

钾肥用量对甜瓜生长发育、产量及品质的影响

陆雪锦¹ 张炎^{1*} 胡国智² 李青军¹ 胡伟¹ 冯炯鑫²

(1. 新疆农业科学院土壤肥料与农业节水研究所, 乌鲁木齐 830091; 2. 新疆农业科学院哈密瓜研究中心, 乌鲁木齐 830091)

摘要 通过田间小区试验, 研究甜瓜在膜下滴灌栽培条件下, 不同施钾量 (0、5、10、15 公斤/亩) 对甜瓜生长发育及产量品质的影响。结果表明: (1) 随施钾量的增加, 甜瓜干物质积累快增期 (Δt) 延长, 施钾处理比不施钾处理延长了 1~6 天; 施钾增加了甜瓜在 Δt 时期内的干物质积累量, 在快增期时施钾处理单株积累量比不施钾处理增加 95.15~139.67 克; 不同钾肥处理总干物质积累速率依次在播种后 63 天、66 天、65 天、64 天达到最大值。(2) 合理施用钾肥有利于甜瓜茎粗增长, 成熟期 K_2 处理比 K_0 、 K_3 处理的茎粗值分别高出 3.49 毫米、3.17 毫米。(3) 施钾量在 10 公斤/亩时, 叶绿素含量、含糖量达到最大值。(4) 施钾对甜瓜有显著的增产作用, 施钾量在 10 公斤/亩时, 甜瓜产量达 2082 公斤/亩; 通过一元二次方程模拟推荐钾肥最佳经济施用量为 7.7 公斤/亩。

关键词: 钾肥; 甜瓜; 产量; 品质

钾是植物必需的一价阳离子^[1], 可作为 60 多种酶的活化剂^[2], 且钾素可以调节气孔开闭^[3]、形成叶肉阻抗力^[4], 从而提高叶片的光合速率和光合化学活性, 以此协调光合同化物的合成、运输与转化, 最终改善农作物品质^[5]。因此研究钾肥用量对提高甜瓜产量及品质具有重要意义。目前在甜瓜生产中, 普遍存在重施氮磷肥、忽视钾肥、或者过量施用氮肥而引起钾营养不平衡的问题^[6], 一方面影响了甜瓜产量的提高和品质的改善; 另一方面, 造成氮、磷肥资源的浪费, 同时引起环境污染^[7]。甜瓜是喜钾作物^[8], 适量的钾肥对甜瓜有增产提质的作用^[9]。然而, 新疆土壤的速效钾含量相对较高^[10], 如何在高钾地区合理的施用钾肥且提高钾肥的利用率, 是当前农学家和植物营养家们面临的难题^[11]。自 1865 年 Lucanus 最先提出钾是高等植物生长所必需的元素以后, 钾素研究取得了很大进展^[1]。我国科技工作者采用不同作物作为研究对象, 开展了钾肥对作物产量及品质的影响的研究。目前, 国内外关于钾对农作物生长发育、营养品质和产量影响的研究多见于小麦、棉花、玉米等大田作物^[12] 以及大白菜、番茄等蔬菜上^[13-14], 但钾肥对新疆甜瓜产量和品质的影响却鲜有报道, 且研究项目大多侧重于氮磷钾互作效应和营养液与栽培基质中钾素的研究上^[6,15]。本研究在膜下滴灌生产栽培条件下, 通过田间小区试验探讨钾肥用量对甜瓜产量、品质、生长特性的影响。根据 Logistic 生长函数与肥料效应方程确定甜



瓜最佳施肥量以及最佳施肥时间, 从而建立科学的施肥制度, 为新疆甜瓜高产、高效、可持续发展提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验设在吐鲁番亚尔乡新疆农科院哈密瓜研究中心试验基地, 当地属暖温带干旱荒漠气候, 年平均降水量 16.4 毫米, 蒸发量为 2837.8 毫米, 年积温 4500℃—5400℃, 日最高气温在 35℃ 以上的天数达 100 天。

供试品种为新蜜杂 36 号, 于 4 月 12 日播种, 7 月 14

基金项目: 国际植物营养研究所项目 (NMBF-Xinjiang 2011) 资助; 国家自然科学基金 (40961017);

