

保水剂对土壤持水性能影响的模拟研究

党秀丽, 张玉龙, 黄毅

(沈阳农业大学土地与环境学院, 沈阳 110161)

摘要: 通过室内模拟试验, 利用正交回归设计研究了丙烯酸盐类保水剂对土壤持水性能的影响, 并推导出土壤有效水含量与土壤质地、保水剂粒径及其使用剂量关系的数学模型。结果表明: 土壤质地、保水剂用量对土壤有效水含量的影响达到极显著水平, 而保水剂粒径对土壤有效水含量的影响不显著。保水剂颗粒与土壤质地、与保水剂用量成负效应, 保水剂用量与土壤质地成正效应。这一数学模型可以用于指导该类保水剂在生产的使用。

关键词: 保水剂; 土壤; 持水性能; 模拟

中图分类号: S152.7+1

文献标识码: B

文章编号: 1002-6819(2005)04-0191-02

党秀丽, 张玉龙, 黄毅 保水剂对土壤持水性能影响的模拟研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(4): 191-192

Dang Xiuli, Zhang Yulong, Huang Yi Modeling of the effect of super absorbent polymer on soil moisture[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(4): 191-192 (in Chinese with English abstract)

0 引言

在农业抗旱节水方面, 化学制剂的作用已越来越引起国内外专家和农民的重视^[1-5]。利用土壤保水剂节水增产是缓解中国水资源短缺的一种新途径和新方法^[6-8]。国内外研究表明, 保水剂施入土壤后具有明显的节水、增产效果^[9,10]。影响保水剂效应发挥的因素很多, 如土壤质地、土壤 pH 值、离子浓度、温度、保水剂使用方法、使用量、保水剂颗粒大小等。前人关于这方面的研究大都局限于单因素, 而对多因素交互作用的研究尚未见报导, 尤其是对粒径配比效应的研究还很少。粒径不同导致保水剂吸收与释放水分的速率不同, 粗粒径吸水速度快, 短时间内即可达到吸水饱和状态, 但是当处于水分胁迫状态时, 向外释放水分的速度也很快, 表现出吸水快释水也快的特点。而细粒径吸水速度较慢, 水分向外释放的也较慢, 所以粗细粒径配合施用可以很好地调节保水剂的吸水与释水性能, 使得保水剂既能在短时间内充分吸水, 又能缓慢地将水分释放出来供作物整个生长季使用。因此, 针对不同质地的土壤, 选择合适的保水剂粒径配比及适宜的施用量, 不仅能达到最佳的保水、增产效果, 还能降低经济成本。为此, 本文从保水剂市场中选择了成本低、性能好的丙烯酸盐类产品作为研究对象, 从土壤质地、保水剂粒径配比、保水剂用量等几个方面对保水剂的持水性能进行研究, 以期在生产上合理施用保水剂提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤及其基本性质

1) 棕壤, 采自沈阳农业大学试验地;

2) 风沙土, 采自辽宁省阜新县。

所取土壤均为表层 0~20 cm。

1.2 供试保水剂

本试验使用的保水剂为大连西沃特公司生产的聚丙烯酸盐, 有大、小颗粒两种。粗颗粒粒径为 0.840 mm, 容重 1.3 kg/m³,

吸水倍率 800 mL/g (纯水), pH 值 6.5; 细颗粒粒径为 0.177 mm, 容重 0.9 kg/m³, 吸水倍率 400 mL/g (纯水), pH 值 6.5。

2 试验设计

试验采用 3 因素 5 水平正交回归设计, 其处理编码值如表 1 所示。试验在室内进行, 共 17 个处理, 每个处理 3 次重复。试验前已测得棕壤 2~0.02 mm 颗粒所占的比例为 42%, 风沙土 2~0.02 mm 颗粒所占的比例为 83%, 用这两种不同质地土壤配制成不同质地的供试土壤, 混合土重 4 kg。按正交回归试验设计将配制好的保水剂与土壤混合均匀装入盆钵中 (盆钵内径 20.2 cm, 高 19.4 cm), 灌水使其饱和, 然后在自然条件下风干, 用环刀在同一时间采集各处理盆钵内原状土样。用压力板法测定 100 kPa 土水势所对应的含水量, 将该含水量和最大毛管含水量二者之差记为本试验的有效水含量 (Y), 并建立表达有效水含量 (Y) 与保水剂粒径配比 (X₁)、土壤砂粒 (2~0.02 mm) 百分含量 (X₂)、保水剂用量 (X₃) 之间相互关系的数学模型。

