

滴灌大豆需水规律及灌溉制度研究

毛洪霞

(新疆天业集团公司农业研究所, 新疆 石河子 832011)

摘 要: 在滴灌条件下, 分别设置 295 mm、345 mm、395 mm、445 mm 这 4 个不同的灌水处理; 同时设置 1 个沟灌处理为对照, 对不同灌水量处理的大豆田间土壤水分动态及大豆田间耗水规律进行分析研究, 初步确立在石河子地区, 滴灌大豆适宜的灌溉制度参数为: 灌溉定额为 395~445 mm, 灌水定额为 35~45 mm, 苗期和成熟期取下限, 灌水周期为 7 d; 花荚期和鼓粒期取上限, 灌水周期 5 d, 整个生育期灌水 13 次。

关键词: 滴灌; 大豆; 需水规律; 灌溉制度

中图分类号: S275.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)05-0112-06

新疆是典型的大陆性气候, 为大豆高产创造了有利条件, 对于北疆大豆种植区, 干旱已成为大豆高产的限制因子^[1~3]。先进的滴灌技术在棉花、加工番茄等作物上已经获得了成功, 并在大豆、玉米等作物上推广应用。作为一种新的灌溉技术, 必然要有其新的、合理的灌溉制度与其对应, 本试验在研究滴灌大豆田间土壤水分动态及大豆田间耗水规律的基础上, 研究滴灌大豆需水特点及规律, 确立滴灌大豆的灌溉制度。

1 试验区概述与研究方法

1.1 试验区概述

试验点设在新疆石河子天业农业研究所(44°19'N, 86°03'E)。试验区地处天山北麓中段, 准噶尔盆地西南缘, 属于中温带干旱区气候, 冬季长而严寒, 夏季短而炎热, 海拔 442.9 m, 年≥10℃的活动积温为 3 478.1℃, 无霜期 160~170 d, 年降水量 125.0~200.0 mm, 年蒸发量 1 000~1 500 mm。全年日照时数为 2 736 h, 日照百分率为 62.3%。

1.2 试验设计

本试验设计确定 4 个滴灌处理, 设置一个沟灌处理作为对照, 各处理分别为: 处理 1: 滴灌水量 295 mm; 处理 2: 滴灌水量 345 mm; 处理 3: 滴灌水量 395 mm; 处理 4: 滴灌水量 445 mm; 对照: 沟灌水量 645 mm, 其中滴灌灌水次数为 11 次, 沟灌灌水次数为 4 次。试验采用随机区组实验设计, 每处理重复 3 次, 试验小区面积为 75 m²。灌溉水源为井水, 灌水量由小区进口处水表控制。每个试验小区间用黑色聚氯乙烯塑料膜隔离, 隔离深度 180 cm。

滴灌系统支管直径 63 mm, 滴灌带直径 16.0

mm, 滴头流量 2.8 L/h, 滴头间距 30 cm, 田间滴灌带间距 90 cm。大豆行距配置为 30+60 cm, 株距 10 cm, 滴灌带铺设在两窄行作物中间, 种植密度 22.2×10⁴ 株/hm²(图 1)。

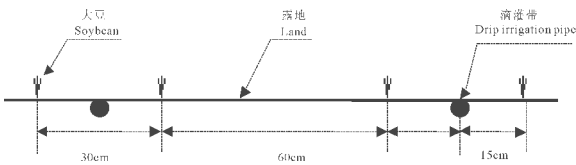


图 1 大豆种植模式与滴灌带布置示意

Fig. 1 Schematic descriptions of soybean planting and drip irrigation pipe installation

试验区 4 月 30 日播种, 为保证大豆出苗, 沟灌采用播前灌溉(先灌水后播种), 各滴灌处理采用“干播湿出”(在播种后滴出苗水), 5 月 30 日进行生育期第一次灌溉, 8 月 17 日结束, 整个生育周期具体灌溉方案见表 1。

2 测试内容与方法

2.1 土壤含水量(重量含水量)

在每次灌水前及灌水结束一天后, 各处理在距滴头水平方向 0、15 和 45 cm 距离处分层采集 0~10、10~20、20~30、30~40、40~50、50~60、60~70、70~80 cm 深度土层土壤样品测定土壤水分, 在大雨前后要加测, 具体方法采用烘干法。