国家西甜瓜产业技术体系项目 (CARS-26-NO.15)。

作者简介: 陆雪锦 (1986—), 女, 新疆昌吉人, 硕士研究生, 主要从事植物营养方面的研究, E-mail: lxj19861213@163.com。

* 通讯作者: 张炎 (1965—) 女, 天津人, 研究员, 硕士生导师, 研究方向为作物营养与施肥技术, E-mail: yanzhangyz@sohu.com。

日收获。试验采用覆膜滴灌生产模式，株距 50 厘米，一膜两行，起垄覆膜穴播，一株一瓜，理论种植密度为 888 株/亩。供试土壤养分状况为：有机质 11.57 克/公斤，全氮 0.795 克/公斤，碱解氮 17.4 mg/kg，速效磷 8.4 毫克/公斤，速效钾 178 毫克/公斤。

1.2 试验设计

试验设 4 个水平的施钾量，分别为 0、5、10、15 公斤/亩，用 K₀、K₁、K₂、K₃ 表示，各处理有机肥及氮磷施用量均相同，即腐熟有机肥 2 m³/亩，油渣 200 公斤/亩，纯 N 为 15 公斤/亩，P₂O₅ 为 9.3 公斤/亩，将有机肥、油渣及基肥肥料深翻施入。试验所用肥料：氮肥为尿素 (46 %N)，全部追施；磷肥采用重过磷酸钙 (44 %P₂O₅)，60 % 基施，40 % 追施；钾肥为硫酸钾 (51 %K₂O)，50 % 基施，50 % 追施。追肥根据甜瓜的生长发育规律分期随水滴施。试验小区随机区组排列，小区面积为 5 米 × 9 米，重复 3 次。

1.3 样品采集与测定

1.3.1 植株叶绿素及植株茎粗

每小区随机选取 3 株并做标记，选择晴天无云天气，在追施肥前一天，即甜瓜播种后 34 天 (苗期)、44 天 (拉蔓期)、50 天 (花期)、59 天 (膨大期) 和 84 天 (成熟期) 测定标记瓜株的 SPAD 值和茎粗。测定叶绿素利用便携式 SPAD-502 叶绿素仪，选择倒四叶不同位置测定 3 次 (取

1.3.2 干物质

在甜瓜主要生育期：苗期 (4 月 26 日)、拉蔓期 (5 月 16 日)、花期 (6 月 5 日)、果实膨大期 (6 月 20 日)、成熟期 (7 月 5 日) 采集甜瓜地上部分，按小区随机选取有代表性的 3 株 (苗期取 10 株)，采集甜瓜地上部分的植株样品，按茎、叶、果实、种子不同器官分离开，在 105℃ 下杀青 30 分钟，然后在 70℃ 下烘干至恒重，称重并记录。

1.3.3 甜瓜品质的测定

在甜瓜成熟时，每个试验小区随机挑选 5 个甜瓜，测定甜瓜的纵横径、皮厚、肉厚以及种腔直径。同时利用测糖仪测定甜瓜的边糖及心糖。

1.3.4 甜瓜产量

甜瓜成熟后按小区全部采摘称重，记录各小区实产。同时，记录总瓜数及劣瓜数并计算甜瓜商品率，甜瓜商品率 = (总瓜数 - 劣瓜数) / 总瓜数 × 100%。

1.3.5 数据处理

用 Excel、DPS 等软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 不同施钾量对甜瓜生长特性的影响

