

不同质地土壤应用保水剂效果研究

范 富, 侯迷红, 张庆国, 苏雅乐, 彭 靖

(内蒙古民族大学 农学院, 内蒙古 通辽 028043)

摘要: 通过盆栽试验,对保水剂在砂土、壤土和粘土上的保水效果进行了研究,结果表明:(1)对于土壤水吸力变化而言,砂土、壤土分别添加保水剂(SAP)5 g 和 10 g(即处理 B5 和 B10)均低于不添加 SAP(处理 B0),但随着 SAP 用量的增加,水吸力并没有表现出减小的趋势,砂土均 < 30.4 kPa,壤土均 < 80 kPa;粘土在低水吸力范围内与砂土、壤土相似, > 30 kPa 各处理效果不明显。(2)对于土壤含水量而言,砂土的 B10 处理在含水量上显著高于其它处理,然而综合考虑水吸力和含水量时,砂土在 < 15 kPa 水吸力范围内, B10 处理虽供水性较强,但土壤持水性变差, B1 处理持水性较好,供水性在作物可利用范围内;壤土的处理效果不如砂土,壤土在同一水吸力下,处理 B5 含水量始终处于较高水平,均高于 19%,且在 < 30 kPa 的吸力范围有较高的持水性和供水性;粘土土壤水吸力与含水量二者的关系相对比较复杂, B5 处理在不同吸力范围内出现相反的保水效果,其机理有待进一步研究。

关键词: 保水剂;土壤质地;土壤含水量;土壤水吸力;持水性;供水性

中图分类号: S156.2; S152.7 **文献标志码:** A

Application effect research on super absorbent polymers in different texture soils

FAN Fu, HOU Mi-hong, ZHANG Qing-guo, SU Ya-le, PENG Jing

(College of Agronomy, Inner Mongolia University for Nationalities, Tongliao, China 028043)

Abstract: The effects of super absorbent polymer(SAP) in different texture soils (sand, loam and clay) were studied through the pot experiments. The results showed that: (1) For the change of soil water suction, the treatments as B5 (added 5 g of SAP) and B10(added 10 g of SAP) were total lower than the CK as B0 without SAP in sand and loam soils. But with the increase of SAP, the water suction was not showed the reduce trend, for the sand soil it was total < 30.4 kPa and for the loam soil it was total < 80 kPa. The clay soil was showed the similar change of sand soil within the lower scope of water suction. The effect of each treatment was showed not obvious when the water suction was more than 30 kPa. (2) For the soil moisture content, the treatment as B10 of sandy soil was significantly higher than other treatments. However, when comprehensively considered the water suction and water content, though the soil moisture supply properties was stronger for the treatment as B10 in sand soil less than 15 kPa of water suction, but the soil moisture retention property was become poor. For the treatment as B1, the water retention property was rather good, soil moisture supply property was kept in water available scope for crop. The effect of treatment for loam soil was less than the sand soil, under the same water suction of loam soil, the water content of treatment as B5 was throughout at the high level, total was > 19%, also showed rather high soil moisture retention and water supply properties at less than 30 kPa. Both the relationships of soil water suction and water content in clay soil was relatively complex. The treatment as B5 was showed in opposite effects of water retention property at different water suction range, its mechanism was needed for further research.

Keywords: super absorbent polymer(SAP); soil texture; soil moisture content; soil water suction; soil moisture retention properties; water supply properties

我国是水资源相当贫乏的国家,被列为世界 13 个贫水国家之一^[1]。我国的旱地主要分布于秦岭及

昆仑山以北。旱地总面积约 42 万 km²,约占国土面积的 53%,占全国耕地面积的 51%,干旱地区多年

平均降水量不足 200 mm,为全国平均降水量的 1/3,年降水总量约为 6 000 亿 m^3 ,约占全国降水总量的 1/10,缺水干旱是影响本地区农业均衡增产的主要因素,是我国各类气象灾害中发生频率最高的一种^[2-3]。

我国北方干旱地区水资源短缺,所以如何提高水分利用率一直是研究的热点^[4]。在节水农业研究中,工程措施和生物措施进行得比较充分,也取得了很大成效,但节水农业是一项复杂的系统工程,涉及很多方面,目前应用少量的化学控制剂进行农业防旱抗旱已愈来愈引起国内外专家的高度重视。保水剂的应用就是一项重要的节水抗旱技术,是目前节水研究的一种新途径和新方法^[5-6]。在农林业上应用的高吸水性树脂(super-absorbent hydrogel),在我国统称为保水剂(super absorbent polymers,简称 SAP),是一类新型的有机高分子聚合物^[2]。这类高聚合物分子具有溶胀比大、吸水速度快、保水能力强、释水性能好、供水时期长等特点。有研究表明,土壤含水量和土壤持水性能都随着保水剂用量的增加而增大,但并不是用量越大就越好,而有一个适宜的范围,以 $30 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 用量效果最好^[5,7-8]。另有试验表明,在风沙土中保水剂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^[8]。适量保水剂和土壤的充分混合具有明显的保水效果,土壤中加入过多的保水剂,对土壤和作物无益。在黄绵土(沙壤土)和瘠土(重

壤土)的试验中,0.01 ~ 1.5 MPa 土壤水吸力范围内,能显著提高土壤持水容量,从而增加作物可利用的有效水分含量,且沙壤土较重壤土效果好,吸水倍率也相差高达 10% ~ 15%^[9-14],重壤土较沙壤土的保水性能强,但加入保水剂后的沙壤土保水作用较重壤土更显著^[15-16]。

