

# 琉球大学学術リポジトリ

沖縄における農地保全の基礎的研究 VII :  
国頭マーチの土壤侵食標準試験区における流亡土量  
について(農業工学科)

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2008-02-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 翁長, 謙良, Onaga, Kenryo メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/4209">http://hdl.handle.net/20.500.12000/4209</a>

沖縄における農地保全の基礎的研究 VII\*  
— 国頭マーチの土壤侵食標準試験区に  
おける流亡土量について —

翁 長 謙 良\*\*

---

Kenryo ONAGA : Fundamental Studies on Farmland Conservation  
in Okinawa VII. The Relationship Between Soil Loss and Rainfall  
Energy on Standard Soil Erosion Testing Plots.

---

I 緒 言

沖縄本島北部に広く分布する国頭マーチは一般に受食性の高い土壤といわれており<sup>10)</sup>開畑, 圃場整備, パイン作付更新の際の表土はぎ等の際には危険降雨があると Photo 1 にみるように土壤侵食が顕著であり, その結果による土壤流亡は河海汚染の原因の一つとされている<sup>9)</sup>。流域環境のみならず沿岸の底

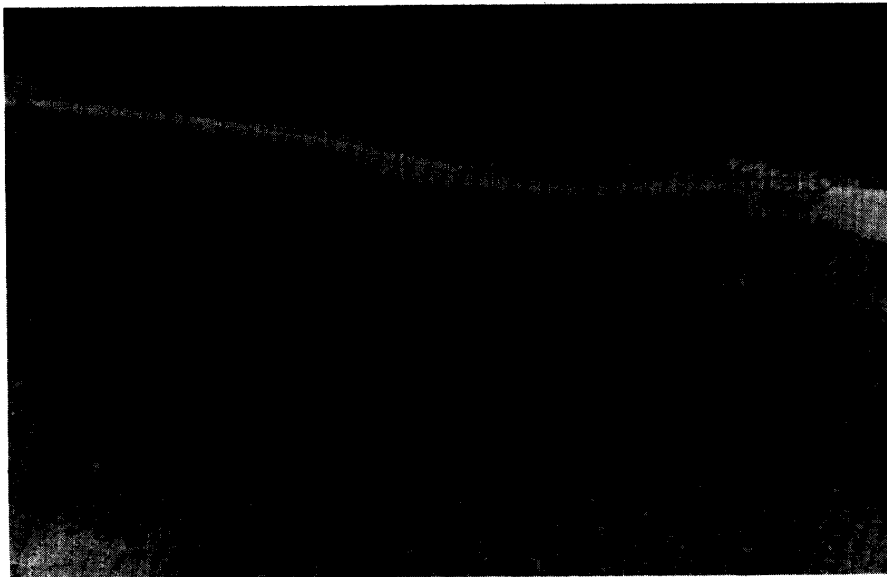


Photo. 1. Erosion in newly reclaimed area

---

\* 昭和53年度農業土木学会大会講演会にて発表  
\*\* 琉球大学農学部農業工学科  
琉球大学農学部学術報告 25 : 351 ~ 359 (1978)

生生物の生態系や、漁業等への影響も看過できないものであり、早急に土壌流亡抑制の対策を講ずる必要がある。このことにかんがみ、合理的な開畑や、圃場整備に関する基礎的研究の一環として、現場において、侵食試験区を設定し、降雨エネルギーと傾斜度別による土壌流亡との関係等を調べたのでその概要を報告する。

## II 実験設備および実測方法

試験区は国頭マーチが広く分布するほぼ南限の金武村字屋嘉で那覇の北方約40 kmの地点である。試験区の区画は斜面長20m、幅2mとし、傾斜をそれぞれ8度、5度、3度に設定し、毎降雨の流亡土量および流出水量を実測することにした。試験区ワクは巾30 cm、長さ400 cm、厚さ2.3cmの板を用い土中に20cm埋め、板の上端を土壌面上10cmとした。それぞれの試験区の間隔は約1.5 mである。試験区下流端には流亡土貯溜用のタンク $T_1$ と水位計設置用のタンク $T_2$ があり、両者は傾斜度別にそれぞれパ



