

山地開發을 위한 傾斜度別 草地造成初期의 土壤流失量測定試驗

Soil Erosion From Slope Land at Early Stage of Grasses for Development of Mountainous Area

黃 垠*
Hwang, Eun

Summary

Soil erosion was investigated to find out difference in amount of soil eroded from slope land at early stage of young grasses and at later stage with sufficient cover with different slopes.

The six experimental plots were formed on 8°, 10°, 15°, 20°, and 25°, with 2m width and 20m length located at the Hwak Kok Ri, Chun Sung Gun, Kang Weon Do.

The amount of soil eroded and run-off were collected from 1. May 1987. to 30. October 1988. growing with grasses sowed 2. September 1987.

The results were as follows :

1. The amount of soil eroded from the plots except 8° plot exceeded the allowable soil erosion with 14 ton/ha during the land forming before establishment of sufficient surface cover with grasses. Therefore, proper soil conservation practice should be recommended.

2. The amount of soil eroded increased exponentially with increased slope as 1.24 times for 15° 1.65 times for 20°, and 2.94 times for 25°, in comparing with standard 10° plot.

3. The erosion occurred mainly by high density of rainfall exceeding 100mm as consecutive precipitation during the raining period or accompanied by typhoon passing.

4. The significant soil erosion, when the land covering ratio was over 95% after seeding of grass, was recorded only by the single continuous storms over 100mm of concentrated precipitation, of which amounts were 1/73~1/250 of the allowable soil erosion.

5. The amount of soil erosion from the plots with sufficient surface cover with grasses increased as the slope increased however the amounts were small enough to be neglected.

6. Desolation by soil erosion would be minor problem up to the slope of 20° when the mountainous area developed to the grassland with sufficient cover. But it could be concerned on the turn to the bare land by the treading of livestock with the land slope over 25°.

7. The run-off of rainfall increased by the increment of slope but it was not exponentially increased.

8. The run-off of rainfall after seeding of grass reduced by 20% in comparison with the run-off of rainfall before seeding, which might be due to infiltration of rainfall promoted by the grass roots.

* 江原大學校 農科大學

I. 序 言

全世界的으로 人口의 增加와 더불어 食糧問題를 解決하기 위하여 農耕地의 利用度가 높아지고, 作物栽培의 集約化 및 多樣化로 地力이 衰退하여 감은 勿論·降雨 및 바람에 의한 加速浸蝕으로 數百億Ton의 土壤이 流失되어 世界의 農耕地가 每年·數百萬ha씩 埋沒 또는 流失되고 있어서 土壤浸蝕이 큰 問題로 擡頭되고 있다.¹⁾

오늘날 土壤浸蝕은 人類生存에 直接 또는 間接的으로 危脅을 加하여 歐美各國은 土壤保全計劃을 國家的 次元에서 생각하여 國家的인 事業으로 다루고 있다.

우리나라도 農耕地擴大事業의 展開와 더불어 土壤浸蝕防止를 強調해 왔으며, 近年에는 急한 傾斜山地를 草地로 造成코자 함에 따라 加一層 土壤流失에 대한 防止策을 切感하게 되었다. 즉 山村地域의 綜合開發과 酪農振興을 위하여 傾斜地의 草地化가 擡頭되면서 土壤流失에 關係서 크게 關心을 기울이게 되었다.

農村振興廳 農業技術研究所에서 1983年度 草地造成對象地調査²⁾에 의하면 調査對象面積 6,685.5ha중에서 標高 200~600m가 40.8%를 차지하고 있으며, 이를 傾斜度別로 보면 傾斜 30~60°(16°40'~31°)인 對象面積이 35%를 차지하고 있다. 그런데 草地造成適性基準과 그 間의 變動을 勘案하여 農林水産部는 集約草地 17千ha, 簡易草地 590千ha, 合計 607千ha를 推計하고 있다.³⁾ 이와같이 草地開發對象地가 점점 傾斜度가 急한 山地로 擴大되고 있어서 外國에서도 그 例를 많이 찾아 볼수 없어서 이에 따른 土壤浸蝕試驗資料도 찾아보기 힘들며 더욱이 國內資料는 없는 實情이다. 그리하여 草地의 機械化造成과 管理가 可能한 耕耘草地造成的 限界傾斜度(20°)까지의 土壤流失量을 알고 草地도 立木地에 못지 않는 土壤浸蝕抑制의 機能이 있다는 것을 알고서 本試驗을 實施 하게 되었다.

II. 研究史

우리나라는 夏季에 降雨가 集中하는데 國土面積의 67%가 傾斜 15%(8°30')以上에 分布되어 있으며 土壤母材가 受蝕性인 花崗岩 및 花崗片麻岩이 全國土面積의 2/3에 達할 뿐 아니라 有機物含量이 낮고, 土壤構造의 發達이 微弱하여 土壤浸蝕을 받기 쉬운 條件에 놓여 있다. 그리고 우리나라의 傳統的인 營農慣行은 옛부터 農事爲主였으며, 畝農事는 輕視하여 왔기 때문에 土壤管理와 疏忽 및 풀栽培에 대한 栽培體系가 確立되지 못하고 있어서 土壤浸蝕을 增加시켜 왔다. 그런가 하면 草地開發에 따른 事後管理 즉 물管理, 土壤管理 및 栽培管理가 좋지 못하여 傾斜地의 土壤流失이 恒常 問題視되고 있다.

一般的으로 지름 4~6mm크기의 빗방울이 8~9m/sec速度로 降雨強度 2~3mm/10min 以上の 危險降雨가 土壤表面에 내리면 그 降下에 너지(즉 浸蝕力)로 土壤을 打擊破壞하여(全浸蝕量의 約 80%가 雨滴浸蝕임) 이들을 混合해서 混濁水를 이루어 흐르는데 이때 下流 土層의 空隙을 메꾸므로써 透水性이 減少되면서 地下浸透가 抑制되다가 마침내 地表流出이 發生하게 된다. 이 地表流出水는 그 通路에 있는 土粒子를 흐름의 勢力 즉 掃流力에 의해서 分散시킴과 그 同時에 運搬流下시키고 있다. 그런데 土壤浸蝕은 災害처럼 갑자기 일어나는 것이 아니고 서서히 進行되는 現象이어서 無觀心속에 歲月이 흐르다 보면 災害보다 더 무서운 危險을 맞이하게 되는 것이다.