关于保水剂在沙土、沙壤土和重壤土等质地土壤中的保水效果探讨的研究已比较多,然而目前保水剂种类繁多,应用范围不同,在不同的气候、地区,有着不同质地的土壤,这会导致很多试验结果相互矛盾,应用已有的研究结果不能大范围推广普及;另外在以往保水剂研究中,对水吸力和含水量两个指标综合考虑的比较少。针对这些问题,本文将探讨一种引自目前日本新型研制的 SA50II 型保水剂产品在沙土、壤土及粘土三种不同质地上的保水效果,以期为保水剂在不同土质、不同地区的应用研究提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试土壤分别来源于:砂土,内蒙古通辽市科尔沁郊区沙地;壤土,内蒙古民族大学农学院试验田耕作层 0 ~ 20 cm;粘土,内蒙古民族大学农学院试验田粘土层 30 ~ 60 cm。每种土样分别取 3 个样品,进行机械组成和部分基本理化性状分析,根据国际制土壤质地分类标准测定供试土壤基本性质见表 1。

表 1 供试土壤基本性质

Table 1 Basic properties of test soils

土壤质地 Soil texture	各级颗粒含量 Each particle content/%			土壤含水量 Soil moisture content /%	有机质 Organic matter /($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	土壤容重 Soil bulk density /($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)
	砂粒 Sand 2 ~ 0.02 mm	粉粒 Silt 0.02 ~ 0.002 mm	粘粒 Clay particle < 0.002 mm			
砂土 Sand	91.41	0.33	8.25	1.3	6.86	1.61
壤土 Loam	47.75	27.69	24.56	23.0	17.89	1.57
粘土 Clay	12.79	36.52	50.69	28.2	19.35	1.48

本试验所采用保水剂为日本住友精化株式会社提供的 Sumitoseika SA50II 型保水剂,它是一种高度亲水性高分子聚合物,产品为白色粉末状,粒径在 0.23 ~ 0.40 mm 之间,吸水倍率为 $280 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$,酸碱性和中性。

1.2 试验方法与设计

本试验选择二因素完全随机的盆栽模拟田间试验,A 因素为不同质地的土类,包括砂土(A1)、壤土(A2)、粘土(A3);B 因素为不同用量保水剂,每个花盆即 4 kg 土壤中分别加入 1, 3, 5, 10 g 保水剂作为

不同的处理,即 B0(0 g)、B1(1 g)、B3(3 g)、B5(5 g)、B10(10 g)。试验设计如下:取 45 个相同规格(160 mm × 220 mm)的花盆模拟耕层,下端垫上三层滤纸,滤纸外面再包上一层医用纱布,将 4 kg 土壤、不同用量保水剂充分搅拌均匀,按 $1.53 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 容重先装入 3 kg 土放入花盆,上层用 1 kg 混前土作为表土,覆盖在混合物上方,以防止保水剂外露。试验实施前先取部分三种质地土样进行机械组成分析及常规养分的测定。以不加保水剂的花盆作为对照,每种土壤 5 个处理,重复 3 次。试验始于 2012 年 5 月 1

日,于 2012 年 5 月 31 日结束。在未浇水前和浇水至田间持水量(即浇透后)以及试验期间(不再浇水但需记录天气变化,如阴天、降水等)每天均进行含水量和水吸力的测定。

1.3 测定项目与方法

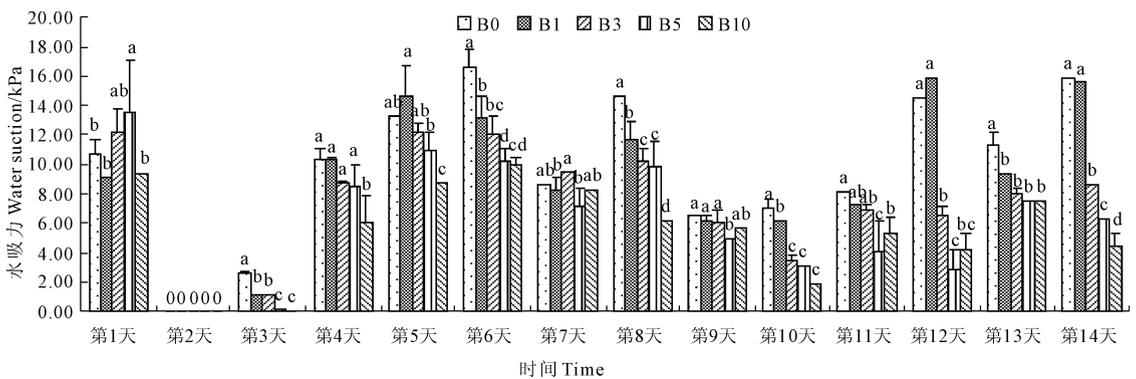
简易比重计法(鲍氏比重计)测定机械组成,以国际制土壤质地分类标准进行粒级分级^[16];SM-1 型土壤水势监测器测定土壤水吸力(kPa),仪器测定数值范围为土壤低吸力段(即 < 100 kPa),但田间作物可吸收的土壤水大部分在可测范围内;用 Hydra 土壤水分/盐分/温度计测定土壤容积含水量(%);环刀-质量法测容重($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$);试验期间通过水分速测仪监测各处理水分含量,每变化 3~4 个单位测定一次土壤水势。

2 结果与分析

2.1 不同质地土壤的水吸力变化

由图 1、2、3 可知,三种质地土壤在试验期间沙

土的水吸力均 < 30.4 kPa,其土壤水始终为有效态水,其中除了第 1 天(此时还未浇透)B5 处理的水吸力显著高于对照,其它均低于对照;壤土除了第 8 天(降雨后)B3 处理显著高于对照外,其它均低于对照,第 7 天的水吸力高达 40.52 kPa,小于对照值 B0 处理的 70 kPa;第 14 天 B5 处理达到 60 kPa,B1、B3、B10 处理超过 75 kPa,均小于对照值 B0 处理的 80 kPa;粘土水吸力变化比较复杂,分别在第 1 天的 B5、第 4 天的 B1、第 7 天的 B5 和 B10、第 12 天的 B1、第 13 天的 B3、第 14 天的所有处理水吸力值均显著高于对照,水吸力值在干湿交替过程中变化比较剧烈,第 1 天从干到湿减少倍数近 20 倍,第 4 天从湿到干增加倍数近 18 倍,第 9 天从干到湿减少 6 倍以上,第 6、13、14 天粘土水吸力超过 30.4 kPa。沙土总体上在由湿到干的过程中处理 B1 与对照差异不显著,B5 与 B10 无差异性;壤土总体上由湿到干的过程中 B10 处理显著低于其它各处理。



注:标有不同小写字母者表示组间差异显著($P < 0.05$)。下同。

Note: The lowercase letters express the significance difference within each group($P < 0.05$). The same below.

