

紫色土坡耕地耕层蓄水保土及耕性特征研究

丁文斌¹, 蒋平², 史东梅¹, 常松果¹, 刘志鹏¹

(1. 西南大学资源环境学院, 重庆 400715; 2. 重庆市水利电力建筑勘测设计研究院, 重庆 400020)

摘要: 通过对重庆合川和云南楚雄紫色土坡耕地野外调查和土壤物理力学性质分析, 对比研究了紫色土坡耕地耕层土壤的蓄水、稳定性及耕性特征。结果表明: (1) 紫色土坡耕地耕层土壤入渗速率随土层深度而降低, 0—20, 20—40, 40—60 cm 耕层土壤稳定入渗率分别为 5.80~9.58, 2.81~4.35, 0.98~1.96 mm/min; 而相应深度土壤最大有效库容分别介于 49.93~66.26, 46.04~59.05, 37.42~43.55 mm 范围, 0—20 cm 土壤兴利库容高产耕层大于低产耕层; (2) 不同类型紫色土坡耕地耕层土壤稳定性差异明显, 土壤团聚体结构均以 >5, 5~3, 3~0.5 mm 3 个粒级为主, 且 >0.25 mm 水稳性大团聚体含量随耕层深度显著降低; 0—20 cm 耕层土壤稳定性指数依次为烟草高产耕层 (2.96) > 玉米高产耕层 (2.55) > 烟草低产耕层 (2.45) > 玉米低产耕层 (2.38); 20—40, 40—60 cm 土层的玉米和烟草稳定性指数分别较 0—20 cm 耕层降低 0.44, 0.64 和 0.66, 0.71; (3) 不同坡耕地耕层土壤抗剪强度和贯入阻力差异显著 ($p < 0.05$), 土壤抗剪强度依次为玉米低产耕层 (36 kPa) > 玉米高产耕层 (29 kPa) > 烟草低产耕层 (25 kPa) > 烟草高产耕层 (21 kPa), 峰值出现在 20—40 cm; 高产耕层的土壤贯入阻力在 0.3~1.9 MPa, 低产耕层则在 0.5~2.5 MPa 变化, 其峰值出现在 40—50 cm。紫色土坡耕地高产耕层具有稳定入渗率高、有效库容大、土壤持水性能较强、土壤结构稳定性高、表层土壤抗剪强度和贯入阻力较低的特征。

关键词: 蓄水保土; 耕性; 耕层; 坡耕地; 紫色土

中图分类号: S157

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2016)06-0024-06

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2016.06.005

The Study of Soil and Water Conservation and Tilth Characteristics of Cultivated-layer in Purple Soil Farmland

DING Wenbin¹, JIANG Ping², SHI Dongmei¹, CHANG Songguo¹, LIU Zhipeng¹

(1. College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400715;

2. Chongqing Surveying and Design Institute of Water Resources, Electric Power and Architecture, Chongqing 400020)

Abstract: Taking the slope-farmland of purple soil in Hechuan, Chongqing and Chuxiong, Yunnan as samples, the study analyzed the soil water storage, soil stability and tilth characteristics based on field survey and lab tests. The results showed that: (1) Soil infiltration rate decreased with the increasing depth of cultivated-layer of purple soil in slope-farmland, and the soil stable infiltration rate of the 0—20 cm, 20—40 cm, 40—60 cm cultivated layer was 5.80 to 9.58 mm/min, 2.81 to 4.35mm/min, and 0.98 to 1.96mm/min, respectively. The maximum effective water storage capacity of soil was 49.93 to 66.26, 46.04 to 59.05, and 37.42 to 43.55 mm at corresponding soil depth. (2) Soil stability of cultivated-layer was significantly different among purple soil farmlands. The >5 mm, 5 to 3 mm, and 3 to 0.5 mm fractions were dominant soil aggregate structure, and the content of >0.25 mm fraction of water stable aggregates decreased with increasing cultivated-layer depth significantly. Soil stability index of the 0—20 cm cultivated-layer varied and followed the order of high-yield tobacco cultivated-layer (2.96) > high-yield maize cultivated-layer (2.55) > low-yield tobacco cultivated-layer (2.45) > low-yield maize cultivated-layer (2.38). Compared with that of the 0—20 cm soil layer, the stability index of the 20—40 cm and 40—60 cm layer of maize and tobacco decreased by 0.44, 0.64 and 0.66, 0.71, respectively. (3) The soil shear strength and the penetration resistance of cultivated-layer on different slope-farmland was significantly different ($p < 0.05$), and the soil shear strength was in the order of low-

