

基于 VG 模型的生物有机肥对土壤水分特性的影响

杨 红¹ 杜 辉¹ 陶雪娟¹ 朱玉英²

1. 上海市农业科学院农业科技信息研究所, 上海 201403; 2. 上海市农业科学院园艺研究所, 上海 201403

摘要 土壤水分特性受土壤质地、结构、有机质、容重等因素的影响较大。为更好地了解施用生物有机肥培养的土壤水分特性, 通过对室内培养的土壤进行测定, 分析不同容重下不同肥料处理对土壤含水量、水分常数以及水分有效性的影响, 并利用 VG 模型进行参数求解。结果表明: VG 模型能较好拟合土壤水分特征曲线; 在相同容重不同处理条件下, 施加 EM (effective microorganisms, 有效微生物群) 有机肥的土壤含水量最大, 其次是施加土壤改良剂, 最小的是不加任何试剂; 在施加 EM 原液处理中, 随着 EM 原液稀释浓度的增加, 土壤含水量有不断增大的趋势; 在相同处理不同容重条件下, 随着容重的增大, 土壤持水性和土壤水分有效性不断降低。

关键词 生物有机肥; 土壤水分特征曲线; 容重; 土壤含水量; VG 模型

中图分类号 S 152.7 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2013)05-0066-06

土壤水是由地面向下至地下水面(潜水面)以上土壤中的水分, 是物质传输和运移的载体。Philip 提出了土壤—植物—大气连续体 (SPAC) 的观点, 认为应该将土壤水分调控与植物、环境水分状况联系起来作为一个动态系统来加以考虑, 该观点是土壤水分理论研究的一个重大突破^[1-2]。土壤水分特征曲线是描述土壤水含量与土壤水势能关系的曲线, 是获取有关土壤水动力学参数及土壤水分常数的基础, 在农业生产实践中具有重要的指导意义^[3-4]。目前, 研究人员已提出了许多经验公式来描述土壤水分特征曲线, 比较常用的有 Brooks-Corey 模型、Campbell 模型、Mualem 模型和 Van-Genuchten 模型(简称 VG 模型)^[5-8]。夏卫生等^[9]通过对国内外土壤水动力学参数研究结果进行分析后指出, VG 模型不仅能较好拟合土壤含水量, 还能将土壤的机械组成和容重等联系起来分析土壤含水量。土壤水分特性是反映土壤水的物理特性及其对作物有效程度的各种特征值。土壤水分特性受土壤质地、结构、有机质、容重等土壤基本性状的影响较大, 而肥料对土壤基本性状的影响也较大。因此, 研究肥料对土壤水分特性的影响尤为必要。韩富根等^[10]研究表明, 烟田施用不同类型的有机肥均能增加土壤贮水量, 提高烟叶产量和烟田水肥利用率。徐秋明等^[11]研究发现, 施用氮肥可使沙土的土壤水

分特征值提高, 使土壤的水分特征值降低, 而磷肥的影响则相反。研究^[12]还发现, 土壤中施加超吸水性树脂, 可增加土壤水分含量。

目前, 有机农业已成为我国农业发展的主要趋势之一, 有关有机肥对土壤水分的影响研究有着重要的现实意义。采取猪圈粪和麦秸堆肥的方式施加有机肥, 土壤含水量比不施加有机肥分别增加 52% 和 28%, 较施加化肥分别增加 42% 和 20%^[13]。增加保肥剂等有机肥料, 对增加土壤有效水也有明显作用, 施加保水剂最大可增加有效水含量 61.5%^[14]。目前, 国内外有关肥料对土壤水分的研究主要集中于种植作物的土壤, 在没有作物种植的情况下, 关于肥料对土壤水分特性的影响研究很少。笔者通过对室内培养的土壤水分进行测定, 分析不同容重条件下, 不同有机肥对土壤含水量、水分常数以及水分有效性的影响, 并用 VG 模型进行参数求解, 为改善土壤环境、实施科学施肥提供参考依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与设 计

