

# 常见叶菜测土配方施肥计算方法的研究

陈秀虎, 杨敏, 陆远宁, 黄小明, 欧少云, 刘元江

(清远职业技术学院, 广东 清远 511510)

**摘要:**以菜心和生菜为试材, 采用多点采土盆栽试验, 建立氮、磷、钾与菜心和生菜产量的回归方程, 求解方程最高产量与营养素需要量理论配方, 再进行小区的正交和“3414”试验验证和修正, 得到营养素需要量推荐配方, 并按推荐配方进行大田试验。结果表明: 回归方程具有很好的相关性和有效性, 菜心和生菜推荐的 N、P、K 营养素需要量推荐配方分别为: 360.0、95.0、465.0 kg/hm<sup>2</sup> 和 360.02、82.5、480.0 kg/hm<sup>2</sup>; 常见叶菜测土配方施肥的计算公式是, 施肥量(kg/hm<sup>2</sup>) = 营养素推荐需要量(kg/hm<sup>2</sup>) - 土壤有效养分实测值(mg/kg) × 2.25。

**关键词:**菜心; 生菜; 叶菜; 测土施肥; 参数

**中图分类号:**S 636 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)02-0011-05

叶菜是人们日常饮食中必不可少的食物之一。蔬菜不仅提供人体所必需的多种维生素和矿物质, 还有各种各样对健康有效的植物化学成分, 是公认的低糖、低盐、低脂的健康食物, 能对各种疾病起到一定的预防作用。若施肥量、施肥比例和施肥方式不当, 会造成一定程度环境污染和蔬菜品质的下降<sup>[1]</sup>, 影响人体健康。测土配方施肥是生产无公害农产品的重要方法和手段。配方施肥的方法很多, 归纳起来有 3 种类型(地力分级配方法、目标产量配方法和肥料效应函数法)5 种方法(地力分级配方法、养分平衡法、地力差减法、多因子正交回归设计法、养分丰缺指标法和氮磷钾比例法), 综合评价每种方法都各有优点与不足。如“目标产量法”的计算公式中主要的 4 个参数(目标产量、作物单位产量养分吸收量、土壤有效养分校正系数和化肥利用率)均为较活跃的 4 个变数, 很难定位精准。4 个参数定不准确, 就将人为的误差带入计算公式, 结果出现推荐量大于或小于实际量的现象, 严重影响“目标产量法”测土施肥的质量。又如, 人们在应用“肥料效应函数法”进行施肥推荐时, 不考虑土壤有效养分含量高低的悬殊差异给推荐量增产效应造成的影响, 这就影响了肥料效应函数法推荐施肥的质量。现通过建立不同肥力种植地产量与 N、P、K 的回归方程, 求得叶菜最大产量 N、P、K 营养素理论需要量配方, 小区试验对营养素需要量理论配方进行拟合与校正, 得到叶菜最佳产量 N、P、K 营养素需

要量)推荐配方, 利用施肥量公式能方便地计算出不同肥力种植地的施肥配方, 同时也能较好地解决上述目标产量法和肥料效应函数法存在的不足, 为大面积生产无公害蔬菜科学施肥提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验的叶菜品种分别是罗马意大利生菜王, 四九全年甜菜心和碧园无斑油麦菜。清远市郊蔬菜种植地的土壤均为半沙质的粘性黄色酸性土壤。2008 年 10~11 月, 采用东、南、西、北 4 个方位均匀布点, 对清远市郊的岗头大队湓田村(A)、正丰果园交界处(B)、凤凰岗(C)、洲心沥尾(D)、合头村(E)、长洪米村(F)和莲塘村(G)7 个区域进行采样, 每个采样区域的蔬菜地面积均在 2 hm<sup>2</sup> 以上。在每个采样区域内, 采用蛇形布点法采集 9~12 个土样, 采样深度为 0~20 cm, 分别测定土壤 pH、有机质、碱解氮、速效氮和速效钾的含量。土壤营养状况见表 1。试验所用肥料为尿素(N 46.7%), 钙镁磷肥(P 5.2%), 氯化钾(K 41.5%)。

