

非充分灌溉下日光温室小型西瓜高产指标研究

李晋平,蔡焕杰,郑健,王健

(西北农林科技大学旱区农业水土工程教育部重点实验室,陕西杨凌 712100)

摘要:以温室小型西瓜为试验材料,以日光温室内E601型蒸发器蒸发量值为控制灌溉水量依据,在西瓜的不同生育阶段设置4个灌水水平,研究非充分灌溉下不同灌水量对温室小型西瓜产量的影响,并以小型西瓜生育期结束时的株高、茎粗、地上部干重和根干重为单项指标,通过通径分析方法,计算它们与产量之间的直接通径系数和间接通径系数。结果表明,适宜的非充分灌溉能显著提高小型西瓜的产量和水分利用效率。茎粗、地上部干重和根干重与产量之间均呈显著或极显著关系,且茎粗和根干重对产量直接影响较大,可作为评价小型西瓜高产的单项指标,而地上部干重则通过与其它指标的相互影响间接作用于产量。根冠比的分析表明,根冠比维持在某一适当范围时将获得高产。

关键词:非充分灌溉;小型西瓜;产量;通径系数;根冠比

中图分类号:S274.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-7601(2010)02-0127-05

小型西瓜,又称“微型西瓜”、“礼品西瓜”,是近年发展起来的优质西瓜新品种,已成为中国西瓜市场上的高档畅销果品,是现代化温室和设施中经济效益较高、栽培量较大的果品种类之一。

小型西瓜生长不仅与本身遗传基础有关,还与肥、水分等外界因素有关^[1-3],而这些因素直接影响着小型西瓜植株的形态、生理及生化变化。由于形态指标具有更大的实践意义,所以研究较多,如株高、茎粗、叶面积等。

通径分析是数量遗传学家 Sewall Wright 于 1921 年首先提出的,并经不断改进而形成的一种统计方法。通过对各单项指标的通径分析不仅可以揭示各单项指标之间的相关关系,而且能反映各单项指标对产量直接与间接的影响程度和对提高产量的作用大小。一些学者利用通径分析对多种作物进行分析研究^[4-7],探明了一些作物构成高产的主要指标。本试验以 E601 蒸发皿蒸发量确定灌溉水量指标,通过对秋季温室小型西瓜生育末期的形态指标与产量的通径分析,试图寻找高产时的最优形态指标,并以此为基础,为日光温室小型西瓜生产实践中培育高产小型西瓜提供科学依据和理论指导。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验在西北农林科技大学旱区农业水土工程教

育部重点开放实验室的日光温室内进行。温室结构为房脊型,长 36 m,宽 10.3 m,高 4 m。实验室位于东经 108°04',北纬 34°20',所处地理位置属暖温带季风半湿润气候区,年均日照时数 2 163.8 h,无霜期 210 d。试验地土壤为瘠土,其中粒径 0.05 ~ 1.00 mm 的砂粒占质量比的 26%,粒径 0.05 ~ 0.005 mm 的粉砂颗粒占质量比的 33%,粒径 ≤ 0.005 mm 的粘粒占质量比的 41%。1 m 内土壤平均容重为 1.39 g/cm³,田间持水量为 24%。种植前测得土壤养分状况为:土壤有机质含量为 1.92 g/kg,全磷含量为 1.21 g/kg,全氮含量为 0.96 g/kg,全钾含量为 20.19 g/kg。

试验供试品种为小型西瓜“黑美人”,于 2008 年 7 月 28 日定植,结束时间为 2008 年 10 月 20 日。定植时西瓜幼苗为 3 叶 1 心,各处理统一采用沟灌灌水,定植后覆膜。因试验在日光温室中进行,为了节省温室空间,本试验中小型西瓜采用的是吊蔓栽培,且在生长过程中把所有的侧蔓都掐掉,只留主蔓。

1.2 试验处理

灌溉方式采用滴灌,滴灌频率为每天 1 次,灌溉水量采用安置在温室内的 E601 型蒸发器的蒸发量值控制,以每天早晨 8:00 测定的蒸发量数值为灌溉标准。灌溉水量的计算方法为:

$$M = K_p \times S \times E_p \quad (1)$$

收稿日期:2009-10-26

基金项目:国家自然科学基金(50779059)

