

# 降雨条件下土壤物理性质对地表糙度变化的影响

郑子成<sup>1, 2a</sup>, 吴发启<sup>1</sup>, 何淑勤<sup>2b</sup>

(1 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100;

2 四川农业大学 a 资源环境学院; b 林学园艺学院, 四川 雅安 625014)

[摘要] 在人工模拟降雨条件下, 采用接触式测针糙度仪量测法, 分析了土壤质地、土壤容重和土壤含水量对地表糙度变化的影响。结果表明, 在1.0 mm/m rain雨强下, 随土壤物理性粘粒含量的增加, 地表糙度变化呈增大的趋势; 随土壤容重的增加, 地表糙度的变化总体上呈减小的趋势, 且当土壤容重相同时, 直线坡面和耙耱地坡面地表的糙度变化均高于人工锄耕和等高耕作坡面; 随土壤含水量的增加, 地表糙度的变化总体上也呈减小的趋势, 且在土壤含水量相同时, 直线坡面地表的糙度变化较其他处理高。并在此基础上, 就上述因子相互作用对地表糙度变化的影响进行了量化分析, 表明土壤含水量和土壤容重与地表的糙度变化呈负相关, 而土壤孔隙度与地表糙度变化呈正相关。

[关键词] 降雨; 地表糙度; 土壤质地; 土壤容重; 土壤含水量

[中图分类号] S157.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)11-0184-05

地表糙度是在一定尺度的地表上, 用以描述地表微地形的随机性或不规则性的一个科学术语。地表糙度常常造成地表高低起伏和凹凸不平, 严重影响地表径流和侵蚀过程<sup>[1]</sup>。但由于其分布的随机性和侵蚀过程中变化的不确定性, 使研究结果出现一些相悖的观点。一种观点认为地表糙度具有削减侵蚀的作用<sup>[2-10]</sup>, 另一种观点则是地表糙度可增加潜在冲刷, 加剧侵蚀<sup>[11-16]</sup>。究其原因主要是地表糙度的影响因素发生变化所致, 如不同的耕作方式、土壤类型和降雨等因素均会引起地表糙度的变化。在以上影响因素中, 土壤性质对地表糙度影响的研究还较

少<sup>[17-19]</sup>。因此, 本研究试图探讨在降雨条件下, 土壤质地、土壤容重和土壤含水量与糙度变化间的关系, 以便进一步揭示地表糙度变化的本质特征, 为区域土壤侵蚀预报提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试土壤

本试验分别在陕西淳化泥河沟径流小区、陕西安塞径流小区和陕西杨凌西北农林科技大学校园内进行, 各土壤的机械组成见表1。

表1 供试土壤机械组成

Table 1 Particle composition of tested soil

| 试验地点<br>Experimental site | 土壤类型<br>Soil type  | 粒径/mm Grain size |                 |                |               |               |        | 物理性<br>粘粒/%<br>Physical clay |
|---------------------------|--------------------|------------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|--------|------------------------------|
|                           |                    | < 0.001          | 0.001~<br>0.005 | 0.005~<br>0.01 | 0.01~<br>0.05 | 0.05~<br>0.25 | > 0.25 |                              |
| 安塞<br>Ansai               | 中壤土<br>Medium loam | 15.69            | 12.01           | 4.59           | 28.99         | 38.49         | 0.23   | 32.29                        |
| 淳化<br>Chunhua             | 重壤土<br>Heavy loam  | 26.17            | 11.66           | 10.45          | 38.85         | 12.86         | 0.01   | 48.28                        |
| 杨凌<br>Yangling            | 轻粘土<br>Light clay  | 36.28            | 12.89           | 6.88           | 41.13         | 2.70          | 0.12   | 56.05                        |

### 1.2 试验设计

在上述3地分别建立坡度10°、面积1 m × 1.2 m

的径流小区4组。小区内的土壤翻耕后, 分别进行直线坡面、耙耱地、人工锄耕和等高耕作4种处理, 即

〔收稿日期〕 2006-02-20

〔基金项目〕 中国科学院“知识创新”工程项目“农果复合型生态农业模式建设与示范”(KZCX1-06-02-03)

〔作者简介〕 郑子成(1976- ), 男, 内蒙古乌盟人, 在读博士, 主要从事水土保持与生态环境建设研究。E-mail: zichengzheng@163.com