图 1 沙土水吸力变化

Fig. 1 The change of water suction in sandy soil

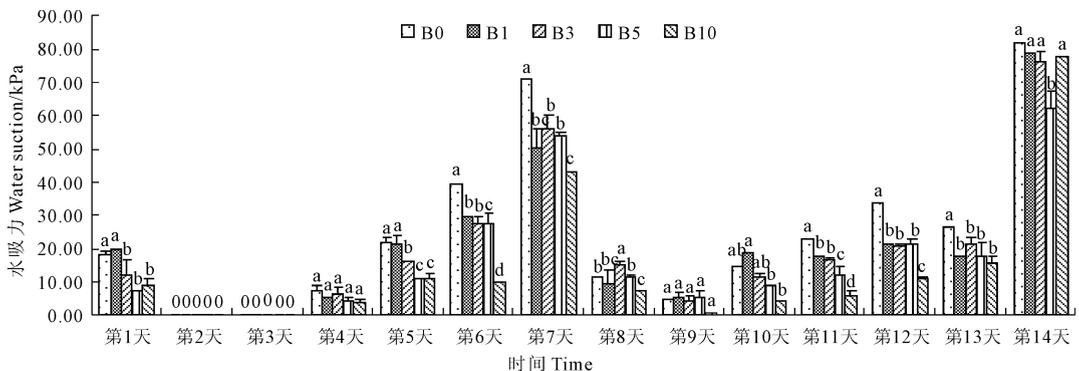


图 2 壤土水吸力变化

Fig. 2 The change of water suction in loam soil

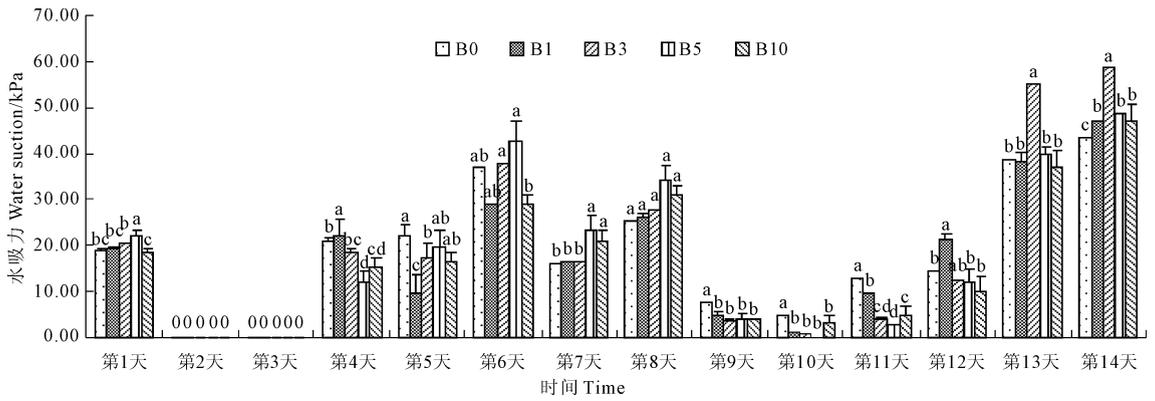


图3 粘土水吸力变化

Fig.3 The change of water suction in clay soil

通过表2可以了解到不同质地土壤与不同保水剂用量处理组合之间土壤水吸力的互作效应。在试验期间总体上呈现沙土和B3、B5、B10三种保水剂用量混合后土壤水吸力较其它处理组合显著减小,且这三种用量之间无明显差异性;在空气湿度较低情况下,壤土和B10用量的保水剂混合或许可以使土壤水吸力减小;而粘土与保水剂的规律性不如其它组合。

2.2 不同质地土壤的含水量变化

由图4、5、6可知,经保水剂处理后,沙土总体上

在浇透以后的含水量均比浇透前(即土剂混匀后未浇水)的含水量高,平均增加9.73倍,第2、3、4、6天增加倍数平均达到16.27,其它时间的测定值也达到7倍以上,最小的为3.67倍;壤土在浇透以后的含水量比浇透前的含水量增长幅度不大,平均为1.11倍,在第8天和第15天呈现负增加,且图5中显示第15天的土壤含水量达到壤土的毛管破裂含水量19%(即田间持水量的70%);粘土在浇透以后的含水量均比浇透前的含水量高,平均增加1.48倍。且粘土在第5、6、7、8、9、14、15天的土壤含水量

