

珠三角主菜区土壤交换性钙、镁的 丰缺指标及分布特征

张白鸽¹, 陈琼贤¹, 曹 健¹, 赫新洲¹, 杨 秋¹, 高惠楠¹, 李 强²

(1 广东省农业科学院 蔬菜研究所, 广东 广州 510640; 2 华南农业大学 农学院, 广东 广州 510642)

摘要:在珠三角主菜区氮、磷、钾营养状况调查的基础上,从宏观上评价了珠三角主菜区交换性钙、镁分布情况,为有效提高钙镁肥增产效果奠定基础,同时也为珠三角主菜区“中量元素营养”及“土壤中量元素”管理提供依据.在珠三角主菜区,以菜心为供试蔬菜得出的土壤交换性钙丰缺指标如下:小于 $0.077\text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ 为极度缺钙, $0.78\sim 3.78\text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ 为缺钙, $3.79\sim 4.23\text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ 为中度缺钙.土壤交换性镁丰缺指标如下:小于 $0.42\text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ 为极度缺镁, $0.43\sim 1.44\text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ 为缺镁, $1.45\sim 2.00\text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ 为中度缺镁.调查表明,珠三角主菜区土壤普遍缺钙、镁,极度缺钙和缺钙菜田占到38%左右,极度缺镁和缺镁菜田占到88%左右,中度缺钙菜田在珠三角各个区域分布比例接近,均在20%左右.

关键词:珠三角; 主菜区; 钙、镁分布; 丰缺指标

中图分类号:S151.9

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2011)02-0025-05

Enrichment-Deficient Index and Distribution of Soil Exchangeable Calcium and Magnesium in the Major Vegetable Production Areas of Pearl River Delta

ZHANG Bai-ge¹, CHEN Qiong-xian¹, CAO Jian¹, HE Xin-zhou¹, YANG Qiu¹, GAO Hui-nan¹, LI Qiang²

(1 Institute of Vegetable Research, Guangdong Academy of Agricultural Science, Guangdong 510640, China;

2 College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: A macro scale survey was performed to investigate the content of exchangeable Ca and Mg, following with N, P, K nutrients, as well as its spatial distribution in the main vegetable production areas of the Pearl River Delta, which was a base for increasing fertilizer application efficiency and vegetable yield as well as for scientific strategy to manage mesne elements. In general, the sufficiency-deficient index of exchangeable Ca was less than 0.77, 0.78–3.78 and 3.79–4.23 $\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ for extreme Ca-deficient, Ca-deficient and medium Ca-deficient level respectively, the enrichment-deficient index of exchangeable Mg was less than 0.42, 0.43–1.44 and 1.45–2.00 $\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ for extreme Mg-deficient, Mg-deficient and medium-Mg deficient fertility, correspondingly. The investigation demonstrated that most of the vegetable growth areas in Pearl River Delta were in shortage of Ca and Mg nutrients. There was around 30% vegetable fields were in Ca deficiency, 88% in Mg deficiency. Medium Ca-fertility vegetable fields took up approximately 20% of each area of the Pearl River Delta.

Key words: Pearl River Delta; vegetable production; distribution of calcium and magnesium; enrichment-deficient index

收稿日期:2010-01-25

作者简介:张白鸽(1983—),女,实习研究员;通信作者:陈琼贤(1960—),女,研究员,E-mail:plantgroup@126.com

基金项目:广东省现代农业产业技术体系(粤农[2009]380号);广东省科技计划项目(2008B021000045,2009B020202003,2008A020100025)

钙和镁是植物生长发育必不可少的2种元素,钙对于植物细胞的稳定和生长以及信号传递具有重要作用,镁在光合作用的3个主要阶段即原初反应、电子传递和光合磷酸化、碳同化中都起着重要的作用^[1]. 及时合理的补充钙、镁元素可防治蔬菜因缺钙、镁所引起的一系列植株坏死症状^[2]. 随着时间的推移,蔬菜田土壤的基本理化性状会发生一定的变化,如土壤酸化、次生盐渍化,土壤营养元素含量也会随之发生较大的变化^[3-4]. 目前针对土壤养分含量变化的研究多集中在氮、磷、钾及微量元素方面^[5-6],国内对中量元素钙、镁含量变化方面做了大量的研究工作,但是有关珠三角主菜区钙镁分布及其丰缺指标的系统研究较少. 开展珠三角主菜区土壤交换性钙、镁的研究有助于理解元素的转化与迁移过程、土壤与肥料间相互作用关系,有效减轻土壤盐渍化等问题,为蔬菜的优质高产奠定基础. 本研究通过考查珠三角主菜区土壤中钙、镁含量的情况,分析了引起这种变化的主要原因,为珠三角主菜区“中量元素营养”及“土壤中量元素”管理提供依据.

