

傾斜農地の作物による土壌侵食防止効果について

— 傾斜農地の土壌侵食に関する研究 (IV) —

今 尾 昭 夫^{*}

Akio IMAO

On the Effect of Soil Erosion Prevention by Crops at the Sloped Farmland
— Studies on Soil Erosion of the Sloped Farmland (IV) —

1. まえがき

傾斜農地における土壌侵食現象は、降雨量の多い我が国においては、常に考慮しなければならない問題の一つである。従来、我が国における農地は、水田がその主役であって、畑地の保全については、ほとんど顧みられなかったため、土壌侵食の研究があまり進められていなかったといえる。また、戦後の一時期、食糧不足による農地開発が行われ、畑地の高度利用の立場から、この問題が採り上げられ、その研究成果もみられるが、大部分は、現場における調査が多く、土壌侵食機構に対する基礎的な研究は少なかつたと考えられる。しかし、最近の平野部における農地の宅地化、工業用地化の進展、および農地の規模拡大による農業の近代化、さらには水田水稲作の規制等により、山間部の傾斜地利用¹⁾(畑地)を主体とした畑作農業の振興が進められている。

この数年来、山間部において開発される農地は、その多くが、改良山成工の傾斜緩和型で造成され、広い面積と緩勾配な農地が要求されるため、農地における土壌侵食が、平常的な現象として生じている。

従来、我が国の農地における土壌侵食は、急勾配な山成方式によって開畑された農地が対象とされ、急激な土の流亡……一種の農地災害……として受けとめられていたが、これからは、目立たない緩慢な土の流亡現象となるだけに、かえってその障害は大きくなると考えられる。従って、農地における土壌侵食の問題は、山間部に開発される農地にとって、その計画、設計の段階から、施工、管理に至るまで、常に考慮されなければならない

ことであり、その防止軽減に関する研究は、なおざりにできない。

傾斜農地の土壌侵食は、気象、土、地形、植生、および耕作法等、多くの要因が、互いに関連しながら生ずる現象といえる。しかし、これらの要因を全て包含した形での論議は、きわめて困難であり、多少の問題は残るとしても、各要因と土壌侵食量の関係を個々に検討し、その結果を総合する方式が一般的である。

農地における土壌侵食の研究は、USAにおいてもっとも進んでいるといわれ、ここで採用されている土壌侵食量の推定式…… Universal Soil Loss Equation³⁾ (USLE) ……は次式で表わされる。

$$A=R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

ここで、 A : 年間における単位面積当りの土壌侵食量 (ton/acre/year), R : 降雨係数, K : 土壌侵食係数, L : 斜面長係数, S : 斜面勾配係数, C : 被覆管理係数, P : 保全係数を表わしている。これらの諸係数は、自然降雨、および人工降雨を対象として、20年以上の土壌侵食量の観測によって、それぞれ数値化されている。

この式の特徴は、個々の要因を総合化した形になっているもので、一年間の平均化された土壌侵食量を予測算定するもので、一降雨についての土壌侵食量を算定するものではないことである。また、この式中、 R, K, L , そして S の項は、気象、土、および地形に関連する項で、侵食を生起する側の要因であり、 C と P の項は、侵食を防止する側の要因と考えてよい。

我が国においても、USLE の考え方が最近導入され、各要因についての係数化が試みられ、若干の研究成果もみられるようになったが、その主な研究対象は、 R, K

* 農地工学研究室

の要因であり、それも一降雨についての侵食量予測への利用が目論まれている。従って、侵食を防止する側の要因としての *C*, *P* の項については、未着手であるといえる。

本研究は、主に *C* の項に関連する植生（圃場面の作物）と侵食量について、作物生育による圃場面の遮蔽による侵食防止効果を検討し、傾斜農地の土壌侵食防止手法の一助とするものである。

2. 実験方法

作物による圃場面の遮蔽割合は、作物の生長とともに変化し、それに応じて土壌侵食量も異なってくると考えられる。従って、本研究では、傾斜させた土槽面に作物を栽培し、その生長とともに変化する圃場面への枝葉の遮蔽効果と土壌侵食について、主として自然降雨により実験的に検討する目的で、つぎのような実験方法を採用した。

2.1 実験施設

実験土槽は、長さ 5.0m、幅 1.0m、深さ 0.66m ので規模で鉄製とし、傾斜角度 8° （改良山成工における圃場面最大傾斜角度）で 4 基並列させ、高架上に設置し、回廊を廻らせて作業の便をはかった。図-2.1 に土槽の諸元を示す。

