

報 文

四国の急傾斜畑地におけるマルチングの土壌侵食防止効果

山本 博・遅澤 省子・石原 暁・花野 義雄

Effects of straw mulch on soil erosion from steep slopes in Shikoku, Japan

Hiroshi Yamamoto, Seiko Osozawa, Akira Ishihara and Yoshio Hanano

Shikoku National Agricultural Experiment Station, Zentsuji-765, Japan

Summary

In order to clarify the straw mulch effect on slopes steeper than 18%, soil losses were measured for three rates of straw mulch and four stages of slope steepness. Mulch applied at a rate of 1 ton/10a greatly reduced soil erosion 0.073% as compared with no mulch. Both soil loss and water runoff from soybean-planted slopes with mulch were almost constant with the increase of slope steepness, nevertheless soil losses per unit area of bare slopes increased as the 2.6 power of the slope steepness. Straw mulch reduced the surface runoff and controlled the rill erosion on the slopes with the steepness between 18% and 44%.

Key words: soil conservation, straw mulch, slope steepness, runoff

(Soil Phys. Cond. Plant Growth, Jpn., 71, 41-46, 1995)

1. はじめに

農耕地表面に藁や野草を用いてマルチング(敷藁・敷草)をすることは、有効な土壌保全の方法の一つとして知られている。四国には傾斜角15度以上の急傾斜畑地が広く分布しており、こうした畑地では土壌の侵食を防止するためのマルチングが、古くから行われ(伊藤, 1958)、その量は10aあたり0.75t~1tに達する(石原, 1992)。しかし、近年の過疎化、住民の高齢化の進行により、耕作放棄が進み、マルチングを行わない裸地状態の圃場が増加している。四国のこのような急傾斜畑地では、強雨に伴って表土の流出が生じている。そこでマルチングの土壌侵食防止効果を明らかにしておくことは、耕作放棄地の侵食を防止し、土壌流出による下流への環境悪化を防止するために必要となってきた。

マルチングの侵食防止効果については、おもに斜面の勾配や、地表を被覆する藁・草の量を変えて、無被覆状態と比較することで検討されてきた(たとえば、Borst and Woodburn, 1942; 川村, 1966; Lal, 1976; Lattanzi et al., 1974; Mannering and Meyer, 1963; Meyer et al., 1970)。しかし、勾配の大きさは20%

農林水産省四国農業試験場 〒765 善通寺市仙遊町  
キーワード: 土壌保全、マルチング、斜面勾配、流出水

(傾斜角11°)以下を対象とすることが多く、四国の畑地にみられるような急傾斜畑地を対象としたマルチング効果の検討はほとんどないようである。そこで、本研究では急傾斜畑地におけるマルチングの役割を、(1)傾斜角15度の圃場に敷く藁の量を変えて、土壌流出の減少効果を見る敷藁量試験と、(2)圃場の傾斜角を変えて、敷藁を施した作付け地と放棄裸地における土壌流出と地表水流出との差異を見る勾配試験とから検討した。

2. 研究方法

敷藁量の効果をみる試験では、高知県大豊町に幅5m、水平長19.2m、勾配27%(傾斜角15°)の試験区を三区設定した。一区は敷藁量が0の裸地区とし、他の二区には稲藁をそれぞれ0.3t/10a、1t/10aの割合で均一に散布した。地表面は1992年秋に耕起後、作畝せずに放置してあった畑をレーキでほぼ一様に均して1993年5月から試験を開始した。土壌は、結晶片岩を母岩とする細礫を含み降下火山灰を混入する結晶片岩質土壌で、耕土層の厚さは15~30cmである。表層の土性は軽塩土で、試験開始時の乾燥密度は0.84 g/cm<sup>3</sup>であった。土壌流出量は、

2週間毎に斜面下端の土砂溜に堆積した土砂を測定した。侵食深は、直径5mm、長さ50cmのグラスファイバー製丸棒(侵食ピン)を、長さ20cmを露出させて鉛直に埋設し、その露出長の測定より得た。この侵食ピンは各区毎に横断方向に1m間隔で5本、縦断方向に2m間隔で10本、合計50本を設置したが(図-1参照)、リル壁などで侵食ピンに接して地表面の高さが異なる場合には、低い位置の地表面を測定した。

