التعرية القناتية Channal Erosion:

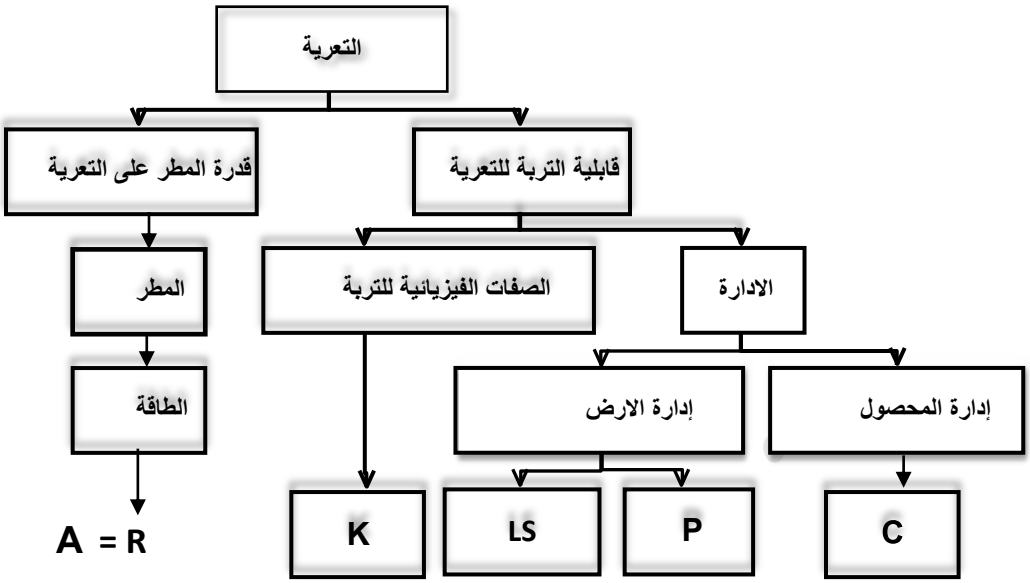
غالباً ما تنقل القنوات الواسعة ماء السيح لفترة زمنية طويلة بعد هطول المطر . ان التيار الجاري يقطع الضفاف اسفل مستوى الماء، ويحفرها الى المدى الذي سيكون كهوفاً تنهار الى داخل قعر المجرى.

إضافة الى التصنيف الأسبق للتعرية، لابد من الإشارة الى ان هنالك أنواع أخرى للتعرية منها تعرية جوفية، تعرية نفقية أو تعرية مطمورة.

المعادلة العامة لمفقودات التربة (Universal Soil-Loss Equation (USLE:

ان المسبب الرئيسي لتعرية التربة المائية هو سقوط المطر على التربة، فقدرة المطر على التعرية ytivisorE و قابلية التربة للتعرية Erodibility هما العاملان المهمان اللذان يؤثران في كمية التربة المفقودة بواسطة تعرية التربة.

والمخط أدناه يوضح طريقة اشتقاق العوامل المؤثرة في تعرية التربة:



هذه العوامل وضعت في المعادلة افترضت من قبل Wischmeier et al, 1958 وحسبت بالمعادلة العامة لمفقودات التربة:

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

حيث ان:

A = كمية مفقودات التربة لمساحة معينة وتحسب طن/هكتار. P = عامل الصيانة

R = مؤشر قدرة المطر على التربة. C = عامل المحصول.

K = عامل قابلية التربة على التعرية.

القدرة على التعرية Erosivity: يمكن تعريف قدرة المطر على التعرية بانها قابلية المطر على احداث التعرية ويعزى الى زخم العاصفة المطرية او طاقتها الحركية.

ان الزخم هو حاصل ضرب الكتلة في السرعة وهو قياس للضغط المسلط بواسطة المطر على التربة، وبهذا فهو يمتلك طبيعة الجهد الميكانيكي الذي يسبب تكسر او فصل مجاميع التربة.

تعتبر الطاقة الحركية العامل الرئيسي المسبب لفصل التربة من موقعها، ويمكن حساب الطاقة الحركية للمطر بقياس توزيع حجوم قطرات المطر وبافتراض سرعة منتهى ملائمة لحجم معين للقطرة وليكن هذا الحجم D_{50} (وسيط قطر القطرات المطرية الساقطة).