〔通讯作者〕 吴发启(1957- ), 男, 陕西黄陵人, 教授, 博士生导师, 主要从事土壤侵蚀与水土保持研究。

每组小区为1种处理。

### 1.3 试验方法

采用便携下喷式降雨机, 雨滴降落高度为2 m, 有效降雨面积1.2 m<sup>2</sup>。由于降雨面积较小, 因而采用三点法布设雨量筒(直径5 cm), 取其平均值, 求算雨强, 该试验设计雨强为1.0 mm/m in。降雨前土样的分析包括机械组成、土壤容重和土壤含水量, 上述测定的采样深度均为20 cm。机械组成测定采用吸管法, 土壤容重和土壤含水量分别采用环刀法、烘干法测定<sup>[20]</sup>。此外, 土壤容重和土壤含水量的变化可通过前期预降雨(雨强为0.2 mm/m in)来实现, 等风干至不影响糙度测量时, 分别测定土壤容重和土壤含水量。在降雨前后分别运用接触式测针糙度仪(图1), 对地表糙度进行测定。该仪器在前人设计的基础上, 作了进一步改进, 是由51根测针组成, 每根测针的长度为50 cm, 按Brough等<sup>[21]</sup>的建议将测针的间距设定为2 cm。在进行地表糙度测定时, 先将该仪器沿坡面置于试测区, 最下端测针为基点, 依次读取其他测针的数值, 再横向每隔25 cm选取5个断面进行同样的测定。为了提高测定的精度, 每断面均重复3次。同时在仪器顶部装有一个小型罗盘仪, 以示坡向和坡度。

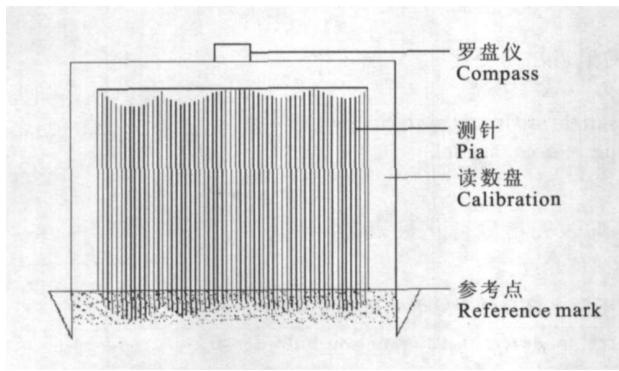


图1 接触式测针糙度仪示意图

Fig 1 Sketch of contact roughness meter

采用Linden等<sup>[22-23]</sup>提出的有限高差(LD)和有限坡度(LS)法计算地表糙度值, 该方法是在下述分析的基础上进行的:

$$\Delta Z_h = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Z_i - Z_{i+h}| \quad (1)$$

式中,  $\Delta Z_h$  为绝对高差;  $Z_i$  为  $i$  点的高程;  $Z_{i+h}$  为  $i+h$  点的高程;  $h$  为参考点距  $i$  点的距离;  $n$  为  $i+h$  点与  $i$  点间所测定的高程点样本数。

在此基础上, 经研究<sup>[22-23]</sup>发现, 绝对高差( $\Delta Z_h$ )与水平距离间存在下列关系:

$$1/\Delta Z_h = a + b(1/\Delta X_h) \quad (2)$$

式中,  $a, b$  均为待定参数;  $\Delta X_h$  为水平距离(25 cm)。此时定义:

$$LD = \frac{1}{a} \quad (3)$$

$$LS = \frac{1}{b} \quad (4)$$

$$R = LD \times LS \quad (5)$$

式中,  $R$  为地表糙度。

为了能够阐述侵蚀过程中, 土壤性质对地表糙度的影响, 故选取糙度变化( $R/R_0$ )与土壤性质之间进行分析, 其中,  $R_0$  为降雨前测算的糙度值,  $R$  为降雨后测算的糙度值。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤质地对地表糙度变化的影响

土壤质地对糙度变化的影响, 主要体现在土壤机械组成对糙度的影响上。在降雨条件下, 随着雨滴的击打与径流的作用, 土体渗透性、结持性等性质发生了相应的变化, 进而导致了地表糙度的变化。