各土槽の下流端には、土槽の表面流出水と、流出土砂を把握するホッパー（図-2.1 A）と、地下浸透水測定のための流出口（図-2.1 B）を設けた。

試料土は、松江市郊外の花崗岩風化土（マサ土）を用い、土槽の舟底形とした底部に砂利をほぼ 10cm 厚さに敷き詰めた上に、三層に分け、余裕高 10cm となる

よう一様につき固めながら充填した。

このように土を充填した 4 基の土槽のうち、1 基は裸地とし、他の 3 基に作物を栽培した。まず、土槽の表土を 5cm 程度の深さで耕し（裸地も同様）、複合肥料（チッソ14、リン酸13、カリ13%）350gr を混入、攪拌し、トウモロコシ、大豆、および牧草（ウィーピングラブグラス）を播種した。トウモロコシ、および大豆は、30cm 間隔の格子状にそれぞれ 5 粒ずつ播種し、出芽後 1 本、3 本に刈り込んだが、牧草は、種子を土に混入し、フルイによって均等に散播した。

2.2 計測方法

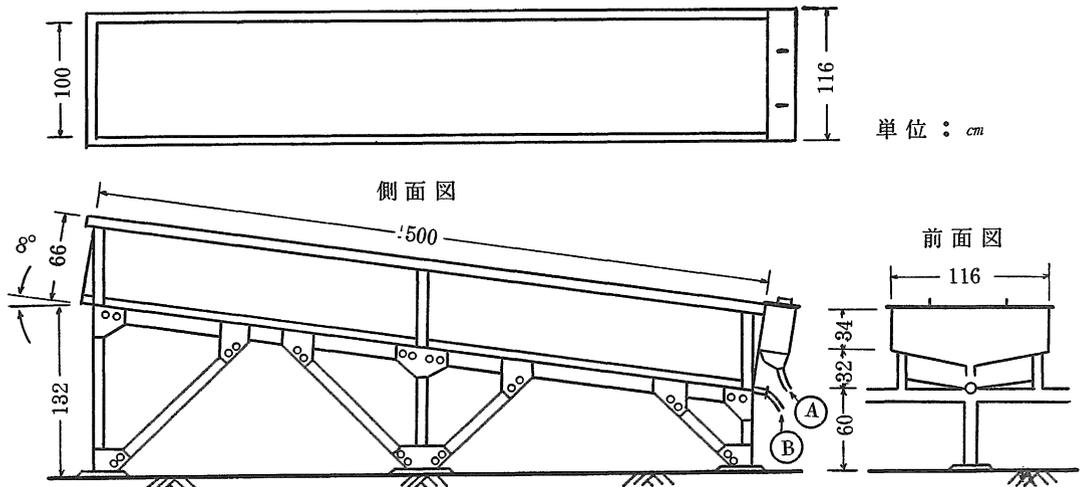
作物の生育は、伸長度の測定と、ほぼ真上からの写真撮影による方法で測定した。作物の遮蔽率は、真上から撮影した写真フィルムをスライドプロジェクタで白紙上に投影し、その枝葉部分を画いて切り抜き、それを重量測定することによって求めた。この方法は、圃場面が作物によって遮蔽される比率を高精度で求める有効な手段であると考えられる。

自然降雨量の測定は、転倒マス（容量 0.5mm）付の日雨量計を実験施設近くに設置し、自記させた。

土槽の表面を流出し、ホッパーに流入する水量、および土量は、200l 容積のポリ容器内にパイプで導いた。流出水量は、容器内の水位上昇をリシャル型自記水位計（測定範囲 50cm）で自記させ、検定済みの水位—流量図から求めた。また、流出土量は、ホッパー、および容器内に流入した全量を容器内で沈殿させて取り出し、風乾土重量を測定した。

土槽内を浸透する地下浸透水量は、土槽底部の最下端の流出口を通して転倒マス式流量計（容量 500cc）へ導

平面図



単位：cm

図-2.1 傾斜土槽

き、日巻電接計によって自記させた。

3. 実験結果と考察

実験に用いた試料土は中国地方に広く分布する花崗岩風化土で、マサ土といわれる土である。一般にマサ土は、粘着力に乏しく、透水性は大きいが土壤侵食を受け易い性質を持つ。この試料土の物理的性質を表-3.1に示す。

