

# 三峡库区紫色土坡地作物覆盖与管理因子 C 值估算

徐勤学<sup>1,2</sup>, 李春茂<sup>1,3</sup>, 李朝霞<sup>2,4</sup>, 蔡崇法<sup>2,4</sup>

(1. 桂林理工大学 岩溶地区水污染控制与用水安全保障协同创新中心, 广西 桂林 541004;

2. 华中农业大学 农业部长江中下游耕地保育重点实验室, 武汉 430070; 3. 桂林理工大学

广西环境污染控制理论与技术重点实验室, 广西 桂林 541004; 4. 华中农业大学 资源与环境学院, 武汉 430070)

**摘要:** 种植和管理因子 C 值作为地表覆盖和耕作管理的关键参数, 对我国土壤侵蚀预报模型的基础研究具有重大意义。通过分析三峡库区紫色土坡地玉米、花生等主要农作物的农作期、种植模式、降雨侵蚀力的年内分布以及不同农作期的土壤流失比率, 计算得到了 22 种植模式下的作物覆盖管理因子 C 值。结果表明: C 值变化范围为 0.16~0.65, 不同种植模式的 C 值差别较大, 其大小排序为: 间/轮作 < 轮作 < 单作。在同种植模式下, 生长期和降雨侵蚀力的分布是导致差异的主要原因, 而不同种植模式下, 间/轮作、轮作可调整作物生长期和降雨侵蚀力分布的组合, 使土壤流失率与农作期 EI 的乘积较小, 其中间/轮作情况下土壤侵蚀可能性最小。将计算所得的大部分结果与观测结果和其他经验公式的计算结果进行了比较, 基本相符。因此可以利用通用流失方程 (USLE) 结合降雨侵蚀力分布及作物生长周期和覆盖度变化计算所得的 C 值定量评价不同种植模式与清耕休闲情况的土壤侵蚀的对比。该研究为三峡库区紫色土坡地土壤侵蚀评价提供了依据。

**关键词:** 紫色土; 作物覆盖与管理因子 C 值; 种植模式; 降雨侵蚀力; 农作期

中图分类号: S152.7

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2019)02-0175-05

## Calculation and Analysis of C-value of Crop Cover and Management Factor in Purple Soil of Sloping Land in Three Gorges Reservoir Area

XU Qinxue<sup>1,2</sup>, LI Chunmao<sup>1,3</sup>, LI Zhaoxia<sup>2,4</sup>, CAI Chongfa<sup>2,4</sup>

(1. Collaborative Innovation Center for Water Pollution Control and Water Safety in Karst Area, Guilin University of Technology, Guilin, Guangxi 541004, China; 2. Key Laboratory of Arable Land Conservation of Middle and Lower

Research of Yangtze River, Ministry of Agriculture, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

3. Guangxi Key Laboratory of Environmental Pollution Control Theory and Technology, Guilin University of Technology, Guilin, Guangxi 541004, China; 4. College of Resources and Environment, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** The effects of cropping system on soil loss (C values) were analyzed through calculating crop stage, rainfall erosivity, and SLR in the USLE model. The results reflected that the C values of 22 cropping systems changed from 0.16 to 0.65 in purple soil of the sloping crop land. The C values of different cropping system increased in the order: intercrop/rotation < rotation < monoculture. In the same cropping patterns, the distribution of growth period and rainfall erosion was the main reason for leading to the difference, and in the different cropping patterns, the combination of crop growth period and rainfall erosion distribution could be adjusted to make the product of soil erosion rate and crop EI smaller, indicating that the soil erosion was the least in the case of intercrop/rotation. Most of the results obtained by this calculation method were basically consistent with the results of the observation and other empirical formulas. The C value obtained by this method can be used to quantitatively evaluate the contrast of soil erosion between different cropping patterns and fallow practices. This study can provide a reference for crop configuration on purple soil sloping lands.

