

中南地区典型地带性土壤的斥水性及其影响因素分析

王杰¹, 余冰¹, 王军光¹, 杨伟², 骆亚¹, 蔡崇法¹

(1. 华中农业大学资源与环境学院, 武汉 430070; 2. 湖北省水利水电科学研究院, 武汉 430070)

摘要: 选取我国中南地区不同发育程度典型旱作土壤为研究对象, 通过测定土壤基本理化性质与滴水穿透时间(WDPT), 探究了该区域土壤斥水性变化规律及其影响因素。结果表明, ①自北向南, 随着水热条件增加, 土壤pH值逐渐降低, 游离氧化物(Fe_o 、 Al_o)逐渐增加, 非晶质氧化物(Fe_e 、 Al_e)没有明显的地带性变化; 表层有机质量高于下层, 而林地表层高于耕地表层; ②供试土壤均为亲水性土壤, WDPT分布在0.47~4.00 s之间, 自北向南土壤斥水性整体呈逐渐降低的趋势; ③WDPT与pH值、CEC、粉粒量显著正相关($r>0.54$, $p<0.05$), 砂粒量、非晶质氧化铁(Fe_e)、游离氧化铁、铝(Fe_o 、 Al_o)与WDPT呈负相关关系($r<-0.56$, $p<0.05$)。逐步回归分析表明, Fe_o 和 Fe_e 对土壤斥水性的影响最显著($R^2=0.71$, $p<0.01$), 可以用来评价和预测土壤斥水性。

关键词: 矿质土壤; 土壤斥水性; 滴水穿透时间(WDPT); 铁铝氧化物

中图分类号: S152.7

文献标志码: A

doi:10.13522/j.cnki.gggs.2017.09.013

王杰, 余冰, 王军光, 等. 中南地区典型地带性土壤的斥水性及其影响因素分析[J]. 灌溉排水学报, 2017, 36(9): 69-74.

0 引言

土壤斥水性是指水分不能或很难湿润土壤颗粒表面的物理现象^[1]。斥水性存在于砂壤土到黏土的各种土壤中^[2-3], 影响土壤中很多物理、化学和生物过程, 如土壤水分再分布、作物生长和灌溉水利用效率、地表产流和土壤侵蚀等^[4-6]。土壤斥水性受多种因素影响, 如有机质、pH值、土壤矿物、质地、植被类型、土壤含水率等^[7-8]。Vogelmann等^[9]和Gryze等^[10]发现土壤斥水性与有机质呈正相关关系。Vogelmann等^[11]研究发现, 土壤斥水性随含水率增加逐渐向亲水性转变, 存在含水率临界值, 而与土壤质地的关系不明显^[12]。Taumer等^[13]和陈俊英等^[14-16]定量研究了土壤斥水性与有机质质量分数和含水率变化之间的关系。Mcghie等^[17]发现桉树下土壤斥水性随pH值降低而减弱, 而Mataix-Solera等^[18]指出土壤斥水性与pH值无明显关系。孙琪琪等^[19]和杨松等^[20]发现不同质地土壤斥水性受含水率影响。Lehrsch等^[21]发现灌溉水质影响土壤斥水性的变化。Hallina等^[22]研究了生物炭对土壤斥水性的改良作用。

目前, 关于土壤斥水性方面的研究大多数集中在有机质较高、质地偏砂的土壤上, 而对于质地黏重、有机质偏低的矿质土壤相对较少。中南地区作为我国主要粮食产区, 土壤受长期耕作影响, 有机质量较低, 质地较黏重、土壤风化程度相对较高。国内对这类土壤斥水性状况及其影响因素的研究相对不足。为此, 选取我国中南地区典型旱作耕地与林地土壤为研究对象, 测定土壤滴水穿透时间(WDPT), 探究土壤斥水性分布规律及其与基本理化性质的关系, 为该地区土壤水分合理高效利用和土壤改良提供一定理论参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于我国中南部典型的旱地农业耕作区, 从北至南依次包括湖北、湖南、广东海南等旱作区。依