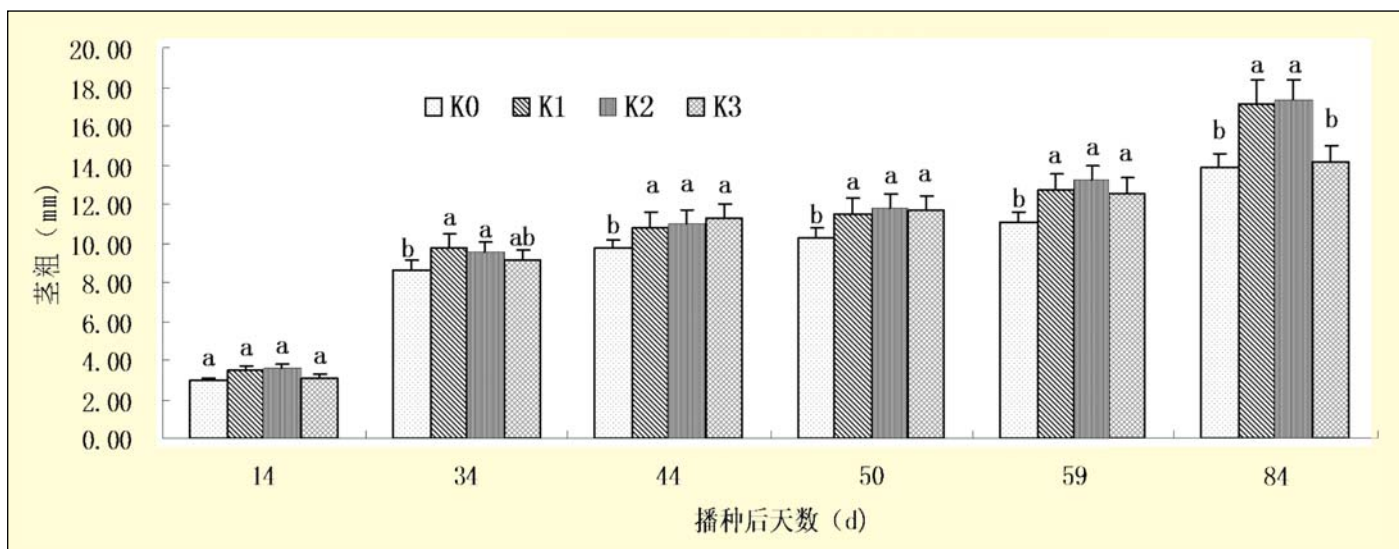


图 1 施钾对甜瓜茎粗的影响

叶片的底部、中部和顶部的平均值，测定时避开叶脉)。利用数显卡尺测定茎粗。

2.1.1 不同施钾量对甜瓜茎粗的影响

从图 1 可以看出，各处理茎粗都随生育期进程而增加。

苗期各处理之间差异不显著, K_2 处理的茎粗略高于其它处理, 而 K_0 处理的茎粗最小; 在拉蔓期、花期和膨大期, 施钾处理与 K_0 处理差异达到显著水平; 成熟期 K_1 、 K_2 与 K_0 、 K_3 之间的差异达到显著水平, 茎粗最大值出现在 K_2 处理, 平均茎粗为 17.34 毫米, 茎粗最小值出现在 K_0 处理, 平均茎粗为 13.85 毫米。综合比较分析得出: 在整个生育期中, K_2 处理茎粗增长最快, 说明施钾 10 公斤/亩有利于甜瓜茎粗的增长, 过高或过低的钾肥用量不利于甜瓜茎粗的增长。

2.1.2 不同施钾量对甜瓜干物质积累影响

干物质积累是作物产量形成的基础^[16]。对甜瓜地上部分干物质积累用 Logistic(表 1) 方程模拟可知, 各处理甜瓜地上部分干物质积累均呈缓慢-快增-缓降的变化趋势, 其中 K_0 处理两个时间拐点在出苗后 53 天和 73 天; K_1 处理两个时间拐点在出苗后 53 天和 79 天; K_2 处理两个时间拐点在出苗后 55 天和 77 天; K_3 处理两个时间拐点在出苗后 54 天和 75 天。表明 K_2 处理第一拐点时间较晚, 快增期持续时间相对较短, 但速度特征值 (V_m) 与生长特征值 (GT) 较大; 而 K_0 处理第一拐点时间出现早, 其中 K_0 快增期 (Δt) 缩短, 生长特征值 (GT) 较小, 速度特征值 (V_m) 达到最大值; K_1 处理快增期持续时间最长, 速度特征值 (V_m) 为最小值, 而生长特征值 (GT) 为最大值。与对照相比, 施钾延长了干物质积累快增期 (Δt), K_1 、 K_2 和 K_3 处理分别延长了 6 天、2 天和 1 天; 施钾也增加了甜瓜在 Δt 时期内的干物质积累量。在快增期, K_1 、 K_2 、 K_3 各处理单株积累量依次比 K_0 处理增加 128.11 克、139.67 克、95.15 克。而此时正为花期, 是甜瓜营养生长和生殖生长的关键时期, 也是生长最旺盛的时期, 因此干物质积累速率最大。