### 1.2 试验设计

试验分为盆栽试验、小区试验和大田试验 3 个阶段。

**1.2.1 盆栽试验** 利用 7 个蔬菜种植地采取土样进行 3 种常见叶菜(菜心、生菜和油麦菜)的盆栽试验, 每盆装土 3 kg, 定植同种叶菜 3 株, 分 3 个施肥梯度, 即 1/4、1/2 和全量施肥, 3 次重复, 其中全量施肥是按栽培盆面积计算, 尿素施用量 450.0 kg/hm<sup>2</sup> (含 N 210 kg/hm<sup>2</sup>), 按 N:P:K=4:1:6<sup>[1]</sup> 的比例施磷肥(钙镁磷肥)和钾肥(氯化钾)。叶菜收获后, 以叶菜产量为因变量, 以 N、P、K(土壤供肥量与施肥量之和)为自变量建立回归方程,

**第一作者简介:**陈秀虎(1966-), 男, 河南信阳人, 硕士, 副教授, 现主要从事植物营养与环境生态的教学与研究工作。E-mail: chenxiuhu@126.com。

**基金项目:**清远市科技局资助项目(清科[2008]10 号(070002))。

**收稿日期:**2010-10-27

表 1

清远市郊蔬菜种植地土壤营养状况

Table 1

Nutritional status of cultivated fields in Qingyuan suburb

采样地点 Sampling site	碱解氮 Alkalized N/mg · kg <sup>-1</sup>	速效磷 Avail P/mg · kg <sup>-1</sup>	速效钾 Avail K/mg · kg <sup>-1</sup>	有机质 Organic material/g · kg <sup>-1</sup>	N : P : K
A	92.87±3.64	11.38±0.10	106.73±1.96	11.10±0.21	8.2 : 1 : 9.4
B	73.03±5.06	4.12±0.47	51.75±0.28	9.43±0.35	17.7 : 1 : 12.6
C	110.37±5.35	5.43±0.80	99.27±0.47	17.71±0.43	20.3 : 1 : 18.3
D	93.45±1.75	18.17±1.18	71.50±0.54	9.65±0.82	5.1 : 1 : 3.9
E	113.87±2.02	9.36±0.16	99.72±0.56	18.70±1.16	12.2 : 1 : 10.7
F	116.20±4.63	11.95±0.57	76.76±0.37	24.36±0.25	9.7 : 1 : 6.4
G	103.36±1.01	20.38±0.76	119.07±1.50	18.25±0.83	5.1 : 1 : 5.8
平均 Average	100.45±15.24	11.54±6.05	89.26±23.39	15.60±0.66	9.1 : 1 : 8.1

其中,土壤供肥量(kg/hm<sup>2</sup>)=土壤有效养分实测值(mg/kg)×2.25;公式中的“2.25”是引用斯坦福(Stanford)公式中的单位转换系数,将土壤有效养分测定值(mg/kg)转化成(kg/hm<sup>2</sup>),并利用 SAS 软件求解最高产量所需氮、磷、钾的量,即菜心和生菜最大产量营养素需要量理论配方。

1.2.2 小区试验 以合头村(E)为小区试验地(土壤营

养状况见表 1),用 3414 和正交实验方案(表 2、3),分别对菜心和生菜进行试验,结合叶菜的品质为因变量建立回归函数式对最高产量配方进行拟合,并修订最大产量营养素需要量理论配方,寻求叶菜最佳产量营养素需要量推荐配方。

1.2.3 大田试验 根据叶菜最佳产量营养素需要量推荐配方进行大田验证试验。

表 2

菜心最大产量营养素需要量理论配方的“3414”小区验证试验设计

Table 2 “3414” plot verifying experiment design on the highest yield nutrient requirement of theory formula for flowering Chinese cabbage kg/hm<sup>2</sup>

处理因素 Treatment factors	试验处理编号 Experiment treatment numbers													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
N	0	0	60	105	105	105	105	105	105	105	150	60	60	105
P	0	82.5	82.5	0	52.5	0	112.5	82.5	82.5	82.5	82.5	52.5	82.5	52.5
K	0	255	255	255	255	255	255	0	150	345	255	255	150	150