一般的으로 裸地에서 土壤流失의 限界降雨強度는 火山灰性土 3mm/10min, 重粘土 2mm/10min, 花崗岩質土 2mm/10min이며, 7, 8, 9월에 危險降雨의 最高가 나타나는데 어떤 경우이건 6mm/10min以上の 降雨가 있으면 裸地田에서 반드시 土壤浸蝕이 일어나고 있다.^{3, 10)}

일찌기 1966년에 農村振興廳 農工利用研究所²⁾에서 自然降雨를 對象으로 傾斜度 5°, 10°, 15° 되는 花崗岩質砂壤土에서 土壤流失量을 4.5ton/10a(100%), 16.5ton/10a(344%), 29.7ton/10a(620

%)씩 測定하여 土地傾斜度가 增加하는데 따라 指數的으로 增加하는 傾向이 있다고 指摘하였는데 一般的으로 傾斜度 10°를 넘으면 土壤浸蝕量이 急增하는 것으로 알려져 있다.¹⁰⁾ 그리고 農技研에서 傾斜度11°20'(20%)인 禮山砂壤土試驗區에서 1977~1982까지 6年間에 걸쳐 作付體系別 土壤流失量調査⁶⁾를 보면 年間土壤流失量이 裸地區 12.8ton/10a인데 比하여 牧草區는 1.7ton/10a로 減少하고 있는데 草地造成當年の 土壤流失量 10.0ton/10a (特別한 流失抑制對策이 必要함)을 除外하면 牧草의 植生이 定着한 後는 年間平均 0.1ton/10a로 極히 減少하고 있다. 이 量을 一般的으로 알고 있는 許容土壤流失量¹⁸⁾ 1.4ton/10a와 견주어 볼 때 裸地區는 約10배 가까운 流失量인데 牧草區는 7%밖에 되지 않아서 浸蝕被害를 거의 無視할 수 있을 정도로 적었으며, 다시 傾斜度 14°(25%)에서 作物別 土壤流失量調査¹²⁾를 보아도 裸地區 33.4~27.9 ton/10a에 比하여 牧草混播區는 0.065~0.009ton/10a을 얻고 있어서 역시 土壤流失量을 無視할 수 있을 정도로 적었다. 이와같은 現象은 斜面長이 길어지면 流出水의 運搬作用으로 土壤浸蝕量이 늘어나는데 그 限界傾斜度¹⁶⁾는 17°라고 指摘하면서 (단, 浸蝕度(比率)에서 볼 때 傾斜度에 의한 影響이 크다) 平均傾斜度 17°까지는 傾斜度에 比例하여 土壤流失量이 增加하고, 斜面長에 反比例한다고 報告^{4, 5)}하였다. (물 流出量도 같다). 물 流出量도 裸地區에서 降雨量의 36.2~27.9%이 流出하는데 比하여 牧草混播區는 2.0~1.8%로 極히 減少되고 있는데 이것은 牧草根에 의하여 地下로 물의 浸透가 促進^{7, 17)}된 것으로 解析하며 그 밖에 地表面의 被覆^{17, 18)}도 큰 關係가 있다고 指摘하고 있다. 自然降雨에 의한 降雨浸透率은 裸地區에서 77.8%인데 比하여 草地區는 96.0%나 되어 牧草가 地表面을 被覆하는 被覆程度와 栽培密度가 크게 影響을 미치고 있어서 牧草는 土壤水分을 保有하는 能力¹⁵⁾이 크게 認定되고 있다. 그리하여 傾斜度 16°40'(30%)인 松汀壤土試驗區에서 草地造成方法別 土壤流失調査¹³⁾를 보면 造成當年是 耕耘草地 2.5ton/10a, 不耕耘草地 1.8ton/10a로 許

容土壤浸蝕量 1.4ton/10a를 모두 上廻하였으나 그 翌年부터는 0.016ton/10a, 0.017ton/10a로 兩造成方法사이에 有義的인 差가 없이 土壤流失量을 거의 無視할 수 있을 정도로 적었다. 그리고 물 流出量도 造成方法間에 差異가 없이 流出率이 平均 3%이었다. (단, 造成當年是 28%정도 임)

이와같이 牧草는 일단 定着하고 나면 耐水性이 增大하여 降雨의 表面流下에 의한 土壤浸蝕의 危險性이 減少하면서 浸透率의 增加로 물 流出量도 減少하고 있다. 단, 造成當年の 土壤流失防止策이 別途로 講究되어야 할 것이다.

이 試驗值들은 모두 傾斜度 16°40'(30%) 以下에서 얻은 資料이어서, 傾斜度가 20~25°로 擴張되었을 때도 이와같은 傾向을 나타낼 것인지 알고 싶다.

한편 日本에서 實施한 草地의 實態調査¹¹⁾에 의하면 傾斜度 25°以上の 傾斜地는 道路의 側斜面이나 牧道の 崩壞가 多發하고 있으며, 植生의 遷移度가 심히 增加하면서 裸地率도 增加하여 植生이 惡化되는 現象이 明白하며, 傾斜度 22~28°에서는 牧道部分에서 浸蝕·崩壞가 많이 일어나고 있는데, 傾斜度 34°의 草地는 植生被覆이 된 部分에서도 浸蝕을 볼 수 있어서 地表傾斜度가 10°에서 35°로 늘어 날수록 裸地率과 裸地頻度數가 急速히 늘어나고 있는데, 緩傾斜地는 全面耕耘法으로 草地造成을 할 경우 日降雨量 40mm 前後에서 草地에 細流(Rill)浸蝕이 있었으나 牧草가 定着한 後는 물 流出만 있고, 土壤流失은 없었다고 한다.

