

# Effects of NPK Matches on the High Yield of Processing Tomato under Plastic Mulched Drip Irrigation

Jin Wang, Huizhi Zhu, Mingfeng Yang

Wulanwusu Agrometeorological Experiment Station, Shihezi  
Email: [18999730988@qq.com](mailto:18999730988@qq.com)

Received: Nov. 3<sup>rd</sup>, 2014; revised: Nov. 18<sup>th</sup>, 2014; accepted: Nov. 28<sup>th</sup>, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.  
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## Abstract

In this paper, the effects of NPK matches on the yield of processing tomato were studied under Plastic Mulched Drip Irrigation. The result indicated that 1) The matches of T3 (N 300 kg·hm<sup>-2</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 210 kg·hm<sup>-2</sup> K<sub>2</sub>O 150 kg·hm<sup>-2</sup>), T5 (N 300 kg·hm<sup>-2</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 105 kg·hm<sup>-2</sup> K<sub>2</sub>O 75 kg·hm<sup>-2</sup>) were able to increase yield greatly, which reached 111,360 kg·hm<sup>-2</sup>, 111,450 kg·hm<sup>-2</sup> respectively. But from the aspect of economic benefit, T5 (N 0 kg·hm<sup>-2</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0 kg·hm<sup>-2</sup> K<sub>2</sub>O 0 kg·hm<sup>-2</sup>) in contrast to CK has the best economic benefit with pure income of 2487 yuan ha<sup>-1</sup>; 2) The correlation between K and lycopene is quietly close. The highest Lycopene content of T4 (N 450 kg·hm<sup>-2</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 310 kg·hm<sup>-2</sup> K<sub>2</sub>O 225 kg·hm<sup>-2</sup>) is 126.8 mg·kg<sup>-1</sup>. The minimum of CK is 89.7 mg·kg<sup>-1</sup>. Influence of N, K on titrable acidity concentration is more obvious than phosphatic fertilizer. The total content of soluble sugar has high correlation with N. The correlation coefficient is 0.986. The highest sugar content of T4 is 23.3 mg·kg<sup>-1</sup>. The minimum of CK is 18.6mg·kg<sup>-1</sup>.

## Keywords

Drip Irrigation, Processing Tomato, Yield, Character of Quality

## 干旱区覆膜滴灌条件下加工番茄高产的肥料配施效应研究

王 进, 朱惠芝, 杨明凤

乌兰乌苏农业气象试验站, 石河子  
Email: [18999730988@qq.com](mailto:18999730988@qq.com)

收稿日期: 2014年11月3日; 修回日期: 2014年11月18日; 录用日期: 2014年11月28日

## 摘要

在覆膜滴灌条件下, 研究了氮磷钾肥的不同配施对加工番茄的肥料效应的研究。结果表明: 1) T3(N 300 kg·hm<sup>-2</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 210 kg·hm<sup>-2</sup> K<sub>2</sub>O 150 kg·hm<sup>-2</sup>)、T5(N 300 kg·hm<sup>-2</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 105 kg·hm<sup>-2</sup> K<sub>2</sub>O 75 kg·hm<sup>-2</sup>)、的肥料配比及施用量适合于加工番茄的高产, 产量分别达到111,360 kg·hm<sup>-2</sup>, 111,450 kg·hm<sup>-2</sup>, 但从经济效益分析T5的经济效益最好, 每公顷比对照CK(N 0 kg·hm<sup>-2</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0 kg·hm<sup>-2</sup> K<sub>2</sub>O 0 kg·hm<sup>-2</sup>)净增收2487元。2) 番茄红素含量与钾肥的相关性较高, T4(N 450 kg·hm<sup>-2</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 310 kg·hm<sup>-2</sup> K<sub>2</sub>O 225 kg·hm<sup>-2</sup>)的番茄红素含量最高为126.8 mg·kg<sup>-1</sup>、CK最低为89.7 mg·kg<sup>-1</sup>; 氮肥和钾肥对可滴定酸的影响高于磷肥; 可溶性总糖含量与施N量相关性较高, 相关系数达到0.986, T4的含糖量最高为23.3 mg·kg<sup>-1</sup>, CK最低为18.6 mg·kg<sup>-1</sup>。

