

土壤处理剂在地下滴灌条件下对土壤水分、大豆产量以及品质的效应^{*}

刘平¹, 马英杰¹, 谢致平², 洪明¹, 张岩³, 赵经华¹

(1. 新疆农业大学 水利与土木工程学院, 乌鲁木齐 830052; 2. 中山大学 生命科学学院 广州 510275; 3. 新疆水利水电勘测设计研究院, 乌鲁木齐 830000)

摘要: 为了促进干旱半干旱地区大豆的生产, 解决大豆生产过程严重缺水问题, 采用模拟大田的试验方法, 进行土壤处理剂——Guilspare 在地下滴灌条件下对土壤水分、大豆产量以及品质的试验。结果表明: 土壤处理剂喷施浓度 2% 的处理在 50%, 75%, 100% 灌水量下平均土壤含水率分别较对照组高 22.04%, 36.67%, 13.15%; 产量分别较对照组增产 11.49%, 7.83%, 16.02%; 蛋脂总量分别较对照组增加 6.95%, 0.33%, 4.53%。体现了该土壤处理剂较好的保水效果和一定的增产功效与改善大豆品质的性能。最终分析比较得出土壤处理剂喷施浓度 2% 的处理在 50% 灌水量下大豆品质最佳, 水分利用效率最高为 7.60 kg/(mm·hm²), 其节水增产、改善大豆品质综合方面效果最为显著。

关键词: 土壤处理剂; 大豆; 地下滴灌; 土壤水分; 产量; 品质

中图分类号: S275.6; S152.7; S565.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)03-0164-05

Effects of Soil Finishing Agent—Guilspare on Soil Moisture and Yield and Quality of Soybean Under Subsurface Drip Irrigation

LIU Ping¹, MA Ying-jie¹, XIE Zhi-ping², HONG Ming¹, ZHANG Yan³, ZHAO Jing-hua¹

(1. College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 2. Life Science College, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China; 3. Xinjiang Survey and Design Institute for Water Resources and Hydropower, Urumqi 830000, China)

Abstract: In order to enhance production of soybean in semi-arid area and find new way to solve problems of drought and water shortage of soybean growth process, the study used simulate field plot experiment to find soil finishing agent's impact on soil moisture, yield and quality of soybean with the subsurface drip irrigation. The results indicate that, under the condition of 2% spraying concentration and 50%, 75%, 100% duty, average soil water content were 22.04%, 36.67%, 13.15% higher than contrast respectively; yield increased at 11.49%, 7.83%, 16.02%; total content of protein and oil were 6.95%, 0.33%, 4.53% than contrast respectively. So it had better water retention and same effect of production increasing and function of improving quality of soybean. At last, under condition of spraying concentration 2% and 50% duty, quality of soybean was the best, WUE was 7.60 kg/(mm·hm²) as maximum, the integrative effect of production increasing and water saving and quality improving of soybean were obvious.

Key words: soil finishing agent; soybean; subsurface drip irrigation; soil moisture; yield; quality

大豆同水稻、小麦、玉米并列为世界四大作物。大豆油消费又占世界植物油消费的首位^[1]。因此提高大豆产量的同时, 改善其品质也尤为重要。多年

* 收稿日期: 2009-03-04

基金项目: 国家高技术研究发展计划(“863”计划)资助项目(2006AA100218); 乌鲁木齐高新区创业孵化专项资金项目(2007CHYFH16)

作者简介: 刘平(1981-), 女, 新疆伊犁人, 硕士, 主要从事节水灌溉技术研究。E-mail: liuping-0519@163.com

通信作者: 马英杰(1969-), 男, 河北保定人, 博士, 教授, 主要从事节水灌溉技术研究。E-mail: xj-myj@163.com

来,大豆产量单产低、品质差、效益低是制约我国大豆发展的主要原因。大豆的化学品质及产量受遗传控制,也受环境条件影响,诸如地理经纬度、海拔高度、光照强度、水分、温度、肥料等^[2]。影响大豆产量和品质的诸因素中,水分是主要的因素之一^[3]。水是作物生长过程中最重要的资源因子,是形成大豆产量的主要环境因素。如今我国水资源短缺,干旱日益加剧,在有限的水资源前提下提高大豆产量及品质,节水技术尤其重要。

