

# 温室膜下滴灌茄子经济灌溉制度研究

王仰仁<sup>1</sup>, 汪绍盛<sup>2</sup>, 郑志伟<sup>1</sup>, 赵宝永<sup>2</sup>

(1. 天津农学院 水利工程学院, 天津 300384; 2. 天津市水务局 农田水利处, 天津 300374)

**摘 要:**以茄子为试材,采用温室膜下滴灌方法对茄子最适宜生长的温度、水分胁迫指数和干物质转化因子等3个作物生长模型参数进行了率定,研究了温室膜下滴灌茄子的经济灌溉制度及其灌水下限值。结果表明:采用经济灌溉制度比实际灌水有显著的增产增收效益,每公顷产量和效益分别增加4.22 t和1.367万元,节约灌溉水量8.235%;茄子经济灌水下限值为0.239,占田间持水率的85.3%(以0~60 cm土层平均含水率表示),变异系数为0.245%。按照该灌水下限值灌水,可使单位面积的灌溉效益最大。

**关键词:**温室;膜下滴灌;茄子;经济灌溉制度;灌水下限

**中图分类号:**S 274.4;S 275.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)17-0046-05

地下水是天津市设施农业灌溉的主要水源。采用喷灌、滴灌、经济灌溉等节水技术,是减小农业灌溉用水量,实施地下水压采的重要措施;同时,可有效避免过量灌水和施肥,减轻设施农业种植过程中土壤硝酸盐累积和土壤盐渍化,提高肥料利用率和蔬菜品质,改善生态环境<sup>[1-4]</sup>。对此,人们广泛地开展了温室节水灌溉技术,蔬菜需水量及其适宜灌水下限值研究<sup>[5-7]</sup>,但是目前进行的灌水下限值研究主要是通过田间试验,且以产量最大为目标<sup>[8]</sup>。对于温室蔬菜以效益最大为目标的经济灌溉制度及其灌水下限值的的研究尚鲜见报道。该试验以用水量较大的茄子为试验材料,对温室膜下滴灌茄子的经济灌溉制度及其灌水下限值进行研究。该研究对

于温室茄子节水增效以及天津市设施农业可持续发展均具有重要指导意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验在天津市武清区北国之春农业示范园温室试验区(东经116°54',北纬39°36')进行。试验地秋季昼夜温差大,冬季寒冷,日照少,降水稀少,全年平均气温11.6℃,年平均日照总时数2 705 h,年平均无霜期212 d,年平均降水量606.8 mm。土壤为中壤土,0~100 cm土壤容重为1.45 g·cm<sup>-3</sup>,田间持水率质量百分数为0.28,土壤化学基本性状见表1。

表 1

土壤理化基本性状

Table 1

Physical and chemical characteristics of soil

采样深度 Sampling depth/cm	pH	含盐量 Saltiness/(g·kg <sup>-1</sup> )	有机质含量 Organic content/%	有效磷 Available phosphorus/(mg·kg <sup>-1</sup> )	碱解氮 Effective nitrogen/(mg·kg <sup>-1</sup> )
0~20	7.15	2.71	1.89	133.3	100.80
20~40	7.66	1.63	1.46	99.3	84.42
40~60	7.88	1.17	1.32	51.1	45.43
60~80	7.91	1.27	0.94	37.8	27.65
80~100	7.85	1.24	1.00	36.3	22.40

### 1.2 试验材料

供试茄子品种为“安吉拉”,由武清区种子站提供;供试温室为塑料薄膜拱形钢管日光温室,宽8 m,长85 m,内屋脊最高处3 m。温室大棚覆有厚0.8 mm的聚乙烯

抗老化膜,外层覆盖复合保温被,保温被用电动卷帘机起放。温室顶部设通风口,并配置WS-II型日光温室自动控温设备,可以实现手动启闭设备,开启范围为0~50 cm;供试滴灌带直径16 mm,壁厚0.4 mm,滴头间距30 cm,滴头流量2.2 L·h<sup>-1</sup>。供试灌溉水源为井水,井深80 m。

