

部定大學用書

水土保持學

國立編譯館部定大學用書編審委員會主編

毛壽彭編著

國立編譯館出版
正中書局印行

部定大學用書

水土保持學

國立編譯館部定大學用書編審委員會主編

毛壽彭編著

國立編譯館出版
正中書局印行



版權所有

翻印必究

中華民國六十二年十二月臺初版
中華民國七十五年五月臺初版第三次印行

部定 大學用書 水土保持學

全一册 基本定價 精裝七元五角
平裝六元四角

(外埠酌加運費滙費)

主編者	國立編譯館
大學用書編審委員會	
編著者	毛壽彭
出版者	國立編譯館
發行人	蔣廉儒
發行印刷	正中書局

新聞局出版事業登記證 局版臺業字第一九九號(6760)
分類號碼：432.17 (500)野

正中書局

CHENG CHUNG BOOK COMPANY

地址：中華民國臺灣臺北市衡陽路二十號

Address: 20 Heng Yang Road Taipei, Taiwan, Republic of China

經理室電話：3821145 編審部電話：3821147

業務部電話：3821153 門市部電話：3822214

郵政劃撥：0009914-5

海外總經銷

OVERSEAS AGENCIES

香港總經銷：集成圖書公司

總辦事處：香港九龍油蔴地北海街七號

電話：3-886172-4

日本總經銷：海風書店 電話：291-4345

地址：東京都千代田區神田神保町一丁目五六番地

東海書店 電話：791-6592

地址：京都市左京區田中門前町九八番地

泰國總經銷：集成圖書公司

地址：泰國曼谷耀華力路233號

美國總經銷：華強圖書公司

Address: 135-18 Northern Blvd. Flushing, N.Y. 11354 U.S.A.

歐洲總經銷：英華圖書公司

Address: 14 Gerrard Street London W.L. England.

加拿大總經銷：嘉華圖書公司

Address: 340 Spadina Avenue Toronto, Ontario CANADA M5T 2G2

序

我國自古以來即以農立國，人民之食衣住行，無不直接或間接取之於水土。中國歷史上之一治一亂，更是與水土資源息息相關。一個國家的水資源是否豐沛，土資源是否肥沃，即可占國運之盛衰，民族之興亡。人類在上古石器時代，沒有金屬電氣，亦能生活。時至今日，雖然已進步到電氣時代，但人類離開水土，仍然不能生存，可見人類生活之中心離不開水土，但某地區有某地區的水文，某地區有某地區的土性，該地區如果水土能互相配合時，則該地區必生物滋長，文化進步，經濟繁榮，社會安定；反之，某地區如果水土互相抑制時，則該地區必將逐漸荒蕪。我國西北黃河流域一帶在古代原為政治、文化、經濟之中心，後因砍伐森林破壞土地覆蓋，水土流失嚴重，於是西北之大好河山逐漸變為荒涼枯寒區域，文化經濟政治之中心，亦逐漸移向東南。黃河流域因水土流失嚴重，黃河含沙量以重量計平時約在百分之三十，河水盛漲時，可達百分之五十，估計黃河之輸沙量每年約有五萬萬立方公尺之泥砂，洶湧東下，一瀉千里，肥沃土壤，滾滾流入大海，殊為可惜。

臺灣是一個狹長而孤懸海上的島嶼，中央山脈拔海約三千公尺，縱貫南北，分臺灣為東西兩部，山高坡陡，地質構造脆弱，河流源短流急，更因世界第二次大戰期間，日本為支持太平洋戰爭，曾大量砍伐森林，破壞土地覆蓋約二十萬公頃。因之，每遇颱風豪雨，山洪暴發，沖堤決岸，水土流失更為嚴重，倘不積極保持水土，大陸西北可為前車之鑒。

我國自古以來即注重平治水土，如甘肅蘭州一帶之礫幕，山西洪

同一帶之砂田，天水之條植，新疆之坎井，山西之枯井，甘肅之澆池，四川雲貴的梯田，及歷史上最出名的溝洫制度，均為我國習用已久的蓄水保土方法。

我國大陸上引用美國現代化之水土保持方法，始於第二次世界大戰期間。臺灣省光復後，政府鑒於本省地勢陡峻，山高水急，於民國四十年即積極推行水土保持。惟水土資源之保育，關係氣候、土壤、地質、水文、生物、農藝、森林、土木工程及水利經濟等，各方面之基本原理及應用方法，實非某項專家所可勝任，所以水土保持工作，可以說是一種新技綜合體。茲讀司瓦博等合著水土保持工程學 (Glenn Q. Schwab, Richard K. Frevert, Talcott W. Edminster & Kenneth Barnes-Soil and water Conservation Engineering) 一書，取材豐富，推理精詳，敘述簡明，爰逐譯之，並參照我國國情及有關資料，而酌予增減，編成此書。由於書中論述範圍較廣，所舉實例亦多，疏漏之處，在所難免，尚希讀者隨時賜教指正，以便再版時校正之。