收稿日期: 2016-07-09

资助项目: 公益性行业(农业)科研专项“坡耕地合理耕层评价指标体系建立”(201503119-01-01)

第一作者: 丁文斌(1991—), 男, 甘肃天水人, 主要从事土壤侵蚀与流域治理研究。E-mail: dingwenbin88@126.com

通信作者: 史东梅(1970—), 女, 甘肃灵台人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事水土生态工程、土壤侵蚀与流域治理研究。E-mail: shidm_1970@126.com

yield maize cultivated-layer (36 kPa)>high-yield maize cultivated-layer (29 kPa)>low-yield tobacco cultivated-layer (25 kPa)>high-yield tobacco cultivated-layer (21 kPa), with the peaking value appearing in the 20—40 cm layer. Soil penetration resistance of high-yield and low-yield cultivated-layer was 0.3 to 1.9 Mpa and 0.5 to 2.5 MPa, with the peaking value appearing in the 40 to 50 cm layer. The high-yield cultivated-layer of purple soil slope-farmland presented high stable infiltration rate, large storage capacity, strong soil water holding capacity, high soil structure stability, low soil anti-shear strength and penetration resistance.

Keywords: soil and water conservation; tilth; cultivated-layer; slope-farmland; purple soil

西南地区坡耕地占全国坡耕地的 48.78%^[1],其中紫色土坡耕地所占比重最大;该地区坡耕地土壤侵蚀量可占总侵蚀量的 50%~60%;造成坡耕地水土流失严重的主要原因是耕作方式粗放、耕作技术落后、陡坡开垦、只重视开垦种植而忽视维护等造成的。坡耕地土壤退化主要表现在耕层变薄、土壤物理性质恶化和土壤肥力下降,这些因素综合作用造成坡耕地生产力下降^[2-5]。因此,目前坡耕地持续利用主要目标是防止土壤侵蚀和提高土地生产力。土壤团聚体组成及其稳定性对土壤理化性质和耕作性能有着直接作用,并进而影响农作物生长的稳定性和产量状况^[6]。潘剑君^[7]提出用土壤入渗和抗剪力来划分评价土壤侵蚀强度,并以此分析其蓄水和保土能力大小;孟秦倩等^[8]分析了土壤水库蓄特征及其调节水分的功能,认为土壤渗透能力和土壤水库特征对于土壤蓄水及农业生产有重要作用;王云琦等^[9]选用土壤抗剪力学指标分析不同土地利用类型的固土保土机理。近年来在降雨、地形等自然因素和耕作、施肥等

人为因素的综合作用下,紫色土坡耕地耕层土壤退化、土地生产力下降^[10]和面源污染等生态问题^[11]十分突出。耕层土壤既是坡耕地水土流失对象,又是保证作物高产稳产的基本条件^[12]。因此,本文以重庆合川和云南楚雄的紫色土坡耕地为研究对象,研究了紫色土坡耕地耕层土壤的蓄水保土效应及耕性特征,以此为紫色土坡耕地耕层培育、合理耕作及水土保持措施布置提供参数依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于重庆市合川区和云南省楚雄市,试验地基本特征见表 1。合川区位于长江上游,属亚热带湿润季风气候,年均温 18℃,年均降雨量 1 107.9 mm,分布不均,主要集中在 5—9 月份,全年降雨日数多年平均为 155 d,占总日数的 42.4%。其中 4—9 月份降雨量可达 846.9 mm,占全年降雨量的 76%,特别是 6—8 月降雨 451.9 mm,占全年降雨量的 41%,而 12—2 月降雨 68.0 mm,占全年降雨量的 6.2%。

表 1 紫色丘陵区不同坡耕地耕层基本特征

耕层 类型	土壤 类型	耕作 深度/cm	郁闭度/ %	株行距 (m×m)	株高/ m	亩产/ kg	坡度/ (°)	海拔/ m	地理位置
玉米 低产耕层	酸性紫 色土	15	62	0.3×0.6	2.5	300	14	471	106°27'32"E, 30°1'31"N
玉米 高产耕层	酸性 紫色土	20	76	0.3×0.6	2.7	850	6	460	106°27'30"E, 30°1'22"N
烟草 低产耕层	中性 紫色土	20	80	0.5×1.2	1.1	120	10	1937	101°26'10"E, 25°4'45"N
烟草 高产耕层	中性 紫色土	30	93	0.6×1.2	1.2	350	5	1924	101°26'12"E, 25°2'35"N