### 1.3 试验方法

于2014年9月13日定植,采用宽窄行种植,每垄种植2行茄子,宽行行距1.0 m,窄行行距0.5 m,株距

**第一作者简介:**王仰仁(1962-),男,博士,教授,现主要从事灌溉排水技术教学与科研等工作。E-mail:wyrf@163.com

**基金项目:**国家科技支撑计划资助项目(2012BAD08B01);天津市水务局科技计划资助项目(KY2012-12)。

**收稿日期:**2016-04-18

0.5 m, 垄长 5.0 m, 一个温室大棚内共种植 56 垄。灌溉方式为膜下滴灌, 每行布设 1 条滴灌带。根据滴灌系统设计的建议, 每 6~15 d 灌水 1 次, 一次灌水时长约 240 min。秋冬季保温被每天 09:30 掀起, 17:00 左右放下盖严。夜间每 30 min 自动开启柴油暖风机, 保证温室室内温度不低于 8 ℃。

#### 1.4 项目测定

1.4.1 土壤含水率的测定 采用烘干称重法测定土壤含水率, 烘干温度 105 ℃, 烘至恒重。每次测定 2 个点, 一个是膜下, 位于 2 条滴灌带中间, 一个是膜外, 位于宽行中点(图 1)。测试深度为 0~20、20~40、40~60、60~80、80~100 cm, 每 7 d 取样测定 1 次。

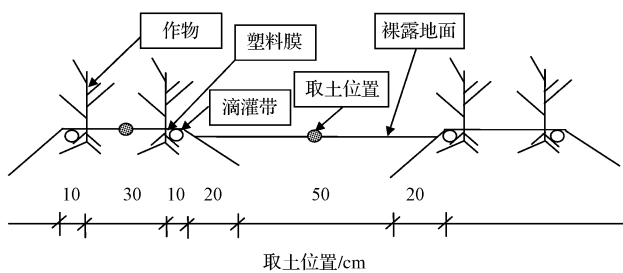


图 1 茄子膜下滴灌种植模式及土壤含水率测试

Fig. 1 Measured site of soil moisture content and planting pattern under mulch drip irrigation greenhouse eggplant

1.4.2 温室环境因子的测定 温室内温湿度采用 Watch Dog 2450 型小型气象站测定(温度精确度:  $\pm 0.2\%$ , 湿度精确度:  $\pm 2\%$ , 固定于温室内距地面 1.6 m 高处), 每隔 30 min 自动记录 1 次数据; 叶片温度、蒸腾速率和光合有效辐射 PAR 等采用 CI-340 手持式光合作用仪进行测定, 选定位于植株顶端第 3~5 片叶, 每 7 d 测定 1 次, 重复 3 次; 采用土壤三参数仪(WET-2-K1)测定 0~5 cm 地温, 取平均值。

1.4.3 作物生长速率的测定 采用面积法确定叶面积和叶干质量, 采用体积法确定果实和茎干质量。面积法是指将叶片视为规则的矩形, 通过测定叶片的最大长度和宽度获得计算叶面积, 利用叶面积仪测定叶片的实际面积, 由此可建立叶片实际面积与计算面积之间的关系。体积法是指将果实视为圆柱体, 通过测试果实最大直径和最大长度计算出果实计算体积, 利用称重法获得果实的干质量, 由此找出果实干样质量与计算体积之间的关系。对于果实鲜质量与干质量, 同样可以找出一定的关系; 与果实类似, 茎也可视为圆柱体, 求得茎干质量与茎计算体积的关系。分析结果表明, 上述关系均可用式(1)表示, 将式(1)中的系数称为转换系数(表 2)。

$$y = ax + b \quad (1)$$

式中,  $y$  为茄子实际叶面积或叶干质量、茎质量、果实干质量和果实鲜质量(g)等;  $x$  为对应的茄子计算叶面积或

实际叶面积( $\text{cm}^2$ )、计算的茎体积( $\text{cm}^3$ )、果实体积( $\text{cm}^3$ )和果实干样质量(g);  $a, b$  为转换系数。

