

水肥耦合对日光温室厚皮甜瓜光合速率及产量的影响

叶 林, 赵 霞, 纳学伟, 李建设, 张光弟

(宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021)

摘 要:为了探讨日光温室甜瓜水肥耦合效应, 试验采用 3 因素 5 水平二次回归正交旋转组合设计, 对灌水量、施氮量、施钾量与日光温室甜瓜光合速率和产量的相关性进行了研究, 并建立了数学模型。结果表明: 甜瓜光合速率、产量与灌水量、施氮量、施钾量呈正相关, 3 因素对光合速率和产量的影响程度大小同为: $X_1 > X_2 > X_3$, 即灌水量 > 施氮量 > 施钾量。当灌水量、施氮量、施钾量分别为 $2\ 250\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ 、 $600\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 、 $450\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 时, 光合速率最高可达 $12.24\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 甜瓜产量最高可达 $70\ 272.58\ \text{t}/\text{hm}^2$ 。灌水量、施氮量和施钾量对甜瓜叶片光合速率和产量影响的趋势基本一致, 二者呈显著正相关。数学模型拟合较好, 可用于指导日光温室甜瓜生产。

关键词:水肥耦合; 日光温室; 甜瓜; 数学模型

中图分类号:S 653.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)01-0034-05

甜瓜(*Cucumis melo* L.) 为 1 年生攀援草本植物, 别名香瓜、果瓜、哈密瓜, 果实甘甜芳香, 深受大众欢迎, 是世界性高档水果^[1-2]。随着设施园艺的发展, 日光温室甜瓜栽培面积不断扩大, 现已成为我国北方地区日光温室栽培的主要瓜菜之一。近年来, 我国黄河流域水资源实施合理分配和优化调度策略, 黄河上游前套地区黄河水实行配额使用, 水资源使用开始紧张, 而靠扬黄灌溉的宁夏南部山区水资源匮乏的现象则更加日益突出。日光温室甜瓜生产主要依靠肥水的大量投入来提高产量, 不合理的灌水、施肥不仅造成水资源和肥料的浪费, 还导致甜瓜发病率高、品质变劣、土壤次生盐渍化加重等现象。有学者已在黄瓜^[3-4]、番茄^[5-6]、辣椒^[7]、西瓜^[8-9]等园艺作物上进行水肥配施试验, 研究发现合理的水肥配比, 能达到水肥高效利用, 节水节肥, 作物增产的效果。国内外关于园艺作物水肥配施的研究较多。但是, 有关甜瓜水肥耦合的研究及其数学模拟模型构建的研究较为少见。该研究以甜瓜为试材, 研究灌水量、施氮量和施钾量与甜瓜光合速率和产量的关系, 定量研究水肥耦合效应的影响, 从而为日光温室甜瓜高产、优质、高效栽培及日光温室节水灌溉提供理论依据和技术支持。

第一作者简介:叶林(1977-), 男, 蒙古族, 内蒙古阿拉善左旗人, 硕士, 讲师, 现主要从事设施园艺与蔬菜生理生态等研究工作。E-mail: yelin.3993@163.com.

基金项目:宁夏大学校级自然科学基金资助项目(ZR1452); 2014 宁夏大学课程建设资助项目。

收稿日期:2015-09-24

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2015 年 2 月 16 日在宁夏固原市原州区三营镇新三营村设施农业科技示范基地日光温室中进行。温室为全钢架结构的日光温室, 温室长 75 m, 跨度 8.0 m, 脊高 4.2 m, 后墙为土墙, 平均厚度 2 m, 拱间距为 1 m。透明覆盖材料为: 华盾 EVA 多功能复合膜。保温材料为闭孔发泡塑料保温被, 安装 1.5 kW 单臂式卷帘机 1 台。

1.2 试验材料

供试甜瓜为当地日光温室主栽品种“新世纪”(台湾农友种苗有限公司出品)。

供试土壤为黄壤土, 0~20 cm 耕层土壤容重为 $1.22\ \text{g}/\text{cm}^3$, 有机质含量为 $6.32\ \text{g}/\text{kg}$, 全盐含量为 $0.31\ \text{g}/\text{kg}$, 全氮含量为 $0.19\ \text{g}/\text{kg}$, 全磷含量为 $0.43\ \text{g}/\text{kg}$, 碱解氮含量为 $23.6\ \text{mg}/\text{kg}$, 速效磷含量为 $8.32\ \text{mg}/\text{kg}$, 速效钾含量为 $135.67\ \text{mg}/\text{kg}$, pH 7.2。