收稿日期: 2016-05-09

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(41401317); 国家自然科学基金项目(41401303); 华中农业大学大学生科技创新基金项目(2015081)

作者简介: 王杰(1992-), 男, 硕士研究生, 主要从事土壤斥水性及土壤侵蚀研究。E-mail: wj6377@163.com

通信作者: 杨伟(1983-), 男, 工程师, 主要从事土壤侵蚀方面研究。E-mail: yw-883@163.com

据水热条件变化,所处气候带从北至南依次为北亚热带、中亚热带、南亚热带和热带。主要选取了分布广泛的第四纪沉积黏土母质发育的平滑丘陵区、漫岗区(一般为丘陵或漫岗地区<5°的残积环境、缓坡部位,未受到较大人为扰动且未受到明显侵蚀、土壤层次发育完整的地段)耕地土壤及其周边对照林地土壤。根据水热条件变化及地带性土壤分布特点共选取6种典型地带性土壤,供试土样基本情况及分布见表1。采样时选取发生层完整、土壤侵蚀度低的典型地带性土壤,依其纵剖面依次选取A层(淋溶层、表土层)和B层(淀积层、心土层)土样,林地土壤只取表层土样。为保证田间原状土壤结构不被破坏,用特制木盒承装土样运回实验室,自然风干后,储藏备用。选取部分土样过2.0.25 mm筛以供理化性质分析用。

表1 供试土样基本情况

采样点	土壤类型	采样点坐标	主要土地利用	多年平均气温/°C	年降水量/mm
XY	黄褐土	32°19'N, 112°09'E	旱作耕地、苗木林地	15.8	878.3
JS	黄棕壤	30°57'N, 113°14'E	旱作耕地、苗木林地	16.3	1 179.0
XN	棕红壤	30°00'N, 114°22'E	茶园、苗木林地	16.8	1 409.0
CS	红壤	28°22'N, 112°46'E	旱作耕地	17.2	1 361.6
SG	赤红壤	24°18'N, 113°56'E	旱作耕地	20.4	1 763.8
WC	砖红壤	19°39'N, 110°41'E	人工橡胶林地	23.9	1 721.6

注 表中XY、JS、XN、CS、SG、WC分别表示采样点襄阳、京山、咸宁,长沙、韶关、文昌;下同。

1.2 土壤理化性质指标

土壤理化性质采用常规方法测定^[23],配置1:2.5土水质量比混合浸提,采用电极法测定pH值;土壤质地(国际制)采用吸管法测定;有机质为重铬酸钾外加热法;阳离子交换量(CEC)采用乙酸铵(pH值7.0)交换法;游离氧化物(Fe_d 和 Al_d)采用连二亚硫酸钠-柠檬酸钠-碳酸氢钠(DCB法)浸提,非晶质氧化物(Fe_o 和 Al_o)采用草酸-草酸铵缓冲液浸提,络合态氧化物(Fe_p 和 Al_p)采用焦磷酸钠浸提,浸提液稀释后用等离子发射光谱(ICP)测定。

1.3 土壤斥水性测定

测定土壤斥水性方法是滴水穿透时间法(WDPT)。WDPT是将1滴蒸馏水滴到土壤颗粒自然结构面,测定其完全渗入土壤里所需的时间,也就是斥水性存在的时间^[24]。测定时保持水滴距离土壤表面不超过5 mm,避免水滴下落时过大的动能影响水滴入渗。试验中选取>10 mm的土块于室温下测定,取20滴水WDPT的算术平均值作为该土壤的斥水性时间。

1.4 数据分析

数据分析采用Microsoft Excel 2010进行前处理,采用SPSS 16对土壤斥水性和基本性质进行方差分析($p<0.05$),对土壤斥水性与土壤理化性质关系进行相关与回归分析。