云南省楚雄市位于云贵高原中部,地跨东经 100°35'—101°48',北纬 24°30'—25°15'。年均气温 14.8~21.9℃,降雨量偏少,年均降雨量 800~1 000 mm,且主要集中在 7—10 月,而其蒸发量年平均为 2 432 mm,为年降雨量的 3 倍多。年均日照为 2 450 h,平均日照 6.7 h,年日照率为 56%,从西北向东南呈递减分布。全年约有晴天 210 d,无霜期 242 d,空气相对湿度平均 68%。

1.2 研究方法

1.2.1 样品采集 试验于 2015 年 7 月在重庆市合

川区双凤镇塘湾村和云南省楚雄市包头王村分别选取高产和低产坡耕地,按照 1 m×1 m×0.6 m(长×宽×高)的规格挖取耕层剖面并采集试验土样。以 10 cm 分层采用荷兰产便携式 14.10 Pocket Vane Tester 型三头抗剪仪,江苏省漂阳市天目仪器厂产 PT 型袖珍贯入仪测定抗剪强度和贯入阻力值,每层重复 5 次;土壤容重、孔隙度、土壤入渗特征样品均用 100 cm³ 环刀分层(0—20,20—40,40—60 cm)采集,密封后带回室内测定,土壤容重、孔隙度、土壤入渗特征均采用室内环刀法进行测定;同时每层采集 2

kg 左右的散样带回室内风干,用于测定土壤物理性质、土壤水库库容和稳定性参数。

1.2.2 土壤水库特征 土壤水库蓄水量可以按文献[13-14]计算,设某时刻地表以下一定深度 H 处的土壤含水量为 $\theta(h)$,则该深度土层相应蓄水量为:

$$W_a = \int_0^H \theta(h) dh$$

式中: W_a 为地表以下 H 深度土层的土壤蓄水量(mm)。

土壤水库各种库容计算方法为:

$$\text{总库容} = 0.1 \sum_{i=1}^n (S_i \times r_i \times H_i)$$

$$\text{死库容} = 0.1 \sum_{i=1}^n (W_{Li} \times r_i \times H_i)$$

$$\text{兴利库容} = 0.1 \sum_{i=1}^n [(C_i - W_{Li}) \times r_i \times H_i]$$

$$\text{滞洪库容} = 0.1 \sum_{i=1}^{i=h} [(S_i - C_i) \times r_i \times H_i]$$

最大有效库容 = 总库容 - 死库容

式中: W 为凋萎持水量(%); r_i 为土壤密度(g/cm^3); H_i 为土层厚度(cm); C_i 为田间持水量(%); S_i 为饱和持水量(%); i 为土壤层次。

1.2.3 土壤结构稳定性 运用概率转移矩阵法对团聚体保存机率进行计算,将 i 个粒径范围的风干团聚体百分含量构成一个矩阵 M_i ,湿筛后对应的团聚体百分含量为矩阵 N_i 。每个筛径在筛分时保存在自己筛径范围内的机率为 $X_1, X_2, \dots, X_i$,则 $MX = N$,采用各粒级保存机率作为土壤团聚体稳定性的指标:

$$\text{稳定性指数 ASI} = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_i$$

式中: ASI 为土壤团聚体稳定性指数; X_i 为各粒级保存机率。

2 结果与分析

2.1 坡耕地耕层土壤蓄水性能

土壤入渗特征受到土壤孔隙、土壤质地、地表贮水等多方面的影响^[15]。由图 1 可知,不同紫色土坡耕地 0—20 cm 耕层土壤累积入渗量差异显著($p < 0.05$),土壤累积入渗量玉米低产 0—20, 20—40, 40—60 cm 耕层与玉米高产相比,分别降低了 47.45%, 12.34%, 65.34%;烟草低产耕层与高产耕层相比,降低幅度分别达到 25.66%, 25.47%, 30.00%,这主要是由于低产坡耕地土壤孔隙状况较差,因此,导致耕层土壤水分下渗能力降低,进而造成农作物生长缺水。为了提高作物产量,应在紫色土低产坡耕地采取深松技术改善土壤紧实状况,增加土壤入渗量,从而可减少地表径流的产生,维持耕层土壤水分和养分。从不同深度耕层土壤累积入渗量可知(图 1),紫色土坡耕地累积入渗量随着耕层深度增加逐渐下降,玉米高产 20—40, 40—60 cm 土层较 0—20 cm 耕层降低幅度分别

