

玉米季土壤抗冲性变化特征及其影响因素分析*

郑子成¹ 张锡洲¹ 李廷轩¹ 金伟¹ 林超文²

(1. 四川农业大学资源环境学院, 成都 611130; 2. 四川省农业科学研究所土壤肥料研究所, 成都 610066)

摘要: 采用野外原状土冲刷与室内分析相结合的方法,对玉米各生育期土壤抗冲性动态变化及其影响因素进行了研究。结果表明:不同坡度条件下,玉米各生育期土壤冲刷过程中含沙量随冲刷时间延长呈先下降后趋于平稳的变化,在15°坡度下含沙量最高。土壤抗冲性和增强效应随生育期推进呈逐渐增加的趋势,于成熟期达最大。随冲刷坡度的增加,玉米根系对土壤抗冲性的增强效应呈逐渐降低的变化趋势。土壤抗冲性与土壤容重、有机质和2 mm以上水稳性团聚体数量呈极显著正相关,与0~0.25 mm水稳性团聚体数量呈极显著负相关。土壤抗冲性与含根量、根系表面积、根系体积和总根长呈极显著正相关。因此,采用增施有机肥促进有机质和水稳性团聚体的提高,以及筛选根径0~0.5 mm根系发达的玉米品种对该区域水土流失防治具有重要现实意义。

关键词: 紫色土 玉米 抗冲性 影响因素

中图分类号: S157.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)09-0180-07

引言

紫色土占四川省耕地面积的68%,由于其成土母岩结构性差,加之受自然因素和强烈的人为活动影响,导致紫色土区水土流失极为严重,严重阻碍了该区农业的可持续发展。土壤抗冲性是指土壤抵抗径流的机械破坏和推动下移的能力,是反映区域土壤抗侵蚀特征的重要指示指标之一。因此就农耕地土壤抗冲性开展系统、深入研究,对农耕地土壤侵蚀防治有着重要意义。目前对土壤抗冲性的研究主要集中在测定方法、评价指标和影响因素等方面^[1-2]。周正朝等^[3]采用原状土冲刷法对子午岭次生林植被演替过程中土壤抗冲性变化特征进行了深入的研究。伏耀龙等^[4]研究了岷江干旱河谷区不同土地利用方式下土壤抗冲性差异,指出土壤的抗冲性从大到小依次为荒草地、小麦耕地、灌木林地、玉米耕地、裸地。在影响因素方面,土壤抗冲性主要受土壤物理性质和外在的生物因素影响^[5-7]。已有研究表明土壤抗冲性随土壤容重呈极显著负相关,而与土壤有机质、水稳性团聚体含量和入渗能力等呈极显著正相关^[8-9]。随着植物在土壤中生长,土壤抗冲性表现出一定的增强效应,其大小主要受植物根系的影响^[10-12]。植物根系一方面通过其网络固结土体来增加土壤抗冲性,另一方面通过改善土壤容重、有机质、水稳性团聚体含量和土壤入渗能力等土

壤理化性质最终使土壤抗冲性增加^[11]。目前一些学者对土壤抗冲性及影响因素作了相应的研究,但主要集中在乔、灌以及草本植物,对于农耕地土壤抗冲性研究甚少,且仅局限于某一特定时期,对农作物全生育期抗冲性研究却鲜见报道。因此,本文以紫色土坡耕地为研究对象,开展玉米季各生育期土壤抗冲性研究,并对其影响因素进行分析,以期对紫色土区农业可持续发展和区域水土流失防治提供一定理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

研究区位于长江上游沱江水系花椒沟小支流的响水滩上段,属四川省资阳市雁江区松涛镇的响水村与花椒村,平均海拔高度395 m。区内夏季农耕地以种植玉米为主,辅以种植豇豆和海椒等。该区多年平均降水量为965.8 mm,70%分布于6~9月份,年平均温度16.8℃。土壤为遂宁组母质发育的红棕紫泥,质地较轻,pH值7.28,有机质质量比5.1 g/kg,全氮、碱解氮质量比分别为0.56 g/kg、54.5 mg/kg,全磷、有效磷质量比分别为0.94 g/kg、6.26 mg/kg,全钾、有效钾质量比分别为13.8 g/kg、97.3 mg/kg。

1.2 供试材料

本研究供试玉米品种为当地主栽的川单13,于

收稿日期:2013-09-25 修回日期:2013-11-10

* 国家自然科学基金资助项目(40901138,41271307)和四川省学术和技术带头人培养资金资助项目(2012)