1.4.4 作物生长过程模拟方法 以干物质质量的变化描述作物生长过程。其中总干物质质量用美国 CERES 系列模型<sup>[9]</sup>, 采用经验性的计算方法建立每日光合同化量与光合有效辐射之间的经验关系。该模型认为潜在的干物质生产量(PCARD,  $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ )是截获的光合有效辐射(IPAR,  $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ )的指数函数。

$$\text{PCARD} = 7.5 \times \text{IPAR}^{0.6} \quad (2)$$

式中, 冠层截获的光合有效辐射(IPAR)是到达冠层顶部的光合有效辐射(PAR,  $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ )、叶面积指数(LAI)和消光系数( $K=0.85$ )的函数。

$$\text{IPAR}/\text{PAR} = 1 - e^{-K \times \text{LAI}} \quad (3)$$

温度和水分胁迫可减少干物质积累数量, 在考虑水分胁迫和温度胁迫条件下, 实际的干物质生产量(CARBO,  $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ )可按下式计算。

$$\text{CARBO} = \text{PCARD} \times \text{PRFT} \times \text{SWDF} \quad (4)$$

式中, PRFT 和 SWDF 分别为温度和水分胁迫系数,

$$\text{PRFT} = (1 - 0.0025(T - T_p)^2)^{\sigma_T} \quad (5)$$

$$\text{SWDF} = \left( \frac{ET}{ET_m} \right)^{\sigma_w} \quad (6)$$

其中,  $T_p$  为最适宜作物生长的温度,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $T$  为白天温度,  $T = 0.25T_{\min} + 0.75T_{\max}$ ,  $T_{\min}$  和  $T_{\max}$  分别为日最低气温和日最高气温,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $\sigma_T$  为温度胁迫指数;  $ET$  为作物遭受水分亏缺条件下的实际蒸发蒸腾量,  $\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$ ,  $ET = K_c ET_m$ ,  $K_c$  为土壤水分修正系数;  $ET_m$  为作物充分供水条件下的最大蒸发蒸腾量,  $\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$ , 由式  $ET_m = K_c ET_0$  计算, 其中  $K_c$  为作物系数;  $ET_0$  为参考作物需水量, 用 Penman-Monteith 公式<sup>[10]</sup>计算;  $\sigma_w$  为水分胁迫指数。实际的干物质生产量(CARBO)是包括根在内的所有干物质的质量, 需要经过计算才能得出地上部分干质量。由于根的数量在总干物质中占比很小, 特别是在温室条件下, 不足 4%<sup>[11]</sup>, 因此该试验中地上部干物质质量( $W, \text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ )用下式计算。

$$W = \text{CARBO} \times 30/40 \times \text{CVF} \quad (7)$$

式中, CVF 为干物质转化因子, 其中包括了地上部干物质质量占干物质生产量的比例。通过上式可计算出地上部分干物质质量  $W$ 。地上部分干物质分配可通过分配系数计算, 地上部干物质分配系数为地上部各器官的干物质质量占地上部干物质总质量的比例<sup>[10]</sup>。植株地上部分干物质质量为各自的分配系数与地上部干物质的乘积,

$$\text{DM}_l = \beta_1 \times \dots \times \beta_i \times \dots \times \beta_n \times \text{DM}_s \times \text{CP}_l \quad (8)$$

$$\text{DM}_x = \beta_1 \times \dots \times \beta_i \times \dots \times \beta_n \times \text{DM}_s \times \text{CP}_x \quad (9)$$

$$\text{DM}_f = \beta_1 \times \dots \times \beta_i \times \dots \times \beta_n \times \text{DM}_s \times \text{CP}_f \quad (10)$$

式中,  $\text{DM}_l$ 、 $\text{DM}_x$ 、 $\text{DM}_f$  分别为时刻叶片、茎和果实的干

物质质量累计值,  $t \cdot \text{hm}^{-2}$ ;  $DM_s$  为时刻地上部分的总干物质质量累计值,  $t \cdot \text{hm}^{-2}$ ;  $CP_l$ 、 $CP_s$ 、 $CP_f$  分别为植株地上部分干物质向叶片、茎以及果实的分配系数;  $\beta_1 \times \dots \times \beta_i \times \dots \times \beta_n$  表示作物生长过程中第 1 次、第  $i$  次、……、第  $n$  次剪枝或打叶造成干物质质量减小的折减系数的乘积, 在第 1 次剪枝后干物质质量乘以折减系数  $\beta_1$ , 第  $i$  次剪枝后干物质质量乘以折减系数  $\beta_i$ , 依次, 第  $n$  次剪枝后干物质质量应该乘以折减系数  $\beta_n$ , 若没有剪枝则取  $\beta_i = 1, i = 1, 2, \dots, n$ 。

