

不同水分处理对膜下滴灌棉花 生理指标及产量的影响^{*}

蔡焕杰¹, 邵光成², 张振华¹

(1 西北农林科技大学 旱区农业水土工程教育部重点实验室, 陕西 杨陵 712100; 2 河海大学, 江苏 南京 210024)

[摘 要] 2000年5~8月在新疆石河子炮台土壤改良试验站,进行了不同水分处理对膜下滴灌棉花生长和产量影响的研究。结果表明,为了获得较高的皮棉产量和水分利用率,膜下滴灌棉花全生育期的耗水量应在345~380 mm;特定阶段和程度的水分亏缺虽然降低了总生物量,但提高了生殖器官在总生物量中的分配比例;与对照相比,苗期每次灌水推迟2 d,蕾期恢复正常供水,花铃后期每次灌水推迟2 d,是适合于当地膜下滴灌棉花需水规律的灌水模式。

[关键词] 膜下滴灌;灌水水平;棉花;产量

[中图分类号] S274.1; S562

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-2782(2002)04-0029-04

膜下滴灌是地膜栽培与地表滴灌相结合的产物,既起到提高地温、减少棵间蒸发的作用,又利用滴灌控制灌溉的特性减少了深层渗漏,达到综合节水增产的效果^[1]。国外膜下滴灌多用于西红柿、辣椒、花生和甜橙等具有较高经济价值的蔬菜或水果作物上^[2~4],对于大田作物的应用和研究较少。新疆建设兵团农八师对棉花和酱用番茄运用膜下滴灌获得成功,取得了良好的经济和生态效益。棉花是一种具有无限生长习性的作物,其皮棉产量表现出对不同程度可利用水分很好的适应性^[5,6]。膜下滴灌是一种新的灌水技术,该条件下不同灌水处理对大田棉花的生长和产量影响的研究还很少。为了充分发挥膜下滴灌的节水增产效果,研究不同水分条件对膜下滴灌棉花产量的影响尤为重要。

1 材料与方法

1.1 试验点概况

试验于2000年5~8月在新疆石河子炮台(农八师121团)土壤改良试验站试验田内进行,试验区属于典型的内陆性荒漠气候。试验田地下水埋深3 m左右,土壤质地为粉砂质壤土。0~70 cm土层平均容重 1.48 g/cm^3 ,田间持水量为20.6%。播种前测得其全盐含量为 6.3 g/kg ,土壤有机质含量为 8.6 g/kg ,全氮、速效氮的含量分别为 6 g/kg 和 75

mg/kg ,全磷、速效磷的含量分别为 16 g/kg 和 10.5 mg/kg 。

1.2 种植及施肥方式

小区的宽和长分别为1.7和88.3 m。小区覆膜净宽140 cm,膜两侧各留15 cm的裸地。每小区内种植4行作物,行距按30 cm-50 cm-30 cm的宽窄行方式布置。1条毛管控制2行作物,毛管布置在行距为30 cm的两行作物中间。棉花品种为8557,4月22日播种,播种方式采用干播湿出。在棉花生育期内共施尿素 450 kg/hm^2 ,高效肥 150 kg/hm^2 ,采用随水滴肥方式分10次施入,每次尿素和高效肥的用量分别为 45 kg/hm^2 和 15 kg/hm^2 。

1.3 试验处理与观测项目

设置3个灌水水平:常规充分灌溉(灌水水平1):灌水下限设定为0~70 cm土层平均土壤含水率为50%田间持水量(103 g/kg)。灌水水平2处理:相对常规充分灌溉在苗期、蕾期、花铃前期和花铃后期每次灌溉时间分别推迟2,1,0.5和1 d;灌水水平3处理:相对常规充分灌溉在苗期、蕾期、花铃前期和花铃后期每次灌溉时间分别推迟3,2,1和2 d。采用正交试验设计,共设11个处理(表1),每处理重复3次。

* [收稿日期] 2001-08-30

[基金项目] 国家自然科学基金(50079024)及教育部优秀青年教师资助计划项目(200139)