2 结果与分析

2.1 土壤理化性质

土壤基本理化性质详见表2。由表2可知,供试土壤pH值在4.62~7.38之间,pH值随从北至南呈逐渐降低的趋势,A层pH值低于B层,这与成土过程中的盐基离子淋溶淀积过程有关。受土壤层次以及土地利用方式影响,有机质整体表现为A层显著高于B层、林地A层明显高于耕地。CEC在6.33~26.53 cmol/kg之间,与pH值呈相似的地带性变化规律。土壤黏粒量在30%以上,受残积黏化、淋溶黏化等作用的影响,不同层次间黏粒量差异显著($p<0.05$)。土壤体积质量变异较大,在0.90~1.66 g/cm³之间,大部分耕地土壤体积质量较大,土体紧实,林地土壤由于根系穿插、有机质积累,有机质的多孔性使其土壤疏松,体积质量相对较低。

对于游离态铁铝氧化物(Fe_d 和 Al_d),由北至南,随着土壤风化程度逐步加深,脱硅富铝化程度逐步加深, Fe_d 和 Al_d 量逐渐增多,表现出明显的富集特征;对于非晶质态铁铝氧化物(Fe_o 、 Al_o), Fe_o 和 Al_o 未表现出明显地带性变化趋势,从XY到XN,淋溶层 Fe_o 高于淀积层,CS、SG、WC等土壤表现为淀积层富集特征;对于络合态铁铝氧化物(Fe_p 和 Al_p)而言, Fe_p 量显著低于 Al_p 量,可以认为在形成有机无机复合物的过程中,Al相对Fe与有机质的络合竞争能力更强,这与何云峰等^[25]研究结果相一致。

表2 供试土壤的基本理化性质

采样点	采样层	pH值	有机质质量分数/(g·kg ⁻¹)	阳离子交换量/(cmol·kg ⁻¹)	机械组成/(g·kg ⁻¹)			质地
					砂粒	粉粒	黏粒	
XY	A	6.86±0.26b	9.70±0.62b	20.65±1.62b	41±15	544±2	415±17	粉黏土
	B	7.38±0.05a	5.34±0.98c	21.52±1.20b	56±15	515±9	428±6	粉黏土
	A ₁	7.28±0.06a	15.28±0.11a	25.86±1.00a	30±3	485±25	485±6	粉黏土
JS	A	7.09±0.09b	18.42±1.4b	20.29±1.64b	16±7	503±4	481±16	粉黏土
	B	7.45±0.07a	6.15±1.53c	26.53±0.45a	32±6	364±2	604±7	黏土
	A ₁	7.13±0.02b	29.40±2.95a	17.51±0.54c	20±2	687±21	293±19	粉黏壤土
XN	A	4.62±0.06c	20.67±0.96a	10.35±1.02b	160±22	572±32	268±2	粉黏壤土
	B	6.37±0.13a	3.44±0.78b	10.00±0.11c	188±9	453±11	361±6	粉黏壤土
	A ₁	6.20±0.01b	20.79±0.73a	11.98±0.24a	111±9	613±20	276±12	粉黏壤土
CS	A	5.58±0.09b	8.51±0.64a	15.38±1.26a	69±8	488±16	442±8	粉黏土
	B	5.92±0.03a	2.65±0.13b	13.84±0.66a	139±19	530±41	331±23	粉黏壤土
SG	A	5.71±0.03b	22.43±0.49a	9.97±0.80Ca	265±4	374±4	361±4	黏壤
	B	6.12±0.08a	12.23±0.45b	11.26±0.48a	171±8	300±5	529±7	黏土
WC	A	5.29±0.07a	24.63±0.73b	7.10±1.62Da	168±8	219±11	613±4	黏土
	B	5.31±0.03a	28.67±0.80a	6.33±0.65Ea	163±10	211±9	626±12	黏土
采样点	采样层	体积质量/(g·cm ⁻³)	非晶质态质量分数/(g·kg ⁻¹)		游离态质量分数/(g·kg ⁻¹)		络合态质量分数/(×10 ² g·kg ⁻¹)	
			Fe _o	Al _o	Fe _e	Al _e	Fe _p	Al _p
XY	A	1.65	2.60	2.51	17.7	4.12	47.18	196.55
	B	1.61	1.73	2.23	19.62	5.53	30.65	178.02
	A ₁	1.26	2.34	3.10	25.31	6.70	76.07	298.75
JS	A	1.43	4.53	2.31	27.37	3.35	174.64	360.84
	B	1.38	1.09	1.88	27.41	3.65	34.43	174.53
	A ₁	1.22	3.08	1.69	20.64	5.62	245.12	290.08
XN	A	1.47	2.79	2.51	25.56	6.51	351.84	1 035.49
	B	1.64	2.12	1.58	62.91	9.24	40.68	752.93
	A ₁	1.26	4.00	2.58	29.48	9.93	767.75	1 378.45
CS	A	1.46	2.98	3.20	47.35	12.15	68.00	994.00
	B	1.39	4.51	3.18	38.37	9.42	72.00	813.00
SG	A	1.25	3.96	1.57	87.15	15.92	308.58	466.57
	B	1.24	4.34	2.24	150.35	23.20	78.12	345.70
WC	A	0.95	2.82	2.90	158.99	14.44	84.19	758.18
	B	1.15	3.84	3.65	164.61	16.04	130.28	1 095.27