为 84.85%, 91.63%,烟草高产 20—40, 40—60 cm 土层较 0—20 cm 耕层降低幅度分别为 78.54%, 86.85%,主要是耕作活动扰动对 0—20 cm 耕层土壤存在疏松作用,而对 20—60 cm 土壤层存在压实作用,进一步导致土壤入渗量降低。

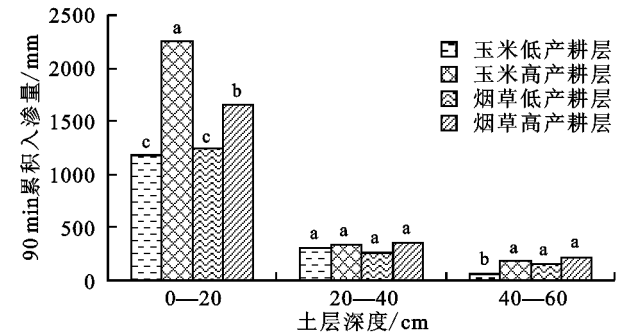


图 1 不同坡耕地耕层土壤累积入渗量分布特征

耕作活动直接造成坡耕地耕层土壤结构和土壤孔隙状况的改变,从而导致坡耕地土壤入渗速率的变化。不同坡耕地耕层土壤入渗速率的变化特征见表 2。由表 2 可知,不同紫色土坡耕地土壤入渗速率差异显著。玉米高产 0—20, 20—40, 40—60 cm 土壤初始入渗速率较低产分别增加 70.95%, 2.62%, 19.20%,稳定入渗率较低产分别增加 65.17%, 35.59%, 77.55%;烟草高产在相应垂直深度土壤初始入渗速率较低产分别增加 14.94%, 20.53%, 20.39%,稳定入渗率较低产增幅分别为 32.90%, 52.10%, 7.69%,与耕层土壤容重变化相一致,主要因为低产耕层土壤紧实度高、孔隙数量少,耕层土壤透水能力较低,入渗能力下降。20—40 cm 土层中常伴随着犁底层的存在,深度适当且松紧适宜的犁底层可兼有保水、透水性能,有利于作物生长,而犁底层的存在会阻碍作物根系向下生长和吸收深层水分养分。因此在农业生产活动中应采取深松等措施改善土壤结构和打破犁底层,以此促进作物生长。

耕层土壤入渗速率随着土层深度增加而下降,坡耕地土壤初始入渗速率 0—20 cm 耕层介于 19.21~32.84 mm/min, 20—40 cm 土层在 5.23~6.34 mm/min 之间变化,而 40—60 cm 土层在 4.23~4.96 mm/min 之间;对于土壤稳定入渗率,0—20, 20—40, 40—60 cm 分别在 5.80~9.58, 2.81~4.35, 0.98~1.96 mm/min 之间变化,这表明 20—40, 40—60 cm 土层入渗性能较差,这主要是由于 0—20 cm 耕作层土壤较疏松、大孔隙多、连通性好,对土壤水分运动阻力小,因而耕层土壤水力传导度也大;而 20—60 cm 土壤因耕作压实导致土壤紧实、孔隙小、连通性差,土壤结构密实程度增加导致 20—60 cm 土壤水力传导度减小,入渗性能降低。

表 2 不同坡耕地耕层土壤入渗速率变化特征

耕层 类型	土层 深度/cm	土壤容重/ (g·cm ⁻³)	总孔 隙度/%	初始入渗率/ (mm·min ⁻¹)	5 min 入渗率/ (mm·min ⁻¹)	15 min 入渗率/ (mm·min ⁻¹)	30 min 入渗率/ (mm·min ⁻¹)	稳定入渗率/ (mm·min ⁻¹)
玉米	0—20	1.40	50.49	19.21	15.62	14.40	7.80	5.80
低产	20—40	1.15	43.66	5.72	4.13	3.89	3.21	2.81
耕层	40—60	1.12	42.10	4.23	2.13	1.86	1.02	0.98
玉米	0—20	1.63	57.19	32.84	24.32	21.46	16.53	9.58
高产	20—40	1.40	49.36	5.86	4.84	4.56	4.18	3.81
耕层	40—60	1.21	47.50	4.78	2.95	1.78	1.36	1.74
烟草	0—20	1.38	52.22	20.15	16.32	13.95	8.02	6.14
低产	20—40	1.25	41.18	5.26	4.01	3.64	3.08	2.86
耕层	40—60	1.19	41.00	4.12	3.34	1.98	1.87	1.82
烟草	0—20	1.43	64.94	23.16	20.09	18.12	14.22	8.16
高产	20—40	1.45	59.56	6.34	5.32	4.87	4.68	4.35
耕层	40—60	1.31	46.13	4.96	3.23	2.17	2.01	1.96