**Keywords:** purple soil; C value of crop cover and management factor; cropping patterns; rainfall erosion; farming period

植被覆盖与作物管理因子  $C$  值(以下简称  $C$  值)是土壤流失方程(USLE)和修正通用土壤流失方程(RUSLE)中的重要组成部分,用来表示植被覆盖和管理措施对土壤侵蚀的影响,定义为在一定地表覆盖和管理措施下土壤流失量与同等条件下适时翻耕、连续休闲对照地上土壤流失量之比<sup>[1-3]</sup>。

不同种植和管理制度下坡面土壤侵蚀各异,作物种类、种植顺序、农作期长短、栽培措施以及不同农作期降雨侵蚀力的分布等都影响着坡面侵蚀过程。但由于存在许多种植和管理制度,比如作物可以单独种植、也可以间作与其他作物轮作,轮作又具有各种轮作期和顺序,作物收获后的残茬或从田面上清除,或者留在田面,也可以把它们掺入土壤中,土地可以清耕,或者使用几种水土保持耕作措施,因此很难评价种植和管理制度对土壤侵蚀的影响。而且评价这一影响还必须结合本地区的降雨侵蚀力分布,而各地的侵蚀性降雨时间及对应的种植制度各不相同,因此种植和管理制度对土壤侵蚀的影响只能是个地区性的指标,而不能简单推广。目前国内对  $C$  值的研究也多关注于在不同植被及土壤利用的组合条件下的 USLE 方程在局部地区的适用性,其中南方丘陵区<sup>[4-7]</sup>和黄土高原区<sup>[8-10]</sup>对植被覆盖与土壤侵蚀关系方面的研究较多,而对于紫色土地地区的研究报道相对较少<sup>[11]</sup>。紫色土由于发育于紫色砂岩或页岩的幼年土,其成土过程迅速,黏粒含量较低,抗蚀性弱,是三峡库区侵蚀风险最大的一种土壤类型。USLE 侵蚀模拟模型在该地区研究虽然较多,但对作物管理因子  $C$  值的研究相对不足,且相关研究多集中在作物类型、前期含水量、地表粗糙度等种植和管理制度中的单一因素对土壤侵蚀的影响,而综合考虑种植和管理因子  $C$  值的研究相对较少。

为此,本文选取三峡库区的紫色土坡地 22 种常见的农地作物种植模式,分为单作、轮作、间一轮作的主要种植制度,结合三峡库区当地的降雨侵蚀力分布及作物生长周期和覆盖度变化,通过通用流失方程(USLE)计算年均  $C$  值,以对比分析紫色土坡地主要种植和轮作模式对坡面土壤侵蚀的影响,既为紫色土地地区土壤侵蚀的预测预报提供基础支持,也为紫色土坡地农业合理布局提供理论指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

本文的研究对象是三峡库区的紫色土坡地,试验区选在三峡库区秭归县王家桥小流域,该流域的自然条件及其区域发展模式在三峡库区紫色土地地区具有

广泛的代表性。该试验区( $110^{\circ}40'—110^{\circ}47'E$ ,  $31^{\circ}05'—31^{\circ}15'N$ )属于北亚热带湿润季风气候区,气候温和、四季分明、雨热同季、无霜期长。多年平均气候  $18^{\circ}C$ ,多年平均降雨蒸发量  $846.5\text{ mm}$ ,多年平均降雨  $1\,192\text{ mm}$ ,雨量时空分布极其不均匀,汛期 5—9 月降水量占年总量的  $66.5\%$ 。流域坡度较陡, $25^{\circ}—35^{\circ}$ 的坡地占  $35\%$ ,大于  $35^{\circ}$ 的坡地占  $50\%$ ,属典型的山区小流域。流域出露中生界侏罗系蓬莱镇组地层,土壤为中性紫色土和石灰性紫色土,紫色土土层薄、砾石含量高,土层厚度大都在  $50\text{ cm}$  以下<sup>[12]</sup>。该流域植被分布为少量针阔叶林,主要树种有马尾松、柏、杉等,林下为灌草结构,灌木主要种类为马桑、积木。人工栽植树种主要是经济林(柑橘、茶、油桐、板栗、杜仲)。旱地作物主要有小麦、玉米、薯类、豆类。主要耕作方式为套种或间作。

