

施肥对加工番茄生长发育和养分吸收利用的影响

张炎 汤明尧 胡伟 姚银坤 高媛 胡国智

(新疆农业科学院土壤肥料与农业节水研究所, 乌鲁木齐, 830091)

摘要: 通过田间小区试验, 研究了施肥对加工番茄生长发育和养分吸收利用的影响。结果表明: 测土推荐施肥处理比不施肥处理增产 57.0%, 每亩增收 506 元。氮素对加工番茄产量贡献最大, 其次是磷素和钾素。施肥不但可以影响加工番茄各个生育阶段的干物质积累和总的积累量, 还可以影响干物质的分配及积累的趋势。施氮可以提高成熟期叶和茎中钾素的含量; 施钾不但可以大幅度提高成熟期叶和茎中钾的含量, 还可以提高果实中氮的含量。加工番茄吸收的养分 50% 以上都聚集在果实中, 随采摘移出, 容易造成土壤中氮钾养分的不足。因此, 在今后氮钾肥的施用时应考虑后期补氮钾。测土推荐施肥处理加工番茄产量在 6122 公斤/亩时, 每形成 1000 公斤果实产量的养分吸收量为 N3.28 公斤、P₂O₅0.58 公斤、K₂O3.10 公斤, N:P₂O₅:K₂O 为 1:0.18:0.95。

关键词: 加工番茄, 施肥, 产量, 干物质, 养分吸收利用

新疆独特的气候条件非常适宜加工番茄生长, 有利于红色素和干物质的形成, 是世界上适宜种植加工番茄的少数地区之一。目前, 加工番茄种植面积为 141 万亩, 总产量 864 万吨, 单产为 6138 公斤/亩, 加工量占全国总量的 90%^[1]。加工番茄已成为新疆宜种植番茄区域农民主要的种植作物和收入来源, 加工番茄产业也已成为新疆经济增长的一个支柱产业^[2]。

加工番茄果实采收期较长, 产量高, 土壤养分移出量大, 需要充足的养分供应, 特别是充分的氮磷钾供应是保证加工番茄正常生长发育的必要因素。在生产中, 农民重氮磷肥轻钾肥、少施或不施有机肥、氮磷钾配比失调、肥料施用时期不能耦合作物生长发育等不合理施肥常导致肥料利用率低、投肥效益下降、产量不高、品质变劣、环境污染等诸多问题^[3,4]。在我国, 许多学者对蔬菜番茄施肥进行了深入的研究, 为蔬菜番茄合理施肥提供了依据^[5-7]。对加工番茄施肥的

研究虽然也不少, 但大都集中在施肥对产量和生理特性的研究^[8,9], 施肥对加工番茄养分吸收及分配的系统研究还未见报道。本文通过田间小区试验, 研究施肥对加工番茄生长发育和养分吸收利用的影响, 以期新疆加工番茄规模化生产中的肥料运筹提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2007 年在新疆农科院玛纳斯实验站进行 (44.290°N, 86.251°E), 土壤类型为灌耕灰漠土, 土壤耕层基本理化性状见表 1。供试加工番茄品种为新疆主栽品种里格尔 87-5 (Lycopersicon Liger 87-5)。

试验设计 OPT、OPT-N、OPT-P、OPT-K 和 CK5 个处理, 3 次重复, OPT 处理是根据 ASI 法土壤测试结果推荐的用量, 各处理具体施肥量见表 2。磷肥与微肥做基肥一次施

表1 ASI法测定0-20厘米土壤基本农化性状

pH	有机质 (%)	有效养分 (毫克/升)						
		NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	P	K	Fe	Mn	Zn
8.6	0.6	23.7	33.4	12.5	114.4	13.5	4.6	0.9

入；氮肥：基肥施入20%，35%作始果肥（第一穗果实直径长至2厘米大小时），25%在第一次采摘后灌水时施入，20%在第二次采摘后灌水时施入。钾肥：基肥施入30%，30%作始果肥，40%在果摘后第1次灌水时施入。小区面积为3.6米×9.25米=33.3平方米，田间随机排列，3月31日播种，4月10日出苗，加工番茄行距55厘米，株距30厘米。田间管理同当地常规管理，灌溉方式为膜下滴灌，追肥随水施入。

1.2 分析测定方法

1.2.1 植株样品的采集和干物质积累量的测定

试验期间分别在出苗后33天(苗期)、61

碎过筛后，装袋用于测定植株氮、磷、钾的含量。样品的消煮采用浓H₂SO₄与H₂O₂联合消煮法。全氮的测定采用奈氏比色法，全磷的测定采用钼锑抗比色法，全钾的测定采用火焰光度计法。