全書之成，涂君望明、梁君曉光、陳君增壽、廖小姐惠利、宋小姐業敏、彭君金池、方君既安、李君德生等均曾參預工作，謹此致謝！

毛 壽 彭

中華民國六十二年六月六日識於

國立臺灣大學

目 次

第 一 章	概 論	1
第 二 章	降 雨	19
第 三 章	入滲，蒸發，葉面蒸發	59
第 四 章	逕 流	95
第 五 章	土壤、水及植物之相關性	121
第 六 章	土壤冲蝕原理	159
第 七 章	風蝕之控制	203
第 八 章	等高耕、條栽及耕作方法	219
第 九 章	植草送水口及水道	239
第 十 章	堵 段	255
第 十 一 章	保育性構造物	281
第 十 二 章	土 堤	309
第 十 三 章	水源地區洪水之控制	341
第 十 四 章	土地整平及形成	373
第 十 五 章	明 渠	395
第 十 六 章	地下排水之原理	425
第 十 七 章	地下排水之設計	449
第 十 八 章	排水管之裝置及維護	483
第 十 九 章	抽水機與抽水	501
第 二 十 章	水資源及其開發	525
第 二 十 一 章	灌溉原理	561
第 二 十 二 章	地表灌溉	581

第二十三章	噴灑灌溉.....	597
附 錄	619

第一章 概 論

1.1 水土保持之意義

水土保持為近年來新興的一種應用科學，應用工程原理，土壤性質，植物生態，耕作方法，來解決水土資源之經營及利用問題。其內容以研究防止土壤沖蝕保蓄水分，保持土壤生產能力，開發新生土地，換句話說，水土保持就是防止水土流失，保持土壤平衡，而使土地合理利用的意思。因為作物離水土即不能生存，但土壤對作物之價值又視砂土與黏土二者配合之百分比，及所含養料之分量與水分是否適合而定，若砂量超過某種限度，水分及肥料少過某種限度，土地即將淪為荒廢，失去生產能力。並且土中細小顆粒與養料，易受風力及水力之侵蝕而損耗。所以保持水土就是減少雨水之流失，而增進土壤之滲透力，並使地表逕流循排水道排出，以免引起沖刷。風大之地區並且應防止風蝕，水土保持工作的主要範圍約可分為三類：

(1) 有關土壤方面：為增加土壤中的腐植質，增進土壤的蓄水能力及滲透力，以達改良土壤構造及物理性質等。

(2) 有關植物方面：耕作，植草及造林都屬此範圍，耕作方法中有效的為輪栽、等高耕、條栽及植草諸法，植草可分草皮及草原兩種，草皮為防止陡坡田坎溝岸的被侵蝕及沖刷或為保護工程之用，草原可分永久草原及輪栽草原兩種，主要作用除水土保持外，且可發展畜牧。造林方法有樹羣及森林兩種，前者利用樹羣，防止溝狀河岸崩塌等沖蝕，後者乃就不宜於耕耘牧草之地廣為造林。普通保持水土流失，因坡度太陡，其他水土保持方法均不經濟或失效時，就只有利用造林

一途。

(3) 有關工程方面：宜因地制宜，而利用各種不同方法，最主要的包括建築埕段、水庫、堤堰、灌溉、排水及防洪工程等水資源之開發問題。

上列各種方法，各有特效，宜因地制宜，互相配合應用。水土保持工程人員切忌墨守成規，抄襲舊例，才能確保土地之生產能力，達到土地之合理利用。發展國民經濟，繁榮農村，富國利民。

