

长期向上耕作对坡耕地土壤水稳定性团聚体的影响

王 勇^{1,2}, 张建辉², 张泽洪², 贾立志²

(1. 四川农业大学 水利水电学院, 四川 雅安 625014; 2. 中国科学院 成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041)

摘 要: 为了研究耕作侵蚀对坡耕地不同景观位置内土壤结构稳定性的影响。以常规顺坡向下耕作和长期向上耕作的坡耕地为研究对象, 通过对土壤水稳定性团聚体、有机碳含量等指标的测定, 分析了不同耕作方式引起土壤不同分布模式对水稳性团聚体特征空间变异性的影响。结果表明: 长期向上耕作平均质量直径值(MWD)在不同景观位置均高于常规向下耕作。在坡耕地 1 m 和 20 m 位置, 向上耕作 MWD 比向下耕作分别显著($p < 0.05$)增加了 31.94%, 23.54%, 在 5, 10, 15 m 位置分别增加了 0.87%, 2.99%, 3.03%。几何平均直径值(GMD)和 > 0.25 mm 水稳性团聚体($WSA_{0.25}$)的变化趋势与 MWD 类似。两种不同耕作方式引起土壤结构特征显著变化主要发生在坡顶和坡底位置, 而中坡仅仅起类似于传送带的作用传输来自上坡(向下耕作)或下坡(向上耕作)的土壤。向上耕作比向下耕作的团聚体破坏率(PAD)值降低了 25.29%, 表明向上耕作显著减少了对大团聚体(> 0.25 mm)的破坏程度。结果显示长期向上耕作显著减少了耕作侵蚀, 增加了土壤结构稳定性。

关键词: 向上耕作; 土壤再分布; 团聚体稳定性; 破坏率

中图分类号: S152.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2016)01-0044-06

Impacts of Long-Term Upslope Tillage Systems on Soil Water-Stable Aggregates on a Steep Hillslope

WANG Yong^{1,2}, ZHANG Jianhui², ZHANG Zehong², JIA Lizhi²

(1. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Sichuan Agricultural University, Ya'an, Sichuan 625014, China; 2. Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu 610041, China)

Abstract: To enlarge our knowledge about the effects of tillage erosion on soil structure stability in different landscape positions for the hillslopes, traditional tillage and long-term upslope tillage were investigated by measuring and analyzing the characters of soil water-stable aggregates and soil organic carbon (SOC) contents to examine the impacts of soil redistribution by tillage (upslope and downslope tillage) on soil water-stable aggregate properties. The results showed that the mean weight diameter (MWD) value was larger by upslope tillage than downslope tillage at each slope position. After upslope tillage, significant increases ($p < 0.05$) of MWD by 31.94% and 23.54% occurred at the 1 m and 20 m slope positions, but there were slight increases by 0.87%, 2.99%, and 3.03% at 5 m, 10 m, and 15 m slope positions, respectively, compared with downslope tillage. The results indicated that apparent changes in soil structural properties occurred close to the upslope and downslope boundaries of the field and the middle slope acted as a conveyor belt. Percentage of aggregate destruction (PAD) remarkably decreased by 25.29% after upslope tillage, implying that upslope tillage notably reduced in breakage of large aggregates (> 0.25 mm). This finding demonstrated that upslope tillage significantly decreased tillage erosion, and increased soil aggregate stability.

Keywords: upslope tillage; soil redistribution; aggregate stability; percentage of aggregate destruction

土壤团聚体不仅是土壤结构的基本单元和土壤结构稳定性最基本的物质基础, 亦是土壤最为重要的固碳途径和影响土壤有机碳(soil organic carbon,

SOC)稳定的主要机制之一, 它的稳定性对土壤的产量以及土壤物理特性具有极大的影响^[1]。因此, 土壤团聚体大小的分布和稳定性是评价土壤质量及抗蚀

能力的一个重要指标^[2]。土壤团聚体受很多因素的影响,如有机质的含量、微生物活性、根系的生长、耕作和土地管理方式等^[3]。SOC/有机质和黏粒等作为团聚体的重要组成部分,在团聚体的形成过程中起着重要的胶结剂作用^[4]。许多研究表明,不同的耕作管理措施不仅改变土壤理化性质,而且还会影响土壤团聚体的形成和稳定性,从而造成土壤质量发生显著变化^[5],长期研究结果发现:免耕、垄耕以及常规向下耕作等耕作措施对团聚体大小的分布和结构稳定性的影响具有很大的差异^[6]。合理的耕作管理方式对形成稳定的土壤结构具有重要的作用,不恰当的土地利用方式会引起土壤物理性质的退化和水土流失现象^[7]。因此发展和采用保护性的土壤管理模式是改善和恢复土壤结构稳定性的迫切需求。