Ⅲ. 材料 및 方法

1. 試驗區設置

春城郡 新東面 鶴谷里所在 江原牧場內에서 北向인 傾斜地를 賃借하여 1987年 5月 20日까지 所定の 測量作業과 크리노미터로 傾斜度別 8°, 10°(標準·裸地), 10°, 15°, 20°, 25°試驗區를 Fig. 1과 같이 2m×20m=40m²를 6區 設置하였다.

試驗區의 크기는 美國에서 幅 6feet, 斜面長 72.6feet, 面積 1/100 Acre를 標準으로 定하고 있으나, C.G.S 單位에 便利하도록 여기서는 幅 2.0m, 斜面長 20.0m, 面積 40m²(1/250 ha)를 취하였다. 試驗區둘레는 PVC板을 地中에 15cm깊이로 묻어서 3方向을 칸막이하고, 50cm間隔으로 60cm깊이의 말뚝을 박아서 外水의 浸入을 遮斷하였다. 各試驗區로부터의 流失土(Erosion) 및 물流出(Runoff)은 試驗區下端에 設置한 2個의 水槽(눈금表示)에 차례로 모이도록 호오스로 連結하여 埋設하였다. 水槽容積은 1.5m³×2 = 3.0m³로 流出率을 70%로 假定할때 約 100mm의 降雨가 있으면 滿水되는 크기이다.(단, 豪雨때는 觀測手를 駐在시킴). 水槽는 外水의

浸入과 蒸發을 防止하기 위하여 뚜껑을 씌웠으므로 試驗區에서 流出한 물이나 土砂만 導水部를 거쳐 水槽에 모일뿐이다.(photo 1, photo 2, 參照).

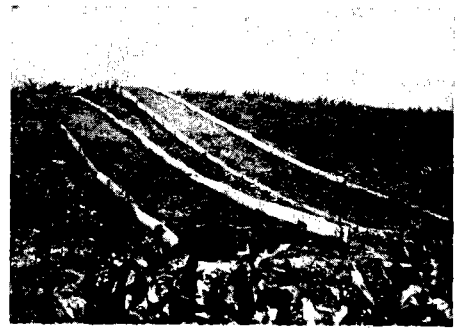


Photo. 2. Review of upland Block(20°, 25°)

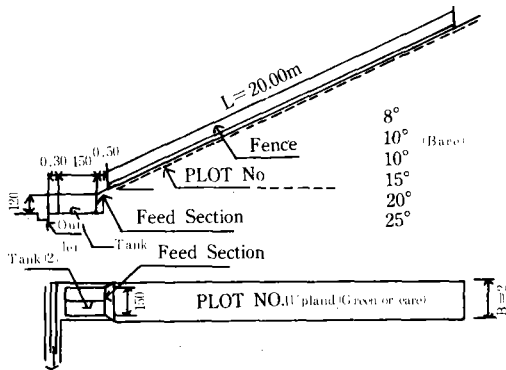


Fig. 1. Soil Erosion Test Block of each sloping.



Photo. 1. Review of upland Block(15°, 10°, 10° (Bare), 8°).

2. 測定方法

土壤流失量 및 물流出量의 測定은 앞서 水槽에 容積別 눈금을 넣어 두었으므로 貯溜된 빙물은 눈금을 읽어서 排除한 다음 水槽바닥에 沈澱된 土砂는 이것을 濾過紙로 일단 걸러서 눈금을 새긴 버킷에 담아 容量을 읽은 다음 비닐봉에 넣어서 實驗室로 가져와 오븐(Dry Oven)에 넣어서 絶乾하여 乾燥土壤의 重量을 測定한다. 이것이 土壤流失量이다. 試驗區에서 發生한 물流出量은 앞서 水槽에서 測定한 빙물과 젖은 土壤試料를 絶乾하기 前의 重量에서 絶乾한 後의 重量(蒸發量)을 合하여 求하였다.

降雨因子는 春川測候所(標高 70m)에서 觀測한 資料를 Table-1과 같이 牧草의 播種前과 播種後로 區分하였으며 1回發生의 全降雨量과 最大強雨強度(max I₆₀, max I₁₀)는 Table-5와 같이 整理하여 使用하였다.

降雨因子는 물流出量이 發生하는 降雨를 對象으로 하였으며 連續降雨期間中에서 降雨와 降雨사이의 無降雨期間이 6時間以上일 경우는 2回降雨로 分離하여 計算하였으며, 6時間以內는 1回降雨로 取扱하였다. 本試驗에서 觀測된 土壤流失量과 물流出量은 Table-5와 같다.

Table-1. Rainfall of observed period (30 May, 1987 - 30 Sep, 1988).

(Unit : mm)

Month Item	'87 May.	June.	July.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	'88 Jan.	Fed.	Mar.	Apr.	May.	June.	July.	Aug.	Sep.	Total	
Rainfall(mm)	97.2	122.5	438.8	566.8	50.6	10.1	56.1	2.3	4.1	4.1	28.3	48.8	57.2	87.0	664.3	86.7	49.5	2,374.4	
Seeding period	← Before of seeding →																← After of seeding →		B.S 1,225.3 A.S 1,149.1

3. 土壤分析

試驗地는 前述한 바와같이 江原牧場內의 北向傾斜地로 傾斜가 急해서 지금까지 草地로 開發造成하지 못하고 自然狀態로 放置되어 있던 곳이다. 土壤調査에서 볼때 石灰岩이 風化生成된 黃褐色의 微細質壤土로 屑石이 5% 정도

Table-2. Character of mechanical and chemistry of soil.