قام Wischmeir and Smith, 1958 بتطوير علاقة بين فقد التربة وعامل المطر الذي يمثل حاصل ضرب الطاقة الحركية للمطر (E) وأقصى شدة خلال العاصفة لفترة ٣٠ دقيقة (I_{30}). تحسب (I_{30}) على انها اقصى كمية مطر تسقط في أي ٣٠ دقيقة من العاصفة.

$$R = \frac{EI_{30}}{100}$$

مثال:// احسب عامل R في المعادلة العامة لمفقودات التربة من المعلومات التالية لعاصفة مطرية.

الزمن (دقيقة) (١)	كمية المطر (ملم) (٢)	الشدة (ملم/ساعة) (٣)	الطاقة الكامنة (جول/م^{٢}.ملم) باعتماد معادلة الطاقة-الشدة (٤)	الطاقة الكامنة الكلية (جول/ملم^{٢}) (٤×٢) (٥)
١٤-٠	١.٥٢	٦.٠٨	٨.٨٣	١٣.٤٢
٢٩-١٥	١٤.٢٢	٥٦.٨٨	٢٧.٥٦	٣٩١.٩٠
٤٤-٣٠	٢٦.١٦	١٠٤.٦٤	٢٨.٥٨	٧٤٧.٦٥
٥٩-٤٥	٣١.٥٠	١٢٦.٠٠	٢٨.٧٩	٩٠٦.٨٩
٧٤-٦٠	٨.٣٨	٣٣.٥٢	٢٦.٠٠	٢١٧.٨٨
٨٩-٧٥	٠.٢٥	١.٠٠	-	-

الحل:// اقصى كمية مطر خلال أي ٣٠ دقيقة متتالية من العاصفة المطرية هي:

٢٦.١٦ + ٣١.٥٠ = ٥٧.٦٦ ملم

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

الشدة القصوى للمطر خلال ٣٠ دقيقة = ٥٧.٦٦ × $\frac{60}{30}$ = ١١٥.٣٢ ملم/ساعة.

الطاقة الكامنة الكلية = مجموع القيم في العمود (٥) = ٢٢٧٧.٧٤ جول/م^{٢}.

إذن الطاقة الكامنة الكلية للشدة القصوى EI_{30} كون:-

٢٢٧٧.٧٤ × ١١٥.٣٢ = ٢٦٢٦٦٨.٩٨ جول/م^{٢}.ملم/ساعة.

القدرة على التعرية R = $\frac{EI_{30}}{100} = \frac{262668.98}{100}$ = ٢٦٢٦.٦٩.

لابد من الإشارة الى ان العامل R هو تمثيل لمساهمة المطر في التعرية في المعادلة العامة لمفقودات التربة، الا انه يمكن ان تستبدل عامل المطر في الك المعادلة بعامل يمثل السيح السطحي لحساب الرواسب الناتجة بواسطة السيح:-

$$Q=\frac{\chi(Qq_p)^{\beta}}{A_r} KLSCP$$

حيث أن

Q = حصيلة الراسب (طن/أيكر)

q_p = معدل سيح الذروة (قدم^3/ثا)

A_r = مساحة الصرف (أيكر)

β,χ = ثوابت.

P,C,L,S,K = عوامل المعادلة العامة لمفقودات التربة.

لقد اعتمد Foster and Wischmeier, 1973 معادلة محورة تأخذ بالاعتبار مساهمة كلاً من المطر والسيح وكما يلي:

$$A=aR+bcQq_p^{1/3}KLSCP$$

حيث ان:

b,a = عاملي الاتزان. (a+b=1)　　R = عامل المطر.

c =عامل التقريب.　　q_p = معدل السيح (م/ساعة).

Q = حجم السيح (م) .　　P,C,LS,K = عوامل المعادلة العامة لمفقودات التربة.

قابلية التعرية Erodibility:

تعبر قابلية التعرية للتربة عن التأثير المتكامل للعمليات التي تنظم تقبل المطر ومقاومة التربة لفصل الدقائق والنقل الذي يتبعه. تكون هذه العمليات متأثرة بخواص التربة وأهمها: توزيع حجوم الدقائق، التركيب، محتوى التربة من المادة العضوية، طبيعة معادن الطين والمكونات الكيميائية.