注 A、B分别表示耕地土壤A层、B层，A₁表示林地土壤A层，小写字母表示同一土壤类型不同土层差异显著性(p<0.05)。

2.2 土壤斥水性

斥水强度表征了水分渗入土壤的快慢程度，斥水强度越低则水分渗入土壤的速度越快。由表3可知，供试土样WDPT在0.47~4.00 s之间，根据Dekker等^[26]对滴水穿透时间法的分级标准，供试土样属于亲水性土壤，其中，JS-B层耕地土壤的斥水性持续时间最长可达4.00 s，SG-B层耕地土壤的斥水性持续时间最短为0.47 s。供试土样之所以整体上呈现出亲水性，可能是由于试验地区土壤受长期耕作的影响，整体表现出土壤有机质量较低的特点，而普遍认为斥水性是由土壤里的疏水性化合物产生的，因而试验土样整体呈亲水性。土壤斥水强度的分布在空间上存在较大的差异性^[19]，因为局部采样，并且样本中表现出亲水性的区域比表现为斥水性的区域大得多，因而可以说该地土壤表现为亲水性。

对于土壤XY、SG和WC，耕地A层土壤斥水性明显高于B层，而对于JS和CS土壤而言，则相反。对于JS而言，林地表层土壤WDPT比耕地表层长1.51 s，差异显著，这与毕利东等^[27]研究结果相似；而对于XY和XN而言，2种土地利用方式A层WDPT差异不显著。总体而言，土壤斥水性与土壤类型及土地利用方式之间关系密切，土壤斥水性自北向南整体呈降低的趋势。

表3 供试土样土壤斥水性

采样点	层次	最大值/s	最小值/s	平均值/s	极差/s	方差分析	
						$p<0.05$	$p<0.01$
XY	A	7.03	1.41	3.80	5.62	f	EF
	B	5.94	0.62	1.94	5.32	bcd	BCD
	A ₁	11.37	1.29	3.59	10.08	ef	EF
JS	A	3.18	0.47	1.30	2.71	abc	AB
	B	5.53	1.97	4.00	3.56	f	F
	A ₁	6.07	0.72	2.81	5.35	de	DEF
XN	A	5.50	0.84	2.64	4.66	d	CDE
	B	7.41	0.84	2.64	6.57	d	CDE
	A ₁	4.84	0.69	2.14	4.15	cd	BCD
CS	A	6.09	0.53	1.51	5.56	bc	ABC
	B	8.91	0.63	2.23	8.28	cd	BCD
SG	A	3.10	0.47	0.99	2.63	ab	AB
	B	0.75	0.31	0.47	0.44	a	A
WC	A	3.22	0.31	0.99	2.91	ab	AB
	B	0.82	0.34	0.49	0.48	a	A