作者简介:郑子成,教授,博士生导师,主要从事土壤侵蚀与水土保持研究,E-mail: zichengzheng@aliyun.com

2011年4月上旬播种,行距80 cm,株距30 cm。播种前基施氮肥和磷肥各 250 kg/hm^2 和 125 kg/hm^2 ,氮肥为尿素(含N质量分数46.3%),磷肥为过磷酸钙(含 P_2O_5 质量分数12%),其中氮肥兑清水灌窝,磷肥干施于植株窝内,并在拔节前追施氮肥 150 kg/hm^2 ,其他管理措施均按当地农耕习惯进行。

1.3 研究方法

本试验土壤抗冲性测定采用原状土冲刷法,试验测定按玉米季中的苗期(5-7-5-9)、小喇叭口期(5-19-5-21)、大喇叭口期(6-11-6-12)、抽雄期(6-18-6-12)、成熟期(7-15-7-17)5个生育期进行。每一生育期分别在距离玉米茎秆5 cm处采集 $10\text{ cm} \times 20\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ 原状土,用于土壤抗冲性的测定,每次采样重复5次。土壤抗冲性试验冲刷水槽长1.60 m,宽0.11 m,冲刷槽坡度分别为 10° 、 15° 和 20° 。根据研究区暴雨雨强在标准径流小区($20\text{ m} \times 5\text{ m}$)内产生的最大径流量来计算单宽流量作为冲刷流量,即 2 L/min 。在冲刷开始前3 min内,每1 min取样一次,以后每3 min取样一次,冲刷历时为30 min。冲刷结束后向收集的泥沙样品中加入明矾,滤除清水后将样品在 105°C 下加热干燥称量,以此计算不同时间段的土壤冲刷量。测定指标主要有含沙量(泥沙质量浓度,单位: g/L)、冲失干土质量(g);土壤抗冲能力用冲失1 g土所需时间,即抗冲指数来表示^[13]。

冲刷结束后,将冲刷土体反复冲洗得到玉米根系,然后将其置于WinRHIZO根系分析系统进行分析,获得平均根径、根系表面积、根体积等根系参数,将扫描后的根系晾干后置于 80°C 干燥箱中加热干燥72 h左右,然后置于 $1/1000$ 的电子天平上称量,得到根系生物量。

1.4 数据处理及分析方法

选用Excel 2003制作图表,用DPS v11.0软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 土壤抗冲性变化特征

2.1.1 含沙量

如图1所示,冲刷初期含沙量均较大,随着冲刷时间的延长其含沙量总体呈先骤然下降后趋于平稳的趋势。在 10° 坡度条件下(图1a),苗期土壤在9 min后含沙量降低到较低水平,而小喇叭口期、大喇叭口期、抽雄期和成熟期在3 min后含沙量急剧下降至较低水平。相对于苗期而言,其余生育期含沙量趋于稳定的时间明显提前于苗期。

这表明在整个冲刷过程中,土粒被水流冲刷搬

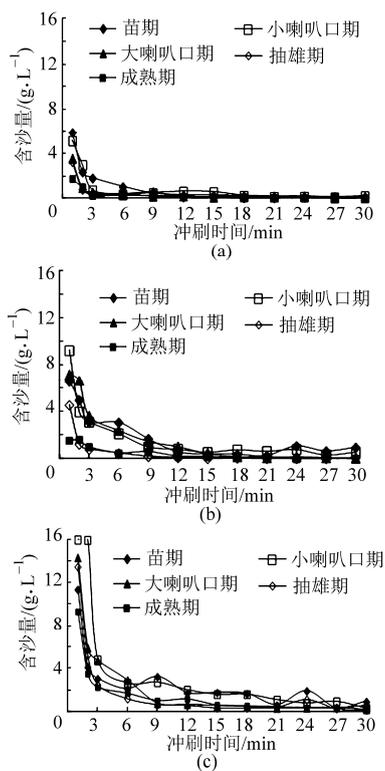


图1 玉米季各生育期不同坡度下土壤冲刷过程中含沙量动态变化特征

Fig. 1 Characteristics of sediment concentration under different slope during the process of scouring at different growth stages of maize