Photo. 2. Experiment plots at Yaka

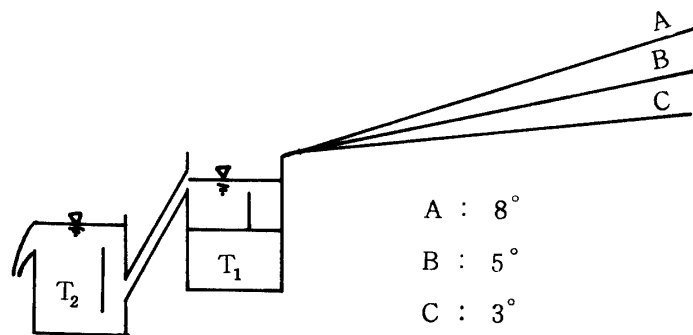


Fig. 1. Schematic drawing of experiment apparatus

$T_1$ : Soil Tank 74cm $\times$ 76 $\times$ 60  $T_2$ : Discharge Tank 41cm $\times$ 74 $\times$ 55

Table 1. Soil textural composition and physical properties

Gravel % 2 mm <	Coarse Sand % 2-0.42	Fine Sand % 0.42-0.074	Silt % 0.074-0.005	Clay % 0.005 >	Colloid % 0.001 >
29.7	11.4	17.6	17.4	23.9	12.0
Specific Gravity	Liquid Limit	Plastic Limit	Plastisity Index	Dispersion Ratio	Permeability (cm/sec.)
2.68	37.50	25.78	11.72	64.7	$137 \times 10^{-4}$

イプで連絡されており、 $T_1$ のタンクおよび $T_1$ と試験区を接続する土砂導入部は降雨しゃ断のためふたをしてある。

流亡土の測定はタンクに溜った泥水の上水を排除し、残留土をよくかき混ぜ、各試験区からT型ポリビン(1000cc)に採取し、実験室に持ち帰り炉乾重量を求め、全流亡土量を計算した。試験区の圃場面は流亡土採取の際つねに10cm程度に耕うんし整形した。試験区(写真)および測定装置をPhoto 2, Fig. 1に示す。土壌の粒度組成および物理性はTable 1のとおりであり、三角座標分類では粘土に属する。また表土(0~10 cm)の仮比重は1.4であった。

### Ⅲ 結果および考察

#### 1. 降雨エネルギー

沖繩において、土壌侵食に関与する降雨特性の中で、降雨の季節分布、降雨強度、雨滴の粒度分布、危険降雨回数等について2, 3の報告<sup>6) 11) 12)</sup>があるが、その他の特性について、藤原<sup>4)</sup>は雨滴の粒径分布の差異による雨滴のエネルギーに重点を置いて理論解析を行ない、山口県の雨と比較して沖繩県の雨は一般にその強度が大であることを指摘している。また種田は全国57ヶ所の昭和34~48年の降雨資料からWischmeire, Smithによる式<sup>13)</sup>をもとに、各地の月別EI値および降雨侵食の可能性を示

Table 2. R value of each location in Japan

地名	R 値	地名	R 値	地名	R 値
室蘭	122	銚子	315	広島	306
函館	125	横浜	297	徳島	447
秋田	177	富山	268	高知	784
白河	199	金沢	334	熊本	504
静岡	619	津	401	宮崎	682
浜松	433	京都	393	鹿児島	491
岐阜	385	潮岬	1097	那覇	774

Table 3. Average EI value at Naha of each month (1959-1973)

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
EI value	14.9	24.2	56.4	24.5	84.9	111.3	88.5	127.3	44.8	84.7	73.9	38.6	774.0
%	1.9	3.1	7.3	3.2	11.0	14.4	11.4	16.4	5.8	10.9	9.5	5.0	100.0

す降雨係数(R)を計算している<sup>16)</sup>。Table 2は各地区でRの大きい方から2~3抽出したものである。那覇のR値は潮岬, 高知に次ぐもので極めて高いといえよう。また那覇のR値の内訳はTable 3のとおりであり, 月別にEI値をみると高い方から8月, 6月, 7月, 5月の順となり, 年平均のR値の大半はこれら4ヶ月に集中している。

