

黄土高原土壤侵蚀作物覆盖因子计算

张 岩¹, 刘宝元¹, 史培军¹, 江忠善²

(1. 北京师范大学资源与环境科学系, 教育部环境演变与自然灾害开放研究实验室, 北京 100875; 2. 西北农林科技大学, 陕西杨凌 712100)

摘要: 土地利用方式以及不同农作物对土壤流失有明显的影响, 定量评价不同作物在土壤流失中的作用(作物覆盖因子)是土地利用和水土保持规划的重要依据。研究的目的在于计算黄土高原主要农作物不同生长阶段的土壤流失强度与裸露地的比率, 为计算土壤侵蚀作物覆盖因子应用。通过对甘肃天水和陕西安塞水土保持试验资料的分析, 计算了 7 种主要作物 6 个农作期的土壤流失比率表, 并对黄土高原 7 种作物覆盖因子进行了计算, 其值在 0.23~0.74 之间, 按此方法计算的作物覆盖因子值与观测多年平均土壤流失比率基本一致。但该方法的优势在于可以根据土壤流失比率表和不同的降雨侵蚀力分布曲线计算不同地区的 C 值, 而不需对每个地区都进行小区观测。

关键词: 土壤侵蚀预报; 作物覆盖因子; 农作期; 土壤流失比率

Crop cover factor estimating for soil loss prediction

ZHANG Yan¹, LIU Bao-Yuan¹, SHI Pei-Jun¹, JIANG Zhong-Shan² (1. Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster, the Ministry of Education of China; Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. Northwestern University of Agriculture and Forest, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Land use and crop characteristics influence soil loss obviously, so that a quantitative evaluation of the effect of different crops on soil loss (crop factor) is essential to land use and soil conservation planning. The effect of a given crop on soil erosion varies a great deal within the period from seeding to harvest because crop characteristics and canopy cover varies greatly in different seasons. Moreover, the distribution of the erosive rainfall within a year differs for different localities. Therefore, crop factor that takes both the protection of crop and rainfall erosion index into account is widely adapted in soil loss prediction in many countries. Although some research on C (crop) factor have been reported in China, there were much disagreement between those C values; so no C values or related parameters is widely adapted in China so far. The main reason is that the present C values seldom include the influence of rainfall patterns and variety of crop coverage in a year; or crop stages were not defined clearly. Another reason is the compared fallow conditions are not consistent. The purpose of this study is to calculate soil loss ratio from different types of cropland to bare fallow land, on the basis of which crop factor on loess plateau is estimated.

108 plot year observation data from Tianshui, Gansu during 1945~1953 (slope length 20m, slope width 5m, slope gradient 5°, 8°, 14°, 17°, including lentil, winter wheat, buckwheat, maize intercropping with soybean grown by traditional tillage in rotation) and 48 plot year observation data from Ansai, Shaanxi during 1987~1992 (slope length 20m, slope width 5m, slope gradient 25°, including buckwheat, potato, millet, soybean, which are grown by traditional tillage in rotation, fallow and two types of grass, sainfoin adsurgens) on loess plateau was analyzed in this study.

In order to take account of variance of crop coverage, a crop year is divided into the following six crop stage periods according to crop coverage change with time: fallow (from plowing to preparing seedbed),

基金项目: 国家科技部“973”项目(G2000018602)和国家杰出青年基金(49725103)资助项目

收稿日期: 2000-09-15 修訂日期: 2001-04-20

作者简介: 张 岩(1970~), 女, 辽宁海城人, 博士。主要从事土壤侵蚀与水土保持研究。

seedbed (preparing seedbed to 10% coverage), established (10%~50% coverage), development (50%~75% coverage), mature (75%~harvest) and residue and stubble (harvest-plowing). The length of each crop stage of specific crop is given in a table.