保水剂是一种具有超高吸水和保水能力的高分子聚合物,其应用是提高作物产量和水分利用效率(WUE)的重要途径,已经成为近年来发展迅速的化学节水技术^[4-5]。地下滴灌(subsurface drip irrigation, SDI)可能是目前最复杂、效率也最高的灌溉方法^[6],SDI 技术能够使作物产量和水利用率同时达到最佳^[6-7]。保水剂与地下滴灌都能提高作物产量及水分利用效率,然而将二者结合起来应用在大豆上的试验还未见报道。本研究选用的是一种新型的土壤处理剂——Guilspare,它具有节水、增产、改善作物品质、治理盐碱、防风固沙、抑制风传杂草等功能。其作用机理与一般保水剂不同,把它喷洒在土壤表面形成一种疏水层,该疏水层可以抑制土壤中水分蒸发从而达到保水效果。为此,本文对大豆在 2% 浓度土壤处理剂与地下滴灌相结合条件下进行试验研究,研究其在大豆生长中的保水效果和对提高大豆产量、改善大豆品质、提高水分利用效率的影响以及确定合理的灌水量,为干旱地区的大豆生产提供一定的科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所用的土壤处理剂是瑞士雀巢公司研究中心所研发,为一无溶剂、水性的含有活性有机硅成分和功能性添加剂的高科技产品。

1.2 基本资料

试验于 2008 年 5–10 月在新疆农业大学校区内进行。大豆品种选用黑河 95–81,成熟期为 100 d,试验土质为紧砂土,土壤田间持水率为 22.65% (占重量%)。土壤肥力测得:速效氮 17.49 mg/kg,速效磷 11.69 mg/kg,速效钾 46.67 mg/kg。大豆播种时间为 5 月 29 日,土壤处理剂喷洒时间为 6 月 20 日。大豆种植密度:46.0 万株/hm²,行距为 30 cm,株距为 6 cm。前期施有机肥 312 kg/hm²,开花期(6 月 30 日)通过滴灌系统施尿素 150 kg/hm²,施磷酸二铵 150 kg/hm²。喷叶面肥(7 月 11 日、7 月

17 日)2 次,打药 3 次,管理方式与大田相同。大豆整个生育阶段试验站有效降雨量为 53 mm。

1.3 试验设计

本试验模拟大田试验环境,砌土池(长 80 cm,宽 80 cm,高 80 cm)18 个。前期用洒水壶浇水确保大豆出苗整齐,而后用地下滴灌灌水方式控制每次灌水量。根据相关研究表明,影响土壤处理剂保水效果的因素主要为喷施浓度和灌水量。由试验产品介绍可知该土壤处理剂与水混合配比浓度范围为 0.8% 到 2% (体积浓度),本试验取 2% 浓度进行研究。试验设计如下:土壤处理剂浓度取两个水平:0 和 2%,其中 0 作为对照试验,灌水定额设 3 个水平:分别为灌水量的 50%,75%,100%,大豆整个生育期一共灌水 6 次。试验一共分为 6 个处理,每个处理设置 3 个重复。试验布置如表 1 所示。

表 1 大豆使用土壤处理剂室外试验布置

处理	浓度/ %	灌水量的 百分比/%	灌水定额/ mm	处理 简写
1	0	50	39.0	C50
2	2	50	39.0	T50
3	0	75	58.5	C75
4	2	75	58.5	T75
5	0	100	78.0	C100
6	2	100	78.0	T100

注: C: 对照, T: 处理; T50: 土壤处理剂喷施浓度为 2%, 灌水定额为灌水量的 50%; C50: 土壤处理剂喷施浓度为 0%, 灌水定额为灌水量的 50%; 其余依次类推。

1.4 参数测定及方法

1.4.1 土壤含水率与土壤储水量的测定 于 2008 年 7 月 8 日至 8 月 16 日用烘干法测定每次水前各处理 0–10 cm, 10–20 cm, 20–30 cm, 30–40 cm, 40–60 cm 深度的土壤含水率,取整个生育阶段灌水时期各个点相同深度的土壤含水率平均值进行分析比较,研究土壤处理剂喷施浓度对不同土层深度土壤水分变化的影响以其保水效果。其中计算公式如下:

$$\text{土壤含水率}(\%) = (\text{湿土重} - \text{干土重}) / \text{干土重}$$
$$\text{土壤储水量}(\text{mm}) = \text{重量含水率} \times \text{土壤容重} \times \text{土层厚度}$$