また、土壤構造を知るため、団粒分析を行ったが、団粒量に乏しく、団粒を構成し難い土であった。さらに、土の受食性を表わす指標である Middelton の分散率、および侵食率を求めたが、それぞれ108.42、および188.24の値を示し、受食性の高い土であることが理解された。

傾斜農地に作物が栽培されている場合、作物の被覆による農地の遮蔽、地表面粗度、および根の存在などから、表面流出水、地下浸透水の挙動に影響を与え、裸地における土壤侵食と異なった相様を呈する。そこで作物の生長段階を遮蔽率で表わし、これと流出水量、流出土量(土壤侵食量)、および地下浸透水量の関係を実証的に検討してみる。

3.1 作物と伸長度と遮蔽率

3基の土槽にトウモロコシ、大豆、および牧草をそれぞれ6月中旬に播種し、出芽期より伸長度を測定したが、その結果を図-3.1に示す。作物の伸長は、初期の1ヶ月半に著しく、その後は伸長度が鈍化している。この傾向は遮蔽率にも表われ、図-3.2に示されるように、約1ヶ月半経過後は、遮蔽率がほとんど増加していない。また、この図から、牧草は約1ヶ月半で100%の遮蔽率を示しているが、トウモロコシ、大豆はそれぞれ、70%、50%程度にとどまった。この遮蔽率の差は、土壤侵食に直接的な要因として影響する。

3. 表面流出水と遮蔽率

傾斜農地において、降雨による土壤侵食が主に関連する現象は、降雨の雨滴による土壤面への衝撃作用と、土壤面を流下する流出水による土壤の移動である。そこで表面流出水と遮蔽率について考察してみる。

表面流出水は、降雨強度、および降雨連続時間によ

て、それぞれ異なるので、次式のように定義した流出率によって、表面流出を検討した。

$$f = \frac{10(Q/A)}{R} \times 100 = 0.02 \frac{Q}{R} (\%)$$

ここで、 f : 流出率(%), Q : 表面流出水量(cm^3), A : 降雨面積= $5 \times 10^4 \text{cm}^2$, そして R : 1連続降雨(mm)である。この式によって、それぞれの降雨に対する流出率を求め、観測日に従って図-3.3に示した。

作物を栽培した土槽の流出率は、作物の生長とともに全般的に低下現象を示している。また、初期段階では、裸地と同じような流出率を示し、生長の初期においては、作物の存在が表面流出水に影響を与えていないと考

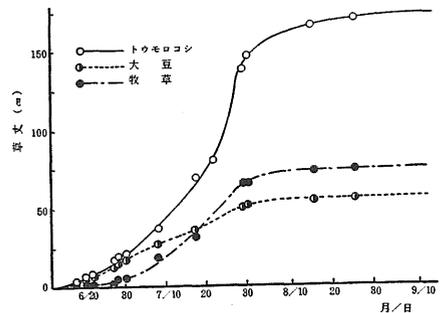


図-3.1 草丈の推移

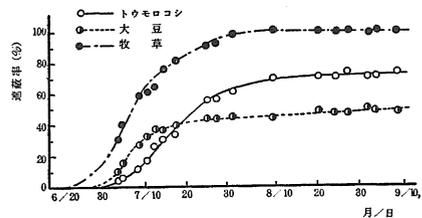


図-3.2 遮蔽率の推移

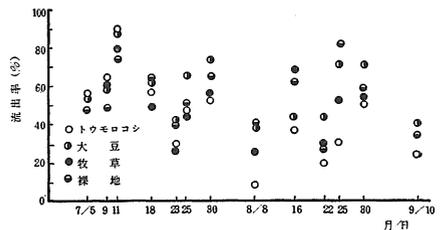


図-3.3 流出率の推移

表-3.1 供試土の物理的性質

真比重	液性 限界	塑性 限界	突固め 適含水 比	粒 度 試 験					
				粒 径 区 分 (mm)	レ キ	粗 砂	細 砂	シルト	粘 土
					2.0以上	2.0~ 0.47	0.47~ 0.074	0.074~ 0.005	0.005 以下
2.672	29.6 %	NP %	12.70 %	重量百分率 %	26.0	24.0	17.0	23.0	10.0