Soil texture	pH	OM (%)	CEC (ml /100g)	Avail.P (ppm)	Grain density(%)			S · P
					sand	Fine sand	clay	
Silty loam	5.49	1.02	11.08	13.0	32.0	42.0	26.0	2,732

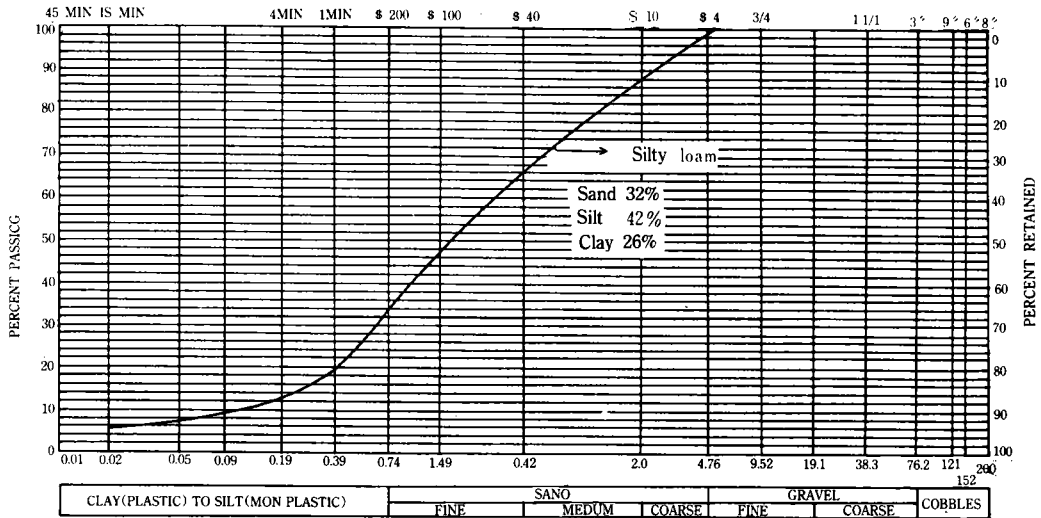


Fig. 2. Gradation Curve.

混入되어 있으며, 깊이 2.0~2.5m에서 호박돌이 露出되는 것을 볼 수 있었다. 表土層은 두께 約 20cm로 粒度分析結果는 Fig 2와 같으며, 物理的 · 化學的性質은 Table-2와 같은데 若干排水가 不良한 便이다.

野草의 植生狀態는 長草로서 달맞이꽃, 바랭이, 개망초, 엉겅퀴, 短草로는 제비썩, 망초, 달개비 등이 優占하고 있는데 그 被覆度는 40%

정도 이었다.

4. 牧草의 栽培管理 및 收量調査

春川地區는 牧草의 播種適期가 8月 12日~9月 1日(播種限界 9月 7日)이어서 8月 22日에 photo. 3과 같이 깊이 15cm로 耕起 · 碎土하여 Table-3과 같은 基準施肥量¹⁴⁾에 따라 土壤改良材와 化學肥料를 投入하고, 오차드 그라스

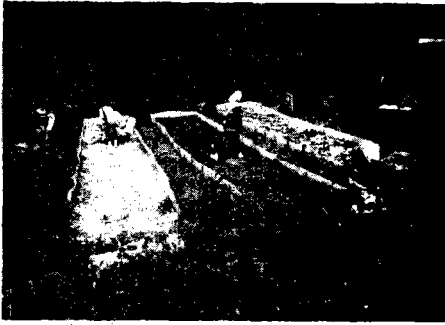


Photo. 3. Review of plowing, Crashing and dressing.

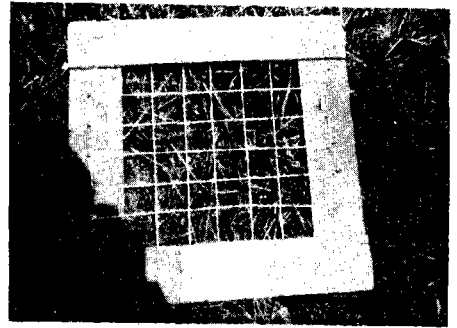


Photo. 4. Covering survey by Covering ratio test frame(25°).

Table-3. Fertilizer application.

(Unit : kg)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	O.M
Block	0.72	1.20	0.72	2.8	1.667
10 a	18	30	18	70	4,000

(Orchard grass) 1.5kg/10a, 화이트 크리머 (White Clover) 0.5kg/10a를 混播하고, 鎮壓하였는데 8월 24~25日, 27~28日의 連續된 集中豪雨와 29~30日의 颱風 DINAH號의 來襲으로 모두 流失되어 着床에 失敗하였다. 再次 播種準備를 하고, 9月 2日에 再播種하여 9月 7日에 發芽·着床에 成功하였다.

1987年의 여름은 7, 8月에 前例가 드문 4回의 集中豪雨와 2回의 颱風來襲으로 水害를 크게 입은 年이어서 本試驗에서도 上記한 바와같이 1回의 播種失敗를 겪기도 하였다.

播種後 1個月이 經過한 10月 2日의 牧草被覆度는 photo. 4와 같이 95%以上의 被覆率을 얻었다. 被覆度調査들은 photo. 4와 같이 30cm×30cm크기이며, 略算으로 計算하였다.

播種後 1988年 10月 6日에 3次 刈取때까지의 生草收量은 Table-4와 같다. 刈取時期는 草丈이 30~50cm 때를 擇하였으며, 刈取後는 반드시 追肥를 投入하였다. 그리고 解水直後는 踏壓하였으며 그밖에 栽培管理要領은 畜試의 標準管理法에 準하였다.

Table-4. Yeild of pasture.

(Unit : kg/10a)

Slop	First cutting (June. 25)	Second cutting (Aug. 15)	Third cutting (Oct. 6)	Total
8°	1,340	950	1,070	3,360
10°	1,280	910	975	3,165
15°	1,325	845	875	3,045
20°	1,250	900	980	3,135
25°	1,190	925	990	3,110

Table-4의 收量을 畜試의 生草生産實績¹⁴⁾ 2, 977~3,328kg/10a과 比較하였는데 有意的인 收量差를 認定할 수 없었다.

