

雨量坡度及作物對於四川紫棕土沖蝕之影響

黃瑞采

紫棕土為四川紅色盆地中之主要土壤，因丘陵起伏之地形，墾種之坡地，夏季土壤沖蝕問題至為嚴重，一般農民深知防止沖蝕之必要，且久已實行「還土」及築溝堰與沙盪種種方法，以減少沖蝕之患害(6)。雖然，彼等對於防止沖蝕之農藝方法；如作物之選擇配合殊不注意。結果，縱有完善之溝堰與沙盪，亦不過消極之防範而非根本解決之道。本試驗目的即在探求降雨性質，坡度大小及作物種類對於紫棕土沖蝕之影響，以為農民採用農藝方法防止沖蝕之根據。本試驗係於1941年四月開始，第一年為預備期，第二年之結果已發表(1)。試驗共舉行五年，除第一年之記錄僅供參考外，茲將1942至1945之四年記錄撮要敘述之。

試驗方法

本試驗將紫棕土裝於四個木箱中，木箱係用生漆內外塗飾以防腐朽，箱之內長1.8公尺，寬0.35公尺，深0.33公尺，各置於5%，10%，20%及30%之坡度，接受天然雨水以測逕流及土壤沖失量之多寡，其他關於裝土及附屬裝置及實測之方法均見本試驗第一次報告中(1)，茲從略。本試驗於1942及1943兩年行栽芝蔴，代表莖葉稀疏之行栽作物；1944及1945兩年密播大豆，代表莖葉密集之散播作物，又自1943年多起於夏作收穫後，種植小麥與大豆相輪作。

試驗結果

(I) 降水量 本試驗四年中關於成都前三年之年平均降水量為783.2公厘，其中1943最早年降水量僅為689.9公厘，第四年之年降水量則為1489.8公厘，幾及前三年平均值之二倍。本試驗前二年種植芝蔴兩年平均年降水量為734.0公厘，後二年種植大豆兩年平均年降水量為1185.8公厘，此與芝蔴年之平均值相差451.8公厘。若以1943年之芝蔴年與1945年之大豆年兩者直接比較，則後者之年降水量為前者之2.16倍。至於四年年降水量總平均則為959.9公厘。

降水量之逐月分佈情形：1942年七月份雨量為337.4公厘，合年降水量之43.36%。八月份為115.9公厘，合年降水量14.9%，同年四月份雨量即達40.4公厘，為年降水量之9%有奇，九月份雨量為82.9公厘，合年降水量10.64%。十月份雨量為19.1公厘，合年降水量2.48%，故一年中正二三及十一十二等五個月降水量最少，其中雪量亦微，自四月份起，雨量即見增多，在一年中為次高峯。六月份雨量反低於四月份，而七月份達最高峯，九月份雨量減少甚多，十月份雨量僅為兩季之尾聲，其他三年降水量之分佈趨勢與此相似，惟年降水量之最高峯或在七月或在八月，而雨量分佈特別均勻之年度如1944年，則雨量較多之月份可在六月及九月兩個月，而十月份之雨量仍超出年降水量10%。四年中，前三年於四月後或為五月或為六月雨量反較四月份為低，第四年則以八月份雨量最多，幾合年降水量50%，而全年中只此一高峯。

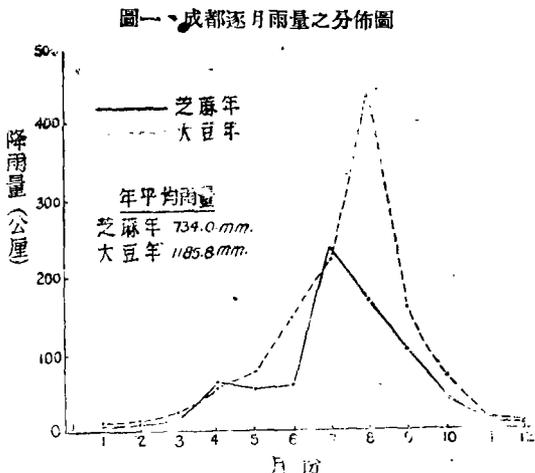
註：本試驗之設備承黃河水利委員會林墾設計委員會之資助，工作進行期間由原紹賢及張國靜二君協助記錄，一併誌謝。

編者註——本篇原附有實驗記錄表六，因篇幅關係，附表均略去。閱者如需要參考時，請逕向南京金陵大學土壤組索取。

前二年之芝蔴年度，平均七月份及八月份雨量各占年降水量31.28%及23.0%，四月至十月之七個月總計占年降水量91.65%，後二年之大豆年度平均七月及八月份雨量各占年降水量18.48%及30.2%，而四月至十月之七個月總計占年降水量96.26%。兩種作物年度逐月雨量之分佈情形如圖一。