## 关键词

覆膜滴灌, 加工番茄, 产量, 品质特性

## 1. 引言

新疆地处欧亚大陆腹地, 面积旷阔。水分的缺乏大大限制了新疆农业的发展, 因此节水灌溉是农业发展的必要措施。“覆膜滴灌”是把地膜栽培与节水滴灌技术结合, 既起到提高地温, 减少地面蒸发的作用, 又利用滴灌的可控制灌溉特性减少深层渗漏, 达到综合节水增产的效果, 同时还可将肥料溶于滴灌水中进行随水滴灌施肥, 大大提高了肥料的利用效率。是一种先进的栽培技术和灌水施肥技术的集成[1]。加工番茄是生产番茄酱的原材料, 具有耐储藏, 产量高等特点, 加工番茄在新疆的栽培已有几十年的历史, 长期以来, 由于盲目追求高产, 大量施用化肥, 不但增产效果不明显, 反而使投入增加、肥料浪费, 还造成土壤的盐渍化, 果实的品质也有所下降。因此, 我们就覆膜滴灌条件下, 氮磷钾肥的不同配施对加工番茄的产量、品质的影响作了初步的研究, 为覆膜滴灌条件下加工番茄的合理施肥提供科学依据。

## 2. 材料和方法

### 2.1. 供试土壤与作物

试验于2012~2013年在乌兰乌苏农业气象试验站进行(北纬44°17', 东经85°49'), 供试土壤为灌耕潮土, 土壤质地属于中壤土, 试验地前茬为闲置地, 土壤耕作层(0~30 cm)基本理化性状见表1。供试加工番茄品种为新疆目前生产中的主栽品种里格尔87-5(Lycopersicon Liger 87-5)由石河子蔬菜研究所提供。

### 2.2. 试验设计

试验小区面积8.0 m × 2.4 m, 小区在田间随即排列, 小区间埋置50 cm宽防水板, 防止养分的侧移, 每个小区起2垄, 在每垄中间位置铺设一条滴灌带后覆塑料薄膜, 薄膜上挖穴点播, 每垄种植两行, 行距0.6 m, 株距0.3 m。每小区定植100株, 种植密度每公顷约为5.5万株。试验中氮磷钾肥的设置分别

为, 氮肥以尿素施入, 分为施 N 0、150、300、450 kg·hm<sup>-2</sup>; 磷肥以液体磷酸施入, 分为施 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0、105、210、315 kg·hm<sup>-2</sup>; 钾肥以硫酸钾施入, 分为施 K<sub>2</sub>O 0、75、150、225 kg·hm<sup>-2</sup>。依据三种肥料的不同水平, 配比设计为 6 个处理, 试验中设置了 7 个处理, 其中处理 3 与处理 7 的肥料配比相同, 用来验证试验地土壤肥力是否均一。每个处理重复 4 次, 共计 28 个小区, 各处理具体配比见表 2。三种肥料 100% 均以追肥的施肥方式在加工番茄生长发育的不同阶段按表 3 设定的追肥比列随水施入, 灌水量按大田常规灌溉量每亩 250 m<sup>3</sup> 进行, 由水表控制每次的灌溉量。整个生育期分为定植期、苗期、坐果期、青熟期、采收期、盛果期、拉秧期七个时期。

## 2.3. 测定项目及分析方法

### 2.3.1. 产量测定

在加工番茄的盛果期, 对每个处理按面积统计所有重复的实际收获产量, 取其平均值, 最后折算为该处理每公顷产量。

### 2.3.2. 品质分析

在加工番茄的盛果期, 对每个小区随机取样 15~20 个新鲜成熟果实, 用无离子水冲洗干净, 用高速捣碎机打浆, 为防止浆液的成分变化, 在打浆当天, 按国家标准分析方法, 进行番茄红素含量(GB10474-98), 可溶性总糖含量(GB6194-86), 可滴定酸含量(NaOH 中和滴定法)测定。