ان خواص التربة تكون في حالة ديناميكية دائماً وتتغير مع الزمن واستخدام الأرض وإدارة سطح التربة وأنظمة الزراعة المستخدمة، وعليه فان قابلية التربة للتعرية تتغير مع الزمن أيضاً وينبغي قياسها كل ١٠-٢٠ سنة. إضافة الى ذلك فان تغيرات جوهرية في الخواص المؤثرة على قابلية تعرية التربة تحدث خلال العاصفة المطرية بسبب انسداد السطح نتيجة للتغيرات الحاصلة في ترتيب الدقائق المكونة للتربة.

تعتبر نسجة التربة عاملاً مهماً يؤثر على قابلية التعرية لانها تؤثر في كلتا عمليتي الفصل والنقل، وان اكثر مدى من حجوم دقائق التربة القابل للفصل والنقل هو الرمل الناعم جداً والغرين.

يمكن تقدير قابلية التعرية لبعض الترب من مخطط بياني (شكل ٤-١٠) والمعتمد على معادلة مقترحة من قبل Wischmeier et al., 1971 تربط بين خواص التربة وقابلية التعرية، والمعادلة هي:

$$100K=2.1\times10^{-4}(12-OM)M^{1.14}+3.25(S-2)+2.5(P-3)$$

حيث أن:

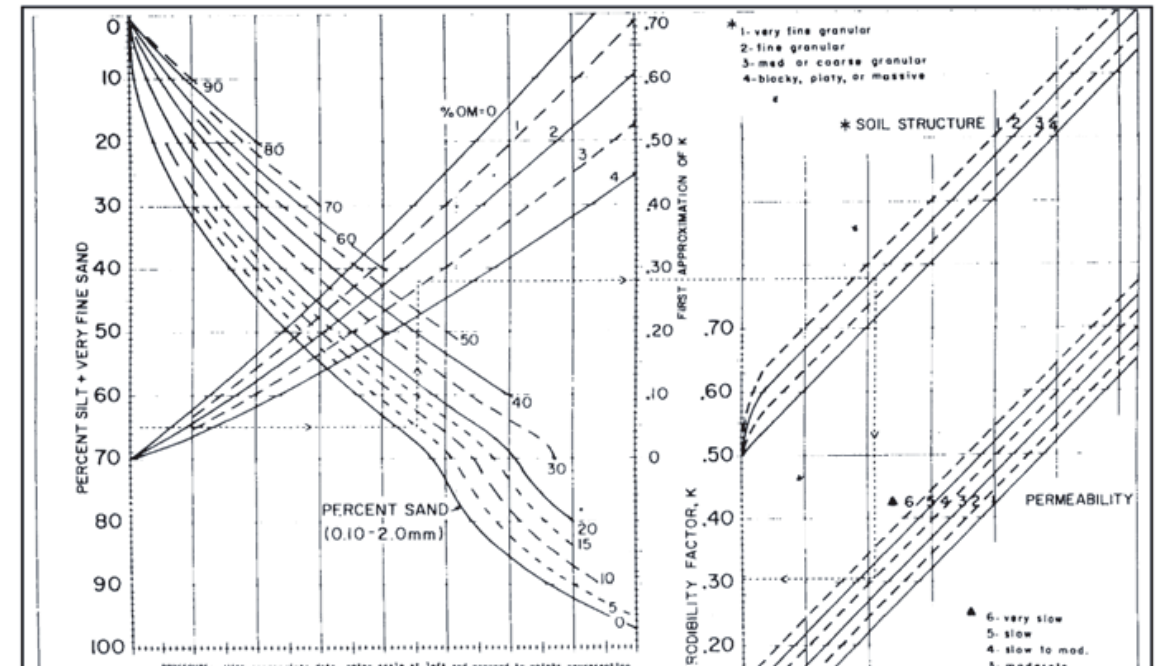
OM = النسبة المئوية للمادة العضوية في التربة.

