

# 广东省苦瓜测土配方施肥指标体系研究

王荣萍, 李淑仪, 廖新荣, 蓝佩玲, 丁效东

(广东省生态环境与土壤研究所, 广东 广州 510650)

**摘要:**通过广东省2002—2011年苦瓜“3414”测土配方施肥试验,建立瓜类蔬菜测土配方施肥技术指标体系。本研究以相对产量50%、75%、90%和95%为标准将土壤碱解氮、有效磷、速效钾含量分为极低、低、中、高、极高5级;并分别用一元二次和线性加平台模型对不同土壤养分分级范围内施肥量和产量关系进行模拟,计算最佳肥料用量。研究结果表明,当土壤碱解氮、有效磷、速效钾处于极低等级 [ $w(N) \leq 70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $w(P_2O_5) \leq 5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $w(K_2O) \leq 30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ] 时,氮(N)磷( $P_2O_5$ )、钾( $K_2O$ )的施用量( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )分别为  $300 \leq y_1 < 390$ ,  $200 \leq y_2 < 215$ ,  $275 \leq y_3 < 372$ ;低等级 [ $70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} < w(N) \leq 120 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} < w(P_2O_5) \leq 35 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} < w(K_2O) \leq 85 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ] 时,氮、磷、钾的施用量( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )分别为  $200 \leq y_1 < 300$ ,  $120 \leq y_2 < 200$ ,  $175 \leq y_3 < 275 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 中等级 [ $120 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} < w(N) \leq 165 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $35 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} < w(P_2O_5) \leq 95 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $85 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} < w(K_2O) \leq 165 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ] 时,氮、磷、钾的施用量( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )分别为  $140 \leq y_1 < 200$ ,  $80 \leq y_2 < 120$ ,  $110 \leq y_3 < 175$ ,高等级 [ $165 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} < w(N) \leq 185 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $95 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} < w(P_2O_5) \leq 140 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $165 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} < w(K_2O) \leq 200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ] 时,氮、磷、钾的施用量( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )分别为  $120 \leq y_1 < 140$ ,  $65 \leq y_2 < 80$ ,  $90 \leq y_3 < 110$ ,极高等级 [ $w(N) > 185 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $w(P_2O_5) > 140 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $w(K_2O) > 200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ] 时,氮、磷、钾的施用量( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )分别为  $0 < y_1 < 120$ ,  $0 < y_2 < 65$ ,  $0 < y_3 < 90$ 。

**关键词:**苦瓜; 养分分级指标; 相对产量; 推荐施肥

中图分类号:S143

文献标志码:A

文章编号:1001-411X(2013)01-0018-05

## Establishing Fertilization Recommendation Index of Balsam Pear Based on the “3414” Field Experiments in Guangdong

WANG Rongping, LI Shuyi, LIAO Xinrong, LAN Peiling, DING Xiaodong

(Guangdong Institute of Eco-environment and Soil Sciences, Guangzhou 510650, China)

**Abstract:** Nutrient abundance and deficiency and fertilization recommendation index of balsam pear were established in Guangdong. Data analysis were based on the “3414” field experiments of trail in Guangdong from 2002 to 2011. Taking plentiful-lack of soil nutrition as an index, soil alkali-hydrolyzable nitrogen (N), Olsen-P and available potassium were classified into five classes corresponding to relative yield of 50%, 75%, 90% and 95%. Fertilizer recommended rates were simulated by the models of one-factor, liner and platform for “3414” field experiments. The results showed that nitrogen fertilizer (N) rates ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) were  $300 \leq y_1 < 390$ ,  $200 \leq y_1 < 300$ ,  $140 \leq y_1 < 200$ ,  $120 \leq y_1 < 140$ , and  $0 < y_1 < 120$  when soil fertilizer was classified as very low, low, medium, high and the highest [ $w(N) \leq 70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} < w(N) \leq 120 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $120 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} < w(N) \leq 165 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $165 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} < w(N) \leq 185 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  and  $w(N) > 185 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ], respectively; phosphorus fertilizer ( $P_2O_5$ ) rates( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) were  $200 \leq y_2 < 215$ ,  $120 \leq y_2 < 200$ ,  $80 \leq y_2 < 120$ ,  $65 \leq y_2 < 80$  and  $0 <$