### 1.2 $C$ 值的计算方法

本文首先通过资料分析和野外调查统计出紫色土地地区常见的种植模式,分析具体种植作物的不同农作期。其次是确定不同农作期的土壤流失比率(SLR),对有观测资料的种植模式,利用观测小区与标准小区侵蚀量比值确定 SLR,对无观测资料的种植模式,利用植被覆盖度与土壤侵蚀的经验公式得出 SLR 值,计算出不同农作期内的降雨侵蚀力分布。最后利用 USLE 中  $C$  值公式计算出该种植模式的作物覆盖与管理因子  $C$  值。

1.2.1 划分紫色土坡地主要农作物及其农作期 调查表明在紫色土地地区存在各种各样的作物和种植组合,但分布最广的还是粮食作物如玉米、小麦、黄豆、红薯、马铃薯,经济作物油菜、花生、棉花和果树柑橘。紫色土坡地主要的经济作物和粮食作物的覆盖度见表 1,因为作物不同品种的农作期差别较大,本文只选用最常见播种和收割的日期,其中小麦和马铃薯是指紫色土地地区常见的冬小麦和春马铃薯,作物生长期主要通过当地农户调查确定。根据 USLE— $C$  的农作期的划分,在翻耕到准备苗床之间有一个休闲期,而在我国紫色土地地区通常是翻耕后直接播种,因此本文去掉 USLE 中的休闲期,将农作期划分为 5 个时期:苗床期(播种  $0\sim10\%$  覆盖度)、定苗期( $10\%\sim50\%$  覆盖度)、发育期( $50\%\sim75\%$  覆盖度)、成熟期( $75\%$  覆盖度—收割)和残茬期(收割—翻耕)。

1.2.2 确定降雨侵蚀力年内分布 降雨侵蚀力( $R$ )是降雨引起土壤侵蚀的潜在能力,是降雨物理特征函数。Wischmeier 等<sup>[13]</sup>利用美国 35 个土壤保持站 8 250 个径流小区的降雨侵蚀实测资料,进行了降雨量( $P$ )、降雨动能( $E$ )、最大时段雨强( $I_n$ )、前期降雨

量( $P_n$ )及其各种复合因子与土壤流失量的回归分析,发现暴雨动能与最大 30 min 降雨强度的乘积  $E \times I_{30}$  是判断土壤流失的最好指标。这一指标被运用到 USLE 的降雨侵蚀力计算中,USLE 的  $R$  值的计算公式为:

$$R = \sum E \cdot I_{30} / 100 \tag{1}$$

式中: $R$  为 1 次降雨的侵蚀力  $[(100 \text{ m} \cdot \text{t} \cdot \text{cm}) / (\text{hm}^2 \cdot \text{h})]$ ;  $\sum E$  表示一次降雨的总动能  $[(\text{m} \cdot \text{t}) / \text{hm}^2]$ ;  $I_{30}$  是一次降雨中最大 30 min 的降雨强度  $(\text{cm}/\text{h})$ 。降雨动能  $E$  的计算公式如下:

$$E = e \cdot p \tag{2}$$

式中: $e$  为单位降雨动能  $[(\text{m} \cdot \text{t}) / (\text{hm}^2 \cdot \text{cm})]$ ;  $p$  为某时段的降雨雨量  $(\text{cm})$ 。而单位降雨动能  $e$  的计算如下:

$$\begin{cases} e = 210.35 + 89.04 \lg i & i \leq 7.6 \text{ cm/h} \\ e = 289 & i > 7.6 \text{ cm/h} \end{cases} \tag{3}$$

式中: $i$  为单位时间降雨的降雨强度  $(\text{cm}/\text{h})$ 。

表 1 紫色土地坡地主要作物的农作期

作物类型	播种日期 (月-日)	收割日期 (月-日)	10%覆盖度 (月-日)	50%覆盖度 (月-日)	75%覆盖度 (月-日)
玉米	04-05	08-10	04-25	05-15	06-05
小麦	11-10	05-10	11-15	02-15	03-10
黄豆	06-10	09-30	07-10	08-15	09-15
红薯	06-10	10-20	06-10	07-07	08-07
马铃薯	02-15	05-30	02-25	03-25	04-05
油菜	09-15	04-15	10-15	01-10	01-20
花生	05-10	08-15	06-10	06-20	07-10
棉花	04-10	09-20	04-30	05-30	06-30