作者简介:李晋平(1984—),女,山西临汾人,硕士研究生,主要从事节水灌溉理论与技术研究。E-mail:lijinping1018@163.com。

通讯作者:蔡焕杰(1962—),男,河北藁城人,博士,教授,主要从事农业节水和水资源高效利用方面的研究。E-mail:caihj@nwsuaf.edu.cn。

式中, M 为灌溉水量 (ml); K_p 为蒸发皿系数 (1.25、1.00、0.75 和 0.50); S 为灌溉水量控制面 (cm^2), 在本实验中为 $40 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} = 2000 \text{ cm}^2$; E_p 为 2 次灌水间隔内蒸发皿蒸发量 (mm)。

试验设置 $1.25E_p$ 、 $1.00E_p$ 、 $0.75E_p$ 和 $0.50E_p$ 4 个灌水水平, 西瓜生长期划分为苗期、开花 - 坐果期、果实膨大期和成熟期 4 个生长阶段。将 4 个灌水水平设置在西瓜生长的不同阶段, 试验处理如表 1 所示。

表 1 不同生长期温室小型西瓜非充分灌溉灌水方案

Table 1 Irrigation scheme of mini-watermelon in the greenhouse (E_p)

处理 Treatment	苗期 Seeding stage	开花 - 坐果期 Blossoming and fruit bearing stage	果实膨大期 Fruit spreading stage	成熟期 Fruit maturing stage
T1	$1.25E_p$	$1.25E_p$	$1.25E_p$	$1.25E_p$
T2	$1.00E_p$	$1.00E_p$	$1.00E_p$	$1.00E_p$
T3	$0.75E_p$	$0.75E_p$	$0.75E_p$	$0.75E_p$
T4	$0.50E_p$	$0.50E_p$	$0.50E_p$	$0.50E_p$
T5	$0.50E_p$	$0.75E_p$	$1.25E_p$	$0.50E_p$
T6	$0.75E_p$	$0.75E_p$	$1.25E_p$	$1.00E_p$
T7	$0.50E_p$	$1.25E_p$	$0.50E_p$	$1.00E_p$
T8	$1.00E_p$	$1.00E_p$	$1.25E_p$	$0.50E_p$

1.3 试验观测内容

株高采用米尺从西瓜基部开始量取; 茎粗采用千分尺量取基部茎秆直径; 试验结束后, 将根部泥土冲洗干净, 再将植物地上各部分与地下部分分开后装入纸袋称重; 地上部干重 (不包括果重)、根干重在测定鲜重后, 放入烘箱, 105°C 杀青 30 min 后, 75°C 恒温下烘至恒重, 用电子天平 (感量为 0.01 g) 称干重, 每个处理选取 3 株测定, 取平均值为最终测定结果。小型西瓜产量以单株计, 为减小灌水器间因土壤差异而产生的灌水不均匀性对产量的影响, 各处理平均单株产量取所有小型西瓜植株的单株产量计算。

2 结果与分析

2.1 不同处理对单株产量、灌水量和水分利用效率的影响

由图 1 可知, 就整个生育期而言, 在苗期和开花坐果期采用 $0.75E_p$ 的灌水量, 在膨大期提高到 $1.25E_p$ 的灌水量 (处理 6), 不仅可以获得最高的产量, 同时也达到了最大的水分利用效率 (290.28 kg/m^3), 实现了高产与高效的统一。在小型西瓜的开花坐果期、果实膨大期和成熟期均采用 $0.50E_p$ 灌溉水量的处理 4, 使得西瓜植株受到严重的干旱胁迫,

使其营养生长和生殖生长受到抑制, 虽然水分利用效率不是最低, 但其产量远低于其他处理, 这样的用水在生产实践中没有意义。整个生育期采用 $1.25E_p$ 灌溉水量的处理 1, 虽然也有较高的产量, 但是以大的耗水量为代价换来的, 最终使得水分利用效率较低 (186.10 kg/m^3), 这不但浪费宝贵的水资源, 同时也容易使得大棚湿度增大, 从而导致大量作物病虫害的发生, 不利于温室小型西瓜的生长。因此, 在秋季温室小型西瓜的各生育期按处理 6 进行水分的科学管理, 可以实现作物既高产又节水的目的。