IV. 結果 및 考察

上記 材料 및 方法으로 測定한 土壤流失量 (1987. 5. 1~1988. 9. 30)을 Table-5와 같이 整理하였다.(Table-5 參照)

Table-5에서 牧草를 播種하기 以前(裸地狀態) 즉 草地基盤을 造成하는 期間에 發生한 土壤流失量 및 水流出量과 播種後 1年間(被覆初期狀態)의 土壤流失量 및 水流出量으로 나누어 考察하기도 한다.

1. 播種前(基盤造成期間)

1987年은 多雨年에 屬하여 2回의 颱風(THE-

Table-5. Character of rainfall & Soil erosion and Runoff of each Sloping (1988. 5. 30).

Item	Character of rainfall				Soil erosion (tons/ha)					Runoff (tons/ha)					Remark									
	Appearance time's	Rainfall Duration of one time (mm)	Rainfall intensity		8°	10° (Bare)	10°	15°	20°	25°	8°		10°			15°		20°		25°				
			I ₃₀ (mm/hr)	I ₁₀ (mm/10min)							(mm)	(%)	(mm)	(%)		(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)
Month																								
May	25-26 (4.20-24.052)	59.3	14.15	12.3	4.0	0.025	0.046	0.059	0.054	0.077	18.0	30.4	18.3	31.0	17.9	30.2	18.0	30.4	18.7	31.6	19.1	32.2		
	1-3 (19.58-24.6.35)	59.4	28.86	12.6	3.0	0.104	0.111	0.120	0.130	0.130	24.7	41.7	24.8	41.6	25.7	43.3	26.9	45.3	25.5	42.9	25.5	42.9		
	6-7 (8.02-24.6.35)	52.2	12.42	13.0	5.0	0.019	0.188	0.205	0.805	1.128	1.031	15.0	28.7	14.9	28.6	14.8	28.4	15.2	29.2	15.7	30.1	16.7	32.0	
	19-20 (17.31-24.20.20)	6.7	8.56	3.5	0.9	0.002	0.003	0.007	0.005	0.007	0.012									0.4	5.6	0.5	7.0	
June	28 (13.55-17.14)	4.2	3.32	3.5	2.0																			
	5-6 (22.42-24.6.30)	6.0	7.80	1.7	0.5							1.0	16.7	1.0	16.7	1.0	16.7	1.0	16.7	1.0	16.7	1.0	16.7	
	10-11 (12.57-24.9.27)	87.4	20.10	15.9	4.5	0.006	0.007	0.012	0.011	0.014	0.009	29.2	33.4	29.4	33.6	29.3	33.5	30.2	34.6	30.4	34.8	30.6	35.0	
	15-17 (10.56-24.2.38)	58.2	22.42	9.9	2.2	0.002	0.002	0.003	0.003	0.007	0.007	18.5	31.8	19.3	33.1	19.6	33.6	19.3	33.2	20.0	34.3	20.8	35.8	Typhoon THELMA
July	21-23 (1.27-24.24.19.06)	146.1	37.71	44.7	12.5	0.008	0.009	0.021	0.041	0.128	0.204	61.7	42.2	62.2	42.6	63.1	43.2	64.3	44.0	65.9	45.1	66.8	45.7	Cloud burst
	26-28 (4.50-24.9.00)	114.7	30.14	24.2	7.3	0.009	0.024	0.011	0.029	0.181	0.116	52.4	45.7	52.9	46.1	53.5	46.6	55.1	48.0	55.7	48.6	56.4	49.2	Cloud burst
	29-31 (10.11-24.24.5.38)	26.4	35.65	5.6	3.0	0.006	0.005	0.003	0.008	0.010	0.010	5.5	21.0	5.8	22.0	5.9	22.2	6.1	23.3	6.3	24.0	6.5	24.5	
	2-4 (6.06-24.24.22.43)	89.9	39.07	25.0	15.0	0.004	0.002	0.003	0.008	0.051	0.048	39.9	44.4	40.5	45.0	40.6	45.2	41.4	46.0	42.6	47.4	43.0	47.8	
Aug	7 (4.25-23.38)	78.1	19.22	14.8	5.4					0.069	0.084	25.5	32.6	26.4	33.8	26.1	33.4	27.0	34.6	27.5	35.2	28.3	36.2	
	15-16 (12.20-24.10.25)	117.5	20.75	23.3	5.5	0.774	14.312	13.925	17.512	18.462	22.365	50.6	43.1	52.2	44.4	51.9	44.2	53.1	45.2	53.8	45.8	53.5	45.5	Cloud burst
	20 (4.10-16.49)	56.5	15.30	23.3	8.5	0.243	3.439	2.760	3.770	3.847	24.707	15.9	28.1	15.8	28.0	15.9	28.2	16.5	29.2	17.0	30.1	18.4	32.6	
	24-25 (17.25-24.19.20)	26.6	9.93	8.1	3.8				0.044			3.6	13.6	3.8	14.1	3.8	14.2	4.1	15.5	4.4	16.4	4.6	17.2	Cloud burst
Total	27-28 (10.52-24.1.42)	32.6	13.02	11.2	5.3	0.043	0.070	0.175	0.344	4.015	17.7	54.3	17.4	53.4	17.2	52.8	20.1	61.7	21.3	65.2	21.6	66.4	66.4	Cloud burst
	29-30 (10.11-24.24.5.38)	163.0	50.60	16.3	7.5	3.760	8.728	6.146	8.398	17.060	20.861	106.0	65.0	107.2	65.8	107.6	66.0	110.2	67.6	111.2	68.2	114.3	70.1	Typhoon DINAH
	Total					4.960	26.898	23.326	30.981	41.476	73.676	485.2	39.6	491.9	40.1	493.9	40.3	508.5	41.5	517.4	42.2	527.6	43.1	Seedling (Sep. 1987)
	5-6 (12.00-3.53)	46.9	3.90	12.9	3.0							5.7	12.2	10.6	22.6	6.0	12.8	5.8	12.4	6.3	13.5	6.4	13.6	13.6
Sep.	18 (87.40-19.00)	8.8	11.20	3.0	1.8						0.8	9.2	1.7	19.5	0.9	10.2	0.9	10.2	0.9	10.2	0.9	10.2	10.2	
	2	21.5				0.040					2.2	10.2	3.2	15.1	2.2	10.2	2.2	10.2	2.2	10.2	2.2	10.2	10.2	
Nov.	9	7.5				0.049					0.2	2.3	6.0	8.0	0.2	2.3	0.2	2.3	0.2	2.3	0.2	2.3	2.3	
	18	7.0				0.026					0.1	2.0	0.6	8.1	0.1	2.0	0.1	2.0	0.1	2.0	0.1	2.0	2.0	