供试肥料, 氮肥为尿素(含氮 46%), 钾肥为硫酸钾(含氧化钾 50%)。氮肥 50% 做基肥, 钾肥 30% 做基肥, 剩余肥料做追肥, 分 3 次施入, 分别在甜瓜升蔓期、定果后期和膨大期施入。其它田间管理措施同常规生产。

1.3 试验方法

试验采用 3 因素 5 水平二次回归通用旋转组合设计, 以光合速率和产量为目标函数, 以灌水量、施氮量、施钾量 3 因素为变量, 构建数学模型。设计 X_1 为 H_2O (灌水量), X_2 为 N(施氮量), X_3 为 K_2O (施钾量) 3 因素, $\gamma=1.68$, 中心试验点 $m_0=6$, 共设 20 个处理, 每处理 3 次

重复^[10]。3 因素不同水平编码值见表 1。

试验 20 个处理,采用高畦覆膜滴灌栽培,双行单株定植,行株距为 0.50 m×0.45 m,每小区 30 株。各处理小区面积为 7.0 m×1.4 m,小区之间深埋 50 cm 塑料进行隔离,防止不同小区之间水分和养分互相渗透影响。滴灌铺设在畦面中间,滴头间距 0.3 m,采用 20 个 300 L 大桶进行重力滴灌,安装水表精确记录每次灌水量。

表 1 试验因素水平及编码值

Table 1 Experimental factor levels and coding values

X_j	X_1 水	X_2 氮	X_3 钾
	$H_2O/(m^3 \cdot hm^{-2})$	$N/(kg \cdot hm^{-2})$	$K_2O/(kg \cdot hm^{-2})$
1.68	2 250.00	600.00	900.00
1	2 392.86	478.36	717.86
0	1 500.00	300.00	450.00
-1	607.14	121.64	182.14
-1.68	750.00	0	0
变化间距 Δ	892.86	178.36	267.86

1.4 项目测定

土样采集使用“S”形法,多点采集混合,按四分法制成混合土样。容重采用环刀法,有机质含量采用重铬酸钾容量法,全盐含量采用 DDSJ-308A 型电导率仪测定,全氮含量采用凯氏定氮法,全磷含量采用硫酸-高氯酸消煮法,碱解氮含量采用碱解扩散法,速效磷含量采用钼锑抗比色法,速效钾含量采用火焰光度法^[11],pH 值用 pH 仪测定,光合速率采用 Li6400 光合仪测定。

1.5 数据分析

采用 Excel 2003 软件进行试验数据处理和图表绘制,采用 DPS v 7.05 软件进行数据处理和分析^[12]。

表 2 试验方案及处理结果

Table 2 Test scheme and results

处理号 Treatment	处理变量值 Variable value			净光合速率	产量
	X_1	X_2	X_3	Photosynthesis rate	Yield
	水 H_2O	氮 N	钾 K_2O	$/(\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1})$	$/(t \cdot hm^{-2})$
1	1	1	1	10.38	51 848.3
2	1	1	-1	8.02	40 059.9
3	1	-1	1	5.73	28 621.4
4	1	-1	-1	4.84	24 175.8
5	-1	1	1	4.84	23 628.4
6	-1	1	-1	4.33	21 628.5
7	-1	-1	1	3.16	25 784.2
8	-1	-1	-1	2.88	24 385.6
9	-1.68	0	0	3.06	25 284.7
10	1.68	0	0	10.77	53 796.2
11	0	-1.68	0	4.27	21 328.7
12	0	1.68	0	9.99	49 000.1
13	0	0	-1.68	4.99	24 925.1
14	0	0	1.68	6.64	33 166.8
15	0	0	0	7.55	37 719.8
16	0	0	0	8.53	42 607.3
17	0	0	0	8.51	42 507.5
18	0	0	0	7.53	37 612.3
19	0	0	0	8.12	40 559.3
20	0	0	0	8.53	42 607.3