1.4.2 产量以及品质的测定 大豆成熟后,每个收获小区取中间行进行测产,室内考种并大豆蛋白质和脂肪含量进行测定。研究该土壤处理剂对大豆产量以及品质的影响效果。

1.4.3 作物耗水量 ET 及水分利用效率(WUE)的计算 计算大豆生育阶段耗水量与水分利用效率,研究该土壤处理剂对水分利用效率的影响。

根据水量平衡原理得到耗水量公式^[8]:

$$ET=W_0-W_t+M+W_T+P_0+K$$

式中: W_t ——任一时段土壤计划湿润层深度内的储水量(mm); W_0 ——时段初土壤计划湿润层深度的储水量(mm); M ——时段内灌溉水量(mm); W_T ——计划湿润层增加而增加的水量(mm); P_0 ——计划湿润层的有效降水量(mm); K ——时段内地下水补给量(mm)。本试验设计不考虑地下水补给,故 $K=0$ 。大豆是浅根作物,认为大豆在整个生育期计划湿润层深度不变,故 $W_T=0$ 。

水分利用效率是指单位耗水量的产量,由定义得公式:

$$WUE=Y/ET$$

式中: Y ——大豆产量。

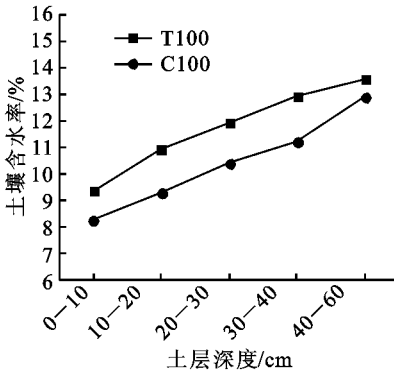
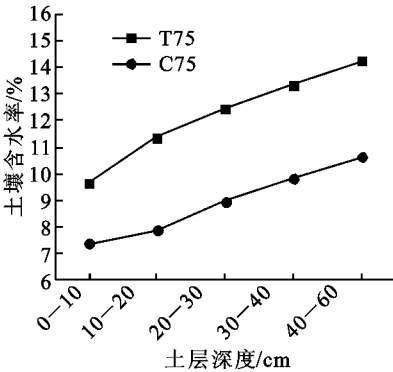
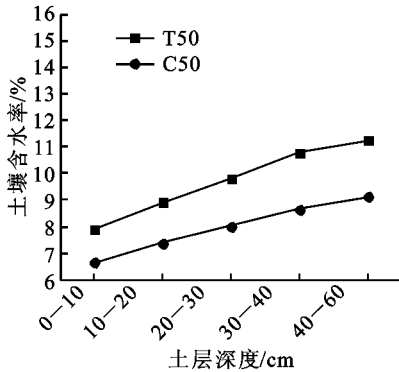


图 1 不同浓度相同水量对不同土层土壤水分的变化

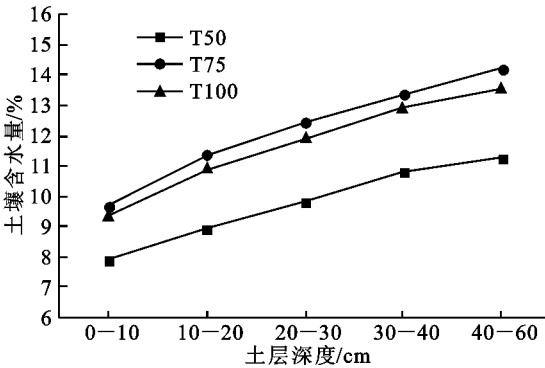
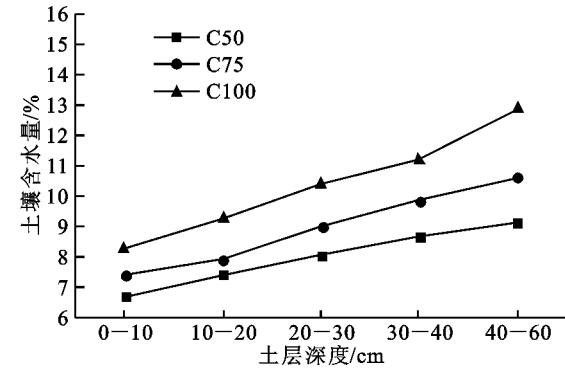