土壤水库具有贮存降水功能,能满足作物生长对水分需求,可用来评价土壤持水特性;土壤水库库容对分析土壤抗旱能力及区域土壤侵蚀潜在危害性也有重要作用^[8,16],由表 3 可知,不同紫色土坡耕地耕层土壤持水性能差异显著($p<0.05$)。坡耕地 0—20 cm 耕层土壤总库容表现为为烟草高产耕层(87.84 mm)>玉米高产耕层(84.40 mm)>烟草低产耕层(77.84 mm)>玉米低产耕层(74.55 mm),死库容大小为烟草低产耕层(26.04 mm)>玉米低产耕层(24.62 mm)>玉米高产耕层

(22.90 mm)>烟草高产耕层(21.58 mm),说明低产耕层土壤总库容低且无效水含量高,这既减少了坡耕地作物的可利用水分,也降低了土壤水分循环效率,阻碍了作物的正常生长。0—20 cm 耕层土壤兴利库容以烟草高产耕层(46.95 mm)最大,其次为玉米高产耕层(44.50 mm),烟草低产耕层(18.55 mm)最小,表明高产耕层可减少地表径流冲刷,增加耕层土壤蓄水总量。因此,在坡耕地合理耕层构建中,应加强低产耕层土壤水分管理,提高低产耕层抵御季节性干旱的能力。

表 3 不同坡耕地耕层土壤水库特征

耕层 类型	土层 深度/cm	田间 持水量/%	饱和 含水量/%	萎蔫点 含水量/%	总库容/ mm	死库容/ mm	兴利库 容/mm	滞洪库 容/mm	最大有效 库容/mm
玉米	0—20	23.66Ba	37.27Ac	12.31Cb	74.55Ac	24.62Cb	22.69Ba	27.23Cc	49.93Ac
低产	20—40	24.53Bb	36.68Bb	11.89Ca	73.36Bb	23.78Ca	25.29Bb	24.29Bb	49.58Bb
耕层	40—60	26.38Bc	32.05Aa	13.34Bc	64.10Aa	26.68Cc	26.09Cc	11.34Aa	37.42Aa
玉米	0—20	33.70Cc	42.20Cc	11.45Bb	84.40Cc	22.90Bb	44.50Cc	16.99Aa	61.50Cc
高产	20—40	26.18Cb	40.74Db	11.21Aa	81.47Db	22.42Aa	29.93Cb	29.12Dc	59.05Db
耕层	40—60	25.82Ba	34.52Ca	13.35Bc	69.04Ca	26.70Cc	24.93Ba	17.41Cb	42.34Ba
烟草	0—20	22.29Ab	38.92Bc	13.02Dc	77.84Bc	26.04Dc	18.55Aa	33.25Dc	51.80Bc
低产	20—40	23.23Ac	35.69Ab	12.67Db	71.38Ab	25.34Db	21.13Ab	24.91Ca	46.04Ab
耕层	40—60	21.00Aa	33.76Ba	11.98Aa	67.51Ba	23.96Aa	18.04Aa	25.52Db	43.55Da
烟草	0—20	34.26Dc	43.92Dc	10.79Aa	87.84Dc	21.58Aa	46.95Dc	19.31Bb	66.26Dc
高产	20—40	28.08Db	39.69Cb	11.54Bb	79.38Cb	23.08Bb	33.08Db	23.22Ac	56.30Cb
耕层	40—60	26.65Ba	33.76Ba	12.03Ac	67.51Ba	24.06Bc	29.25Da	14.21Ba	43.45Ca

注:同列大写字母表示同一土层不同坡耕地的差异性显著($p<0.05$);同列小写字母表示同一坡耕地不同土层之间的差异性显著($p<0.05$)。

坡耕地土壤持水性能随土层深度呈下降趋势,坡耕地 0—20 cm 耕层总库容介于 74.55~87.84 mm 之间,20—40 cm 土层总库容在 71.38~81.47 mm 变化,40—60 cm 土层总库容则分布在 64.10~69.04 mm;0—20,20—40,40—60 cm 土壤最大有效库容分别在 49.93~66.26,46.04~59.05,37.42~43.55 mm 之间,这说明 20—60 cm 土壤层持水性能较低,主要是 20—60 cm 土壤因耕作压实导致孔隙状况差、土壤颗粒结构差和有机质含量低,从而导致土壤持水性能降低。