川中丘陵区常规向下耕作产生了强烈的耕作侵蚀,往往成为短坡的主导侵蚀类型,导致土壤在上坡流失,下坡堆积^[8]。土壤流失的同时也引起上坡SOC和养分向下坡搬运,最终导致坡面土壤从坡顶向下坡发生退化。农民在耕作实践中也发现常规耕作导致土壤向下坡移动引起了严重的土壤流失,在1982年实施家庭联产承包责任制后,即土地分产到户,农民依据自己的经验改变耕作方式,以减小土壤侵蚀。如部分农民开始采取保护性耕作方式——向上耕作。向上耕作是指耕作从坡顶开始,农民向下坡方向前进,土壤被锄头向上坡方向拉。常规顺坡向下耕作对SOC和养分迁移的影响已有较多研究^[8-10]。然而,对于长期向上耕作导致的土壤水稳定性团聚体的研究还较少。本文主要研究不同耕作方式对土壤团聚体粒径分布和团聚体稳定性的影响,同时确定团聚体稳定性与SOC和全N含量之间的关系。通过对不同耕作方式下土壤结构空间变异特征的研究,为川中丘陵区农业生产管理的可持续发展提供科学依据。

1 试验材料和方法

1.1 研究区概况

试验区位于四川盆地中部的简阳市石桥镇(30°26'N, 104°28'E)。该区为典型的川中丘陵浅丘地貌,海拔454~489 m,多年平均降雨量约为900 mm,降雨量主要集中于5—10月,气候类型属亚热带湿润气候,多年平均气温为17.4℃,极端最低气温-5.4℃,最高温度38.7℃,≥0℃的年积温为5 421℃。土壤母质为侏罗系蓬莱镇组紫色砂泥岩,按现有土壤分类标准被划分为石灰紫色正常新成土,按照联合国粮食与农业组织土壤分类系统,被划分为石灰粗骨土。研究区域坡耕地分布广泛,具有坡度大、地块小的显著特

点,因此锄头是主要耕作工具。农作物种植基本以小麦(*Triticum aestivum*)—玉米(*Zea mays*)—红薯(*Ipomoea batatas*)轮作为主。

1.2 样地选择与试验设计

相距约500 m的两块坡地被选为研究对象,一块一直实行向下耕作(试验地I),另一块已经实施了29 a的向上耕作(试验地II)。试验地I, II具有相同的坡长(21 m)和相近的坡度,坡度分别为18%, 20%。两块试验地在1982年以前土地管理方式相同,都采用向下耕作;在1982年以后采用相反的耕作方向,试验地I仍采用向下耕作,而试验地II开始改用向上耕作。2012年9月在两块试验地分别布设两条相同的取样剖面线,两条剖面线间隔2 m,沿每条纵断面线从坡顶至坡底分为5个坡位(从坡顶到坡底依次分为1, 5, 10, 15, 20 m),每隔5 m布设一个团聚体及农化分析样采集点。用取土铲在同一取样点取表层(0—20 cm)原状土壤团聚体样品,用手将大块土壤沿自然结构轻轻的剥成直径约10 mm的小土块,除去石块和根系等杂质后,装入塑料盒带回实验室自然风干备用。农化分析土样利用直径8 cm的取样筒进行原状样品采集,将取样筒垂直打入地面至母岩取全剖面样,每5 cm厚度为一个土样装袋封存,带回实验室晾干待测相关指标。