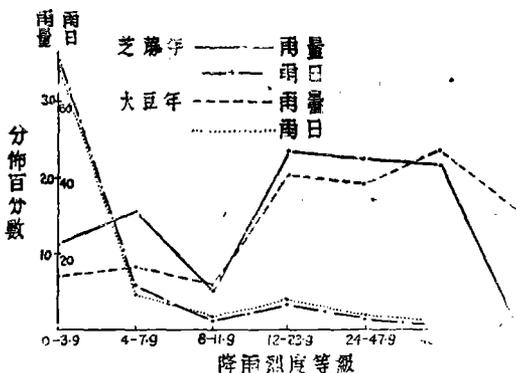
四年中均七月及八月份雨量各占年降水量24.88%及27.51%，而四月至十月份七個月之雨量占年降水量96.5%，且一年中僅有八月份一個高峯。

成都降雨烈度，就廿四小時內雨量記錄，可暫分為0-3.9m.m., 4-7.9m.m., 8-11.9m.m., 12-23.9m.m., 24-47.9m.m., 48-95.9m.m., 及96-191.9m.m.等七級，四年中廿四小時內最大雨量各為84.2m.m. (七月卅日)，85.2m.m. (八月廿三日)，92.8m.m. (六月二日)及183.2m.m. (八月九日)，一年中廿四小時內大於24公厘之雨日，1942至1945年四年各為7, 8, 8, 17日，可發生於四月至九月之間，此類急雨所占年降水量之百分數，四年中各為44.73%，43.6%，39.05%及76.42%，1945年降水量特多，而30.87%係廿四小時內大於96公厘之急雨，其他三年則無是項急雨，一年中大部雨量均屬於廿四小時內大於12公厘之烈度，其占年降水量百分數自1942至1945年各為69.28%，65.79%，67.7%及88.76%。但其降落地數僅占各該年總雨日13.19% (全年144雨日)，11.56% (全年146雨日)，13.42% (全年164雨日)，及15.15% (全年165雨日)。



成都廿四小時內小於4公厘之迷濛細雨甚多，而各月均有之，是項微雨之量占年降水量百分數，四年中各為10.15%，12.90%，9.72%，及5.32%，但其降落地數占年雨日百分數則各為70.14%，73.48%，68.90%及73.94%。

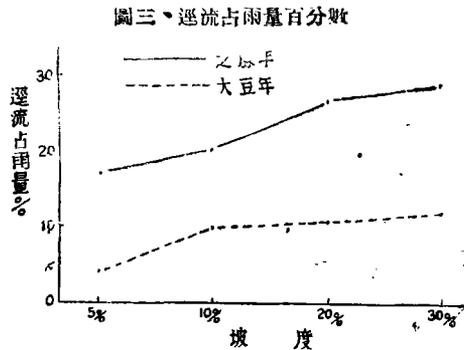
圖二、按降雨烈度雨量及雨日之分佈百分數



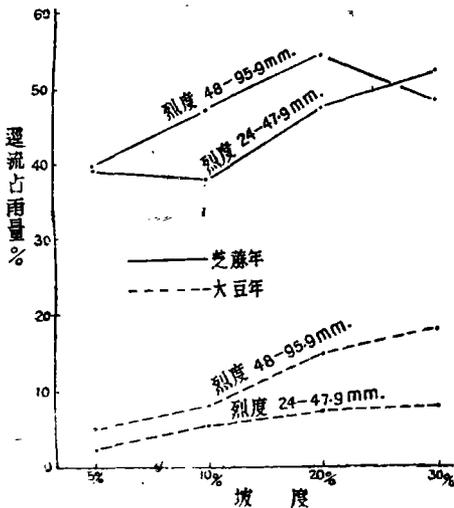
(II) 逕流量 四年之年總計中，年逕流量占年降水量百分數，各坡度上均以1942年為最大，5%坡度及10%坡度上者合併平均26.93%，而20%坡度及30%坡度上者合併平均34.76%，且前後各兩種坡度上相差均無幾，其中坡度較小者，其數值反較坡度較大者為低，1943年及1944年兩年此項數值與坡度之增大成正比，1945年此項數值在5%坡度上為6.02%，而在10%坡度以上之三種坡度

上最小為11.93%，最大為13.01%，且與坡度之大小相反，若以芝蔴年度與大豆年度二者之平均數相比，則自5% 坡度至 30% 坡度之順序，前者各為16.95%，19.23%，25.71%及27.66%，而後者各為3.96%，9.06%，9.63%及10.62%，當注意者，芝蔴年之平均年降水量為734.0公厘，而大豆年則為1185.8公厘，（圖三）

按降雨烈度而言，廿四小時內雨量在24公厘以上之各級中，其逕流占雨量百分數，於芝蔴年度之平均數，各坡度上均超出38.30% 而有達54.3%者，其中依坡度之改變不甚規則，惟有隨坡度緩緩上增之趨勢，此項逕流占雨量百分數，於大豆年



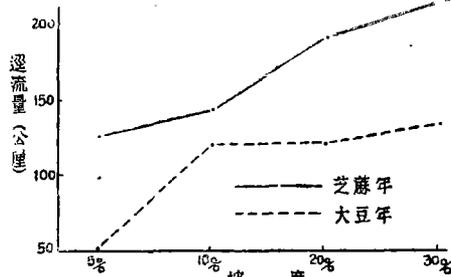
圖四、降雨烈度對於逕流占雨量%之影響



度之平均數，在降雨烈度24—47.9m.m.一級，依坡度增大之順序各為2.37%，5.33%，7.31%及8.10%，而在降雨烈度48—95.9m.m.一級，依同順序各為5.39%，8.38%，15.05%，及18.10%，又降在雨烈度96—191.9m.in.一級，依同順序各為4.96%，12.96%，9.16%及8.27%而不規則（圖四內僅舉兩級降雨烈度為例）。至於降雨烈度小於24公厘之各級逕流占雨量百分數，隨坡度增大趨勢，頗為規則，且其平均數值大半小於10%而無超出16%者，芝蔴年度平均數亦較大豆年度平均數為大，惟相差不多。