1 材料与方法

1.1 钙、镁肥施肥效应研究

从珠三角主菜区不同地方选择不同肥力的20个菜田(地点名称及对应编号详见文献[7]),分别在2005年10月、2006年10月和2007年10月以菜心(美青1号)为供试材料,在不施农家肥的前提下,以氮、磷、钾肥作底肥,设施钙、镁以及不施钙和镁3个处理,随机区组排列,小区面积9 m²,重复3次. 化肥用量(纯养分含量,下同)氮90 kg·hm⁻²(尿素),磷(P₂O₅)45 kg·hm⁻²(过磷酸钙),钾(K₂O)90 kg·hm⁻²(KCl). 钙(Ca)35 kg·hm⁻²(生石灰),镁(Mg)15 kg·hm⁻²(硫酸镁). 氮肥1/3作基肥,其余在三叶期和五叶期各追施1/3. 收获期按小区计产. 菜心相对产量=不施肥区菜心产量/施肥区菜心产量×100%.

1.2 土壤钙、镁养分状况调查

于2008年在广州、深圳、东莞、佛山、中山、惠州、江门、肇庆等不同地方选择540个蔬菜田,每个菜田多点采集有代表性耕层(0~20 cm)土壤样品,风干、过筛后用1 mol·L⁻¹醋酸浸提,EDTA滴定法测定交换性钙、镁^[8],用pH计测定土壤pH.

1.3 数据统计与分析

采用Excel 2003, SAS 8.1进行试验数据统计分析.

2 结果与分析

2.1 土壤钙、镁丰缺指标研究

由图1、2可知随着土壤钙、镁含量的增加,菜心相对产量呈现出先增加,后减少的趋势. 通过相关分析,得出土壤钙含量与菜心相对产量的相关性方程为 $y = -0.2669x^2 + 5.122x + 73.109$, $R^2 = 0.9138$; 土壤镁含量与菜心相对产量的相关性方程为 $y = -9.2591x^2 + 29.281x + 77.063$, $R^2 = 0.9504$. 可见,土壤钙含量与菜心产量在一定范围内也呈正相关关系.

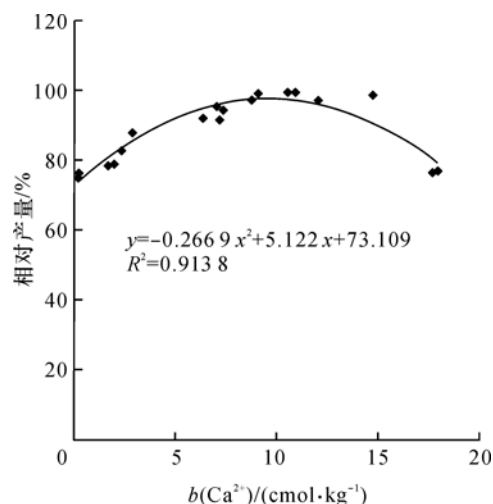


图1 珠三角主菜区土壤交换性钙含量与菜心产量的相关性分析

Fig. 1 The correlationship between soil exchangeable Ca and relative yield of Chinese cabbage