2.2 坡耕地耕层土壤结构稳定性能

稳定的土壤团聚体可以形成良好土壤结构,有效地传输水、肥、气供给农作物生长;不稳定的团聚体因形成可迁移的细小颗粒,阻断土壤水、肥、气的传输,同时加剧土壤侵蚀程度^[17]。不同紫色土坡耕地耕层土壤机械稳定性团聚体含量分布差异明显(表 4)。坡耕地耕层土壤团聚体分布均以>5,5~3,1~0.5 mm 3 个粒级为主,>5 mm 土壤团聚体在 0—20 cm 耕层分布在 33.17%~44.02%,平均含量可达 30%

以上;在 20—40 cm 土层中平均含量为 26.94%~38.30%。坡耕地>0.25 mm 干筛团聚体含量分布在 41.50%~89.71%,其含量随着土层深度增加呈现降低趋势,主要是 20—60 cm 土壤孔隙和紧实度较大,造成深层土壤团聚体状况较差,而 0—20 cm 耕层土壤较疏松有利于机械团聚体的稳定。坡耕地 0—20 cm 耕层,>5 mm 土壤机械稳定性团聚体含量依次为玉米高产耕层(44.02%)>玉米低产耕层(40.95%)>烟草高产耕层(39.64%)>烟草低产耕层(33.17%),>1 mm 机械稳定性团聚体含量则表现为玉米高产耕层(76.05%)>烟草高产耕层(69.54%)>玉米低产耕层(65.11%)>烟草低产耕层(60.45%),这表明低产耕层土壤机械稳定性团聚

体含量较低,易发生水土流失,导致土壤肥力退化,阻碍了农作物正常生长。

不同坡耕地耕层土壤经过湿筛后,1~0.5 mm 和 0.5~0.25 mm 团聚体含量增加,>5,5~3,3~2 mm 3 个粒级的团聚体含量显著减少;0—20 cm 耕层土壤>5 mm 水稳性团聚体平均含量分布在 12.16%~31.59%,随着土层深度增加,>5 mm 水稳性团聚体平均含量显著降低,20—40 cm 土层含量为 9.76%~28.83%,40—60 cm 土层含量下降为 4.88%~9.73%;这说明 20—40, 40—60 cm 土壤水稳定性均较 0—20 cm 耕层弱,这主要因为 20—60 cm 土层中胶体含量较少,土壤颗粒凝聚、胶结和粘结作用弱,进而弱化团聚体水稳定性,在降雨径流作用下易发生土壤和养分流失。

表 4 不同坡耕地团聚体分布及稳定性指数

耕层 类型	土层 深度/cm	观测 项目	机械稳定性团聚体组成/%						稳定性 指数 ASI
			>5 mm	5~2 mm	2~1 mm	1~0.5 mm	0.5~0.25 mm	>0.25 mm	
玉米 低产 耕层	0—20	干筛	40.95	19.11	5.05	6.74	1.85	73.71	2.38
		湿筛	19.00	5.90	7.20	3.90	2.90	38.91	
	20—40	干筛	35.51	12.62	2.50	3.06	0.64	54.33	1.89
		湿筛	10.75	7.41	8.22	4.62	3.79	34.80	
	40—60	干筛	23.28	12.93	2.14	2.56	0.60	41.50	1.84
		湿筛	8.24	6.44	6.99	6.01	5.62	33.30	
玉米 高产 耕层	0—20	干筛	44.02	22.80	9.23	12.23	1.44	89.71	2.55
		湿筛	31.59	7.09	10.73	1.28	1.25	51.93	
	20—40	干筛	38.30	20.99	1.58	2.18	0.50	63.54	2.11
		湿筛	28.83	3.72	3.94	3.56	2.47	42.51	
	40—60	干筛	25.33	22.07	5.98	8.56	0.48	62.42	1.95
		湿筛	9.73	10.25	5.74	5.95	5.76	37.43	
烟草 低产 耕层	0—20	干筛	33.17	19.15	8.13	12.42	3.92	76.80	2.45
		湿筛	12.16	9.34	6.42	7.77	5.34	41.03	
	20—40	干筛	26.94	24.55	5.53	5.35	1.10	63.45	1.96
		湿筛	9.76	9.80	6.04	5.89	6.97	38.46	
	40—60	干筛	10.15	22.00	4.98	4.07	0.83	42.03	1.90
		湿筛	4.88	8.34	4.92	8.87	10.10	37.10	
烟草 高产 耕层	0—20	干筛	39.64	22.28	7.62	10.78	3.36	83.67	2.96
		湿筛	25.89	8.54	4.08	7.00	7.05	52.55	
	20—40	干筛	29.77	19.57	4.83	6.03	1.23	61.43	2.14
		湿筛	17.61	9.36	4.49	7.14	8.10	46.70	
	40—60	干筛	18.22	15.01	3.84	5.36	1.61	44.04	2.10
		湿筛	6.56	12.56	6.97	8.09	4.52	38.71	