Obtaining soil loss ratios (SLR) for individual crop-stage periods are essential to derive the value of C factor. By analysis of 156 plot soil loss observations from two experimental field stations, soil loss ratios for each crop-stage period of 7 crops are presented. In Ansai, soil consolidation caused the erodibility of fallow plots to decrease significantly after the only tillage in spring and regression analysis shows that monthly average erodibility (Soil Loss/ $PI30$) decreases linearly within six months after tillage with the $R^2=0.858$. In order to keep the compared fallow conditions principally consistent, each soil loss was adjusted to the average level of the fallow plots by multiplying a modifying factor. Factor in the first month after tillage is 0.68; the second month, 0.79; the third month, 0.94; the fourth month, 1.16; the fifth month, 1.51; the six month, 2.17. Then SLR of every stage of 4 crops was calculated. In Tianshui station, measured soil losses from cropped plots were compared with seedbed within 20 days after planting or plots two months after harvest (quasi fallow) because of no experimental plot kept fallow. When SLR was calculated, all chosen observation data from 27 rainfall events in each of which "quasi fallow plots" can be identified was grouped according to crop stage of different crops. For each rainfall event, 12 plot observations were divided again into 4 sub-groups according to slope. There is a "quasi fallow plots" among each sub-group. The ratio of total soil loss from each crop stage to the total soil loss from corresponding "quasi fallow plots" with same slope is calculated as the SLR of that crop stage.

On the bases of soil loss ratios presented here and erosion index distribution data, annual average crop factors for the seven crops including lentil, winter wheat, maize intercropping with soybean, buckwheat, potato, millet, soybean, on loess plateau of northern Shaanxi Province calculated were as follow respectively, 0.57, 0.23, 0.28, 0.74, 0.47, 0.53, 0.51. The SLRs and method presented here were also used to estimate C value for soybean in northeast China which is very closed to the measured C . The C values for two grasses were also calculated in this paper. The first year sainfoin and adsurgens C factors were 0.97 and 0.94 respectively owing to their poor coverage and the C values for sainfoin, adsurgens of the second to the sixth year were 0.14 and 0.06 respectively.

It is hoped that results of this study are valuable for conservation farm planning and prediction of soil loss in loess plateau and can be reference for estimating crop factor for other areas.

Key words: soil loss prediction; crop cover factor; crop stage period; soil loss ratio

文章编号: 1000-0933(2001)07-1050-07 中图分类号: X4 文献标识码: A

土壤侵蚀危害日趋严重, 作物覆盖是治理土壤侵蚀必须研究的重要因子。美国从 20 世纪 60 年代开始系统估算作物覆盖因子 (C)^[1,2], 目前已确定了大量必要参数和计算机程序, 可以快速计算美国范围内各种土地利用方式的 C 值^[3]。我国对农作物 C 值有一定的研究。部分地区和作物的 C 因子研究结果曾有报道^[4~8]。但还没有广为接受的 C 因子值或有关参数可以在土壤侵蚀治理和预报中应用。主要原因是方法不统一或较少考虑降雨季节分布模式的影响, 尤其是作为计算 C 值的基准条件不统一。本研究目的在于计算黄土高原地区几种主要农作物各农作期土壤流失比率, 以便与降雨侵蚀力结合, 估计不同作物的 C 值。由于精确定义了农作期, 明确了对照标准, 使用了大量实测资料, 本文研究结果可以用于评价不同农作物及其不同生长期对土壤侵蚀的影响, 有较为广泛的应用性, 可为土壤侵蚀预报、水土保持规划和田间管理提供依据。

1 资料与方程数据

作物覆盖因子 (C), 通用土壤流失方程 (USLE Universal Soil Loss Equation) 定义为一定条件下有植

被覆盖或实施田间管理的土壤流失量与同等条件下清耕休闲地上的土壤流失量之比, 介于 0~1 之间, C 值越大说明它所对应的土地利用方式的土壤侵蚀越严重。从国内外的研究看来, 计算 C 因子的方法之一是根据定义用作物小区与裸露小区多年平均土壤流失量比较计算 C 值。W. H. Wischmeier^[1]认为植被覆盖的年内变化和降雨侵蚀力的年内分布共同决定植被对年土壤侵蚀量的作用。当侵蚀性降雨集中的季节正好有较好的植被保护, 则土壤流失较少。反之, 在暴雨集中期, 植被也较差时土壤流失最严重。因此, 本研究采用另一种方法, 既先划分农作物生长期, 再计算作物不同农作期作物小区与裸露小区的土壤流失比率, 然后根据不同气候区降雨侵蚀力指数的季节分布加权平均求年平均 C 因子。