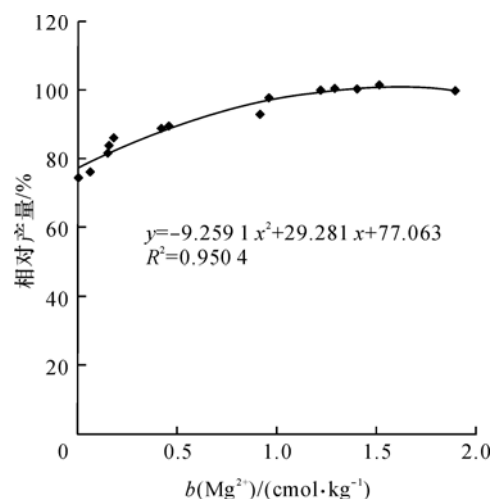


图2 珠三角主菜区土壤交换性镁含量与菜心产量的相关性分析

Fig. 2 The correlationship between soil exchangeable Mg and relative yield of Chinese cabbage

根据程季珍等^[9]提出的土壤养分临界值法和相对产量划分土壤养分等级法,再结合上述方程得出珠三角主菜区土壤交换性钙、镁的丰缺指标(表1).

由表1可知,土壤在 $b(\text{Mg}^{2+}) < 2.00 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,施肥增产效果比较明显,当 $b(\text{Mg}^{2+}) < 0.42 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,施肥效果特别显著.当土壤 $b(\text{Mg}^{2+})$ 在 $2.01 \sim 2.31 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,施肥效果显著下降,当 $b(\text{Mg}^{2+})$ 高于 $2.31 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,施加镁肥可能造成植物发生镁的奢侈吸收,施肥无效,甚至减产.土壤在 $b(\text{Ca}^{2+}) < 4.23 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,施肥增产效果比较明显,当 $b(\text{Ca}^{2+}) < 0.77 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,施肥效果特别显著.当土壤 $b(\text{Ca}^{2+})$ 在 $4.24 \sim 9.60 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,施钙效果显著下降,当 $b(\text{Ca}^{2+}) > 9.60 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,施加钙肥可能造成植物发生钙的奢侈吸收,施肥无效,甚至减产.

表1 珠三角主菜区土壤交换性钙、镁丰缺指标

Tab.1 The enrichment-deficient index of exchangeable Ca and Mg in the Pearl River Delta

土壤养分等级	相对产量/%	$b(\text{Mg}^{2+})/(\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1})$	$b(\text{Ca}^{2+})/(\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1})$	施肥效果
极缺	<50	<0.42	<0.77	施肥效果极明显
缺	50~69	0.43~1.44	0.78~3.78	施肥效果明显
中等	70~89	1.45~2.00	3.79~4.23	施肥有效果
高	90~100	2.01~2.31	4.24~9.60	施肥效果低,甚至无效
过高	>100	>2.31	>9.60	奢侈吸收,施肥无效,甚至减产

2.2 土壤钙、镁含量与 pH 的关系

由图3可知,在pH接近中性时,土壤交换性钙含量较高,土壤 $\text{pH} < 5.0$ 时,钙含量偏低.结合相对产量发现,pH在 $6.5 \sim 7.5$ 时,相对产量较高.由图4可知,当土壤pH在 5.0 以上时,镁的可交换性强,结合相对产量可以得知,土壤pH在 $5.0 \sim 6.5$ 时,相对产量较高.就珠三角主菜区而言,pH基本上分布在 $3.0 \sim 6.5$ 之间,整体上呈现下降趋势,土壤pH的下降,会使蔬菜对钙、镁进行选择吸收,进而破坏主菜区土壤交换性钙、镁的动态平衡.经过计算可知,珠三角主菜区土壤pH高于 5.1 时, $b(\text{Ca}^{2+})/b(\text{Mg}^{2+})$ 比值相对较高,且pH在 6.0 左右时, $b(\text{Ca}^{2+})/b(\text{Mg}^{2+})$ 比值最大.