表 3

生菜最大产量营养素需要量理论配方的小区验证试验正交设计

Table 3 Orthogonal verifying experiment design on the highest yield nutrient requirement of theory formula for lettuce kg/hm<sup>2</sup>

处理因素 Treatment factors	试验处理编号 Experiment treatment numbers								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N(A)	1(75)	1(75)	1(75)	2(105)	2(105)	2(105)	3(135)	3(135)	3(135)
P(B)	1(52.5)	2(82.5)	3(112.5)	1(52.5)	2(82.5)	3(112.5)	1(52.5)	2(82.5)	3(112.5)
K(C)	1(165)	2(255)	3(345)	3(345)	1(165)	2(255)	2(255)	3(345)	1(165)

### 1.3 试验方法

用苗圃育苗,当叶菜苗长到 4~6 片真叶时进行移栽,田间试验的种植密度是:菜心 15 cm×12 cm、生菜 25 cm×20 cm、油麦菜 20 cm×18 cm。磷肥全部作为基肥,钾肥一半作为基肥,一半作为追肥,并在叶菜生长期以溶液的形式施入,氮肥全部作为追肥分 4 次施入,收获前 10~11 d 禁止施肥。叶菜生长期进行正常的田间管理,收获时除去基部黄叶、洗净后测定产量、品质。

### 1.4 测试项目与方法

菜心自检:硝酸盐和 VC 含量的测定分别采用酚二磺酸比色法和 2,6-二氯酚溶液滴定法<sup>[2]</sup>。生菜、油麦菜送农业部蔬菜水果质量监督检验测试中心(广州站)进行检验,其方法为 VC:GB/T 6195-1986;硝酸盐:GB/T 5009.33-2008;可溶性糖:GB/T 5009.8-2008;甲胺磷:NY/T 761-2008;氯氰菊酯:NY/T 761;毒死蜱:NY/T 761。

### 1.5 数据分析

利用 Excel 和 SAS 软件分析氮、磷和钾肥的影响,并建立以经济产量为因变量,氮、磷和钾肥为自变量的多元

回归方程求最大产量施肥量。

## 2 结果与分析

### 2.1 盆栽试验的回归分析

2.1.1 回归方程的建立 盆栽叶菜的营养供应源有二人,一是土壤供肥,土壤供肥量(kg/hm<sup>2</sup>)=土壤有效养分实测值(mg/kg)×2.25。二是外源施肥。菜心和生菜不同产量对 N、P、K 营养元素的供应量见表 4。叶菜产量计算方法:产量(kg/hm<sup>2</sup>)=10 000÷(行距×株距)×单株重÷1 000;N、P、K 的量(kg/hm<sup>2</sup>)=施肥量+土壤供肥量。根据表 4 叶菜的试验结果,分别以菜心和生菜产量(y)为目标函数,以 N(x<sub>1</sub>)、P(x<sub>2</sub>)、和 K(x<sub>3</sub>)三因子为自变量,利用计算机的 SAS 或 Excel 软件程序,得到菜心和生菜产量的三元二次回归方程。盆栽试验菜心的产量方程: $\hat{y} = -2 850.9 + 177.219X_1 + 78.338X_2 + 33.767X_3 - 0.2466X_1^2 - 0.390X_2^2 - 0.0357X_3^2 + 0.517X_1X_2 - 0.042X_1X_3 - 0.0679X_2X_3$ 。生菜盆栽试验的产量方程: $\hat{y} = -60 566.6 + 13.580X_1 + 768.695X_2 + 304.860X_3 - 0.0189X_1^2 + 39.028X_2^2 - 0.314X_3^2 - 8.405X_1X_2 +$

1.054 $X_1X_3$ -5.349 $X_2X_3$ 。2个方程的相关系数 $R$ 分别是:0.879和0.913。经显著性检验,分别为显著水平( $P<0.05$ )和极显著水平( $P<0.01$ ),可见叶菜产量的三元二次回归方程对试验结果具有很好的拟合性。