1.2 水土保持工程之範圍

水土保持工程包括之問題可分六大類：

(1) 沖蝕控制：

土壤沖蝕主要因素爲人爲因素，破壞自然植物之覆蓋，引起土壤沖蝕。根據以往經驗及收集各種資料研究，控制土壤侵蝕之方法如下：

- (1) 土地之種植，耕作及收穫必須近似等高線。
- (2) 在已耕地面施行密植作物，及間作條播作物種植方式。
- (3) 垂直於山坡地斜度，築以明渠式埕段以減緩地表逕流流速。
- (4) 種植條狀樹羣或欄柵式的樹帶，以防止風蝕。
- (5) 利用作物的殘體深耕翻入土壤中，增加有機質，及腐植質以改良土地性質。
- (6) 以良好之草帶及播種畦，改良農作技術。
- (7) 水道及禿露沖蝕地面，施種永久性之植物覆蓋。
- (8) 在溝壑沖蝕地段建築適宜防治工程之結構物，以安定溝壑。

(2) 排水問題：

排除低窪地帶過多的水，其方式可用地表明溝排水或地下暗管排水或二者合併使用。一般而言，濕地多半是平坦而肥沃，很少沖蝕問

題發生，所以改良低濕地，增加生產，排水實為必須解決之問題。

(3)灌溉問題：

灌溉為補足作物正常生長的水份，可能為一種最高的增產方法，在雨量少於 250 公厘的地區，更非要人工灌溉不可，在年雨量介於 250 公厘到 500 公厘的地區，假如缺乏有效的灌溉，產量會受到很大的影響，年雨量超過 500 公厘，如要得到最高產量，亦需要灌溉，概略而言，灌溉經常受到水源地的限制，而水源地的養護與水土保持工程有密切的關係，完善的灌溉計劃必需考慮到作物的需要及蒸發與滲漏的損失，以美國西部 17 州平均每畝需要 4.5 呎呎水量的估算，只有 1.5 呎呎真正被作物吸收利用，其餘 3.0 呎呎均受蒸發與滲漏之作用而損失。

防洪問題：

防洪工作主要為疏導暴雨後低窪地的積水及調節河川流量，保護可耕地的面積。水土保持工程人員更應注意，並着眼防洪範圍，一般小於 1,000 平方哩的水源區域。河川下游及支流中所受水災損害比較明顯，往往使人產生防治下游的錯覺，而忽略了水源地的養護。一般而言，水源地區的洪水災害主要為農田的受損，而下游洪水的主要災害則在都市區域。

水源地主要之洪水控制方法，包括適當的集水區經營及小型水庫之蓄水。適當的集水區管理，可減小逕流量及土壤沖蝕，而水源地的洪水控制又與灌溉排水，溝壑及河岸之沖刷控制有密切的關係。

(5)水分之保持 (Moisture Conservation)

農業上主要問題多為土壤水分之不足，更因降雨之分配不均勻，許多潮濕地區作物生長季節亦受水分缺乏之影響。在美國大平原區域有三分之二的降雨均損失在蒸發上，據估計在美國大平原區域之十州，如果能把土壤表面蒸發損失減低為相當於三吋之降雨，這些州將要增

加三億噸一呎的水，足可充滿米得湖（Lake Mead）。

農業工程師有一主要責任，為如何貯蓄降水的大部分在土壤中，設計有效之水平埭段，利用特別之集水池，改進農業技術，改良土壤表層性質及深層結構，以期保持降雨及減少蒸發。

(6) 水資源之開發：

農業之發展直接影響水之需要量，在美國灌溉所用之水約等於已經開發供水之 46%，因之工業用水，都市用水，遊樂及其他非農業用水，分享剩餘之供水，更增加用水之需要，所以對於國家水資源之開發利用非常重要。在 1955 年美國一億二千三百萬噸一呎之水用於灌溉三千四百萬噸田地，但有三千二百萬噸一呎之水在輸水時損失。此種損失包括滲漏，蒸發，葉面蒸發，如擬補償這些損失，只有另開發新的水源。

水資源之開發除各種用水外，尚須注意到補充地下水源，補充井水，而在水源地區造成天然水庫。

1.3 水土保持的重要性

根據估計美國每年最少有 30 億噸的土，從農田中沖失，假定每立方呎土重 80 磅，則此巨大土量，其體積相當於 1,680,000 噸大深 1 呎的土，沖蝕損失的嚴重性由此可見。究其原因由於河川上游，地勢陡峻，常因暴雨侵蝕或久雨沾霖引起土地崩裂，河川挾帶泥砂石礫流到下游，流速漸減，到處沉積，惡化河床，甚至洪流奔馳，沖刷土壤，荒廢村落，人民財產蒙受莫大損失。