在  $R$  值实际应用中,由于动能( $E$ )的计算需要降雨过程,而降雨过程要从自记雨量纸上查到,而分析自记纸可操作性差,因此在实际应用中多寻求一个常规降雨资料就可得到的参数,建立  $E$  与  $R$  值的关系,省去动能  $E$  的计算。 $R$  值的简易计算包括利用次降雨量、日降雨、月降雨和年降雨量来估算降雨侵蚀力值。张照录等<sup>[14]</sup>以秭归气象站 1994—2006 年逐日降雨量资料为基础,利用日降雨量模型计算了半月平均降雨侵蚀力值。在 USLE 中降雨侵蚀力分布的划分也是以半个月为划分时间段,因此,本文以秭归气象站多年日降雨量为模型来计算农作物各个农作期降雨侵蚀力的分布情况。具体每半月降雨侵蚀力占全年降雨侵蚀力的比例见图 1。

1.2.3 确定土壤流失比 获得土壤流失比(SLR)最直接的方法是通过标准小区的长期观测。由于条件限制,在该流域的小区都没有设立对照的休耕小区,而且小区作物类型也不可能覆盖所有主要作物类型。通过分析大量不同覆盖度土壤侵蚀的情况, Morgan<sup>[15]</sup>推荐利用公式(4)来计算不同覆盖度下的土壤流失

比,因此本文主要利用该公式来确定苗床期、定苗期、发育期和成熟期的土壤流失比。因为作物如玉米、大豆、小麦的残茬多被收割作为燃料或厩肥,所以残茬期的土壤流失比率主要参照文献[16]。

$$SLR = e^{-j \cdot PC} \tag{4}$$

式中:SLR 为植被覆盖小区与裸露小区土壤侵蚀量之比;PC 为植被或作物覆盖度(%); $j$  为修正参数,取值为 0.025~0.060,通常取 0.035。

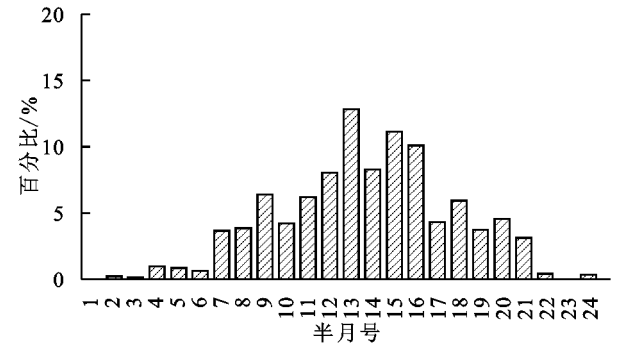


图 1 各半月降雨侵蚀力占全年降雨侵蚀力的比值

2 结果与分析

2.1 单作制度下年均 C 值分析并与观测结果和经验公式对比

以单作模式下的计算玉米苗床期为例(表 2),苗床期作物覆盖度为 0~10%,一般播种后 20 d 以内作物覆盖度小于 5%,不超过 10%。这里取 5%代入公式(4),求得  $SLR = e^{(-0.035 \times 5)} = 0.83$ 。降雨侵蚀力  $R$  根据苗床期生长日数见图 1,比如苗床期(04-05—04-25)农作物 EI 百分比为 5,所以 SLR 与降雨侵蚀力  $R$  的乘积得到 0.041 5。用相同方法求出玉米作物定苗期、成熟期、发育期、残茬期每个时段 SLR 和 EI 相乘,将 5 个时段的值求和,再将该和与 EI 百分比之和相除,得到的就是  $C$  值<sup>[17]</sup>,结果见表 2。

表 2 玉米农作物单种年均 C 值

作物	农作期	起止时间 (月-日)	农作期 EI	农作期土壤流失率 SLR	作物年均 C 值
玉米	苗床期	04-05—04-25	0.05	0.83	0.0415
	定苗期	04-26—05-15	0.08	0.43	0.0344
	发育期	05-16—06-05	0.06	0.12	0.0072
	成熟期	06-06—08-10	0.41	0.05	0.0205
	残茬期	08-11—04-04	0.40	0.70	0.28
1					0.38