2.2 施钾对甜瓜叶片中叶绿素含量的影响

绿色植物的产量形成取决于其叶片的光能利用率, 而叶片的光能利用率高低与叶片叶绿素含量直接相关, 因此研究植物叶片的叶绿素含量意义重大^[17]。由表 2 可知, 各处理叶片中 SPAD 值随植株的生长都呈现先增长后下降的趋势, 且整个生育期施钾处理叶片 SPAD 值都高于 K_0 处理。播种后 34 天, 施钾处理与 K_0 处理之间的差异达到显著水平。播种后 44 天, K_2 处理 SPAD 值最高, 达到 51.4, 与其它处理差异均达到显著水平。播种后 50 天 K_2 处理 SPAD 值为最高, 且与其它各处理均达到显著差异水平。播种后 59 天, SPAD 值最大值出现在 K_2 水平, 最小值出现在 K_0 水平, 且 K_0 与 K_1 和 K_2 处理之间差异达到显著水平。由此可知, 施钾可以提高叶片的 SPAD 值; 施钾量在 K_2 水平时, 叶片 SPAD 值为最大值。播种后 84 天, 已进入甜瓜成熟期, 各处理叶片 SPAD 值为整个生育期中的最小值, 且处理间差异不显著, 这可能是由于甜瓜进入生殖生长时期, 叶片叶绿素含量降低, 导致 SPAD 值的下降^[18]。

表 2 不同施钾水平对叶片 SPAD 值的影响

处理	播种后天数 (天)				
	34	44	50	59	84
K_0	43.1b	48.7b	48.7b	44.1b	36.8a
K_1	46.8a	49.9b	49.6b	53.1a	39.7a
K_2	46.9a	51.4a	59.8a	53.3a	40.2a
K_3	46.7a	49.1b	49.1b	48.9ab	37.1a

注: 每一列中不同字母表示差异达 5% 显著水平, 下同

2.3 不同施钾量对甜瓜产量的影响

从不同施钾处理对甜瓜产量及商品率的计算结果可知 (表 3), 处理间差异达到显著水平。产量最高为 2082 公斤/亩, 最低为 1733 公斤/亩。与 K_0 相比, K_1 、 K_2 、 K_3 三个处理产量依次增加 12%、20% 和 2%, 呈现先升高后降低的二次曲线。从表中还可以看出, 施用钾肥能增加甜瓜

表 1 甜瓜干物质积累的 Logistic 模型及其特征值

处理	V_m 公斤/天	t_1 (天)	t_2 (天)	t_m (天)	Δt (天)	方程	r^2	F
K_0	13.11	53	73	63	20	$y=239.4314/(1+e^{(8.1557-0.128977t)})$	0.9973	365**
K_1	11.03	53	79	66	26	$y=434.0094/(1+e^{(6.7187-0.101674t)})$	0.9990	1044**
K_2	13.03	55	77	65	22	$y=451.5601/(1+e^{(7.6181-0.115447t)})$	0.9984	640**
K_3	11.69	54	75	64	21	$y=383.8985/(1+e^{(7.8634-0.121819t)})$	0.9979	468**

注: t 为甜瓜播种后的天数 (天), y 为甜瓜干物质积累量 (克·株⁻¹), t_m 为干物质积累速率最大时刻, t_1 和 t_2 分别为 Logistic 生长函数的两个拐点, $\Delta t=t_2-t_1$, 是甜瓜旺盛生长的时期。 V_m 为干物质最大相对增长速率。 $F(3,5)_{0.05}=5.41$, $F(3,5)_{0.01}=12.1$ 。

表3 各处理甜瓜产量及商品率

处理	产量 (公斤/亩)				增产率 (%)	商品率 (%)
	I	II	III	平均		
K ₀	1838	1755	1605	1733b	-	63
K ₁	1931	1911	1989	1944a	12	73
K ₂	1991	2068	2186	2082a	20	84
K ₃	1788	1764	1730	1760b	2	71