图 2 相同浓度不同水量对不同土层土壤水分的变化

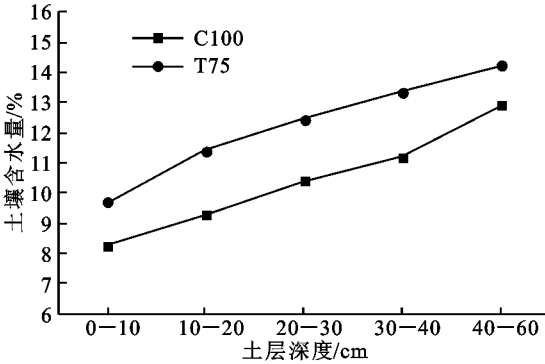
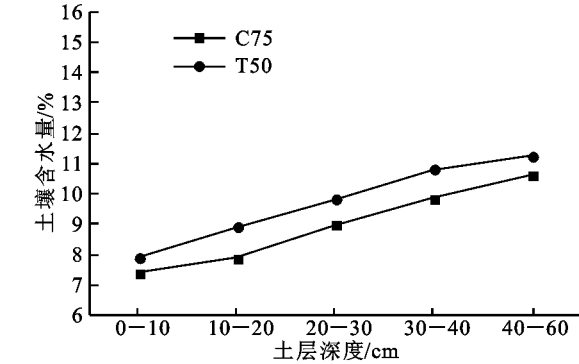


图 3 不同浓度不同水量对不同土层土壤水分的变化

1.5 数据分析

所有数据处理采用 OrinPro 7.5 软件, 方差分析采用 DPS。

2 结果与分析

2.1 土壤处理剂喷施浓度在整个灌水周期对不同土层深度土壤水分变化的影响

水是作物生长过程中最重要的资源因子, 是形成大豆产量的主要环境因素。水分不仅影响大豆植株形态建成, 而且还影响其生理反应, 进而影响产量的高低和品质的优劣^[3]。故研究大豆在地下滴灌与土壤处理剂相结合条件下的土壤水分变化对其大豆产量以及品质至关重要。试验数据经整理分析如图 1- 3 所示:

(1) 由图 1 可知: 整个生育期各个处理在不同土层深度下土壤含水率变化规律相似, 即土壤含水率分别随着土层深度的增加而增大。土壤处理剂喷施浓度 2% 的处理在 50%, 75%, 100% 灌水量时, 在不同土层深度下土壤含水率明显高于对照组, 平均土壤含水率分别较对照组高 22. 04%, 36. 67%, 13. 15%, 体现了该土壤处理剂较好的保水性能, 就保水效果而言 T 75> T 50> T 100。(2) 由图 2 可知, 在相同土壤处理剂喷施浓度、不同灌水量条件下, 各处理在不同土层深度下土壤含水率变化规律相似: 土壤含水率分别随着土层深度的增加以及灌水量的增大而增大。其中 T 75 处理与 T 100 处理土壤含水率曲线变化比较接近。进一步说明 T 75 较好的保水效果。(3) 对不同浓度不同灌水量下各个处理在不同土层深度土壤含水率变化进行分析比较。由图 3 可得: 各处理的土壤含水率随土层深度的增加而增大。2% 浓度土壤处理剂的处理与对照组相比在分别减少了 33%, 25% 的灌水量条件下, 其不同土层深度下平均土壤含水率仍然高于对照组。其中 T 50 处理的平均土壤含水率较 C 75 处理高 8. 96%, T 75 处理的平均土壤含水率 C 100 处理高 17. 94%。以上分析结果说明该土壤处理剂具有较好的节水效果。