斜面の勾配の効果をみる試験は、香川県善通寺市の試験場構内に勾配18.0%(傾斜角10.2°)、25.3%(14.2°)、34.8%(19.2°)、43.9%(23.7°)の畑地を2区ずつ、合計8区造成して行った。各圃場の大きさは幅8m、水平長11.5mである。試験は、1992年7月に全区を耕起し、ソバとキャベツを続けて作付した後、1993年6月から各勾配の二区のうち、一方をマルチングをした大豆作付区とし、他方を裸地区として行った。作付区では稲藁を0.3t/10aの割合で均一に散布した。作付区の地表面には、圃場の横断方向に沿う畝立てにより比高5cm程度の横畝が60cm間隔で形成された。裸地区では、前作の畝をレーキで均して、ほぼ一様の状態とした。土壌は風化の進んだ花崗岩を母材とする花崗岩質土壌で、耕土層の厚さは25~30cmである。表層の土性は砂壤土で、試験開始時の乾燥密度は1.22 g/cm<sup>3</sup>であった。土壌流出量と流出水量は、

一雨毎にその総量を斜面下端において、それぞれ土砂溜、および貯水槽と水道用メーターによって測定した。

降雨量は、各試験とも圃場近くに置かれた精度0.5mmの転倒ます式雨量計による10分毎の記録によった。また、試験圃場の長さはそれぞれの地域の急傾斜畑地の区画で普通に見られる大きさとし、また幅については各試験地で可能な大きさをとるようにした。結晶片岩質土壌についてはUniversal Soil Loss Equation (USLE)の標準試験区(斜面長22.1m)と同程度の斜面長での試験はまだないようなので、そうした基礎資料となることもめざした。そこで、本稿では各試験毎にマルチングの効果についてのべる。

### 3. 結果・考察

#### 1) 敷藁量効果試験

敷藁区と裸地区における土壌流出量を表-1に示す。裸地区では、60分間最大降雨強度が68mm/hrに達する豪雨に対応して、多量の土壌流出があり、全期間で136.3kgに達した。敷藁0.3t/10a区では豪雨のピークよりおくれて土壌流出のピークが生じた。1t/10a区では土壌流出量は明瞭なピークを示さずにきわめて少量である。図-1には侵食ピンによる地表高変化の場所的差異を示す。裸地区では平均-7.70mmの地表変化(低下にマイナス符号をつける)が生じた。とくに、斜面上端からの水平長7~15mの範囲では最大-36mmを含む活発な変化となった。しかし、土壌流出量からみた平均侵食量(侵食にマイナス符号をつける)は-1.7mmであったから、土層の収縮と土粒子の洗脱による沈下が同時に生じていると判断される。敷藁0.3t/10a区では比較的地表変化量が大きく、土壌流出が降雨のピークより遅れたことから、斜面内では侵食と堆積の繰り返しによる斜面下方への移動が推定される。1t/10a区では、土壌流出量はわずかであったから、斜面内での変化はほとんどが垂直な方向の地表の低下によると推定される。

総土壌流出量について、裸地区に対する敷藁区の比は0.3t/10a区、1t/10a区でそれぞれ0.00745、0.00073となった(表-1)。したがって、マルチングによる土壌侵食を抑制する効果はきわめて大きく、1t/10aの敷藁量では土壌侵食量はほとんど無視しうる事がわかる。

#### 2) 勾配効果試験

敷藁作付区と裸地区における一雨毎の降雨、土壌流出量、および地表流出水量を表-2に示す。一雨毎の降雨条件と土壌流出量との関係については種々の検討がされているが、ここではMeyer(1981)の解析と同様に降雨強度と侵食速度との関係をみでみる。ここで、降雨強度には一雨の継続性と侵食に寄与する強度を考慮して、60

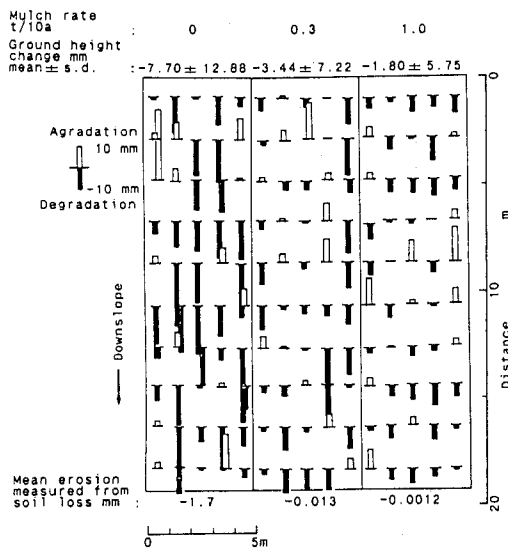


図-1 侵食ピンを用いた地表高変化の場所的差異  
Fig. 1 Areal distribution of ground surface change measured by using erosion pins.