收稿日期:2012-03-12 网络出版时间:2013-01-11

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20130111.0927.016.html>

作者简介:王荣萍(1976—),女,副研究员,博士;通信作者:李淑仪(1957—),女,研究员,E-mail:lishuyi@soil.gd.cn

基金项目:广东省省级农用地测土配方施肥专项资金(粤财农[2008]293号,粤财农[2009]400号,粤财农[2010]519号);广

东省现代农业产业技术体系特色蔬菜产业创新团队项目(粤农[2009]380号);广东省院战略合作项目(2011B090300052);珠江新星项目(2011J2200028)

$y_2 < 65$  [ $w(P_2O_5) \leq 5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} < w(P_2O_5) \leq 35 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $35 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} < w(P_2O_5) \leq 95 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $95 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} < w(P_2O_5) \leq 140 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  and  $w(P_2O_5) > 140 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ], while potassium fertilizer ( $K_2O$ ) rates ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) were  $275 \leq y_3 < 372$ ,  $175 \leq y_3 < 275$ ,  $110 \leq y_3 < 175$ ,  $90 \leq y_3 < 110$  and  $0 < y_3 < 90$  [ $w(K_2O) < 30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} < w(K_2O) \leq 85 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $85 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} < w(K_2O) \leq 165 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $165 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} < w(K_2O) \leq 200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  and  $w(K_2O) > 200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ]. Compared with the fertilization plentiful-lack index by original system, the soil nutrition content of this research suggested that nitrogen, phosphorus and potassium increased.

**Key words:** balsam pear; nutrient classification index; relative yield; fertilization recommendation

施肥指标体系是测土配方施肥的核心技术<sup>[1]</sup>. “3414”试验设计是全国农技推广中心主推的田间试验方案. 20多年来, 我国尽管也陆续开展了一些区域性的配方施肥工作, 但没有进行过全国规模的测土配方施肥工作. 由于当前农民施肥方式发生了变化, 作物产量、栽培制度和土壤基础肥力等要素均发生了很大变化<sup>[2-3]</sup>. 因此, 必须通过大量的基础研究工作对原有的大田作物测土配方施肥指标体系进行更新和完善, 以便适应当前生产的需求. 近年来, 国内许多学者采用不同的相对产量值划分土壤养分分级指标. 孙义祥等<sup>[4]</sup>以相对产量75%、90%和95%为标准, 将山东省冬小麦土壤有效磷和速效钾划分为低、中、高和极高4级; 陈新平等<sup>[5]</sup>以相对产量50%、75%和95%为标准, 将小麦养分丰缺指标划分为极低、低、中和高4级. 目前, 国内许多学者应用“3414”田间试验数据分别建立了水稻、小麦、油菜、花生等作物施肥指标体系<sup>[6-8]</sup>, 但蔬菜的施肥指标体系研究较少, 尤其是苦瓜, 苦瓜是华南地区重要的瓜类品种, 本研究在前期研究的基础上, 系统总结了近年来以苦瓜为代表的瓜类蔬菜氮素、磷素和钾素丰缺指标和施肥技术指标体系, 提出了适用于苦瓜的氮素、磷素和钾素指标, 以期为广东省瓜类蔬菜合理施肥提供科学依据, 为建立广东瓜类蔬菜测土施肥技术指标体系和实现蔬菜精确施肥奠定基础.

## 1 材料与方法

2002—2011年在广东省增城、南海、高要、饶平、高明、惠阳等县多个镇进行苦瓜田间试验. 供试肥料均为单质肥料: 尿素 [ $w(N) 46\%$ ]、过磷酸钙 [ $w(P_2O_5) 12\%$ ]、硫酸钾 [ $w(K_2O) 50\%$ ].

试验方案按农业部《测土配方施肥技术规范》的“3414”设计方案, 即3个因素、4个水平、14个处理. 3个因素: 氮、磷、钾; 4个水平: 0水平指不施肥, 2水平是指当地最佳施肥量的近似值(根据当地习惯施肥、前茬作物和土壤速效养分状况, 确定试验的2水