四年中，逕流量之實際數值，以1942年為最大，1944年為最小，而1944年之降水量反較1942年多103.6公厘，除降雨烈度有差異外，作物種類之不同為最大原因，1945年，因年降水量幾及通常年度之二倍，故是年逕流量列為四年中之第三位。至於芝蔴年平均數與大豆年平均數相比，則依坡度順序前者各為129.11公厘，143.79公厘，193.54公厘及216.64公厘而後者各為53.37公厘，120.59公厘，121.60公厘及135.07公厘（圖五）。

圖五、年逕流量之比較

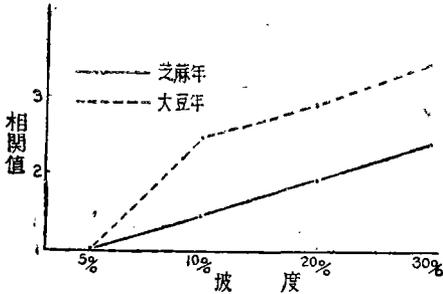


逕流之逐月分佈情形：1942年，各坡度上均以七月份為最多，占全年逕流量79%以上，1943年，各坡度上均以八月份為最多，占全年逕流量71%以上，1944年各坡度上均以六、七、八、九四個月為多，而各月所占百分數不大，1945年，各坡度上均以八月份為最多，惟僅占57%至76%之譜，此種分佈情形與各該年度雨量之逐月分佈相吻合。惟大豆

作物除能減少逕流之實際數值外，並有使逕流分佈百分數向各月分散之趨勢，此種分佈百分數隨坡度增減之情形不一，在大豆年度較在芝蔴年度尤不規則。

按降雨烈度逕流分佈情形：四年之一般趨勢逕流之大部均由於廿四小時內大於24公厘之雨量所發生，各坡度上大於24公厘之烈度等級中在芝蔴年度其分佈百分數之和幾全大於80%，而在大豆年度其分佈百分數之和自約38%至90%以上不等。

圖六、年逕流量相關值

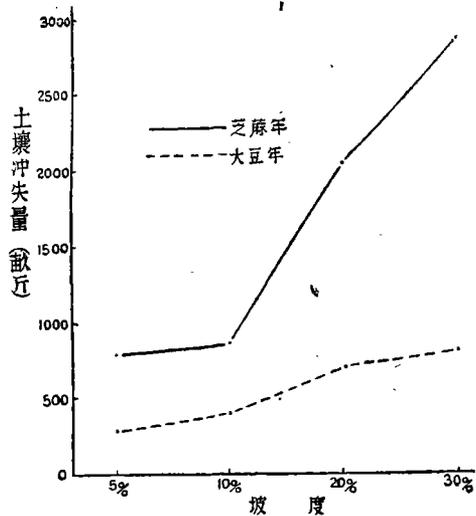


1944年因有252.7公厘之雨量係屬廿四小時內12—23.9m.m.之烈度等級而占年雨量28.66%，故是年逕流分佈百分數之大部，包括降雨烈度大於12公厘之各級，總之逕流分佈百分數隨降雨烈度及其雨量而變動，烈度愈大而雨量多，則逕流亦愈多，本試驗中廿四小時內大於12公厘之降雨烈度可為界限值，大於此值者，則可發生大量之逕流。

各坡度上年逕流量相關值(圖六)以坡度5%為準，芝蔴年度平均各坡度順序為1, 1.44, 1.91及2.37，而大豆年度平均各坡度順序為1, 2.44, 2.88及3.48。換言之，芝蔴年度逕流量之實際數值較大豆年度為大，但逕流量隨坡度增加之比率，則芝蔴年度較大豆年度為小。

(Ⅲ) 土壤沖失量 四年中土壤沖失量年總計以1942年為最多，1945年次之，而1944年為最少，芝蔴年之年降水量平均值為734.0公厘，而大豆年之年降水量平均值為1185.8公厘，但芝蔴年之土壤沖失量平均值依四種坡度順次為每市畝773.91市斤，832.53市斤，2004.93市斤及2822.62市斤而大豆年之土壤沖失量平均隨依四種坡度順次為270.02市斤，370.50市斤，666.53市斤及782.95市斤(圖七)降雨烈度之分佈直接影響逕流量之分佈，而後者又直接影響土壤沖失量之分佈，1942年四五月份雨量即較1943年為多，而七月份雨量特別集中，加之前者之年雨量亦較後者稍多，故1942年土壤沖失量總計較1943年者為多。1944年因大豆作物護土之效力著，是年土壤沖失量甚微，1945年因年降水量超過通常年約二倍，雖同為大豆作物，土壤沖失量在小於20%之坡度上，列為四年中第二位，而在30%之坡度上列為四年中第三位。換言之，在雨量特別豐沛之年，大豆護土力在大坡度上更為顯著。