作物覆盖因子的估计需要大量的观测资料。本研究的第一步就是收集、整理 1945 年以来的土壤侵蚀观测资料。然而, 估算作物因子所必需的裸露休闲小区资料十分有限。估计作物覆盖因子时, 最终选取甘肃天水站 1945~1953 年 108 个小区年, 27 次降雨径流泥沙观测资料^[9](5°小区: 15、16、17 号, 8°小区: 1、2、3 号, 14°小区: 7、8、9 号, 17°小区: 12、13、14 号, 坡长 20m, 坡宽 5m), 包括农家制玉米+大豆(玉米与大豆间作)-扁豆-冬麦-荞麦 3a 轮作制; 陕西安塞站 1987~1992 年 48 个小区年共 49 次降雨的径流泥沙观测资料(坡度 25°, 坡长 20m, 坡宽 5m), 包括农家制荞麦-马铃薯-谷子-大豆-休闲地 5a 轮作制, 以及人工草地红豆草和沙打旺。共 8 种农作物, 其中荞麦重复, 实有 7 种农作物和 2 种草地。为了消除坡度的影响, 本文采用公式 $S = 21.91 \times \sin\theta - 0.96$ ^[10]把不同坡度的土壤流失量修正到 15°坡度上(其中 S 是坡度因子, θ 是坡度)。为了估计天水降雨侵蚀力, 本文采用张汉雄、王万忠^[11]提出的公式 $i = (AN^n)/(t+d)^n$ 估计最大 30min 雨强(I_{30}), 其中 i 是历时 t 的雨强(mm/min); t 是历时(min); N 是某一强度暴雨的重现期(a); d 是时间参数, 取 1.6; a 是雨力递增指数, 取 0.338; A 是雨力参数, 取 4.423; n 是暴雨强度衰减指数, 取 0.755。

2 研究结果

2.1 农作期的划分

划分作物生长期(农作期)是估算作物因子 C 的主要步骤之一, USLE(1965)^[2]依据作物生长时间划分 5 个农作期。USLE(1978)^[12]的方法是按照作物覆盖度的变化将作物生长期划分为 6 个期: 休闲期(翻地~准备苗床)、苗床期(准备苗床~10%覆盖度)、定苗期(10%~50%覆盖度)、发育期(50%~75%覆盖度)、成熟期(75%~收割)和残茬期(收割~翻地)。本文借鉴 USLE(1978)^[12]的方法划分农作期。首先, 根据作物生长过程绘出覆盖度变化曲线。在划分天水玉米+大豆的农作期时, 参考了 RUSLE^[3]中玉米和大豆的覆盖度变化以及西峰的玉米+大豆, 并考虑了丰枯水年的差异, 取作物生长的平均数据拟定了玉米+大豆从播种到覆盖度 75%时的生长曲线, 如图 1。而划分天水冬小麦农作期时, 主要参考了 RUSLE^[3]中冬季小粒谷物的覆盖度变化以及天水冬小麦覆盖度的记录, 如图 2。

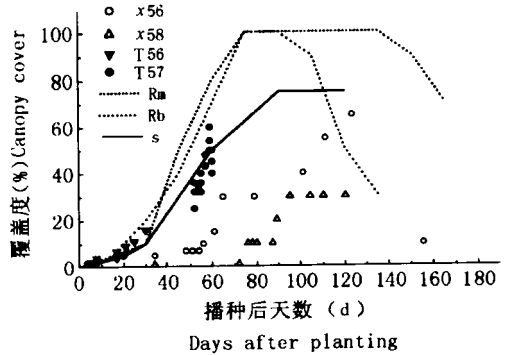


图 1 玉米、大豆覆盖度变化

Fig. 1 Change of canopy cover of winter grain in a crop year

x56—西峰 1956 年玉米+大豆 Maize+Soybean Xifeng, 1956; x58—西峰 1958 年玉米+大豆 Maize+Soybean Xifeng, 1958; T56—天水 1956 年玉米+大豆 Maize+Soybean Tianshui, 1956; T57—天水 1957 年玉米+大豆 Maize+Soybean Tianshui, 1957; S—拟定玉米+大豆 Supposed Maize+Soybean; Rm—Rusle 玉米 Maize in RUSLE; Rb—RUSLE 大豆 Soybean in RUSLE