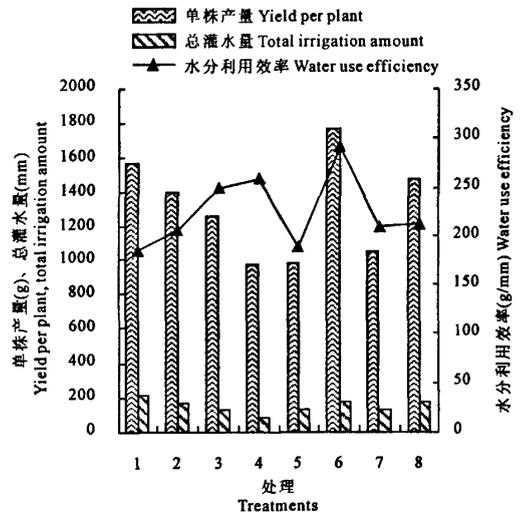


图 1 不同处理对单株产量和水分利用效率的影响

Fig. 1 Effects of different treatments on per plant yield and water use efficiency

2.2 小型西瓜高产形态指标

单项指标分别取为株高 (x_1)、茎粗 (x_2)、地上部干重 (x_3) 和根干重 (x_4) 4 项, 其值的获得在小型西瓜生育期结束时量取, 分析其对产量 (y) 构成的直接和间接影响程度。各单项指标对产量 (y) 的相关分析和通径分析采用 DPS 数据处理系统软件。

2.2.1 单项指标对小型西瓜产量的影响 从各单项指标与产量的相关分析 (表 2) 可以看出, 茎粗 (x_2)、地上部干重 (x_3) 和根干重 (x_4) 与产量 (y) 之间相关系数分别为 0.974、0.714、0.945, 呈显著或极显著水平, 而株高 (x_1) 与产量 (y) 之间的关系不显著。从各单项指标之间相关分析可以看出, 各单项指标之间均存在一定程度的相关关系, 说明各单项指标与产量之间以及各单项指标之间存在相互影响和相互作用。

表2 单项指标间相关分析

Table 2 Correlation analysis among individual indicators

	x_1	x_2	x_3	x_4	y
x_1	1.000	0.369	0.210	0.353	0.383
x_2	0.369	1.000	0.630	0.955**	0.974**
x_3	0.210	0.630	1.000	0.590	0.714*
x_4	0.353	0.955**	0.590	1.000	0.945**
y	0.383	0.974**	0.714*	0.945**	1.000

注: *表示0.05水平上差异显著; **表示0.01水平上差异显著。

Note: * means significant difference at 0.05 level; ** means significant difference at 0.01 level.

为了进一步了解各单项指标对产量的相对重要

表3 各单项指标与产量的通径系数

Table 3 Path coefficient between yield and its individual indicators

因素 Factor	相关系数 Correlation coefficient	直接通径系数 Direct path coefficient	间接通径系数 Indirect path coefficient			
			$x_1 \rightarrow y$	$x_2 \rightarrow y$	$x_3 \rightarrow y$	$x_4 \rightarrow y$
x_1	0.383	0.031		0.249	0.036	0.068
x_2	0.974	0.673	0.011		0.107	0.183
x_3	0.714	-0.170	0.237	0.424		0.223
x_4	0.945	0.642	0.011	0.192	0.100	

直接通径系数表明各单项指标对产量的直接影响程度,从表3中直接通径系数值可以看出,茎粗(x_2)和根干重(x_4)对产量的直接通径系数分别为0.673和0.642,均达到极显著水平。而株高、地上部干重对产量的直接通径系数皆不显著。说明当用单项指标来评价小型西瓜的产量时,茎粗可作为高产指标的第一选择,而根干重可作为高产指标的第二选择。

间接通径系数可以说明小型西瓜的各单项指标通过其它单项指标对产量的影响程度,通过对表3的分析可知:(1)茎粗对产量的影响主要是直接影响,而通过根干重对产量的间接影响次之;(2)地上部干重通过茎粗对产量的间接影响最大,通过根干重作用于产量的间接影响较小;(3)根干重对产量的影响主要是通过茎粗的间接影响,而其对产量的直接影响次之。

综上所述,各单项指标对产量都有不同程度的影响,且该影响分别由直接影响和间接影响组成,主要表现为直接通径系数和间接通径系数。对于茎粗和根干重而言,其直接通径系数分别达极显著和显著水平,因此,茎粗和根干重可分别作为温室小型西瓜高产单项指标的第一选择和第二选择,同时说明在温室小型西瓜的某个生育期适当的进行水分亏