的商品率, 提高幅度达 8~21 个百分点。

根据不同施钾量甜瓜产量结果, 用一元二次方程模拟甜瓜产量 Y 与施钾量 (K₂O) 的关系式, 即钾肥的效应方程为: $Y = -5.32K^2 + 84.27K + 1713.4$ ($r^2 = 0.7474$, $n = 12$), 按照当地的甜瓜收购价 2 元/公斤, K₂O 价格 4.5 元/公斤, 由钾肥的效应方程可得出: 最大施钾量为 7.9 公斤/亩, 最大产量为 2047.1 公斤/亩; 经济施钾量为 7.5 公斤/亩, 经济产量为 2046 公斤/亩。

2.4 施钾对甜瓜品质的影响

表4 施钾对甜瓜品质的影响

处理	纵径	横径	皮厚 肉厚 种腔直径			边糖	心糖
			(厘米)				
K ₀	22.95a	14.74b	0.56a	3.53b	7.22a	7.72c	11.83c
K ₁	24.88a	15.92a	0.51b	3.89a	6.60b	8.28ab	13.01ab
K ₂	23.59a	15.37ab	0.55a	3.63b	6.60b	9.03a	13.31a
K ₃	23.57a	14.76b	0.57a	3.42b	7.14a	7.69c	12.20bc

钾肥对甜瓜品质的影响见表 4。在不同钾肥用量条件下, K₁ 处理的甜瓜的横径、纵径、肉厚均为最高, 依次为 15.92 厘米、24.88 厘米、3.89 厘米。K₁ 处理的皮厚为 0.51



厘米, 低于其他处理, 由此说明, 甜瓜生长性状以 K₁ 处理最优。由果实含糖量测定结果可知, 施钾处理的含糖量均高于 K₀ 处理, 说明适当的施用钾肥对果实含糖量有积极影响。其中, 边糖的百分含量最大值出现在 K₂ 处理, 比 K₀、K₁、K₃ 处理分别高出 17%、9%、18%, 且与 K₀、K₃ 处理之间的差异都达到了显著差异水平; 心

糖百分含量最大值也出现在 K₂ 处理, 分别比 K₀、K₁、K₃ 处理高出 13%、2%、9%, 且与 K₀、K₃ 处理之间的差异达到了显著差异水平。由此可见, 在施钾量为 10 公斤/亩水平时有利于甜瓜糖分积累。

我国农业生产实践中施用化肥已有近 50 年的历史, 钾肥在 20 世纪 90 年代才开始大量推广使用^[19]。作为农作物必需的矿质营养元素, 钾素在一定范围内能够促进农作物生殖生长并提高其营养品质^[20-21]。第二次土壤养分状况

调查结果表明新疆耕地土壤“缺氮、少磷、钾有余”, 但是随着农业的发展, 新疆耕地土壤的养分状况已经发生了较大变化, 针对这种变化, 目前农学家们提出的施肥策略是增氮、稳磷、补钾^[22]。因此科学合理的施用钾肥成了现阶段新疆农田施肥研究的重要课题。试验施用钾肥后, 对甜瓜品质产生不同程度影响, 尤其是显著提高了甜瓜含糖量, 此结果与林

多^[17]、张爱慧^[23]的研究结果是一致的; 其次, 在钾肥用量增加的情况下增加了甜瓜产量。而作物过多吸收钾素将会降低对其它阳离子的摄取率^[24], 可能导致其它阳离子的不足, 从而影响作物正常生长, 所以钾肥施用量应根据地力和目标产量科学确定。

3 结论

(1) 适量的钾肥供应有利于甜瓜茎粗的增长; 过高或过低的钾肥用量对甜瓜茎粗有负面作用, 不利于甜瓜生长。除苗期外, 甜瓜不同生育期 K₂ 处理茎粗值均极显著高于 K₀ 处理。

(2) 随施钾量的增加, 干物质积累快增期 (Δt) 延长; 施钾增加了甜瓜在 Δt 时期内的干物质积累量。

(3) 施钾可以提高叶片 SPAD 值, 播种后 34 天, 施钾处理叶片 SPAD 值显著高于不施钾处理; 播种后 44 天、50 天, K_2 水平甜瓜叶片 SPAD 值显著高于其它处理; 而播种后 84 天, 各处理间 SPAD 值差异不显著。