1.3 测定方法与仪器标定

土壤理化性质采用实验室常规分析方法^[11]: SOC利用重铬酸钾外加热法;全N采用凯氏法;土壤容重采用环刀法;利用激光粒度仪(Mastersizer 2000)测定机械组成;土壤团聚体稳定性测定采用机械筛分法,利用TTF-100型土壤团聚体分析仪,该仪器含有5个标准筛的孔径(5.0, 2.0, 1.0, 0.5, 0.25 mm)分离筛,通过分离筛在水中上下震荡,最后从土壤中分离出5种粒径的团粒。具体做法将原状土样轻轻剥开成为直径约10 mm的土块,为了保证样品代表性,将样品干筛分为3级(>5 mm, 5~2 mm, <2 mm),然后按其干筛百分数比称取样品,配成50 g样品置于团粒分析仪的筛组上,将筛组置于团粒分析仪的震荡架上,以3 cm振幅、30次/min的频率在水中震荡30 min(震荡过程中筛组上缘部分不得超出水面),将各级筛子上的团聚体洗入已知质量的烧杯中,烘干称重,利用偏磷酸钠溶液分离各粒径团聚体含沙量,计算各粒径团聚体含沙量的百分比,从而去除各粒径团聚体中的含沙量。

1.4 土壤团聚体稳定性指数计算

研究表明,平均质量直径(MWD)、几何平均直径(GMD)、>0.25 mm水稳性团聚体($WSA_{0.25}$)和

团聚体破坏率(PAD)能更好地反映土壤团聚体和水稳性团聚体的分布和稳定性特征^[12-13]。各参数计算方法如下:

$$MWD = \sum Y_i X_i \quad (1)$$

式中: Y_i ——第 i 粒级团聚体质量百分数含量;
 X_i ——相邻两级团聚体的平均粒径。

$$GMD = \exp\left(\frac{\sum W_i \ln X_i}{\sum W_i}\right) \quad (2)$$

式中: W_i ——第 i 粒级团聚体的重量, $\ln X_i$ ——土壤粒级的平均直径的自然对数。

$$PAD = \frac{DA_{0.25} - WSA_{0.25}}{DA_{0.25}} \times 100 \quad (3)$$

式中: $DA_{0.25}$, $WSA_{0.25}$ —— >0.25 mm 干筛和湿筛团聚体百分数含量。

2 结果与分析

2.1 土壤理化性质及水稳性团聚体的分布

两种耕作方式下表层 0—20 cm 土壤的基本理化性质,如表 1 所示。两种耕作方式下土壤的理化性质除了容重, pH 和机械组成均发生了显著变化($p < 0.05$)。与常规向下耕作相比,经过长期向上耕作表层土壤的碳氮比(C/N)显著($p = 0.001$)提高了 11.69%,表明耕作方向对 SOC 和全 N 的贮存起着重要作用。这进一步验证了以前的结论,合理的土壤保持措施将促进 SOC 等养分物质优先在表层土壤累积^[14]。这是因为长期向上耕作由于耕作工具的拉力导致土壤不断向上迁移,即明显减少了 SOC 和全 N 等物质随径流和泥沙流失,促进了这些物质在表层固定。而常规向下耕

作引起土壤不断的向下坡搬运,同时缺乏外源土壤的输入,因此,导致上坡发生强烈侵蚀,下坡发生沉积。

两种耕作方式下坡面不同景观位置的不同粒径的团聚体分布见表 2。在不同景观位置(1, 5, 10, 15, 20 m), 向上耕作 >0.25 mm 水稳性团聚体($WSA_{0.25}$)含量比向下耕作明显增高,尤其在坡顶 1 m 和坡底 20 m 位置分别显著($p < 0.05$)增加了 26.72%, 12.96%。这与以前相关研究结果类似,即保护性耕作增加了表层大团聚体分布^[15]。不同景观位置 $WSA_{0.25}$ 的分布有较大差异。在坡顶 1 m 位置,向上耕作的 $>5, 2 \sim 5, 1 \sim 2, 0.5 \sim 1$ mm 团聚体比向下耕作明显增加,尤其 >5 mm 的大团聚体显著($p < 0.01$)增加了 81.23%。然而, $0.25 \sim 0.5, <0.25$ mm 的小团聚体与向下耕作相比减少了 11.94%, 32.53%。这与唐晓红等^[15]的研究是一致的,保护性耕作显著增加表层大团聚体的含量。在中坡 10 m 位置,方差分析结果显示两种耕作管理方式下各粒径的团聚体分布均未发生显著变化($p > 0.05$)。在坡底 20 m 位置,与 0 m 位置类似,向上耕作的大粒径团聚体($>5, 2 \sim 5, 1 \sim 2, 0.5 \sim 1$ mm)含量比向下耕作明显增高, $2 \sim 5$ mm 团聚体变化最显著($p < 0.01$),增加了 64.69%。而 <0.25 mm 团聚体显著($p < 0.05$)下降了 24.12%。这些结果表明,与向下耕作相比,向上耕作更有利于表层土壤大团聚体和 $WSA_{0.25}$ 的形成,这主要是由于长期向上耕作将土壤不断地向上坡搬运。向上耕作 $WSA_{0.25}$ 在坡顶(1 m)位置显著高于向下耕作,这是由于长期向上耕作使土壤向上传输,使其在坡顶位置发生堆积。