1) 试验材料。试验土壤为南京市蔬菜(花卉)科学研究所的植烟土壤。试验所用生物有机肥为 EM (effective microorganisms, 有效微生物群) 有机肥, 贵州省烟草科学研究所; 土壤改良剂和 EM 原液,

收稿日期: 2013-02-17

基金项目: “十二五”农村领域国家科技计划课题(2011BAD12B00)

杨 红, 硕士, 研究方向: 农业节水灌溉与水肥耦合, E-mail: yanghongxxsic2005@163.com

通讯作者: 陶雪娟, 副研究员, 研究方向: 作物育种与栽培, E-mail: tsg3@saas.sh.cn

爱睦乐环保生物技术(南京)有限公司。

2)试验设计。将采集的土样风干、去除杂质,过孔径2 mm筛。称取200 g风干土样放置于200 mL烧杯中,加入相应的生物有机肥充分混匀,调节土壤含水量为35%。试验共设6个处理(表1),其中T₁和T₂处理中氮含量均为2.5%,试样在室温、通风条件下培养110 d。

表1 试验处理

Table 1 Experimental treatment

处理 Treatments	肥料 Fertilizer	施肥量或试剂量 Amount of fertilizer or reagent
T ₁	不施肥 No fertilizer	0 g
T ₂	EM有机肥 Bio-organic fertilizer	10 g
T ₃	土壤改良剂 Soil amendment	10 g
T ₄	EM原液 Solution	20 mL(稀释50倍) (50-fold dilution)
T ₅	EM原液 Solution	20 mL(稀释150倍) (150-fold dilution)
T ₆	EM原液 Solution	20 mL(稀释250倍) (250-fold dilution)

将培养后的土壤分别按干容重1.2、1.3 g/cm³装入环刀(体积41 cm³)内,再将环刀置于蒸馏水中浸泡24 h,测定饱和和至烘干后及各个压力等级下的土壤含水量,计算土壤水吸力与含水量的关系。

1.2 测定方法

1)不同压力下土壤含水量的测定。采用压力薄膜仪法测定,设定的压力等级分别为0、0.02×10⁵、0.03×10⁵、0.1×10⁵、0.2×10⁵、0.3×10⁵、1×10⁵、5×10⁵、10×10⁵、15×10⁵ Pa共10个等级,计算土壤含水量。土壤含水量=(不同压力下的土壤质量-烘干土壤质量)/环刀体积,其中烘干土壤质量是

将土样放入105~110℃烘箱内烘至恒质量测得。

2)土壤水分特征曲线拟合模型与相关参数测定。土壤水分特征曲线是土壤含水量的直观反应,而土壤含水量与土壤质地和土壤有机质含量密切相关。一般情况下,土壤质地越粘,土壤含水量越高;土壤有机质含量越高,土壤含水量越高。VG模型由Van-Genuchten提出^[8],因拟合效果较好,在国内外普遍应用,其表达式为:

$$\theta(h) \begin{cases} \theta_r + (\theta_s - \theta_r) / (1 + |ah|)^m & h < 0 \\ \theta_s & h \geq 0 \end{cases}$$

式中,θ为体积含水量,cm³/cm³;h为土壤水吸力(负压),cm(H₂O);θ_s和θ_r分别为土壤饱和含水量和土壤残余含水量,cm³/cm³;a、n为经验拟合参数(或曲线线性参数);m=1-1/n,0<m<1。

2 结果与分析

2.1 土壤水吸力与含水量

由表2可知,随着土壤水吸力的不断增大,土壤含水量不断减小。相同土壤水吸力下,容重1.3 g/cm³的土壤含水量大于容重1.2 g/cm³的,当土壤水吸力为0 Pa时,容重1.2 g/cm³的土壤含水量为0.456 4 cm³/cm³,而容重1.3 g/cm³的含水量为0.516 1 cm³/cm³。相同土壤水吸力和相同容重不同处理时,T₂的土壤含水量最高,T₃次之,T₁的土壤含水量最低。T₁是空白处理,没有施加任何生物有机肥,因此与其他处理相比,T₁土壤含水量最低。T₃施加了土壤改良剂,能有效改善土壤的质地和结构,增大土壤的持水性,因此土壤含水量较高。T₂的土壤含水量最高是由于T₂施加EM有机肥,在改