表 1 各因素编码值的保水剂用量

Table 1 Code of each factor and the dosage of super absorbent polymer

因素 编码	保水剂 粗粒百分数 X ₁ /质量 %	土壤砂粒百分数 X ₂ (0.02~2 mm) /质量 %	保水剂用量 X ₃ /g·kg ⁻¹ 土
- 1.353	2.94	43.5	0.9705
- 1	10.00	48.6	1.5000
0	30.00	62.8	3.0000
1	50.00	77.1	4.5000
1.353	57.06	82.1	5.0300
变化区间(Δ)	20	14.25	1.5

3 结果与分析

按照正交回归试验设计进行试验, 所得结果见表 2。

表 2 不同处理的土壤有效水含量

Table 2 Soil available water capacity of different treatments cm³/cm³ × 100

试验号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Y	23.5	25.4	16.0	26.8	22.8	25.7	15.8	18.4	21.1
试验号	10	11	12	13	14	15	16	17	
Y	15.1	29.2	16.5	21.6	29.6	30.6	28.4	29.5	

收稿日期: 2004-11-26 修订日期: 2005-01-25

基金项目: 国家 863 计划(2002AA 6Z3321)资助项目

作者简介: 党秀丽(1976-), 女, 辽宁沈阳人, 博士, 主要从事土壤改良与农业环境保护研究工作。沈阳 沈阳农业大学土地与环境学院, 110161

通讯作者: 张玉龙(1954-), 男, 辽宁沈阳人, 教授, 主要从事土壤改良与农业环境保护研究工作。沈阳 沈阳农业大学土地与环境学院, 110161



以三元二次多项式拟和保水剂粒径 (X_1)、土壤质地 (X_2)、保水剂用量 (X_3) 与土壤有效水含量 (Y) 的关系, 得到回归方程为:

$$Y = 28.21 - 1.47X_1 - 3.22X_2 + 2.49X_3 - 1.03X_1X_2 - 0.90X_1X_3 + 1.08X_2X_3 - 4.62X_1^2 - 2.03X_2^2 - 0.52X_3^2 \quad (1)$$

F 检验结果表明: $F_{\text{回}} = 5.91 > F_{0.05} = 3.68(9, 7)$, 即该方程达到显著水平, 说明上述回归方程式能很好地反映出土壤有效水含量与保水剂粒径、土壤质地、保水剂用量之间的关系。通过对该方程进行显著性检验可知, X_2, X_3, X_1^2 对方程影响极显著, 其余各项对方程影响都不显著。说明土壤质地、保水剂用量对土壤有效水含量的影响是最显著的。方程的一次项系数表示单因素对土壤有效水含量的影响, 一次项系数为正表示正效应, 一次项系数为负表示负效应。从该方程一次项来看, 保水剂颗粒大小、土壤质地与土壤有效水含量成反比; 保水剂用量与土壤有效水含量成正比。交互项表示两因素组合在一起的效果, 从交互项可知: 保水剂颗粒与质地、与保水剂用量成负效应, 即在保水剂颗粒一定的情况下, 土壤质地越粗, 保水剂用量越多, 土壤有效水越少; 保水剂用量与土壤质地成正效应, 即在保水剂用量一定的情况下, 土壤质地越砂, 保水效果越明显。这是因为保水剂施入土壤后可以改善土壤结构, 促进土壤微团聚体的形成, 而这种效果对结构不良的风沙土较为明显^[12]。

本试验模型中的二次项系数都小于零, 说明各指标都存在一个值, 使得土壤有效水含量达到最大。这说明保水剂在施用时的粒径、土壤质地、保水剂用量都有一个适宜的值, 超过这个值土壤有效水含量反而下降。一般认为, 施用量过少, 达不到预期效果, 而过大会提高成本, 而且会在水分少时与作物发生争水矛盾, 或是使土壤气相部分过少, 造成湿害^[13]。闫德仁等根据保水剂的施用量研究了其保水效果, 有的研究表明保水剂用量越大, 保水效果越好^[14]。而有些研究认为适量保水剂和土壤的充分混合具有明显的保水效果, 但随着土壤中保水剂用量的增加, 保水效果并没有表现出增加的趋势^[15-19]。可见适当的使用量就可以达到理想的保水效果, 因为土壤中提供给保水剂的水分是有限的, 即使是在有效降水的条件下, 也不可能满足保水剂吸水能力的要求。因此合理的施用方法比保水剂用量多少更具有实际意义。方程(1)是码值方程, 将其转换为实际用量方程为:

$$Y = -105.82 + 7.174X_1 + 0.986X_2 + 0.774X_3 - 0.004X_1X_2 - 0.030X_1X_3 + 0.051X_2X_3 - 0.116X_1^2 - 0.010X_2^2 - 0.231X_3^2 \quad (2)$$