表 1 两种耕作方式下表层(0—20 cm)土壤理化性质

耕作方式	pH	容重/ ($g \cdot cm^{-3}$)	C/N	机械组成/%		
				沙粒	粉粒	黏粒
向上耕作	8.17 \pm 0.07a	1.42 \pm 0.06a	9.08 \pm 0.71a	33.31 \pm 1.14a	53.82 \pm 1.02a	12.93 \pm 0.54a
向下耕作	8.42 \pm 0.05b	1.43 \pm 0.02a	8.13 \pm 0.48b	45.04 \pm 3.12b	44.52 \pm 2.83b	10.51 \pm 0.42b

注: 同列相同字母表示不同耕作方式在 0.05 水平没有显著差异。

2.2 两种耕作方式下土壤团聚体稳定性

图 1—2 分别显示了两种耕作管理方式下 MWD, GMD 值在不同景观位置的分布。向上耕作和向下耕作坡面 MWD 值分别为 1.26, 1.08 mm, 结果表明向上耕作团聚体稳定性显著高于向下耕作。向上耕作的 MWD 和 GMD 值在不同景观位置(1, 5, 10, 15, 20 m)均比向下耕作高。在向上耕作坡面的 1 m 和 20 m 位置, MWD 值分别显著($p < 0.05$)增加了 31.94%, 23.54%, 在 5, 10, 15 m 位置分别增加了 0.87%, 2.99%, 3.03%, 表明两种耕作方式下土壤结构稳定性明显变化发生在坡顶和坡底位置, 中坡变化不明显。GMD 在不同坡位的变化与 MWD 类似, 向上耕作的 GMD 值比向下耕作平均增加

了 26.98%(6.90%~42.62%), 显著变化($p < 0.05$)的坡位仍然发生在坡顶(1 m)和坡底(20 m)处。向上耕作 MWD, GMD 值均高于向下耕作, 表明向上耕作土壤团聚体结构比向下耕作更稳定。向上耕作的大粒径团聚体和水稳性团聚体显著高于向下耕作, 这是因为长期向上耕作有利于 SOC 和养分等物质在表层积累, 而不易流失, 更容易形成稳定的水稳性团聚体, 其土壤结构比向下耕作更稳定。

团聚体破坏率(PAD)也是评价土壤团聚体稳定性的一个重要指标, 通常 PAD 值愈大则团聚体愈容易遭到破碎, 其稳定性就越低。反之, PAD 值愈低, 团聚体稳定性也就越强, 结构稳定性也就越好。由图 3 可知, 不同耕作

方式对土壤团聚体破坏程度具有很大的差别。向下耕作平均 PAD 值为 35.90%(31.44%~44.24%),而向上耕作平均 PAD 值为 26.82%(24.77%~28.54%)。向上耕作比向下耕作的 PAD 值降低了 25.29%,说明向上耕作显著减少团聚体破坏率。向下耕作沿着坡顶 1 m 到坡底 20 m 处,PAD 值逐渐减少,说明从上坡到下坡向下耕作对团聚体的破坏程度逐渐减小,这是因为长期向下耕作导致上坡发生强烈的土壤侵蚀(主要是耕作侵蚀

和水蚀),而下坡发生沉积。向上耕作方式在 5 个不同坡位 PAD 值基本一致,未发生明显的变化,这是因为向上耕作将土壤团聚体由下坡不断的搬运到上坡过程中,由于水蚀作用将部分团聚体从上坡搬运到下坡,从而使团聚体在坡面的不同景观位置仍处于动态平衡。另外,长期向上耕作使得菌丝、微生物和庄稼根系等生物数量和质量在不同景观位置的分布基本一致,而这些都是连接和绑定团聚体的重要粘结物^[16]。