2.2 大豆田间需水量(耗水量)的计算

根据《灌溉试验规范》(SL13-90)规定, 作物实际耗水量的计算公式为:

$$ET_{1-2} = 10 \sum_{i=1}^n \gamma_i H_i (\theta_{i1} - \theta_{i2}) + M + P + K + C \quad (1)$$

收稿日期: 2009-03-26

作者简介: 毛洪霞(1976—), 女, 农艺师, 主要从事节水农业相关研究。E-mail: hongxia_mao@yahoo.com.cn. <http://www.cnki.net>

式中: ET_{1-2} 为阶段耗水量(mm); γ_i 为第 i 层的土壤干容重(g/cm^3); H_i 为第 i 层的土壤厚度(cm); θ_{i1} 和 θ_{i2} 为第 i 层土壤在计算时段始末的含水率(干土重的百分比); M 为时段内灌水量(mm); P 为时段内降

雨量(mm); K 为时段内地下水补给量(mm); C 为时段内地下水排水量(mm)。
本试验中,降雨量及其它相关气象资料通过小型气象站测定(≥ 10 mm 降雨量见表 2)。

表 1 各处理试验区灌溉方案
Table 1 Irrigation schemes of experiment site for different treatments

处理 Treatment	灌溉量 Amount of irrigation water (mm)											合计 Total
	灌溉日期 Date of irrigation (M-d)											
	05-30	06-09	06-19	06-26	07-03	07-10	07-17	07-24	07-31	08-07	08-17	
处理 1 Treatment 1	23	23	25	30	30	30	30	30	30	23	23	295
处理 2 Treatment 2	23	23	30	30	38	38	38	38	38	30	23	345
处理 3 Treatment 3	23	23	30	35	45	45	45	45	45	38	23	395
处理 4 Treatment 4	23	30	38	45	50	50	53	53	45	38	23	445
对照 CK	0	0	128	0	195	0	195	0	128	0	0	645

表 2 大豆生育期间降雨量
Table 2 Precipitation in soybean growth stages

日期 Date (M-d)	05-08	05-16	05-26	06-02	06-12	06-17	07-07	07-20	07-25	08-11
降雨量 Precipitation (mm)	15.0	10.2	18.2	11.1	10.1	18.9	15.5	15.6	10.9	16.7

生育期地下水平均埋深在 10 m 以下,可忽略地下水补给量,即 $K=0$;试验采用的是滴灌,滴灌灌水是定点定时定量的灌水,避免了深层渗漏产生,所以在计算过程中不考虑地下水排水量,即 $C=0$,所以在计算过程中,公式(1)变为:

$$ET_{1-2} = 10 \sum_{i=1}^n \gamma_i H_i (\theta_{i1} - \theta_{i2}) + M + P \quad (2)$$

3 结果与分析

3.1 不同水分处理大豆田间土壤水分动态变化

3.1.1 大豆苗期田间土壤水分动态 大豆苗期田间土壤水分动态如图 2 所示,滴灌条件下,0~20 cm 土壤含水率起伏较大,40~80 cm 土壤含水量在灌水前后无明显变化,表明滴灌水量 22.5 mm 的灌水定额,土壤湿润层只限于 0~40 cm。

大豆苗期主要根系活动层深度为 20~30 cm,苗期土壤水分适宜指标为 20%~23%(重量含水量),土壤水分下限指标为 16%^[4,5],滴灌处理在第一次灌水前 0~40 cm 土壤含水量在 16%左右,接近土壤水分下限指标,因此应适当提前第一次灌水的时间。各处理灌前土壤含水量呈略微下降趋势,说明已经消耗了一部分的田间储水量,这一时期应适当缩短灌水周期,加大灌水量。

