مع ترك البقايا النباتية .	منخفض	٥١	٦٠	٤٥	٣٣	٤٧
الارض محروثة ومزروعة باستمرار بحبوب الذرة البيضاء مع ترك البقايا النباتية	عالي	٣٦	٦٣	٥٠	٢٦	٣٠
الارض محروثة ومزروعة باستمرار بحبوب الذرة البيضاء مع ترك البقايا النباتية	منخفض	٥٥	٧٠	٥٨	٣٢	٥٠
ارض محروثة ومزروعة باستمرار بالحبوب الصغيرة مع ترك البقايا النباتية	عالي	٣٦	٦٠	٤٠	١٠	١٠
الارض محروثة ومزروعة باستمرار بالحبوب الصغيرة مع ترك البقايا النباتية	متوسط	٥٥	٧٠	٤٥	١٠	١٠
حشائش وبقوليات	متوسط	–	–	–	–	٠,٦
الجت	متوسط	–	–	–	–	٢,٠