表 2 两种耕作方式下表层(0~20 cm)各粒径水稳定性团聚体的百分含量

景观位置	耕作方式	>5 mm	2~5 mm	1~2 mm	0.5~1 mm	0.25~0.5 mm	<0.25 mm	WSA _{0.25}
1 m	向上耕作	6.48a	13.84a	12.38a	22.21a	14.66a	30.42a	69.58a
	向下耕作	3.58b	8.75b	11.24a	14.69b	16.65a	45.09b	54.91b
	变化量/%	81.23	58.23	10.21	51.16	-11.94	-32.53	26.72
5 m	向上耕作	3.09a	11.75a	12.91a	22.64a	23.37a	26.23a	73.77a
	向下耕作	3.47a	13.36a	10.41a	17.70a	16.17a	38.89b	61.11a
	变化量/%	-10.95	-12.05	23.99	27.91	44.53	-32.55	20.72
10 m	向上耕作	2.56a	11.03a	11.39a	23.87a	20.45a	30.69a	69.31a
	向下耕作	3.09a	10.04a	11.39a	20.33a	18.11a	37.03a	62.97a
	变化量/%	-17.15	9.85	0	17.46	12.87	17.12	10.07
15 m	向上耕作	5.99a	9.21a	9.44a	23.47a	21.53a	30.36a	69.64a
	向下耕作	3.16b	13.30b	15.64b	18.82a	15.25b	33.82a	66.18a
	变化量/%	89.59	-30.78	-39.68	24.69	41.17	-10.23	5.23
20 m	向上耕作	7.22a	14.61a	13.76a	20.70a	17.19a	26.52a	73.48a
	向下耕作	5.63b	8.87b	12.17a	17.33a	21.06a	34.95b	65.05b
	变化量/%	28.30	64.69	13.06	19.44	-18.36	-24.12	12.96

注:同列相同的字母表示同一粒径水稳定性团聚体在不同耕作方式下没有显著性差异($p=0.05$)。

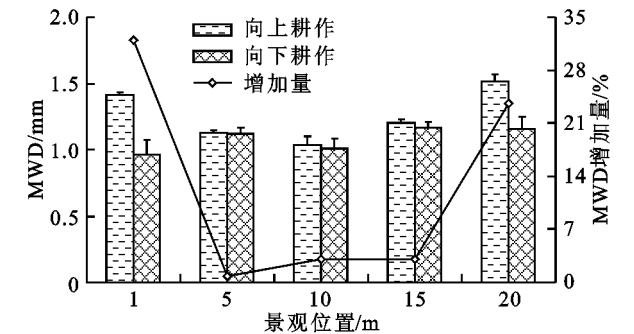


图 1 两种耕作方式下 MWD 在不同景观位置的变化

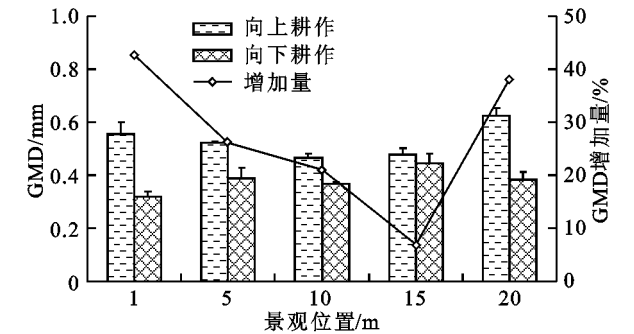


图 2 向上耕作和向下耕作方式的 GMD 对比

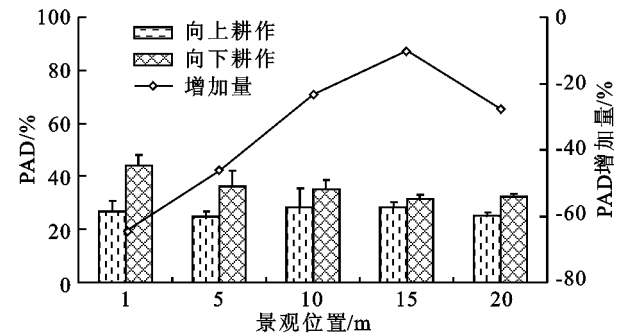


图 3 不同景观位置 PAD 的变化

2.3 土壤水稳定性团聚体与土壤养分的关系

向上耕作和向下耕作的 SOC 沿着坡面顺坡向下逐渐增加,并与 MWD 值呈显著的正相关($r=0.76, 0.69; p=0.011\ 3, 0.028\ 8$),二者之间具有很好的线性关系(图 4A)。这一研究结果与一些保护性耕作(如减耕、免耕等)管理措施下的侵蚀坡面的研究结果一致^[17]。研究表明 SOC 含量对团聚体的稳定性起着重要的作用。全 N 在不同耕作方式下的变化趋势与 SOC 基本相同(图 4B),从坡顶到中坡,全 N 含量