表2 土壤水分特征曲线实测值

Table 2 The measured data of soil moisture characteristic curve

cm³/cm³

土壤容重/(g/cm ³) Soil bulk density	处理 Treatments	不同土壤水吸力下的含水量 Moisture content of difference soil suction										
		0	0.02×10 ⁵	0.05×10 ⁵	0.1×10 ⁵	0.2×10 ⁵	0.3×10 ⁵	0.5×10 ⁵	1×10 ⁵	5×10 ⁵	10×10 ⁵	15×10 ⁵
		Pa	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa
1.2	T ₁	0.456	0.446	0.431	0.366	0.342	0.313	0.295	0.278	0.220	0.199	0.188
	T ₂	0.594	0.558	0.518	0.442	0.421	0.391	0.381	0.353	0.306	0.290	0.278
	T ₃	0.575	0.521	0.482	0.402	0.382	0.348	0.336	0.313	0.288	0.266	0.251
	T ₄	0.496	0.466	0.425	0.370	0.342	0.327	0.319	0.312	0.291	0.289	0.275
	T ₅	0.514	0.482	0.458	0.388	0.362	0.344	0.326	0.315	0.266	0.265	0.253
	T ₆	0.555	0.515	0.480	0.385	0.350	0.312	0.299	0.291	0.257	0.251	0.247
1.3	T ₁	0.516	0.486	0.432	0.351	0.317	0.295	0.284	0.255	0.212	0.204	0.185
	T ₂	0.627	0.607	0.573	0.529	0.499	0.464	0.443	0.430	0.395	0.378	0.363
	T ₃	0.594	0.566	0.524	0.448	0.405	0.386	0.375	0.359	0.328	0.311	0.308
	T ₄	0.571	0.540	0.485	0.381	0.335	0.319	0.300	0.280	0.251	0.249	0.242
	T ₅	0.542	0.499	0.459	0.380	0.338	0.310	0.294	0.278	0.250	0.237	0.230
	T ₆	0.558	0.515	0.494	0.399	0.351	0.323	0.310	0.286	0.254	0.243	0.239

善土壤质地和结构的同时还增加了土壤有机质含量,有机质含量越高,土壤对水分的吸附性越强,因此,土壤有机质含量跟含水量呈正相关^[16]。T₄~T₆处理的土壤含水量大小顺序为 T₆>T₅>T₄,即随着 EM 原液稀释浓度的增加,土壤含水量不断增大。

2.2 土壤水分特征曲线

由图 1-A 可知,随着土壤水吸力增大,容重 1.2 g/cm³的土壤含水量均呈不断下降趋势,其中在 0~0.5×10⁵ Pa 时下降幅度较大,而在 0.5×10⁵~15×10⁵ Pa 时下降幅度较小。在低吸力阶段,土壤所保持或释放的水量取决于土壤中较粗孔隙的分布,施加较小压力,大孔隙中的水就被排出,当大孔隙中的水排完后,需要施加更大的压力才能排出小孔隙中的水分。因此,增加相同的吸力,高吸力阶段土壤含水量的减小幅度远低于低吸力阶段。由图 1-A 还可知,在以上各个土壤水吸力下,T₂处理的土

壤含水量普遍高于其他处理,而 T₆处理的土壤含水量则比其他处理低。T₄~T₆之间的曲线斜率差要小于 T₁~T₃之间,说明改变 EM 原液浓度对土壤含水量的影响要小于施加 EM 有机肥或土壤改良剂。