平), 1水平为2水平 $\times 0.5$ , 3水平为2水平 $\times 1.5$ ; 14个处理分别为  $N_0P_0K_0$ 、 $N_0P_2K_2$ 、 $N_1P_2K_2$ 、 $N_2P_0K_2$ 、 $N_2P_1K_2$ 、 $N_2P_2K_2$ 、 $N_2P_3K_2$ 、 $N_2P_2K_0$ 、 $N_2P_2K_1$ 、 $N_2P_2K_3$ 、 $N_3P_2K_2$ 、 $N_1P_1K_2$ 、 $N_1P_2K_1$ 、 $N_2P_1K_1$ . 每个处理3次重复, 随机区组排列. 小区面积为20  $\text{m}^2$ . N、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$ 的习惯用量分别为150~375、120~240、180~360  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ . 氮、磷、钾肥分基肥、追肥施入种植沟内, 氮肥(尿素)基肥、追肥各占总施肥量的10%、90%; 磷肥(过磷酸钙)基肥、追肥各占总施肥量的60%、40%; 钾肥(硫酸钾或氯化钾)基肥、追肥各占总施肥量的10%、90%. 基肥在移栽前施于种植穴(或沟)内; 追肥分6次施用. 基肥沟施, 追肥随水追施. 收获时按小区测产.

缺素区相对产量具体计算方法如下:

缺氮的相对产量 =  $N_0P_2K_2$  处理的产量/ $N_2P_2K_2$  处理的产量  $\times 100\%$  ,

缺磷的相对产量 =  $N_2P_0K_2$  处理的产量/ $N_2P_2K_2$  处理的产量  $\times 100\%$  ,

缺钾的相对产量 =  $N_2P_2K_0$  处理的产量/ $N_2P_2K_2$  处理的产量  $\times 100\%$  .

以“对数”模型获得相对产量与对应土壤养分测试值之间的数学关系式, 分别以相对产量为50%、75%、90%和95%计算对应的土壤养分含量, 根据这些值划分土壤养分丰缺指标. 本文以叶菜缺素区相对产量<50%的养分值为极低,  $\geq 50\% \sim 75\%$ 为低,  $> 75\% \sim 90\%$ 为中,  $> 90\% \sim 95\%$ 为高,  $> 95\%$ 的为极高.

推荐施肥量的计算方法: 对所有“3414”试验数据分别用一元二次和线性加平台的模型模拟, 一元二次模型通过边际效应分析确定每个试验点的最佳氮、磷、钾施用量. 线性加平台模型可以直接计算最佳施肥量. 将每个试验点的最佳施肥量与土壤养分含量对应进行统计, 按上述建立的土壤肥力分级指标进行分类汇总统计, 确定在不同养分水平下的推荐用量.

## 2 结果与分析

### 2.1 苦瓜养分分级指标的建立

2.1.1 碱解氮分级指标 由于部分产量数据的缺失,本试验只选取了49个点的产量数据。将试验点缺氮处理的相对产量与土壤碱解氮含量作散点图(图1),并作对数回归方程: $y = 47.045 \ln x - 150.09$  ( $R^2 = 0.5441^{**}$ )。土壤碱解氮含量与缺氮相对产量的相关性达到极显著水平,将相对产量50%、75%、90%和95%代入对数方程,求出对应的土壤碱解氮质量分数分别为70.3、119.6、164.6和183.0 mg·kg<sup>-1</sup>,即为土壤碱解氮的丰缺指标值。为了实际操作的方便,可将土壤碱解氮丰缺指标值进一步简化,即土壤碱解氮质量分数[ $w(N)$ ]≤70 mg·kg<sup>-1</sup>为极低等级,70 mg·kg<sup>-1</sup> <  $w(N)$  ≤ 120 mg·kg<sup>-1</sup>为低等级,120 mg·kg<sup>-1</sup> <  $w(N)$  ≤ 165 mg·kg<sup>-1</sup>为中等级,165 mg·kg<sup>-1</sup> <  $w(N)$  ≤ 185 mg·kg<sup>-1</sup>为高等级, $w(N) > 185$  mg·kg<sup>-1</sup>为极高等级。

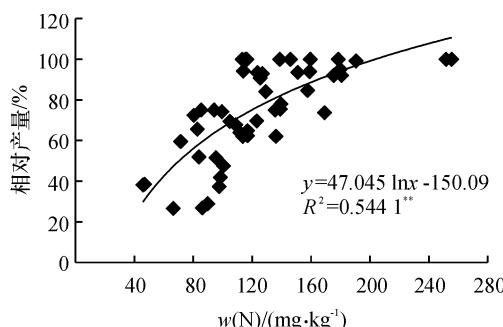


图1 土壤碱解氮含量与苦瓜相对产量的关系( $n=49$ )

Fig. 1 The relationship between soil alkali-hydrolyzable N and relative yield of balsam pear