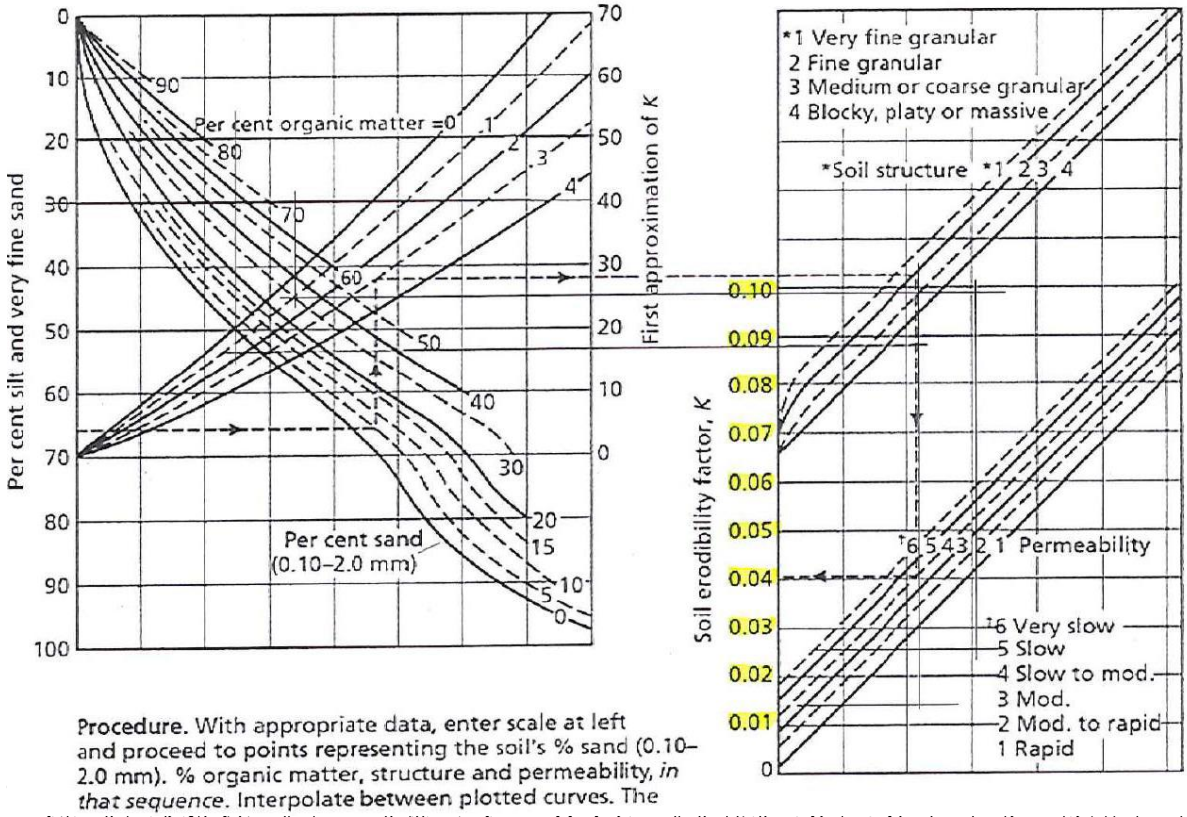
S = دليل تركيب التربة (حبيبي، صفائحي، كتلي ... إلخ).

P = صنف النفاذية.

M = النسبة المئوية للغرين والرمل الناعم جداً.

ويمكن أيضاً تقدير قيمة العامل K بالنظام العالمي باستخدام المخطط الموضح في الشكل (٤-١١). ان هذا المخطط قد اخاير على أساس العلاقات التجريبية بين خواص التربة والقياسات المباشرة لقابلية التعرية لـ١٣ تربة أساسية في الولايات المتحدة الامريكية. هذه الترب على الاغلب كانت ذات نسجات متوسطة وتركيب متوسط الى ضعيف.





Procedure. With appropriate data, enter scale at left and proceed to points representing the soil's % sand (0.10–2.0 mm). % organic matter, structure and permeability, *in that sequence*. Interpolate between plotted curves. The

طن متري، هكتار.ساعه/هكتار ميجاجول. ملم. ان قيمه K في النظام العالمي تكون ٠.١١ مرة بقدر تلك المحسوبه بالوحدات الإنكليزيه المعتادة.

يعني حاصل ضرب العاملين K,R تقديراً الى ما يسمى بالتعرية القياسية او التعرية الكامنة، ان التعرية القياسية تفترض ظروف حقلية قياسية بالنسبة للعوامل الأخرى للمعادلة العامة لمفقودات التربة (قيم I=C,P,LS) تحت الظروف القياسية، وبذلك يمكن حساب أدنى 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 يعطى اعلى فقد قياسي.

يحسب عاملا LS مجتمعين من المعادلة التالية:-

$$LS=\sqrt{\frac{I}{100}}(0.136+0.0975+0.013S^2)$$

حيث أن:-

I = طول المنحدر.

S = درجة الانحدار معبراً عنها منسبة مئوية.