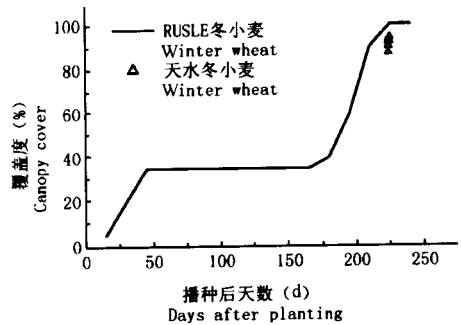


图 2 冬小麦覆盖度季节变化

Fig. 2 Change of canopy cover of corn and soybean in a crop year

荞麦、谷子、马铃薯、扁豆等覆盖度变化曲线主要是依据黄土高原地区作物覆盖度记录,取作物生长的平均状况拟定的。然后,根据所绘曲线确定每种作物覆盖度达到 10%、50%和 75%的大致生长日数。最后,再结合播种期、收割期等确定各农作期的时间长度。其中,苗床期应该从准备苗床时开始,但是多数资料只记录播种期,而没有记录翻地日期和准备苗床的日期,黄土高原一般准备苗床到播种日期很短,所以本文在划分天水农作期时,苗床期都从播种日期算起,玉米+大豆和冬麦的收割日期到下一次播种算做残茬期,无休闲期。另外,由于作物长势差等原因使覆盖度不能达到 75%时,从覆盖度达 50%到收割都算发育期,无成熟期,详见表 1。

表 1 农作期划分方法
Table 1 Definition of crop stage periods

	苗床期 Seedbed	定苗期 Establishment	发育期 Development	成熟期 Maturing crop	残茬期 Residue and stubble	休闲期 Rough fallow
原则	准备苗床~10% 盖度 Seedbed preparation~10% canopycover	10%~50% 盖度 10%~50% canopy cover	50%~75% 盖度 50%~75% canopy cover	75%~收割 75% canopy cover- Harvest	收割~翻地 Harvest- inversion plowing	翻地~准备苗床 Inversion plowing- seedbed preparation
安塞谷子 Small grain in Ansai	整地~播后 30d Seedbed preparation- 30 DAP	播后 31~60d 31~60 DAP ^①	播后 61~90d 61~90 DAP	播后 91d~收割 91 DAP-Harvest	收割~翻地 Harvest- plowing	翻地~整地 plowing-seedbed preparation
安塞黄豆 Soybean in Ansai	整地~播后 30d Seedbed preparation- 30 DAP	播后 31-60d 31~60 DAP	播后 61~90d 61~90 DAP	播后 91d~收割 91 DAP- harvest	收割~翻地 Harvest- plowing	翻地~整地 Plowing-seeded preparation
安塞马铃薯 Potato in Ansai	播种~播后 30d Planting~30 DAP	播后 31~60d 31~60 DAP	播后 61~90d 61~90 DAP	播后 91d~收割 91 DAP~Harvest	收割~翻地 Harvest- plowing	翻地~播种 Inversion- planting
安塞荞麦 Bulkwheat in Ansai	播种~播后 30d Planting~30 DAP	播后 31~45d 31~45 d 31~45 DAP	播后 46~60d 46~60 DAP	播后 61d~收割 61 DAP~Harvest	收割~翻地 Harvest- plowing	翻地~播种 Inversion- planting
天水玉米+黄土 Maize & soybean in Tianshui	播种~播后 30d Planting~30 DAP	播后 31~60d 31~60 DAP	播后 61~90d 61~90 DAP	播后 91d~收割 91 DAP-harvest	收割~播种 Harvest- planting	无 ^② No
天水冬麦 Winter wheat in Tianshui	播种~播后 30d Planting~30 DAP	播后 31~180d 31~180 DAP	播后 181~210d 181~210 DAP	播后 211d~收割 211 DAP~harvest	收割~播种 Harvest- planting	无 ^② No
天水扁豆 Lentil in Tianshui	播种~播后 30d Planting~30 DAP	播后 31~80d 31~80 DAP	播后 81d~收割 81 DAP~Harvest	无 ^③ No	收割~翻地 Harvest- plowing	翻地~播种 Inversion- planting