**Table 1.** Physico-chemical properties of the experimental field (0~30 cm depth)  
**表 1.** 基本土壤养分状况(0~30 cm)

有机质 Organic matter(g/kg)	全钾 Total Potassium (K,g/kg)	全磷 Total Phosphorus (P,g/kg)	全氮 Total nitrogen (N,g/kg)	速效钾 K <sub>2</sub> O Available potassium (mg/kg)	有效磷 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Olsen Phosphorus (mg/kg)	土壤 CEC(cmol/l)
36.30	19.45	1.266	1.791	260	33.45	30.4

**Table 2.** Different NPK fertilizer application rates  
**表 2.** 不同施肥处理及施肥量

处理施肥量	CK	T2	T3	T4	T5	T6	T7
N kg·hm <sup>-2</sup>	0	150	300	450	300	300	300
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg·hm <sup>-2</sup>	0	105	210	315	105	210	210
K <sub>2</sub> O kg·hm <sup>-2</sup>	0	0	150	225	75	75	150

**Table 3.** Irrigation and fertilizer application rates  
**表 3.** 灌溉和肥料投放比例\*

随水施肥次数	1	2	3	4	5	6	7
灌溉(占总灌溉量%)	8	11	15	16	15	11	9
氮肥(占总追肥量%)	0	15	20	20	20	15	10
磷肥(占总追肥量%)	0	20	20	20	15	15	10
钾肥(占总追肥量%)	0	20	20	20	15	15	10

\*除过出苗水后的灌溉量。

### 3. 结果和分析

#### 3.1. 不同氮磷钾配施对加工番茄产量的影响

在盛果期开始对每个处理的所有重复按面积进行测产，取平均值换算为每公顷产量，从表 4 可知 T5 的产量最高达到  $111,450 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ，T3、T7 的产量分别是  $111,360 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  和  $110,595 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ，T2、T4、T6 的产量分别为  $101,820 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ， $102,975 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ， $102,300 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ，CK 的产量最低为  $92,760 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ，对各处理间产量进行方差分析，在  $L = 0.05$  水平，T5、T3、T7 间差异不显著，T5、T3、T7 与 T2、T4、T6 间差异达到显著水平，在 T2、T4、T6 间差异不显著，CK 与其它处理差异均为显著。在  $L = 0.01$  水平，CK、T2、T4、T6 处理间差异不显著，但 CK、T2、T4、T6 与 T5、T3、T7 处理间差异显著。通过差异分析也表明 T3 与 T7 没有显著差异，说明本次田间试验各小区土壤肥力均匀，试验结果的可信度较高。T5、T3、T7 比对照增产分别为 20.15%、20.05%、19.23%，T2、T4、T6 比对照增产分别为 9.77%、11.01%、10.28%。按 2005 年加工番茄的平均收购价格 0.25 元/公斤计算，各施肥处理 T2、T3、T4、T5、T6、T7 分别比 CK 增加收入：2265 元/公顷、4650 元/公顷、2554 元/公顷、4673 元/公顷、2385 元/公顷、4459 元/公顷。按当年氮磷钾肥料的市场价格计算每个处理的肥料投入资金分别为：1390 元/公顷，3262 元/公顷，4892 元/公顷，2186 元/公顷，3022 元/公顷，3262 元/公顷。因此，T5 的净增收为 2487 元/公顷，T3 1388 元/公顷，T7 的净收入为 1196 元/公顷，T2 的净收入为 875 元/公顷，T4、T6 的净收入分别为 2339 元/公顷、637 元/公顷。从净增收与肥料的投入比值分析 T2、T3、T5、T7 的比值分别为 0.630、0.425、1.138、0.367，T5 的值最大，这表明 T5 是投入少收益最大的一个处理。从环境保护方面分析，由于 T2 仅施氮肥磷肥必定造成土壤中钾素的亏竭，并且其净增收并不高，是不值得可推广的。T3(与 T7 相同)的肥料投入高于 T5，这必然对环境的影响高于 T5，并且 T3 的净增收与肥料的投入比值远低于 T5，因此，T3 没有 T5 的增产效益高。