2 结果与分析

2.1 光合速率、产量与水肥耦合回归模型的建立及检验

从表 2 可知,以光合速率和产量为目标函数(Y),以灌水量(H_2O),施氮量(N),施钾量(K_2O)3 因素为控制变量,对数据进行处理,得到甜瓜产量对 3 因素的回归数学模型方程(1)和(2):

$$Y_{\text{光}} = 8.16 + 1.96X_1 + 1.51X_2 + 0.49X_3 - 0.64X_1^2 - 0.57X_2^2 - 1.03X_3^2 + 0.59X_1X_2 + 0.31X_1X_3 + 0.21X_2X_3 \quad (1),$$

$$Y_{\text{产}} = 40\,737.9 + 7\,119.4X_1 + 5\,911.7X_2 + 2\,452.5X_3 - 1\,262.1X_1^2 - 2\,809.3X_2^2 - 4\,972.5X_3^2 + 5\,502.9X_1X_2 + 1\,604.4X_1X_3 + 993.1X_2X_3 \quad (2).$$

经显著性检验,且复相关系数 R 分别为 0.95、0.92。回归式显著性测定结果: $F_{\text{光}1} = 4.19 < F_{0.05}(5,5) = 5.05$,失拟不显著; $F_{\text{产}1} = 13.58 < F_{0.05}(5,5) = 5.05$,失拟不显著,表明回归方程在试验区域拟合很好; $F_{\text{光}2} = 20.74 > F_{0.05}(9,10) = 3.02$; $F_{\text{产}2} = 4.55 > F_{0.05}(9,10) = 3.02$,表明回归系数达极显著水平,说明建立的产量函数二次回归模型具有代表性,可作为光合速率和产量预测模型。以下是 $\alpha = 0.10$ 显著水平剔除不显著项后,简化的回归方程为:

$$Y_{\text{光}1} = 8.16 + 1.96X_1 + 1.51X_2 + 0.49X_3 - 0.64X_1^2 - 0.57X_2^2 - 1.03X_3^2 + 0.59X_1X_2 \quad (3),$$

$$Y_{\text{产}1} = 40\,737.9 + 7\,119.4X_1 + 5\,911.7X_2 + 2\,452.5X_3 - 1\,262.1X_1^2 - 2\,809.3X_2^2 - 4\,972.5X_3^2 + 5\,502.9X_1X_2 \quad (4).$$

2.2 各因素及其交互作用与光合速率和产量之间的关系

2.2.1 主效因子分析 回归模型偏回归系数已标准化,其本身已经过无量纲编码代换,因此,可直接根据绝对值的大小来判断各因素对目标函数的影响程度。从方程(3)、(4)和图 1、2 可以看出,3 因素对光合速率和产量的影响程度大小同为 $X_1 > X_2 > X_3$,即灌水量 > 施氮量 > 施钾量。