在生产中, 如果能确定一个因素, 例如土壤质地, 那么根据该方程就可以求出另外两个因素取何值时土壤有效水含量有最大值。

4 结论

利用正交回归设计试验求得的保水剂粒径、土壤质地、保水剂用量与土壤有效水含量的关系的数学模型, 可为生产上根据土壤质地合理地确定该类保水剂颗粒大小及其用量提供依据。

【参考文献】

- [1] 吴德瑜 保水剂与农业[M]. 北京: 中国农业出版社, 1991.
- [2] 邹新禧 超强吸水剂[M]. 北京: 化学工业出版社, 1998.
- [3] 吴景社 国外节水农业技术现状与发展趋势[J]. 世界农业, 1994, 1: 36-38.
- [4] 王一鸣 农业化学抗旱节水技术的研究应用[J]. 中国农业气象, 1996, 17(2): 41-43.
- [5] 张坚强, 刘作新 化学制剂在节水农业中的应用效果[J]. 灌溉排水, 2001, 20(3): 73-75.
- [6] 杜太生, 康绍忠, 魏华 保水剂在节水农业中的应用研究现状与展望[J]. 农业现代化研究, 2000, 21(5): 317-320.
- [7] 王一鸣 保水剂在我国农业中的试验研究与应用[J]. 中国农业气象, 2000, 21(1): 49-51.
- [8] 李云开, 杨培岭, 刘洪禄 保水剂农业应用及其效应研究进展[J]. 农业工程学报, 2002, 18(2): 182-187.
- [9] 李景生, 黄韵珠 土壤保水剂的吸水保水性能研究动态[J]. 中国沙漠, 1996, 6(1): 86-88.
- [10] 黄占斌, 张国栋, 李秧秧, 等 保水剂特性测定及其在农业中的应用[J]. 农业工程学报, 2002, 18(1): 22-26.
- [11] 谢伯承, 薛绪掌, 王纪华, 等 保水剂对土壤持水性状的影响[J]. 水土保持通报, 2003, 23(6): 44-46.
- [12] 冯金朝 土壤保水剂对沙地农作物生长的影响[J]. 干旱地区农业研究, 1993, 11(2): 36-40.
- [13] 刘作新 低山丘陵半干旱区农业可持续发展研究[M]. 科学出版社, 2000, 114-119.
- [14] 闫德仁, 贺占彪, 任建民, 等 保水剂保水效果试验研究[J]. 内蒙古林业科技, 2003(4): 8-10.
- [15] 马焕成, 陈义群, 林文杰 保水剂的吸水性和保水特性研究[J]. 西部林业科学, 2004, 33(2): 69-72.
- [16] 史兰波, 李云荫 保水剂在节水农业中的应用[J]. 生态农业研究, 1993, 1(2): 89-93.
- [17] 康玲玲, 杨艳春, 魏义长, 等 PAMN 保水剂施用量与施用方法对作物出苗率的影响[J]. 河南农业科学, 1998(7): 17-18.
- [18] Arthur Wallace, Gam A Wallace Effects of soil conditioners on emergence and growth of tomato, cotton and lettuce seedling[J]. Aust J Soil Res, 1997, 29: 324-327.
- [19] Silberbush M. Use of an hydrophilic polymer to improve water storage and availability to crops grown in sand dunes. I Corn irrigated by trickling[J]. Agricultural Water Management, 1993, 23: 303-313.

Modeling of the effect of super absorbent polymer on soil moisture

Dang Xiuli, Zhang Yulong, Huang Yi

(Land and Environment College, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

Abstract The effect of acrylic acid super absorbent polymer on the soil water content using regression orthogonal design experiment at indoor laboratory was studied. The mathematics model for the relationships among soil available water content with soil texture, particle diameter and dosage of super absorbent polymer (SAP) was deduced. The result shows that the effect of soil texture and dosage on soil available water content is significant, but the effect of particle diameter of water-holding reagent (SAP) on soil available water is not significant. Therefore, this type of super absorbent polymer can be used rationally in production based on the mathematics model.

Key words: super absorbent polymer; soil; water-holding capability; model