(a) 坡度 10° (b) 坡度 15° (c) 坡度 20°

运主要发生在前3 min,这主要是因为表层土壤较松散,在冲刷前期易于被水流冲刷搬运。玉米季各生育期土壤在前3 min内含沙量存在差异,从大到小依次为苗期(10.12 g/L)、小喇叭口期(8.89 g/L)、大喇叭口期(5.12 g/L)、抽雄期(4.56 g/L)、成熟期(3.06 g/L),这主要由于随玉米生育期推进,玉米根系对表层松散颗粒固定作用逐渐增强。在 15° 坡度条件下(图1b),各生育期含沙量在前期呈下降,其后逐渐趋于稳定的变化趋势。抽雄期和成熟期含沙量达到相对稳定水平的时间有较大的提前。在 20° 坡度条件下(图1c),前3 min各生育期含沙量均呈下降的趋势,其后苗期和小喇叭口期含沙量均随着冲刷时间延长呈现出一定的波动趋势,苗期和小喇叭口期分别在9 min和24 min出现峰值。而大喇叭口期一成熟期含沙量均在9 min时达到较低的稳定水平。

2.1.2 抗冲指数

由图2可知,在不同坡度下,随冲刷时间的延长,玉米各生育期土壤抗冲性均呈上升趋势。在 10° 坡度条件下(图2a),随冲刷时间延长,苗期、小喇叭口期和大喇叭口期土壤抗冲指数变化趋势基本一致,苗期和小喇叭口期均在冲刷21 min出现第1

次峰值,而大喇叭口期出现第1次峰值的时间为冲刷后9 min,相对于前2个生育期有一定的提前。抽雄期和成熟期在冲刷初期,抗冲指数与其余生育期基本相近,且均处于较低水平,而抽雄期和成熟期抗冲指数却在冲刷15 min和18 min后呈现出大幅增加趋势。在坡度15°条件下(图2b),随冲刷时间的延长,苗期一小喇叭口期土壤抗冲指数变幅较小且均处于相对稳定的水平。

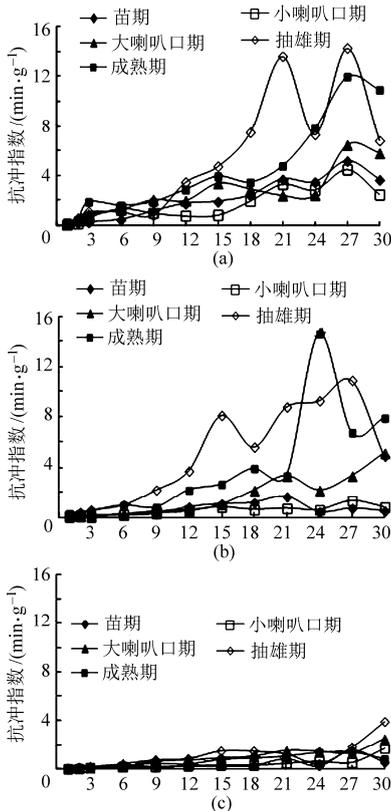


图2 玉米季各生育期不同坡度下土壤冲刷过程中土壤抗冲指数动态变化特征

Fig.2 Characteristics of index of soil anti-scourability under different slope during the process of scouring at different growth stages of maize

(a) 坡度10° (b) 坡度15° (c) 坡度20°

大喇叭口期,在冲刷12 min后抗冲指数呈先增加其后保持相对稳定的水平。抽雄期和成熟期土壤抗冲指数分别在冲刷6 min和9 min前维持较低水平,其后呈逐渐增加的趋势,分别在12 min和21 min呈急剧增加的变化趋势。在坡度20°条件下(图2c),随冲刷时间的延长,各生育期土壤抗冲指数均较小,这主要是由于随冲刷坡度的增加,水流流速增加,水流对地表的剪切力增强,故抗冲指数较低。