Before of seeding

Item	Character of rainfall				Soil erosion (tons/ha)					Runoff (tons/ha)							Remark						
	Appearance time's	Rainfall (mm)	Duration of rain fall (hr)	Rainfall intensity		8° (Bare)	10°	15°	20°	25°	8°	10° (Bare)		15°		20°		25°					
				10 (mm/hr)	10 (mm/10min)							(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)		(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)
Month																							
'88	10	10.0				0.031	0.026	0.020	0.037	0.058	0.047												
Mar	11 (12.00-21.00)	23.8	9.00	10.7	2.5																		
Apr.	12 (3.00-8.32)	19.9	5.54	4.9	1.1																		
	18~18 (3.00-9.00; 12.52)	25.9	33.88	4.3	1.2																		
May	6~7 (21.00-24-9.00)	22.8	12.00	4.6	1.0																		
	22~23 (3.00-24-2.00)	26.2	23.00	3.4	0.8																		
	1~2 (5.32-24-9.00)	30.1	28.54	2.5	0.8		4.500																
June.	8 (5.20-12.00)	18.5	6.68	13.7	13.3		1.250																
	19 (4.50-10.40)	10.1	5.10	5.0	3.2		0.923																
	29 (14.40-15.20)	12.6	0.68	12.6	12.4		1.845																
	2 (10.40-22.00)	53.2	1.34	19.8	8.2		0.161																
	7 (5.55-11.40)	31.0	5.35	15.0	5.5		0.042																
	8~9 (6.25-24-16.00)	255.6	33.42	29.3	8.9	0.028	3.384	0.035	0.042	0.063	0.083	98.7	38.6	164.1	64.2	100.2	39.2	103.2	40.3	120.6	47.2	126.8	49.6
July.	12~14 (5.40-10.50-24-9.00)	169.9	27.34	62.0	19.6		0.297																
	19~20 (9.00-24-10.10)	34.6	25.17	7.8	2.4																		
	22~25 (8.20-24-4.00)	87.2	19.34	22.7	8.2		0.046																
	17 (17.27-21.05)	15.8	3.66	15.3	7.6																		
Aug.	20~21 (18.00-24-2.54)	25.6	6.75	12.0	5.8																		
	29 (3.48-19.00)	35.0	5.20	11.5	5.0																		
Sep.	11 (4.40-19.10)	34.4	14.50	7.4	1.9																		
Total						0.059	12.588	0.055	0.079	0.121	0.192	219.7	19.1	451.1	39.2	225.7	19.6	236.9	20.6	271.2	23.6	291.1	25.3
Sum						5.019	36.387	23.381	31.061	41.597	73.868	704.9	29.7	943.0	39.7	719.6	30.3	745.4	31.4	788.6	33.2	818.7	3.45

After of seeding

Before of seeding After of seeding

LMA, DINAH)과 4회의 集中豪雨가 發生하면서 5月1일부터 9月2日以前까지에 土壤流失을 誘發시킨 降雨는 16回이었으며 1回連續降雨의 最多量은 8月 29~30日의 163.0mm이었으며, 1時間 最大降雨強度는 7月 21日~23日의 44.7mm/hr이고, 10分間 最大降雨強度는 8月 2~4日의 15.0mm/10min이었다. 우리나라는 아세아 몬순地帶에 屬하므로 1回連續最多降雨때는 으레 強한 降雨強度(이경우에 16.3mm/hr, 7.5mm/10min임)도 同伴하게 되어 土壤流失量이 決定的으로 많았으며 1年中 颱風이나 100mm以上の 集中豪雨가 發生하였을때 일어나는 土壤流失量이 全體流失量의 大部分(84~92%)이 發生하고 있다. 但, 25°區는 59%이어서 100mm以下の 降雨에도 土壤流失이 자주 發生함을 暗示하고 있어서 傾斜도가 너무 急하므로서 流失이 쉽게 일어나게 되는것이 아닌가 생각된다. 그리하여 基盤造成을 完了한 裸地狀態에서 傾斜度別 流失量을 보면 8°區는 許容土壤流失量¹⁸⁾ 14ton/ha보다 훨씬 적은 4.96ton/ha에 머물어 있어서 一般의인 排水施設의 完備만으로 土壤流失에 對處할 수 있겠으나 그밖에 10°~25°區는 23.3~73.7ton/ha로 모두 許容土壤流失量을 크게 上廻하고 있다. 그 傾向을 Fig. 3에서 보면 10°區(平均 25.1ton/ha)를 基準으로 볼때 15°, 20°, 25°로 急해 지는데 따라서 그 量의 1.24배, 1.65배, 2.94배로 指數的인 增加傾向을 나타내고 있어서 基盤造成 때는 土壤流失防止를 위한 別途의 對策이 必要하다. 즉 ①斜面長을 어떤 間隔(10~30m)으로 짧게 자르거나, ②等高線에 나란하게 臨時承水畦(깊이같이 쟁기로 1~2回 畦立하는 정도)를 만들거나, ③草地面의 惡水가 集水路에 流入하는 流入口에 貯溜區를 두거나, ④集水路線上에서 落差工을 두는 個所에 沈砂槽를 設置하거나 ⑤集水路와 幹線排水路의 合流點에 合流槽(또는 整流槽)를 두어 土砂를 沈澱시키거나 ⑥幹線排水路의 末端에 沈砂池를 두는 등의 對策을 세워서 土砂가 下流側에 流下하지 않도록 積極的인 土壤流失防止對策을 세우는 일이 必要하다. 그런데 25°區는 耕耘草地로서의 開發은 어려워서 自然히