圖七、年土壤沖失量之比較



土壤沖失量逐月分佈之情形與逕流量逐月分佈之情形略同，但月雨量對於土壤沖失量之影響大於對逕流量之影響。惟大豆作物之護土力可大為改變此種趨勢。例如芝蔴年中1942年四月份逕流分佈百分數各坡度上均在4%或5%之附近，而是年同月之土壤沖失量分佈百分數各坡度上在17%至29%之譜。又如芝蔴年中，1943年八月份逕流量分佈百分數各坡度上自約79%至約87%不等，而土壤

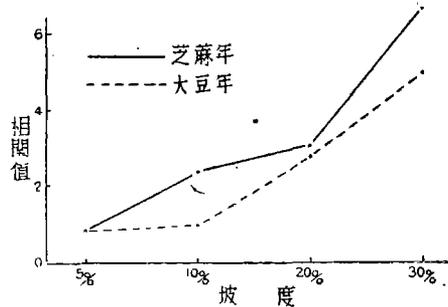
沖失量分佈百分數各坡度上自約85% 至約92% 不等，但在大豆年中，如雨量降於作物冠部鬱閉之後，則有相反之趨勢。如1945年八月份逕流分佈百分數各坡度順次為 60.23%，75.80%，68.03% 及57.52%，而土壤沖失量分佈百分數各坡度順次為 47.24%，46.94%，47.04%，及15.79%。是年同月九日雨量為183.2公厘，而同月26日雨量為163.2公厘，故降雨烈度特大。

●按降雨烈度土壤沖失量分佈情形：一般趨勢，降雨烈度愈強，則土壤沖失量分佈百分數亦愈大，芝蔴年度中，降雨烈度大於24公厘之各級，所占土壤沖失量百分數最多，惟1942年，30%之坡度上降雨烈度12—23.9m.m.一級，所占土壤沖失量百分數亦頗大。大豆年度中 1945年，大部分之土壤沖失量均集中於降雨烈度48公厘以上之二級，而1944年，20%及30%兩種坡度上，土壤沖失量集中於降雨烈度48—95.9m.m.一級，而在5%及10%兩種坡度上，降雨烈度12—23.9m.m.一級之土壤沖失量亦各占37%之譜。總之，降雨烈度於廿四小時內大於12公厘時，則土壤沖失量分佈百分數即可有顯著之增加，至於土壤沖失量分佈百分數隨坡度大小而增減之趨向頗不一致。

按降雨烈度各級互相比較，每一公厘深之逕流所沖失之土壤除0—3.9m.m.一級因實測時數量過微而引起過大之試驗差誤外，其他各級在芝蔴年度中，均有隨坡度增大之趨勢，而在大豆年度中則此項變動頗不一致。換言之，大豆作物護土力之影響超過坡度之影響，此種情形以降雨烈度48—95.9m.m.一級最為明顯。關於每1公厘深之逕流所沖失之土壤，芝蔴年度與大豆年度之差在大坡度上（20%及30%二種坡度）較在小坡度上（5%及10%）為顯明，以降雨烈度48—95.9m.m.一級為例，每1公厘逕流沖失之土壤，在芝蔴年度依坡度順序每畝平均為 5.49市斤，5.51市斤，10.78市斤及15.55市斤，而在大豆年度依坡度順序每畝平均為 4.57市斤，3.53市斤，4.30市斤及6.49市斤，至於各級降雨坡度間每一公厘深之逕流所沖失之土壤變動甚不一致。

各坡度上年土壤沖失量相關值（圖八）以坡度5%為準，芝蔴年度平均各坡度順序為1, 1.46, 3.15及6.70 而大豆年度平均各坡度順序為 1, 1.07, 2.88 及5.016。換言之，芝蔴年度不但土壤沖失量之實際數值較大豆年度為大，且土壤沖失量隨坡度增加之比率亦較大豆年度為大，後項趨勢與前節逕流相關值中所述者恰相反。

圖八、年土壤沖失量相關值



討 論

本試驗因設備限制，各坡度僅為單次重複，且同一年度中不能包含兩種不同之作物。但四年結果關於降雨量，降雨烈度，坡度及作物間逕流及土壤沖失量之差異，雖不克應用統計方法以作比較，然其顯著程度已頗明瞭，茲以大豆年度之各項數值為1而表列芝蔴年度之相關值如下：

項 目	坡 度			
	5%	10%	20%	30%
年 降 水 量	0.62	0.62	0.62	0.62
年逕流占雨量%	4.28	2.12	2.67	2.60
年 逕 流 量	2.42	1.11	1.59	1.60
年 土 壤 沖 失 量	3.74	2.25	3.01	3.69