2.3 土壤理化性质对斥水性的影响

土壤斥水性与基本理化性质的相关关系见表4。由表4可知, $WDPT$ 与pH值极显著正相关($r=0.69$, $p<0.01$), 与CEC与粉粒量呈现出显著正相关关系($r>0.54$, $p<0.05$), $WDPT$ 与游离氧化铁、铝(Fe_d, Al_d)、非晶质氧化铁(Fe_o)呈极显著负相关关系($r<-0.65$, $p<0.01$), 与砂粒量表现出显著负相关($r=-0.56$, $p<0.05$)。文中未发现有机质对斥水性有显著影响, 这可能与矿质土壤有机质量普遍较低有关, 这与Hurra等^[28]研究结果一致。

表4 理化性质与 $WDPT$ 相关性分析

指标	pH值	SOM	CEC	黏粒	粉粒	砂粒	体积 质量	Fe_d	Al_d	Fe_o	Al_o	Fe_p	Al_p	$WDPT$
pH值	1													
SOM	-0.20	1												
CEC	0.63*	0.30	1											
黏粒	-0.27	0.04	0.28	1										
粉粒	0.57*	-0.12	0.22	-0.84**	1									
砂粒	-0.60*	0.16	-0.85**	-0.08	-0.49	1								
体积质量	0.50	-0.70**	0.25	-0.39	0.49	-0.27	1							
Fe_d	-0.74**	0.36	-0.56*	0.60*	-0.87**	0.63*	-0.64**	1						
Al_d	-0.75**	0.22	-0.67**	0.28	-0.64**	0.72**	-0.53*	0.86**	1					
Fe_o	-0.49	0.35	-0.52*	-0.17	-0.04	0.34	-0.35	0.33	0.48	1				
Al_o	-0.40	0.09	-0.02	0.33	-0.25	-0.07	-0.28	0.27	0.18	0.25	1			
Fe_p	-0.02	0.49	-0.37	-0.55*	0.39	0.18	-0.23	-0.16	0.03	0.38	-0.09	1		
Al_p	-0.51	0.25	-0.67**	-0.24	-0.03	0.44	-0.22	0.24	0.31	0.36	0.48	0.57	1	
$WDPT$	0.69**	-0.37	0.64*	-0.26	0.54*	-0.56*	0.46	-0.75**	-0.77**	-0.7**	-0.23	-0.09	-0.4	1

注 “*”表示 $p<0.05$ 相关性, “**”表示 $p<0.01$ 相关性, $n=15$ 。

由图1可知, $WDPT$ 随着pH值、CEC、粉粒量的增加而增加, 土壤中砂粒与粉粒对土壤斥水性的影响正好相反, 砂粒量越高则斥水性越小、粉粒量越高则斥水性越大, 这与孙琪琪^[19]在桃园棕壤中的研究结果一致, 原因可能是粉粒具有更大的比表面积, 可以吸附一些斥水性物质并形成有机-无机复合胶体, 提高土壤斥水性^[29]。游离氧化铁、铝对 $WDPT$ 的影响作用类似: 当游离氧化铁、铝量较低时, 随二者的升高 $WDPT$ 反应较为灵敏, 而后 $WDPT$ 相对平稳, 这是由于铁铝氧化物表面携带很多带电荷的基团, 能够吸附一些疏水性有机胶体, 从而提高土壤斥水性^[30]。