我國黃河流域上游，以前原為文化經濟的中心，現在都變為荒涼寒枯的區域，亦水土流失的例證，欲表示此項沖刷侵蝕力量之巨大，可以河流攜帶泥沙量表示。涇河於春天河水稍漲時泥沙重量可達水的百分之三十，夏季盛漲時可達百分之五十，黃河水利委員會在民國

二十三年測得潼關黃河最大携沙量竟達百分之三十八，我們試閉目一想這條滾滾大河水中携有重量三分之一土壤湧東下，一瀉千里，實為奇觀，若以現在之冲蝕狀況為準而推算，約二萬年後則黃河流域之黃土層可以完全冲刷淨盡。

美國近年對於這種問題，特別重視，據化學土壤局 (U. S. Bureau of chemistry and Soils) 之統計，一九三五年全國已墾田地，有三千五百萬至五千萬英畝被冲蝕而不堪應用，但在一九一〇年則僅有一千萬英畝之記載，侵蝕擴展的速度可見一般，美國每年各河口輸入海中土壤總量約五萬一千三百萬噸，至於局部之冲蝕及沉澱於下游的尚不計算在內。所以田地中肥沃表土之流失其嚴重性已為各國所深切認識，現在無不力謀防護水土流失之擴展。

水土保持之範圍已於前節中闡明，茲就其重要性之觀點再加以說明：

(1)增加生產：

我國為一農業國家，一切仰仗於農田生產，如要普及教育，提高文化，發展交通，建設地方，必須增加農田生產，人人能豐衣足食，然後中國方可走上工業化、現代化的道路，我們再就現代戰爭觀點來看，最後決勝條件，糧食比槍炮重要，第一次世界大戰德國失敗即為一例證，第二次大戰我國艱苦抗戰八年，得到最後勝利，歸因於糧食供應無缺，但我國農民一向靠天吃飯，缺乏水土保持的觀念，農墾毫無計劃，尤其西北地區因砍伐森林，田地遭受冲蝕，以前的良田美土都變成瘠薄的荒漠，沿海各省又多因排水不良，土壤性質惡化，鹹漬日增，西北各省因季候風之吹剝沙漠漸向南移，如此繼續下去，可耕田日漸減少，農產生產量也隨之而減，人民生計必感困難，國家前途實受到莫大之影響，所以防治水土之流失，利用水土保持方法開墾新生地，以增加生產，鞏固民生大計，實為刻不容緩的事情。

(2)河川整治：

黃河的災患，江淮的潰缺，每次損失慘重不可數計，甚至河道遷移，良田美土永埋河底，而舊道砂礫不堪耕耘，考其成災原因，由於上游森林荒廢，水土不能保持，每當山洪暴發，沖刷地面挾帶泥砂順流而下，及至下游流速減少，泥砂淤積，河床逐漸增高，一旦洪水到來，河槽不能容納，造成氾濫潰決的災害，據估計黃河每年挾帶五億立方公尺的泥沙入海，黃河上游各支流在洪水時期含沙量多半超過百分之四十，其主要沖蝕原因乃因黃河流經之區，均是黃土區域，土壤組織疏鬆含石灰及可溶性鹽類，每至雨季逕流侵蝕表土，洶湧入河，洪流澎湃，河床不能容納，遂致氾濫。而長江上游樹木叢生，所以長江下游含砂量較黃河為小，每年輸出大海之泥砂量約一萬八千萬立方公尺。黃河的治本問題，必須在河道上游防止水土流失，水不挾沙。河床不至淤積，河水乃不至再行氾濫，現在治理黃河多靠築堤防守治標之計，但建築堤防愈築愈高，河床在下游已高出兩岸田地，河水如同行於屋脊之上，一旦堤決，其災情慘重實無法估計。

我國河流害多利少，而歐美各國河流，則為國家富源，考其原因，就是我國河道上游水土流失嚴重，河源森林多被砍伐，以致洪枯流量相差懸殊，對灌溉、航運、發電均有困難，我國主要河流洪枯流量比較如表 1.1 所示。