上表中芝蔴年度之降水量小於大豆年度甚多，但各相關值則顯著示明芝蔴年度之逕流及土壤沖失量大於大豆年度。

坡度與土壤沖蝕關係之研究方法或為在田間選擇傾斜不同之坡地，或為盛土於容器中置於不同之坡度。後項方法多採用人工雨，但亦置於室外接受天雨者。美國關於此項試驗概限於較小之坡度，而罕有坡度超出10%者(12)。蘇聯試驗中則有採用甚大之坡度者，如 Gussak 氏在外高加索以面積 100×10 公分之土管，置於5, 10, 20及30度之傾斜位置而受天然降雨之沖蝕(7)，本試驗所採坡度，係以四川紫棕地一般耕地之坡度為準，而最大之坡度為30%，約合15度之譜又本試驗係接受天然雨水。

降雨直接影響逕流及土壤沖蝕，一年中數次之急雨即可釀成大部之逕流及土壤沖蝕，Conner 氏等於美國 Texas 州測得年逕流量90%由於七八兩月之暴雨(3)。最近 Forrest 及 Lutz 兩氏在美國東南部 North Carolina 亦得類似之結果(5)。據本試驗四年中成都情形，廿四小時內大於24公厘之急雨可發生於四月至九月之間，而十月份亦有廿四小時內達20公厘之急雨，最烈之雨則發生於七八兩月而偶爾發生於六月，至於廿四小時內超過48公厘之急雨，則可發生於五月至九月之五個月中。

本試驗中前五日內之雨量足以影響某次降雨之逕流及土壤沖失量。此種情形已於本試驗第一次報告中(1)詳細說明。要言之，芝蔴年度之1942年夏季因於前五日降落巨雨，故八月二日廿四小時內12.5公厘之雨使逕流百分數大於70%以上，而各種坡度上之數值相差甚少，且各坡度上均有巨量之土壤沖失，又1943年八月間亦不乏類似之明例，至於大豆年度中則此種情形並不顯著。

據美國研究資料，坡度對於土壤沖蝕之關係並不規則，如 Forrest 及 Lutz 兩氏研究坡地採用行栽作物之橫行比降(row-grade)以利排水之試驗中(5)，述及在每100英尺中0至6英寸之比降範圍內逕流增加甚速，但在每100英尺中6至30英寸之比降範圍內則逕流之增加甚緩，又土壤沖失量在18英寸之比降時小於在12英寸或24英寸之比降時之數值。Lutz及Hargrove 兩氏曾另舉行實驗(10)證明逕流實際深度對於土粒之開始移動及土壤沖失量均有密切關係，當逕流實際深度與某種土粒直徑相當時則是項土粒之沖失量大於其他較大直徑或較小直徑之土粒之沖失量。兩氏試驗之坡度範圍為0—9%。本試驗中1942年逕流及土壤沖失量在5%坡度上常稍大於10%坡度上之數值之不正常現象，除試驗準確性之問題外，是否由於類似上述之自然定律則尚待繼續之研究。他若超過10%之坡度則因雨水停留地面之時間短而逕流量增多，又因坡度甚大逕流速度劇增，而逕流沖蝕力及攜帶泥沙量亦隨坡度而俱增。至於大豆年度中坡度與逕流及土壤沖蝕量之關係偶有不正常之現象，乃因大豆植株之冠部受降雨時風力之吹襲傾倒而致護蔽土面不勻之故。

無論芝蔴年度或大豆年度，土壤沖失量隨坡度之增加率均大於逕流量隨坡度之增加率，此與其他試驗之結果同(8)。

據本試驗結果如必須於夏季種植行栽而莖葉稀疏之作物則宜以10%之坡地為限，或築梯田使地面傾斜度減小至此範圍。但仍應與莖葉稠密之作物相輪作或分區條栽，因即在10%及5%之坡地，其土壤沖失量亦屬可觀。反之，如雨量似成都通常年度之數值而於夏季種植莖葉稠密之作物，則雖在30%之坡地，其逕流及土壤沖失量並不過多。

本試驗中作物種類影響土壤沖蝕最為顯著，密植之大豆作物於莖葉完全鬱閉後護土之能力至大，如1945年之年降水量幾為通常年度之二倍，但因大豆生長叢茂之故，是年逕流及土壤沖失量仍

較1942年之蕪年減少甚多，且土壤沖失量減少之數遠大於逕流量減少之數。Krusekopf氏於美國Missouri州之長期土壤沖蝕試驗報告中亦謂作物種類之影響大於其他因子之影響(8)

成都之雨量可代表川西一帶情形，欲避免坡地劇烈之沖蝕則宜種植葉面寬闊之作物，並實行適宜之輪栽與間作，如自成都向南至仁壽縣沿途紫棕土坡地原多以玉米與大豆相間作，可稍加改進，於玉米行間密植大豆，使後者之莖葉早日完成鬱閉狀態以蔽地面，玉米與大豆之前作為小麥或豌豆均可，小麥於五月底六月初收穫後，如不以麥稈編製草帽，則以之覆蓋於玉米大豆沿等高線之行間以護土，將來或除去之或聽其腐爛以補充土中之有機物。