1.4.5 经济灌溉制度的确定方法 以一定供水条件下单位面积纯收益最大为目标函数, 可求得作物经济灌溉制度, 其约束条件为适宜的温度, 纯收益计算只考虑灌水费用(灌溉设备费用、电费、人工管理费等, 为了计算方便, 一并折算以水费表示)。在计算过程中, 施肥、施药、大棚启闭、温度调节及种子、栽培等管理费用均作为常数。

$$B = \max(P_c \times y - P_w \times W / 1.5 / \eta) \quad (11).$$

式中,  $B$  为只考虑灌水费用的纯收益, 元  $\cdot \text{hm}^{-2}$ ;  $y$  为作物产量,  $t \cdot \text{hm}^{-2}$ ;  $W$  为灌溉定额,  $\text{mm}$ ;  $\eta$  为灌溉水利用系数, 此处取  $\eta = 0.9$ ;  $P_c$  为作物产品单价, 元  $\cdot t^{-1}$ ;  $P_w$  为水价, 元  $\cdot \text{m}^{-3}$ 。优化计算过程中, 灌水定额 30  $\text{mm}$ 。茄子产品单价为 2 000 元  $\cdot t^{-1}$ , 水价均设 1.5 元  $\cdot \text{m}^{-3}$ 。不同灌水量及不同灌水时间条件下的作物产量通过作物需水量和作物生长模型逐日模拟计算求得, 进而利用公式(11)可计算得温室膜下滴灌增产效益。

## 2 结果与分析

### 2.1 干物质测定中的转换系数的率定结果

由表 2 可以看出, 相关系数均在 0.97 以上, 表明采用转换系数确定干物质质量具有足够精度。

表 2 转换系数率定结果

Table 2 The results of conversion coefficient

项目 Item	转换系数 Conversion coefficient		相关系数 Correlation coefficient $R$
	$a$	$b$	
叶面积 Leaf area	0.644 9	9.241 4	0.996 7
叶干质量 Dry weight of leaf	0.004 0	-0.125 8	0.995 7
茎干质量 Dry weight of stem	0.082 9	0	0.986 8
果实干质量 Dry weight of fruit	0.030 1	2.307 8	0.979 4
果实鲜质量 Fresh weight of fruit	13.377 0	-8.699 8	0.994 1

### 2.2 茄子光合产物及分配系数随时间的变化过程

利用茄子地上部干样质量随时间的变化过程(图 2), 可求得茄子光合产物分配系数的变化规律(图 3)。由图 3 可以看出, 茄子叶、茎、果实分配系数随时间的变化过程, 以二次抛物线方程拟合, 结果分别为  $y_{\text{叶}} = 2 \times 10^{-5} x^2 - 0.008 3x + 1.142 7$ ,  $y_{\text{茎}} = 2 \times 10^{-5} x^2 - 0.006 3x +$

$0.794 3$  和  $y_{\text{果}} = -6 \times 10^{-5} x^2 + 0.023 1x - 1.596 5$ , 其中  $y_{\text{叶}}$ 、 $y_{\text{茎}}$  和  $y_{\text{果}}$  分别为茄子叶、茎、果实分配系数,  $x$  为定植期算起的天数;  $R^2$  对应的相关系数分别为 0.930 8、0.884 5 和 0.965 0。

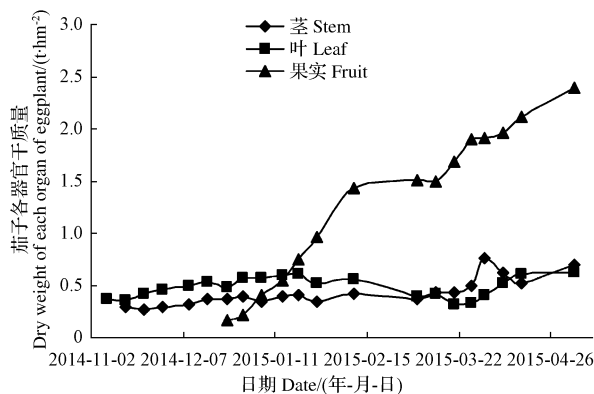


图 2 茄子茎、叶和果实生长过程(2014-10-24—2015-05-05)