结合图 1 和表 4 对不同的施肥配比处理与产量之间的关系进行分析，表明 1) CK 在不施肥的情况下产量能达到  $92,760 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  说明试验地的基础肥力较高，将 CK 的产量与其它施肥处理的产量相比较，在 5% 的水平显著低于其它处理，说明施肥对增产还是有效的。2) 通过分析 T2、T3、T4 的施肥量及比例和产量的关系，可知在不施钾肥的情况下，施 N  $150 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$   $105 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ，可以增产 9.77%；在氮磷肥比例不变得情况下增加施用量并配施钾肥，产量迅速增高，可增产 20.05% 当施 N  $450 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$   $315 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$   $225 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  时产量急剧下降，再次降低氮磷钾肥的施用量为 N  $300 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$   $105 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$   $75 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  时产量又急剧增高，增产 20.15%，比较 T3 与 T5 的磷钾肥施用量可知氮肥在试验中起到

Table 4. Different fertilizer treatments of yield

表 4. 不同处理的产量及效益<sup>1</sup>

	产量(公斤/公顷)	增产量(公斤/公顷)	增加收入(元/公顷)	肥料投入(元/公顷)	净增收(元/公顷)	净增收/肥料投入
CK	$92,760 \pm 7471\text{cB}$					
T2	$101,820 \pm 6428\text{bB}$	9060	2265	1390	875	0.630
T3	$111,360 \pm 4735\text{aA}$	18,600	4650	3262	1388	0.425
T4	$102,975 \pm 5882\text{bB}$	10,215	2554	4892	-2339	-0.478
T5	$111,450 \pm 5682\text{aA}$	18,690	4673	2186	2487	1.138
T6	$102,300 \pm 5886\text{bB}$	9540	2385	3022	-637	-0.211
T7	$110,595 \pm 6055\text{aA}$	17,835	4459	3262	1196	0.367

<sup>1</sup>The capital and small letter are significantly different at 1% and 5% levels respectively

<sup>1</sup>表中的大小写字母分别代表 1% 和 5% 水平上的显著差异

了控制产量的主因素，并且氮肥最佳施用量为  $300 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。3) 分析 T5、T6、T7，在 T5、T6 施氮钾肥一致的情况下( $\text{N } 300 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $\text{K}_2\text{O } 75 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )，增施磷肥，导致产量下降；在 T6、T7 施氮磷肥一致的情况下( $\text{N } 300 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5 105 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )，增施钾肥，产量再次增加。说明在氮肥保持在施  $\text{N } 300 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  的高产施用量时，磷钾肥的施用量及比例是控制产量的第二因素，并且最佳的施用量为  $\text{P}_2\text{O}_5 105 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $\text{K}_2\text{O } 75 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ，最佳比例为 7:5。

### 3.2. 不同氮磷钾配施对加工番茄品质的影响

番茄红素含量是加工番茄品质的一项重要指标，番茄红素具有很强的抗氧化作用，具有预防细胞增生、突变、能淬灭单线态氧，消除体内自由基，提高人体免疫力，延缓细胞衰老等生理功能[2]。报道含量一般为  $30\sim 140 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  鲜重[3]。本试验结果表明(见图 2)1) CK 的含量最低为  $89.7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，T4 的含量最高为  $126.8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。2) 通过相关分析表明番茄红素的含量与钾肥施用量相关性很高，高于施氮肥和磷肥的相关性，相关系数达到  $R = 0.965$ 。说明钾肥的施用和番茄红素的形成有很大的关系。3) T2 在不施钾