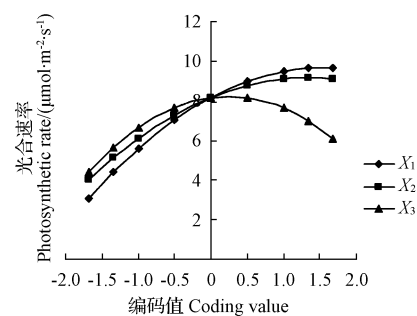


图 1 各单因素对光合速率的影响

Fig. 1 Effect of every factor on the photosynthesis rate

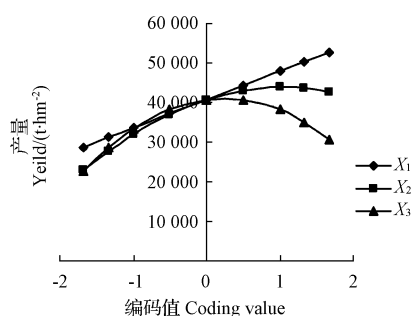


图2 各单因素对产量的影响

Fig.2 Effect of every factor on the yield

2.2.2 单因子效应分析 利用降维法,将回归模型中灌水量、施氮量、施钾量3因素中的任意2个变量确定为零水平,求得单因子对光合速率的偏回归模型。

$$Y_{光2} = 8.16 + 1.96X_1 - 0.64X_1^2 \quad (5),$$

$$Y_{光3} = 8.16 + 1.51X_2 - 0.57X_2^2 \quad (6),$$

$$Y_{光4} = 8.16 + 0.49X_3 - 1.03X_3^2 \quad (7).$$

对(5)、(6)、(7)式偏回归子模型,分别令 $dy_1/dx_1=0$, $dy_2/dx_2=0$, $dy_3/dx_3=0$, 可得 $X_1=1.68$, $X_2=1.34$, $X_3=0$ 。由于 $d^2y_1/dx_1^2 < 0$, $d^2y_2/dx_2^2 < 0$, $d^2y_3/dx_3^2 < 0$, 故当 $X_1=1.68$, $X_2=1.34$, $X_3=0$ 时, $Y_{光1}$ 、 $Y_{光2}$ 、 $Y_{光3}$ 有最大值为 9.6 、 9.2 、 $8.2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。由图1可知,各试验因素与甜瓜叶片光合速率均呈抛物线关系。甜瓜叶片光合速率随着灌水量的增加而增大,但增大幅度变小。当施氮量在 1.34 水平时,光合速率达到最大值为 $9.2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,此后,随着氮肥施入量的加大而呈递减趋势。当施钾量在 0 水平时,光合速率达到最大值为 $8.2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,此后逐渐下降。将回归模型中灌水量、施氮量、施钾量3因素中的2个确定在零水平,求得单因子对产量的偏回归模型。

$$Y_{产2} = 40737.9 + 7119.4X_1 - 1262.1X_1^2 \quad (8),$$

$$Y_{产3} = 40737.9 + 5911.7X_2 - 2809.3X_2^2 \quad (9),$$

$$Y_{产4} = 40737.9 + 2452.5X_3 - 4972.5X_3^2 \quad (10).$$

对(8)、(9)、(10)式偏回归子模型,分别令 $dy_1/dx_1=0$, $dy_2/dx_2=0$, $dy_3/dx_3=0$, 可得 $X_1=1.68$, $X_2=1$, $X_3=0$ 。由于 $d^2y_1/dx_1^2 < 0$, $d^2y_2/dx_2^2 < 0$, $d^2y_3/dx_3^2 < 0$, 故当 $X_1=1.68$, $X_2=1$, $X_3=0$ 时, $Y_{产1}$ 、 $Y_{产2}$ 、 $Y_{产3}$ 有最大值为 52711.35 、 43840.37 、 40737.93 t/hm^2 。由图2可知,施氮量、施钾量与甜瓜产量均呈抛物线关系。甜瓜产量随着灌水量的增加而增加,几乎呈一条直线。当施氮量在 1 水平时,产量达到最大值为 43840.37 t/hm^2 ,此后,随着氮肥施入量的加大而呈递减趋势,超过该水平下降至 42734.36 t/hm^2 。当施钾量在 0 水平时,产量达到最大值为 40737.93 t/hm^2 ,此后逐渐下降,超过该水平下降至 30798.182 t/hm^2 。

2.2.3 3因素的交互作用效应分析 将3个因素灌水量、施氮量和施钾量其中一个确定在零水平,分别得到其它2个因素与光合速率的子模型,试验中3因素之间对光合速率的影响有明显的交互耦合作用。通过对模型的解析,得到灌水量与施氮量的交互效应分界点,灌水量与施钾量的交互效应分界点为 $X_1=1.68$, $X_2=1.68$,灌水量与施钾量的交互效应分界点为 $X_1=1.682$, $X_3=0$,施氮量与施钾量的交互效应分界点为 $X_2=1.341$, $X_3=0$,低于此水平时与光合速率存在正相关关系,高于此水平时呈负相关关系。将3个因素灌水量、施氮量和施钾量其中一个确定在零水平,分别得到其它2个因素与产量的子模型,试验中3因素之间对产量的影响有明显的交互耦合作用。灌水量与施氮量的交互效应分界点为 $X_1=1.68$, $X_2=1.68$,灌水量与施钾量的交互效应分界点为 $X_1=1.682$, $X_3=0.5$,施氮量与施钾量的交互效应分界点为 $X_2=1$, $X_3=0.5$,低于此水平时与产量存在正相关关系,高于此水平时呈负相关关系。