試験圃場と侵食ピンの位置を水平面に投影して地表高変化を棒グラフで示す。

## 報文：四国の急傾斜畑地におけるマルチングの土壌侵食防止効果

表-1 2週間毎に測定した土壌流出量にみる敷藁量の効果  
Table 1 Effect of straw mulch on the soil loss measured every two weeks.

番号	測定期間 1993年	降雨量 P mm	60分間最 大降雨強 度 I <sub>60</sub> mm/hr	土壌流出量 Ms		
				裸地 区	敷藁 0.3t /10a区	g 敷藁 lt /10a区
1	5/26~6/17	240.5	11.5	78	128	25
2	6/17~6/30	253.5	14.0	451	0	0
3	6/30~7/16	227.5	24.5	2344	21	23
4	7/16~8/3	998.5	68.0	70586	53	19
5	8/3~8/17	414.0	52.0	47539	553	5
6	8/17~9/2	71.0	25.0	5648	146	17
7	9/2~9/16	309.5	60.0	9555	89	5
8	9/16~10/1	97.5	10.5	131	8	3
9	10/1~10/15	116.5	7.5	9	19	3
総量				136341	1017	100
単位水平面積当りの総量, g/m <sup>2</sup>				1420.2	10.6	1.04
裸地区に対する比				1	0.00745	0.00073

降雨：森林総研四国支所林地保全研究室による測定，試験区水平面積：96m<sup>2</sup>

表-2 降雨毎に測定した土壌流出量と地表流出水量にみる斜面勾配の効果  
Table 2 Effect of slope steepness on the soil loss and the water runoff measured every rain-storm.

番号	降雨量 P mm	60分間最 大降雨強 度 I <sub>60</sub> mm/hr	18.0% 18.0%		25.3% 25.3%		34.6% 34.8%		43.9% 43.9%		18.0% 18.0%		25.3% 25.3%		34.8% 34.8%		43.9% 43.9%	
			裸地 区	敷藁作 付区	裸地 区	敷藁作 付区	裸地 区	敷藁作 付区	裸地 区	敷藁作 付区	裸地 区	敷藁作 付区	裸地 区	敷藁作 付区	裸地 区	敷藁作 付区	裸地 区	敷藁作 付区
1	26.0	11.0	284	948	100	378	966	460	6130	466	47.0	158.7	30.0	119.0	123.0	56.0	74.0	134.1
2	79.0	21.0	4401	2148	4818	866	30084	1728	70395	870	17.0	1244.8	374.1	221.8	150.0	755.3	970.4	1168.6
3	62.5	7.5	996	915	675	234	1285	305	2361	324	36.0	105.3	93.0	10.0	184.0	56.1	1978.0	148.0
4	68.5	19.5	1574	630	1574	475	6280	642	13739	536	n.d.	482.2	77.0	174.0	6.5	181.4	1265.7	833.0
5	39.0	4.5	15	120	466	10	498	60	675	0	37.0	171.3	41.0	9.0	40.0	84.0	516.2	44.0
6	19.5	15.0	66	186	60	150	340	12	975	50	64.5	143.9	33.0	8.0	128.5	79.0	1553.8	81.0
7	21.5	9.5	514	377	305	305	225	128	675	161	62.0	34.0	18.0	10.0	89.0	10.0	122.0	69.5
8	40.5	10.5	203	260	257	51	1301	434	575	130	82.0	231.0	16.5	32.0	151.0	87.5	171.0	37.5
9	31.0	16.5	290	273	418	50	707	546	980	40	115.5	104.0	25.0	19.0	117.5	25.0	137.0	42.0
10	17.5	6.0	128	514	0	0	434	209	658	434	85.0	49.5	13.0	4.0	102.0	2.5	95.0	63.5
11	95.5	17.5	1386	385	755	50	8673	434	12437	188	163.8	740.8	816.7	1085.5	165.1	10.4	4151.6	142.5
12	84.5	28.0	6576	n.d.	2586	n.d.	24772	384	11161	n.d.	470.2	813.7	1714.1	77.5	461.3	293.0	5678.2	457.6
13	88.5	10.0	421	40	177	32	1316	0	515	39	168.0	296.5	113.0	n.d.	509.0	89.0	365.2	158.0
14	29.5	19.0	675	140	199	42	4740	110	690	106	276.0	308.0	129.9	138.5	124.5	125.0	439.9	225.0
15	31.0	9.0	110	10	n.d.	n.d.	140	20	65	15	117.0	77.0	38.4	31.5	122.2	13.8	119.0	53.0
16	53.0	12.5	602	90	280	10	14247	10	45	20	185.8	202.2	126.0	22.0	1789.4	27.0	529.4	80.0
17	23.5	4.0	20	n.d.	60	10	70	30	52	10	108.5	58.1	21.0	34.0	142.0	13.0	118.0	92.0
18	30.5	5.0	80	40	20	n.d.	380	n.d.	20	40	134.0	43.0	29.0	23.0	239.0	4.0	107.0	75.0
19	43.5	5.0	150	60	110	30	7490	25	70	65	181.0	174.0	71.0	90.0	1599.9	75.0	236.0	51.0
20	13.0	3.5	100	0	20	0	20	0	60	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
総量			18591	7136	12680	2693	103998	5537	122188	3494	2350.3	5438.0	3779.7	2108.8	6243.9	1967.0	18627.4	3955.3
単位水平面積当りの総量, g/m <sup>2</sup>			202.1	77.6	140.0	29.3	1130.4	60.2	1328.1	38.0	25.5	59.1	41.1	22.9	67.9	21.6	202.5	43.0
裸地区に対する比			1	0.384	1	0.209	1	0.053	1	0.029	1	2.314	1	0.558	1	0.318	1	0.212