性,在相关分析的基础上进行了单项指标对产量的通径分析,结果见表3。

从表3可获得各产量构成因素($x_1 \sim x_4$)与产量(y)之间的线性回归方程为:

$$y = 9.4618 + 0.2272x_1 + 77.7624x_2 - 4.1231x_3 + 42.2241x_4 \quad (2)$$

其 $F = 24.35 (P < 0.05)$ 达显著水平,这说明 y 关于 x_1, x_2, x_3, x_4 的通径分析是有意义的,且产量和各单项指标之间的多元回归关系可用方程(2)表示。通过计算回归方程的误差 e 的通径系数 $P_{ey} = 0.173$,说明还有一些影响产量(y)的因素未被考虑,需要在试验中进一步研究。

缺,增大作物的茎粗和根量,有利于最终产量的形成。

2.2.2 根冠比对小型西瓜产量的影响 以上分析表明,除株高外,各单项指标对产量的影响都达到极显著水平,且影响分别由直接影响和间接影响组成。对于茎粗和根干重而言,因为直接影响较大,均达极显著水平。对地上部干重而言,则因为间接影响较大,所以不能单独用来作为评价小型西瓜高产的单项指标,为此,我们研究根冠比(根干重/地上部干重)对产量(y)的影响。

由式(2)可知,地上部干重每增加1g,西瓜产量减少4.12g,根干重每增加1g,产量增加42.22g。说明根干重越大,产量越大,而地上部干重越大,产量反而越小。但这是否说明根冠比越大产量就越高呢,下文将结合小型西瓜生育期结束时所测得的根冠比对该问题做出进一步的分析说明。

根冠比受植物自身发育特性的影响和环境因素的影响,反映了植物地上、地下相互促进,又相互制约的关系^[8]。将不同非充分灌溉处理下小型西瓜生育期结束时的根冠比与产量关系绘于图2,分析可知,根冠比与产量之间呈极显著的二次曲线形式,当根冠比在0.022~0.039之间时,产量随根冠比的增加呈增大趋势,当根冠比在0.039~0.075之间时,

产量随根冠比的增加呈减小趋势。这是因为过小的根冠比因得不到足够的水分和养分而限制作物生长,过大的根冠比则由于根部消耗过多的同化物而同样限制产量^[9]。由此可知,小型西瓜根冠比对于产量来说,不是越大越好,也不是越小越好,而是有一个适当的比例关系,大于或小于这个比例,都会影响小型西瓜最终的产量。

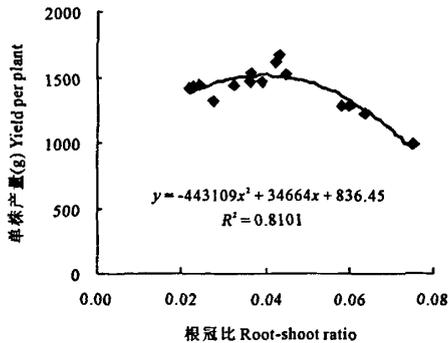


图 2 根冠比与产量的关系

Fig.2 The relationship between root-shoot ration and yield

3 结论

1) 非充分灌溉技术模式下,用 E601 蒸发皿蒸发量作为制定小型西瓜灌溉标准时,适宜的非充分灌溉(处理 6),不仅获得了最高的产量,同时水分利用效率也达到了最高,实现了高产与节水的统一,而传统的丰水灌溉(处理 1),虽然产量较高,但其水分利用效率较低。说明适宜的非充分灌溉技术在干旱地区具有大的推广价值。

2) 通过对株高、茎粗、地上部干重和根干重与产量之间的相关系数分析,除株高外,产量与茎粗、地上部干重和根干重之间的单相关系数均达到显著和极显著水平;各单项指标之间均存在一定程度的相关关系,说明各单项指标与产量之间以及各单项

指标之间存在相互影响,相互作用。

通径分析表明,茎粗和根干重与产量均呈极显著的正相关,因此可将茎粗和根干重作为评价温室小型西瓜高产的重要因素。

当用根冠比作为评价小型西瓜高产的相对指标时,根冠比要有一个适当的比例关系,大于或小于这个比例,都会影响根系吸收水分和养分的能力,或改变能量在根与冠中的分配比例,从而影响最终的产量。

因该试验只考虑了株高、茎粗、地上部干重、根干重这 4 个形态指标,而未能考虑生理、生化指标,所以影响产量的一些其它重要指标未能包括进去,这些还需进一步的研究。

参考文献:

- [1] 卢成,郑世宗,何贤康.水肥模式对温室小型西瓜水分利用及光合特性的影响研究[J].浙江水利科技,2007,11(6):3—5.
- [2] 买买提·托合提苏莱曼,余宏军,吴林科,等.追肥量对有机生态型无土栽培西瓜产量品质和光合特性的影响[J].北京农学院学报,2006,21(2):17—19.
- [3] 郑健,蔡焕杰,陈新明,等.调亏灌溉对温室小型西瓜水分利用效率及品质的影响[J].核农学报,2009,23(1):159—164.
- [4] 田纪春,邓志英,胡瑞波,等.不同类型超级小麦产量构成因素及籽粒产量的通径分析[J].作物学报,2006,32(11):1699—1705.
- [5] 滕辉升,张述宽,陈天渊,等.青贮玉米生物产量与主要农艺性状的相关和通径分析[J].作物杂志,2007,(5):48—50.
- [6] 向长祥,陈洪明,张洪荣.南瓜产量构成性状的相关分析[J].中国蔬菜,2004,(6):29—30.
- [7] 陈贤,关文灵,杨磊,等.番茄品系产量构成因素的通径分析[J].安徽农业科学,2007,35(8):2268—2269.
- [8] 赵成刚.根冠比与烟草品质的关系[J].农业科技,2006,(18):133.
- [9] 沈玉芳,李世清,邵明安.水肥空间组合对冬小麦生物学性状及生物量的影响[J].中国农业科学,2007,40(8):1822—1829.

Study on high-yielding indicators of greenhouse mini-watermelon under deficit irrigation

LI Jin-ping, CAI Huan-jie, ZHENG Jian, WANG Jian

(The Key Laboratory of Agricultural Soil and Water Engineering in Arid Area of Ministry of Education, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Taking mini-watermelon as the test material, four irrigation levels were set at different growth stages in greenhouse. With irrigation water amount controlled by E-601 type evaporator, the effects of deficit irrigation on greenhouse mini-watermelon yield were studied. Taking the stem height, stem diameter, above-ground dry weight and root dry weight as the monomial indicators, calculation was made of the direct and indirect path coefficient among these indicators and yield through path analysis method. The results indicated that appropriate deficit irrigation could improve yield and water use efficiency obviously. The relationship among stem diameter, above-ground dry weight, root dry weight and yield was obviously significant, and stem diameter and root dry weight could be considered as the monomial indicators for evaluating the high mini-watermelon yield, but above-ground dry weight had an indirect influence on mini-watermelon yield through interaction with other indicators. Through the analysis to root-shoot ratio which was a relative high yield indicator, it showed that the mini-watermelon would get high yield when the root-shoot ratio maintained in a certain range. The results supplied guidance to cultivate mini-watermelon with high yield form indicators.

Keywords: deficit irrigation; mini-watermelon; yield; path coefficient; root-shoot ratio

(上接第 126 页)

Responses of leaf stomata to environmental stresses in distribution and physiological characteristics

WANG Bi-Xia¹, ZENG Yong-hai², WANG Da-yong², ZHAO Rong², XU Xiao¹

(1. College of Life Sciences, China West Normal University, Nanchong, Sichuan 637002, China;
2. Yele Nature Reserve, Mianning, Sichuan 615600, China)

Abstract: Based on different responses to stresses of drought, shade, salt, heavy metal and elevated CO₂, distribution and physiological characteristics of leaf stomata were summarized, respectively. The results show that: (1) Water stress will increase stomatal density and decrease stomatal opening in most plants. However, stomatal distribution will exhibit different results under the stresses because of diversity in species and stress degrees. (2) It has been reported in most plants that shade treatments will change the shape of stomata, decrease stomata number and stomata density, as well as induce lower stomatal conductance and net photosynthesis rate. (3) Salt stress will reduce leaf area and modify leaf structure, and increase stomatal density. Furthermore, the stomatal conductance and net photosynthesis rate will be decreased because of salt stress. (4) Although few experiments were found to study the relationship between stomata and heavy metal treatments, it has been documented that heavy metal will induce plants to exhibit lower stomatal conductance and net photosynthesis rate in some plants. (5) Most documents show that shape and gas exchange of leaf will suffer significant affects under elevated CO₂ concentration.

Keywords: stomatal distribution; environmental stress; stomatal conductance; response