表4 菜心和生菜不同产量的N、P、K营养元素需要量

Table 4 N, P and K requirement for different yields of Flowering

采样点 Sampling site	处理因素 Treatment factors			产量	
	Chinese cabbage and lettuce			kg/hm <sup>2</sup>	
	N	P	K	菜心 Flowering Chinese Cabbage	生菜 Lettuce
A1	260.71	38.54	317.77	18 166.49	35 156.76
A2	312.46	51.48	395.39	22 353.76	44 592.23
A3	415.96	77.36	550.64	20 223.07	49 032.45
B1	216.07	22.21	194.06	9 567.744	6 315.316
B2	267.82	35.15	271.69	15 233.54	18 130.91
B3	371.32	61.02	426.94	18 753.82	37 021.85
C1	300.08	25.16	300.98	14 861.13	39 001.95
C2	351.83	38.09	378.61	14 603.59	49 042.45
C3	455.33	63.97	533.86	20 719.61	45 827.29
D1	262.01	53.82	238.50	16 506.4	28 251.41
D2	313.76	66.76	316.13	25 281.15	41 977.10
D3	417.26	92.63	471.38	28 962.62	79 904.00
E1	307.96	34.00	302.00	19 066.94	31 101.56
E2	359.71	46.94	379.62	22 214.81	39 401.97
E3	463.21	72.81	534.87	25 027.32	66 423.32
F1	313.20	39.83	250.34	19 696.88	24 726.24
F2	364.95	52.76	327.96	23 133.78	26 576.33
F3	468.45	78.64	483.21	20 421.32	33 101.66
G1	284.31	58.79	345.53	19 241.10	42 882.14
G2	336.06	71.73	423.16	23 798.93	62 508.13
G3	439.56	97.61	578.41	26 200.13	57 577.88

表5 菜心最大产量营养元素需要量理论配方的‘3414’小区验证试验

Table 5 Results of “3414” plot verifying experiment design on the highest yield nutrient requirement of theory

处理 Treatment	formula for flowering Chinese cabbage													kg/hm <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
产量 Yield	11 428.5	24 556.5	23 499.0	18 699.0	22 782.0	21 628.5	17 443.5	20 919.0	23 713.5	22 405.5	22 015.5	27 346.5	26 049.0	26 836.5

2.2.2 生菜的正交小区验证试验 生菜正交实验(三因素、三水平)N、K 2个试验因素中水平数的确定方法是:中水平施肥量=第一阶段回归求得的最大产量需肥量-土壤供肥量,P的水平数确定方法是:P的下限水平施肥量=第一阶段回归求得的最小产量P需要量-土壤供肥量,并根据N、P、K之比4:1:6的原则<sup>[1]</sup>,确定P的中水平和高水平值,试验结果见表6。直观(极差)分析,生菜正交实验处理因素的最大产量组合为 $N_2P_1K_3$ (N 105.0 kg/hm<sup>2</sup>、P 52.5 kg/hm<sup>2</sup>、K 345 kg/hm<sup>2</sup>,产量是

2.1.2 回归方程寻优求解 利用回归方程分别对N、P、K进行单因素效应分析,得到菜心产量极大值;N、P、K的理论需肥量分别是:359.3、100.4、472.4 kg/hm<sup>2</sup>,理论产量是28 257.7 kg/hm<sup>2</sup>。生菜产量极大值对N、K的理论需要量分别是359.8、485.0 kg/hm<sup>2</sup>。方程 $P(x_2)$ 的最小值的求解为74.7 kg/hm<sup>2</sup>。

2.2 小区 3414 和正交实验的验证结果与分析

2.2.1 菜心的 3414 小区验证试验 菜心 3414 试验 N、P、K 3个试验因素中水平数的确定方法是:中水平施肥量(kg/hm<sup>2</sup>)=第一阶段回归求得的最大产量营养理论需要量-土壤供肥量,试验的结果见表5。以菜心产量(y)为目标函数,以 $N(x_1)$ 、 $P(x_2)$ 、 $K(x_3)$ 3因子为控制变量,利用计算机的 SAS 或 Excel 软件程序,得到菜心产量的三元二次回归方程。方程相关系数达到0.9532。经显著性检验,方程达到显著水平( $P<0.05$ )。根据施肥最小、经济效益和品质最高的原则,同时考虑营养元素比例对品质的影响,对方程求解最高产量N、P、K施肥量进行校正,最后拟合的推荐施肥配方是:N 105 kg/hm<sup>2</sup>、P 67 kg/hm<sup>2</sup>、K 253 kg/hm<sup>2</sup>,理论产量是24 822.3 kg/hm<sup>2</sup>。3414 试验验证结果除磷肥(P)稍偏小外,其它数据与盆栽试验相吻合。3414 试验菜心的产量方程: $\hat{y}=11\ 639.2+41.844X_1+308.757X_2+46.874X_3-0.274X_1X_2-0.047X_1X_3-0.125X_2X_3-0.198X_1^2-2.304X_2^2-0.092X_3^2$ 。