n.d. : 未測定、 測定期間：1993年6月27日～11月2日， 試験区水平面積：92m<sup>2</sup>。

分間最大降雨強度  $I_{60}$  をとりあげ、また侵食速度  $E$  を圃場水平面積あたり、降雨継続時間あたりの土壌流出量で定義する。降雨継続時間は降雨量  $P$  を60分間最大降雨強度  $I_{60}$  で除したもので定義し、最大強度の降雨が継続した場合の時間で表す。勾配  $S=43.9\%$  の斜面における関係を図-2に示す。 $E$  を  $I_{60}$  のべき乗の関係式で表すと、表-3に示すように、敷藁作付区ではバラツキが大きい。一方、 $E$  は  $I_{60}$  の1.6~2.2乗に比例する。Meyer (1981)によると、インターリル(リル間地)では、侵食速度は降雨強度の2乗に比例することが得られている。したがって、本試験は自然降雨によるもので、一雨が均一な降雨強度ではないが、敷藁作付区では明瞭なリルが観察されなかったこととあわせると、おもにインターリルの侵食状態と対応するものと考えられる。一方、裸地区では  $E$  は  $I_{60}$  の2.2~3.1乗となり、勾配が大きいほど増加傾向が大きくなった。これに関連して、降雨と流出の関連を見てみる。

地表流出水の発生状況を60分間最大降雨強度  $I_{60}$  に対する流出率  $f$  (地表流出水量  $R$  を、降雨量  $P$  と試験枠面積との積で除したもの) の変化からみると、敷藁作付区ではいずれの勾配でも  $I_{60}$  の増加とともに  $f$  が10%までに直線的に漸増する傾向が認められた。裸地区では同様に直線的に増加するが、その増加割合は急斜面ほど大きい傾向にあり、とくに、34.8%と43.9%の勾配では、図-3に例示するように、 $I_{60}$  の増加とともに20~80%の高い流出率の事例が生じた。この場合には侵食速度が比較的大きく(図-2)、こうした高流出率時には土層中に直径3~4cmのパイプ状の水路が形成され、その地表への開口部から下流側に数cm幅のリルが形成されたことが観察された。したがって、裸地では60分間最大降雨強度の増加とともに、インターリルの侵食から、リルを伴う侵食へと変化しており、それがべき乗の指数を大きくさせていると考えられる。