試験地の降雨資料は200m程離れた嘉芸小学校に設置されている有線ロボット気象計の降雨記録である。Table 4の降雨量は土壌流亡(1t/ha)に関与したとみられる<sup>15)</sup>連続13mm以上の降雨の総和であり, EI値は種田がWishmeire, Smithの式 $E = 916 + 331 \log_{10} I$  [式中E:降雨の運動エネルギー(ft·t/acre·inch), I:降雨強度(inch/hr)]で降雨エネルギーの単位を $10^3 \text{mm} \cdot \text{mt} / \text{ha} \cdot \text{hr}$ に換算した計算方法にもとずき算出したものである。

Table 4. Soil loss vs EI value of each testing Plot

Rainfall (mm)	EI-Value 10mm t m/ha.hr.	Soil Loss (t/ha)			Rainfall influenced soil loss in mm
		A	B	C	
71	109	62.68	44.26	12.21	6/2
36	27	13.28	9.08	4.66	6/6
84	46	33.10	20.78	11.87	6/18 (21), 6/19 (28), 6/21 (35)
35	9	17.19	10.43	3.61	7/8
183	186	110.65	83.61	63.89	8/16 (15), 8/21 (149), 8/22 (19)
86	164	73.53	60.21	27.73	9/25
33	12	49.21	21.34	6.45	11/30
34	11	11.69	7.26	4.14	12/5
52	18	15.87	16.10	9.26	5/3, 2/14 (18), 3/4 (34)
104	118	58.66	33.74	26.80	3/9
59	45	12.74	11.56	9.06	3/18 (14), 3/21 (45)
50	16	6.39	6.86	5.93	4/6 (31), 4/10 (19)
96	33	40.75	27.85	16.61	4/16 (30), 4/23 (14), 4/29 (52)
Total 923	794	505.74	353.08	202.22	

## 2. 傾斜と流亡土量との関係

昭和52年6月より53年4月まで20回の降雨による流亡土を13回にわたって測定した結果がTable 5である。傾斜と流亡土量との関係については数多くの研究がなされているが, いくつかの例を引用す

るとつぎのとおりである。すなわち三原<sup>7)</sup>は人工降雨による試験の結果、一降雨下では傾斜が小さい程浸透の減退が激しく、平坦に近い程流去水は増大するが、土壌流亡は逆になると指摘しており、Swanson等<sup>14)</sup>はHoldrege Silt loamを用いた人工降雨(2.5 inch/hr.)による侵食試験で傾斜3%から12%の間で1%につき1.27 tons/acreの流亡土量の増加があることを明らかにした。

またWischmeire等<sup>18)</sup>は3%~22%の傾斜では $A = 0.43 + 0.30S + 0.04S^2$ なる式が成り立つことを提唱した。式中A:流亡土量(tons/acre), S:傾斜度(%)である。更にNeal<sup>8)</sup>は飽和状態の土壌での流亡土は降雨強度(inch/hr.)の2.2乗、傾斜度(%)の0.7乗に比例すると述べている。

以上のように傾斜と流亡土量の関係は土層、土壌の状態、降雨強度等の条件設定が同一でなく、解析が容易でない。

今回の測定結果からEI値を3段階に区分し、傾斜と流亡土の関係を示したのがFig.2である。2つの例を除いては傾斜の大きい程流亡土量が大であるが、降雨条件、土壌の初期条件等が異なるので、両者の関係を数式化するには更に多くの測定を重ねる必要がある。