2.1.3 土壤抗冲性

由表1可知,随玉米生育期推进,不同坡度下土壤抗冲性均呈现出增加的变化趋势。在坡度10°条件下,玉米苗期与小喇叭口期土壤抗冲性最小,其平均值为0.84 min/g;玉米大喇叭口期与抽雄期土壤抗冲性表现出较大增加趋势,平均值达1.47 min/g,为苗期与小喇叭口期的1.75倍。玉米成熟期,土壤抗冲性达最大值,分别为前2个生育期的2.60和1.48倍。在坡度15°条件下,苗期、小喇叭口期和大喇叭口期,土壤抗冲性均较小,抽雄期和成熟期土壤抗冲性表现出较大的增加趋势,其中抽雄期与成熟期土壤抗冲性为苗期与大喇叭口期的4倍。在坡度20°条件下,随玉米生育期推进,土壤抗冲性呈小幅增加趋势,各生育期土壤抗冲性总体均处于较低水平。通过对不同生育期各土层土壤抗冲性进行方差分析结果表明,在坡度10°条件下,玉米大喇叭口期与抽雄期的土壤抗冲性均显著低于成熟期,却显著高于苗期。坡度15°条件下,玉米抽雄期与成熟期的土壤抗冲性均显著高于苗期、小喇叭口期和大喇叭口期。在坡度20°条件下,玉米大喇叭口期土壤抗冲性显著低于抽雄期和成熟期,却显著高于苗期和小喇叭口期。玉米苗期、小喇叭口期和成熟期土壤抗冲性随坡度的增加均显著降低。

2.2 玉米季土壤抗冲性增强效应

不同生育期玉米根系对土壤抗冲性具有不同影

表1 玉米季各生育期土壤抗冲性变化特征

Tab.1 Characteristics of soil anti-scourability at different growth stages of maize

坡度/(°)	苗期	小喇叭口期	大喇叭口期	抽雄期	成熟期
10	0.82 ± 0.09 ^c _a	0.85 ± 0.12 ^c _a	1.44 ± 0.12 ^b _a	1.50 ± 0.07 ^b _a	2.18 ± 0.14 ^a _a
15	0.35 ± 0.05 ^b _b	0.37 ± 0.08 ^b _b	0.36 ± 0.08 ^b _b	1.43 ± 0.20 ^a _a	1.45 ± 0.03 ^a _b
20	0.25 ± 0.01 ^c _c	0.20 ± 0.03 ^c _c	0.33 ± 0.02 ^b _b	0.42 ± 0.06 ^a _b	0.42 ± 0.07 ^a _c

注:数字后不同小写字母表示生育期间0.05水平上的差异显著,上标不同小写字母表示坡度间0.05水平上的差异显著,下同。

响,选择土壤中无根系土壤(裸地)作为对照,在此基础上计算了玉米根系对土壤抗冲性能的增强值和增强率(表2)。玉米根系在不同冲刷坡度下对土壤抗冲性的增强值在0.04~1.04 min/g之间,增强率在10.69%~265.50%之间。随着玉米生育期的推

进,根系对土壤抗冲性的强化百分率呈先增加后减小的变化趋势,且在抽雄期达最大。在坡度10°条件下,玉米苗期至小喇叭口期根系对土壤抗冲性的增强效应较低,大喇叭口期与成熟期增强效应剧烈增加,这表明大喇叭口期后,玉米根系可提高土壤抵

抗径流机械搬运的能力。在坡度 15° 条件下, 玉米苗期与大喇叭口期根系对土壤抗冲性增强效应较低, 其增强率在 20.30% ~ 32.98% 之间, 抽雄期与成熟期增强率在 246.15% ~ 265.50% 之间, 较苗期与大喇叭口期有较大的增加。在坡度 20° 条件下,

玉米季各生育期根系对土壤抗冲性的增强效应均处于较低水平, 这表明在此坡度下根系对土壤抗冲性的增强作用较差, 应加强土壤侵蚀防控和水土保持措施布设。

表2 玉米季各生育期玉米根系对土壤抗冲性的增强效应

Tab. 2 Enhancement effects of maize root on soil anti-scourability at different growth stages of maize

坡度/ $^\circ$	参数	苗期	小喇叭口期	大喇叭口期	抽雄期	成熟期
10	裸地抗冲性/ $(\text{min} \cdot \text{g}^{-1})$	0.72	0.70	0.71	0.71	1.18
	抗冲性增强值/ $(\text{min} \cdot \text{g}^{-1})$	0.10	0.15	0.73	0.79	1.00
	增强率/%	13.58	21.76	102.43	111.8	84.88
15	裸地抗冲性/ $(\text{min} \cdot \text{g}^{-1})$	0.29	0.29	0.27	0.39	0.42
	抗冲性增强值/ $(\text{min} \cdot \text{g}^{-1})$	0.06	0.09	0.09	1.04	1.03
	增强率/%	20.30	32.30	32.98	265.50	246.15
20	裸地抗冲性/ $(\text{min} \cdot \text{g}^{-1})$	0.18	0.18	0.26	0.31	0.38
	抗冲性增强值/ $(\text{min} \cdot \text{g}^{-1})$	0.07	0.02	0.07	0.11	0.04
	增强率/%	36.61	10.69	28.43	33.9	11.20