①DAP days after planting ②无翻地日期记录,所以无法划分休闲期 Rough fallow stage can not be determined because of plowing date record. ③因扁豆长势差,覆盖度低,从覆盖度 50%到收割都算发育期,而没有划分成熟期 Lentil development lasted from 50% canopy cover to harvest owing to the poor growing condition, so there was no maturing stage

2.2 农作期土壤流失比率的计算

农作期土壤流失比率(SLR)是计算作物覆盖因子的关键环节,它是一个农作期内耕种农田与清耕休闲地土壤流失量之比。所以在用小区观测资料计算土壤流失率时,作为对照的同期休闲裸露小区观测资料至关重要。对照小区是指实施清耕、无覆盖裸露休闲地。本文在估计安塞作物因子值时,由于裸露小区只在春季翻耕一两次,数据于土壤的固结作用,地面条件不断变化,单位降雨侵蚀力产生的侵蚀量随时间减小。为了消除这种变化对土壤流失比率计算的影响,修正了作为对照的裸地侵蚀量。首先,把 1987~1992

年共 49 次降雨的裸地侵蚀数据按翻耕后的时间排序,再分别求得每次降雨的裸地侵蚀量与降雨侵蚀力(PI_{30})的比值,然后,计算裸地翻耕后每个月的总侵蚀量与相应总 PI_{30} 的比值。在裸地春翻后的 6 个月内,该比值与时间的相关性很高,如图 3 所示。以 6 个月的平均值作为基准值对裸地侵蚀量进行修正,每次降雨侵蚀量乘以一个修正系数,第 1 至 6 个月的修正系数分别为:0.68,0.79,0.94,1.16,1.51,2.17。这种处理使得个别土壤流失比率的计算值略大于 1,按 1 处理。

在没有布设裸地的天水试验站,为了使用大量珍贵的历史资料来估计作物因子,本文分析了天水数据资料,寻求近似方法获得裸地的次降雨土壤流失量。具体方法是用农家制播种后 20d 内的玉米+黄豆、荞麦、冬麦小区以及收割 2 个月以后的夏收作物扁豆小区作为裸地对比,计算得到土壤流失比率。所谓农家制是指冬麦、荞麦撒播,扁豆、玉米+黄豆等高条播,播种前掀翻,不采取水土保持措施及抗旱保墒措施。根据修正通用土壤流失方程(RUSLE)^[3]中的有关理论、已往黄土高原的研究结果^[7]和对现有资料的分析,农家制播种后 20d 内作物地土壤流失量与裸地接近。因为播种后 20d 以内作物覆盖度一般小于 5%,最大不超过 10%,