[作者简介] 蔡焕杰(1962-),男,河北藁城人,教授,博士生导师,主要从事节水灌溉理论研究。

表 1 试验处理设计

Table 1 Irrigation treatment for drip irrigated cotton under mulch

处理 Treatment	苗期 Seedling stage	蕾期 Budding stage	花铃前期 Flowering stage	花铃后期 Boll stage
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1
10	2	2	2	2
11	3	3	3	3

为避免小区之间侧向水分运动对测量结果的影响,用每个小区中间两行作为观测区,进行土壤水分、作物生长状况、干物质量、产量及品质等的测定。

表 2 不同水分处理植株高度的变化

Table 2 Cotton height during growing season under different water treatments

观测日期 Date	处理 1 Treat- ment 1	处理 2 Treat- ment 2	处理 3 Treat- ment 3	处理 4 Treat- ment 4	处理 5 Treat- ment 5	处理 6 Treat- ment 6	处理 7 Treat- ment 7	处理 8 Treat- ment 8	处理 9 Treat- ment 9	处理 10 Treat- ment 10	处理 11 Treat- ment 11
06-05	21.0	21.0	21.0	20.8	20.8	20.8	18.4	18.4	18.4	20.6	18.4
06-28	49.7	48.7	47.3	47.7	46.7	45.3	43.7	46.7	43.7	40.7	21.8
07-11	61.6	55.4	58.2	61.0	55.6	50.8	57.8	56.8	44.8	52.0	41.8
07-27	63.4	57.4	62.4	65.4	58.8	53.0	59.7	58.8	61.4	53.4	43.2

2.1.2 对棉花叶面积、根长和干物质量的影响 在作物的各项生理过程中,生长对水分胁迫最为敏感,即使是轻微的胁迫也会产生不同的反应。水分条件对作物叶片的生长有着明显的调控作用,从而影响到光合产物总量的积累和在地上和地下部分的分配,对根系生长和干物质量产生影响。从花铃后期(8月26日)的叶面积调查结果(表3)来看,处理1

用取土烘干法在灌前及灌后分层测定 0~70 cm 土壤含水量。

2 结果与分析

2.1 不同水分处理对棉花生理指标的影响

2.1.1 对株高、茎粗的影响 膜下滴灌直接把水灌入作物根部,使作物生长在良好的水、气、热环境条件下。不同处理下棉花的生长参数与灌水状况密切相关。从试验结果(表2)可以看出,不同灌水处理对株高及茎粗有较大影响,水分亏缺处理对棉株高度影响较大。但也发现棉花生长早期适度亏水后恢复正常灌溉,由于作物的补偿生长效应,其对株高的影响不大,如表2中的处理4和处理9。而生长期适度水分亏缺对茎秆直径的影响较小(处理10),但较长时期的连续缺水(处理11)也会对茎秆直径有较大影响。

(对照)是处理11的2.2倍,而其主根长仅为处理11的58%,其他处理的叶面积和主根长则居于两者之间。适时适度的水分亏缺虽然降低了总生物量,但优化了根冠比,调节了总生物量在生殖器官和营养器官的分配比例^[6]。如处理1在所有处理中的单株干物质重最大,但生殖器官干重与营养器官的干物质的比值仅为0.342,几乎为所有处理的最低值。

表 3 花铃后期膜下滴灌棉花生长参数调查表

Table 3 Growing index of cotton in boll stage with drip irrigation under mulch

处理 Treatment	主根长/cm Tap length	单株叶面积/cm ² Leaf area per cotton	单株干物质量/g Dry matter weight per cotton	生殖/营养 Productivity/ nutrition
1	19.6	3 671	156.0	0.342
2	20.0	3 003	129.1	0.605
3	20.3	2 514	151.8	0.366
4	24.0	2 850	147.5	0.584
5	24.3	2 954	141.6	0.442
6	24.7	2 874	144.1	0.443
7	23.3	2 895	102.6	0.335
8	27.0	2 622	105.5	0.399
9	23.3	2 802	117.9	0.463
10	26.0	2 618	108.5	0.472
11	33.7	1 673	73.5	0.437