2.1.2 有效磷分级指标 将35个试验点缺磷处理的相对产量与土壤有效磷含量建立对数方程(图2),其拟合方程为 $y = 13.913 \ln x + 26.319$  ( $R^2 = 0.6247^{**}$ ),达到极显著水平。分别将相对产量50%、75%、90%和95%代入对数方程,求出对应的土壤有效磷质量分数[ $w(P_2O_5)$ ]分别为5.5、33.1、97.2、139.3 mg·kg<sup>-1</sup>,即为土壤有效磷的丰缺指标值。

将土壤有效磷含量作适当调整,划分为5级,土壤有效磷质量分数[ $w(P_2O_5)$ ]≤5 mg·kg<sup>-1</sup>为极低等级,5 mg·kg<sup>-1</sup> ≤  $w(P_2O_5)$  < 35 mg·kg<sup>-1</sup>为低等级,35 mg·kg<sup>-1</sup> ≤  $w(P_2O_5)$  < 95 mg·kg<sup>-1</sup>为中等级,95 mg·kg<sup>-1</sup> ≤  $w(P_2O_5)$  < 140 mg·kg<sup>-1</sup>为高等级, $w(P_2O_5) \geq 140$  mg·kg<sup>-1</sup>为极高等级。

2.1.3 速效钾分级指标 广东省32个苦瓜试验点缺钾处理相对产量与土壤速效钾含量的对数回归方程

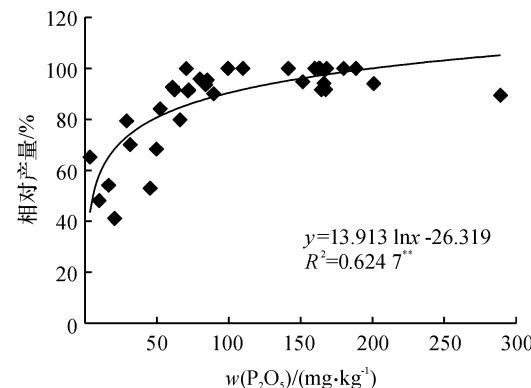


图2 土壤有效磷含量与苦瓜相对产量的关系( $n=35$ )

Fig. 2 The relationship between soil Olsen-P and relative yield of balsam pear

为 $y = 23.852 \ln x - 31.888$  ( $R^2 = 0.5960^{**}$ )(图3)。缺钾处理相对产量与土壤速效钾含量的相关性达到极显著水平,根据方程计算,获得缺钾相对产量50%、75%、90%和95%时,对应的土壤速效钾质量分数[ $w(K_2O)$ ]分别为30.9、88.3、165.7、204.3 mg·kg<sup>-1</sup>,即为土壤速效钾的丰缺指标值。

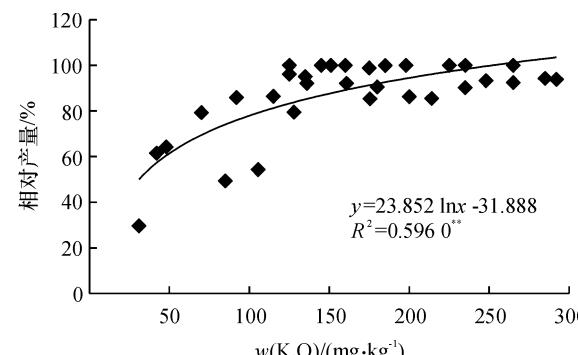


图3 土壤速效钾含量与苦瓜相对产量的关系( $n=32$ )

Fig. 3 The relationship between soil available potassium content and relative yield of balsam pear

将土壤速效钾丰缺指标进一步简化,即土壤速效钾含量[ $w(K_2O)$ ] < 30 mg·kg<sup>-1</sup>为极低等级,30 mg·kg<sup>-1</sup> ≤  $w(K_2O)$  < 85 mg·kg<sup>-1</sup>为低等级,85 mg·kg<sup>-1</sup> ≤  $w(K_2O)$  < 165 mg·kg<sup>-1</sup>为中等级,165 mg·kg<sup>-1</sup> ≤  $w(K_2O)$  < 200 mg·kg<sup>-1</sup>为高等级, $w(K_2O) \geq 200$  mg·kg<sup>-1</sup>为极高等级。