えられる。

つきに、裸地を基準とした流出率を遮蔽率によって検討するため、植生面と裸地面の流出率の差を遮蔽率で示した結果が図-3.4である。

図中の0実線は、裸地面の流出率を表わし、それに対する植生面の流出率を作物別に示している。トウモロコシは、遮蔽率40%を超えると、裸地よりも流出率の低下を示し、牧草についても同様の傾向がみられる。しかし、大豆は、遮蔽率が50%程度にとどまったため、明確に表われなかったが、さらに遮蔽の程度が進めば、同じような傾向を示すものと考えられる。

本実験の場合、降雨量が40mm未満と、以上の場合に分別できるので、図-3.4と同様の表現法で、降雨量40mm未満と、以上の場合について示すと、図-3.5のようになる。

この図から、降雨量40mm以上の場合は、40mm未満の場合より、裸地に対する減少率の割合が大きいくことがわかる。従って、作物の生長による遮蔽率の増加によって、傾斜農地の流出は、遮蔽率40%程度から影響をうけはじめ、降雨量が大きいく程、この影響が大きく表われる。また、作物の種類による流出率については、分散分析によって検討したが、大豆とトウモロコシ、牧草の間に有意な差を認めることができた。

3.3 地下浸透水と遮蔽率

傾斜農地の表面流出水量は、農地の地下浸透水量の多少によって差を生ずることは明らかであり、土壌侵食を軽減する農地の形態としてのテラス工は、降雨の地下浸透を助長させて、表面流出量の減少を目的とした一つの農地改良法である。1で述べたUSLEにおけるPの項は、主に農地の形態によって土壌侵食を防止しようとする要因であり、テラス工もその一つと考えてよい。

そこで、裸地面における地下浸透水量を基準にし、各植生面の地下浸透量を、裸地面のそれとの比で表わし、観測日に従って図-3.6に示した。

この場合の降雨は、前日までの降雨に影響されていないと思われるデータを用いた。また、図中の1.0の実線は、裸地の地下浸透量を表わし、実線より上にある場合は、浸透量が裸地の場合より多いことを示す。

この図によれば、作物の生長に従い、植生面の浸透水量が増加し、その増加の傾向は、図-3.2の遮蔽率から考えて、ほぼ50%程度から表われ始める。しかし、各作物間の地下浸透量の間には、分散分析の結果、有意な差は認められなかった。また、降雨に対して、表面流出水量として残る割合は、土壌の含水比にもよるが、遮蔽率50%程度から、裸地に比して少なくなる傾向を示し、作物の根の発達による地下浸透水量の増加が認められる。

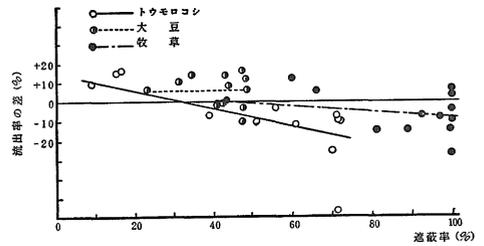


図-3.4 裸地を基準とした流出率と遮蔽率

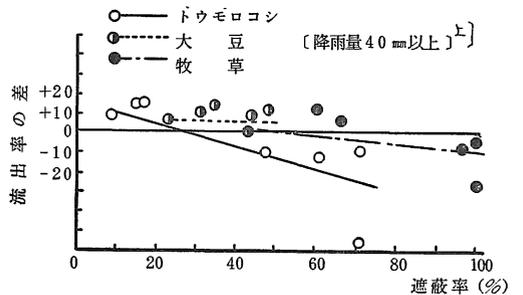
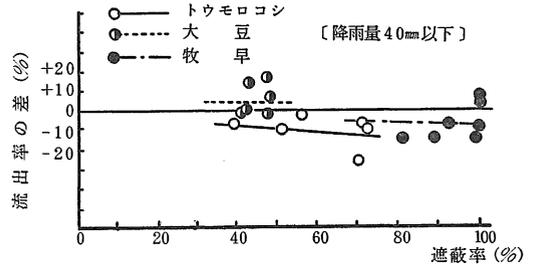