(4) 施用钾肥对甜瓜具有显著的增产提质作用, 显著促进甜瓜对糖分的积累并提高了甜瓜的商品率; 用一元二次方程对钾肥用量和产量进行模拟, 推荐钾肥最佳施用

量为 7.7 公斤/亩。

综上所述, 钾肥可显著促进甜瓜干物质的积累, 有利于甜瓜产量的形成。通过增施一定量的钾肥延长了甜瓜干物质积累快增期的时间, 使甜瓜可以充分利用吐鲁番地区丰富的光热资源, 有利于甜瓜干物质和糖分的积累, 从而提高甜瓜的产量和品质。

参考文献

- [1] 胡笃敬,董任瑞,葛旦之.植物钾营养的理论与实践[M].长沙:湖南科学技术出版社,1993,58-109.
- [2] 李廷强,王昌全.植物钾素营养研究进展[M].四川农业大学学报,2001,281-285.
- [3] Zheng BS,Cheng XJ,Jiang DA. Metal effects of potassium on Rubisco,RCA and photosynthetic rate plant [J]. Journal of Zhejiang Forestry College,2002,19(1): 104-108.
- [4] Longstretch DJ,Nobel PS. Nutrient influences on leaf photosynthesis Effects of nitrogen,phosphorus and potassium for Gossypium hirsutum L [J]. Plant Physiology,1980,65: 541-543.
- [5] Liang XF,Yu ZW.Effect of potassium application stage on photosynthetic characteristics of winter wheat flag leaves and on starch accumulation in wheat grains [J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2004,15(8): 1349-1352.
- [6] 张立峰.高寒半干旱区农牧业持续发展理论与实践[M].北京:气象出版社,2001,28-33.
- [7] 刘树庆,张立峰.旱地农业研究[M].北京:中国科学技术出版社,1995,69-75.
- [8] 张漱茗,闰华,刘施辉,等.钾及钾镁肥配合对酿酒葡萄产量、品质的效应[J].葡萄栽培与酿酒,1998(2):7-9.
- [9] 李家康.我国北方施用硫酸钾对提高蔬菜和果树产量与品质的作用[J].土壤肥料,1996,(2):32-33.
- [10] 牛在垒,刘建辉,杜军志,等.不同氮-钾供肥量对甜瓜产量和品质的影响[J].北方园艺,2008(10):8-12.
- [11] 潘瑞炽.植物生理学[M].第5版.北京:高等教育出版社,2004.
- [12] 黄伟,张晓光.钾素对薄皮甜瓜光合作用和产量的影响[J].中国土壤与肥料,2009(2):23-26.
- [13] 姚宇卿,雷全奎,郭建秋,等.大白菜施钾及氮钾配施效果[J].土壤肥料,2000,2:37-43.
- [14] 许前欣,赵振达,李秀文,等.钾肥对蔬菜产量品质效应的研究[J].土壤肥料,1999,(2):23-25.
- [15] 高慧,孙春香.不同钾水平对番茄幼苗生长的影响[J].长江蔬菜,2007,8:54-55.
- [16] 孙群,胡景江.植物生理研究技术[M].第1版.西北农林科技大学出版社,2006.
- [17] 林多,黄丹枫.钾素水平对基质栽培网纹甜瓜光合及品质的影响[J].园艺学报,2003(2):221-223.
- [18] 王娟,韩登武,任岗,等.SPAD 值与棉花叶绿素和含氮量关系的研究[J].新疆农业科学,2006,43(3):167-170.
- [19] 张炎,毛端明,王讲利,等.新疆棉花平衡施肥技术发展现状[J].土壤肥料,2003(4):7-10.
- [20] 魏红国,张巨松,王飞,等.杏棉间作棉花干物质积累分配与养分吸收的分配模拟[J].植物营养与肥料学报,2011,17(5): 1220-1226.
- [21] 沈镇昭.中国西瓜甜瓜[M].北京:中国农业出版社,2001,459.
- [22] 王仲田,陈远富,朱跃金.不同施肥处理对甜瓜产量和含糖量的影响[J].新疆农业科学,1989,(1):22-24.
- [23] 张爱慧.氮钾营养对甜瓜生理效应及品质的影响[J].金陵科技学院学报,2004,(3):55-58.
- [24] 王西和,刘骅,张炎,等.不同钾营养水平对西瓜产量及品质的影响[J].新疆农业科学,2010,(10):2001-2004.