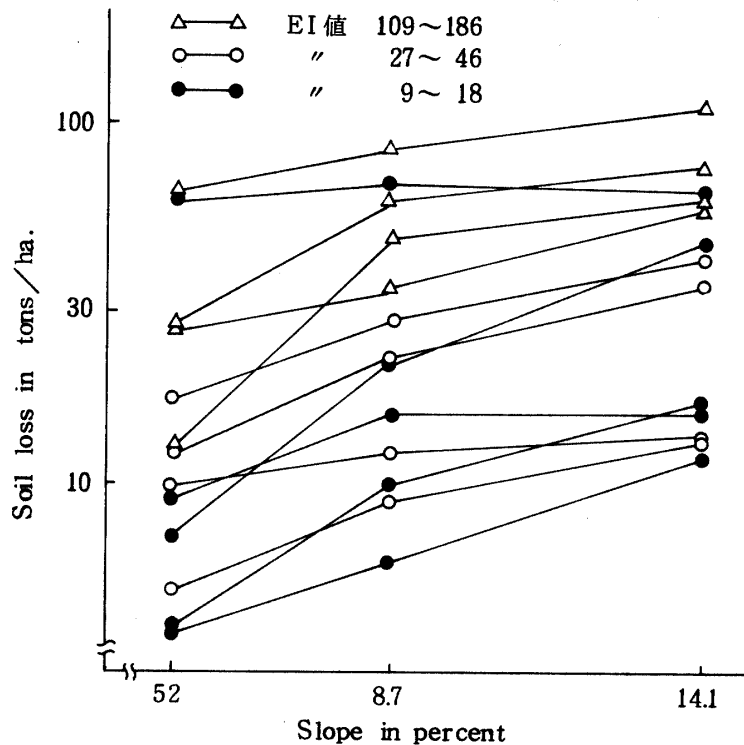


Fig. 2. Soil loss vs degree of slope

### 3. 降雨エネルギーと流亡土量との関係

土壌侵食に関与する降雨要因の中で降雨強度が最も重要な意味をもつといわれている。すなわちNealは降雨強度は流去や侵食に影響をおよぼす最も重要な因子であるとし<sup>8)</sup>、種田等は裸地の土壌侵食は降雨量よりも降雨強度の影響が大きく、とくに短期間のものほど高い相関関係を示すことを明らかにしており<sup>17)</sup>、Barnettは降雨強度の中で最大60分間強度が土壌侵食に最も密接な関係にあると指摘している<sup>1)</sup>。また藤川等は人工降雨によるシラス土壌の侵食実験をした結果、土槽コウ配が大きくなると、土壌侵食量は降雨エネルギーよりも地表コウ配や表面流去水量に強く支配されるとしている<sup>2)</sup>。

降雨エネルギーを降雨強度の関数として数式により求める方法はWishmeire, Smith<sup>18)</sup>が提唱した

ものだが、何分間強度を採用するか、また何mm以上の雨を基に計算するかはその地域の侵食要因によって異なるものと思われる。Hudson<sup>5)</sup>はアフリカの亜熱帯地方で1時間25.4mm以上の降雨強度による運動エネルギーが他のどの降雨要因によるよりも土壌流亡と関係が深いと報告している。

本研究で採用したEI値は前述したように一雨連続13mm以上の降雨と60分強度を基に算出したものである。Table 4に傾斜別、EI値別に流亡土量を示した。一雨ごとに流亡土の測定ができなかった場合はそれぞれの影響降雨とその生起月日を記した。

Fig. 3は傾斜別にEI値と土壌流亡量を両対数紙にプロットしたものである。両者の関係を最小自乗法で処理して回帰式を求めると、傾斜別にそれぞれ図中の方程式で表わされ、傾斜度の低い程相関関係は高くなっている。また2例を除き同一EI値では傾斜度の高い程流亡土量は多くなっている。