麥稈護土之效至宏，Dawson氏於美國Maryland州亦曾舉行試驗證明其防禦急雨之效用(4)。本試驗中有此項處理，惟未分別比較之。雖然，如欲推行此種護土方法，則農民恐將嫌費工過多並浪費麥稈。至於未腐爛之麥稈不宜耕翻入土，一則當其腐爛時分解菌需要有效氮素，有損土壤之肥力而不利於作物之生長，二則未腐麥稈足以減少土壤之團粒組織(11)。總之，新耕之地，土壤疏鬆，沖蝕劇烈，Forrest及Lutz兩氏於試驗中亦特別提及此點(5)。故即犧牲麥稈仍為合算，本試驗中1942年之急雨，係開始於四月份翻土之時，致使該月逕流及土壤沖失量俱大，又1944年六月中旬即時有急雨，播種大豆復因蓋有麥稈乃免於劇烈之沖蝕。

密植大豆護土之能力固由於大豆之寬闊葉面及其豐茂之冠部遮蔽地面而防雨滴打擊之效力，但地面之大豆落葉直接覆蓋土壤使流水澄清而土壤之滲漏率不致減小之原因亦甚重要，此與森林中地面覆被物之效用相同(9)。此外密集之莖部亦可阻滯地面流水而減低其流速。

每一公厘深之逕流所沖失之土壤，可表示降雨烈度，坡度及作物等因之之綜合影響。美國研究資料中，多以每磅土壤需要若干立方英尺之逕流量以沖失之為準，其用意則相同。Krusekopf氏於其報告中附表16所示十年中之一般趨勢(8)，得知坡度稍大者每磅土所需立方英尺之逕流量較少。又連作玉米與輪栽作物相比，每磅土所需立方英尺之逕流量亦較少。本試驗所得結果亦符此意，至於此項數值與降雨烈度之關係則甚不規則，

本試驗中逕流及土壤沖失量之數值均小於同類土壤之田間小區試驗之數值。如作者等曾於1939及1940年在四川仁壽縣舉行坡地棉作沖蝕試驗，該地坡度平均為12%，1939年自四月至年底總雨量為703.5公厘而各處理之平均土壤沖失量為每市畝41.17市担，又1940年全年降水量為1389.0公厘而各處理之平均土壤沖失量為每市畝191.33市担。本試驗中蕪年之平均土壤沖失量依坡度順序僅為每市畝7.74市担，8.33市担，20.05市担及28.23市担。故以本試驗中坡度10%上之土壤沖失量與仁壽試驗中坡度12%上之土壤沖失量相比，則前者僅為後者五分之一。劉士林氏報告關於四川內江區土壤沖蝕試驗1940及1941兩年之結果(2)述及該兩年平均年降水量為1012.5公厘，土壤為紫棕土，坡度為15度而土壤沖失量之三年平均中玉米苕子地為347.61市担，油菜花生地為67.94市担，苟以本試驗中30%之坡度與之相比，則蕪年年度土壤沖失量為玉米苕子地十二點三分之一而大豆年度土壤沖失量為油菜花生地八點九分之一，觀其則箱具試驗之結果如何與田間試驗之結果相連繫尚為一未解決之疑問。

摘要

本試驗就成都南郊金陵大學農場利用箱具裝置以求降雨，坡度及作物種類對於四川紫棕土沖蝕之關係，試驗自1941年須始至1945年年底為止，本報告包括1942至1945年四年記錄；最初一年記錄

僅供參考未列入計算。

試驗中之箱具係木製，長1.8公尺，寬0.35公尺，深0.33公尺，共四具，分別置於5%，10%，20%及30%之四種坡度上，內盛四川紅色盆地中之一種紫棕色粘土。降雨之時，每廿小時測定雨量，逕流及土壤沖失量各一次，試驗中1942及1943兩年行播芝蔴代表莖葉稀疏之作物，1944及1945年密播大豆代表莖葉密茂之作物。四年結果中之要點如下：

(i) 本試驗四年中成都年降水量總平均為950.9公厘，最少年為689.9公厘而最多年為1489.8公厘，本試驗芝蔴年度平均降水量為734.0公厘，而大豆年度平均降水量為1185.8公厘。

(ii) 成都降雨烈度可暫按廿四小時內雨量，分為0—3.9m.m., 4—7.9m.m., 8—11.9m.m., 12—23.9m.m., 24—47.9m.m., 48—95.6m.m., 96—191.9m.m., 等七級，四年中廿四小時內最多雨量可自84.2公厘至183.2公厘不等，此項烈雨可降於六月初至八月底之間，廿四小時內大於24公厘之雨日可自七日至十七日不等。

(iii) 芝蔴年度年降水量雖較大豆年度為低，但逕流佔年雨量百分數，依坡度順序，則前者各為16.95%，19.23%，25.71%及27.66%而後者各為3.46%，9.06%，9.63%及10.62%。

(iv) 四年中逕流量之實際數值，依坡度順序，芝蔴年度各為129.11公厘，143.79公厘，193.54公厘及216.64公厘，而後者各為53.37公厘，120.59公厘，121.60公厘及135.07公厘。逕流逐月分佈隨雨量分佈而變異，惟大豆作物有使逕流分佈百分數，向各月分散之趨勢。又芝蔴年度七月份或八月份之逕流量可占年逕流量70%以上。

(v) 逕流之大部由於廿四小時內大於24公厘之雨量所發生，各坡度上大於24公厘之烈度等級中，在芝蔴年度，其分佈百分數之和幾全入於80%，而在大豆年度，其分佈百分數之和，自約38%至90%以上不等。