### 2.2 苦瓜氮、磷、钾推荐施肥量的确定

将所有试验点的数据分别采用一元二次和线性加平台模型进行模拟,一元二次方程通过边际效应分析确定每个试验点的最佳氮、磷、钾肥施肥量。线性加平台直接计算最佳施肥量。剔除拟合不成功的试验点,将拟合成功的试验点最佳施肥量与土壤养分含量作对数方程。结果如表1。

氮、磷、钾肥推荐施肥量:根据试验区碱解氮含

量与苦瓜氮肥最佳施肥量拟合方程(表1),计算出土壤碱解氮含量为70、120、165和185 mg·kg<sup>-1</sup>时,最佳施肥量分别为302.6、201.2、141.3和119.8 kg·hm<sup>-2</sup>。同时35个试验点氮肥施肥量为225~563 kg·hm<sup>-2</sup>,平均值为390 kg·hm<sup>-2</sup>,因而取平均值390 kg·hm<sup>-2</sup>为极低等级土壤推荐施肥量上限,从而建立不同分级范围氮肥推荐施肥量。适当调整后的不同碱解氮分级指标范围内氮肥推荐施肥量见表2。

表1 土壤速效养分含量与最佳施肥量拟合关系

Tab. 1 The fitting relationship between soil available nutrients content and optimum amount of fertilization

养分	拟合方程 <sup>1)</sup>	决定系数	相关系数	样本数
碱解氮	$y = -188.11\ln x + 1101.8$	0.475 7	-0.689 7*	35
有效磷	$y = -42.305\ln x + 272.6$	0.484 3	-0.695 9**	28
速效钾	$y = -97.357\ln x + 605.75$	0.574 2	-0.757 8**	22

1) x:土壤养分含量, y:最佳施肥量。

表2 土壤氮、磷、钾分级指标和推荐施肥量

Tab. 2 The alkali-hydrolyzable N, olsen-P and avialable K classification indexes and fertilizer recommendation rates

项目	土壤等级	相对产量/%	土壤养分质量分数/	推荐施肥量/
			(mg·kg <sup>-1</sup> )	
N	极高	>95	>185	0~<120
	高	>90~95	>165~185	120~<140
	中	>75~90	>120~165	140~<200
	低	>50~75	>70~120	200~<300
	极低	≤50	≤70	300~<390
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	极高	>95	>140	0~<65
	高	>90~95	>95~140	65~<80
	中	>75~90	>35~95	80~<120
	低	>50~75	>5~35	120~<200
	极低	≤50	≤5	200~<215
K <sub>2</sub> O	极高	>95	>200	0~<90
	高	>90~95	>165~200	90~<110
	中	>75~90	>85~165	110~<175
	低	>50~75	>30~85	175~<275
	极低	≤50	≤30	275~<372

根据试验区速效钾含量与苦瓜钾肥最佳施肥量拟合方程(表1),计算出土壤速效钾含量为30、85、165和200 mg·kg<sup>-1</sup>时,最佳施肥量分别为274.6、173.2、108.6和89.9 kg·hm<sup>-2</sup>。同时22个试验点钾肥施肥量为270~540 kg·hm<sup>-2</sup>,平均值为372 kg·hm<sup>-2</sup>,因而取平均值372 kg·hm<sup>-2</sup>为极低等级土壤推荐施肥量上限,从而建立不同分级范围钾肥

根据试验区有效磷含量与苦瓜磷肥最佳施肥量拟合方程(表1),计算出土壤有效磷含量为5、35、95和140 mg/kg时,最佳施肥量分别为204.5、122.2、79.9和63.5 kg·hm<sup>-2</sup>。同时28个试验点磷肥施肥量为180~360 kg·hm<sup>-2</sup>,平均值为213 kg·hm<sup>-2</sup>,因而取平均值213 kg·hm<sup>-2</sup>为极低等级土壤磷推荐施肥量上限,从而建立不同分级范围磷肥推荐施肥量。适当调整后的不同有效磷分级指标范围内磷肥推荐施肥量见表2。