从表1和图2可以看出, 随土壤物理性粘粒含量增加, 地表糙度变化总体上呈增大的趋势, 即: 轻粘土>重壤土>中壤土。在直线坡面和耙耱地坡面的5个断面中, 安塞中壤土的地表糙度变化差异较小; 淳化重壤土的地表糙度变化呈先增大后减小, 再增加, 最后再减小的趋势。而杨凌轻粘土的地表糙度变化在直线坡面上呈先减小, 后增加, 最后呈再减小的趋势; 其在耙耱地坡面上却呈先增大后减小的趋势。在人工锄耕和等高耕作的坡面上, 地表糙度变化明显低于直线坡面和耙耱地坡面。在人工锄耕的坡面上, 安塞、淳化、杨凌土壤地表糙度变化的规律基本一致, 即均呈先增加, 后降低, 最后再增大的趋势; 而在等高耕作的坡面上, 在同一径流小区内, 沿断面变化较为复杂, 但安塞、淳化和杨凌土壤地表糙度变化基本上呈增大的趋势。这可能是由于在相同水分条件下, 安塞土壤的物理性粘粒含量(32.29%)较低, 无明显的可塑性和胀缩性, 吸湿力和粘结力差, 土粒易分散, 故地表凸凹程度较小; 杨凌土壤的物理性粘粒含量(56.05%)较高, 具有明显的可塑性和胀缩性, 吸湿力和粘结力增强, 土粒难以破坏, 故地表起伏度变化较大; 淳化土壤的地表糙度变化介于上述两者间。此外, 人工锄耕和等高耕作处理原来微地形起伏程度较大, 且在相同降雨条件下, 表现出较高的下渗率, 故地表的糙度变化不大。上述系列变化, 正是体现了地表糙度分布的随机性和侵蚀过程中变化