ويمكن حساب كل عامل على حدة باستخدام النظام الإنكليزي وكما يلي:-

$$L\ (\frac{I}{22.13})^p$$

حيث أن:- p = ثابت يتراوح من ٠.٣ لانحدارات تصل الى ١٠% والى ٠.٦ لانحدارات تزيد عن ١٠%.

i = طول المنحدر بوحدات المتر.

ويمكن الحصول على قيم عامل طول الانحدار (L) من الجدول التالي:

طول الانحدار (م)	٥	١٠	١٥	٢٠	٣٠	٤٠	٥٠
قيمة (L)	٠.٦٨	٠.٦٨	٠.٨٢	٠.٩٥	١.١٧	١.٢٥	١.٥٢
طول الانحدار (م)	٦٠	٨٠	١٠٠	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠	٣٠٠
قيمة (L)	١.٦٦	١.٩١	٢.١٣	٢.٦١	٣.٠٢	٣.٣٨	٣.٦٩
طول الانحدار (م)	٣٥٠	٤٠٠	٥٠٠	٦٠٠	٧٠٠	٨٠٠	٩٠٠
قيمة (L)	٣.٩٩	٤.٢٧	٤.٧٧	٥.٢٢	٦.٠٤	٦.٣٩	-

اما قيم S فيمكن ايجادها من المعادلة التالية:

$$S=\frac{0.43+0.3s+0.043s^2}{6.613}$$

ويمكن الحصول على قيم عامل درجة الانحدار من الجدول التالي:

طول الانحدار (م)	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
قيمة (L)	٠.١٨	٠.٢٦	٠.٣٥	٠.٤٥	٠.٥٧	٠.٧٠	٠.٨٤
طول الانحدار (م)	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥
قيمة (L)	١.٠٠	١.١٧	١.٣٥	١.٥٥	١.٧٥	١.٩٧	٢.٢١
طول الانحدار (م)	١٦	١٨	٢٠	٢٢	٢٤	٢٦	٢٨
قيمة (L)	٢.٤٦	٢.٩٩	٣.٥٧	٤.٢١	٤.٩٠	٥.٦٤	٦.٤٣

ويمكن إيجاد كلا العاملين S,L مجتمعين ن البياني الموظح في الشكل (٤-١٢).

يعطي حساب التعرية الكامنة الاجمالية A_P أقصى معدل لإزالة التربة في غياب حماية التربة بواسطة الغطاء النباتي وأساليب السيطرة على التعرية الأخرى. وينبغي ان لا تزيد قيم التعرية الكامنة الى الحد المسموح وهو ٧.٥ طن/هكتار/سنة.

شكل (٤-١٢)

مثال:- افترض منطقة لعامل بعامل مطري R=1870 وعامل تعرية K=0.017، واذا كان ميل الانحدار (L) = ١٠٠ م. ما هو مقدار مفقودات التربة التي ينبغي اختزالها؟

الحل:- قيمة LS=2.5 وتحت الظروف أعلاه تكون التعرية الكامنة A_P تساوي:

$$A_P=1870 \times 0.017 \times 2.5 = 79.5 \text{ Ton/hectar/year.}$$

عامل الصيانة Soil Conservation Factor:

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

جدول يوضح تأثير أنواع مختلفة من عمليات الصيانة على قيمة العامل P في المعادلة العامة لمفقودات التربة

انحدار الأرض	عدم وجود أي أعمال للصيانة	زراعة كفافية	وجود مصاطب	زراعة شريطية
١.١ – ٢	١	٠.٦	-	٠.٣٠
٢.١ – ٤	١	٠.٥	٠.١٠	٠.٢٥
٤.١ – ٧	١	٠.٥	٠.١٠	٠.٢٥
٧.١ – ١٢	١	٠.٦	٠.١٢	٠.٣٠
١٢.١ – ١٨	١	٠.٨	٠.١٦	٠.٤٠
أكبر من ١٨.١	١	٠.٩	-	٠.٤٥

لقد وجد بان انشاء المصاطب هي أكفأ عمليات الصيانة التي يمكن ان تنفذ في الحقل كونها تعمل على تقليل طول المنحدر.

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. هذا العامل يعكس التأثير الوافي للغطاء النباتي ويعتبر من أكثر العوامل تعقيداً.