1.2.3 产量的测定

番茄采收期，在每个小区内划定测产区，每次收获时将测产区内的成熟果实收获、称重，计算产量。

2 结果与讨论

2.1 施肥对加工番茄干物质积累和分配的影响

加工番茄地上部分干物质积累见图1。施

表2 试验各处理施肥总量(公斤/亩)

处理	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	FeSO ₄	MnSO ₄	ZnSO ₄
OPT	18	10	10	2	1.7	0.5
OPT-N	0	10	10	2	1.7	0.5
OPT-P	18	0	10	2	1.7	0.5
OPT-K	18	10	0	2	1.7	0.5
CK	0	0	0	0	0.0	0.0

天(初花期)、76天、91天、106天(盛果期)分5次取植株样，按叶、茎、果实等植株部位分开，105℃烘箱中杀酶30分钟，然后在70℃下烘至恒重，称重计干物质质量。

1.2.2 植株养分含量的测定

对盛果期各处理干植株样用小型粉碎机粉

肥对苗期(5月13日)加工番茄干物质积累影响不大，但从初花期(6月10日)开始，施肥处理每株干物质积累量都高于不施肥处理。从6月25日开始各处理的干物质积累量从大到小依次为OPT>OPT-K>OPT-P>OPT-N>CK，这与各处理的加工番茄产量高低顺序相一致。可

见，干物质与产量呈正相关性，干物质是形成产量的基础。加工番茄的干物质积累主要集中在果实中，各处理在成熟期（7月25日）叶、茎、果占总干重的百分比分别为：OPT 21.5%、22.7%、55.8%，OPT-N 20.0%、24.4%、55.6%，OPT-P 20.2%、22.3%、57.5%，

OPT-K 25.9%、21.8%、52.3%，CK 26.1%、22.6%、51.4%。

对各处理的加工番茄总干物质积累量进行动态分析，发现各处理的总干物质积累动态都呈“S”型曲线增长，可以用 Logistic 生长函数拟合，其生长函数方程见表 3。

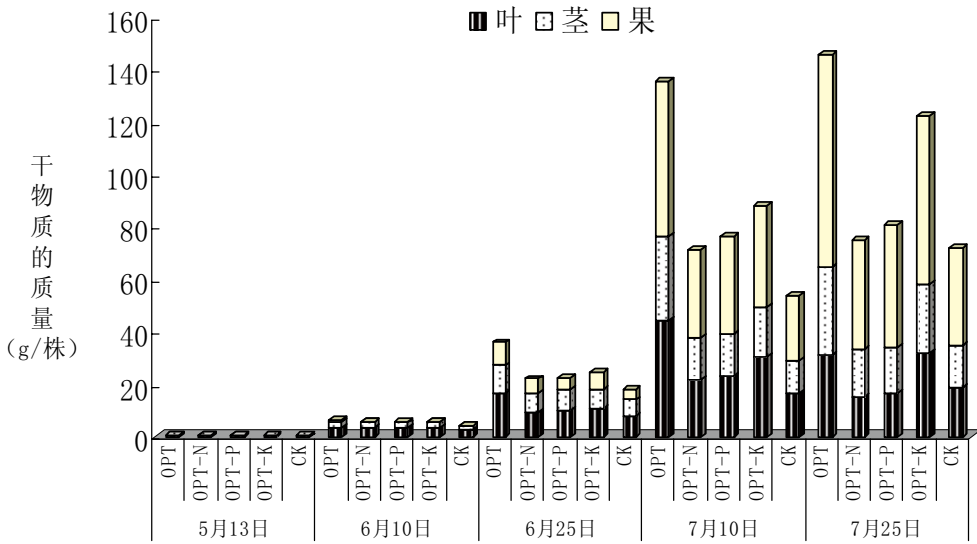


图 1 加工番茄地上部分干物质积累

表 3 加工番茄植株干物质积累的模型及其特征值

处理	t ₀ (天)	t ₁ (天)	t ₂ (天)	Δ t (天)	方程	R ²
OPT	80.8	75.2	86.4	11.2	$y=146.5/(1+e^{(19.00-0.235t)})$	0.999**
OPT-N	79.8	74.0	85.6	11.6	$y=75.9/(1+e^{(18.03-0.226t)})$	0.996**
OPT-P	80.1	74.5	85.7	11.2	$y=81.6/(1+e^{(18.66-0.233t)})$	0.997**
OPT-K	86.1	77.0	95.2	18.2	$y=129.3/(1+e^{(12.40-0.144t)})$	0.999**
CK	84.5	74.8	94.2	19.4	$y=76.0/(1+e^{(11.49-0.136t)})$	0.999**