表2 不同质地土壤应用保水剂处理的水吸力比较

Table 2 The comparison of water suction for different texture soils by using SAP

处理 Treatment	05-03 第1天	05-09 第4天	05-11 第6天	05-13 第8天*	05-16 第10天	05-18 第12天	05-24 第14天
A1B0	10.62 ± 1.05d	10.38 ± 0.68de	16.61 ± 1.21c	14.62 ± 0.00b	7.04 ± 0.59cdef	14.52 ± 0.00de	15.86 ± 0.00d
A1B1	9.05 ± 0.00de	10.23 ± 0.24de	13.11 ± 1.50c	11.67 ± 1.28bc	6.18 ± 0.00cdef	15.86 ± 0.00cd	15.52 ± 0.00d
A1B3	12.17 ± 1.57cd	8.72 ± 0.20ef	12.06 ± 1.24c	10.17 ± 0.92bc	3.51 ± 0.31ef	6.49 ± 0.67fg	8.65 ± 0.00e
A1B5	13.50 ± 3.58c	8.53 ± 1.40ef	10.17 ± 0.98c	9.83 ± 1.76bc	3.15 ± 0.00f	2.83 ± 1.34g	6.28 ± 0.00e
A1B10	9.39 ± 0.00de	6.03 ± 1.88fg	10.04 ± 0.45c	6.21 ± 0.00c	1.86 ± 0.00f	4.19 ± 1.19g	4.41 ± 0.95e
A2B0	18.39 ± 0.69b	7.32 ± 1.83fg	39.53 ± 0.00a	11.44 ± 0.00bc	14.82 ± 0.13b	33.47 ± 0.00a	81.88 ± 0.00a
A2B1	19.82 ± 0.00ab	5.19 ± 0.20g	29.70 ± 0.00b	9.66 ± 3.82bc	18.88 ± 0.00a	21.60 ± 0.00b	78.68 ± 0.00a
A2B3	12.01 ± 4.88cd	6.36 ± 1.94fg	27.73 ± 1.79b	15.07 ± 1.03b	11.41 ± 1.26ab	20.84 ± 0.31b	76.57 ± 2.64a
A2B5	7.09 ± 0.00e	4.47 ± 1.03g	27.58 ± 3.05b	11.61 ± 0.38bc	8.76 ± 0.00c	21.19 ± 2.11b	62.47 ± 4.68b
A2B10	9.27 ± 1.40de	4.18 ± 0.48g	10.14 ± 0.00c	7.69 ± 0.00c	4.33 ± 0.00cd	10.65 ± 0.92ef	77.53 ± 0.01a
A3B0	18.70 ± 0.46b	20.98 ± 0.85b	36.82 ± 0.00a	25.42 ± 0.00a	4.76 ± 0.00cde	14.41 ± 0.00fg	43.51 ± 0.00c
A3B1	19.15 ± 0.46ab	22.10 ± 3.46a	28.72 ± 0.42b	25.80 ± 1.08a	1.16 ± 0.00def	21.21 ± 1.34bc	47.06 ± 0.00c
A3B3	20.30 ± 0.26ab	18.59 ± 0.40b	37.77 ± 0.00a	27.66 ± 0.00a	0.61 ± 0.00ef	12.58 ± 0.00de	58.67 ± 0.00b
A3B5	22.31 ± 0.91a	12.33 ± 1.98d	42.39 ± 4.80a	34.37 ± 3.12a	0.06 ± 0.00ef	12.05 ± 3.05ef	48.82 ± 0.00c
A3B10	18.42 ± 1.11b	15.43 ± 1.66c	28.67 ± 2.34b	30.87 ± 2.22a	3.09 ± 1.74f	10.05 ± 2.96fg	47.06 ± 3.87c

注:不同小写字母表示同列0.05水平上差异显著;*表示第8天未达到0.05水平差异显著性,sig.=0.093;第1天未浇水,第7天降雨,第8、9天阴天。

Note: The lowercase letters indicate significance difference within each row at P < 0.05; * indicate not significance difference at P < 0.05 at 8th days, sig. = 0.093; The first day was not watering, seventh days was rainfall, eighth and ninth days were cloudy.