芝蔴年度逕流量之實際數值較大豆年度為大，但逕流量隨坡度增加之比率則芝蔴年度較大豆年度為小。

(vi) 土壤沖失量之實際數值，依坡度順序，芝蔴年度各為每市畝773.91市斤，832.5市斤，2004.93市斤及2822.62市斤，而大豆年度各為每市畝270.02市斤，370.50市斤，666.53市斤及762.95市斤，大豆年度中雨量特別豐沛之年，大豆護土力在大坡度上（坡度30%）更為顯蓋。

(vii) 芝蔴年度月雨量對於土壤沖失量之影響入於對於逕流量之影響，月雨量增多，使同月土壤沖失量增加之百分數較使同月逕流量增加之百分數為大，大豆年度則反是。

芝蔴年度土壤沖失量之實際數值較大豆年度為大，且土壤沖失量隨坡度增加之比率，芝蔴年度亦較大豆年度為大。

(viii) 據本試驗情形，某一日之前五日內如降落巨雨，則該日急雨可發生甚大量之逕流及土壤沖失，芝蔴年度此種情形更顯，但大豆年度則不顯。

(ix) 大豆作物之護土力，由於寬闊平向之葉面及密茂之莖葉可遮蔽地面以防雨滴之打擊，而落葉護土亦可使地面流水澄清而維持土壤之滲漏速率，又麥科覆蓋地面之護土效力甚宏，如於大豆葉葉尚未鬱閉之前用之，可防初夏急雨之沖蝕。

(x) 自成都向南至仁壽縣一帶之紫棕土丘陵地，可行玉米與大豆等高行栽之間作制，惟大豆宜密播以收護土之效，若能於生長前期，地面覆蓋麥科，則土壤沖蝕之害可大減。

參 考 文 獻

- (1) 黃瑞采原紹賢、(1943)土壤沖蝕箱具試驗第一次報告，土壤季刊三卷第三四合期。
- (2) 劉士林、二年來內江區土壤沖刷試驗結果，農業叢刊第二號，四川省農業改進所農事試驗總場。
- (3) Conner, A.B. et al. (1930) Factors influencing runoff and soil erosion. Texas Agr. Expt. Sta. Bull. No. 411
- (4) Dawson, R.C. (1946) Effect of crop residues on soil and moisture conservation under Maryland conditions. Proceedings 1945. S.S.S.A. pp. 425-728
- (5) Forrest, L.E. & Lutz, J.F. (1945) Slope and water relations affecting the movement of soil particles:II. Field studies. Proceedings 1944. S.S.S.V. pp.17-24.
- (6) Hwang, S.T. & Chen, T. (1941) A field experiment on soil erosion control at Jenshao, Szechuan. (Mimeographed)(中文見土壤季刊四卷一二合期，卅三年)
- (7) Jacks, G.V. & Whyte, R.O. Erosion and soil conservation. Tech. Communication no. 36. p.27. Imperial Bureau of Soil Science.
- (8) Krusekopf, H.H. (1943) The effect of slope on soil erosion, Res. Bull, 363, College of Agri, University of Missouri.
- (9) Lowdermilk, W.C. (1930) Influence of forest litter on runoff, percolation, and erosion. Jour. of Forestry, vol, 28 No.4.
- (10) Lutz, J.F. & Hargrove, B.D. (1944) Some slope and water relations affecting the movement of soil particles. Proceedings 1943. S.S.S.A. pp. 123-128.
- (11) Mc Hoenry, J.R. & Russell, M.B. (1944) Elementary mechanics of aggregation of puddled materials. Proceedings 1943 S.S.S.A. pp. 71-77.
- (12) Neal, J.H. (1938) The effect of the degree of slope and rainfall characteristics on runoff and soil erosion. Proceedings 1937 S.S.S.A. pp. 525-532.

A Study on Rainfall, Slope, and Crop in Relation to Erosion of the Purple Brown Soil of Szechuan

S. T. Hwang

SUMMARY

A tank experiment to study the rainfall characteristics, degree of slope and kinds of crops in relation to erosion of the Szechuan purple brown soil was carried out on the experimental farm of the University of Nanking in Chengtu during the period from 1941 to 1945 inclusive. The text consists of the results, of four years

only, that of the first year being used for reference.

There were four wooden tanks altogether; each tank was 1.8 meters long, 0.35 meters wide, and 0.33 meters in depth. They were made water proof; and accessory parts for receiving runoff and soil loss were appropriately provided. A kind of the common purple brown clay soil was put in the four tanks which were placed on brick foundations having slant tops of 5, 10, 20 and 30 percent slopes respectively. There was a rain gauge between the two tanks on each side. When there was rain, measurements of rainfall, runoff and soil loss were made at 24-hr. intervals.

Sesame was grown in 1942 and 1943, and soybean was grown in 1944 and 1945. The former crop represented ordinary row crops of thin top growth, while the latter crop represented ordinary thick growing crops with dense canopy. In the winters of both 1943 and 1944 wheat was grown in rotation with soybean, and wheat straw was used as an artificial mulch to protect the soil surface during the early stage of growth of soybean.