由图 1-B 可知,随土壤水吸力的不断增大,容重 1.3 g/cm³的土壤含水量也有不断下降的趋势,在 0.5×10⁵ Pa 之前下降幅度较大,在 0.5×10⁵ Pa 之后下降幅度较小。对比图 1-A 和图 1-B 可知,容重 1.2 g/cm³的曲线斜率比容重 1.3 g/cm³的曲线斜率大,其中 T₂处理特别明显。因为容重越小,土壤孔隙度越大,大孔隙比例越多,施加相同压力土壤排出的水分越多,土壤含水量改变越大,从而曲线斜率越大。另外,在 0.5×10⁵~15×10⁵ Pa 的高吸力阶段,容重 1.3 g/cm³各处理间的土壤含水量差距较容重 1.2 g/cm³各处理间的土壤含水量差距大,因此,随着容重的增大,各处理间的土壤含水量差距越明显。

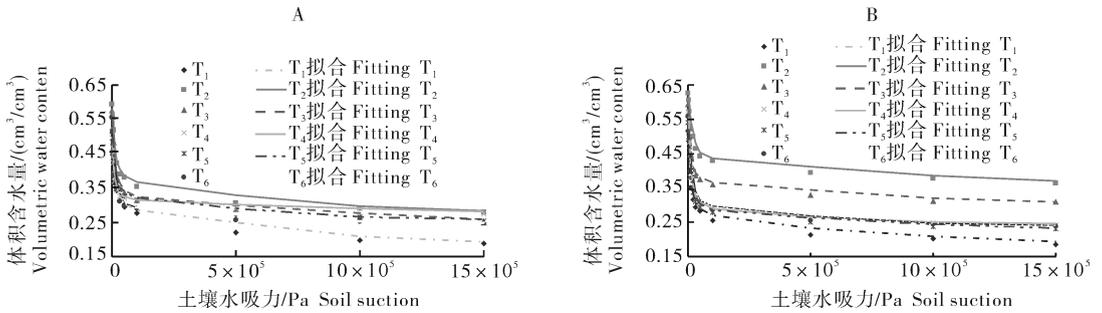


图 1 容重 1.2(A)和 1.3 g/cm³(B)的土壤水分特征曲线

Fig. 1 The soil moisture characteristic curve of soil with bulk density of 1.2 g/cm³ (A) and 1.3 g/cm³ (B)

2.3 VG 模型拟合结果

利用 MatLab 软件编写程序及调用函数 lsqcurvefit 拟合出 VG 模型参数 θ_r 、 θ_s 、 a 、 n 以及残差平方和(表 3)。

在 VG 模型中参数 θ_r 为土壤残余含水量,是水分特征曲线导数为 0(即 $d\theta/dh=0$)时的土壤含水量^[17]。由表 3 可知,容重 1.2 g/cm³的 θ_r 和容重 1.3 g/cm³的差距不大,容重 1.2 g/cm³条件下 T₄处理

表 3 VG 模型水分特征曲线拟合参数

Table 3 The parameters of moisture characteristic curve in VG model

土壤容重/(g/cm ³) Soil bulk density	处理 Treatments	VG 模型拟合参数 Fitting parameters of VG model				残差平方和 Residual sum of squares
		θ_r /(cm ³ /cm ³)	θ_s /(cm ³ /cm ³)	a	n	
1.2	T ₁	0.117 7	0.463 7	0.022 2	1.268	8.168×10 ⁻⁴
	T ₂	0.237 2	0.597 5	0.038 3	1.326	7.644×10 ⁻⁴
	T ₃	0.235 3	0.575 9	0.043 1	1.400	9.456×10 ⁻⁴
	T ₄	0.279 3	0.497 1	0.033 7	1.617	3.208×10 ⁻⁴
	T ₅	0.230 7	0.516 1	0.032 4	1.389	6.932×10 ⁻⁴
	T ₆	0.246 4	0.552 9	0.023 5	1.715	8.626×10 ⁻⁴
1.3	T ₁	0.172 2	0.521 4	0.033 2	1.436	8.806×10 ⁻⁴
	T ₂	0.339 2	0.629 7	0.024 9	1.378	3.657×10 ⁻⁴
	T ₃	0.304 7	0.596 8	0.026 5	1.582	6.466×10 ⁻⁴
	T ₄	0.244 2	0.573 5	0.024 3	1.762	7.211×10 ⁻⁴
	T ₅	0.226 2	0.541 0	0.027 7	1.583	4.739×10 ⁻⁴
	T ₆	0.235 1	0.554 8	0.022 0	1.638	9.500×10 ⁻⁴

