

新疆加工番茄生产中 4R 钾肥管理措施

李书田¹ 张炎²

(1. 国际植物营养研究所北京办事处 / 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081; 2. 新疆农业科学院土壤肥料与农业节水研究所, 新疆 乌鲁木齐 830091)

钾肥管理对新疆加工番茄的产量和品质至关重要。本文通过例证阐述 4R 钾肥管理措施对提高加工番茄产量和品质的作用。

新疆是我国加工番茄主要生产和加工基地, 番茄种植面积由 2001 年的 33 万亩, 增加到 2010 年的 140 万亩, 产量已达 500 万吨。新疆光照充足、昼夜温差大、湿度低等有利于加工番茄生长和干物质积累。

加工番茄的正常生长需要大量的钾素营养, 对钾的需求量超过氮。然而传统上认为在新疆灰漠土上钾充足, 从而导致农民长期不施用钾肥, 造成土壤钾素耗竭, 土壤有效钾含量下降, 从而影响了加工番茄产量和品质的进一步提高。因此, 需要施用钾肥缓解土壤钾素降低, 提高番茄产量和品质。近年来, 我们按照 Roberts^[1] 提出的 4R 养分管理原则即选择合适的肥料品种, 宜合适的用量, 在合适的时期施在正确的位置, 在加工番茄开展了一系列研究, 取得了显著效果, 为加工番茄最佳养分管理提供依据。

正确的钾肥品种

目前, 在加工番茄上常用的钾肥品种有氯化钾 (KCl)、硫酸钾 (K₂SO₄)、磷酸二氢钾 (KH₂PO₄) 和硝酸钾 (KNO₃), 其中 KCl 最便宜。Locascio 等^[2] 总结大量试验结果指出, 钾肥品种对番茄果实产量和叶片中钾浓度没有显著影响。Chapagain 等^[3] 指出, 在加工番茄生产中通过滴灌施用

KCl 可以全部或部分替代 KNO₃ 而不影响番茄生长和产量, 而且与 KNO₃ 相比 KCl 还改善果实品质如增加硬度和新鲜花萼, 减少烂果和劣果数。樊庆鲁等^[4] 指出, 在膜下滴灌加工番茄上, 施用含 5% 腐殖酸和 49% NPK 的有机-无机复合肥比施用含 50-55% NPK 的传统滴灌肥增产 415 公斤/亩, 增收 82 元/亩, 而且还显著增加可溶性固形物、Vc 和番茄红素, 改善了品质。研究表明, 在肥料用量为 12-7.2-6 公斤 N-P₂O₅-K₂O/亩情况下, KCl 比硫酸钾镁和硫酸钾分别增产 7.2% 和 7.3%, 增加收入 116 元/亩和 111 元/亩 (表 1)。张炎等^[5] 的研究也表明, 在相同钾用量下, 氯化钾 (KCl) 比硫酸钾 (K₂SO₄) 增产 7.0%-9.2% (表 2)。

表 2 钾肥品种和用量对新疆加工番茄产量的影响

地点	K 品种	用量 (公斤 K ₂ O / 亩)	产量 (公斤/亩)
屯河农产 5*	KCl	3.3	4215
	K ₂ SO ₄	3.3	3860
	不施钾	0	2823
屯河农场 1*	KCl	4.8	5234
	K ₂ SO ₄	4.8	4890

* N 和 P₂O₅ 用量屯河农场 5:11.5 和 7.3 公斤/亩, 屯河农场 1:11.5 和 6.9 公斤/亩。

表 1 不同钾肥品种对新疆加工番茄产量和品质的影响

钾肥品种	产量 (公斤/亩)	番茄红素 (毫克/100 克)	固形物 (%)	Vc (毫克/100 克)	施肥收益 (元/亩)
KCl	6491 a*	2.26 a	1.50 a	6.14 a	171**
K ₂ SO ₄ •2MgSO ₄	6057 b	3.05 a	2.33 a	7.96 a	55
K ₂ SO ₄	6048 b	3.04 a	2.17 a	7.96 a	60

* 同一列数字后不同字母表示 5% 显著差异; ** 价格: 番茄果实 =0.25 元/公斤; K₂O=5.3 元/公斤 KCl, 5.5 元/公斤 K₂SO₄, 6.9 元/公斤 K₂SO₄•2MgSO₄。收益根据施钾处理与不施钾处理之差计算。肥料用量 11.9-7.2-6 公斤 N-P₂O₅-K₂O/亩。

正确的钾肥用量

研究表明,产量水平为 5000 – 7500 公斤/亩的情况下,每生产 1000 公斤加工番茄果实需要吸收 3.27 (2.88 ± 0.84) 公斤 N, 0.86 (0.76 ± 0.13) 公斤 P₂O₅ 和 4.02 (3.85 ± 0.17) 公斤 K₂O。产量水平为 6000 – 6300 公斤/亩需要吸收 19 公斤 N/亩, 2 公斤 P₂O₅/亩和 19.3 公斤 K₂O/亩。以上数据表明生产 5000 – 7000 公斤番茄需要至少 20 – 27 公斤 K₂O/亩。钾肥的用量取决于土壤钾素供应和产量水平。王冀川等 (2011) 提出了一个根据目标产量计算钾肥用量的模型:

$$R_K = 830.3427 / (1 + e^{-0.00002 \times (T_Y - 99019.6011)})$$

其中, R_K 为钾用量 (公斤 K₂O/公顷); T_Y 为目标产量 (公斤/公顷); 1 公顷 = 15 亩。

IPNI 中国项目多年的试验也表明施钾增加加工番茄产量。例如在 2003 – 2004 年,在施用 12 公斤 N/亩和 7.2 公斤 P₂O₅/亩基础上施用 12 公斤 K₂O/亩比不施钾增产 14.6% – 717.8%, 并提高可溶性固形物、Vc 和番茄红素等品质指标 (表 3)。2008 年在马纳斯县试验上,施用 7 公斤 K₂O/亩比不施钾增产 11%, 增收 137 元/亩, 2009 年平衡施肥 (24 – 10 – 7 公斤 N – P₂O₅ – K₂O/亩) 比农民习惯施肥 (18.1 – 13 – 3 公斤 N – P₂O₅ – K₂O/亩) 增产 17%, 增收 223 元/亩。