2.2 土壤处理剂喷施浓度对大豆产量以及水分利用效率比较

耗水量、耗水系数和水分利用效率是衡量作物水分利用程度高低的重要指标^[9-10]。下面对其各个参数进行分析, 来研究该土壤处理剂对大豆水分利用效率的影响变化。

(1) 对不同浓度相同水量处理的大豆产量与水分利用效率进行分析, 由表 2 可得, 土壤处理剂喷施

浓度 2% 的处理, 在 50%, 75%, 100% 灌水量作用下其大豆产量与水分利用效率明显高于对照组; 其中 T 50, T 75, T 100 处理的产量分别较对照组高 11. 49%, 7. 83%, 16. 02%; 由产量方差分析可知, 各处理组与对照组间的大豆产量均达到极显著差异。整个生育期处理组的耗水量明显要小于对照组, 耗水系数呈相反的变化趋势。说明该土壤处理剂确实具有节水并提高水分利用效率的性能。其中 T 50 处理的总耗水量最少, 仅为 325. 58 mm; 水分利用效率最高, 达到 7. 60 kg/(mm·hm²)。说明 T 50 处理节水增产效果较好, 水分利用效率最高。(2) 对相同浓度不同水量处理的大豆产量与水分利用效率进行分析, 对照组的各个处理对大豆产量、水分利用效率的影响变化与土壤处理剂喷施 2% 浓度的处理相似, 即在 50%, 75%, 100% 灌水量下其大豆产量分别随着灌水量的增加而增大, 其产量间达到极显著差异, 但水分利用效率却随着灌水量的增加而逐渐减少。说明灌水量大、产量高的处理其水分利用效率不一定高。使用该土壤处理剂后, 大豆灌水量与产量之间的变化也符合这一特性。(3) 对不同浓度不同水量处理的大豆产量与水分利用效率进行分析, T 50 处理与 C 75 处理其产量差值为 15 kg/hm²; T 75 处理与 C 100 处理其产量差值为 30 kg/hm², 由产量方差分析可知处理组与对照组的大豆产量均无显著差异。而 T 50, T 75 处理其水分利用效率明显要高于 C 75, C 100 处理。对比分析表明: 土壤处理剂喷施浓度 2% 的处理与对照相比在分别减少了 33%, 25% 的灌水量条件下其产量与对照组比较接近, 水分利用效率明显高于对照组。充分说明该土壤处理剂具有节水增产的功效。

表 2 土壤处理剂喷施浓度对大豆产量及水分利用效率的影响

处理	产量/ (kg·hm ⁻²)	播时储 水量/mm	收时储 水量/mm	生育期灌 水量/mm	总耗 水量/mm	耗水系数/ (mm·kg ⁻¹ ·hm ⁻²)	水分利用效率/ (kg·mm ⁻¹ ·hm ⁻²)
C 50	2220dD	164. 80	110. 32	234	341. 48	0. 15	6. 50
T 50	2475cC	165. 65	127. 07	234	325. 58	0. 13	7. 60
C 75	2490 cC	168. 69	114. 38	351	458. 31	0. 18	5. 43
T 75	2685bB	165. 48	140. 18	351	429. 30	0. 16	6. 25
C 100	2715bB	168. 02	128. 76	468	560. 25	0. 21	4. 85
T 100	3150aA	167. 00	137. 73	468	550. 27	0. 17	5. 72

注: a, b, c 分别表示 P= 0. 05 水平下的显著差异; A, B, C 分别表示 P= 0. 01 水平下的显著差异, 下同。

2.3 土壤处理剂喷施浓度对大豆品质的影响

蛋白质和脂肪含量及其含量之和(简称蛋脂总量)是评价大豆品质的一个重要指标^[11]。对各个处理的大豆蛋白质与脂肪进行分析, 从而研究该土壤处理剂对大豆品质的影响效果。

(1) 对不同浓度相同水量处理的大豆品质进行分析, 由表 3 可得, 土壤处理剂喷施浓度 2% 的处理, 在 50%, 75%, 100% 灌水量作用下其大豆脂肪含量明显高于对照组; 蛋白质含量略低于对照组(除 T 100 处理), 但处理组的蛋脂总量均高于对照组, 以

T50 处理的蛋脂总量最高,为 51.26%。其中 T50, T75, T100 处理的蛋脂总量分别较对照组高 6.95%,0.33%,4.53%。初步说明该土壤处理剂对大豆蛋脂总量起一定的促进作用。由大豆品质的方差分析可知处理组与对照组的蛋白质含量(除 T50 与 C50 处理)、脂肪含量(除 T100 与 C100 处理)以及蛋脂总量(除 T75 与 C75 处理)都分别达到极显著差异。(2)对相同浓度不同水量处理的大豆品质进行分析,对照组的各个处理随着灌水量的增加其蛋白质含量在减少,脂肪含量有所增加,蛋脂总量在减少。而土壤处理剂喷施 2% 浓度的处理随着灌水量的增加其蛋白质含量先减少后增大,脂肪含量先减少后变化不大,蛋脂总量先减少后增大。结果说明该土壤处理剂随灌水量的增加对蛋脂总量的减少起一定的缓解作用。由大豆品质的方差分析可得对照组各处理其蛋白质含量与处理组相似均达到极显著差异,其脂肪含量与蛋脂总量也分别达到显著与极显著差异。(3)对不同浓度不同水量处理的大豆品质进行分析,T50,T75 处理其蛋白质含量与脂肪含量基本上都要高于 C75,C100 处理。故 T50,T75 处理蛋脂总量分别较 C75,C100 处理要高,分别高 11.14%,3.28%。由大豆品质的方差分析可得 T50 与 C75 处理其蛋白质、脂肪含量以及蛋脂总量均达到极显著差异。T75 与 C100 处理其脂肪含量有极显著差异,蛋脂总量也达到显著差异。对比分析表明:土壤处理剂喷施浓度 2% 的处理与对照相比在分别减少了 33%,25% 的灌水量条件下其大豆蛋脂总量均高于对照组,充分说明该土壤处理剂确实具有节水、改善大豆品质的性能。