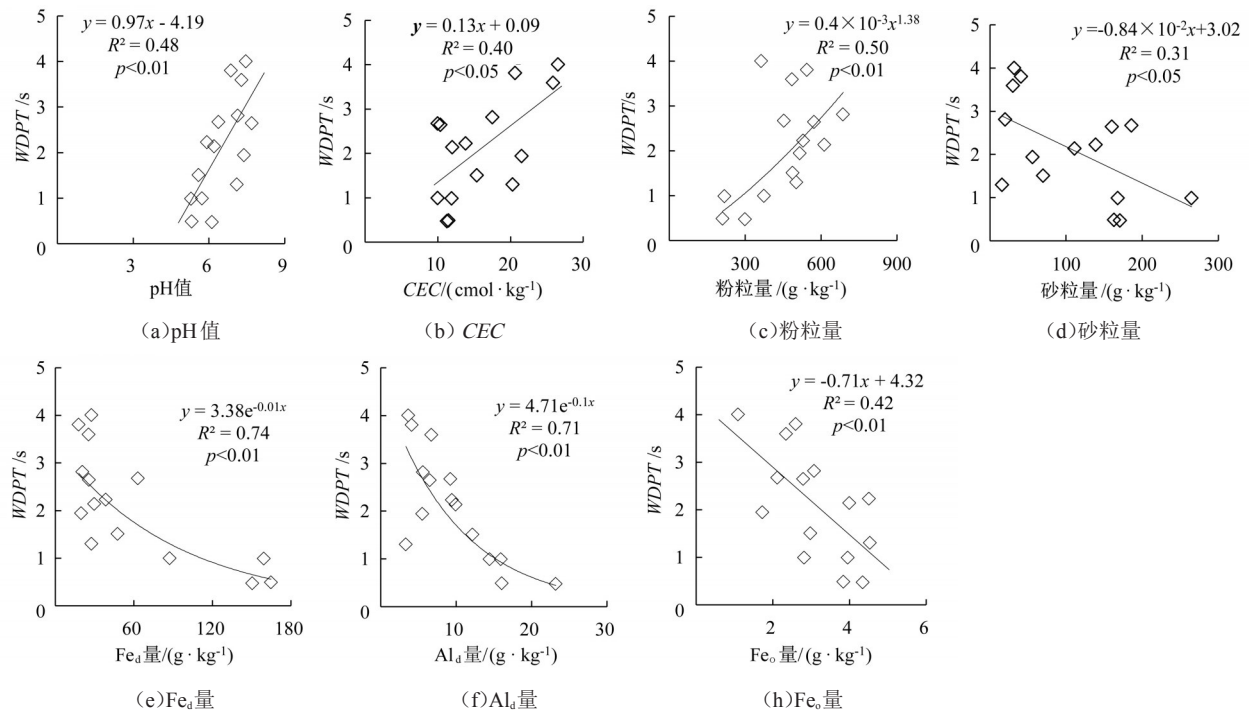


图1 理化性质指标与WDPT回归分析

从图1还可以看出,pH值、CEC、砂粒量、Fe_o与WDPT呈明显的线性关系,拟合效果达显著性水平($p < 0.05$)。Fe_a、Al_d与WDPT则呈指数函数相关,拟合效果较其他指标相对较好($R^2 > 0.70$, $p < 0.01$)。对这些指标进行逐步回归分析,发现游离氧化铁和非晶形氧化铁可以较好地评价和预测土壤斥水性(图2),拟合方程为回归方程为: $WDPT = 6.9 - 0.9 \ln w(Fe_d) - 0.5w(Fe_o)$, ($R^2 = 0.714$, $p < 0.01$, $n = 15$)。

3 结论

自北向南,地带性土壤风化程度逐渐增加;受土壤类型和土地利用方式影响,土壤斥水性总体上呈降低趋势。pH值、CEC、土壤质地和铁铝氧化物对土壤斥水性影响较大,其中pH值、CEC、砂粒量以及非晶质氧化铁(Fe_o)和土壤斥水性呈良好的线性关系,而土壤斥水性与游离氧化铁、铝(Fe_a、Al_d)呈显著指数关系。游离氧化铁可以作为评价和预测土壤斥水性较好的指标。