2.3 玉米季土壤抗冲性影响因素分析

2.3.1 土壤理化性质

由表3可知, 土壤抗冲性分别与土壤容重、有机质含量和2 mm以上水稳性团聚体数量呈极显著正相关($p < 0.01$), 还与0.5 ~ 2 mm和0 ~ 0.25 mm水

稳性团聚体数量呈显著正相关和极显著负相关, 这表明随着玉米生育期的推进, 提高土壤容重、有机质含量和2 mm以上水稳性团聚体数量, 可增强研究区土壤抵抗径流破坏推动的能力。

表3 土壤理化性质与土壤抗冲性相关系数

Tab. 3 Correlation between soil anti-scourability and soil physical-chemical properties

坡度/ $^\circ$	土壤含水率	土壤容重	土壤有机质含量	水稳性团聚体数量			
				2 mm 以上	0.5 ~ 2 mm	0.25 ~ 0.5 mm	0 ~ 0.25 mm
10	-0.10	0.91 **	0.99 **	0.86 **	0.59 *	-0.23	-0.82 **
15	-0.04	0.86 **	0.97 **	0.92 **	0.59 *	-0.25	-0.85 **
20	-0.02	0.88 **	0.96 **	0.90 **	0.58 *	-0.28	-0.82 **

注: * 表示土壤性质与土壤抗冲性间差异显著($p < 0.05$), ** 表示土壤性质与土壤抗冲性间差异极显著($p < 0.01$)。

2.3.2 玉米根系

由表4可知, 在不同坡度下, 玉米平均根径与土壤抗冲性相关系数分别为 -0.25、-0.18和-0.22, 均未达显著水平。而含根量、根系表面积和根系体积与抗冲指数均达极显著水平($p < 0.01$), 这表明土壤抗冲性随玉米植株根系的增多能得到有效的提高。各径级根长参数中, 根径0 ~ 0.5 mm、0.5 ~ 1 mm和1.0 mm以上根长在各冲刷坡度下与

土壤抗冲性相关性均达极显著水平($p < 0.01$)。结合土壤抗冲性增强值分析可知, 根径0 ~ 0.5 mm根长在各冲刷坡度下与土壤抗冲性强化值相关性均达极显著水平, 除坡度 10° 条件下, 根径0 ~ 0.5 mm根长与土壤抗冲性强化值达显著水平外, 根径0.5 ~ 1 mm根长和根径1.0 mm以上根长与土壤抗冲性强化值均未达显著水平。故根径0 ~ 0.5 mm根长是土壤抗冲性增强效应的主要影响因素。

表4 玉米根系特征参数与土壤抗冲性相关系数

Tab. 4 Correlation between soil anti-scourability and root parameters

坡度/ $^\circ$	含根量	根系表面积	平均根径	根系体积	根长			
					总根长	根径0 ~ 0.5 mm	根径0.5 ~ 1.0 mm	根径1.0 mm
						根长	根长	以上根长
10	0.72 **	0.76 **	-0.25	0.77 **	0.74 **	0.73 **	0.77 **	0.68 **
15	0.76 **	0.80 **	-0.18	0.83 **	0.77 **	0.76 **	0.81 **	0.78 **
20	0.80 **	0.83 **	-0.22	0.84 **	0.81 **	0.80 **	0.83 **	0.75 **