次に、単位水平面積あたりの土壌流出量と地表流出水量の総量とは表-2に示すように、裸地区では斜面の勾配の増加とともに増す。一方、敷藁作付区では、18.0%の勾配では他の勾配と比べ、流出水量が多くそのために土壌流出量が大きくなる傾向があるが、全体としてオーダー的には一定である。単位水平面積あたりの総土壌流出量  $A$  と勾配  $S(=\tan \theta, \theta: \text{傾斜角})$  との関係を図-4に示すと、裸地区では、べき乗の回帰式で表すと  $A=0.081S^{2.57}$  となる。敷藁作付区では勾配とともに急増しないので、裸地区と敷藁区との差が勾配の増加とともに大きくなる。こうした違いは、裸地区では勾配とともに地表流出水が増加し、リルが形成されるのに対し、敷藁作付区では、藁の被覆により地表流出成分の増加が抑

えられるためにリルの形成を少なくし、おもにインターリルでの侵食が生じたためと判断される。したがって、この測定範囲では急斜面ほどマルチングが水と土壌の両方の保全に有効であることがわかる。

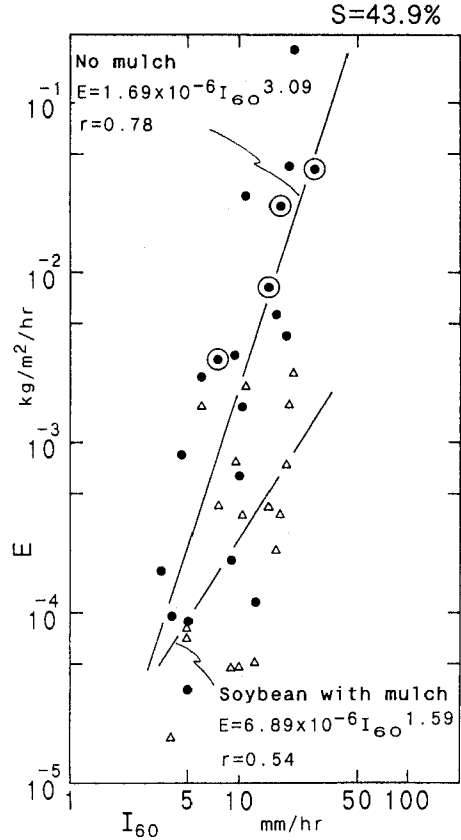


図-2 60分間最大降雨強度  $I_{60}$  と侵食速度  $E$  との関係  
 Fig. 2 Relationship between the maximum 60-minutes rainfall intensity  $I_{60}$  and the erosion rate  $E$ .  
 ●: 裸地区, △: 敷藁作付区, ⊙: 裸地区で流出率が30%以上のデータ点(図-3参照)。

表-3  $E = a I_{60}^b$  における比例定数  $a$  と指数  $b$   
 Table 3 Proportions (a) and exponents (b) in the equation  $E = a I_{60}^b$  for different slope steepnesses and treatments.

勾配 %	処理区	a $\times 10^{-6}$	b	データ数 n	相関係数 r
18.0	裸地	2.45	2.55	20	0.87
18.0	敷藁作付	8.80	1.78	17	0.55
25.3	裸地	4.39	2.19	18	0.85
25.3	敷藁作付	1.14	2.18	15	0.65
34.8	裸地	5.99	2.76	20	0.83
34.8	敷藁作付	5.41	1.81	17	0.62
43.9	裸地	1.69	3.09	20	0.78
43.9	敷藁作付	6.89	1.59	17	0.54

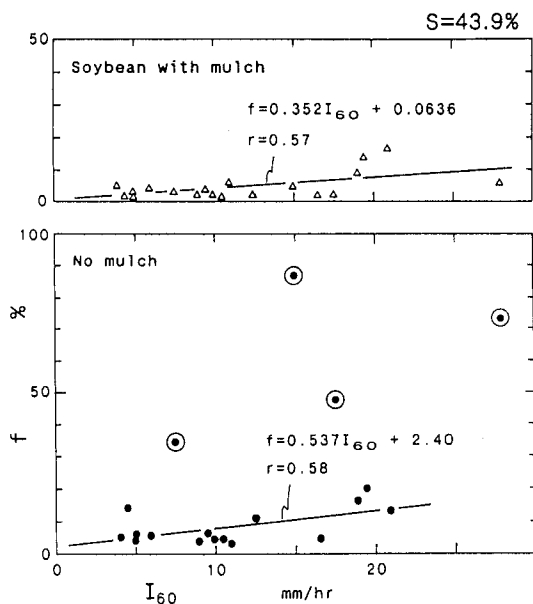


図-3 60分間最大降雨強度  $I_{60}$  と流出率  $f$  との関係  
 Fig. 3 Relationship between the maximum 60-minutes rainfall intensity  $I_{60}$  and the runoff ratio  $f$ .  
 ● : 裸地区, △ : 敷藁作付区. ◎ : 裸地区で流出率が30%以上のデータ点で、裸地区の回帰式にはこのデータ点を含まない。