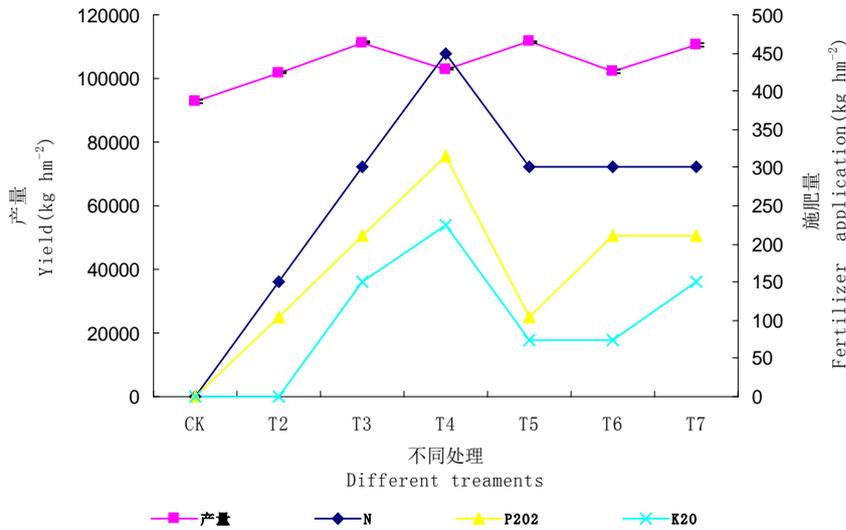


Figure 1. The relations different fertilizer matches with yield of tomato  
图 1. 不同的施肥比和加工番茄产量关系

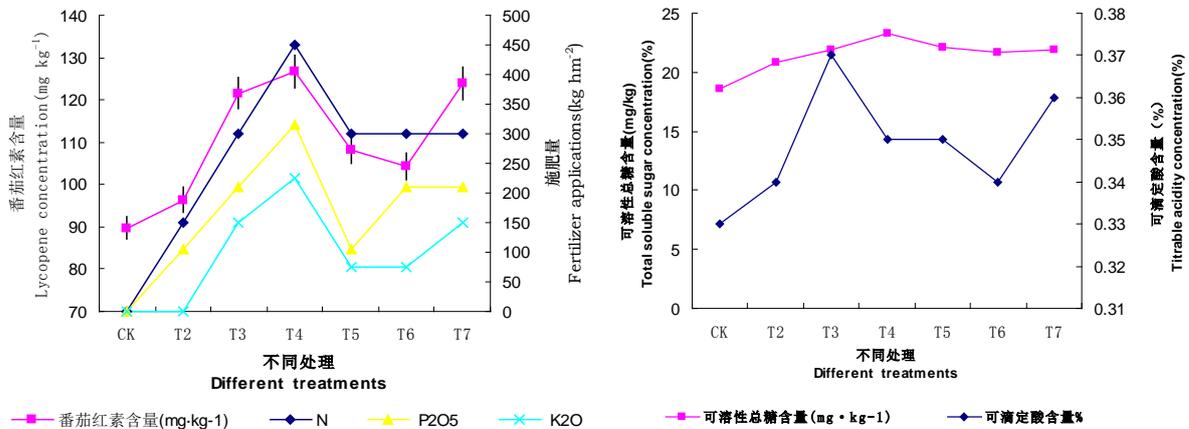


Figure 2. The relations different fertilizer application rates with quality of tomato  
图 2. 不同的施肥配比与加工番茄品质的关系

肥的情况下, 增施氮磷肥也可促进番茄红素的形成, 但效果不如施钾肥明显。4) 通过分析 T5、T6, 在氮钾肥一致的情况下, 增施磷肥导致番茄红素的含量下降, 说明在氮钾肥一致的情况下, 增施磷肥对番茄红素的形成有阻碍作用。