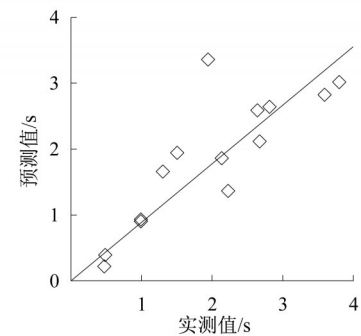


图2 WDPT预测值与实测值比较

参考文献:

- [1] 杨邦杰, BLACKWELL P S. 土壤斥水性引起的土地退化、调查方法与改良措施研究[J]. 环境科学, 1994, 15(4): 88-90.
- [2] WALLIS M G, HOME D J. Soil water repellency[J]. Advances in Soil Science, 1992, 20: 91-146.
- [3] ZHANG B, HORN R. Mechanisms of aggregate stabilization in Ultisols from subtropical China[J]. Geoderma, 2001, 99(1): 123-145.
- [4] 闵雷雷, 于静洁. 土壤斥水性及其对坡面产流的影响研究进展[J]. 地理科学进展, 2010, 29(7): 855-860.
- [5] 杨邦杰. 斥水土壤中的水热运动规律与数值模型[J]. 土壤学报, 1996, 33(4): 351-359.
- [6] 商艳玲, 李毅, 朱德兰. 再生水灌溉对土壤斥水性的影响[J]. 农业工程学报, 2012, 28(21): 89-97.
- [7] 李毅, 商艳玲, 李振华, 等. 土壤斥水性研究进展[J]. 农业机械学报, 2012, 43(1): 68-75.
- [8] JIMENEZ P P, LOZANO E, MATAIX S J, et al. Temporal changes in soil water repellency after a forest fire in a Mediterranean calcareous soil: Influence of ash and different vegetation type[J]. Science of the Total Environment, 2015, <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.121>
- [9] VOGELMANN E S, REICHERT J M, REINERT D J, et al. Water repellency in soils of humid subtropical climate of Rio Grande do Sul Brazil[J]. Soil and Tillage Research, 2010, 110(1): 126-133.
- [10] GRYZE S, JASSOGNE L, BOSSUYT H, et al. Water repellence and soil aggregate dynamics in a loamy grassland soil as affected by texture[J]. European Journal of Soil Science, 2006, 57 (2): 235-246.
- [11] VOGELMANN E S, REICHERT J M, REINERT D J, et al. Threshold water content beyond which hydrophobic soils become hydrophilic: The role of soil texture and organic matter content[J]. Geoderma, 2013, s209/210(11): 177-187.