的 θ_r 最高,为 $0.2793 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$,其次是 T_6 处理,为 $0.2464 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$,最低的是 T_1 处理,为 $0.1177 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$;容重 $1.3 \text{ g}/\text{cm}^3$ 条件下, θ_r 最高和最低的是 T_2 和 T_1 处理,分别为 0.3392 和 $0.1722 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ 。参数 θ_s 为土壤饱和含水量,近似于负压等于 0 时的土壤含水量^[17]。相同处理下容重 $1.3 \text{ g}/\text{cm}^3$ 的 θ_s 普遍大于容重 $1.2 \text{ g}/\text{cm}^3$ 的 θ_s (表 3),因为容重越大,土壤越密实,饱和含水量越大。在相同容重下, T_2 处理的 θ_s 最大,其次为 T_3 处理,最低为 T_1 处理,其原因同样与生物有机肥有关。参数 a 一般认为是进气值 h 的倒数,即 $a=1/h$ ^[17]。进气值即土壤水由饱和转为非饱和时的负压值。容重 $1.2 \text{ g}/\text{cm}^3$ 和 $1.3 \text{ g}/\text{cm}^3$ 的 a 相差不大,前者范围是 $0.0222 \sim 0.0431$,后者范围是 $0.0220 \sim 0.0332$ 。因此,可计算出容重 $1.2 \text{ g}/\text{cm}^3$ 的进气值 h 范围是 $23.20 \sim 45.05$,容重 $1.3 \text{ g}/\text{cm}^3$ 的进气值 h 范围是 $30.12 \sim 45.45$ 。参数 n 的大小决定土壤水分特征曲线的坡度,当 n 值大时,曲线较缓,反之曲线较陡^[17]。由表 3 中还可以看出,利用 VG 模型模拟的残差平方和较小,均在 10^{-4} 数量级,拟合曲线和实测数据吻合较好,证明 VG 模型能够较好地模拟室内土壤含水量与土壤水吸力之间的关系。

2.4 土壤水分常数

土壤水分常数主要包括土壤饱和含水量、土壤田间持水量、土壤毛管断裂含水量、凋萎系数和吸湿系数。饱和含水量是吸力为 0 Pa 时的土壤含水量;

田间持水量是吸力为 $0.2 \times 10^5 \text{ Pa}$ 时的土壤含水量;毛管断裂含水量大约相当于田间持水量的 65%,一般作为灌水的下限;凋萎系数是吸力为 $15 \times 10^5 \text{ Pa}$ 时的土壤含水量;吸湿系数(最大吸湿水)由凋萎系数除以 1.6 得到^[18]。不同容重下各处理的土壤水分常数见表 4。

由表 4 可知,相同处理不同容重条件下土壤水分常数差异较大。容重 $1.3 \text{ g}/\text{cm}^3$ 的饱和含水量和田间持水量平均值分别为 0.5678 、 $0.3741 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$,明显高于容重 $1.2 \text{ g}/\text{cm}^3$ 时。这是因为容重越大,土壤孔隙度越小,小孔隙比例越多,土壤对水的吸附力越强,从而使土壤持水性增大,饱和含水量和田间持水量越大。相同容重不同处理下,土壤水分常数也有显著差异。如当容重为 $1.3 \text{ g}/\text{cm}^3$ 时, T_2 处理的凋萎系数和吸湿系数平均值分别为 0.3033 、 $0.2271 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$,明显高于其他处理,说明在土壤中添加有机质,由于有机质的表面积大,土壤对水分的吸附力增加,不仅使饱和含水量、田间持水量增加,凋萎系数和吸湿系数也随之增大,生产实际中当土壤含水量较低时,有机质含量越高的土壤,作物越容易烧苗,所以在有机质较高的土壤中,必须维持一定的含水量,才能保证作物正常生长。