对土壤流失的影响很小。对于收割后的农地,只有在翻耕条件下才和苗床期一样接近裸地侵蚀量。从扁豆收割后不同时期的土壤流失量与其它小区的对比情况来看,扁豆收割 63d 以后的小区土壤流失量接近作物苗床期的平均状况。所以,把收割 60d 以后的扁豆休闲小区作为对照“裸地”,由此得到农家制作物成熟期土壤流失率小于 0.2,具有一定的合理性。天水试验站大部分小区都是玉米+黄豆-扁豆-冬麦-荞麦 4 种作物 3a 轮作,在不同季节都有“准裸地”存在,“玉米+黄豆裸地”一般在春季 5 月下旬到 6 月上旬,“荞麦裸地”一般在 7 月下旬到 8 月上旬,“冬麦裸地”一般在 10 月份,“扁豆裸地”在 9 月上、中旬。所以,“准裸地”基本可以涵盖侵蚀性降雨发生的所有时段,进而可以对各农作期的土壤流失比率进行估计。计算土壤流失比率时,首先把所选 12 个小区,4 个坡度组的侵蚀数据按不同作物、不同农作期分类,以同一坡度组同一次降雨“裸露”小区侵蚀量作对照,则某种农作物某农作期各坡度组作物小区各次降雨侵蚀量之和除以对照“裸露”小区侵蚀量之和就得到它的土壤流失比率,如表 2。从中可以看出同一作物不同农作期土壤流失比率变化很大,最小值出现在农作物对土壤提供最佳保护的阶段,即成熟期,最大值出现在无植被覆盖并且土壤表面受到扰动的阶段,如休闲期和苗床期。其中,荞麦苗床期土壤流失率小于其它作物,原因之一是荞麦是夏播作物,在 30d 的苗床期内,覆盖度和高度都略大于其它作物。

2.3 多年平均作物覆盖因子的估计

作物覆盖因子是由作物覆盖季节变化和侵蚀性降雨的季节分布共同决定的,用某种农作物各农作期降雨侵蚀力百分比作为权重,对各农作期土壤流失比率进行加权平均,就可以得到年平均作物覆盖因子值。表 3 以安塞为例给出了计算作物覆盖因子值的方法、过程和结果。表 3 中的农作期降雨侵蚀力指数百分比是在王万忠等人^[13]的降雨侵蚀力月分布的基础上得到的。对于黄土高原来说,按此方法计算的作物覆盖因子值与实测多年平均土壤流失比率基本一致(表 3)。根据林素兰等人的试验研究^[7],辽北地区玉米、大豆轮作平均 C 值在 0.47~0.53 之间,根据本文方法得到的 C 值为 0.58,也是非常接近。由于实测资料的缺乏,本研究得到的土壤流失比率表在其它地区的应用还有待进一步研究。该方法的优势在于可以根据土壤流失比率(表 2)和不同的降雨侵蚀力分布曲线计算不同地区的 C 值,而不需对每个地区都做小区观测。

不同作物农地发生侵蚀的程度可以用年平均 C 值予以评价,其值越大,越容易发生侵蚀。表 4 列出了黄土高原地区农地不同作物年 C 值。从中可以看出荞麦地最易发生水土流失,这是因为荞麦是夏播作物,它的苗床期降雨最为集中的季节。冬小麦作物 C 因子值最小,因为冬小麦的生长期是从 10 月到次年 7 月,避开了侵蚀性降雨发生的大部分时段。玉米+大豆 C 因子值也很小,这是因为在降雨集中

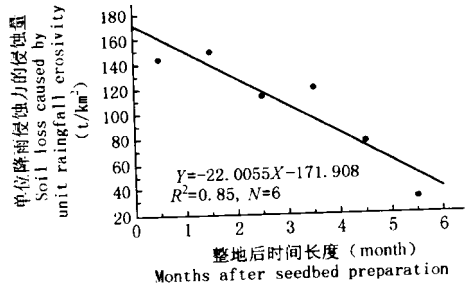


图 3 裸露农地侵蚀强度随时间的变化

Fig. 3 Erosion rate decrease of fallow plot after tillage

表 2 农作物^①土壤流失率(SLR)表
Table 2 Ratio of soil loss from cropland to corresponding 'bare farmland'

	苗床期 Seedbed	定苗期 Establishment	发育期 Development	成熟期 Maturing crop	残茬期 Residue and stubble	休闲期 Rough fallow
荞麦 Buckwheat	0.71	0.54	0.19	0.21	0.53	1.00
马铃薯 Potato	1.00	0.53	0.47	0.30	0.71	1.00
谷子 Millet	1.00	0.57	0.52	0.52	0.96	②
大豆 Soybean	1.00	0.92	0.56	0.46	0.53	②
冬麦 Winter wheat	1.00	②	②	0.17	0.19 ^①	③
玉米+大豆 Maize & soybean	1.00	0.40 ^①	0.26	0.03	②	③
扁豆 Lentil	1.00	0.70	0.46	— ^⑤	0.52	1.00