3.1.2 大豆花荚期田间土壤水分动态 大豆花荚期主要根系活动范围为 40~50 cm,灌溉土壤水分下限指标为 18%~20%左右,适宜土壤水分指标为田

间最大持水量的 70%~80%^[4,5]。

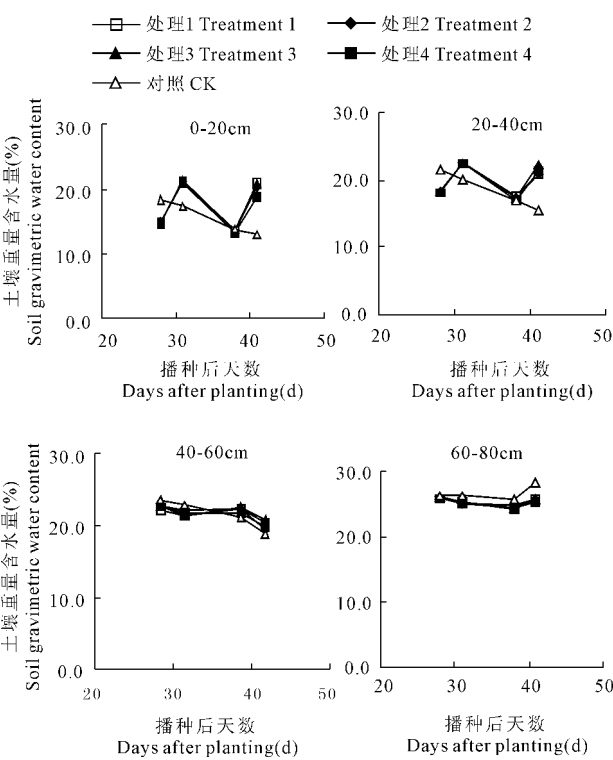


图 2 大豆苗期土壤水分动态变化
Fig.2 Varieties of soil water content affected by different irrigation treatments in seeding stage

如图 3,处理 3、4,0~60 cm 土壤含水量在灌水后花荚前期达到 24%以上,随着灌水量的增大,处理 3、4 在花荚后期土壤含水量分别可达到 25%、

26%,由此说明花荚后期处理 4 的灌水略多,而处理 3 更为适宜。但尽管如此,处理 3、处理 4 灌前 0~60 cm 土壤含水量在花荚期仍略微下降,因此这一时期

应在适宜灌水量的基础上缩短灌水周期,加大灌水频率。

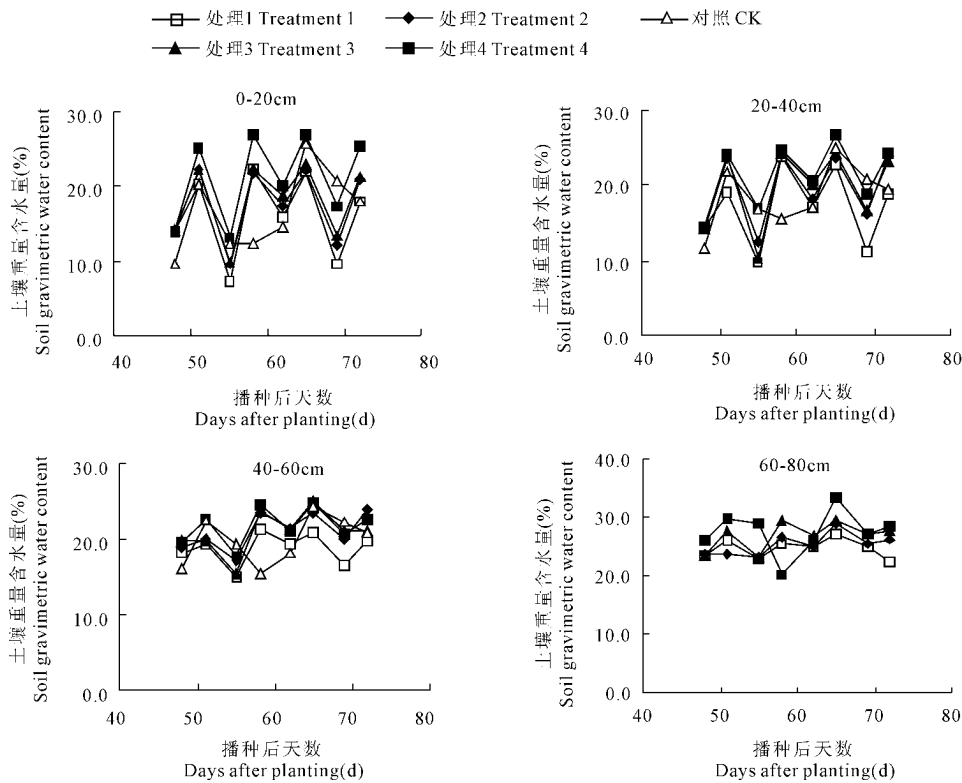


图 3 大豆花荚期土壤水分动态变化

Fig.3 Varieties of soil water content affected by different irrigation treatments in bloom-pod setting