Fig. 2 The growth process of stem, leaf and fruit of eggplant

由图 3 可以看出, 在测试的初期, 茄子干物质主要分配给叶和茎, 叶的分配系数高于茎, 随着作物的生长, 茎和叶的分配系数逐渐减小, 到了测试末期至拉秧, 茎的分配系数稍高于叶; 果实的分配系数则逐渐上升, 由 0.18 增加到 0.67。

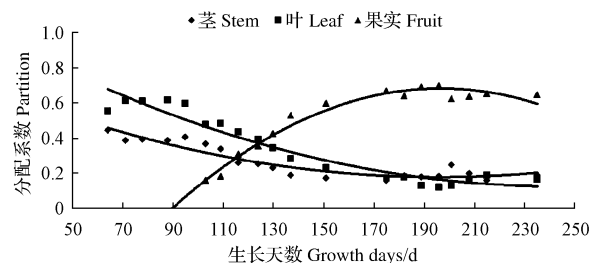


图 3 茄子光合产物分配系数变化过程

Fig. 3 The changing process of photosynthetic partition coefficient of eggplant

### 2.3 作物生长模型参数率定及检验

主要对最适宜作物生长的温度  $T_p$ 、水分胁迫指数  $\sigma_w$  和干物质转化因子  $CVF$  3 个作物生长模型参数进行率定。率定过程以地上部干物质质量(茎、叶和果实的合计值)模拟值与实测值的误差平方和最小为目标, 通过优化分析确定, 结果见表 3。由图 4、5 可以看出, 模型计算值与实测值较为接近, 其相关系数达到 0.92 以上, 表明该作物生长模型及其参数可用于描述温室作物生长过程以及温度和水分胁迫对作物生长和产量的影响。

表 3 茄子作物生长模型参数的率定结果

Table 3 The parameters of crop growth model of eggplant

项目 Item	初始参数取值 Initial parameter value	参数优化值 Optimized parameter
最适宜温度 $T_p/^\circ\text{C}$	30	35
温度胁迫指数 $\sigma_T$	1.0	1.0
水分胁迫指数 $\sigma_w$	1.0	2.0
干物质转化因子 CVF	0.72	0.36
剪枝折减系数 $\beta$	0.90	0.80
SS		1.794 7
标准误差		0.334 9
模拟值与实测值相关系数 $R^2$		0.920 2

注:茄子生长期剪枝 3 次,时间为定植后 100、150、200 d,3 次剪枝折减系数均为 0.80。

Note:The growth period of eggplant stems were pruned three times after planting time 100, 150 and 200 days. Pruning reduction coefficient of three times is 0.80.

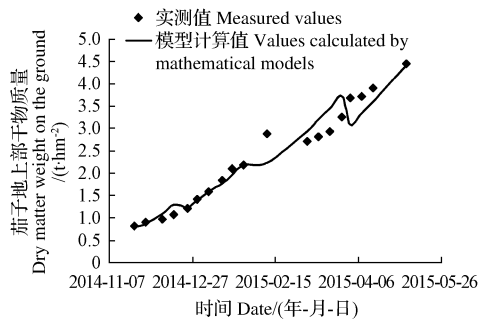


图 4 温室茄子地上部干物重模拟值与实测值  
Fig. 4 The simulation and measured value of dry matter of greenhouse eggplant

表 4 温室膜下滴灌茄子不同灌水量的优化灌溉制度及其产量和效益

Table 4 Optimal irrigation schedule, yield and benefit of greenhouse eggplant under different water supply of mulched drip irrigation