* ①表中所列农作物的耕作都是当地的传统方法,即玉米+大豆、扁豆为等高条播;冬麦、荞麦、谷子撒播;马铃薯、黄豆穴播;扁豆收后休闲;荞麦、马铃薯、谷子和大豆锄翻;冬麦、玉米+大豆、扁豆掀翻。All crops in the table are grown in conventional system as following: maize+soybean and lentil are cultivated in the contouring raw, winter^② wheat, buckwheat and millet are cultivated with broadcast sowing; potato and soybean are cultivated with hole sowing, buckwheat potato millet and soybean plots are tilled with hoe; and winter wheat maize+soybean and lentil plots are tilled with shovel. ②少雨季节,资料不足。No enough data to derive the SLR. ③无翻地日期记录,从收割到下一次播种算作残茬期。The inversion plowing date was not recorded, so time from harvest to next planting was regarded as residue and stubble stage. ④冬麦残茬期 SLR 是天水冬麦小区和“裸地”上单位降雨侵蚀力产生的平均侵蚀量的比值。Winter wheat residue and stubble SLR was the ratio of the soil loss by unit EI from winter wheat plot to that from “bare land plots” ⑤因扁豆长势差,覆盖度低,从覆盖度 50%到收割都算发育期,因此没有得到成熟期土壤流失比率。Lentil development lasted from 50% canopy cover to harvest owing to the poor growing condition, so there was no maturing stage.

表 3 作物覆盖因子值(C)的计算
Table 3 Procedure of calculating C value of crop year in Ansai

作物 Crop	农作期 Crop stages	起止时间 During time	农作期 EI 百分比 Crop stage EI percentage	农作期 土壤流失率 Crop stage soil loss ratio	作物年 C 值 Crop year C value	实测多年 土壤流失比率 Observed annual C value
荞麦 Buckwheat	休闲期 Rough fallow	04-16~07-19	33	1.00	0.74	0.74
	苗床期 Seedbed	07-19~08-18	45	0.71		
	定苗期 Establishment	08-18~09-02	15	0.54		
	发育期 Development	09-02~09-17	5	0.19		
	成熟期 Maturing crop	09-17~10-10	2	0.21		
	残茬期 Residue & stubble	10-10~04-21	0	0.53		
马铃薯 Potato	休闲期 Rough fallow	04-21~05~21	1	1.00	0.47	0.50
	苗床期 Seedbed	04-21~06-20	2	1.00		
	定苗期 Establishment	06-20~07-20	32	0.53		
	发育期 Development	07-20~08-19	44	0.47		
	成熟期 Maturing crop	08-19~10-05	21	0.30		
	残茬期 Residue & stubble	10-05~04-20	0	0.71		
大豆 Soybean	苗床期 Seedbed	04-20~05-20	2	0.1.00	0.51	0.53
	定苗期 Establishment	05-20~06-10	1	0.92		
	发育期 Development	06-19~07-19	30	0.56		
	成熟期 Maturing crop	07-19~09-29	66	0.46		
	残茬期 Residue & stubble	09-29~04-13	1	0.53		
谷子 Millet	苗床期 Seedbed	04-13~05-13	1	1.00	0.53	0.55
	定苗期 Establishment	05-13~06-12	2	0.57		
	发育期 Development	06-12~07-12	19	0.52		
	成熟期 Maturing crop	07-12~10-04	78	0.52		
	残茬期 Residue & stubble	10-04~04-15	0	0.96		

的夏秋季节恰好覆盖度较大,为土壤提供了较好的保护。因此,对于水土流失严重的黄土高原地区,合理选择农作物种类对水土保持有明显的保护作用。而与农作物相比,多年生人工牧草的水土保持效果更好(表4)。