- [12] VOGELMANN E S, REICHERT J M, REINERT D J, et al. Can occurrence of soil hydrophobicity promote the increase of aggregates stability[J]. *Catena*, 2013, 110(2): 24-31.
- [13] TAUMER K, STOFFREGEN H, WESSOLEK G. Determination of repellency distribution using soil organic matter and water content[J]. *Geoderma*, 2005, 125(1/2): 107-115.
- [14] 陈俊英,张智韬,杨飞,等. 土壤的斥水性和含水量变化关系的数学模型[J]. *灌溉排水学报*, 2009, 28(6): 35-38.
- [15] 陈俊英,吴特普,张智韬,等. 土壤斥水性与有机质质量分数的变化关系研究[J]. *灌溉排水学报*, 2012, 31(3): 96-98.
- [16] 陈俊英,吴特普,张智韬,等. 土壤斥水性对含水率的响应模型研究[J]. *农业机械学报*, 2012, 43(1): 63-67.
- [17] MCGHIE D A, POSNER A M. The effect of plant top material on the water repellence of fired sands and water repellent soils[J]. *Australian Journal of Agricultural Research*, 1981, 32(4): 609-620.
- [18] MATAIX-SOLERA J, ARCENEGUI V, TESSLER N, et al. Soil properties as key factors controlling water repellency in fire-affected areas: Evidences from burned sites in Spain and Israel[J]. *Catena*, 2013, In press(9): 6-13.
- [19] 孙棋棋,刘前进,于兴修,等. 沂蒙山区桃园棕壤斥水性对理化性质的空间响应[J]. *土壤学报*, 2014, 51(3): 648-655.
- [20] 杨松,吴珺华,董红艳,等. 砂土和黏土颗粒差异对土壤斥水性的影响[J]. *土壤学报*, 2016, 53(02): 421-426.
- [21] LEHRSCHE G A, SOJKA R E. Water quality and surfactant effects on the water repellency of a sandy soil[J]. *Journal of Hydrology*, 2011, 403(1):58-65.
- [22] HALLINA I L, DOUGLASA P, DOERR S H, et al. The effect of addition of a wet table biochar on soil water repellency[J]. *European Journal of Soil Science*, 2015, 66(6):1 063-1 073.
- [23] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 农业科技出版社, 2000.
- [24] VAN'T WOUTD B D. Particle coatings affecting the wettability of soils[J]. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 1959, 64(2): 263-267.
- [25] 何云峰,徐建民,候惠珍,等. 有机无机复合作用对红壤团聚体组成及腐殖质氧化稳定性的影响[J]. *浙江农业学报*, 1998, 10(4): 197-200.
- [26] DEKKER L W, JUNGERIUS P D. Water repellency in the dunes with special reference to the Netherlands [J].*Catena*, 1990, 18: 173-183.
- [27] 毕利东,马春乐,陈丹,等. 土壤斥水性在土壤团聚体内的空间分异研究[J]. *三峡大学学报(自然科学版)*, 2014, 36(6):54-57.
- [28] HURRA J, SCHAUMANN G E. Properties of soil organic matter and aqueous extracts of actually water repellence and wet table soil samples[J]. *Geoderma*, 2006, 132(1/2): 222-239.
- [29] 梁爱珍,张晓平,杨学明,等. 土壤细颗粒对有机质的保护能力研究[J]. *土壤通报*, 2005, 36(5): 748-752.
- [30] 谭文峰,周素珍,刘凡,等. 土壤中铝氧化物与黏土矿物交互作用的研究进展[J]. *土壤*, 2007, 39(5): 726-730.

Soil Repellency and the Factors that Affect It in Typical Soils in Central-southern China

WANG Jie¹, YU Bing¹, WANG Junguang¹, YANG Wei², LUO Ya¹, CAI Chongfa¹

(1. College of Resources and Environment, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. Hubei Water Resources Research Institute, Wuhan 430070, China)

Abstract: This paper measured the repellency (SWR) of typical soils under different weathering conditions in central-south China using the water drop penetration time (*WDPT*) method. We also examined the spatial variation of SWR and its dependence on soil physicochemical properties. The main results are: ① With the increase in moisture and temperature from the center to the south, soil pH gradually decreased while the free iron (Fe_d) and aluminum (Al_d) oxides increased. The amorphous iron (Fe_o) and aluminum (Al_o) oxides did not show noticeable change over space as the free oxides did. Soil organic matter was higher in top soil than in subsurface soil, and higher in forest soil than in arable soil. ② All soils studied were hydrophilic with the *WDPT* ranging from 0.47 to 4.00 s; the SWR generally decreased from the center to the south ($p < 0.05$). ③ *WDPT* was positively related to pH, cation exchange capacity, silt content ($r > 0.54$, $p < 0.05$), but negatively related to sand content, Fe_o , Fe_d and Al_d ($r < -0.56$, $p < 0.05$). Stepwise regression showed that Fe_d and Fe_o affected soil repellency most ($R^2 = 0.71$, $p < 0.01$). The results in this paper provide reference for improving soil water management.

Key words: mineral soil; soil water repellency; water drop penetration time; Fe and Al oxides

责任编辑:白芳芳