的不确定性,同时也说明在降雨条件下,地表的糙度

变化与土壤质地相关。

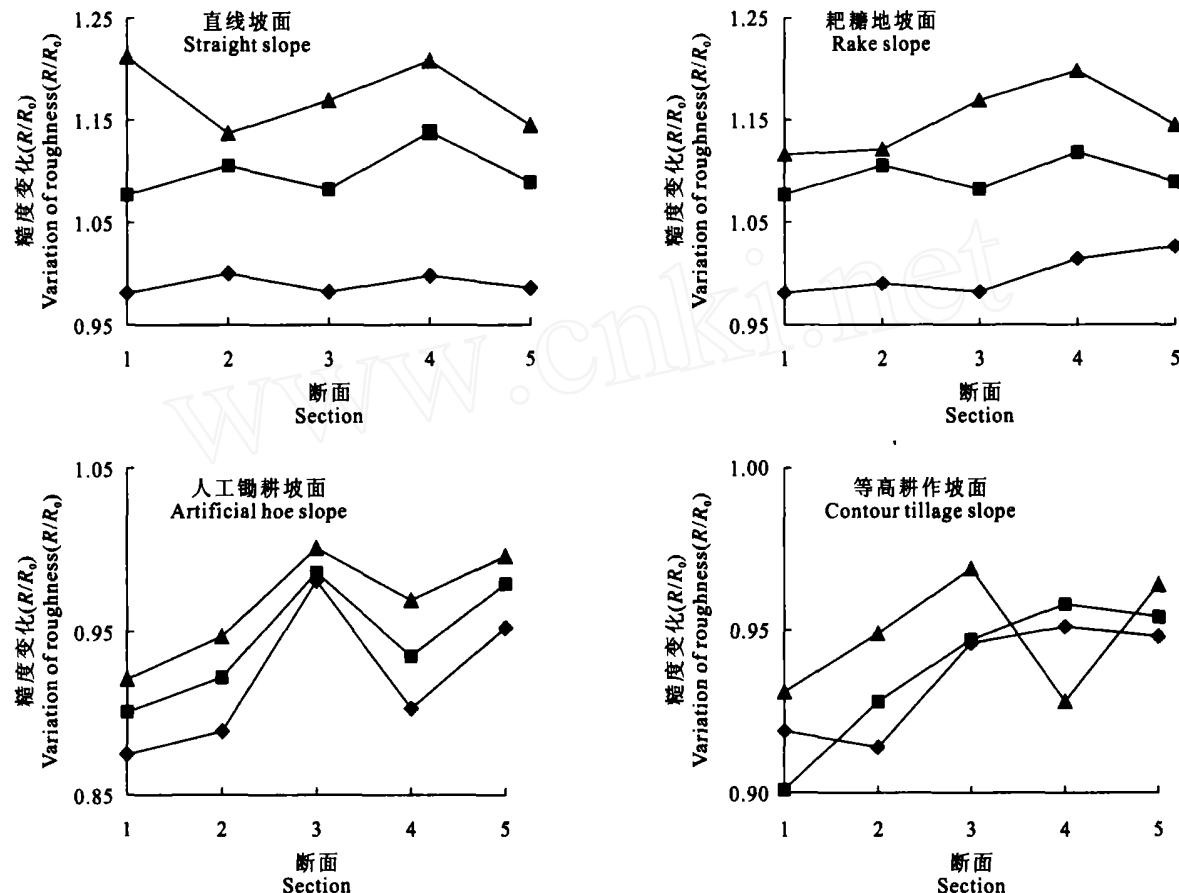


图2 不同土壤质地下的地表糙度变化

—◆—.安塞; —■—.淳化; —▲—.杨凌

Fig.2 Variation of surface roughness in the different soil textures

—◆—.Ansai; —■—.Chunhua; —▲—.Yangling

## 2.2 土壤容重对地表糙度变化的影响

陕西淳化泥河沟流域径流小区不同土壤容重下

地表的糙度变化见表2。

表2 陕西淳化泥河沟流域径流小区不同土壤容重下地表的糙度变化

Table 2 Variation of surface roughness under the condition of different soil bulk densities  
in the runoff plot N the gully watershed in Chunhua, Shaanxi

| 土壤容重/(g·cm⁻³)<br>Soil bulk density | 糙度变化( $R/R_0$ ) Variation of roughness ( $R/R_0$ ) |                     |                                |                                 |
|------------------------------------|--|---------------------|--------------------------------|---------------------------------|
|                                    | 直线坡面<br>Straight slope                             | 耙耱地坡面<br>Rake slope | 人工锄耕坡面<br>Artificial hoe slope | 等高耕作坡面<br>Contour tillage slope |
| 1.256                              | 1.22   | 1.18                | 0.97                           | 0.96                            |
| 1.323                              | 1.11   | 1.14                | 0.93                           | 0.89                            |
| 1.324                              | 1.16   | 1.04                | 0.85                           | 0.80                            |
| 1.329                              | 1.21   | 1.06                | 0.74                           | 0.80                            |
| 1.335                              | 1.21   | 1.13                | 0.91                           | 0.88                            |
| 1.337                              | 1.04   | 1.08                | 0.76                           | 0.80                            |
| 1.352                              | 1.07   | 1.06                | 0.80                           | 0.84                            |
| 1.361                              | 1.13   | 1.09                | 0.77                           | 0.79                            |
| 1.368                              | 1.01   | 1.11                | 0.71                           | 0.76                            |
| 1.383                              | 0.94   | 0.95                | 0.67                           | 0.60                            |

由表2可知,在同一降雨条件下,随土壤容重的增大,4种不同处理地表的糙度变化总体上呈减小趋势,且在相同土壤容重下,直线坡面与耙耱地坡面

的地表糙度变化均高于人工锄耕和等高耕作坡面。因为随地表容重的增加,其抗剪强度增大<sup>[24-25]</sup>,土体内聚力变大,导致降雨对土粒的分散、迁移能力降

低, 进而地表的糙度变化减小。由于直线坡面和耙耱地坡面原来微地形地表起伏程度很小, 故在降雨初期, 由于雨滴的击打, 使得凸出地表表层的细小颗粒极易向凹处迁移, 很快完成地表凹凸间的转变。随着降雨的继续进行, 细小的土壤颗粒在其原处也很快嵌入地表, 堵塞土壤孔隙, 减小下渗, 有时还会产生结皮层, 导致地表径流产生, 从而加大了对地表的冲刷, 致使直线坡面和耙耱地坡面的地表糙度变化较大。对人工锄耕与等高耕作坡面而言, 由于其原来微地形地表起伏程度大, 在降雨的条件下, 凸出地表表层的细小颗粒向凹处迁移的速度较慢, 且在凹处易于形成结皮, 增强了凹陷处的冲刷作用, 正是由于上述两方面的作用, 使得其地表的糙度变化较小。