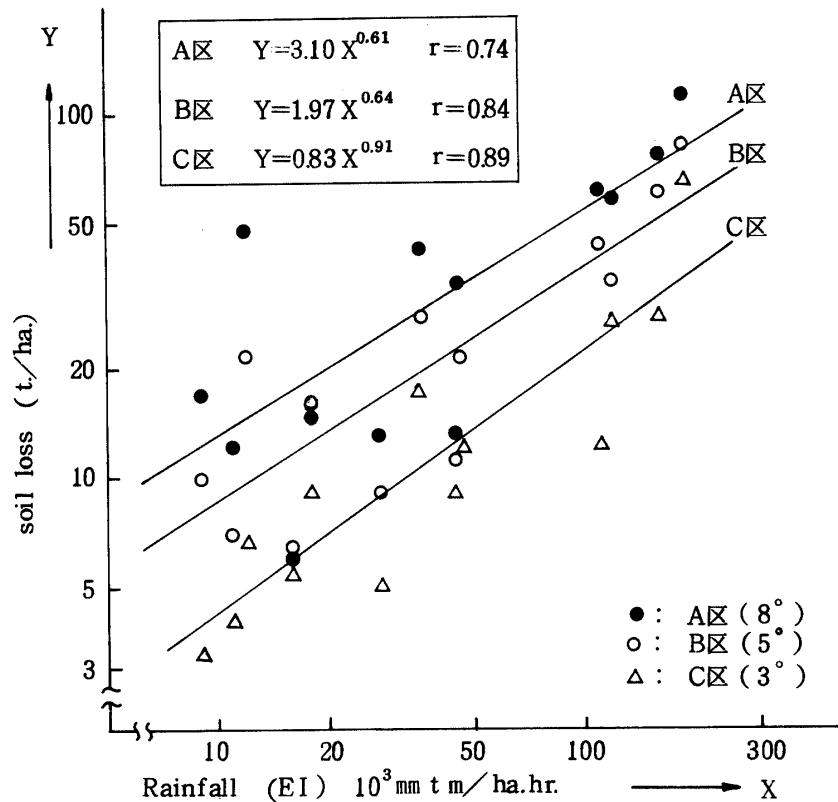


Fig. 3. EI value vs soil loss

#### 4. 流亡土の粒径組成

4つの降雨による流亡土の粒径組成を調べてTable 5に示した。試験区や降雨の大小を問わず、0.42mm未満の粒子が大部分を占めている。Swanson等<sup>14)</sup>は人工降雨(63.5mm/hr)による侵食試験の結果3%, 7%, 12%試験区において、供試土表層で0.05mm以下の粒子の占める割合がそれぞれ91, 91, 93%のとき、流亡した土粒子の中で同じく0.05mm以下の粒子の占める割合は96, 95, 94%であること、更に傾斜が急なほどより粗い粒子が運ばれることを報じている。また藤川等<sup>3)</sup>は人工降雨によるマサ土の土壌侵食実験結果から流出土の粒径組成の重量比の大小は雨量強度、流出の経過時間によって変化すると述べている。本試験地の表層土の粒径組成で0.4mm以下分が53.5%を占めているが、流亡土のそれはすべて60%以上を占めている。面状侵食によりいわゆるErosion Pavementの現象

Table 5. Grain size of eroded soil by inclination

Rainfall (mm)	≥ 2.0 mm			≥ 0.42 mm			0.42mm >		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
35	3.0	2.9	1.1	10.4	7.6	2.4	86.6	89.5	96.5
183	5.1	8.2	8.4	12.7	18.2	21.4	82.2	73.6	70.2
86	1.9	3.7	0.9	8.0	13.4	7.7	90.1	82.9	91.4
33	11.3	11.4	3.9	28.3	27.5	18.2	60.4	61.1	77.9

が起きたものと思われる。また傾斜度別に流亡土の最大粒径を調べてみると傾斜による影響は殆んどみられない。Table 5にみるように降雨量による影響がないことと併せてこれらのことは流去水の水みちの形成の難易等や粗い粒子の流亡の阻害要因が各試験区とも異なることによるものであると思われる。

#### IV ま と め

本研究の観測期間中（昭和52年6月1日～53年4月30日）における連続13mm以上の降雨回数は34で、それらの総和は約2,000mmであるが、その中で2回連続降雨の場合を除き、毎降雨ごとの流亡土観測可能回数が27回であるが、実際は欠測や2～3回の降雨による1回の観測等もあって、13回（20回降雨回数）の観測をもとにまとめたものである。結果は次のように要約されよう。

- 1) 観測期間中の降雨エネルギーは924 ( $10^3 \text{mm t/ha}\cdot\text{hr}$ )であり、Table 4のその期間の平均値689をはるかに上回るものである。
- 2) 観測された流亡土量 ( $\text{t/ha}$ )は8度区、5度区、3度区でそれぞれ506, 353, 202, であり土壌の仮比重(1.4)をもとに土層厚に換算するとそれぞれ3.6cm, 2.5cm, 1.4cmとなり極めて大きい侵食量といえる。
- 3) 一般に傾斜度が増せば流亡土量も増大する。
- 4) 降雨エネルギーと各傾斜別の流亡土量との間には $Y = a X^b$ の関係が成り立ち、特に5度区と3度区はXとYの相関が比較的高い。

終りに本研究は昭和51年度文部省科学研究費の補助によるもので、沖縄開発庁土地改良課の協力のもとに行なわれたものである。また本研究に協力下さった屋嘉区長の大城氏および関係区民の方々に謝意を表します。