逐渐增加,在坡底部位达到最大;两种耕作方式全 N 含量变化与 MWD 值变化同样呈显著的线性相关性 ($r=0.65, 0.62; p=0.0436, 0.0569$)。与 MWD 类似,两种耕作方式下的 GMD 值与 SOC ($r=0.81, 0.74; p=0.0044, 0.0147$) 和全 N ($r=0.67, 0.75; p=0.0341, 0.0130$) 含量均达到显著线性相关性 (图 5)。这说明土壤中 SOC 和全 N 的含量对土壤结构的稳定性具有重要的贡献作用。向上耕作坡面

SOC 和全 N 含量与团聚体稳定性指数 (MWD, GMD) 的回归方程的截距和显著性明显高于向下耕作,这是由于长期向下耕作导致土壤在上坡位置显著流失,在下坡累积,造成土壤在坡面不同景观位置分布失衡造成的,而向上耕作引起土壤坡面再分布模式与向下耕作相反。向上耕作和向下耕作坡面 SOC 和全 N 的变化对土壤结构稳定性响应的线性关系主要是不同耕作方向对土壤再分布影响的结果。

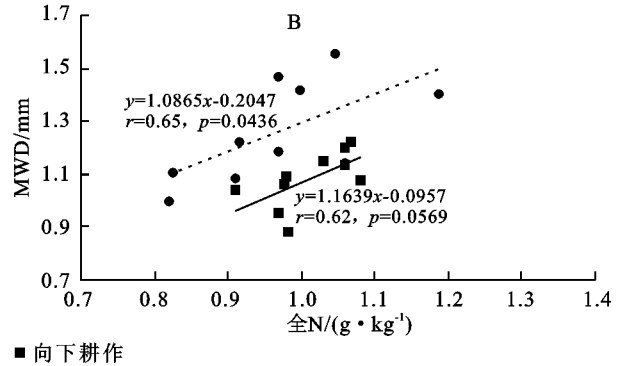
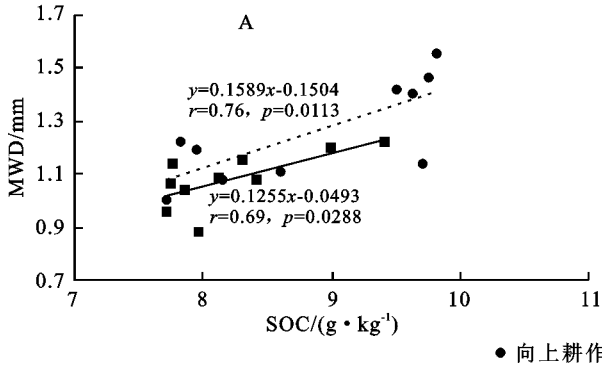


图 4 MWD 与 SOC 和全 N 含量的关系

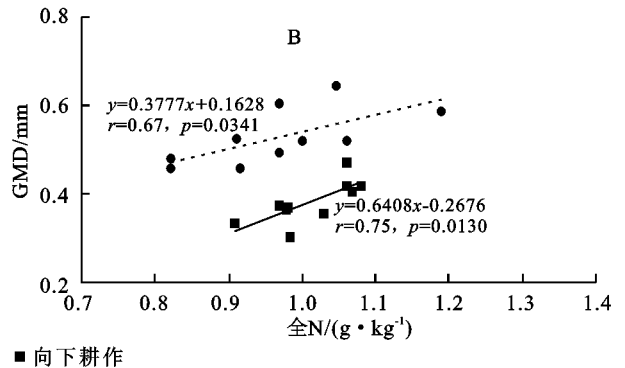
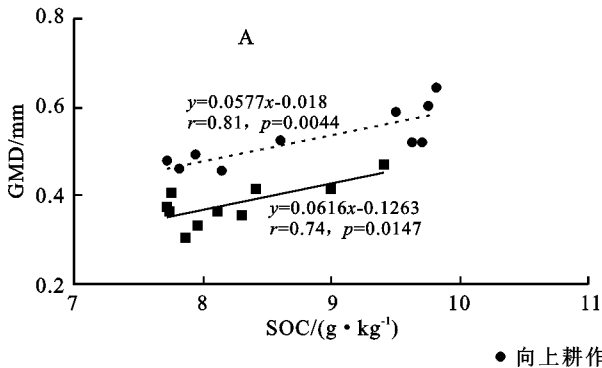