76 472.6 kg/hm<sup>2</sup>)。但方差分析各因素之间均没有显著性差异( $P>0.05$ ),说明各因素对生菜产量均无显著性的影响,因此各因素效应均不可靠。最大产量 $N_2P_1K_3$ 组合和 $N_2P_3K_2$ 组合(N 105.0 kg/hm<sup>2</sup>、P 112.5 kg/hm<sup>2</sup>、K 255.0 kg/hm<sup>2</sup>,产量是75 283.5 kg/hm<sup>2</sup>)之间相差很小。根据施肥最小、经济效益和品质最高的原则,同时考虑到营养元素比例对品质的影响,并通过回归求解,试验确定生菜的推荐施肥配方是:N 105 kg/hm<sup>2</sup>、P 52.5 kg/hm<sup>2</sup>和K 255 kg/hm<sup>2</sup>,这与盆栽试验结果相吻合。

表6 生菜最大产量营养元素需要量理论配方的正交设计验证试验

Table 6 Results of orthogonal verifying test design on the highest yield nutrient requirement of theory formula for lettuce

处理 Treatment	1( $N_1P_1K_1$ )	2( $N_1P_2K_2$ )	3( $N_1P_3K_3$ )	4( $N_2P_1K_3$ )	5( $N_2P_2K_1$ )	6( $N_2P_3K_2$ )	7( $N_3P_1K_2$ )	8( $N_3P_2K_3$ )	9( $N_3P_3K_1$ )
产量 Yield	65 115.2	69 924.2	67 072.7	76 472.6	64 029.8	75 283.5	70 030.7	71 379.3	66 609.3

## 2.3 大田验证试验

依据菜心 3414 和生菜正交验证试验的最佳需肥配方,分别对菜心、生菜和油麦菜进行大田验证试验,种植密度、水肥管理方式、采收生长期和产量计算方法等同小区验证试验。其中油麦菜大田试验的施肥量取菜心和生菜最佳配方的平均值,种植密度与生菜相同。大田试验

的叶菜样品送农业部蔬菜水果质量监督检验测试中心(广州站)进行检验,测试报告的部分内容见表 7。由表 7 可知,大田试验的结果与小区试验相符,这说明小区试验的结果是正确的,寻求的叶菜生长 N、P、K 营养素需要量的理论配方可以应用于指导大田生产。

表 7 3 种叶菜最佳产量营养需要量推荐配方的大田验证试验

Table 7 Results of field experiment on the optimal yields nutrient requirement of recommendation fertilizer formula for three kinds of leafy vegetables

叶菜种类 Leafy vegetables species	单株重量 Single plant weight/g · 株 <sup>-1</sup>	维生素 C VC /mg · (100g) <sup>-1</sup>	硝酸盐 Nitrate /mg · kg <sup>-1</sup>	检测项目 Testing item 可溶性糖 Soluble sugar /%	甲胺磷 Methamidophos /mg · kg <sup>-1</sup>	氯氰菊酯 Cyhalothrin /mg · kg <sup>-1</sup>	毒死蜱 Chlorpyrifos /mg · kg <sup>-1</sup>
生菜 Lettuce	545	10.9	108	0.94	未检出 (0.01*)	未检出 (0.003*)	未检出 (0.02*)
油麦菜 Chinese lettuce	366	88.5	1 390	1.52	未检出 (0.01*)	未检出 (0.003*)	未检出 (0.02*)
菜心 Flowering Chinese cabbage	47.5	20.75	599.2	5.52	未检测	未检测	未检测

注: \* 表示检测下限。

Note: \* indicates the detection minimum.