2.1.3 对棉花蕾铃脱落率的影响 不同水分处理棉花的蕾铃脱落率,以及体现最终经济产量的桃数

及单铃干重也明显不同。图1是根据生育期内对棉花蕾、花和铃田间调查结果绘出的不同灌水处理

蕾铃脱落率。图 1 表明花铃前期灌水较多的处理(处理 1、处理 6、处理 8)以及连续干旱的处理(处理 3、处理 11)的蕾铃脱落率较高。因此,花铃前期土壤水分过多或过低均会增加花、蕾和铃的脱落率,而导致最终桃数减少。据最后调查,单株桃数最多的处理 4 较桃数最少的处理 11 平均多 4 7 个桃。

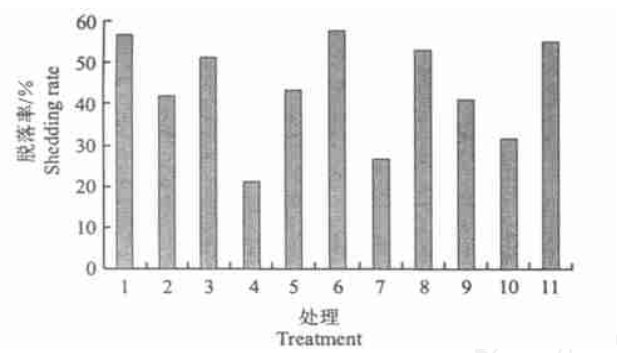


图 1 不同水分处理的蕾铃脱落率

Fig 1 Shedding rate of bud, flower and boll

2 2 不同灌水处理对棉花经济产量、水分利用效率和品质的影响

不同时期、不同程度的水分胁迫会对作物生长发育产生不同的影响,最终将反映在各个处理的经济产量和水分利用效率上。从表 4 可以看出,处理 11 的皮棉产量和水分利用效率两项指标在所有处理中均为最低,这说明长时间连续的水分亏缺会造成棉株代谢失调及生长下降,导致较低的产量和水分利用效率。虽然处理 1 水分供应充分,但其皮棉产量和水分利用效率较处理 4 分别低了 26% 和 38%。原因在于生育期内充分湿润的土壤条件容易造成棉

株旺长,透光透气条件变差,脱蕾、落花现象比较严重,从而造成了产量和水分利用效率的降低。处理 4 的皮棉产量和水分利用效率两项指标,在所有处理中均为最高,表明该水分处理符合膜下滴灌棉花的水分生理特点,发挥了调亏灌溉的优势,减少了棉花的生长冗余,从而显著地提高了作物产量和水分利用效率,该灌水模式对于膜下滴灌棉花的水管理具有指导意义。处理 4 在苗期对作物进行适当的干旱锻炼,即每次灌水较对照处理推迟 2 d,促使其根系深扎,增加了根的吸收、合成能力,从而协调了作物地上与地下部分的关系,进入蕾期后正常灌水,由于作物的补偿生长效应,棉花株高及根粗迅速接近甚至超过对照处理。在花铃后期对其进行适当控水,即每次灌水较对照处理推迟 2 d,避免了棉花的贪青晚熟,促进吐絮并能够提高纤维品质。除处理 4 外,皮棉产量和水分利用效率明显高于对照处理的还有处理 2 和 7,均高于对照处理 22% 以上;处理 5、8 及 10 的皮棉产量与对照处理相差不大,但水分利用效率都有较大程度的提高;处理 6、9 的产量明显低于对照处理,水分利用效率与对照处理相近;处理 3 和 1 的经济产量和水分利用效率均低于对照处理,表明这两种水分处理明显不合理。

在低土壤含水量下作物的导管发达,输导组织发达充实,纤维含量高,棉花最适生长的土壤水分比纤维发育的最适水分高,因此,水分对棉花产量及其品质的影响不一致。测定结果(表 4)表明,虽然处理 8 的产量与对照相当,但绒长和衣分却比对照分别高出 13.05% 和 12.53%。

表 4 2000 年棉花膜下滴灌下的产量及品质测定表

Table 4 The yield and quality results of cotton with drip irrigation under mulch in year 2000