2.5 土壤水分有效性

土壤水的有效性是指土壤水能否被植物吸收利用及其难易程度。重力水等于饱和含水量减去田间持水量。全有效水等于田间持水量减去凋萎系数。

表 4 土壤水分常数

Table 4 The soil moisture constants

土壤容重/(g/cm ³) Soil bulk density	处理 Treatments	饱和含水量 Saturated moisture	田间持水量 Field moisture capacity	毛管断裂含水量 Capillary fracture moisture	凋萎系数 Wilting coefficient	吸湿系数 Hygroscopic coefficient
1.2	T ₁	0.456 4	0.342 0	0.222 3	0.217 8	0.117 4
	T ₂	0.593 5	0.421 3	0.273 8	0.270 3	0.173 9
	T ₃	0.575 3	0.381 5	0.248 0	0.240 5	0.156 6
	T ₄	0.495 7	0.341 5	0.222 0	0.215 0	0.171 9
	T ₅	0.513 9	0.361 8	0.235 2	0.223 2	0.158 2
	T ₆	0.555 1	0.349 5	0.227 2	0.217 3	0.154 6
1.3	T ₁	0.516 1	0.316 5	0.205 7	0.185 3	0.115 8
	T ₂	0.626 9	0.499 4	0.324 6	0.303 3	0.227 1
	T ₃	0.593 5	0.404 8	0.263 1	0.245 4	0.192 7
	T ₄	0.570 9	0.335 4	0.218 0	0.181 9	0.151 2
	T ₅	0.541 6	0.337 8	0.219 6	0.200 2	0.143 9
	T ₆	0.558 0	0.350 7	0.227 9	0.208 7	0.149 2

表 5 土壤水分有效性

Table 5 The soil moisture availability

cm³/cm³

土壤容重/(g/cm ³) Soil bulk density	处理 Treatments	重力水 Gravity water	全有效水 Fully available water	易有效水 Easy absorption of available water	难有效水 Difficult absorption of available water	无效水 Non-available water
1.2	T ₁	0.114 4	0.124 2	0.119 7	0.004 5	0.217 8
	T ₂	0.172 2	0.151 0	0.147 5	0.003 5	0.270 3
	T ₃	0.193 8	0.141 0	0.133 5	0.007 5	0.240 5
	T ₄	0.154 2	0.126 5	0.119 5	0.007 0	0.215 0
	T ₅	0.152 1	0.138 6	0.126 6	0.012 0	0.223 2
	T ₆	0.205 6	0.132 2	0.122 3	0.009 9	0.217 3
1.3	T ₁	0.199 6	0.131 2	0.110 8	0.020 4	0.185 3
	T ₂	0.127 5	0.196 1	0.174 8	0.021 3	0.303 3
	T ₃	0.188 7	0.159 4	0.141 7	0.017 7	0.245 4
	T ₄	0.235 5	0.153 5	0.117 4	0.021 1	0.1819
	T ₅	0.203 8	0.137 6	0.118 2	0.019 4	0.200 2
	T ₆	0.207 3	0.142 0	0.122 8	0.019 2	0.208 7

易有效水等于田间持水量减去毛管断裂持水量。难有效水等于毛管断裂持水量减去凋萎系数。无效水指凋萎系数以下的水^[19]。

从表 5 可知,不同容重土壤水分有效性差异较大。容重 1.3 g/cm³的重力水和全有效水平均值分别为 0.193 7、0.153 3 cm³/cm³,显著高于容重 1.2 g/cm³时,其原因同样与土壤中的小孔隙数有关。容重 1.3 g/cm³的易有效水和难有效水平均值分别为 0.131 0、0.019 9 cm³/cm³,而容重 1.2 g/cm³的易有效水和难有效水平均值分别为 0.128 2、0.007 4 cm³/cm³,容重 1.3 g/cm³的易有效水虽然略微大于容重 1.2 g/cm³的易有效水,但难有效水增加幅度远远大于易有效水。由此可知,在一定条件下,随着容重的增大,土壤持水性和土壤水分有效性反而降低。对于无效水,无论容重 1.2 g/cm³还是 1.3 g/cm³,在各处理中,T₂处理的无效水均高于其他处理,其原因与 T₂的凋萎系数和吸湿系数较高有关。