## 2.3 土壤含水量对地表糙度变化的影响

从表3可以看出, 随着土壤含水量的增加, 地表

表3 陕西淳化泥河沟流域径流小区不同土壤含水量下地表的糙度变化

Table 3 Variation of surface roughness under the condition of different soil moisture contents in the runoff plot N in the gully watershed in Chunhua, Shaanxi

| 土壤含水量/(g·kg <sup>-1</sup> )<br>Soil moisture content | 糙度变化( $R/R_0$ ) Variation of roughness ( $R/R_0$ ) |                     |                                |                                 |
|--|--|---------------------|--------------------------------|---------------------------------|
|  | 直线坡面<br>Straight slope                             | 耙耱地坡面<br>Rake slope | 人工锄耕坡面<br>Artificial hoe slope | 等高耕作坡面<br>Contour tillage slope |
| 38.50  | 1.19   | 1.18                | 1.00                           | 0.93                            |
| 57.90  | 1.03   | 1.01                | 0.82                           | 0.59                            |
| 66.70  | 1.01   | 0.53                | 0.71                           | 0.25                            |
| 72.80  | 1.10   | 1.05                | 1.18                           | 0.98                            |
| 88.90  | 0.88   | 0.71                | 0.73                           | 0.78                            |
| 93.20  | 1.09   | 0.98                | 0.80                           | 0.95                            |
| 100.80   | 1.06   | 1.02                | 0.82                           | 0.85                            |
| 124.80   | 1.13   | 1.05                | 1.15                           | 1.01                            |
| 134.40   | 0.99   | 0.98                | 0.96                           | 0.91                            |
| 148.50   | 0.96   | 0.86                | 0.82                           | 0.89                            |

## 2.4 综合因子对地表糙度变化的影响

以上分别研究了在降雨过程中土壤质地、土壤容重和土壤含水量对地表糙度变化的影响, 而未考虑这些因子间的相互作用, 现就这些因子间相互作用进行分析。由于土壤质地与孔隙度密切相关, 故用土壤孔隙度量化该因子, 降雨条件下各因子相互作用与地表糙度变化的回归方程如下:

$$NRR = 1.166\theta^{0.002}W^{-0.423}Q^{0.157}$$

$$R^2 = 0.792 \quad (6)$$

式中,  $NRR$  为地表的糙度变化, 即降雨后的地表糙度与降雨前地表糙度的比值 ( $R/R_0$ );  $\theta$  为土壤含水量;  $W$  为土壤容重;  $Q$  为土壤孔隙度。

从式(6)可以看出, 土壤含水量和土壤容重与地表的糙度变化呈负相关, 土壤孔隙度与地表的糙度变化呈正相关。因此, 可通过土壤性质的测定结果, 间接地反映地表的糙度变化。

糙度变化总体上呈减小的趋势, 且在相同土壤含水量下, 直线坡面地表的糙度变化基本上高于耙耱地、人工锄耕、等高耕作坡面。这可能是因为随着土壤含水量的增加, 水对土粒间起粘结作用的胶结物的溶解作用也会增强, 导致凹凸地表的土粒胶结强度降低, 产生土粒的分散、迁移, 进而降低地表的糙度变化。不同糙度的坡面上, 当土壤含水量分别为38.50, 72.80 和 124.80 g/kg 时, 地表糙度变化较大; 当土壤含水量分别为66.70, 88.90 g/kg 和大于124.80 g/kg 时, 地表的糙度变化较小。当土壤含水量为38.50 g/kg 时, 因土壤含水量较低, 且在雨滴击打和较强的下渗作用下, 所以地表的糙度变化较大。上述变化, 可能与该土壤的抗剪强度有关<sup>[24]</sup>。

## 3 结 论

(1) 在一定降雨条件下, 随土壤物理性粘粒含量的增加, 地表糙度变化呈增大的趋势, 即杨凌轻粘土壤>淳化重壤土>安塞中壤土; 直线坡面和耙耱地坡面地表的糙度变化均高于人工锄耕和等高耕作坡面。