土壤团聚体数量和组成决定了土壤结构稳定性,特别是>1 mm 的水稳性大团聚体对调节土壤通气与持水以及营养平衡释放有重要意义,是作物良好生长的土壤结构基础,其含量高低与土壤肥力水平密切相关。不同坡耕地耕层>1 mm 水稳性大团聚体含量差异明显(表 4),紫色土坡耕地 0—20,20—40, 40—60 cm 耕层>1 mm 水稳性大团聚体含量分别为 35.69%~50.69%,31.00%~40.05%,27.01%~34.48%。紫色土坡耕地>1 mm 水稳性大团聚体含量随耕层深度显著降低,玉米高产 20—40,40—60 cm 耕层较 0—20 cm 降幅分别为 20.99%,37.52%,

烟草高产耕层 20—40,40—60 cm 耕层较 0—20 cm 分别降低 15.18%,24.89%,这是由于施肥活动主要在 0—20 cm 耕层,从而提高了 0—20 cm 有机质含量,其土壤胶结作用较强;而 20—60 cm 耕层土壤存在压实作用,土壤通气透水性差、有机质活性低,不利于土壤团聚体形成,进而造成土壤水稳性较差。

不同坡耕地耕层土壤稳定性指数差异较大,0—20 cm 耕层稳定性指数分布特征为烟草高产耕层(2.96)>玉米高产耕层(2.55)>烟草低产耕层(2.45)>玉米低产耕层(2.38)。不同生产力水平坡耕地耕层土壤稳定性指数表现为高产>低产,玉米高产耕层 0—20,20—40,

40—60 cm 土壤稳定性指数较低产分别增加了 7.14%,11.64%,5.98%,烟草高产耕层在相应垂直深度较低产则分别增加 20.82%,9.18%,10.53%。随着耕层深度增加,土壤稳定性指数逐渐降低,与土壤团聚体保存几率分布特征一致,这主要是由于 0—20 cm 耕层土壤在根系和有机肥的综合作用,其土壤团聚体稳定性较高。

2.3 坡耕地耕层土壤耕性特征

由于耕作活动及水土流失导致的耕作土壤的破坏大多为剪切破坏现象^[9],因此本文采用土壤抗剪强度和土壤贯入阻力表示坡耕地土壤耕作性能变化特征。高产和低产耕层土壤抗剪强度差异明显(图 2),高产耕层土壤抗剪强度分布在 12.5~68.1 kPa,低产耕层抗剪强度则在 22.3~80.4 kPa 之间变化;玉

米高产耕层和低产耕层抗剪强度分别介于 12.5~65.0 kPa,25.0~68.1 kPa,烟草高产耕层和低产耕层抗剪强度分别在 18.2~67.0 kPa,22.4~80.4 kPa 之间变化;玉米高产耕层 0—20,20—40,40—60 cm 耕层抗剪强度较低产分别降低了 6.59%,12.98%,3.50%,烟草高产耕层抗剪强度较低产降低幅度分别为 4.23%,2.68%,26.86%,这主要是低产土壤容重和紧实度较高,导致耕层土壤抗剪强度增加。由图 2 可知,耕层土壤抗剪强度随着耕层深度的增加呈先增加后急剧下降的趋势,在 20—40 cm 耕层达到最大值。玉米低产耕层和玉米高产耕层的抗剪强度峰值分别为 68.1,65.0 kPa,分别出现在 20—30,30—40 cm 耕层;而烟草低产耕层和烟草高产耕层在 30—40 cm 出现峰值,分别为 80.4,67.0 kPa。