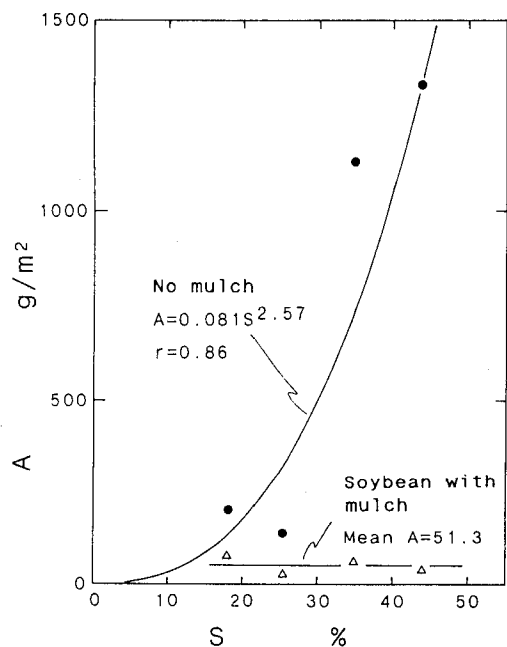


図-4 斜面勾配  $S$  と単位面積当りの土壌流出量  $A$  との関係  
 Fig. 4 Relationship between the slope steepness  $S$  and the soil loss per unit area of plot  $A$ .

#### 4. おわりに

四国の急傾斜畑地における慣行であるマルチングの侵食抑制効果について、限られた自然降雨の条件下であるが、次のような特徴が得られた。

(1)敷藁量の侵食に与える効果は、0.3t/10aの割合では圃場内で土壌の侵食と堆積を生じさせたのに対し、1t/10aの割合ではほぼ土壌の流出を止めた。

(2)土壌流出量は裸地区では斜面勾配の2.6乗に比例して増加するのに対し、敷藁作付区では勾配に伴う急増はみられず、オーダー的に一定である。

(3)勾配18%~44%の急斜面において、マルチングは地表流出の増加を抑え、リルの発達を少なくしていると判断された。

#### 謝辞

本試験は農業環境技術研究所、森林総合研究所、中国農業試験場、四国農業試験場による共同研究の一環として行われた。また、大豊町の三谷雄喜氏の圃場を試験地に借用させていただいた。ここに記して、関係の各位に謝意を表します。

#### 引用文献

Borst, H. L. and Woodburn, R. (1942) : The effect of mulching and methods of cultivation on run-off and erosion from Muskingum silt loam. *Agric. Engr.*, 23:19-22.  
 井田 明・氏家 勉・小谷 晃・東尾久雄(1987) : 麦作導入による傾斜キャベツ畑の土壌侵食防止効果, 土肥誌, 58(2) : 243-246.  
 石原 暁(1992) : 土地を守る傾斜地農業, 農林統計調査, 92(4) : 9-15.  
 伊藤健次(1958) : 傾斜地農業, p252, 地球出版, 東京.  
 川村秋男(1966) : 瀬戸内軟質土壌の侵食性とその保全に関する研究, 四国農業の新技术, 3 : 117-230.  
 Lal, R. (1976) : Soil erosion on Alfisols in Western Nigeria, II. Effects of mulch rates. *Geoderma*, 16 : 377-387.  
 Lattanzi, A. R., Meyer, L. D. and Baumgardner, M.F. (1974) : Influences of mulch rate and slope steepness on interrill erosion. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 38 : 946-950.  
 Mannering, J. V. and Meyer, L. D. (1963) : The effects of various rates of surface mulch on infiltration and erosion. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 27 : 84-86.  
 Meyer, L. D. (1981) : How rain intensity affects

interrill erosion. Trans. of the ASAE, 24 : 1472  
-1475.

Meyer, L. D., Wichmeier, W. H. and Foster,  
G. R.(1970) : Mulch rates required for erosion  
control on steep slopes. Soil Sci. Soc. Amer.  
Proc., 34 : 928-931.

(受稿年月日 1994年6月9日)