図-3.5 降雨分別による流出率の差と遮蔽率

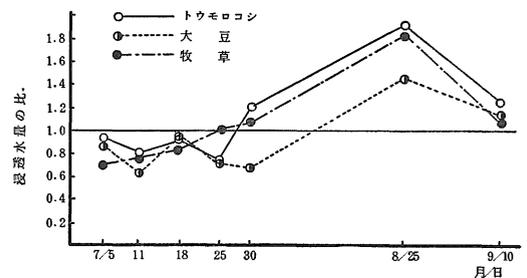


図-3.6 裸地を基準とした浸透水量の推移

3.4 流出土量と遮蔽率

一般に本実験のような枠試験においては、土の表面から流去して下流端で捕捉される流出土量が、土壌侵食量と考えられている。従って、ここでは斜面を流出する水とともに捕捉された土を風乾し、その風乾土重量を土壌侵食量とした。

流出土量と遮蔽率の検討に際しては、この流出土量(W)を流出水量(Q)で除した値、すなわち流出水量の単位体積中に含まれる土量=土砂濃度(W/Q)に換算して考察することにした。

図-3.7に、観測日に従って、土砂濃度の推移を表現した。初期を除いて、裸地における土砂濃度が高く、流出土量の多いことを示し、作物の生長が土壤侵食量を軽減していることが認められる。

つぎに、植生面における土砂濃度と遮蔽率との関係を図-3.8に示したが、両者には全体的に指数関数の関係が認められ、遮蔽率の増加に対する土壤侵食量の軽減効果を明確に表わしている。この結果は、植物の残留物を圃場に放置した場合の遮蔽率と流亡土量との関係に類似した傾向を示している。また、図中の直線の傾きは、遮蔽率の増加に伴う土砂濃度の減少を示す遮蔽の効果率を表わすものであり、トウモロコシ、大豆のような疎生作物が、牧草のような密生作物に比して遮蔽の効果率が高いことを示す。これは、牧草の場合、遮蔽率が他の作物

物に比べて急激に増大し、その後は流出土量も少なく、遮蔽の効果率そのものは、あまり変化しないためと考えられる。

流出水量の場合と同様に、降雨量を40mm未満と以上の場合に分別して、土砂濃度と遮蔽率の関係を図-3.9に示す。

トウモロコシ、大豆においては、降雨量40mm未満の場合、遮蔽の効果率が高く、40mm以上の場合は低い。これは、疎生作物においては、降雨量の小さいとき遮蔽の効果が高く、降雨量が大きくなると、その効果は減少することを表わしている。従って、作物の土壤表面遮蔽による土壤侵食防止効果は、作物の種類、降雨量によって限界のあることを示していると考えられる。また、作物間の土壤侵食効果を、分散分析によって確かめたが、その効果は、牧草>大豆>トウモロコシの関係にあることが認められた。とくに、牧草のような密生作物は、その効果が著しく、土砂濃度で比較すると、裸地の1/8程度を示している。