可滴定酸含量的单位是以结晶柠檬酸的百分含量来表示, 它与可溶性总糖的比值决定加工番茄的风味, 有报道指出施氮肥过量会降低番茄果实中可滴定酸的含量, 可滴定酸同时具有防止果实加工中的褐变及抑制亚硝胺的合成[4]。从图 2 中可看出 1) T3 的可滴定酸含量最高为 0.37%, CK 的含量最低 0.33%。在 5% 水平只有 T3 与其它处理差异显著, 其它处理间差异不显著。2) 三种肥料对可滴定酸都有一定的影响, 氮肥和钾肥对可滴定酸的影响高于磷肥, 随着氮钾肥的施入, 可滴定酸含量增高, 但当达到一定程度时, 其含量会随施肥量的增高而逐渐降低。从图 2 中也可以看出。3) 可溶性总糖含量与施 N 量相关性较高, 相关系数为  $R = 0.986$ 。与钾肥的相关系数为  $R = 0.824$ , 与磷肥的相关系数为  $R = 0.888$ , 随着施氮量的增加, 可溶性总糖的含量也在增加, 同时也可看出可溶性总糖含量与施钾肥, 磷肥的关系不大, 可溶性总糖含量最高为 T4 为  $23.3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , CK 最低为  $18.6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。4) 在 5% 水平上, T4、T5 间差异不显著, T2、T3、T6、T7 间差异不显著, 但与 T4、T5 间差异显著, CK 与其它处理差异均为显著, 说明施肥起到了明显效果。

#### 4. 结论与讨论

覆膜滴灌条件下加工番茄栽培种植技术是新疆兵团农业正在大面积推广应用一种作物种植模式, 已成功应用在棉花的种植上, 它不但节水, 而且还大大提高肥料的利用效率。近年来, 加工番茄的种植面积越来越大, 加工番茄产业已成为新疆的第二大农业支柱产业, 被称为“红色产业”[5]。但是对于加工番茄的需水需肥规律的研究却很少。由于人们盲目追求产量, 长期大量的氮肥投入, 而磷, 钾肥的施用相应不足, 加工番茄养分供应不均匀, 明显的影响了肥料肥效的发挥, 不但产量上不去, 还浪费肥料, 果实品质下降。加工番茄对氮磷钾肥的需求量非常大, 并且不同生育期的需求量也不一致。氮磷钾肥的配施即可满足作物对养分的全面要求, 又能培肥土壤, 使之供肥平稳, 提高肥料的利用率。通过本试验得出 T5( $\text{N } 300 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2} \text{ P}_2\text{O}_5 105 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2} \text{ K}_2\text{O } 75 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )、的肥料配比及施用量适合于加工番茄的高产, 产量达到  $111,450 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 从经济效益分析 T5 的经济效益也是最好, 每公顷比对照 CK( $\text{N } 0 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2} \text{ P}_2\text{O}_5 0 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2} \text{ K}_2\text{O } 0 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )净增收 2487 元。番茄红素的含量与钾肥的相关性较高, T4( $\text{N } 450 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2} \text{ P}_2\text{O}_5 310 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2} \text{ K}_2\text{O } 225 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )的番茄红素含量最高为  $126.8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、T5 的含量为  $108.1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , CK 最低为  $89.7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ; 氮肥和钾肥对可滴定酸的影响高于磷肥, T3 的可滴定酸含量最高为 0.37%; 可溶性总糖含量与施 N 量相关性较高, 相关系数达到 0.986, T4 可溶性总糖含量最高为  $23.3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , T5 的可溶性总糖含量为  $22.1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , CK 最低为  $18.6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

#### 基金项目

新疆气象局科研项目《高温影响晚播膜下滴灌加工番茄产量机理及减轻高温危害技术的研究 200713》, 石河子农业科技攻关计划项目《高密度栽培加工番茄需水需肥规律研究 2009CB825101》。

#### 参考文献 (References)

- [1] 刘建军, 陈燕华, 李明思 (2002) 膜下滴灌棉花耗水率与土壤水分的关系. *棉花学报*, **4**, 200-203.
- [2] 李纪锁, 沈火林, 石正强 (2003) 番茄红素研究进展. *中国蔬菜*, **1**, 58-60.
- [3] 孙庆杰, 丁宵霖 (1997) 番茄红素的保健作用与开发. *食品与发酵工业*, **4**, 72-75.
- [4] 李远新, 李进辉, 何莉莉, 等 (1997) 氮磷钾配施对保护地番茄产量及品质的影响. *中国蔬菜*, **4**, 10-13.
- [5] 吴宏, 李先义, 叶志军 (2000) 新疆番茄酱深加工现状及发展建议. *新疆农垦科技*, **5**, 35-38.