3 结论与讨论

3.1 该研究应用安塞和天水的观测资料计算了黄土高原主要农作物的土壤流失比率,估算了作物覆盖因子,得到以下结论:(1)依据作物生长过程的覆盖度变化曲线,将一个农作物生长周期划分为6个农作期是可行的;(2)估算得到黄土高原7种农作物土壤流失比率表,可用于C值估算;(3)计算了7种农作物的作物覆盖因子值在0.23~0.74之间,与实测资料验证基本一致;(4)在缺失对照裸地资料时,用作物播种后20d内作为对照值,可以得到较为合理的土壤流失比率。

3.2 (1)本文仅以安塞和天水两地资料为基础得到黄土高原土壤流失比率表,表中农作物种类有限,而且没有涉及不同耕作制度的影响。虽然,在理论上,同种农作物同一农作期土壤流失比率只与植被覆盖、耕作措施和轮作次序等因素有关,已经排除了与地域有关的气候、土壤、地貌等条件等影响,但结果还需要得到其它地区的验证和补充。(2)观测小区·年的数目和年限的长度都不能满足精确估计多年平均覆盖与田间管理因子C的要求,所得结果必然包含周期作用引起的偏差及不可控制变量的随机波动的影响。(3)C因子评价的是植被及其管理措施对土壤侵蚀的综合影响,决定C因子值的诸多因素还有待深入研究。

表4 不同农作物及人工牧草年均C值比较

Table 4 C factor of crop year for different crops and grasses

荞麦	扁豆	谷子	大豆	马铃薯	玉米+大豆	冬麦	第1年	2~6年	第1年	2~6年
Buckwheat	Lentil	Millet	Soybean	Potato	Maize & soybean	Winter wheat	First year sainfoin	Established sainfoin	First year adsurgens	Established adsurgens
0.74	0.57	0.53	0.51	0.47	0.28	0.23	0.97	0.14	0.94	0.06

参考文献

- [1] Wischmeier W H. Cropping-management factor evaluations for a universal soil-loss equation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 1960, **24**:322~326.
- [2] Wischmeier W H, Smith D D. Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains: Guide for selection of practices for soil and water conservation. USDA. Agric. Handb. No. 282. U. S. Gov. Print. Office, Washington, DC. 1965.
- [3] Renard K G, Foster G R, Weeies G A, et al. Predicting soil erosion by water. A guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). USDA. Agric. Handb. No. 703. U. S. Gov. Print. Office, Washington, DC. 1997. 150.
- [4] 张宪奎,许靖华,卢秀琴,等. 黑龙江省土壤流失方程的研究. *水土保持通报*, 1992, **12**(4):1~9, 18.
- [5] 杨子生. 滇东北山区坡耕地土壤侵蚀的作物经营因子. *山地学报*, 1999, **17**(增):19~21.
- [6] 林素兰,黄毅,聂振刚,等. 辽北低山丘陵区坡耕地土壤流失方程的建立. *土壤通报*, 1997, **28**(6): 251~253.
- [7] 江忠善,王志强,刘志. 黄土丘陵区小流域土壤侵蚀空间变化定量研究. *土壤侵蚀与水土保持学报*, 1996, **2**(1): 1~9.
- [8] 于东升,史学正,吕喜玺. 低丘红壤区不同土地利用方式C值及可持续性评价. *土壤侵蚀与水土保持学报*, 1998, **4**(1): 71~76.
- [9] 黄河中游水土保持委员会. 1945~1963年黄河中游水土保持径流测验资料(天水、西峰、绥德站径流场部分). 1965.
- [10] Liu B Y, Nearing M A, Risse L M. Slope gradient effects on soil loss for steep slopes. *Trans. ASAE*, 1994, **37**(6): 1835~1840.
- [11] 张汉雄,王万忠. 黄土高原的暴雨特性及分布规律. *水土保持通报*, 1982, **2**(1): 35~43.
- [12] Wischmeier W H, Smith D D. Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. USDA. Agric. Handb. No. 537. U. S. Gov. Print. Office, Washington, DC. 1978.
- [13] 王万忠,焦菊英,郝小品. 中国降雨侵蚀力R值的计算与分布(II). *土壤侵蚀与水土保持学报*, 1996, **2**(1): 29~39.