图 5 GMD 与 SOC 和全 N 含量的关系

3 讨论与结论

研究已证实,川中丘陵区土壤侵蚀总体较严重。葛方龙^[10]、Frielinghaus^[18]等在该区域通过模拟耕作等侵蚀试验研究显示,耕作侵蚀和水蚀是该区域坡耕地总侵蚀的主要贡献因子。因此,引起土壤侵蚀的动力因素并非只是降雨所产生的地表径流引起的水土流失,该区域的耕作管理方式所引起的土壤迁移同样是不可忽略的重要因素。田间试验显示向上耕作坡地水蚀和耕作侵蚀导致的土壤再分布模式显著不同于向下耕作。对于向下耕作坡地,耕作导致土壤在上坡部位流失,在坡底累积,而坡底位置是水蚀最严重的部位。川中丘陵区大面积耕作一般发生在 10 月末到 11 月初,而水蚀一般发生在雨季(5—10 月),水蚀和耕作侵蚀交替发生,周而复始。向下耕作坡地耕作侵蚀与水蚀像接力一样,耕作侵蚀将土壤从上坡输送到下坡,水蚀将中坡和下坡土壤向坡底部位传输,部分土壤直接

随径流流出耕地,最终导致整个坡面土壤严重侵蚀。因此,耕作导致的土壤移动方向与水蚀相同时,增强了总土壤侵蚀。在长期向上耕作坡地内,由于耕作方向向上使土壤向上坡移动,限制了上坡部位的土壤侵蚀,但是却引起坡底位置的土壤向上坡传输,而水蚀将坡面上部土壤向坡底部传输,并沉积在坡底部位。向上耕作导致坡耕地底部形成一个空洞,这个空洞有效地控制了水和泥沙流出耕地,显著减小了坡面净侵蚀。

向上耕作与向下耕作土壤 C/N 再分布的差异,主要是由于水蚀与耕作侵蚀的特殊组合作用下导致土壤再分布模式发生变化。研究结果说明水蚀与耕作侵蚀搬运土壤的方向相同,加速了 SOC 库的消耗;水蚀与耕作侵蚀引起的土壤移动方向相反,导致 SOC 和全 N 贮存量高于向下耕作。与传统向下耕作比较,向上耕作措施增加了表层土壤大团聚体含量,使 MWD 和 GMD 值明显增加,同时明显减少了微团聚体和黏砂粒含量。这是由于向上耕作的管理措施

增加了上坡表层 SOC,全 N 的含量,庄稼根系和植物残茬的数量,从而影响土壤中的菌丝,微生物量的数量及其活性^[19],最终提高土壤团聚体的稳定性。另外,向上耕作有助于植物残体在上坡部位的土壤表层积累,可提供微生物维系生命活动的充足能量,从而促进土壤表层的生物活性,包括真菌生长、根和土壤动物区系,有利于小粒径团聚体之间的结合形成大粒径团聚体^[20]。向上耕作与向下耕作团聚体稳定性指数差异最大的部位出现在坡顶(0 m)和坡底(20 m)位置。坡顶和坡底土壤团聚体稳定性指数的显著变化主要是由于土壤侵蚀的变化引起的,但两个部位的主导因素是不同的。坡顶团聚体稳定性的提高主要是由于耕作方向由向下耕作改为向上耕作后,坡顶不再发生耕作侵蚀,而是变成耕作沉积区,土壤在坡顶不断累积,使土壤剖面厚度不断增加。然而,坡底部位团聚体稳定性的提高主要是由于水蚀和耕作侵蚀的共同作用引起的,耕作侵蚀导致坡底出现空洞,空洞将水蚀带来的土壤物质捕获,在坡底部位沉积,最终导致坡底部位有利于土壤团聚体的形成,使土壤结构稳定性显著增强。中坡位置主要起着类似传送带作用来传输上坡(向下耕作)或下坡(向上耕作)的土壤^[8-9],因此,其土壤特征未发生明显的变化,故团聚体稳定性并未发生显著变化。