注：t 为番茄出苗后的天数 (天), y 为番茄干物质积累量 (克 / 株), t₀ 为干物质积累速率最大时刻, t₁ 和 t₂ 分别为 Logistic 生长函数的两个拐点, Δ t 被称为“时间特征值”, Δ t = t₂-t₁。

**：表示达 1% 显著水平

加工番茄干物质积累随着生育期的进展而逐渐增强，苗期积累缓慢，到盛果前期达到高峰，各处理总干物质积累速率最大时刻 t_0 分别为出苗后的 80.8 天、79.8 天、80.1 天、86.1 天、84.5 天，施用氮磷钾肥的 OPT 处理分别比 CK 和 OPT-K 提前 3.7 天和 5.3 天。氮磷肥配施的 OPT (146.5 克) 和 OPT-K (129.3 克) 处理每株干物质最大积累量 (Y_m) 明显高于不施肥的 CK (76.0 克) 处理和 OPT-N (75.9 克) 和 OPT-P (81.6 克) 处理，可见氮磷肥配施可以大幅度提高每株干物质最大积累量。施用钾肥虽然对每株干物质最大积累量影响不大，但施钾可以使加工番茄干物质快速积累时间 (Δt) 变小，使加工番茄成熟期提前。施用钾肥的 OPT、OPT-N 和 OPT-P 处理的干物质快速增长期 (Δt) 都在 11 天左右，而不施用钾肥的 OPT-K 和 CK 处理的干物质快速增长期都在 18 天以上。结合图 1 看出，不施用钾肥的 OPT-K 和 CK 处理后期的干物质积累主要集中在果实和茎干上，这可能是由于钾的缺乏，使茎秆维管束发育延缓，参与光合的产物向贮存器官运输变慢，使果实积累养分时间变长^[10]。综上所述，施肥不但可以影响加工番茄各个生育阶段的干

物质积累和总的积累量，还可以影响干物质的分配比例及积累的趋势。

2.2 施肥对加工番茄养分分配、吸收及利用的影响

2.2.1 施肥对加工番茄植株养分含量的影响

加工番茄成熟期 (7 月 25 日) 各部位的氮磷钾含量见表 4。加工番茄在盛果期植株体内氮磷钾养分含量特点为：植株体内氮钾的含量远远高于磷的含量；果实和叶中氮的含量高于茎中氮的含量；各部位含磷量的大小顺序为果实 > 叶 > 茎；各部位含钾量的大小顺序为果实 > 茎 > 叶；果实中的氮磷钾含量都在一个很高的水平。从施肥对植株体内氮磷钾养分含量的影响来看，施氮对成熟期各部位的氮磷含量影响不大，但可以明显提高叶和茎中钾素的含量；施钾不但可以大幅度提高成熟期叶和茎中钾的含量，还可以提高果实中氮的含量；施磷对加工番茄成熟期植株体内氮磷钾含量的影响不明显。这与吴建繁等研究的保护地番茄植株养分含量呈现了相似的特点^[7]。

2.2.2 施肥对加工番茄养分吸收的影响

加工番茄成熟期 (7 月 25 日) 每亩吸收的

表 4 加工番茄植株 NPK 养分含量 (%)

处理号	叶			茎			果实		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
OPT	3.82	0.21	1.04	2.01	0.14	2.72	3.81	0.33	3.29
OPT-N	2.70	0.22	0.76	2.38	0.12	2.36	3.50	0.34	3.66
OPT-P	2.73	0.22	1.05	2.24	0.14	1.64	2.93	0.33	3.34
OPT-K	2.72	0.21	0.48	2.34	0.13	1.59	2.18	0.32	3.17
CK	3.33	0.25	0.46	2.20	0.13	2.01	3.88	0.34	3.85