低于粘土的毛管破裂含水量(28%)。

从含水量这个单项因子来分析,在整个试验过程中:(1) B10 处理均在沙土的毛管破裂含水量

(7%)以上, B10 处理显著高于对照及其它各个处理;(2) 壤土各处理间均无显著性差异;(3) 粘土各保水剂处理下含水量均与对照差异不显著。

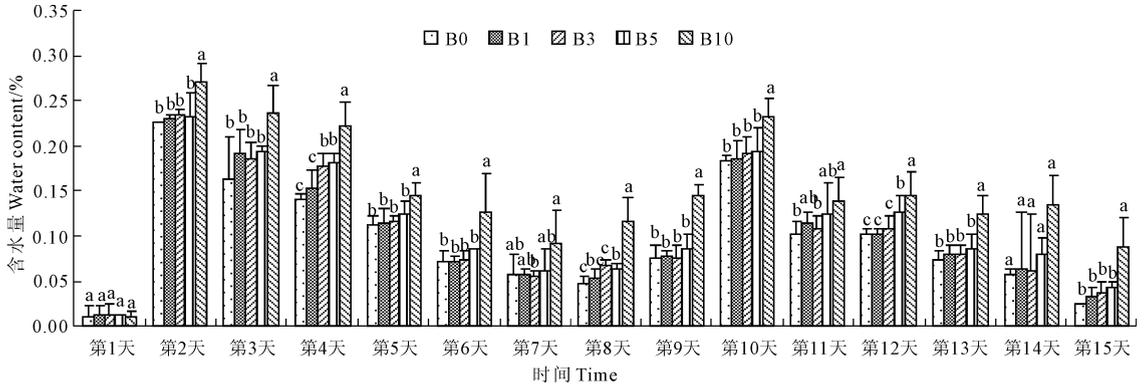


图 4 沙土含水量变化

Fig.4 The change of water moisture content in sandy soil

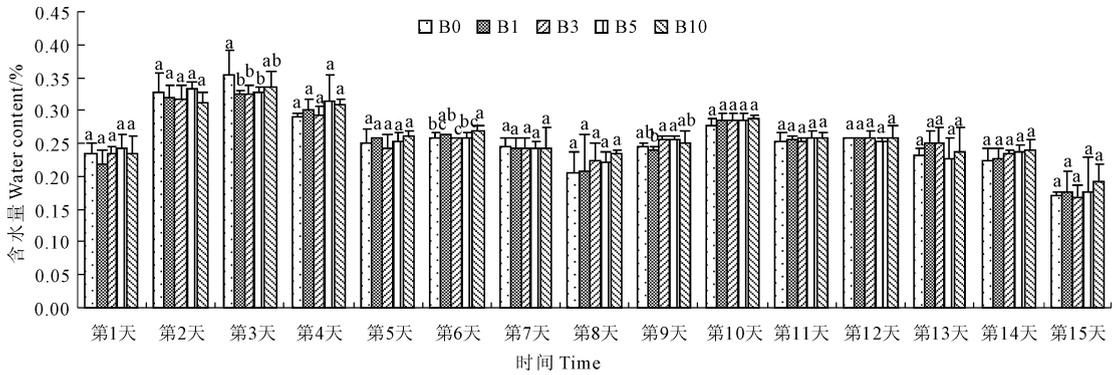


图 5 壤土含水量变化

Fig.5 The change of water moisture content in loam soil

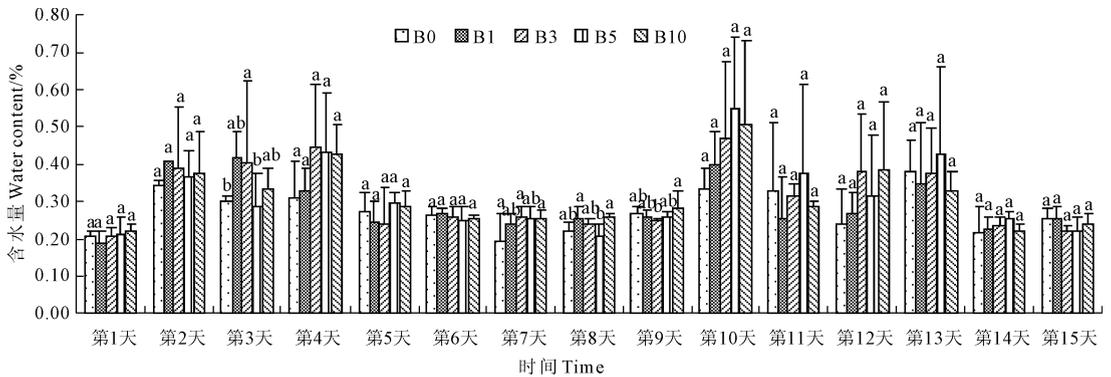


图 6 粘土含水量变化

Fig.6 The change of water moisture content in clay soil

通过表 3 可以了解到不同质地土壤与不同保水剂用量处理组合之间土壤含水量的互作效应。试验期间除了在空气湿度较低情况下(即在第 6 天和第 14 天),粘土和壤土与保水剂混合后的含水量显著高于沙土的外,其它天气条件下各处理组合间在 0.05 水平上差异均不显著。

2.3 不同质地土壤的水吸力和含水量的相关性分析
由表 4 可知,(1) 沙土的土壤含水量与土壤水吸力呈负相关性,第 4、6 天达显著水平,第 5 天呈极显著,第 7 天不显著。(2) 壤土只在第 4 天(土壤处于 < 30 kPa 吸力范围)呈极显著负相关性,其它则是负相关,但不显著(第 6、7 天水吸力接近或超过 30

kPa)。(3) 粘土只在第 7 天(土壤处于 < 30 kPa 吸力 范围)有显著负相关性,其余则不显著。

表 3 不同质地土壤应用保水剂处理的含水量比较

Table 3 The comparison of soil moisture contents for different texture soils by using SAP

处理 Treatment	05-03 第 1 天*	05-03 第 2 天*	05-08 第 4 天*	05-10 第 6 天	05-12 第 8 天	05-14 第 10 天*	05-17 第 12 天*	05-19 第 14 天
A1B0	0.011 ± 0.012f	0.225 ± 0.000e	0.141 ± 0.006e	0.071 ± 0.012f	0.046 ± 0.010e	0.183 ± 0.006d	0.102 ± 0.006e	0.057 ± 0.006d
A1B1	0.013 ± 0.010f	0.230 ± 0.006e	0.152 ± 0.020c	0.071 ± 0.006f	0.053 ± 0.010e	0.185 ± 0.020d	0.104 ± 0.006e	0.064 ± 0.062d
A1B3	0.013 ± 0.011f	0.234 ± 0.006e	0.177 ± 0.015c	0.073 ± 0.010f	0.067 ± 0.006e	0.192 ± 0.017d	0.108 ± 0.015e	0.062 ± 0.062d
A1B5	0.013 ± 0.000f	0.232 ± 0.026c	0.181 ± 0.012c	0.086 ± 0.000f	0.064 ± 0.006e	0.194 ± 0.025d	0.126 ± 0.020de	0.079 ± 0.017d
A1B10	0.011 ± 0.006f	0.272 ± 0.020bc	0.223 ± 0.025bc	0.126 ± 0.044e	0.117 ± 0.025d	0.232 ± 0.020d	0.146 ± 0.026de	0.135 ± 0.032c
A2B0	0.236 ± 0.015ab	0.327 ± 0.030ab	0.290 ± 0.006b	0.261 ± 0.006abc	0.206 ± 0.031bc	0.279 ± 0.010cd	0.259 ± 0.000abc	0.224 ± 0.017ab
A2B1	0.220 ± 0.021abc	0.320 ± 0.020ab	0.302 ± 0.015b	0.265 ± 0.000ab	0.209 ± 0.055bc	0.286 ± 0.010cd	0.259 ± 0.000abc	0.229 ± 0.015ab
A2B3	0.234 ± 0.012ab	0.317 ± 0.021ab	0.295 ± 0.012b	0.259 ± 0.000abc	0.224 ± 0.026abc	0.286 ± 0.010cd	0.259 ± 0.010abc	0.234 ± 0.006ab
A2B5	0.245 ± 0.020a	0.333 ± 0.010ab	0.315 ± 0.040b	0.261 ± 0.006abc	0.222 ± 0.015abc	0.286 ± 0.010cd	0.254 ± 0.006bc	0.238 ± 0.010ab
A2B10	0.234 ± 0.029ab	0.313 ± 0.017ab	0.311 ± 0.006b	0.270 ± 0.006a	0.234 ± 0.006ab	0.288 ± 0.006cd	0.261 ± 0.015abc	0.240 ± 0.015a
A3B0	0.205 ± 0.015de	0.341 ± 0.017ab	0.312 ± 0.095b	0.263 ± 0.025abcd	0.225 ± 0.020abc	0.333 ± 0.056cd	0.239 ± 0.096cd	0.217 ± 0.070b
A3B1	0.188 ± 0.035e	0.406 ± 0.000a	0.329 ± 0.061b	0.266 ± 0.015abcd	0.254 ± 0.036ab	0.399 ± 0.089bc	0.266 ± 0.057bc	0.227 ± 0.032ab
A3B3	0.205 ± 0.025de	0.389 ± 0.162a	0.447 ± 0.167a	0.258 ± 0.025bcd	0.242 ± 0.015abc	0.469 ± 0.210ab	0.377 ± 0.161ab	0.234 ± 0.025ab
A3B5	0.213 ± 0.047cde	0.367 ± 0.070ab	0.432 ± 0.159a	0.249 ± 0.035d	0.208 ± 0.035c	0.548 ± 0.189a	0.319 ± 0.159abc	0.254 ± 0.020ab
A3B10	0.225 ± 0.017bcd	0.374 ± 0.117ab	0.430 ± 0.074a	0.256 ± 0.006cd	0.258 ± 0.012a	0.510 ± 0.222ab	0.384 ± 0.180a	0.222 ± 0.015ab