The records of the different measurements have been converted either to depth in mm. or catties par mou (1 catty = 500 gms, & 1 mou = 666.7 square meters)

The following are the main findings from this experiment:

(i) For the period from 1942 to 1945 inclusive the mean annual precipitation is 959.9 mm., with 689.9 mm. for the year of least rainfall and 1489.8 mm. for the year of heaviest rainfall. The average of the sesame crop years is 734.0 mm. and that of the soybean crop years is 1185.8 mm. Generally speaking, the rainy period of a year is from early April to late October, the rest of the year being usually very dry. July and August are the wettest months having downpours exceeding 80 mm. of rainfall in 24 hr. period. As a rule, April has more rainfall than either May or June.

(ii) After a thorough study of the mode of distribution of rainfall in Chengtu and the data on hand, it is justifiable to adopt the following intensity classes for rainfall in 24-hr. period: 0-3.9 mm., 4-7.9 mm., 8-11.9 mm., 12-23.9 mm., 24-47.9 mm., 48-95.6 mm., 96-191.9 mm. During the four years in question the heaviest rainfall in 24-hr. period varied from 84.2 mm. to 183.2 mm. They might occur between early June and late August. Rainfalls greater than 24 mm. in 24-hr. period occurred in seven to seventeen days during the period from April to Sep-

tember inclusive in the different years, the percentage of such rainfalls to the annual total varying from 39.05 to 76.42%; the average of the sesame crop years is 44.17% and that for the soybean crop years is 57.74%. For rainfall intensities greater than 12mm. in 24-hr. period the percentages of such rainfalls to the annual total are 67.54 % and 78.24% for the sesame and the soybean crop years respectively.

(iii) Though the mean annual precipitation of the sesame crop years is less than that of the soybean crop years, the percent runoff to the annual rainfall, in the order of increasing slope, varies as 16.95%, 19.23%, 25.71%, and 27.66% respectively for the sesame crop years and as 3.96%, 9.06%, 9.63% and 10.62% respectively for the soybean crop years.

(iv) During the four years the actual amount of runoff, in the order of increasing slope, varies as 129.11mm., 143.79 mm., 193.64 mm., and 216.64mm. respectively for the sesame years. and as 53.37mm., 120.59mm., 121.60mm., and 135.07mm. respectively for the soybean crop years. The monthly distribution of runoff is similar in tendency to that of the rainfall; nevertheless, the soybean crop tended to spread the runoff percentage wilder apart in the different months. Again, in the years of sesame crop the runoff of either July or August may amount to more than 70% of the annual total.

(v) Most part of the runoff was caused by rainfalls greater than 24 mm. in 24-hr. period in intensity. For the different slopes, in the intensity classes greater than 24 mm. in 24-hr. period, the runoff amounts to more than 80% of the annual total for the sesame crop years and it varies from 38% to more than 90% of the annual total for the soybean crop years. Rainfalls greater than 12 mm. in 24-hr. period in intensity may also give rise to much runoff, if they are high in total amount. According to the results of this experiment, 12 mm. rainfall fallen in 24-hr. period may be taken as the critical value, above which considerable amount of runoff is liable to occur. In a word, the more intense and the greater in amount the rainfall, the more will be the runoff.

Though the amount of runoff is greater in amount for the sesame crop years than for the soybean crop years, the rate of increase of runoff in respect to slope is smaller for the former crop years than for the latter crop years.

(vi) The actual amount of soil loss, in the increasing order of slope, varies as

773.91 catties, 832.5 catties, 2004.93 catties and 2822.62 catties per mou respectively for the sesame crop years and as 270.02 catties, 370.50 catties, 663.53 catties and 762.95 catties per mou respectively for the soybean crop years. In the years of extraordinarily heavy rainfall the protectivity of the soybean crop against erosion was especially predominant on the 30% slope in comparison with the less steep slopes.

(vii) In the sesame crop years rainfall greater than 12mm. in 24-hr. period gave rise to high percentage of soil loss; while in the soybean crop years large percentage of soil loss concentrated in the rainfall intensity classes greater than 48mm. in 24-hr. period. It is to be remembered, however, that the intensity and the amount of rainfall as well are related to the increase of soil loss.

Both the actual amount and the rate of increase of soil loss in respect to slope are greater for the sesame crop years than for the soybean crop years.

(viii) According to this experiment, if there was heavy rainfall in the previous five days, there would be greater amount of soil loss caused by the rainfall of the day in question, this being very evident in the sesame crop years and not noticeable in the soybean crop years.

(ix) The protectivity of soybean crop against erosion is due to its broad horizontal leaves and the thick canopy of the plant, which intercept the direct biting force of the rain drops; besides, the fallen leaves keep the surface runoff clear and are able to maintain the effective rate of percolation of the soil. The use of the wheat straw as a mulch is also very useful; it can prevent soil erosion in the early summer when the canopy of the soybean crop has not closed.

(x) Between Chengtu and Jenshao-hsien, on the hilly lands of purple brown soils, it is advisable to try the cropping system of contour planting of row crops of corn (maize) intercropped with thickly sown soybean in order to protect the bare soil surface between the corn rows. If it is possible to use wheat straw as a mulch during the early growth period of the soybean, soil erosion may be greatly reduced.