注: ** 表示根系特征参数与土壤抗冲性间差异极显著($p < 0.01$)。

3 讨论

土壤抗冲性是指土壤抵抗径流对土体的机械破坏能力,是反映区域土壤抗侵蚀特征的重要指示指标之一。本研究玉米季各生育期土壤在不同坡度下土壤抗冲性大小主要包括 0.20 ~ 0.42 min/g, 0.82 ~ 0.85 min/g 和大于 1.42 min/g 3 部分。在抗冲性为 0.20 ~ 0.42 min/g 部分中,其抗冲性仅为传统农耕地^[14](0.70 min/g)的 28.6% ~ 60.0%,这部分主要包括 15°下苗期与大喇叭口期和 20°坡度下整个生育期,这表明这些玉米生育期土壤抗冲性处于较低水平,是研究区坡耕地最易发生土壤侵蚀的源地,应加大这些生育期水土保持措施布设。在抗冲性为 0.82 ~ 0.85 min/g 部分中,土壤抗冲性处于传统农耕地(0.70 min/g)和农林混作型耕地^[14](0.92 min/g)之间,是 0.20 ~ 0.42 min/g 部分的 1.95 ~ 4.25 倍,这部分主要包括 10°下苗期与小喇叭口期。在抗冲性大于 1.42 min/g 部分中主要包括 10°大喇叭口期与成熟期和 15°抽雄期一成熟期。这表明在坡度较小时(10°),土壤抗冲性随生育期推进呈明显的增加趋势,这主要是因为坡度较小时,径流流速较小,冲刷力较弱,随生育期推进玉米根系对土粒的网络固结和对土壤理化性质的改善作用增强使土壤表现出较好的抗冲性。而坡度增加至 15°时,土壤抗冲性随生育期推进呈一定的上升趋势,但其增长强度相对于 10°坡面而言明显降低,这主要是由于随着坡度增加,径流冲刷力增大,部分被根系固定的土粒由于较大的径流冲刷力最终被径流冲刷至脱离土体。当坡度增至 20°时,土壤抗冲性随生育期推进表现出较明显的稳定趋势,土壤抗冲性整体处于较低水平,这主要是由于径流流速较大,根系对土粒的固定作用难于抵抗径流较大的冲刷力,导致各生育期土壤抗冲性均呈现较低水平。

本研究中土壤抗冲性与土壤容重呈极显著正相关关系,这与张建辉等^[15-16]研究结果不同,而与史

东梅等^[8,17]研究结果相吻合,这主要是由于随着土壤容重增加,被冲刷掉的泥沙量显著减少,抗冲性有所增加。土壤抗冲性随土壤有机质和 >2 mm 水稳性团聚体含量的增加而增加,分别与土壤抗冲性呈极显著正相关。在植物根系方面,胡建忠等^[10]就退耕地青海云杉人工林土壤抗冲性试验研究中指出,根径 0 ~ 1 mm 的根数是影响土壤抗冲性的主要生物因素。本研究条件下除平均根径外各根系特征参数与土壤抗冲性均呈较密切的相关关系,而根径 0 ~ 0.5 mm 根长在不同坡度下与土壤抗冲性强化值相关性均达极显著水平,表明根径 0 ~ 0.5 mm 根长是影响研究区土壤抗冲性的主要生物因素。结合试验数据,经主成分分析可知,根径 0 ~ 0.5 mm 根长和土壤有机质作为第 1 主成分,其贡献率达 53.6%,对研究区抗冲性影响最大。而第 2 主成分包括 0 ~ 0.25 mm 水稳性团聚体数量、总根长和土壤容重,其贡献率为 36.5%。这一结果表明根径 0 ~ 0.5 mm 根长和土壤有机质含量是影响土壤抗冲性变化的主导因素。

4 结论

(1) 玉米季各生育期土壤抗冲性和增强效应均随生育期推进呈逐渐增加的趋势,且在成熟期达最大值;随着冲刷坡度的增加,其增加趋势逐渐减小。

(2) 10°和 15°坡度苗期与小喇叭口期以及 20°坡度土壤生育期各抗冲性较低,应加强土壤侵蚀防控。

(3) 土壤抗冲性与土壤容重、土壤有机质和 2 mm 以上水稳性团聚体数量呈极显著正相关,与 0 ~ 0.25 mm 水稳性团聚体数量呈极显著负相关,增施有机肥促进有机质和水稳性团聚体的提高对增加土壤抗冲性具有重要意义;筛选根径 0 ~ 0.5 mm 根系发达的玉米品种对坡耕地土壤侵蚀防控具有重要作用。