与滴灌相比较,对照沟灌 60~80 cm 土壤含水量在灌水前后波动较大,最高含水量可达 36.7%,接近田间最大持水量(37.5%),有产生深层渗漏的可能。

3.1.3 大豆鼓粒期田间土壤水分动态 大豆鼓粒期灌水前 0~20 cm 土壤含水量变化不大,并且在后期还略有上升(图 4),说明此时的灌水量已经基本上满足了田间耗水。这一时期 60~80 cm 土壤含水量波动较大,说明随着植株的生长及灌水量的加大,对较深层次的土壤开始产生影响。播种后 77 d 的灌水中,处理 4 超过土壤适宜含水量上限,因此应适当的减少灌水定额。

3.1.4 大豆鼓粒成熟期田间土壤水分动态 如图 5,大豆进入鼓粒成熟期后,处理 2、3、4 灌水前 0~20 cm、20~40 cm 土壤含水量无明显变化,说明这一时期的灌水量已基本能满足田间耗水量。

40~60 cm 土壤含水量虽然仍呈现灌水前低,灌水后高的趋势,但灌水前后变化较小,说明此时由于

作物根系停止发育,需水量减少^[6],这一时期大豆叶片开始脱落,植株间遮蔽作用减弱,地表蒸发量增大,因此 0~20 cm 土壤含水量波动明显,这种波动随着土壤深度的增加而减弱。对照沟灌表现出同滴灌处理相同的趋势。对照沟灌由于在播种后 97 d 进行了最后一次灌水,大豆后期,耗水量减少,因此能保持一个较为稳定的趋势。

3.2 不同水分处理对水分利用效率的影响

大豆是需水较多的作物,形成 1 kg 大豆籽粒耗水 2 t 左右^[7],但这一研究结果是基于常规灌溉的基础之上,本试验中,对照水分利用效率为 0.58 kg/m³,与上述研究结果相符。由表 3 可以看出,各滴灌处理的水分利用效率均比对照沟灌处理有明显提高,这同柴付军^[8]的结论相一致,大豆滴灌条件下各处理的水分利用效率分别比沟灌提高了 43.1%、110.3%、110.3%、89.7%,说明滴灌提高水分利用效率效果显著。