注:小写字母表示同列 0.05 水平上差异显著; * 分别表示第 1、2、4、10、12 天未达到 0.05 水平差异显著性, sig. 值分别为 0.610, 0.716, 0.373, 0.298, 0.411; 第 1 天未浇水, 第 8 天降雨, 第 9、10 天阴天。

Note: The lowercase letters indicate significance difference at $P < 0.05$ within each row; * indicate not significance difference at $P < 0.05$, sig. was 0.610, 0.716, 0.373, 0.298, 0.411 respectively; The first day was not watering, the eighth day was rainfall, the ninth and tenth days were cloudy.

表 4 不同质地土壤水吸力与含水量之间的相关性

Table 4 The correlations between water suction and moisture content for different texture soils

土壤质地 Soil texture	5月8日 May 8	5月9日 May 9	5月10日 May 10	5月11日 May 11
沙土 Sand	-0.84*	-0.99**	-0.91*	-0.65
壤土 Loam	-0.95**	-0.26	-0.73	0.57
粘土 Clay	0.60	0.14	0.24	-0.91*

注: $n = 5$, $R_{0.05} = 99%$, * 表示 $P < 0.05$, ** 表示 $P < 0.01$ 。

Note: $n = 5$, $R_{0.05} = 99%$; * indicate significance difference at $P < 0.05$; ** indicate significance difference at $P < 0.01$.

由图 7 分析可知,沙土各处理总体上土壤水分含量愈高,则土壤水的吸力愈低,土壤水本身的势能愈高,土壤水移动的可能性和对植物供水性愈高。当不同处理的土壤含水量相同时,其吸力值相差很大,总体上呈现随着处理浓度的增加,吸力值减小的趋势;在大于 15 kPa 的吸力范围内,沙土处理 B3、B5、B10 含水量均比对照处理 B0 的低, B1 与 B0 含水量差异不显著;在小于 10 kPa 的吸力范围内处理 B0、B1、B3、B5 的含水量极显著高于 B10, B0、B1、B3、B5 之间并没有极显著性差异;而只有在 10~15 kPa 吸力范围内处理 B1 含水量高于其它处理的趋势。

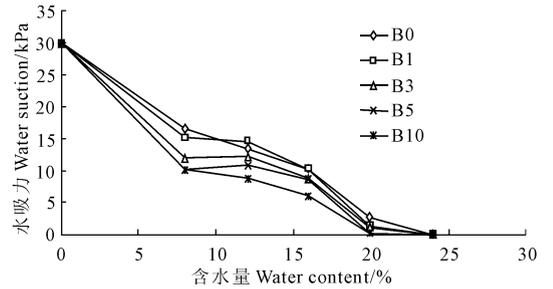


图 7 沙土水吸力随含水量的变化曲线

Fig.7 The change curves of the water suction with moisture content for sandy soil

如图 8 所示,壤土在总的趋势上水吸力随含水量的变化类似沙土,但与沙土相同的含水量下,壤土的水吸力明显高于沙土的水吸力值,其中对照处理 B0 在 20% 含水量时水吸力逼近毛管破裂最大吸力值(81.04 kPa),保水剂处理后则降到 60 kPa 以下; 1)在大于 30 kPa 的水吸力范围,处理 B1、B3、B10 的含水量极显著低于 B0、B5 处理, B1、B3、B10 间差异不显著; 2)在小于 30 kPa 的水吸力范围,处理 B0、B1、B3、B5 的含水量在 0.05 水平上显著高于 B10。说明在同一水吸力下处理 B5 含水量始终处于较高水平,且在小于 30 kPa 的水吸力范围有较高的持水