灌水量 Irrigation/mm	产量 Yield/(t·hm <sup>-2</sup> )		效益 Benefit/(万元·hm <sup>-2</sup> )	蒸发蒸腾量 Evapotranspiration/mm	灌水时间(以定植期算起的天数表示) Irrigation time/d
	干样质量 Dry weight	鲜样质量 Fresh weight			
324	2.61	35.34	6.528	469.7	45/61/79/92/105/123/139/152/167
360	2.73	36.92	6.783	477.1	45/61/79/92/105/123/139/152/167/178
396	2.81	38.08	6.956	482.0	45/61/79/92/105/123/139/152/167/178/189
432	2.87	38.82	7.044	485.0	45/61/79/92/105/123/139/152/167/178/189/204
468	2.89	39.16	7.052	486.3	45/61/79/92/105/123/139/152/167/178/189/204/218
504	2.90	39.19	6.997	486.4	45/61/79/92/105/123/139/152/167/178/189/204/218/225
540	2.90	39.19	6.937	486.4	45/61/79/92/105/123/139/152/167/178/189/204/218/225/232

表 5 温室膜下滴灌茄子测试的产量和效益

Table 5 The measured yield and benefit of greenhouse eggplant under mulched drip irrigation

灌水量 Irrigation/mm	产量 Yield/(t·hm <sup>-2</sup> )		效益 Benefit/(万元·hm <sup>-2</sup> )	蒸发蒸腾量 Evapotranspiration/mm	灌水时间(以定植期算起的天数表示) Irrigation time/d
	干样质量 Dry weight	鲜样质量 Fresh weight			
510	2.58	34.94	5.685	486.4	48/68/92/105/125/139/152/165/176/190/212/229

2.5 灌水下限值随时间的变化过程

以上述求得的经济灌溉制度(表 4)为依据,查经济灌溉制度中每次灌水前的土壤含水率及相应的时间(以定植期算起的天数表示),由此可获得若干组数据(数据组数等于灌水次数)。以这些数据点绘灌水前土壤含水

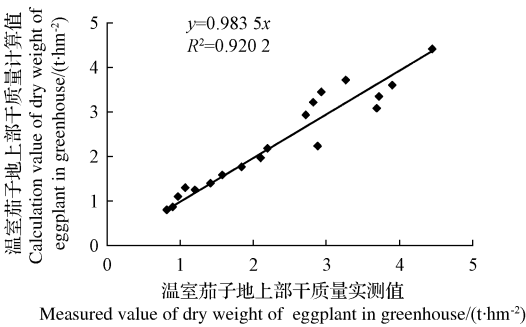


图 5 温室茄子地上部干物重模拟值与实测值  
Fig. 5 The simulation and measured value of dry matter of greenhouse eggplant

2.4 经济灌溉制度及其节水增产增收效果

灌溉制度优化过程中,灌水定额不变,只对灌水时间优化。因而优化计算是一个以灌水时间为决策变量的非线性规划问题,这里采用坐标轮换法求解。

由表 4 可看出,在该试验年度条件下温室膜下滴灌茄子经济灌溉用水量为 468 mm,灌水次数为 13 次,对应灌水时间如表 4 所示。相应的产量为 39.16 t·hm<sup>-2</sup>、效益为 7.052 万元·hm<sup>-2</sup>、耗水量(蒸发蒸腾量 ET)为 486.3 mm。比较经济灌溉与实际灌水(表 5)的增产效益,其产量和效益分别增加了 4.22 t·hm<sup>-2</sup>和 1.367 万元·hm<sup>-2</sup>,节约灌溉水量为 8.235%,具有明显的节水增产增收效果。

率与相应灌水时间的关系曲线(图 6),该曲线即为经济灌水下限值随时间的变化过程曲线,及茄子生长期土壤含水率随时间的变化过程。由图 6 可以看出,经济灌水下限值(0~60 cm)随时间的变化幅度较作物生长期土壤含水率的变化幅度小得多,而且没有明显的上升或下降



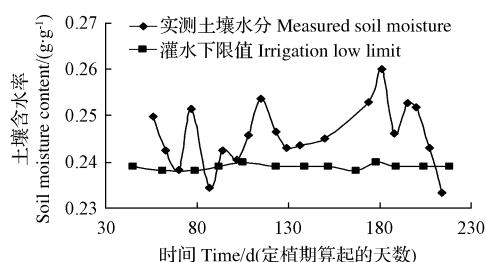


图6 茄子生长期土壤含水率(0~60 cm)及经济灌水下限值变化过程

Fig. 6 Observed soil moisture content and economic irrigation low limit (0—60 cm) during the growth of greenhouse eggplant