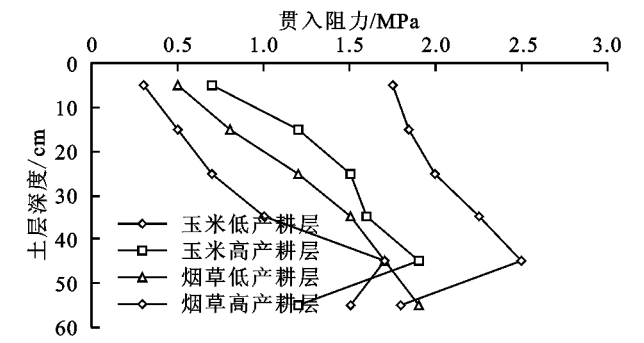
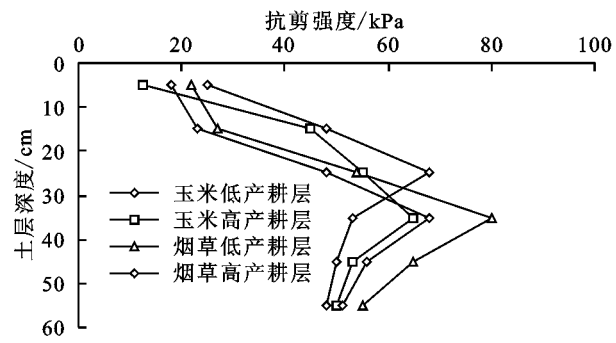


图 2 不同坡耕地耕层土壤抗剪强度及贯入阻力随土层深度的变化特征

米作物正常生长除了适宜的水肥条件外,还需要有适宜的土壤松紧度。高产与低产耕层土壤贯入阻力存在明显差异。玉米高产耕层和低产耕层贯入阻力分别介于 0.7~1.9,1.8~2.3 MPa,烟草高产耕层和低产耕层贯入阻力在 0.3~1.7 MPa 和 0.5~1.6 MPa 之间变化;与玉米低产相比,玉米高产耕层 0—20,20—40,40—60 cm 土壤贯入阻力分别降低了 47.5%,26.9%,28.6%,烟草高产耕层贯入阻力较低产分别降低 38.5%,37.4%,10.5%,表明低产耕层土壤耕作阻力较大,同时不利于作物根系生长,导致作物产量下降。

土壤稳定入渗率分别为 5.80~9.58,2.81~4.35,0.98~1.96 mm/min;紫色土坡耕地高产耕层土壤入渗性能表现为稳定入渗率高、累积入渗量大特点,土壤质地和孔隙度是影响耕层蓄水性能的主要因素。

由图 2 可知,耕层土壤贯入阻力也随着耕层深度增加呈先增加后急剧降低趋势,在 40—50 cm 土壤层达到最大值。玉米低产和高产耕层土壤贯入阻力峰值分别为 2.5,1.9 MPa,均出现在 40—50 cm 耕层,烟草低产和高产耕层土壤贯入阻力在 40—50 cm 土层出现峰值,均为 1.7 MPa,表明高产和低产耕层土壤贯入阻力峰值的位置不存在差异,而玉米耕层土壤贯入阻力峰值大小存在较大差异,主要是玉米低产耕层土壤紧实度和容重均较大。

(2)紫色土耕层土壤团聚体结构组成均以>5,5~3,1~0.5 mm 3 个粒级为主;>1 mm 水稳性大团聚体含量随耕层深度显著降低,玉米高产 20—40,40—60 cm 土壤层较 0—20 cm 分别降低 20.99%,37.52%,烟草高产耕层分别降低 15.18%,24.89%;0—20 cm 耕层土壤稳定性指数表现为烟草高产耕层(2.96)>玉米高产耕层(2.55)>烟草低产耕层(2.45)>玉米低产耕层(2.38)。

3 结论

(1)不同紫色土坡耕地耕层、不同土层深度的土壤入渗速率差异明显。紫色土坡耕地耕层土壤入渗速率随土层深度而降低,0—20,20—40,40—60 cm

(3)不同坡耕地耕层土壤抗剪强度和贯入阻力差异显著($p<0.05$)。耕层土壤抗剪强度依次为玉米低产耕层(36 kPa)>玉米高产耕层(29 kPa)>烟草低产耕层(25 kPa)>烟草高产耕层(21 kPa),土壤贯入阻力则表现为玉米低产耕层(1.8 MPa)>玉米高产耕层(0.95 MPa)>烟草低产耕层(0.7 MPa)>烟草高产耕层(0.4 MPa)。玉米高产 0—20,20—40,40—60 cm 土壤抗剪强度较低产耕层分别降低 6.59%,12.98%,3.50%,而烟草高产耕层不同垂直深度较低产耕层分别降低 4.23%,2.68%,26.86%。