2.2.4 灌水量、施氮量、施钾量的优化组合及频率分析

通过对产量模型的研究,分析灌水量、施氮量、施钾量各因子对光合速率和产量的影响程度,得出3因素取值分别为 $X_1=1.68$ 、 $X_2=1.68$ 、 $X_3=0$ 时,其对应的灌水量、施氮量、施钾量分别为 $2250 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 、 $600 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 、 $450 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 时,光合速率最高可达 $12.24 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,以此量化指标栽甜瓜,产量最高可达 70272.58 t/hm^2 。由表3可知,在所有的方案中,甜瓜光合速率高于 $6.63 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的方案共有39个。当 X_1 水平在 $0.784 \sim 1.192$ 时, X_2 水平在 $0.710 \sim 1.164$ 时, X_3 水平在 $-0.155 \sim 0.551$ 时,甜瓜叶片光合速率有95%的可能高于 $6.63 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。由表4可知,在所有的方

表3 甜瓜光合速率大于 $6.63 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的39个方案各变量取值频率分布

Table 3 Frequency distribution of the variable value with water melon photosynthesis rate than $6.63 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ in the experiment scheme

水平 Level	X_1 水 H_2O	X_2 氮 N	X_3 钾 K_2O
-1.682	0	0	4
-1	0	1	8
0	10	10	10
1	15	14	9
1.682	14	14	8
加权平均数 Weight average	0.988	0.937	0.198
标准误差 Standard error	0.104	0.166	0.180
95%分布区间			
Distribution range at level of 95%			
	0.784~1.192	0.710~1.164	-0.155~0.551

表4 甜瓜产量大于 34 562.36 kg/hm² 的
37 个方案各变量取值频率分布

Table 4 Frequency distribution of the variable value with water melon
yield higher than 34 562.36 kg/hm² in the experiment scheme

水平 Level	X ₁ 水 H ₂ O	X ₂ 氮 N	X ₃ 钾 K ₂ O
-1.682	0	0	4
-1	0	1	8
0	8	10	10
1	14	13	9
1.682	15	13	6
加权平均数 Weight average	1.06	0.915	0.118
标准误差 Standard error	0.104	0.12	0.181
95%分布区间 Distribution range at level of 95%	0.856~1.264	0.680~1.151	-0.237~0.472

案中,甜瓜产量大于 34 562.36 kg/hm² 的方案有 37 个。当 X₁ 水平在 0.856~1.264 时,X₂ 水平在 0.680~1.151 时,X₃ 水平在 -0.237~0.472 时,甜瓜叶片光合速率有 95%的可能高于 34 562.36 kg/hm²。

3 讨论与结论

水肥耦合影响叶色、气孔导度、蒸腾速率及叶片中的各种酶含量^[13],对植株的光合作用造成影响,进而影响植株产量。试验结果表明,增加灌水量和施氮量都有利于促进光合的提高,这与前人^[14-15]研究结果是一致的。

灌水量和施肥量对植株产量具有重要影响,农谚道“有收无收在于水,多收少收在于肥”,通过对试验结果的分析表明,甜瓜叶片的光合作用随着灌水量的增加而增加,达到峰值后缓慢降低,随着施氮量和施钾量的增加,先上升后降低。甜瓜产量随着灌水量的增加而增加,随着施氮量和施钾量的增加,先上升后降低。灌水量和施氮量存在显著地交互作用。水肥通过光合作用对产量产生影响,二者之间是相互影响和制约的关系。这与前人^[16]研究结果是一致的。

在该试验研究的土壤条件下,建立了甜瓜产量与灌水量、施氮量、施钾量 3 因素之间的数学模型,经检验拟合度较好,可以预报并指导生产。3 因素对甜瓜产量影响程度的大小依次为灌水量、施氮量、施钾量。得出甜瓜产量达到最高值 70 272.58 t/hm²。该试验只是初步探讨了灌水量、施氮量、施钾量与甜瓜产量的关系。此外,水肥耦合对甜瓜的品质的影响,磷肥对甜瓜产量的