氮磷钾养分量见表5。各处理植株总的吸N量分别为OPT20公斤/亩、OPT-N9.28公斤/亩、OPT-P8.93公斤/亩、OPT-K12.05公斤/亩、CK9.77公斤/亩；总的吸P量分别为OPT1.54公斤/亩、OPT-N0.79公斤/亩、OPT-P0.87公斤/亩、OPT-K1.30公斤/亩、CK0.78公斤/亩；总的吸K量分别为OPT15.75公斤/亩、OPT-N8.36公斤/亩、OPT-P8.15公斤/亩、OPT-K11.13公斤/亩、CK7.42公斤/亩。加工番茄对氮钾的吸收量远远大于对磷的吸收量；且肥料的合理配比可以大幅度提高植株对养分的吸收，OPT处理氮磷钾的吸收量都明显高于其它处理。

期只追施氮肥，在今后生产中可考虑将1/2或2/3的钾随氮一起追施，以达到增产目的。为方便计算施肥量将P和K换算为P₂O₅和K₂O，则测土推荐施肥处理加工番茄产量在6112公斤/亩时，吸收N20.03公斤/亩、P₂O₅3.52公斤/亩、K₂O18.97公斤/亩，N:P₂O₅:K₂O为1:0.18:0.95，每形成1000公斤果实产量的养分吸收量为N3.28公斤、P₂O₅0.58公斤、K₂O3.10公斤。

在本试验条件下，测土推荐施肥处理(OPT)各肥料的利用率分别为氮肥59.68%、磷肥15.32%、钾肥55.65%。这一结果与国内大田其它作物的养分利用率相比^[11]，氮肥和钾肥的利

表5 加工番茄植株 NPK 养分吸收量 (公斤 / 亩)

处理号	叶			茎			果实		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
OPT	4.84	0.27	1.32	2.68	0.19	3.63	12.50	1.08	10.80
OPT-N	1.64	0.13	0.46	1.76	0.09	1.74	5.89	0.57	6.16
OPT-P	1.80	0.15	0.69	1.63	0.10	1.19	5.50	0.62	6.27
OPT-K	3.49	0.27	0.62	2.52	0.14	1.71	6.05	0.89	8.80
CK	2.53	0.19	0.35	1.44	0.09	1.32	5.80	0.51	5.75

加工番茄吸收的养分主要聚集在果实中，在盛果期各处理果实中氮磷钾的量分别占植株吸收该养分总量的百分比为N50.19% ~ 62.42%、P64.91% ~ 72.04%、K68.56% ~ 79.09%。就测土推荐施肥处理(OPT)而言，在成熟期每亩加工番茄果实中氮磷钾养分的吸收量分别为N12.5公斤、P₂O₅2.48公斤、K₂O13公斤。由于大量的氮钾因果实的采摘而移出，所以很容易造成土壤中氮钾养分的不足，因此，在氮钾肥的施用时应考虑后期补氮钾。但农民习惯在后

用率偏高，这可能与加工番茄的养分吸收特点、土壤氮素底值偏低、施肥方式及作物对钾的惰性吸收等有关。

2.3 氮磷钾肥料效应

各处理的平均经济产量及效益情况见表6，表6表明，合理地施用化肥可以显著提高加工番茄的经济产量，增加收入。推荐施肥的OPT处理相对与地力产量(CK)增产率达57.0%，每亩可增收506元。缺氮(OPT-N)、

表6 加工番茄氮磷钾肥料平均经济产量 (公斤 / 亩)

处理	经济产量 (公斤 / 亩)	增产 (公斤 / 亩)	增产 (%)	肥料增产效益 (公斤 / 公斤)	产值 (元 / 亩)	肥料成本 (元 / 亩)	纯收益 (元 / 亩)
OPT	6112 a	2218	57.0	--	1895	182	1713
OPT-N	4249 bc	355	9.1	103.5	1317	108	1209
OPT-P	4746 bc	853	21.9	136.6	1471	128	1343
OPT-K	5247 ab	1353	34.8	86.5	1627	140	1486
CK	3894 c	0	--	--	1207	0	1207

注: N:4.08元 / 公斤, P₂O₅: 5.39元 / 公斤, K₂O: 4.17元 / 公斤, FeSO₄: 0.5元 / 公斤, MnSO₄: 4.8元 / 公斤, ZnSO₄: 7.2元 / 公斤, 加工番茄: 0.31元 / 公斤; 同一列中不同字母表示处理间差异达5%显著水平。