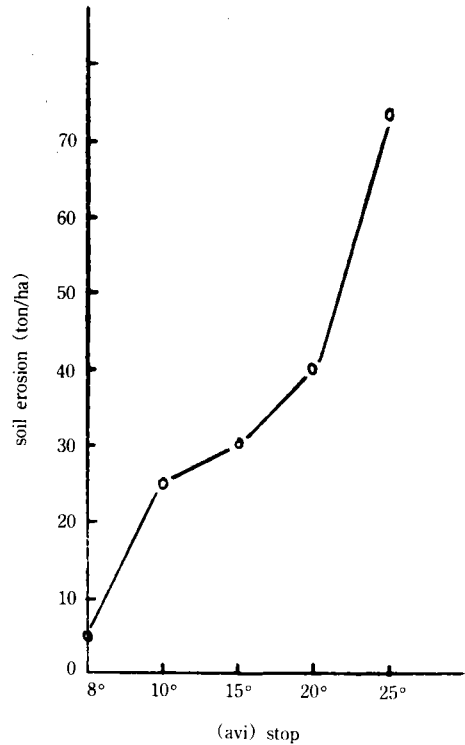


Fig. 3. Soil erosion of each sloping (before seeding).

不耕耘草地를 造成하게 되겠는데 아직은 그 造成方法이 確立되지 못하고 있을 뿐아니라 家畜을 放牧시키게 되면 家畜의 밟힘(蹄踏)으로 裸地頻度數와 裸地率¹¹⁾이 늘어나게 되므로 恒久的인 防災對策이 必要할 것이다.

물流出量도 傾斜角度가 急해지는데 따라 Fig 4와 같이 39.6%, 40.1%, 40.3%, 41.5%, 42.2%, 43.1%로 流出率이 緩慢하게 增加하고 있는데 역시 100mm以上の 1回連續降雨量이 發生하였을때 地下로의 浸透가 抑制되어 물流出量이 늘어나고 있으나 그 增加率이 土壤流失과 같이 指數的인 傾向이 아니라 算術的인 緩慢한 傾向을 나타내고 있다. 그리고 裸地狀態로 地表面을 攪亂시켜 놓았기 때문에 거의 大部分은 土壤流失을 同伴하였다.

2. 播種後(密植·被覆期間)

播種床을 造成하여 9月2日에 播種한後 1988

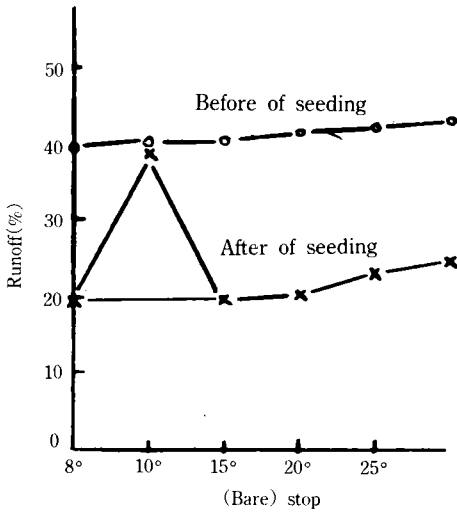


Fig. 4. Runoff of each sloping.

年 9月末까지 土壤流失을 發生한 降雨回數는 裸地區에서 12回이였으나, 牧草區는 1回連續最 多降雨量 255.6mm(7월 8~9日 發生)에서 단 1 回만 流失이 發生하고 있으며, 단, 25°區 만 이 그 2日後(7月 12~14日 發生)에 100mm以上의 降雨인 169.9mm($I_{60}=62.0\text{mm/hr}$, $I_{10}=19.6\text{mm}/10\text{min}$)가 發生한때도 流失되어 2回를 記錄하고 있다. 1988年은 降雨量이 平年値以下로 40年來 颱風이 없는 해로 記錄되어 集中豪雨가 7月 8~9日과 連이던 7月 12~14日의 2回만이 發生하고 있어서 土壤流失量과 物流出量도 이 期間에 集中하여 發生하고 있다. 그리하여 標準區(裸地 10°)는 39.5ton/ha의 流失量을 記錄하여 許容土壤流失量 14ton/ha의 2.8倍나 發生한데 比하여 牧草區는 0.055~0.192ton/ha로 許容土壤流失量의 1/254.5~1/72.9 밖에 發生하고 있지 않아서 土壤流失은 거의 無視할수 있을 정도로 적었다. 그러는 가운데서도 傾斜度가 增加하는데 따라 若干增加하는 傾向이있기는하나 이것도 無視해도 좋을 것으로 생각된다. 즉 傾斜地表面이 牧草로 95%以上 密植·被覆되고나면 土壤流失을 防止하는 效果가 매우 커서 急傾斜地일찌라도 土壤流失의 被害없이 開發할 수 있음을 가르키고 있다. 따라서 急傾斜地를 酪農을 위하여 草地로

開發하거나 草地속에 經濟作物을 栽培하는 田作地로 開發하는 形態를 생각해 볼수 있겠다.

물流出量도 前記한바 2回의 集中豪雨때 集中하여 많이 發生하고 있다. 그리고 裸地區(10°)에서의 流出率은 39.2%로 播種前(前年)의 流出率 40.1%에 比하여 큰 差가 없었으나 牧草區는 傾斜度가 急해지는데 따라서 增加하고 있는데 20°區까지는 順坦하나 25°區는 急增加하고 있어서 아무래도 25°以上되는 急傾斜地는 排水施設의 充實化와 防災對策에 特別한 配慮가 있어야 할 것으로 생각된다. 그런데 播種前에 比하여 牧草區의 物流出率이 Table-4에서 보듯이 約 20%정도 減少하고 있어서 이것은 牧草根에 의한 保水能力¹⁵⁾의 向上으로 降雨를 地下로 浸透促進시킨 것으로 解析된다. 그런데 本試驗은 土壤流失의 測定의 主目的이기 때문에 이 部分에 대해서는 地下浸透를 더 細密하게 分析할 수 있는 試驗이 뒤따르기를 期待한다.