性和供水性, B10 处理含水量始终处于较低水平, 持水性较差。

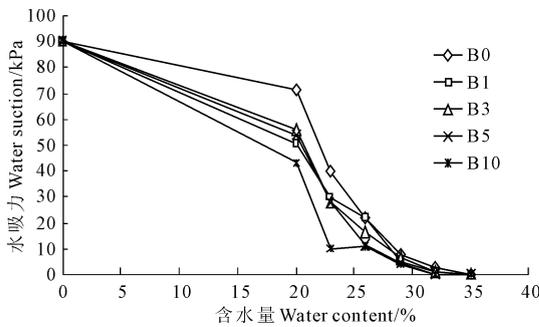


图 8 壤土水吸力随含水量的变化曲线

Fig.8 The change curves of the water suction with moisture content for loam soil

如图 9 所示, 粘土土壤水吸力与含水量二者的关系类似于壤土、沙土。在水吸力相同的情况下, 大于 30 kPa 的水吸力范围, B5 处理的含水量极显著高于其它; 相反, B5 处理含水量又显著低于其它处理, B10 处理含水量始终处于较低水平, 持水性较差。

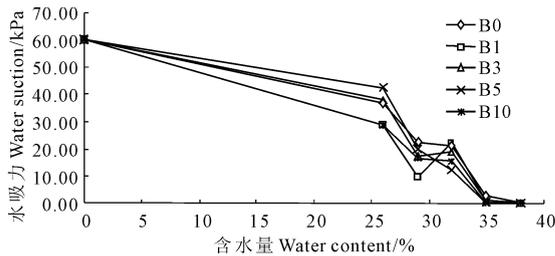


图 9 粘土水吸力随含水量的变化曲线

Fig.9 The change curves of the water suction with moisture content for clay soil

3 讨论与结论

3.1 讨论

当土壤含水量达到毛管破裂含水量(即田间持水量的 70% 左右)时, 此时作物虽然仍能从土壤中吸收水分, 但吸水困难, 作物生长发育受到抑制。所以灌水应在自然含水量降到毛管破裂含水量之前进行, 即水吸力值升到 40.52 ~ 81.04 kPa 左右; 当不同的土壤质地水分含量均达到田间持水量时, 实际的含水量相差很大, 如粘土达到 40%, 壤土达到 27%, 沙土为 10%, 此时的土壤水吸力均为 30.4 kPa; 当不同质地土壤含水量均达到萎蔫系数时, 此时的水吸力为 1500 kPa(即为作物吸水的最低限)^[2]。

保水剂有效使用的前提是有能够可以吸收水分, 而保水剂本身并不能增加土壤中的水分。本试验供试的自然湿润沙土自身所含的土壤含水量只有 1.3% 左右, 壤土为 23%, 粘土为 28.2%, 此时处于

非饱和状态, 而施入土中的保水剂只能凝聚自身颗粒周围的土壤水分, 并形成微域高水势区域, 而该区域外的水分处于低水势能态, 从而很难再被保水剂吸收, 所以在浇水前的自然混剂土各保水剂处理效果不好, 即在四种保水剂用量处理下, 沙土的土壤含水量均高于浇水前。但壤土的初始混剂土持水性能较高, 原因可能与壤土的结构较好, 其自身的持水和供水性能较强有关。

单考虑不同质地土壤水吸力的变化: (1) 沙土与保水剂混合后, 总体上水吸力降低了, 在由湿到干的过程中处理 B1 与对照差异不显著, 且处理 B5、B10 均优于对照, 但这两种处理浓度的保水剂在对沙土的作用效果上一致, 即 B5 与 B10 无差异性, 沙土中随着保水剂用量的增加, 水吸力并没有表现出减小的趋势; (2) 壤土也具有相似效果, 总体上由湿到干的过程中 B10 处理显著低于其它各处理; (3) 粘土与保水剂混合, 小于 30 kPa 水吸力下, B1、B5、B10 处理效果极显著优于对照, 且效果也不会随着保水剂浓度的增加而增加。在试验期间总体上呈现沙土和 B3、B5、B10 三种保水剂用量混合后土壤水吸力较其它处理组合显著减小, 且这三种用量之间无明显差异性; 在空气湿度较低情况下, 壤土和 B10 用量的保水剂混合或许可以使土壤水吸力减小, 处理效果只能与沙土的相似, 这一点与上述分析结果一致; 而粘土与保水剂的规律性不如其它组合。

在整个试验进程中单考虑不同质地土壤含水量的变化: 沙土的 B10 处理显著高于对照及其它各个处理; 壤土各处理间均无显著性差异; 粘土各保水剂处理下含水量均与对照差异不显著。试验期间除了在空气湿度较低情况下(即在第 6 天和第 14 天), 粘土和壤土与保水剂混合后的含水量显著高于沙土的外, 其它天气条件下各处理组合间在 0.05 水平上差异均不显著。

综合考虑水吸力和含水量, 经过相关性分析和特征曲线可知: (1) 沙土的水吸力与含水量相互影响较壤土和粘土的大, 在同一个含水量下, 沙土处理 B10 的土壤水吸力是最小的, 这一点与上述水吸力分析结果一致; 在不同的土壤水吸力范围, 各保水剂浓度处理的含水量差异较大, 但均处于田间持水量水吸力(30.4 kPa)以下, 在 10 ~ 15 kPa 吸力范围内, 土壤水本身的势能在较高情况下, 处理 B1 相对有较高的持水性(虽未达到显著水平), 沙土中施用保水剂的效果要综合考虑水吸力和含水量, 权衡其对作物的供水性能和本身较高的土壤持水性能, 而非保水剂用量越多越好; 壤土和粘土在相同水吸力下, B10 处理含水量始终处于较低水平, 持水性较