اعتيادياً يمكن تقسيم السنة الزراعية الى خمس فترات: الفترة F (ارض بور خشنة)، الفترة ١ (الانبات)، الفترة ٢ (تكوين المحصول)، الفترة ٣ (النمو ونضج المحاصيل)، الفترة ٤ (بقايا المحصول أو الجذامة). تُشتق قيمة (C) لكل فترة وتضرب بالنسبة التي ترافق نفس الفترة لمؤشر قدرة المطر على التعرية (r).

$$C \times R = cf\ rf + c1r1 + c2r2 + c3r3 + c4r4$$

ويمكن اعتماد قيمة C من الجدول (٤-١١) وللأغراض الموضحة إزاء كل منها.

جدول (٤-١١) : بعض قسم عامل إدارة المحصول النموذجية (C) (عن Goldsmith, 1977)

إدارة المحصول	مستوى الإنتاج	قيم C لكل فترة من مراحل نمو المحصول				
		F	1	2	3	4
الأرض محروثة ومزروعة باستمرار بالبقوليات مع وجود كمية قليلة من البقايا النباتية	عالي	70	78	54	27	62
الأرض محروثة باستعمال المحراث القرصي ومزروعة باستمرار بالبقوليات	عالي	-	78	54	27	62
الأرض محروثة ومزروعة باستمرار بالبقوليات مع وجود كمية قليلة من البقايا النباتية	متوسط	75	80	70	35	75
الأرض محروثة ومزروعة بالذرة وبعد الذرة تزرع بالحبوب او القطن مع ترك البقايا النباتية	عالي	36	52	41	20	30
الأرض محروثة ومزروعة بالذرة وبعد الذرة تزرع بالحبوب او القطن مع ترك البقايا النباتية	منخفض	51	60	45	33	47
الأرض محروثة ومزروعة باستمرار بالذرة البيضاء مع ترك البقايا النباتية	عالي	36	63	50	26	30
الأرض محروثة ومزروعة باستمرار بالذرة البيضاء مع ترك البقايا النباتية	منخفض	55	70	58	32	50
الأرض محروثة ومزروعة باستمرار بالحبوب الصغيرة مع ترك البقايا النباتية	عالي	36	60	40	10	10
الأرض محروثة ومزروعة باستمرار بالحبوب الصغيرة مع ترك البقايا النباتية	متوسط	55	70	45	10	10
البقايا النباتية	متوسط	-	-	-	-	0.6
الحشائش	متوسط	-	-	-	-	2.0

أمثلة::

مثال ١:-اذا كانت درجة الانحدار قد زيدت في المعادلة العامة لمفقودات التربة من ٢% الى ١٠%، ما هي الزيادة النسبية في كمية مفقودات التربة، أفترض أن جميع العوامل الأخرى ثابتة.

الحل:

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

وعندما يكون الانحدار ٢% فإن:

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

$$S= 0.3856$$

وعندما يكون الانحدار ١٠% فان:

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

$$S= 2.496$$

المعادلة العامة لمفقودات التربة هي: $A = RKLSCP$

في الحالة الأولى (الانحدار ٢%) وبافتراض ان العوامل الأخرى ثابتة (س) فإن كمية مفقودات التربة تكون:

$A1 = 0.3856$ س ..... (١)

في الحالة الثانية (الانحدار ١٠%) وبافتراض ان العوامل الأخرى ثابتة (س) فإن كمية مفقودات التربة تكون:

$A2 = 2.496$ س ..... (٢)

وبقسمة المعادلة (٢) على المعادلة (١) ينتج:

$$\frac{A2}{A1} = \frac{2.469\ س}{0.3859\ س} = 6.47 \quad \text{مرة}$$

أي ان مفقودات التربة قد زادت بمقدار ٦.٤٧ عند تغيير الانحدار من ٢% الى ١٠%.

مثال٢:: اذا كانت كمية مفقودات التربة نتيجة التعرية المائية ولظروف معينة تعادل ٠.٤ طن/هكتار ولـ ٤٥ متر طول منحدر. ما هي كمية مفقودات التربة المتوقعة اذا زاد طول الانحدار الى ٣٠٠ متر بافتراض ان جميع العوامل الأخرى ثابتة.