推荐施肥量。适当调整后的不同速效钾分级指标范围内钾肥推荐施肥量见表2。

### 3 讨论与结论

#### 3.1 土壤养分分级指标

在不同区域、不同土壤和不同作物条件下建立的作物土壤养分丰缺指标是不同的<sup>[9-10]</sup>。陈新平等<sup>[5]</sup>建

议可以把相对产量<50%划分为极低、50%~75%为低、75%~95%为中、>95%为高。另外,农业部2008年3月制定《测土配方施肥技术规范》建议把相对产量<50%划分为极低、50%~60%为低、60%~70%为较低、70%~80%为中、80%~90%为较高、>95%为高。张永起等<sup>[11]</sup>以相对产量75%、90%、95%将土壤有效磷和速效钾划分为低、中、高、极高4级的标准,本研究将土壤碱解氮、有效磷、速效钾含量划分为极低、低、中、高、极高5级的标准,分别以相对产量为50%、75%、90%和95%计算对应的土壤养分含量。最终,以相对产量≤50%将土壤碱解氮、有效磷、速效钾含量划分为极低等级,>50%~75%为低等级,>75%~90%为中等级,>90%~95%为高等级,>95%为极高等级。

本试验通过对对比试验点的土壤速效养分平均含量与第2次土壤普查菜园地的土壤速效养分平均含量<sup>[12]</sup>的差异发现,土壤碱解氮养分基本没有发生变化,有效磷由原来的6.9 mg·kg<sup>-1</sup>增加到105.2 mg·kg<sup>-1</sup>,增加了10多倍,原因可能是近年来农民对磷肥的施用量有所增加,特别是蔬菜地磷肥增加更多;而磷肥的利用率较低,致使土壤中磷的含量大幅度增加。速效钾由原来的121.6 mg·kg<sup>-1</sup>增加到163.5 mg·kg<sup>-1</sup>,增加了34.5%。总之,本试验建立的新指标与第2次土壤普查指标相比,不同等级范围内土壤有效磷和速效钾含量大幅度地提高。

### 3.2 施肥模型的选择与推荐施肥

采用三元二次施肥模型拟合的成功率达到30%,但推算出的推荐施肥量偏高,与多数报道相一致<sup>[4,13]</sup>。因而,本研究采用一元二次模型和线性加平台模型进行拟合,对于拟合不成功的试验点可根据作物产量与施肥量的关系,结合专业判断确定最佳施肥量,如对于作物产量随施肥量的增加呈跳跃式的变化、对于高肥力田块定义优化施肥量为0。

总之,本研究结果表明,与第2次土壤普查结果相比,由于土壤肥力和作物产量水平发生了变化,土壤有效养分的丰缺指标发生了很大变化。不同肥力等级的氮(N)、磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、钾(K<sub>2</sub>O)推荐施肥量分别

为0~390、0~215、0~372 kg·hm<sup>-2</sup>,本试验苦瓜的施肥指标体系的补充和完善还需要进一步验证。

### 参考文献:

- 李娟,章明清,孔庆波,等.福建早稻测土配方施肥指标体系研究[J].植物营养与肥料学报,2010,16(4):938-946.
- 黄德明.十年来我国测土施肥的进展[J].植物营养与肥料学报,2003,9(4):495-499.
- 甄兰,崔振岭,陈新平,等.25年来种植业结构调整驱动的县域养分平衡状况的变化:以山东惠民县为例[J].植物营养与肥料学报,2007,13(2):213-222.
- 孙义祥,郭跃升,于舜章,等.应用“3414”试验建立冬小麦测土配方施肥指标体系[J].植物营养与肥料学报,2009,15(1):197-203.
- 陈新平,张福锁.通过“3414”试验建立测土配方施肥技术指标体系[J].中国农技推广,2006,4(22):36-39.
- 娄春荣,董环,王秀娟,等.辽宁省花生“3414”肥料试验施肥模型探讨[J].土壤通报,2008,39(4):892-895.
- 戢林,张锡洲,李廷轩.基于“3414”试验的川中丘陵区水稻测土配方施肥指标体系构建[J].中国农业科学,2011,44(1):84-92.
- 朱克保,吴传洲,陶光兵,等.沿江地区油菜肥料效应研究[J].安徽农业科学,2007,35(4):1070-1071.
- 中国农业科学院土壤肥料研究所.中国肥料[M].上海:上海科学技术出版社,1994:431-450.
- 张福锁.测土配方施肥技术要鉴[M].北京:中国农业大学出版社,2006:93-110.
- 张永起,李淑仪,廖新荣,等.基于几种土壤测试方法的华南菜田磷素丰缺指标研究[J].植物营养与肥料学报,2011,17(1):231-239.
- 刘安世.广东土壤[M].北京:科学出版社,1993:447-481.
- 王圣瑞,陈新平,高祥照,等.“3414”肥料试验模型拟合的探讨[J].植物营养与肥料学报,2002,8(4):409-413.

【责任编辑 周志红】