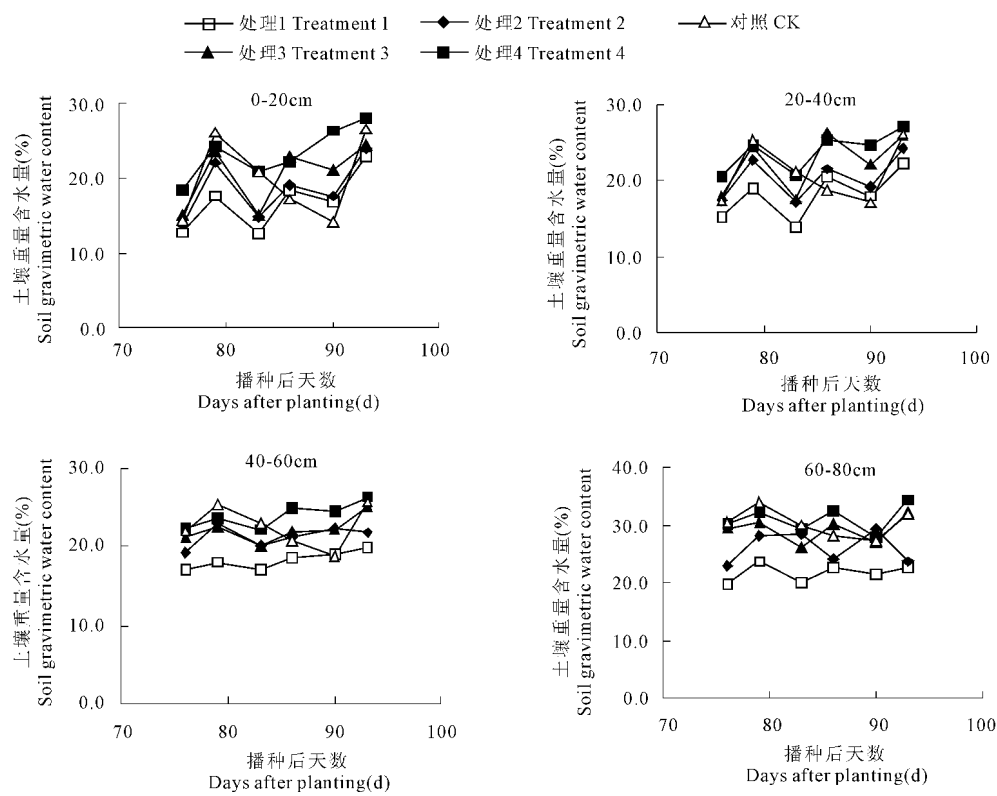


图 4 大豆鼓粒期土壤水分动态变化

Fig. 4 Varieties of soil water content affected by different water irrigation treatments

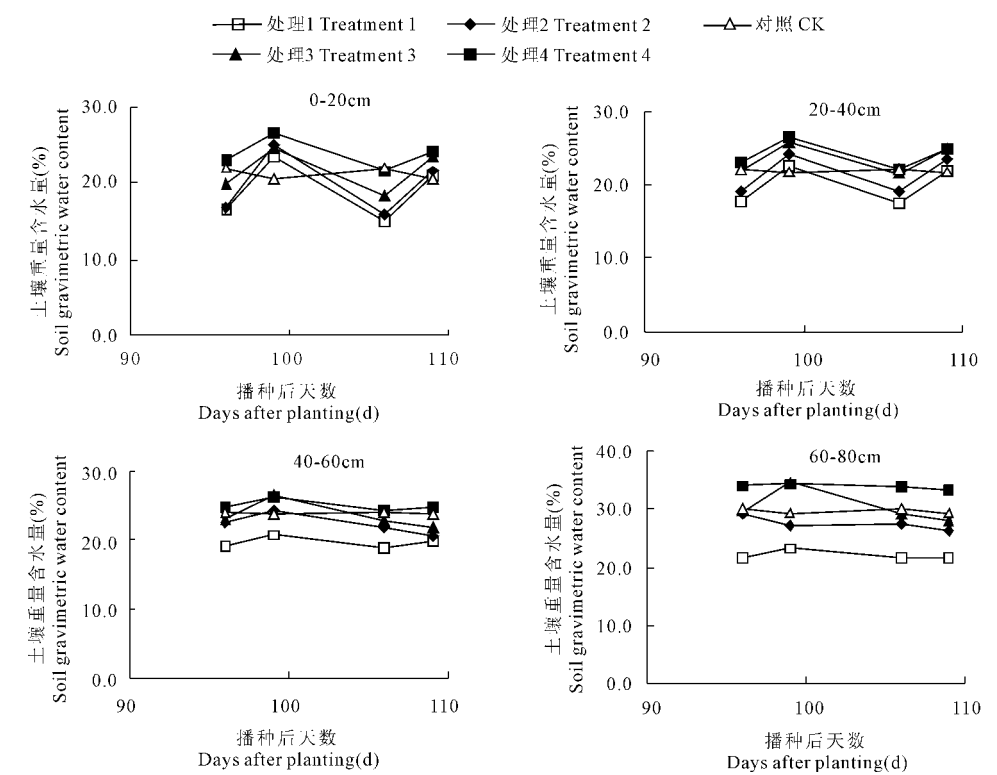


图 5 大豆鼓粒成熟期间土壤水分动态变化

Fig. 5 Varieties of soil water content affected by different water irrigation treatments in seed filling—autumn