处理 Treatment	单铃籽 棉重/g Boll weight	绒长/cm Velvet length	衣分/% Gin turnout	籽棉产量/ (kg·hm ⁻²) Unginned cotton yield	皮棉产量/ (kg·hm ⁻²) Lint yield	耗水量/ (m ³ ·hm ⁻²) Water use	水分利用率 (皮棉)/ (kg·m ⁻³) WUE
1	4 885	5 33	36 39	4 995 0	1 817. 7	4 264 4	0 426 2
2	5 212	6 07	36 10	6 379 8	2 303 1	4 061 9	0 567 0
3	5 114	5 80	37 31	3 477 0	1 297 5	3 126 8	0 415 0
4	5 540	5 80	40 89	6 027 7	2 464 5	3 577 3	0 688 9
5	5 398	6 10	37 82	5 139 6	1 943 7	3 355 9	0 579 2
6	4 558	5 90	36 80	4 090 5	1 505 5	3 256 7	0 462 3
7	5 704	5 63	37 75	5 896 5	2 225 4	3 509 6	0 634 1
8	4 683	6 13	41 17	4 585 5	1 887 7	3 244 5	0 581 8
9	5 252	5 73	41 55	3 428 4	1 424 5	3 240 7	0 439 6
10	5 094	6 03	36 19	5 265 4	1 905 7	3 278 5	0 581 3
11	5 113	5 90	36 20	3 198 0	1 158 0	3 047 9	0 380 0

3 结 论

1) 不同时期、不同程度的水分亏缺对棉花株高及茎粗影响不同。棉花生长早期适度亏水后恢复正常灌溉, 由于作物的补偿生长效应, 其对株高的影响不大。较长时期的连续缺水也会对棉花株高及茎秆直径有较大影响。

2) 适时适度的水分亏缺虽然降低了总生物量,

但它优化了根冠比, 调节了总生物量在生殖器官和营养器官的分配比例。

3) 相对于对照处理而言, 苗期对作物进行适当的干旱锻炼, 即每次灌水较对照处理推迟 2 d, 进入蕾期后正常灌水, 在花铃后期对其进行适当控水, 即每次灌水较对照处理推迟 2 d, 能够获得较高的经济产量和水利用效率。

[参考文献]

- [1] 李明思, 胡晓棠, 郑旭荣. 膜下滴灌条件下棉花耗水强度与土壤水分的关系[A]. 农业高效用水与水土环境保护[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2000
- [2] Ayars J E, Phene C J, Humacher R B, et al. Subsurface drip irrigation of row crops: a review of 15 years of research at the Water Management Research Laboratory[J]. Agricultural Water Management, 1999, 42(1): 1- 27.
- [3] Tiwari K N, Mal P K, Singh R M, et al. Response of okra to drip irrigation under mulch and non-mulch conditions[J]. Agricultural Water Management, 1998, 38(2): 91- 102
- [4] Shrivastava P K, Parikh M M, Sawani N G, et al. Effect of drip irrigation and mulching on tomato yield[J]. Agricultural Water Management, 1994, 25: 179- 184
- [5] 蔡焕杰, 康绍忠, 张振华, 等. 作物调亏灌溉的适宜时间与调亏程度的研究[J]. 农业工程学报, 2000, 16(3): 24- 27.
- [6] 张振华, 蔡焕杰. 覆膜棉花调亏灌溉效应研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2001, 29(6): 9- 12

The effect of different irrigation patterns on cotton growth and yield under the condition of drip irrigation under plastic mulch

CAI Huan-jie¹, SHAO Guang-cheng², ZHANG Zhen-hua¹

(1 The Key Laboratory of Soil and Water Engineering for Dry-land Farming, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 H ehai University, Nanjing, Jiangsu 210024, China)

Abstract: The field experiments were conducted at the Experimental Station of Soil Amelioration, Shihezi, Xinjiang Uygur Autonomous Region from May to August of 2000. It showed that the excessive irrigation was not benefit to increase cotton yield. Water deficit has a big effect on cotton height. Though the proper time and moderate water deficit reduce the total biomass, it adjusts the distribution of total biomass between reproductive and vegetative organs. The excessive irrigation or long term water stress will lead in higher shattering rate of buds and flowers at the early stage of flower. The moderate water deficit during seedling stage, full water supply during bud and flower stages, proper control of water supply at the later stage of flower, will be benefit to increase cotton yield. The moderate water deficit can heighten cotton quality.

Key words: drip irrigation under plastic mulch; irrigation efficiency; cotton; yield