V. 結論 및 要約

우리나라 山地의 安定的開發을 위하여 急傾斜地에서 가장 問題가 되는 土壤流失量을 알기 위하여 土地傾斜度를 8°, 10°, 15°에서 20°, 25°로 擴張시켰을때 어떤 정도의 土壤流失量과 物流出量이 發生하는 가를 알아보기 위하여 江原道 春城郡 鶴谷里所在 江原牧場內에 2m×20m=40m²의 試驗區를 6區設置하여 降雨에 의하여 發生하는 土壤浸蝕量과 物流出量을 牧草를 播種하기 以前의 基盤造成때와 播種後로 나누어 測定하여 다음과 같은 事項을 알게 되었다.

1. 急傾斜地에서 牧草를 播種하기 위하여 基盤을 造成하는 동안은 土壤流失量이 傾斜度 8°區를 除外하고, 許容土壤流失量 14ton/ha를 훨씬 超過하고 있으므로 土壤流失防止對策이 반드시 樹立되어야 한다.
2. 傾斜度 10°를 基準하여 傾斜度가 15°, 20°, 25°로 急해 질수록 土壤流失量이 基準區의 1.24倍, 1.65倍, 2.94倍로 指數的으로 增加하였다.
3. 土壤流失量은 1回의 連續降雨量이 100mm

以上되는 颶風이나 集中豪雨때에 크게 發生하여 그 量의 大部分을 차지한다.

4. 牧草播種後의 土壤流失은 被覆率이 95% 以上으로 定着되고 나면 100mm 以上의 連續降雨가 集中되었을 때 만 發生하였으며, 許容土壤流失量 14ton/ha 과 比較할 때 그 量이 1/73~1/250 밖에 않되어 거의 無視할 수 있을 정도로 적었다.

5. 草地는 傾斜度가 增加하는데 따라 土壤流失量도 增加하는 傾向이 있으나 이것은 거의 無視할 수 있을 정도로 輕微하였다.

6. 山地는 林地 아닌 草地로 造成하더라도 傾斜度 20° 까지는 土壤流失로 荒廢化할 念慮가 없다. 다만 傾斜度 25° 以上은 放牧草地로 造成되어야 하므로 家畜의 밟힘에 의한 裸地化가 念慮된다.

7. 물流出量도 傾斜度에 比例하여 增加하나 指數的인 增加는 아니었다.

8. 물流出量은 播種前에 比하여 播種後에 約 20%가 減少되었는데 이것은 牧草根의 保水能力에 의하여 降雨가 地下로 浸透促進된 것으로 解析되는데 더 仔細한 試驗이 있어야 하겠다.

參 考 文 獻

1. 藤原輝男：土壤의 浸蝕과 保全 農業土木學會誌 47(7)：72~74
2. 黃 垠 外3人：農地造成學 鄉文社 p. 132
3. 鄭弼均 外3人：傾斜度 및 斜面長別 土壤流失量, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987 試驗研究報告書 (化學部篇) 農村振興廳 農業技術研究所
4. 鄭弼均, 김영호：土壤保全을 위한 土壤 및 養分流失量調査, 1987年度 試驗研究報告書 (化學部篇) 農村振興廳 農業技術研究所
5. 鄭弼均, 高文煥, 任正男：山地사과園에서 傾斜長別 土壤流失量調査, 1982年度 試驗研究報告書(化學部篇) 農村振興廳 農業技術研究所
6. 鄭弼均, 高文煥, 嚴基泰：作付體系別 土壤流失量調査, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1982 試驗研究報告書(化學部篇) 農村振興

廳 農業技術研究所.

7. Mannering, J. V. and L. D. Meyer 1963. The effect of various rates of surface mulch on infiltration and erosion. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 27：84~86.
8. 農村振興廳 農業技術研究所；草地造成對象地 細部精密土壤調査, 1983年度 試驗研究報告書(化學部篇) pp. 155~166, 農村振興廳 農業技術研究所.
9. 農林水産部 農漁村開發局資料：土地資源의 開發潛在量
10. 農林水産部 農業振興公社：山地의 効率的開發方案의 研究(II) pp. 1155~1160 서울大 農大 農業開發研究所
11. 農林水産省 畜産局：草地開發事業計劃設計基準 pp. 190~193. 農林水産省 畜産局.
12. 吳世鎭, 鄭弼均, 嚴基泰：傾斜地土壤의 作物別 土壤流失量調査, 1986, 1987, 試驗研究報告書(化學部篇) 農村振興廳 農業技術研究所.
13. 吳世鎭, 김영호, 이종모：山地草地造成方法別 土壤流失量調査, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986 試驗研究報告書(化學部篇) 農村振興廳, 農業技術研究所
14. 朴贊浩, 李鐘烈, 金東岩：新稿 飼料·綠肥作物學鄉文社(1982) pp. 180~182
15. 柳寬植：傾斜地土壤에서의 降雨量과 土壤水分變化, 1986 韓中傾斜地開發 및 土壤保全 pp. 63~77
16. 愼齊晟, 愼鏞華：土壤保全因子가 土壤流失에 미치는 影響, 1980. 農試報告 18輯：1~8
17. USDA, 1978, predicting rainfall erosion losses "A guide to conservation planning" USDA. Agr. Handbook No. 537, USDA. Washington. D.C.
18. Wischmeier, W. H. 1975. Estimating the Cover and management factor for undisturbed areas, In proc. of the sediment-yield workshop, USDA Sedimentation Lab. Oxford, Mississippi, NOV. 28-30, 1972, ARS-S-40：118~124.