同理计算紫色土坡地其他主要作物单作的年均  $C$  值见表 3。主要农作物年均  $C$  值为 0.29~0.65,其中棉花最低为 0.29,油菜最高为 0.65。本文马铃薯年均  $C$  值 0.60,明显大于滇东北的 0.37 和黄土高原的 0.47。导致这一差别的主要原因是马铃薯生长期

的不同,马铃薯在滇东北和黄土高原的残茬期分别在 9 月和 10 月以后,而在紫色土地地区,马铃薯的残茬期在 7 月以后,且这一时期的降雨量大,所以紫色土地地区马铃薯的年均  $C$  值高。由表 3 可知,作物的生长期是决定作物  $C$  值的重要因素。比如油菜和马铃薯的残茬期在降雨侵蚀力最强的 5—9 月之间,这期间地表缺乏植被覆盖土壤流失比率大,因此油菜和马铃薯的年均  $C$  值较大。而棉花的土壤流失比率虽然在 9 月到翌年 4 月之间很大,但是降雨侵蚀力较低,导致最后  $C$  值之和较小。

不同地区降雨侵蚀力在年内的分布以及作物的生长期差别很大,因此同一种作物在不同地区  $C$  值也会明显不同。如张宪奎等<sup>[18]</sup>通过 7 a 的试验数据统计得出黑龙江地区玉米的年均  $C$  值为 0.257,而杨

子生<sup>[19]</sup>在滇东北的 3 年实际观测数据表明玉米的年均  $C$  值为 0.351,并与史志华<sup>[20]</sup>根据经验公式计算的三峡库区玉米的  $C$  值 0.36 相近。本文通过计算农作期、降雨侵蚀力分布、农作期土壤流失比率得出的玉米年  $C$  值为 0.38,与在滇东北和三峡库区的结果比较一致。

本文以马铃薯和油菜的  $C$  值计算结果为例,与其他学者的观测结果和经验公式计算结果对比。史志华<sup>[20]</sup>根据经验公式计算的紫色土地地区马铃薯和油菜的  $C$  值分别为 0.41,0.46,而本文估算得到的  $C$  值分别为 0.60,0.65,明显大于经验公式计算值。才业锦等<sup>[21]</sup>通过对比降雨实测值和利用公式计算的 $C$  值,发现在紫色土地地区实测  $C$  值要大于公式计算值。因此,本文计算的  $C$  值可能更接近实际情况。

表 3 主要农作物单作制度下  $C$  值

单作	玉米	小麦	黄豆	红薯	马铃薯	油菜	花生	棉花
$C$ 值	0.38	0.49	0.41	0.33	0.60	0.65	0.46	0.29

2.2 轮作制度年均  $C$  值分析并与观测结果和经验公式对比

以小麦—红薯为例说明轮作模式下  $C$  值的计算(表 4)。计算过程同样是先划分生长期,然后确定降雨侵蚀力、土壤流失比,计算各农作期的  $C$  值,最后计算全年  $C$  值,唯一与单种区别的是需将两种作物的农作期都考虑在内。

紫色土坡地其他不同轮作制度下的年均  $C$  值见表 5。轮作模式下的  $C$  值通常都小于单种模式。分析原因是,轮作制度下作物的残茬期普遍缩短,甚至在残茬期接着轮作下一种作物,这种做法会使每种作物的  $C$  值的峰值大大减小,导致总的  $C$  值减小,另外轮作可以改变田地生态条件,改善土壤理化性质,提高抵抗土壤流失的能力。

常见的轮作模式  $C$  值为 0.18~0.48,其中小麦—棉花轮作  $C$  值最小为 0.18,油菜—黄豆轮作  $C$  值最大为 0.48,由于后者在土壤流失比率较大的农作期遇上较大的降雨侵蚀力,使得最后  $C$  的总值较前者大。所以紫色土坡地常轮种不同生长期作物以

获得最大的收益。常见的轮作模式是秋、冬种作物油菜、小麦与春、夏种作物玉米、红薯等的轮作。以玉米—油菜轮作模式为例,对比史志华<sup>[20]</sup>通过经验公式计算得到玉米—油菜轮作模式下  $C$  值为 0.26,与本文的 0.25 基本相近。