差,这与单考虑水吸力变化分析结果相同,且与周岩,武继承,闫德仁等^[8-9]的研究结果相似。(2)壤土经保水剂处理,在与沙土含水量相同的情况下其对作物的供水性能不如沙土;壤土在同一水吸力下处理 B5 的含水量始终处于较高水平,且在小于 30 kPa 的水吸力范围有较高的持水性和供水性。(3)粘土土壤水吸力与含水量二者的关系相对比较复杂,B5 处理在高吸力段有着较高的持水性能,但供水性较差;低吸力段有着较高的供水性,但持水性能较低。

3.2 结 论

沙土在 B3、B5、B10 三种保水剂用量条件下,土壤水吸力较其它处理组合显著减小,且这三种用量之间无明显差异性;沙土的水吸力与含水量相互影响较壤土和粘土的大,壤土在同一水吸力下处理 B5 的含水量始终处于较高水平,均高于 19%,且在小于 30 kPa 的水吸力范围有较高的持水性和供水性。

施用保水剂的效果要综合考虑水吸力和含水量,权衡其对作物的供水性能和本身的土壤持水性能,而并非保水剂用量越多越好。

参 考 文 献:

- [1] 黄杨娥,韩效钊,胡献国.保水剂的研究应用现状与发展[J].安徽化工,2008,34(1):17-19.
[2] 范 富,苏 明.土壤与肥料[M].呼和浩特:内蒙古科学技术

- 出版社,2007.
[3] 管秀娟,武继承.保水剂在农业上的应用及发展趋势[J].河南农业科学,2007,(7):13-16.
[4] 王志刚,于 健,高聚林,等.不同施用方式下保水剂浓度对作物成苗的影响[J].华北农学报,2008,23(6):212-216.
[5] 陆贵珍,阳继辉.浅谈保水剂的研究及应用[J].科技资讯,2011,(6):89-92.
[6] 张 波,廖永霞.简述保水剂在农业生产上的应用[J].民营科技,2011,(4):25-27.
[7] 周 岩,武继承,等.2种保水剂对砂土土壤持水性能的影响[J].河南农业科学,2012,41(2):78-81,92.
[8] 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):56-58.
[9] 张富仓,李继成,雷 艳,等.保水剂对土壤保水持肥特性的影响研究[J].应用基础与工程科学学报,2010,18(1):120-127.
[10] 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.
[11] 宫辛玲,高军侠,尹光华,等.四种不同类型土壤保水剂保水性能的比较[J].生态学杂志,2008,27(4):652-656.
[12] 陈学文.土壤特性对保水剂吸水性能的影响[J].安徽农业科学,2011,39(12):7030-7031.
[13] 韩玉国,武亨飞,杨培岭,等.保水剂对土壤的物理性质与水分入渗的动态影响[J].干旱地区农业研究,2013,31(5):161-167.
[14] 黄占斌,朱书全,张铃春,等.保水剂在农业改土节水中的效应研究[J].水土保持研究,2004,3(11):57-60.
[15] 鲍土旦.土壤农化分析(第三版)[M].北京:中国农业出版社,2000.
[16] 李远华,罗金耀.节水灌溉理论与技术(第二版)[M].武汉:武汉大学出版社,2003.

农业科技论文中单位的错误修饰形式及订正

在农业科技论文中,作者往往采取对单位符号的修饰来达到使其表述更加明确的目的。虽然这种修饰在整个行业约定俗成,但不符合国家有关量和单位使用的规定。错误的修饰形式有4类:以元素符号或名称进行修饰,以分子式进行修饰,以汉字进行修饰,以英文缩写字进行修饰。

(1) 元素符号或名称对单位的修饰。这类修饰常见于植物营养、作物栽培方面的论文中,主要表现为用“N(氮)”“P(磷)”“K(钾)”等对单位的修饰,多见于修饰组合单位的分子。例如,某文稿中的单位“kgN/hm²”,以“N”修饰组合单位的分子“kg”,表示每公顷吸收、残留及损失多少“kg”的“氮(N)”,有时也用来表示每公顷施多少“kg”的“氮(N)”肥。修改时,须删掉原单位后边的“N”。

(2) 分子式对单位的修饰。对组合单位进行修饰的分子式主要有“CO₂”“O₂”“CO”“NO”和“H₂O”等。例如,某论文在叙述土壤 CO₂ 排放通量时写道:“在自然状态下,高寒草甸土壤 CO₂ 排放通量变化范围为 120.9~1 000.4 mg CO₂/(m²·h)。这里,“CO₂”对组合单位分子“mg”作错误修饰。正确的表述应该是:“在自然状态下,高寒草甸土壤 CO₂ 排放通量为 120.9~1 000.4 mg/(m²·h)。”

(3) 汉字对单位的修饰。汉字对单位的修饰在农业科技论文中是很普遍的现象,修饰词诸如“干土”“土”“清水”“体重”“株”“鲜重”“干重”等,多数情况下可直接删除修饰词。例如,“……根据目前农村分户承包经营的生产实际,重点进行增施有机肥(37.5 t/hm²)、磷石膏(3.75 t/hm²)、洗盐(1.2 t 清水/hm²)等治理盐碱危害的试验”,在修改时除删除“清水”外,还要对表述作适当调整,把“洗盐(1.2 t 清水/hm²)”改为“洗盐(用水量为 1.2 t/hm²)”。

(4) 英文缩写字对单位的修饰。英文缩写字对单位的修饰比英文单词的修饰更常见,见于植物生理及果蔬专业的文稿中。出现频率比较高的有“FW”“DW”等。这里,FW 为 fresh weight(鲜重)的缩写,DW 为 dry weight(干重)的缩写。比如,某论文中 SOD 的酶活性单位为“u/gFW”,“FW”对“g”的修饰不当且累赘,测定酶活性时肯定要取植物的鲜组织,干的植物组织中酶不会有活性,所以采集的样品组织的质量一定是鲜质量。修改的办法与上面相同,删去“FW”即可。如果测定指标用的是干重,可在测定方法中说明,在单位中删去“DW”。

(郭柏寿等)