(2) 在一定降雨条件下, 随土壤容重的增大, 总体上地表的糙度变化减小, 这一结果与 Lehnsch 等<sup>[26]</sup>研究较为一致, 但相悖于 Lyles 等<sup>[15, 18]</sup>的研究, 这可能与土壤质地及试验条件有关。此外, 在相同的土壤容重下, 直线坡面与耙耱地坡面地表的糙度变化均高于人工锄耕和等高耕作坡面。

(3) 随着土壤含水量的增加, 地表的糙度变化总体上减小, 其中直线坡面地表的糙度变化均高于其他处理。以往研究<sup>[24]</sup>通过土壤含水量与土壤抗剪强

度两者关系,间接用土壤含水量衡量土壤抗剪强度。通过该试验结果,可促使从地表糙度变化的角度去理解坡耕地的水蚀机理。

(4)通过场降雨试验,分析一定降雨条件下各土壤物理性质因子(土壤含水量( $\theta$ )、土壤容重( $W$ )、土壤孔隙度( $Q$ ))相互作用与地表糙度变化( $NRR$ )间

的关系,经回归得: $NRR = 1.166\theta^{0.002}W^{-0.423}Q^{0.157}$ 。

上述结论虽只在一定的雨强与地表糙度的范围内得到,但从中可看出,在降雨条件下,随地表土壤物理性质的变化,地表糙度表现出不同的变化,这些变化为揭示地表糙度的本质特征及黄土高原不同区域坡耕地土壤侵蚀预报,提供了一定的依据。

### [参考文献]

- [1] Burwell R E, Larson W E. Infiltration as influenced by tillage-induced random roughness and pore space[J]. Soil Sci Soc Am Proc, 1969, 33: 449-452
- [2] Huang C, Gascuel-Odoux C, Craas-Cayot S. Hillslope topographic and hydrologic effects on overland flow and erosion[J]. Catena, 2001, 46: 177-188
- [3] Linden D K, Van D M, Doren J R. Parameter for characterizing tillage-induced soil surface roughness[J]. Soil Sci Soc Am J, 1986, 50: 1561-1565
- [4] Darboux F, Dary, Gascuel-Odoux C, et al. Evolution of soil surface roughness and flowpath connectivity in overland flow experiments[J]. Catena, 2001, 46: 125-139
- [5] Planchon O, Esteves M, Slivira N, et al. Microrelief induced by tillage: measurement and modeling of surface storage capacity[J]. Catena, 2001, 46: 141-157
- [6] Tromble J M. Semiarid rangeland treatment and surface runoff[J]. J Range Manag, 1976, 29: 251-255
- [7] Gilley J E, Finkner S C. Hydraulic roughness coefficients as affected by random roughness[J]. Trans ASAE, 1991, 33(3): 897-903
- [8] Glasbey C A, Horgan G W, Darbyshire J F. Image analysis and three-dimensional modeling of pores in soil aggregates[J]. Journal of Soil Science, 1991, 42: 479-486
- [9] Kamphorst E C, Jetten I. Predicting depressional storage from soil surface roughness[J]. Soil Sci Am J, 2000, 64: 1749-1758
- [10] Linden D R. A model to predict soilwater storage as affected by tillage practices[D]. St Paul University of Minnesota, 1979: 42-47.
- [11] Cogo N P, Moldenhauer W C, Foster G R. Effect of crop residue, tillage-induced roughness and runoff velocity on size distribution of eroded soil aggregates[J]. Soil Sci Soc Am J, 1983, 47: 1005-1008
- [12] Takken L, Govers G, Jetten V, et al. Effects of tillage on runoff and erosion patterns[J]. Soil and Tillage, 2001, 65: 55-60
- [13] Bertuzzi R, Rouw G, Couroult D. Testing roughness indices to estimate soil surface roughness changes due to simulated rainfall[J]. Soil Tillage Res, 1990, 17: 87-99
- [14] Borselli L. Segmentation of soil roughness profiles[J]. Earth Surface process and Landforms, 1999, 24: 71-90
- [15] Lyles L, Woodruff N P. How moisture and tillage affect soil cloddiness for wind erosion control[J]. Agric Eng, 1962, 43: 150-153, 159.
- [16] Seginer I. A model for surface drainage of cultivated fields[J]. J Hydrol, 1971, 13: 139-151.
- [17] Almaras R R, Burwell R E, Holt R F. Plow-layer porosity and surface roughness tillage as affected by initial porosity and soil moisture at tillage time[J]. Soil Sci Soc Am Proc, 1967, 31: 550-556
- [18] Lyles L, Woodruff N P. Surface soil cloddiness in relation to soil density at time of tillage[J]. Soil Sci, 1961, 91: 178-182
- [19] Dunkerley D L, Brown K J. Banded vegetation near broken hill, Australia: significance of surface roughness and soil physical properties [J]. Catena, 1999, 37: 75-88
- [20] 贺瑶琴. 土壤学与土壤理化分析[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1995.
- [21] Brough D L, Jarrett A R. Simple technique for approximating surface storage of slit-tilled fields[J]. Am Soc Agric Eng, 1992, 92: 885-890
- [22] Linden D K, Van D M, Doren J R. Parameter for characterizing tillage-induced soil surface roughness[J]. Soil Sci Soc Am J, 1986, 50: 1561-1565
- [23] Linden D R, Van D M, Almaras R R. A model of the effects of tillage-induced soil surface roughness on erosion[C]//Proceedings of the 11th International Conference of the International Soil and Tillage Research Organization Scotland: Edinburgh, 1988: 18-23
- [24] 贾志军, 王贵平, 李俊义, 等. 前期土壤含水率对坡耕地产沙产流影响的研究[C]. 晋西黄土高原土壤侵蚀规律实验研究文集. 北京: 水利电力出版社, 1990
- [25] 吴发启, 赵晓光, 刘秉正. 缓坡耕地侵蚀环境及动力机制分析[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2000: 52-64
- [26] Lehrsch G A, Whisler F D, Romkens J M. Soil surface roughness as influenced by selected soil physical properties[J]. Soil Tillage Res, 1987, 10: 197-212