表 4 小麦—红薯轮作  $C$  值

农作物	农作期	起止时间 (月-日)	农作期 EI	农作期土壤 流失率 SLR	农作期 $C$ 值
小麦	苗床期	11-01—11-15	0.03	0.83	0.026
	定苗期	11-16—02-15	0.01	0.43	0.004
	发育期	02-16—03-01	0.01	0.12	0.001
	成熟期	03-02—05-10	0.09	0.05	0.005
	残茬期	05-10—05-30	0.06	0.53	0.033
	苗床期	06-01—06-10	0.04	0.83	0.034
红薯	定苗期	06-11—07-07	0.17	0.43	0.071
	发育期	07-08—08-07	0.20	0.12	0.024
	成熟期	08-08—10-20	0.33	0.05	0.016
	残茬期	10-21—10-31	0.03	0.71	0.021
小麦—红薯轮作 $C$ 值			1		0.24

表 5 不同轮作制度下  $C$  值

轮作方式	小麦—红薯	小麦—棉花	小麦—玉米	玉米—油菜	油菜—红薯	油菜—黄豆	马铃薯—黄豆
$C$ 值	0.24	0.18	0.35	0.25	0.34	0.48	0.27

2.3 间—轮作制度年均  $C$  值分析并与观测结果和经验公式对比

以玉米/黄豆—小麦间/轮作为例说明间/轮作模式下  $C$  值的计算,计算过程与单作和轮作相似,值得注意的是间/轮作种植不同作物农作期有所叠加,而

在叠加农作期的植被覆盖度很难划分,因此将叠加的农作期简化,取植被覆盖度最大的农作期,见表 6。

紫色土坡地间/轮作模式下的其他年均  $C$  值见表 7。紫色土常见间/轮作模式下的年均  $C$  值为 0.16~0.32,其中最小为玉米/红薯间作和玉米/红

薯—油菜间/轮模式,年均 C 值都为 0.16,最大为玉米/马铃薯间作 C 值为 0.32。间/轮作模式下的 C 值普遍较单作、轮作模式的低,原因可能是作物的生长期与降雨侵蚀力分布两个因素。间/轮作制度可以充分利用生长季节,把作物生长期和当地降雨侵蚀时段进行人为分配,比如在生长期 EI 值较小时对应降雨侵蚀力较大的区间,得到的 C 值就会降低。而且间作在一定程度上可以改善土壤理化性质和结构,所以间—轮作制度相比单作和轮作制度的 C 值较小。

张岩等<sup>[8]</sup>计算得到玉米—黄豆间作的年均 C 值为 0.28,而杨子生<sup>[19]</sup>在滇东北通过实测数据得到的玉米—黄豆间作年均 C 值为 0.19。本文通过简化农作期计算得到的玉米—黄豆间作年均 C 值同样为 0.19,且与史志华<sup>[20]</sup>计算得到的玉米—黄豆年均 C 值 0.20 相近。

表 7 不同间/轮作种植模式下 C 值

间/轮作	玉米/红薯	玉米/黄豆	玉米/马铃薯	玉米/黄豆—小麦	玉米/马铃薯—小麦	玉米/红薯—油菜	玉米/黄豆—油菜
C 值	0.16	0.19	0.32	0.21	0.28	0.16	0.25

3 结 论

(1) 通过划分农作期、降雨侵蚀力分布和农作期土壤流失比率,计算得到紫色土坡地 22 种常见种植模式下的 C 值与观测结果和其他经验公式计算结果基本相符。因此可以利用该方法计算所得 C 值定量评价不同种植模式与清耕休闲情况的土壤侵蚀的对比。

(2) 紫色土坡地最常见的 22 种植模式中,C 值为 0.16~0.65,不同种植模式 C 值差别较大。年均 C 值的顺序为间/轮作<轮作<单种。由此可知,间/轮作模式是水土流失最少的种植模式,而且该模式下的农业收益也最大。为防止紫色土坡面水土流失,应该多提倡间/轮作模式和加强残茬期管理。

参考文献:

[1] 廖义善,卓慕宁,谢金波,等. USLE/RUSLE 模型中植被因子变化特征及其影响因素[J]. 生态学报,2017,37(6):1987-1993.