表 3 土壤处理剂对大豆产量以及构成因素的影响

处理	蛋白质含量/ %	脂肪含量/ %	蛋脂总量/ %
C50	33.69aA	14.24dD	47.93bB
T50	33.58aA	17.68aA	51.26aA
C75	31.01bB	15.11cCD	46.12cCD
T75	29.43cC	16.84abAB	46.27cCD
C100	29.73cC	15.07 cdCD	44.80dD
T100	30.82bB	16.01bBC	46.83cBC

3 结 论

(1)土壤处理剂喷施浓度 2% 的处理在 50%, 75%, 100% 灌水量下平均土壤含水率分别较对照组高 22.04%, 36.67%, 13.15%, 就保水效果而言 T75> T50> T100; T50 处理的平均土壤含水率较 C75 处理高 8.96%, T75 处理的平均土壤含水率较 C100 处理高 17.94%, 体现了该土壤处理剂较好的

保水性能。

(2)土壤处理剂喷施浓度 2% 的处理在 50%, 75%, 100% 灌水量下,产量分别较对照组增产 11.49%, 7.83%, 16.02%。就增产效果进行分析比较得出:T100> T50> T75。各个处理组的水分利用效率明显高于对照组,以 T50 处理水分利用效率最高为 7.60 kg/(mm·hm²)。T50,T75 处理与 C75,C100 处理产量差别不大,但水分利用效率 T50,T75 处理明显要高。充分说明该土壤处理剂确实具有节水增产并能提高水分利用效率的功效。

(3)土壤处理剂喷施浓度 2% 的处理在 50%, 75%, 100% 灌水量下大豆蛋脂总量分别较对照组高 6.95%, 0.33%, 4.53%。其中 T50 处理蛋脂总量(最高为 51.26%)较 C75 处理高 11.14%; T75 处理蛋脂总量较 C100 处理高 3.28%。表明该土壤处理剂确实能提高大豆蛋脂总量,对其大豆品质有一定的改善作用。

(4)最终分析比较得出土壤处理剂喷施浓度 2% 的处理在 50% 灌水量下大豆品质最好,水分利用效率最高为 7.60 kg/(mm·hm²),其节水增产、改善大豆品质综合方面效果最为显著。

参考文献:

[1] 王春风,朱洪德,冯丽娟.水分和施肥量对高蛋白大豆农艺性状及品质的效应[J].大豆科学,2008,27(2):233-237.

[2] 王志新,杨庆凯.环境因素对大豆化学品质及产量影响研究[J].大豆科学,2003,22(1):45-49.

[3] 任红玉,崔振才,沈能展,等.大豆干物质积累与水分动态变化的关系[J].中国油料作物学报,2005,27(3):41-44.

[4] 邹新禧.超强吸水剂[M].北京:化学工业出版社,1991:36-38.

[5] 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.

[6] 狄美良,译.地下滴灌技术[J].节水灌溉,2002(5):33.

[7] 杨金祥,季静秋.根灌高效节水农业新技术及其应用效果[J].中国农村水利水电,2003(7):21.

[8] 汪志农.灌溉排水工程学[M].北京:中国农业出版社,1998:31-32.

[9] 王会肖,刘昌明.作物水分利用效率的内涵和研究进展[J].水科学进展,2000,11(1):99-104.

[10] 李韵珠,王凤仙,黄元仿.土壤水分和养分利用效率几种定义的比较[J].土壤通报,2000,3(4):150-155.

[11] 李鸣雷,谷洁,高华,等.不同有机肥对大豆植株性状、品质和产量的影响[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2007,35(9):67-72.