3 讨论

本试验利用 VG 模型拟合不同容重条件下不同处理的土壤水分特征曲线,残差平方和均在 10⁻⁴左右,拟合曲线和实测数据吻合较好,证明 VG 模型能够较好地模拟土壤含水量与土壤水吸力之间的关系。徐绍辉等^[20]也认为 VG 模型无论是对粗质地土壤,还是较黏质地的土壤,其拟合效果均较好。试验中相同容重不同处理条件下,土壤含水量最大的是施加 EM 有机肥,其次是施加改良剂,最小是不加任何试剂。在施加 EM 原液的处理中,随着 EM 原液稀释浓度的增加,土壤含水量有不断增大的趋势;相同处理不同容重条件下,随着容重的增大,土

壤持水性和土壤水分有效性不断降低。王磊等^[21]研究表明,施加有机肥 BGA 的土壤含水率比对照高 17.7%,其中 20~50 cm 土层的含水率增加 26%,40~60 cm 土层的含水量增加 38%,当 BGA 施加量为 150 g/株时,作物根系土壤含水量增加最多。Aggawal 等^[22]发现以作物残渣为有机肥可改善土壤水分状况,瓜胶豆、绿豆、珍珠粟的残渣以及农家肥等作物有机肥料施加在土壤中,比不添加有机肥的土壤水分含量有相应提高,其数值分别为添加瓜胶豆残渣和绿豆残渣,土壤含水量增加 30%;添加珍珠粟残渣,土壤含水量增加 23.7%;添加农家肥,土壤含水量增加 8.1%。土壤持水性受土壤孔隙的毛管引力和土壤颗粒分子引力影响,而有机质能改善土壤结构影响毛管吸力,土壤物理性粘粒影响土壤颗粒分布,所以土壤有机质和物理性粘粒对土壤水分也有较大影响。研究表明,土壤有机质与土壤有效含水量呈正相关^[23-24];土壤有效含水量与土壤中的砂粒、粉粒、粘粒含量及土壤团聚度呈密切相关^[25]。在本试验中,仅对生物有机肥对室内培养的土壤的水分特性作了分析,对生物有机肥如何影响土壤有机质含量和物理性粘粒以及此结论在田间种植作物的土壤中是否正确,还有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] PHILIP K P. Plant water relation; some physical aspects[J]. Annual Review of Plant Physiology, 1966, 17: 245-268.
- [2] 康绍忠, 刘晓明, 熊运章. 土壤-植物-大气连续体水分传输理论及其应用[M]. 北京: 水利电力出版社, 1994.
- [3] 郭凤台, 迟艺侠, 程东娟, 等. 土壤水分特征曲线试验研究[J]. 南水北调与水利科技, 2006, 4(2): 47-48.
- [4] 李开元, 李玉山. 土壤水分特征曲线的意义及其应用[J]. 陕西