#### V 参 考 文 献

1. Burnett, A. P. 1958 How intense rainfall affects runoff and soil erosion, *Agricultural Engineering*, **39**: 703 - 707
2. 藤川武信, 高山昌照, 吉田 勲, 安中正美 1975 沖縄開発に伴う土地環境の変化と防災に関する研究 — 人工降雨による土壌侵食実験 —, 文部省自然災害特別研究成果報告, **46** - 53
3. 藤川武信, 加来 研, 吉田 勲, 三輪晃一 1973 火山灰土および沖積地帯の農地整備と保全, 土質理工学研究報告第, **17**: 1-7, 九州大学農学部



4. 藤原輝男 1975 沖縄開発に伴う土地環境の変化と防災に関する研究 — 沖縄の降雨特性 —, 文部省自然災害特別研究成果報告, 38 - 45
5. Hudson, N. W. 1961 An introduction to the mechanics of soil erosion under conditions of subtropical rainfall, Proc, trans, Rhod, Sci, Assoc, **49**(1):15 [Elwell, H. A. and Stocking, M. A. 1973, Rainfall parameters for soil loss estimation in a subtropical climate, J. Agrc. Engng. Res. , 169 - 177]
6. 一戸貞光 1963 琉球における山地農業の現状と問題点(続), 沖縄農業, **2**(1):80 - 89
7. 三原義秋 1951 雨滴と土壌侵食, 農業技術研究報告, A(1):1 - 59
8. Neal, J. H. 1938 Effect of degree of slope and rainfall characteristics on runoff and soil erosion, Agricultural Engineering, **19**:213 - 217
9. 沖縄県 1978 赤土の流出による漁場の汚染状況調査報告書, 50
10. 沖縄県農林水産部農林建設課 1975 沖縄県農地保全事業指針(案), 60 - 67
11. 翁長謙良 1969 沖縄における農地保全の基礎的研究(第1報) - 土壌侵食に關与する2, 3の降雨特性について, 琉球大学農学部学術報告第, **16**:180 - 187
12. ——— 1974 沖縄における農地保全の基礎的研究Ⅵ - 土壌侵食に關与する2, 3の降雨特性について(2) -, 琉球大学農学部学術報告第, **21**:173 - 180
13. Smith, D. D. and Wischmeire, W. H. 1962 Rainfall erosion, Advance in Agronomy, **14**:109 - 148 [15]
14. Swanson, N. P. and Dedric, A. R. 1967 Soil particles and aggregates transported in water runoff under various slope conditions using simulated rainfall, Transaction of the ASAE, **10**(2):246 - 247
15. 種田行男 1975 農地の土壌侵食量の予測, 農業土木学会論文集第, **56**:8 - 11
16. ——— 1976 降雨侵食の可能性を示す降雨係数の算定, 農業土木学会論文集第, **65**:15 - 19
17. ———, 富田正彦 1972 雨滴のエネルギーからみた土壌侵食と降雨強度の関係, 農業土木学会論文集第, **40**:23 - 26
18. Wischmeir, W. H. Smith, D. D., Uhland, R. E. 1958 Evaluation of factors in the soil-loss equation, Agricultural Engineering, **39**:458 - 462

### Summary

This study has been done in order to establish criteria and guidelines applicable to field problems in northern parts of Okinawa, which excel in Kunigami Maji soils. These soils are usually acidic, infertile and erosive physically but productive of both pineapple and tea. The textural composition and physical properties of the soils are shown in Table 1.

Three field plots have been selected for soil erosion experiment at Yaka, Kin-son.

The plots were set at inclines of 8 (A), 5 (B), and 3 (C) degrees, respectively. The period of observation is from June, 1977 to April 1978 and the rainfall of the area was calculated for this period. The data obtained are as shown in Table 5.

The results of this observation are as follows:

1. The rainfall at Yaka was 924 ( $10^3$  mm tm/ha, hr,) during the period of observation and this amount surpassed the annual average rainfall (689) in Naha.
2. The soil loss from the plots A, B, and C is 506 t/ha, 353 t/ha, and 202 t/ha, respectively.
3. Generally, the soil loss increases with the increase of inclination.
4. The relationship between the amount of rainfall and the loss of soil is formulated as the equation  $Y = aX^b$ , where Y is soil loss in tons per ha, and the rainfall in  $10^3$  mm·m·t per ha. hr.