影响等,尚需进一步研究。

该试验建立了水肥耦合对甜瓜光合及产量影响的数学模型,2 个模型复相关系数 *R* 分别为 0.95,0.92,均达到显著水平。具有较高的准确性,能够对日光温室甜瓜生产进行预测。甜瓜光合速率、产量与灌水量、施氮量、施钾量呈正相关,3 因素对光合速率和产量的影响程度大小同为 X₁>X₂>X₃,即灌水量>施氮量>施钾量。通过计算机模拟寻优,当处理组合,灌水量、施氮量、施钾量分别为 2 250 m³/hm²、600 kg/hm²、450 kg/hm² 时,光合速率最高可达 12.24 μmol·m⁻²·s⁻¹,甜瓜产量最高可达 70 272.58 t/hm²。

参考文献

- [1] 王坚. 中国西瓜甜瓜[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [2] 张振贤. 蔬菜栽培学[M]. 北京:中国农业大学出版社,2003.
- [3] 穆大伟,邹志荣,王兰英. 沙化地日光温室黄瓜配方施肥数学模型的建立[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2006,34(7):116-120,126.
- [4] 李邵,薛绪掌,郭文善,等. 水肥耦合对温室盆栽黄瓜产量与水分利用效率的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(2):376-381.
- [5] 陈碧华,邵庆炉,孙丽. 番茄日光温室膜下滴灌水肥耦合效应研究[J]. 核农学报,2009,23(6):1082-1086.
- [6] 李建明,潘铜华,王玲慧,等. 水肥耦合对番茄光合、产量及水分利用效率的影响[J]. 农业工程学报,2014,30(10):82-90.
- [7] 梁运江,谢修鸿,许广波,等. 水肥耦合对保护地辣椒叶片光合速率的影响[J]. 核农学报,2010,24(3):650-655.
- [8] 薛亮,马忠明,杜少平. 水氮耦合对绿洲灌区土壤硝态氮迁移及甜瓜氮素吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2014,20(1):139-147.
- [9] 马忠明,杜少平,薛亮. 磷钾配施对旱砂田西瓜产量、品质及养分利用率的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2014,20(3):687-695.
- [10] 叶林,李建设,张光弟,等. 氮磷钾耦合效应对日光温室厚皮甜瓜产量的影响[J]. 北方园艺,2015(6):50-54.
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000:54-56.
- [12] 唐启义,冯明光. 实用统计分析及其 DPS v7.05 数据处理系统[M]. 北京:科学出版社,2002.
- [13] 张国红,睦晓蕾,郭英华,等. 施肥水平对日光温室番茄光合生理的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2006,37(3):317-321.
- [14] 张秋英,刘晓冰,金剑,等. 水肥耦合对大豆光合特性及产量品质的影响[J]. 干旱地区农业研究,2003,21(1):47-50.
- [15] 尹光华,刘作新,陈温福,等. 水肥耦合条件下春小麦叶片的光合作用[J]. 兰州大学学报,2006,42(1):40-43.
- [16] RAHMAN S M, KHALIL M I, AHMED M F. Yield-water relation and nitrogen utilization by wheat in salt-affected soils of Bangladesh[J]. Agricultural Water Management,1995,28(1):49-56.

Effect of Water-Fertilizer Coupling on Muskmelon Photosynthesis and Yield in Greenhouse

YE Lin,ZHAO Xia,NA Xuewei,LI Jianshe,ZHANG Guangdi

(College of Agricultural,Ningxia University,Yinchuan,Ningxia 750021)

DOI:10.11937/bfyy.201601010

不同基因型番茄幼苗耐弱光指标的筛选

郑倩¹, 毛秀杰¹, 叶景学²

(1. 河北科技师范学院 园艺科技学院, 河北 秦皇岛 066000; 2. 吉林农业大学 园艺学院, 吉林 长春 130118)