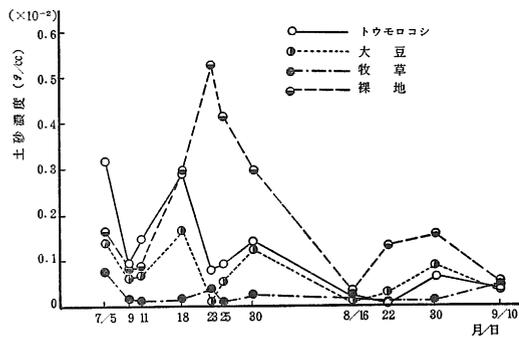


図-3.7 土砂濃度の推移

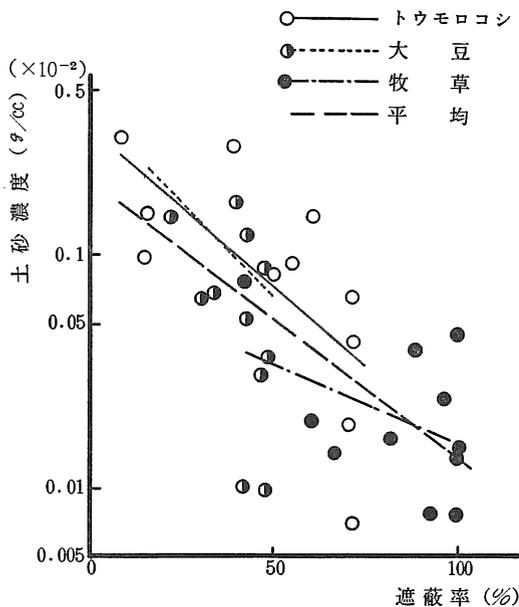


図-3.8 土砂濃度と遮蔽率

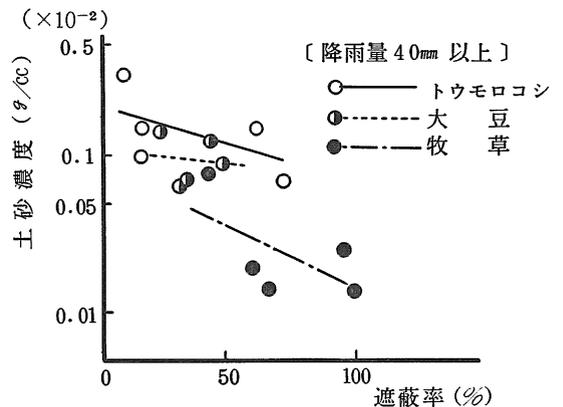
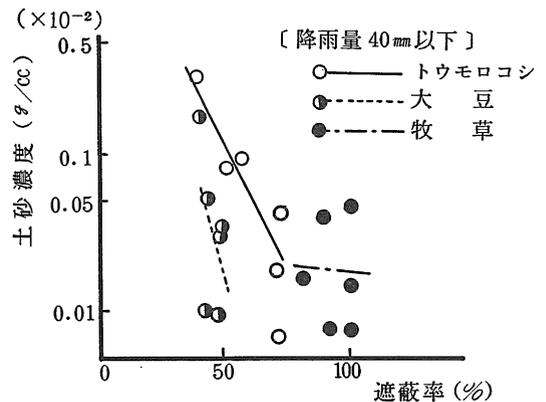


図-3.9 降雨分別による土砂濃度と遮蔽率

4. むすび

本研究は、山間部に開発された傾斜農地において、慢性的に発生する圃場面の土壌侵食について、作物の生長に伴って変化する茎葉の遮蔽率を中心として検討を行った。その結果をまとめるとつぎのようである。

1) 作物の生長に伴って、傾斜圃場面の流出率は減少し、地下浸透量が増大する。この傾向は、遮蔽率40～50%で顕著に表われる。

2) 遮蔽率の増加に伴い、土砂濃度は指数関数的に減少する。

3) 作物の生長による土壌侵食防止効果は、遮蔽率40～50%以上になると著しい。

4) 密生作物の土壌侵食防止効果は、疎生作物に比して著しい(本実験ではほぼ8倍)。

5) 疎生作物による土壌侵食防止効果は、降雨量によって限界がある。

6) 本実験に供試した作物間における土壌侵食防止効果の大小は、牧草>大豆>トウモロコシとなり、牧草が

顕著であった。

以上、自然状態に近い実験施設を利用して、各種の必要な測定値を、より正確に把握し、土壌侵食の挙動を詳細に検討したが、今後、さらに実測を重ねてデータの集積を行い、作物の圃場面遮蔽による土壌侵食防止効果の係数化へ発展させたいと考える。

なお、本研究は、自然災害特別研究(科研費)によって行われたことを附記し、関係者に謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 農林省農業改良局研究部：土壌侵食に関する研究集録 I, II, III, 1951—1958.
- 2) 今尾昭夫：農村開発, No.6: 127—135, 1974.
- 3) USDA: Predicting Rainfall Erosion Losses, Dec. 1978.
- 4) 例えば, K. HOSOYAMADA: Transaction of JSIDRE, No.91: 8—14, Feb. 1981.
- 5) J. M. LAFLEN and T. S. COLVIN: Transaction of the ASAE 24 (3) 605—609, 1981.

Summary

This report is experimental research on soil erosion occurring at the surface of sloped farmland. The subject of this research are discussed the phenomenon of soil erosion to change the cover ratio at the surface of sloped farmland accompanying growth of the crops. The crops using this research are corn, soybean and grass. The main results are as follows: 1) The run-off ratio of rainfall on the sloped farmland shows a decrease accompanying growth of crops, and the volume of percolated water into the ground shows a increase. This tendency notably appears in the cover ratio 40—50%.

2) The relation between the decrease of soil density and the increase of cover ratio are expressed by exponential function. 3) The effects for prevention of soil erosion by growth of crops are remarkable in the case of the cover ratio 40—50%, and in the case of the grass than soybean and corn. But, its effects have a limit according to the amounts of rainfall in the case of soybean and corn.