الحل:

$$L = \sqrt{\frac{I}{100}}$$

في الحالة الأولى

$$L = \sqrt{\frac{45}{100}}$$

في الحالة الثانية:

$$L = \sqrt{\frac{300}{100}}$$

المعادلة العامة لمفقودات التربة هي:

$$A = RKLSPC$$

في الحالة الأولى عندما يكون طول المنحدر ٤٥ متر وبافتراض ان جميع العوامل الأخرى ثابتة (س) ولكمية مفقودات اربة تعادل ٠.٤ طن/هكتار:

$$0.4 = 0.67 \quad س \quad ..... \quad (١)$$

في الحالة الثانية فإن كمية مفقودات التربة تكون:

$$A2 = 1.73 \quad س \quad ..... \quad (٢)$$

وبقسمة المعادلة (٢) على المعادلة (١) ينتج:

$$\frac{A2}{0.4} = \frac{1.73\ س}{0.67\ س} = 6.47 \quad \text{مرة}$$

$$\therefore A2 = 1.03 \quad \text{طن/هكتار}$$

مثال ٣ :: احسب كمية التربة المفقودة في منطقة زاخو اذا كانت قيمة مؤشر طاقة السقيط (R) ١٠٠، قيمة عامل قابلية التربة للتعرية (K) ٠.١، وطول الانحدار ٩٠ متر ودرجة الانحدار ١٠% وقيمة عامل الزراعة والإدارة ٠.١٥، اذا علمت ان المنطقة تتبع الزراعة الكفائية؟

الحل:

$$S = 0.136 + 0.097\ S + 0.0139\ S^2$$

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

$$S = 2.496$$

$$L = \sqrt{\frac{I}{100}} = L = \sqrt{\frac{90}{100}} = 0.95$$

ويمكن إيجاد LS مجتمعة من الشكل (٤ – ١٢) وتساوي ٢.٤

قيمة العامل P تستخرج من جدول وتسوي ٠.٦ لان الانحدار هو ١٠% وان المنطقة تتبع الزراعة الكفائية.

$$A = RKLSCP$$

$$A = 100 \times 0.1 \times 0.95 \times 2.496 \times 0.6 \times 0.15$$

$$A = 2.13\ \text{Ton/Hectar.}$$

وعلى ضوء هذه النتيجة كيف يمكن تقليل مفقودات التربة الى خمس مرات؟

الحل: يتم ذلك عند اتباع المصاطب بدل الزراعة الكفافية وعندها تكون قيمة العامل P ٠.١٢ بدلاً من ٠.٦ وعند تطبيق المعادلة العامة لمفقودات التربة تصبح:-

$$A = 100 \times 0.1 \times 0.95 \times 2.496 \times 0.12 \times 0.15$$

$$A = 0.427\ \text{Ton/hectar}$$

أي ان كمية مفقودات التربة قد قلت بمقدار خمس مرات.

مثال ٤ :: اذا كانت قيمة طاقة المطر للشدة القصوى لفترة ٣٠ دقيقة لعاصفة مطرية حدثت شمال العراق هي ١٢٠٠٠ جول.ملم/م^2.ساعة وعلى حقل طوله ٩٠ متر وانحداره ١٦%، نسبة المادة العضوية فيه ٢% وتربته ذات بناء حُبيبي ناعم ونفاذية سريعة ولا توجد أعمال صيانة في الحقل وان قيمة عامل الزراعة والإدارة ٠.٣ ، اذا علمت ان نسبة الرمل ما عدا الرمل الناعم جداً في التربة ١٠% والرمل الناعم جداً ٤% والطين ٣٠% احسب ما يلي:

١. كمية مفقودات التربة.
٢. كم ستصبح مفقودات التربة اذا زيدت نسبة المادة العضوية الى ٤%.

الحل ::

$$R = \frac{EI_{30}}{100} = \frac{12000}{100} = 120\ \text{Meq.Ton.mm/hect.hour}$$

$$\%\ \text{silt} = 100 - (10 + 4 + 30) = 56\%$$

$$\%\ \text{silt} = \text{very fine sand} = 56 + 4 = 60\%$$

بالرجوع الى الشكل (٤-١٠) نجد قيمة K = ٠.٠٣٢ طن/هكتار.ساعة.هكتار. ميكاجول.ملم

قيمة LS = 5 من الشكل

P = 1 من الجدول

$$\therefore A = RKLSCP$$

$$= 120 \times 0.032 \times 5 \times 0.3 \times 1$$

$$= 5.76 \text{ Ton/hectar}$$

عند زيادة نسبة المادة العضوية الى ٤% نجد ان قيمة K تصبح ٠.٠٢٠

$$\therefore A = 120 \times 0.020 \times 5 \times 0.3 \times 1$$

$$= 3.6 \text{ Ton/Hectar}$$