研究表明,土壤有效钾为 260 毫克/公斤下,产量为 7500 公斤/亩的滴灌加工番茄最佳肥料用量为 20 – 7 – 5 公斤 N – P₂O₅ – K₂O/亩。滴灌使根系生长在少量的土体中,因此要想获得较高的产量,必须考虑有限土体中钾素的供应,以制定合理的养分管理策略,尤其在中低水平土壤有效钾情况下应该更加重视。

正确的施肥时期

研究表明,加工番茄在苗期、花/果期、果实成熟期和收获期吸收的钾分别占整个生育期钾素积累的 7.7%、27.4%、25.2% 和 32.3%, 这表明多数钾在生长后期 (开花后尤其果实成熟和收获期) 吸收。因此,钾肥的施用时期对获得高产优质的加工番茄至关重要,90% 以上的钾肥应该在花后果实膨大期施用。而传统上 50% – 60% 的钾肥种植前基施、40% – 50% 果实成熟期追施,虽然后期施用一部分,但与加工番茄对 K 的需求仍不一致。

钾肥的施用时期还与水分管理有关。由于新疆缺水,因此加工番茄大都利用膜下滴灌,因此影响养分在土壤中的运移,从而影响钾的有效性和番茄对钾的吸收。研究指出,钾随水的运动与 N 相似,主要分布在 30 厘米土层中。因此在滴灌系统中大多数氮 (63 – 84%) 和钾 (61 – 74%) 施在开花后到成熟期^[6]。

正确的施肥位置

滴灌番茄通常在覆膜后种植,由于灌溉管道在膜下两行之间,因此除种植前施用部分基肥外,大多数氮肥和钾肥通过灌溉系统进行灌溉施肥,随水进入根系层。对直播、沟灌加工番茄来说,肥料通常侧施。在土壤下层滴灌时,水分从土层下向上渗出,而沟灌时水分从表层向下层渗透,把侧施的 N 或 K 带到下层根系层。肥料条施也是这种情况,调施在垄侧面是沟灌条件下的正确施肥位置,但不适合在滴灌条件下采用侧施。

表 3 钾肥用量对新疆加工番茄产量、品质和经济效益的影响

年份	K ₂ O 用量 (公斤/亩)	产量	番茄红素 (毫克/100克)	固形物 (%)	Vc (毫克/100克)	施肥收益 (元/亩)
2003*	0	5740b			10.48	
	6	6173b			19.21	80
	12	6753a			11.08	196
	18	6113b			9.17	6
2004*	0	6340b	6.11 b	8.88	8.03	
	6	6587b	7.97 ab	8.88	8.33	33
	12	7267a	10.48 a	10.5	9.73	173
	18	6360b	8.60 ab	8.5	8.92	- 83

*N 和 P₂O₅ 用量为 12 和 7.2 公斤/亩; ** 同一列数字后不同字母表示 5% 显著差异; *** 番茄价格: 0.25 元/公斤, K₂O: 4.85 元/公斤 KCl。

其他措施

番茄果实的养分含量很大程度上确定与基因特性和成熟期的环境因素，充足的水分供应有助于番茄果实大小一致，提高颜色指标，而减少灌水次数有助于提高Vc含量^[7]。Favati et al.^[8]指出，在加工番茄生长后期延长灌

水间隔，限制灌水量是最佳管理措施，有助于提高番茄产量和改善果实营养品质。

滴灌时，我们利用正确的肥料品种和用量精确地做到与作物吸收同步，以实现高产优质。今后应普及4R养分管理在加工番茄生产中的应用，作为提高产量和养分利用效率的有效手段。



参考文献

- [1] Roberts, T.L. 2007. In Fertilizer Best Management Practices. IFA International Workshop on Fertilizer Best Management Practices (FBMPs). 7-9 March, 2007. Brussels, Belgium. pp. 29-32.
- [2] Locascio, S.J., G.J. Hochmuth, S.M. Olsan, et al. HortSci., 1997, 32, 1204-1207.
- [3] Chapagain, B.P., Z. Wiesman, M. Zaccari, et al. J. Plant Nutr., 2003, 26(3):643-658.
- [4] 梁称福, 陈正法, 李文祥, 等. 不同降湿处理对温室番茄作物生长及养分积累的影响研究 [J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(2):79-81.
- [5] 张炎, 马海刚, 徐万里, 等. 施钾对加工番茄产量与品质的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2008, 3:40-51.
- [6] 王冀川, 高山, 陈立平, 等. 加工番茄肥料运筹的动态知识模型 [J]. 中国生态农业学报, 2011, 19(2):285-292.
- [7] Mitchell, J.P., C. Shennan, S.R. Grattan, et al. J. Am. Soc. Hortic. Sci., 1991, 116, 215-221.
- [8] Favati, F., S. Lovelli, F. Galgano, et al. Sci. Hortic., 2009, 122:562-571.
- [9] 汤明尧, 张炎, 胡伟, 等. 施肥对加工番茄生长发育和养分吸收利用的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2009, 3:26-30.