[2] 冯强,赵文武. USLE/RUSLE 中植被覆盖与管理因子研究进展[J]. 生态学报,2014,34(16):4461-4472.

[3] Kinnell P I A. Modelling event soil losses using the QREI30 index within RUSLE2[J]. Hydrological Processes, 2014, 28(5):2761-2771.

[4] 齐述华. 基于遥感和 USLE 模型评价 1995—2005 年江西土壤侵蚀[J]. 中国环境科学,2011,31(7):1197-1203.

[5] 殷连林,黄少燕. 闽西红壤区植被覆盖及管理因子与水土流失强度关系分析[J]. 亚热带水土保持,2013,25(4):6-9.

[6] 陈思旭,杨小唤,肖林林,等. 基于 RUSLE 模型的南方丘陵山区土壤侵蚀研究[J]. 资源科学,2014,36(6):1288-1297.

表 6 玉米/黄豆—小麦间/轮作 C 值

作物	农作期	起止时间 (月-日)	农作期 EI	农作期土壤 流失率 SLR	作物年均 C 值
玉米	苗床期	04-06—04-25	0.05	0.83	0.042
	定苗期	04-26—05-15	0.08	0.43	0.033
	发育期	05-16—06-05	0.06	0.12	0.008
	成熟期	06-06—08-15	0.39	0.05	0.020
	发育期	08-16—09-15	0.22	0.12	0.026
黄豆	成熟期	09-16—09-30	0.06	0.05	0.003
	残茬期	10-01—10-30	0.08	0.53	0.042
	苗床期	11-01—11-15	0.03	0.83	0.026
小麦	定苗期	11-16—02-15	0.01	0.43	0.004
	发育期	02-15—03-01	0.01	0.12	0.001
	成熟期	03-01—04-05	0.01	0.05	0.001
玉米/黄豆—小麦间/轮作 C 值			1		0.21

[7] 潘美慧,伍永秋,任斐鹏,等. 基于 USLE 的东江流域土壤侵蚀量估算[J]. 自然资源学报,2010,25(12):2154-2164.

[8] 张岩,刘宝元,史培军,等. 黄土高原土壤侵蚀作物覆盖因子计算[J]. 生态学报,2001,21(7):1050-1056.

[9] 张岩,刘宪春,李智广,等. 利用侵蚀模型普查黄土高原土壤侵蚀状况[J]. 农业工程学报,2012,28(10):165-171.

[10] 杨勤科,罗万勤,马宏斌,等. 区域水土流失植被因子的遥感提取[J]. 水土保持研究,2006,13(5):267-268.

[11] 吴发启,林青涛,王钰. 我国坡地土壤侵蚀影响因子 C 的研究进展[J]. 中国水土保持科学,2015,13(6):1-9.

[12] 丁树文,蔡崇法,黄丽,等. 三峡库区秭归盆地岩性构造对坡地紫色土某些特性影响[J]. 华中农业大学学报,2000,19(2):129-133.

[13] Wischmeier W H, Smith D D. Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains [M]. Washington DC: Agricultural Handbook, 1965.

[14] 张照录,薛重生. 湖北三峡库区降雨侵蚀力的计算及其特征分析[J]. 中国水土保持,2005(8):10-12.

[15] Morgan R P C. Soil Erosion and Conservation[M]. Edinburgh, U K: Addison Wesley Longman, 1995.

[16] 谢云,章文波,刘宝元. 用日雨量和雨强计算降雨侵蚀力[J]. 水土保持通报,2001,21(6):53-56.

[17] 潘建平. RUSLE 及其影响因子的快速计算分析[J]. 地质灾害与环境保护,2008,19(1):88-92.

[18] 张宪奎,许靖华,卢秀琴,等. 黑龙江省土壤流失方程的研究[J]. 水土保持通报,1992(4):1-9.

[19] 杨子生. 滇东北山区坡耕地土壤流失方程研究[J]. 水土保持通报,1999(1):1-9.

[20] 史志华. 基于 GIS 和 RS 的小流域景观格局变化及其土壤侵蚀响应[D]. 武汉:华中农业大学,2004.

[21] 才业锦,唐寅. 紫色丘陵区不同种植模式 C 因子探讨[J]. 西南农业大学学报:社会科学版,2010,8(1):14-17.