- 农业科学,1991(4):47-48.
- [5] BROOKS R H, COREY A T. Hydraulic properties of porous media[M]. Fort Collins Colorado, Colorado States University, 1964.
- [6] CAMPBELL G S. A simple method for determining unsaturated hydraulic conductivity from moisture retention data[J]. Soil Science, 1974, 117(6):311-314.
- [7] MUALEM Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media[J]. Water Resources Research, 1976, 12(3):513-522.
- [8] VAN-GENUCHTER M T H. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils[J]. Soil Science Society of America Journal, 1980, 44(5):892-898.
- [9] 夏卫生, 雷廷武, 潘英华, 等. 土壤水动力学参数研究与评价[J]. 灌溉排水, 2002, 21(1):72-75.
- [10] 韩富根, 孙德梅, 刘国顺, 等. 肥料种类对烟田土壤水分状况和烟叶产质量的影响[J]. 烟草科技, 2003(10):36-38.
- [11] 徐秋明, 周军, 李亚星. 质地不同土壤上小麦氮、磷、水交互效应的比较[J]. 华北农学报, 1998, 13(2):69-74.
- [12] 刘俊渤, 华莹. 超吸水性树脂在玉米、大豆种植上的应用研究[J]. 吉林农业大学学报, 1996, 18(3):50-52.
- [13] 易玉林, 武金果, 杨首乐, 等. 有机无机肥配施对潮土某些物理性状的影响研究[J]. 土壤肥料, 1998(5):45-46.
- [14] 蔡典雄, 王小彬, KEITH S. 土壤保水剂对土壤持水特性及作物出苗的影响[J]. 土壤肥料, 1999(1):13-16.
- [15] 曹红霞, 康绍忠, 武海霞. 同一质地(重壤土)土壤水分特征曲线的研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2002, 30(1):9-12.
- [16] 李笑吟, 华兴, 张建军, 等. 晋西黄土区土壤水分有效性研究[J]. 水土保持研究, 2006, 13(5):205-211.
- [17] 肖建英, 李永涛, 王丽. 利用 Van Genuchten 模型拟合土壤水分特征曲线[J]. 地下水, 2007, 29(5):46-47.
- [18] 王晓东, 魏远强, 杨召琼. 土壤水分常数的测定方法与问题探讨[J]. 内江科技, 2010(4):30, 61.
- [19] 朱祖悼. 土壤学(上册) [M]. 北京:农业出版社, 1983.
- [20] 徐绍辉, 刘建立. 土壤水力性质确定方法研究进展[J]. 水科学进展, 2003, 14(4):494-501.
- [21] 王磊, 任树梅, 张文理, 等. 有机肥料 BGA 激活剂对日光温室土壤含水率的影响[J]. 农业工程学报, 2005(S1):228-231.
- [22] AGGAWAL R K, PRAVEEN-KUMAR, POWER J F. Use of crop residue and manure to conserve water and enhance nutrient availability and pearl millet yields in a arid tropical region [J]. Soil and Tillage Research, 1997, 41(1/2):43-51.
- [23] BERMAN D, HUDSON. Soil organic matter and available water capacity[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1994, 49(2):189-194.
- [24] HOLLIS J M, JONES R J A, PALMER R C. The effects of organic matter and particle size on the water-retention properties of some soils in the west midlands of England [J]. Geoderma, 1977, 17(3):225-238.
- [25] 李小刚. 影响土壤水分特征曲线的因素[J]. 甘肃农业大学学报, 1994, 9(3):273-278.

Using VG model to study impacts of bio-organic fertilizer on characteristics of soil moisture

YANG Hong¹ DU Hui¹ TAO Xue-juan¹ ZHU Yu-ying²

1. Information Institute of Agricultural Science and Technology, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201403, China;

2. Institute of Horticulture, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201403, China

Abstract To investigate the moisture characteristics of soil cultivated indoors by bio-organic fertilizer, effects of different fertilizer were analyzed under varied bulk density conditions. Parameters of moisture, moisture constants, and moisture availability of soil were evaluated by using VG model. The results showed that the VG model can well fit with the moisture characteristic curve of soil. Under the same bulk density with different processing conditions, applying EM organic fertilizer influenced soil moisture mostly, following by applying a soil modifier, the least is the case without any agent. As the increase of diluted concentrations of EM dope, soil moisture increased. Under different bulk density with the same processing conditions, soil moisture-keeping nature and the availability of soil moisture reduced gradually as the increase of bulk density.

Key words bio-organic fertilizer; moisture characteristic curve of soil; bulk density; soil water content; VG model

(责任编辑:陆文昌)