参 考 文 献

- 1 陈安强,张丹,熊东红,等. 元谋干热河谷坡面表层土壤力学特性对其抗冲性的影响[J]. 农业工程学报,2012,28(5):108-113.
Chen Anqiang, Zhang Dan, Xiong Donghong, et al. Effects of mechanical properties of surface soil on soil anti-scourability in Yuanmou dry-hot valley [J]. Transactions of the CSAE, 2012,28(5):108-113. (in Chinese)
- 2 杨玉梅,郑子成,李廷轩. 不同土地利用方式下土壤抗冲性动态变化特征及其影响因素[J]. 水土保持学报,2010,24(4):64-68.
Yang Yumei, Zheng Zicheng, Li Tingxuan. Soil anti-scourability dynamic variation characteristics and its influencing factors under different land use types [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2010,24(4):64-68. (in Chinese)
- 3 周正朝,上官周平. 子午岭次生林植被演替过程的土壤抗冲性[J]. 生态学报,2006,26(10):3271-3275.
Zhou Zhengchao, Shanguan Zhouping. Soil anti-scourability during vegetation succession of Ziwuling secondary forest [J]. Acta Ecologica Sinica, 2006,26(10):3271-3275. (in Chinese)

- 4 伏耀龙,张兴昌. 岷江干旱河谷区不同土地利用方式下土壤抗冲性试验[J]. 农业机械学报,2012,43(7):50-55.
Fu Yaolong, Zhang Xingchang. Anti-scourability of soil under different land use types in dry valley of Minjiang river [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012,43(7):50-55. (in Chinese)
- 5 李新平,王兆骞,陈欣,等. 红壤坡耕地人工模拟降雨条件下植物篱笆水土保持效应及机理研究[J]. 水土保持学报,2002,16(2):36-40.
Li Xinping, Wang Zhaoqian, Chen Xin, et al. Research on soil and water conservation effect and mechanism of hedges under rainfall simulation in red soil slope field [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2002,16(2):36-40. (in Chinese)
- 6 刘玉花,王晓春,徐文远,等. G111公路纳嫩段8种护坡灌木根系增强土壤抗冲性比较研究[J]. 水土保持学报,2010,24(6):32-37.
Lin Yuhua, Wang Xiaochun, Xu Wenyuan, et al. Comparison of soil antiscourability enhanced by eight shrub roots at the section from Nehe to Nenjiang of G111 highway [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2010,24(6):32-37. (in Chinese)
- 7 Wu W D, Zheng S Z, Lu Z H, et al. Effect of pant roots in penetrability and anti-scourability of red soil derived from granite [J]. Pedosphere, 2000,10(2):183-188.
- 8 史东梅,陈晏. 紫色丘陵区农林混作模式的土壤抗冲性影响因素[J]. 中国农业科学,2008,41(5):1400-1409.
Shi Dongmei, Chen Yan. The influencing factors of intercropping land soil anti-scourability of tree-crop in purple soil hilly region [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2008,41(5):1400-1409. (in Chinese)
- 9 邹翔,崔鹏,陈杰,等. 小江流域土壤抗冲性实验研究[J]. 水土保持学报,2004,18(2):71-73.
Zou Xiang, Cui Peng, Chen Jie, et al. Experiment study on anti-scouring of soil in Xiaojiang river basin [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2004,18(2):71-73. (in Chinese)
- 10 胡建忠,周心澄,李文忠,等. 退耕地青海云杉人工林土壤抗冲性试验研究[J]. 水土保持学报,2004,18(6):6-10.
Hu Jianzhong, Zhou Xincheng, Li Wenzhong, et al. Experiment on soil anti-scourability of artificial *Picea crassifolia* forest in rehabilitation lands [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2004,18(6):6-10. (in Chinese)
- 11 张建军,张宝颖,毕华兴,等. 黄土区不同植被条件下的土壤抗冲性[J]. 北京林业大学学报,2004,26(6):25-29.
Zhang Jianjun, Zhang Baoying, Bi Huaxing, et al. Soil erosion resistance of different land types in Loess Plateau area [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2004,26(6):25-29. (in Chinese)
- 12 Zhou Z C, Shangguan Z P. Soil anti-scourability enhanced by plant roots [J]. Journal of Integrative Plant Biology, 2005,47(6):676-682.
- 13 卢立霞,曾波. 三峡库区嘉陵江岸生优势须根系植物根系对土壤抗冲性的增强效应研究[J]. 西南师范大学学报:自然科学版,2006,31(3):157-161.
Lu Lixia, Zeng Bo. Enhancement effects of dominant riparian diffuse-rooted plants of Jialing river in Three Gorges Reservoir Region on soil anti-scourability [J]. Journal of Southwest China Normal University: Natural Science, 2006,31(3):157-161. (in Chinese)
- 14 史东梅,吕刚,蒋光毅,等. 马尾松林地土壤物理性质变化及抗蚀性研究[J]. 水土保持学报,2005,19(6):35-39.
Shi Dongmei, Lv Gang, Jiang Guangyi, et al. Study on anti-erodibility and change of soil physical property in *Pinus massoniana* woodland [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2005,19(6):35-39. (in Chinese)
- 15 张建辉,刘刚才,倪师军,等. 紫色土不同土地利用条件下的土壤抗冲性研究[J]. 中国科学 E 辑,2003,33(增刊):61-68.
Zhang Jianhui, Liu Gangcai, Ni Shijun, et al. Soil anti-scourability of different land types in purple soil area [J]. Science China (E), 2003,33(Supp.):61-68. (in Chinese)
- 16 周维,张建辉,李勇,等. 金沙江干暖河谷不同土地利用条件下土壤抗冲性研究[J]. 水土保持通报,2006,26(5):26-42.
Zhou Wei, Zhang Jianhui, Li Yong, et al. Soil anti-scourability under different land uses in dry-warm valleys of the Jinshajiang river basin [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2006,26(5):26-42. (in Chinese)
- 17 王一峰,张平仓,朱兵兵,等. 长江中上游地区土壤抗冲性特征研究[J]. 长江科学院院报,2007,24(1):12-15.
Wang Yifeng, Zhang Pingcang, Zhu Bingbing, et al. Features of soil anti-scourability in upper-middle reaches of Yangtze river [J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2007,24(1):12-15. (in Chinese)