本文通过对 29 年的向上耕作的坡地与长期实行向下耕作的坡地对比,定量分析了长期向上耕作对土壤水稳性团聚体空间再分配的变化特征,结果表明:不同耕作管理方式显著影响了土壤理化性质和团聚体的大小分布及稳定性。与常规向下耕作相比,长期向上耕作显著增加了表层 C/N,并明显增加了不同景观位置的 MWD,GMD,WSA_{0.25} 值,同时减少了 PAD 值。MWD,GMD 值增加最显著发生在坡顶和坡底边界位置。造成这种差异主要是由于耕作方向不同引起土壤在坡面再分布模式发生显著变化引起的。因此,向上耕作是一种有效控制土壤养分流失和增加土壤结构稳定性的耕作方法,耕作方向的改变对于土壤可持续管理战略是一种可行的措施。

参考文献:

- [1] 卢金伟,李占斌. 土壤团聚体研究进展[J]. 水土保持研究,2002,9(1):81-85.
- [2] Horn R, Smucker A. Structure formation and its consequences for gas and water transport in unsaturated arable and forest soils[J]. Soil & Tillage Research,2005,82(1):5-14.
- [3] 吕春花,郑粉莉. 冰草根系生长发育对土壤团聚体形成和稳定性的影响[J]. 水土保持研究,2004,11(4):97-100.
- [4] Cantón Y, Solé-Benet A, Asensio C, et al. Aggregate stability in range sandy loam soils relationships with runoff and erosion. [J]. Catena,2009,77(3):192-199.
- [5] 秦明周. 红壤丘陵区农业土地利用对土壤肥力的影响及评价[J]. 山地学报,1999,17(1):71-75.
- [6] 韩加强,高晓飞,路炳军,等. 水保措施对褐土水稳性大团聚体的影响研究[J]. 水土保持研究,2012,19(6):50-53.
- [7] 田雨,庄莹,曹义,等. 雾灵山低山区土地利用类型对土壤理化性质的影响[J]. 水土保持研究,2012,19(6):41-44.
- [8] Zhang J H, Nie X J, Su Z A. Soil profile properties in relation to soil redistribution by intense tillage on a steep hillslope[J]. Soil Science Society of America Journal,2008,72(6):1767-1773.
- [9] Wang Y, Zhang J H, Li F C. Using Cesium-137 to investigate soil quality under conservation tillage on steep lands[J]. Journal of Soil & Water Conservation,2014,69(5):439-448.
- [10] 葛方龙,张建辉,苏正安,等. 坡耕地紫色土养分空间变异对土壤侵蚀的响应[J]. 生态学报,2007,27(2):459-464.
- [11] 刘光松,蒋能慧,张连第,等. 土壤理化分析与剖面描述[M]. 北京:中国标准出版社,1996.
- [12] Castro F C, Lourenco A, De F G M, et al. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Parana, Brazil[J]. Soil & Tillage Research,2002,65(1):45-51.
- [13] 闫峰陵,史志华,蔡崇法,等. 红壤表土团聚体稳定性对坡面侵蚀的影响[J]. 土壤学报,2007,44(4):577-583.
- [14] Wright A L, Dou F, Hons F M. Soil organic C And N distribution for wheat cropping systems after 20 years of conservation tillage in central Texas[J]. Agriculture Ecosystems & Environment,2007,121(4):376-382.
- [15] 唐晓红,邵景安,高明,等. 保护性耕作对紫色水稻土团聚体组成和有机碳储量的影响[J]. 应用生态学报,2007,18(5):1027-1032.
- [16] 王勇,姬强,刘帅,等. 耕作措施对土壤水稳性团聚体及有机碳分布的影响[J]. 农业环境科学学报,2012,31(7):1365-1373.
- [17] Kahle P, Möller J, Baum C, et al. Tillage-induced changes in the distribution of soil organic matter and the soil aggregate stability under a former short rotation coppice[J]. Soil & Tillage Research,2013,133(5):49-53.
- [18] Frielinghaus M, Zhang J H. Ridge and contour tillage effects on soil erosion from steep hillslopes in the sichuan basin, China[J]. Journal of Soil & Water Conservation,2004,59(6):277-284.
- [19] 杨景成,韩兴国,黄建辉,等. 土地利用变化对陆地生态系统碳贮量的影响[J]. 应用生态学报,2003,14(8):1385-1390.
- [20] Cambardella C A, Elliott E T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence [J]. Soil Science Society of America Journal,1992,56(3):777-783.