## 3 讨论与结论

## 3.1 叶菜最大产量营养素理论需要量计算的依据

作物生物量形成所需的营养素来自土壤,营养素在土壤中都几种不同的形态,而且不同形态之间可以相互转化,常处于动态平衡中。当土壤中的营养素被作物吸收或经淋溶损失后,土壤表面吸附的营养素就会向土壤溶液中转移,反之,当土壤施肥后,溶液中营养素的浓度提高,这时营养素会向固相表面转移。有关此方面的研究报道很多,如王文忠<sup>[3]</sup>等就提出有外源营养元素(K)施入时土壤营养元素原有的动态平衡体系被破坏,新动态平衡体系被建立,外源钾相当部分进入矿物晶层转变为缓效钾,而且其固钾比率随施钾量的增加呈抛物线型。武际等<sup>[4]</sup>也报道,连续施用磷、钾肥能显著提高土壤速效钾、速效磷含量,与试验前土壤相比,速效磷和速效钾的含量分别增加了 14.83~20.20 mg/kg 和 69.51~109.61 mg/kg,具有显著性的差异。另外,秦巧燕等<sup>[5]</sup>报道,随施氮量的增加,土壤各层硝态氮累积量呈递增趋势。总之,当外源肥料施入土壤后,施入肥料与土壤中原有的营养素共同作用形成一个新的土壤动态平衡体系,土壤中营养素的含量也发生了变化。同时,这个新的动态平衡体系影响着作物生物量的形成,很难分清楚这种影响作用是土壤自身供肥或是外源施肥引起。王立春等报道<sup>[6]</sup>,玉米的产量与土壤速效钾实测值和外源人工施用的钾肥量都有着密切的一元二次函数关系,同时,钾肥的最佳施用量与土壤实测值存在密切的直线负相关,这与试验中所提出的土壤速效营养与人工施肥对作物产量的形成具

有相同的作用具有一致性。综上所述,多点土壤盆栽试验,利用回归方程求解叶菜最大产量营养素理论需要的方法具有理论依据。

## 3.2 配方施肥计算公式稳定性分析

土壤营养(自身供肥和外源施肥)与叶菜产量之间有很复杂的关系。如目标产量法测土配方施肥中的 3 个关键技术参数(营养吸收系数、土壤供肥效率和肥料利用率)之间,以及三者与蔬菜产量之间都存在着相互影响、相互制约的关系。许多研究报道<sup>[7-8]</sup>,植物的营养吸收系数与土壤肥力之间具有正相关性,高肥力土壤还对植株产量的增加具有一定的缓冲效应。土壤养分含量与肥料利用率和土壤养分校正系数之间负相关,即土壤肥力对施肥效应和土壤供肥效率都具有制约作用。同时,测土配方施肥中的 3 个技术参数对蔬菜的生物量形成都具有关联作用,正是这种关联作用保证了文中推荐公式在实际生产中使用的稳定性。

## 3.3 3 个试验阶段结果的相关性分析

现以菜心为例,对试验 3 个阶段的基本情况与结果归纳见表 8。由表 8 可知,理论结果和真实结果具有较好的拟合性。盆栽试验与小区 3414 验证试验理论配方 N、P、K 的拟合度分别是 97.59%、84.35%和 97.67%。这说明了该试验设计具有较好的科学性和真实性,推荐的营养配方施肥公式在生产中具有较好的实践指导作用。另外推荐需肥配方中钾的量比一般文献的略高,其原因可能有二方面:第一,清远土壤是酸性黄土,土壤钾的有效含量较低;第二,当地菜农习惯用 N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O 为 1 :

1 : 1 的复合肥以追肥的方式施用,这样进一步加剧了土壤钾素的缺乏。由于磷肥的水溶性差,不利于植物对磷元素的吸收,植株表现为缺磷症状,同时造成土壤表面磷的累积,所以推荐施肥配方中磷元素施用量偏小。