缺磷 (OPT-P)、缺钾 (OPT-K) 处理比不施肥处理分别增产 9.1%、21.9%、34.8%，每亩多增加收入 2 元、136 元、279 元。氮是供试土壤的第一养分限制因子，在不施用氮肥的情况下，施用其它肥料根本达不到增产的目的；另外磷素也对加工番茄的增产增收起着重要的作用。肥料的增产效益用每千克纯养分增产加工番茄的产量表示，氮、磷、钾肥的增产效益分别为 103.5 公斤 / 公斤、136.6 公斤 / 公斤、86.5 公斤 / 公斤。综合来看，氮素对加工番茄产量贡献最大，其次是磷素和钾素；要达到加工番茄增产增收的目的，氮磷钾合理配施是关键，特别是氮磷的配施尤为重要。

3 小结

3.1 加工番茄总干物质积累动态呈“S”型曲线增长；干物质积累主要集中在果实中。氮磷肥配施可以大幅度提高每株干物质最大积累量；施钾肥可以使干物质积累时间更趋于集中，使加工番茄成熟期提前。

3.2 加工番茄在盛果期植株体内氮磷钾养

分含量特点为：植株体内氮钾的含量远远高于磷的含量；果实和叶中氮的含量明显高于茎中氮的含量；各部位含磷量的大小顺序为果实 > 叶 > 茎；各部位含钾量的大小顺序为果实 > 茎 > 叶；果实中的氮磷钾含量都在一个很高的水平。从施肥对植株体内氮磷钾养分含量的影响来看：施氮对成熟期各部位的氮磷含量影响不大，但可以明显提高叶和茎中钾素的含量；施钾不但可以大幅度提高成熟期叶和茎中钾的含量，还可以提高果实中氮的含量。

3.3 合理的施肥可以使加工番茄增产 57%，每亩增收 506 元。氮素对加工番茄产量贡献最大，其次是磷素和钾素；要达到加工番茄增产增收的目的，氮磷钾合理配施是关键，特别是氮磷的配施尤为重要。

3.4 测土推荐施肥处理加工番茄产量在 6112 公斤 / 亩时，吸收 N20.03 公斤 / 亩、P₂O₅3.52 公斤 / 亩、K₂O18.97 公斤 / 亩，N:P₂O₅:K₂O 为 1:0.18:0.95，每形成 1000 公斤果实产量的养分吸收量为 N3.28 公斤、P₂O₅0.58 公斤、K₂O3.10 公斤。本试验条件下，测土推荐施肥

处理各肥料的利用率分别为氮肥 59.68%、磷肥 15.32%、钾肥 55.65%。

参考文献:

- [1] 程中海, 罗芳. 新疆番茄加工业竞争战略选择与实施建议[J]. 新疆农垦经济, 2008, (3): 28-32
- [2] 庞胜群, 王祯丽, 张润. 新疆加工番茄产业现状及发展前景[J]. 中国蔬菜, 2005,(2) : 39-41
- [3] 寇长林, 巨晓棠, 张福锁. 三种集约化种植体系氮素平衡及其对地下水硝酸盐含量的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16(4): 660-667
- [4] 刘宏斌, 李志宏, 张维理, 等. 露地栽培条件下大白菜氮肥利用率与硝态氮淋溶损失研究[J]. 植物营养与肥料学报[J], 2004, 10(3), 286-291
- [5] 赵斌, 郎家庆, 韩晓日等. 番茄最佳施肥量及配比研究[J]. 辽宁农业科学, 2002, (5): 16-18
- [6] 齐红岩, 李天来, 富宏丹等. 不同氮钾施用水平对番茄营养吸收和土壤养分变化的影响[J]. 土壤通报, 2006, 37 (2) : 268-272
- [7] 吴建繁, 王运华, 贺建德, 等. 京郊保护地番茄氮磷钾肥料效应及其吸收分配规律研究[J]. 植物营养与肥料报, 2000, 6(4): 409-416
- [8] 张小玲, 马海刚, 赵黎, 等. 新疆加工番茄营养特性及专用肥最佳配方的研究[J]. 新疆农业科学, 2002, 39(5): 278-282
- [9] 田丽萍, 王进, 褚贵新等. 氮磷钾配施对加工番茄产量及生理特性的影响[J]. 长江蔬菜, 2006, (6): 51-52
- [10] 蔡邵珍, 陈振德. 蔬菜的营养与施肥技术[J]. 青岛: 青岛出版社, 1997, 34-57.
- [11] 闫湘, 金继运, 何萍, 等. 提高肥料利用率技术研究进展[J]. 中国农业科学. 2008, 41(2):450-459

新疆大面积的加工番茄农业生产



加工番茄养分限制因子与施肥效应试验生育期取样



新疆加工番茄平衡施肥示范