表 3 不同水分处理对水分利用效率的影响

Table 3 Effects of irrigation different treatment of water use efficiency

处理 Treatment	灌水量 Amount of irrigation water (m ³ /hm ²)	产量 Yield (kg/hm ²)	水分利用效率 water use efficiency (kg/m ³)
处理 1 Treatment 1	2955	3557.0	0.83
处理 2 Treatment 2	3450	4209.0	1.22
处理 3 Treatment 3	3945	4914.3	1.22
处理 4 Treatment 4	4455	4906.6	1.10
对照 CK	6450	3755.5	0.58

3.3 滴灌条件下大豆各生育期的田间耗水量

利用公式 1, 对不同滴灌处理大豆各生育期的

表 4 不同水分处理各生育阶段耗水量

Table 4 Water consumption of different water irrigation treatments in every stage

		生育时期 Growth stage				
处理 Treatment	项 目 Item	苗期 Seedling stage	花荚期 Bloom—pod setting	鼓粒期 Pod setting— seed filling	鼓粒成熟期 Seed filling —maturity	全生育期 The whole growth stag
处理 1 Treatment 1	阶段耗水量 Stage water consumption(mm)	56.9	141.0	84.4	65.6	347.9
	占总耗水量 Proportion in the total(%)	16.4	40.5	24.2	18.9	100.0
	阶段耗水强度(mm/d)	2.0	4.1	4.2	2.3	3.2
处理 2 Treatment 1	阶段耗水量 Stage water consumption(mm)	57.9	134.1	115.2	77.1	384.3
	占总耗水量 Proportion in the total(%)	15.1	34.9	30.0	20.1	100.0
	阶段耗水强度(mm/d)	2.1	3.9	5.8	2.8	3.5
处理 3 Treatment 1	阶段耗水量 Stage water consumption(mm)	58.1	166.0	121.3	90.0	435.4
	占总耗水量 Proportion in the total(%)	13.3	38.1	27.9	20.7	100.0
	阶段耗水强度(mm/d)	2.1	4.9	6.1	3.2	4.0
处理 4 Treatment 1	阶段耗水量 Stage water consumption(mm)	59.5	174.5	137.2	98.3	469.5
	占总耗水量 Proportion in the total(%)	12.7	37.2	29.2	20.9	100.0
	阶段耗水强度(mm/d)	2.1	5.1	6.9	3.5	4.3

3.4 滴灌大豆的需水规律

由图 6 可以看到滴灌大豆的需水规律为苗期少, 之后上升, 在鼓粒期时达到最大, 各处理这一时期的需水量分别为 4.2 mm/d、5.8 mm/d、6.1 mm/d、6.9 mm/d。在鼓粒后需水量呈现下降趋势。

3.5 滴灌大豆的灌溉制度

通过对滴灌大豆田间土壤含水量的测定, 根据田间水量平衡方程所计算的滴灌大豆生育期耗水量, 滴灌大豆在充分供水条件下的灌溉制度如下: 在石河子地区正常年份情况下, 滴灌大豆全生育期内植株耗水量为 430~470 mm, 苗期的耗水强度在 2 mm/d 左右, 花荚期是耗水量急剧增长时期, 鼓粒期耗水量最高, 耗水强度达到了 6~7 mm/d。在本地

田间耗水量进行计算, 结果见表 4。各处理耗水量随灌水量的增大而增大, 均不同程度的消耗了土壤储水量, 分别为 53 mm、39 mm、40 mm、24 mm, 随着灌水量的增加消耗土壤储水量降低, 由此也可以看出, 处理 2 同处理 3 相比较, 虽然处理 3 的灌水量较高, 但处理 3 消耗的土壤储水量没有随灌水量增加而减少。这可能是由于在研究中水分投放次数是固定的, 灌溉量低, 每次灌溉分配的水量越少, 土壤湿润的体积越小, 使得根系吸收非根际水分的区域越小^[9]。各处理在花荚期和鼓粒期的耗水量最大, 这两个时期的田间耗水量占到全生育期总耗水量的 65% 以上, 因此在开花~结荚~鼓粒这一时期内, 合理匹配水资源, 是实现滴灌大豆高产的基础及关键措施。