表 8 3 个试验阶段菜心 N、P、K 的需要量配方比较

Table 8 Comparison of N, P and K requirement formula for Flowering Chinese cabbage during three testing periods	kg/hm <sup>2</sup>		
项 目 Item	N	P	K
盆栽试验最佳产量需肥配方 Optimal yields formula of pot experiment	359.26	100.5	472.43
验证试验地样点 E 土壤速效成分含量实测值 Soil measural value of verifying experiment	113.87	9.36	99.72
验证试验地样点 E 土壤供肥量 Soil fertilzer quantity of verifying experiment	256.21	21.06	224.37
3414 小区试验种植地理论施肥配方 Theory formula of 3414 experiment	103.05	79.44	248.06
3414 试验最佳产量施肥配方 Optimal yields formula of 3414 experiment	105.59	67.01	253.99
大田试验的施肥配方 Fertilizer formula of field experiment	105.00	75.00	255.00
种植菜心的推荐需肥配方 Recommendatim formula of Flowering Chinese cabbage	360.00	95.00	465.00

综上所述,试验中所得的测土配方施肥计算公式,是著名的、学术界称之为“差减法”的斯坦福(Stanford)公式与函数效应方程的统一。该测土配方施肥计算方法除了引用斯坦福的单位转换系数外,没有其它参数,这样就不会把参数误差带到计算结果中去,从而大大地减少了计算误差,同时也克服了函数效应法没有考虑土壤有效养分含量高低的悬殊差异给推荐量增产效应造成的影响。另外,在通过建立不同肥力种植地的产量与氮、磷、钾的回归方程求得最佳需量配方的基础上,能较为方便地计算出不同肥力地块种地氮、磷、钾的施肥量。

参考文献

[1] 陈秀虎,杨敏,黎晓峰. 保护地小白菜硝酸盐积累的效应分析与调控

[J]. 中国农学通报,2007,23(6):438-441.  
[2] 牛森. 作物品质与分析[M]. 北京:农业出版社,1992:8.  
[3] 王文忠,徐生瑞. 施钾对两种土壤钾素动态变化影响的研究[J]. 土壤通报,2001,32(3):120-122.  
[4] 武际,郭熙盛,朱宏斌. 皖南红黄壤地区连续施用磷钾肥对油菜产量、养分吸收及土壤肥力的影响[J]. 土壤通报,2006,(37)3:482-485.  
[5] 秦巧燕,贾陈忠,同延安. 施用氮肥对设施栽培土壤硝态氮累积量的影响[J]. 安徽农业科学,2007,35(1):52-153.  
[6] 王立春,谢佳贵,秦裕波. 测土配方施肥方法研究[J]. 土壤通报,2008,39(4):865-870.  
[7] 陈斌,丁华萍,钱立军. 水稻测土配方施肥技术参数研究[J]. 江苏农业科学,2009(4):333-335.  
[8] 高云晖,宋长青. 关中西部小麦测土平衡施肥技术参数及其应用[J]. 土壤肥料,2002(5):29-33.

Study on Formula Fertilization by Soil Testing of Common Leafy Vegetables

CHEN Xiu-hu, YANG Min, LU Yuan-ning, HUANG Xiao-ming, OU Shao-yun, LIU Yuan-jiang  
(Qingyuan Vocational Technical College, Qingyuan,Guangdong 511510)

**Abstract:** In order to find convenient, efficient method of formula fertilization by soil testing on leafy vegetables, multi-point soil mining pot experiment was conducted to flowering Chinese cabbage and lettuce. The regression equation of nitrogen, phosphorus, potassium and yield of flowering Chinese cabbage and lettuce was established for the best theory formula. In succession, the formulas were verified and revised by plot orthogonal and “3414” verifying experiment to acquire recommended formulas. Finally the recommended formulas were verified by field experiment. The results showed that the regression equation had a very good relevance and effectiveness. The recommended formula of flowering Chinese cabbage and lettuce nutrient requirement was: N, P, K elements, 360.0/95.0/465.0 kg/hm<sup>2</sup>, and 360.0/82.5/480.0 kg/hm<sup>2</sup>, respectively. Formula fertilization by soil testing of common leafy vegetables was: fertilizing amount(kg/hm<sup>2</sup>) was equal to the recommended nutrient requirement(kg/hm<sup>2</sup>) minus 2.25 fold of the amount of planting soil for fertilizer.  
**Key words:** flowering Chinese cabbage; lettuce; leafy vegetables; parameters