從上面這個表的統計數字來看，洪枯流量倍數相差愈大，水位的高差也愈大，洪水的災害愈嚴重。因為流量水位相差懸殊，利用愈感困難，以洪枯流量相差最少的揚子江來說，在中上游做灌溉及航運都感困難，而夏季漲水時在湖南、湖北一帶又造成嚴重的水災，其他洪枯流量相差數千倍的河流，更是害多而利少。

我國主要河流因水土流失含沙量均相當大，以含沙量最少的西江而論，每小時的輸沙量亦在十三萬噸以上，約合八萬立方公尺泥砂。

表1.1 國內河流洪枯流量比較表

河 流	洪 水 流 量 (秒立方公尺)	枯 水 流 量 (秒立方公尺)	洪枯流量倍數
揚 子 江	85,533.00	5,259.00	16
金 沙 江	19,310.00	1,115.00	17
珠 江	85,530.00	2,650.00	32
烏 江	8,200.00	229.00	36
贛 江	14,819.00	292.00	51
湘 江	10,550.00	182.00	58
嘉 陵 江	19,277.00	195.00	99
漢 江	22,970.00	112.00	174
黃 河	29,500.00	150.00	197
渭 河	16,000.00	40.00	400
汾 河	2,500.00	5.00	500
資 江	6,207.00	12.00	517
灤 河	9,670.00	12.00	806
洛 河	6,000.00	6.00	1,000
澄 江	10,531.00	8.00	1,317
沅 江	23,900.00	18.00	1,323
永 定 河	5,000.00	0.80	6,250

至於黃河更有「斗水六沙」之說，意思是說黃河的水一斗裏面含六升的沙。黃河因為含沙量很重，所以河道容易淤塞氾濫，常鬧水災，假如我們將各河流分段測驗，我們就可以明白某一流域的某段土壤沖蝕最為嚴重。普通一般來說，各河流的上游地勢比較陡峻，土壤流失比較多，所以如果拿上游土壤流失量用流域面積來平均計算，即可得到土壤沖蝕的大概情形，我國五大河（海河、黃河、長江、浙江、珠江）流域面積約佔全國土地三分之一，若將其他三分之二的區域，泥沙

流失量總計算在內，則年有二十億立方公尺，如把這些土地平鋪在一百平方公里的地面上，則有二十公尺厚，此等損失何等重大，至於土壤肥料損失之總值，實在數目相當之大，無法統計出來，五大河流每年輸沙量見第 1.2A 表：

表 1.2 A 我國五大河流每年輸沙量的估計

河	流	輸 沙 量 每 年 立 方 公 尺
海	河	30,000,000
黃	河	200,000,000
長	江	320,000,000
浙	江	15,000,000
珠	江	100,000,000
總	計	665,000,000

我們回溯到中國的歷史，可說是一部災難史，尤其水旱災為多，據歷史的記載，統計過去三千七百年來，共計發生了 5,258 次，平均每半年要遭一次災，歷史上所記載的當然是比較大的災情，尚有許多局部不太嚴重的災害尚未計算在內，如將歷代所發生的水旱災按照每百年各地次數統計起來，見(第 1.2B 表)則全國十八省範圍內水旱災次數一代比一代增加，唐朝水災 23.3 次，旱災 39.1 次，共計 62.4 次，平均每一年半發生一次，及至清朝水災 314 次，旱災 167.5 次，共計 481.5 次，平均每兩月十七日發生一次。

民國以來政治不安，到處兵荒馬亂，水利不能興修，因而災害更為嚴重，如民國十六、十八、十九年的華中大水災，民國十七、十八年西北大旱災，民國二十年全國普遍的水災，二十一、二十二、二十三年十一省大水災，二十五、二十六年四川陝西的旱災，二十九年四川旱災，三十二年春七省的旱災等，每次水旱災害，人民生命財產損