这一时期出现在 7 月下旬。8 月以后, 大豆开始由鼓粒后期逐渐转入成熟期耗水量明显下降, 耗水强度在 3.0~3.5 mm/d。滴灌大豆适宜的灌溉制度参数为: 灌溉定额为 395~445 mm, 灌水定额为 35~45 mm, 苗期和成熟期取下限, 灌水周期为 7 d; 花荚期和鼓粒期取上限, 灌水周期 5 d, 整个生育期灌水 13 次。

4 小 结

滴灌大豆田间土壤含水量的变化主要受灌溉和农田蒸散的影响, 滴灌表层 0~20 cm 土壤的水分状况受灌溉的影响最大; 各处理随着灌水量的增加土壤含水量随之增加, 土壤湿润层深度不断加大; 且各

层土壤含水量随土壤深度的加大呈现升高的趋势。滴灌水利用效率明显高于沟灌。

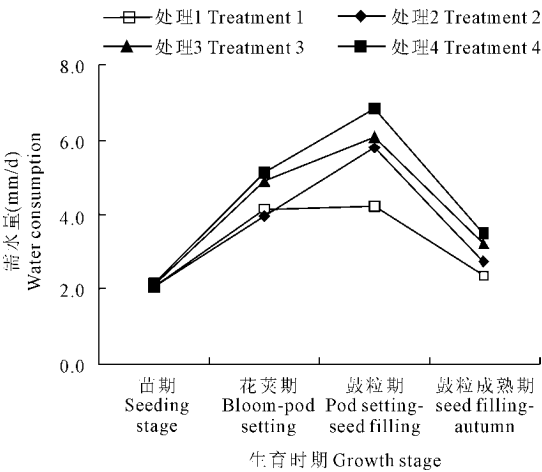


图 6 滴灌大豆需水规律

Fig.6 Water consumption in different drip irrigation treatment

各处理滴灌大豆生育期耗水量随着灌水量的增加而增加,大豆蒸发蒸腾规律呈现前期低~中期高~后期低的趋势。鼓粒期达到最大。

滴灌大豆适宜的灌溉制度参数为:灌溉定额为 395~445 mm,灌水定额为 35~45 mm 苗期和成熟期取下限,灌水周期为 7 d;花荚期和鼓粒期取上限,灌水周期 5 d,整个生育期期灌水 13 次。

参 考 文 献:

[1] 罗赓彤,战 勇,刘胜利,等.新疆新大豆 1 号和石大豆 1 号高产纪录创造[J].大豆科学,2001,20(4):270—273.
[2] 魏建军,刘胜利,罗赓彤,等.北疆棉区春大豆模式化栽培技术研究[J].新疆农业科学,2005,42(3):192—194.
[3] 王彦文,王延宇.大豆生育期需水量与产量效应关系[J].吉林农业科学,1995,(2):29—31.
[4] 水利部农村水利司.中国灌溉排水发展中心.节水灌溉工程实用手册[M].北京:中国水利水电出版社,2005.
[5] 徐淑琴,宋 军,吴 砚.大豆需水规律及喷灌模式探讨[J].节水灌溉,2003,(3):23—25.
[6] 郭元裕.农田水利学[M].北京:中国水利水电出版社,1997.
[7] 王荣栋,尹经章.作物栽培学[M].北京:高等教育出版社,2004.
[8] 柴付军.棉花膜下滴灌灌溉制度及水肥耦合技术研究[D].北京:中国农业大学,硕士学位论文,2005.
[9] 郭金强,危常州,侯振安,等.北疆棉花膜下滴灌耗水规律的研究[J].新疆农业科学,2005,42(4):205—209.

Research on soybean water requirement and schedule of drip irrigation

MAO Hongxia

(Agriculture Institute, Tianye Group Compony, Shihezi, Xinjiang 832011, China)

Abstract: Under drip irrigation, four irrigation treatments, such as 295 mm, 345 mm, 395 mm and 445 mm were designed, and a furrow irrigation was also established as the control. According to the arrangement of irrigation and water requirement of soybean, the schedule of drip irrigation was: 35 mm for every 7 days in seedling stage, 45 mm for every 5 days in bloom-pod setting stage and pod setting-seed filling stage, 35 mm for every six days in seed filling-maturity stage, and with water consumption between 395 mm and 445 mm during the whole stage.

Keywords: drip irrigation; soybean; water requirement; irrigation scheduling