趋势。表明温室膜下滴灌茄子经济灌水下限值为常数,其值等于各次灌水前土壤含水率的平均值(0.239),占田间持水率的85.3%,离均系数为0.245%。

### 3 结论

干物质测定中转换系数的率定结果(其相关系数均在0.97以上)表明,采用转换系数推求作物生长过程精度较高,合理可行。采用经济灌溉制度具有较好的节水增收效果,茄子增加产量 $4.22 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,增加效益 $1.367 \text{ 万元} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,节约灌溉水量约为8.235%。温室茄子膜下滴灌经济灌水下限值不随生长发育时间变

化,其值为0.239,占田间持水量的85.3%,离均系数为0.245%。按照该灌水下限值灌水,可使单位面积的灌溉效益最大。

### 参考文献

- [1] 韩万海. 西北旱区膜下滴灌洋葱需水规律及优化灌溉制度试验研究[J]. 节水灌溉, 2010(6): 30-33.
- [2] 李英能. 关于我国节水农业技术研究的探讨[J]. 灌溉排水学报, 2003, 22(1): 11-15.
- [3] 康绍忠, 杜太生, 孙景生, 等. 基于生命需水信息的作物高效节水调控理论与技术[J]. 水利学报, 2007, 38(6): 661-667.
- [4] 余仕琼. 新疆北部干旱区春小麦需水量与灌溉制度试验研究[J]. 节水灌溉, 2013(6): 45-47.
- [5] 李晶晶, 王铁良, 李波, 等. 日光温室滴灌条件下不同灌水下限对青椒生长的影响[J]. 节水灌溉, 2010(2): 24-26.
- [6] 王洪源, 李光永. 滴灌模式和灌水下限对甜瓜耗水量和产量的影响[J]. 农业机械学报, 2010, 41(5): 47-51.
- [7] 牛勇, 刘洪禄, 吴文勇, 等. 不同灌水下限对日光温室黄瓜生长指标的影响[J]. 灌溉排水学报, 2009, 28(3): 81-84.
- [8] 张西平, 赵胜利, 杜光乾, 等. 日光温室黄瓜滴灌灌溉制度研究[J]. 中国农村水利水电, 2007(12): 25-27, 31.
- [9] RITCHIE J T, SINGH U, GODWIN D C, et al. Understanding options for agricultural production[M]. Britain: Kluwer Academic Publishers, 1998: 79-98.
- [10] ALLEN R G, PEREIRA L A, RAES D, et al. Crop evapotranspiration [M]. Rome: FAO Irrigation and Drainage Paper, 1998.
- [11] 李永秀, 罗卫红, 倪纪恒, 等. 温室黄瓜干物质分配与产量预测模拟模型初步研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(2): 116-120.

## Research of Eggplant Economical Irrigation Scheduling With Drip Irrigation Under Plastic Mulch in Greenhouse

WANG Yangren<sup>1</sup>, WANG Shaosheng<sup>2</sup>, ZHENG Zhiwei<sup>1</sup>, ZHAO Baoyong<sup>2</sup>

(1. Department of Hydraulic Engineering, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384; 2. Department of Farmland and Irrigation, Tianjin Water Conservation Bureau, Tianjin 300074)

**Abstract:** Taking eggplant as material, the temperature, water stress index and dry matter transformation factor for the eggplant growth model parameter in greenhouse were determined with drip irrigation under plastic mulch. The economic irrigation schedule and irrigation low limit were studied. The results showed that the economic irrigation schedule could be significantly increased yield and income more than practical irrigation as  $4.22 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$  and  $13\,670 \text{ RMB} \cdot \text{hm}^{-2}$ , and the irrigation water consumption was saved by 8.235% for the eggplant; the average value of soil water content (depth of 0—60 cm) before irrigation was used as the irrigation low limit for crop economical irrigation, and the value was 0.239, relative water content was 85.3%, and the coefficient of variation was 0.245% for the greenhouse eggplant. Economic benefit per unit area was the best by the value (0.239) of the irrigation low limit for crop economical irrigation.

**Keywords:** greenhouse; drip irrigation under mulch; eggplant; economical irrigation schedule; irrigation low limit