表1.2B 中國歷代每百年發生水旱災次數統計表

朝 代	唐 朝		五代及 北 宋		南 宋		元 朝		明 朝		清 朝		歷年平均	
	290年		219年		153年		88年		276年		257年		1,283年	
	水	旱	水	旱	水	旱	水	旱	水	旱	水	旱	水	旱
河 北	2.1	2.1	6.9	9.1	3.9	9.9	25.3	29.9	1.8	5.1	43.7	26.9	14.0	12.6
河 南	4.2	4.2	17.8	24.2	1.3	5.3	34.4	21.9	2.2	2.9	26.0	12.4	14.3	11.8
江 蘇	1.4	4.2	2.7	4.1	9.9	14.5	3.4	10.4	1.5	3.3	43.8	15.7	10.5	8.7
浙 江	1.4	3.1	1.4	4.1	17.8	15.2	4.6	6.9	4.0	16.7	22.7	13.9	8.7	10.0
山 東	1.7	3.4	5.5	3.7	0.7	6.6	20.7	8.1	2.2	4.0	27.7	19.0	9.7	7.5
安 徽	0.7	4.5	3.7	7.8	5.9	9.9	4.6	4.6	—	2.2	36.3	14.5	8.5	7.3
湖 北	0.3	1.7	0.9	2.3	4.6	4.6	4.0	12.7	0.7	16.0	26.2	11.2	6.2	8.1
山 西	0.7	4.5	2.3	2.3	—	5.3	4.6	19.6	7.3	13.8	12.3	7.3	4.5	8.8
陝 西	9.1	4.5	1.8	6.9	3.9	5.3	4.6	3.7	2.2	7.3	1.6	9.5	3.9	7.7
江 西	0.7	1.7	1.4	0.9	5.9	6.6	4.6	3.5	1.5	4.4	21.8	13.6	6.0	5.1
湖 南	—	1.7	1.4	2.7	—	4.0	3.4	6.9	1.1	5.1	20.6	8.7	4.4	4.9
福 建	—	1.4	0.9	1.4	4.6	5.9	4.6	4.6	3.3	7.6	6.5	3.7	3.3	4.1
甘 肅	0.3	0.4	1.8	1.3	1.3	0.7	5.7	5.8	—	0.7	3.3	7.0	2.9	2.7
四 川	0.7	1.7	—	—	2.6	9.2	—	2.5	1.1	1.5	2.9	0.4	1.2	2.5
廣 東	—	—	0.5	—	0.7	1.3	2.3	4.6	1.5	2.9	7.0	0.8	2.0	1.6
廣 西	—	—	0.5	0.5	—	—	1.2	6.9	0.7	4.7	1.6	2.1	0.7	2.4
雲 南	—	—	—	—	—	—	—	—	6.9	6.5	2.5	0.8	1.6	1.2
貴 州	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.1	2.5	—	0.4	0.2
全國18省	23.3	39.1	49.5	71.3	63.1	104.3	128.6	161.4	38.0	105.8	314.0	167.5	102.8	108.2

失，實不可數計。如民國十八年全國災區範圍達二十一省，災民達七千萬人。民國二十年全國水災損失達二十億元，民國二十三年的水旱災損失亦在二十億元以上，民國二十四年各省的水旱災損失達七十億

為減少水旱災害，人民生命財產的損失，水土保持工作，亟應展開。

(3)延長水利建築物的壽命：

水中所含砂石對於水工建築物摩擦損毀力量很大，建築物之壽命必被折短，此為很顯著的事實，由於泥砂的淤積往往減少水庫的計劃容量，而使該工程不經濟甚至失敗，由於洪水位的提高，更直接影響防洪工作，就水力發電工程而言，泥砂的淤積，對於閘、閘、廠房、水輪機均為嚴重的障礙。

(4)減少風砂災害：

風沙的災害以開封城外為例，鄉下人民入城皆可越城垣而過，不必經過城門，現在蒙古大沙漠已南移，將來黃河流域如不實行水土保持，則勢將有被沙漠吞沒的可能，此種侵蝕，臺灣因雨量充沛為害雖較少，但據臺灣林產管理局的調查，臺灣耕地八十餘萬公頃中約有五十六萬公頃常受疾風吹襲，小的風力侵蝕於乾燥地面吹去細微肥沃的表土，形成層狀沖蝕，臺灣東西沿海地區，亦常有風砂災害，損害人畜，埋沒良田，摧毀農作物，淤積灌溉水道。

(5)控制逕流及防止沖刷：

保持水土可以利用降雨，控制逕流，增加雨水的滲透率及地下水的儲蓄量，並可保持土中肥料。

據美國白太斯及亨利 (C. G. Botes and A. J. Henry) 兩位先生於兩區山地研究逕流及沖刷的現象，十五年研究觀察的結果如次：

(1) 砍伐剝裸的地皮，增加逕流 15% 洪流 58%。

(2) 砍伐剝裸的地皮，增加沖刷可達八倍。

(3) 砍伐剝裸的地皮，增加高低水位的比例，最高水位與最低水位之比由 12 : 1 至 17 : 1。