Characteristics and Influencing Factors of Soil Anti-scourability during Maize Growing Season

Zheng Zicheng¹ Zhang Xizhou¹ Li Tingxuan¹ Jin Wei¹ Lin Chaowen²

(1. College of Resources and Environment, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China

2. Soil and Fertilizer Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066, China)

Abstract: Soil anti-scourability is one of the important parameters for evaluating the ability of soil resistance to soil erosion. In order to explore the characteristics of soil anti-scourability, dynamic change and influence factors of soil anti-scourability were studied during maize growing season by using the method of the undisturbed soil sample washing experiment and laboratory analysis. The results showed that sediment concentration decreased first and then gradually became a balanced developing state with the prolonging washing time during the maize growth season under the condition of different sloping degrees. The sediment concentration reached the highest value under the condition of 15° . With the growing of maize, soil anti-scourability and enhancement effect increased gradually and reached the maximum in the mature period. With the increase in slope, the enhancement effect of maize root on soil anti-scourability decreased gradually. Soil anti-scourability positively correlated with soil bulk density, organic matter content and >2 mm water-stable aggregates significantly, but negatively correlated with <0.25 mm water-stable aggregates. Soil anti-scourability was significantly correlated with the root content, root surface area, root volume, and total root length. Therefore, it had great significance for guiding comprehensive control of soil erosion to select the maize varieties with <0.5 mm root systems, and applying soil and water conservation measures to increase soil organic matter content and water-stable aggregates. The results could provide theoretical guidance to soil erosion control in purple soil areas.

Key words: Purple soil Maize Soil anti-scourability Influencing factors

(上接第 179 页)

Comparison of Soil Hydraulic Properties under Different Land Use Pattern

She Dongli Liu Yingying Yu Shuang'en Gao Xuemei Zheng Jiaying

(Key Laboratory of Efficient Irrigation-drainage and Agricultural Soil-water Environment in Southern China,
Ministry of Education, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Based on the infiltration experiments using two size-disc infiltrometers, the characteristics of the soil hydraulic properties at four different pressure heads (-9 , -6 , -3 , and 0 cm) were analyzed under four land uses. The results showed that the infiltration rates were not obviously different tested by infiltrometers with different diameter discs. The infiltrometer with small disc was more suitable for the field determination of soil hydraulic properties. With the decreasing of the pressure head, steady infiltration rates of the 4 soils decreased to different extents. Soil hydraulic conductivity and Gardner α were determined according to the experimental data at different negative water pressure heads, which were obviously different with land uses. Land use had significant effects on the contributions of macropores and micropores to flow. The contribution of each class pore to flow was reduced with the decrease of the pore size under tea garden and grass land. However, the contributions of micropores (<0.1 mm) to flow were kept the highest level in vegetable field and protected field. The result could provide references for estimating hydraulic parameters of soils in hilly area of South China.

Key words: Disc infiltrometer Land use pattern Soil hydraulic properties Negative water pressure head