(下转第 193 页)

vegetative compatibility group and PCR specific amplification. The results show: (1) the strains of *Verticillium dahliae* in Xinjiang can be separated into three groups, namely strong, middle and weak. Among them, most of the strains belong to the middle group. (2) the strains of *Verticillium dahliae* in Xinjiang can be separated into two vegetative compatibility groups. All strains in one vegetative compatibility group can be fused with standard defoliating pathotype and all strains in the other vegetative compatibility group can be fused with standard nondefoliating pathotype. This result makes sure the presence of the defoliating pathotype strains of *Verticillium dahliae* in cotton. (3) The result of PCR amplification using the specific primer of defoliating pathotype of *Verticillium dahliae* in cotton shows that the specific fragment (550 bp) of defoliating pathotype of *Verticillium dahliae* can be produced from three strains, which proves the presence of the defoliating pathotype strains of *Verticillium dahliae* in cotton in Xinjiang at present under the molecular level.

**Key words:** *Verticillium dahliae*; pathogenicity; vegetative compatibility; PCR amplification; cotton-planted region in Xinjiang

(上接第188页)

**Abstract** **D:** 1671-9387(2006) 11-0184-CA

## Research about effect of soil physical properties on the variation of surface roughness under the condition of rainfall

**ZHENG Zi-cheng<sup>1, 2a</sup>, WU Fa-qí<sup>1</sup>, HE Shu-qin<sup>2b</sup>**

(<sup>1</sup> College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

<sup>2</sup> Sichuan Agriculture University, a College of Resources and Environment,

b College of Forestry and Gardening, Ya'an, Sichuan 625014, China)

**Abstract** On the basis of artificial rainfall experiments and contact roughness meter, the effect of soil physical properties on surface roughness was studied. Under the condition of rainfall density of 1.0 mm/min, the variation of roughness increased with the increase of soil physical clay gradually. The variation of roughness decreased generally with the increase of soil bulk density during the course of rainfall. The variations of straight slope and rake slope were higher than those of artificial hoe slope and contour tillage slope when soil bulk density was the same. The variation of roughness also decreased generally with the increase of soil moisture content during the course of rainfall and the variations of straight slope were higher obviously than those during the course of the same soil moisture content. At the same time, the quantitative analysis was done on the effect of the above soil physical factors on the variation of surface roughness. The results were that the variation of roughness had negative relationship with soil moisture content and soil bulk density, and had positive relationship with soil porosity.

**Key words:** rainfall; surface roughness; soil texture; soil bulk density; soil moisture content