摘要:以耐弱光番茄品系 QX、‘小粉’和不耐弱光番茄品系 16L、lnf 为试材, 通过覆盖双层遮阳网研究弱光对温室幼苗生长发育的影响, 并筛选出苗期耐弱光指标。结果表明: 弱光条件下番茄生长受到抑制, 遮光后的壮苗指数均比对照增加, 且耐弱光番茄品系显著高于不耐弱光番茄品系; 各番茄品系的叶绿素 a/b 和净光合速率均呈下降趋势, 耐弱光番茄品系显著低于不耐弱光番茄品系。该试验初步筛选出壮苗指数、叶绿素 a/b、净光合速率作为苗期耐弱光指标。

关键词:番茄; 弱光; 壮苗指数; 叶绿素 a/b; 净光合速率

中图分类号:S 641.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)01-0038-03

弱光是保护地栽培中经常出现的逆境环境, 它严重制约蔬菜生长发育和产量的形成, 继而造成严重的损失^[1]。番茄是一种喜温性蔬菜, 大多数番茄品种的生长对日照要求不严格, 不需特定的光周期, 最长光照可达 16 h, 但其良好的发育需较高光强, 番茄光饱和点为 $1\ 250\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 在 $535 \sim 625\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 条件下对经济产量形成有着重要的影响^[2], 其补偿点为 $35.7 \sim 44.6\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。尤其在在我国北方春季常遭遇连续阴天等情况, 使保护地光照达不到 $535\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上, 这使光照成为番茄生产中的重要限制因子。关于番茄弱光下表现的相关性已有不少的研究和报道, 特别是筛选番茄耐弱光相关指标研究较多^[3-5]。研究表

明, 弱光下番茄生长发育延缓, 对于番茄植株的株高、茎粗等形态指标、叶绿素、净光合速率、过氧化物酶(POD)活性等生理生化指标已有相关报道。该试验在前人试验的基础上, 筛选出适用于该课题组品系的相关指标, 并加入壮苗指数指标的测定, 以期筛选出耐弱光新指标, 为番茄耐弱光育种提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为 4 个番茄品系, 分别是 QX、16L、‘小粉’、lnf, 其中 QX、16L 为无限生长型番茄类型, ‘小粉’、lnf 为有限生长型番茄类型, 材料由河北科技师范学院番茄育种课题组提供。

1.2 试验方法

试验于 2014 年 9—12 月在河北科技师范学院园艺实验站温室中进行。采用穴盘育苗, 随机区组设计, 3 次重复, 对照为无遮阳网覆盖(晴天 09:00—11:00 光强约为 $530\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), 处理为双层黑色遮阳网覆盖(光

第一作者简介:郑倩(1989-), 女, 河北廊坊人, 硕士研究生, 研究方向为蔬菜学。E-mail:1367254258@qq.com.

责任作者:毛秀杰(1971-), 女, 博士, 教授, 现主要从事蔬菜遗传育种等研究工作。E-mail:maoxiujie@126.com.

基金项目:吉林省科技发展计划资助项目(20140204053NY)。

收稿日期:2015-09-22

Abstract: To study effect of water and fertilizer coupling on musk melon in solar greenhouse, with 3 factors and 5 levels quadratic regression orthogonal rotational combination design, irrigation, application amount of nitrogen and potassium application rate and muskmelon in solar greenhouse photosynthetic rate and yield correlation were studied, and a mathematical model was established. The results showed that the photosynthetic rate, yield and irrigation amount, nitrogen application rate and amount of potassium fertilizer were positively correlated. The effect of 3 factors on photosynthetic rate and yield was: $X_1 > X_2 > X_3$. When the irrigation amount, the amount of N and K were $2\ 250\ \text{m}^3/\text{hm}^2$, $450\ \text{kg}/\text{hm}^2$ and $600\ \text{kg}/\text{hm}^2$, the photosynthesis rate was $12.24\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, the yield of the melon was up to $70\ 272.58\ \text{t}/\text{hm}^2$. The effect of irrigation, nitrogen fertilizer and potassium application on the photosynthetic rate and yield of melon leaves were consistent, and the two had a significant positive correlation. The mathematical model could be used to guide the production of melon in greenhouse.

Keywords: water and fertilizer coupling; greenhouse; muskmelon; mathematical model