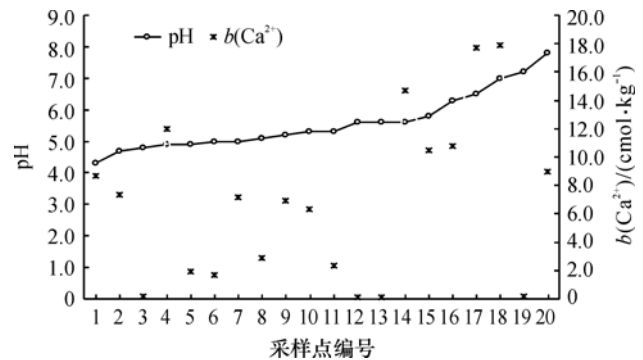


图3 不同pH下的土壤交换性钙含量分布情况

Fig.3 The distribution of exchangeable Ca under different pH conditions

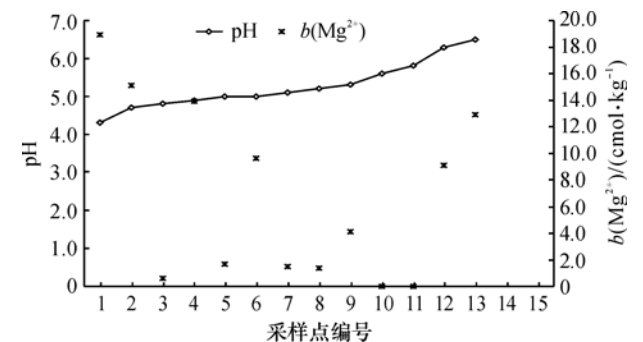


图4 不同pH下的土壤交换性镁含量分布情况

Fig.4 The distribution of exchangeable Mg under different pH conditions

2.3 珠三角主菜区土壤钙、镁含量调查

由表2、3可知,珠三角主菜区土壤普遍缺钙、镁,极度缺钙和缺钙菜田占38%左右,极度缺镁和缺镁菜田占88%左右.中度缺钙在珠三角各个区域分布比例接近,均在20%左右.佛山、中山不缺钙区域均接近50%.就均值而言,广州、中山的 $b(\text{Ca}^{2+})$ 相对较高,均超过 $8.0 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$,广州、东莞的 $b(\text{Mg}^{2+})$ 相对较高,均大于 $1.0 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$;深圳、江门的 $b(\text{Ca}^{2+})$ 相对较低,在 $3.0 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 左右,江门、肇庆的 $b(\text{Mg}^{2+})$ 相对较低,均低于 $0.4 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$.

表2 珠三角区域主菜区土壤交换性钙含量¹⁾

Tab.2 Experimental sites and soil exchangeable Ca supply in the Pearl River Delta, Guangdong

调查区域	$b(\text{Ca}^{2+})/(\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1})$		分级频率/%				
	范围	均值	极度缺钙	缺钙	中度缺钙	基本不缺钙	含钙超标
广州	1.08~25.47	8.92	0.0	25.8	29.3	41.1	3.8
深圳	0.01~5.65	2.88	15.2	46.8	24.9	13.1	0.0
东莞	0.15~26.30	6.86	10.4	14.7	24.9	40.2	9.8
佛山	2.53~15.94	6.16	0.0	17.8	23.8	48.9	9.5
中山	2.41~17.93	8.68	0.0	10.7	19.1	51.3	18.9
惠州	0.30~11.80	6.07	9.7	19.7	23.1	44.4	3.1
江门	0.29~10.83	3.05	20.9	46.3	25.7	5.2	1.9
肇庆	0.39~12.00	4.36	14.9	48.8	35.6	0.4	0.3

1) 极度缺钙、缺钙、中度缺钙、基本不缺钙、含钙超标的分级标准 $b(\text{Ca}^{2+})$ 分别为 <0.77 、 $0.78 \sim 3.78$ 、 $3.79 \sim 4.23$ 、 $4.24 \sim 9.60$ 、 $>9.60 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$.

表 3 珠三角区域主菜区土壤交换性镁含量状况¹⁾

Tab. 3 Experimental sites and soil exchangeable Mg supply in the Pearl River Delta, Guangdong

调查区域	$b(\text{Mg}^{2+})/(\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1})$		分级频率/%				
	范围	均值	极度缺镁	缺镁	中度缺镁	基本不缺镁	含镁超标
广州	0.00 ~ 5.96	1.09	19.8	48.7	22.9	8.6	0.0
深圳	0.02 ~ 4.15	0.59	40.6	35.2	24.2	0.0	0.0
东莞	0.00 ~ 8.58	1.29	22.4	49.9	19.8	7.9	0.0
佛山	0.00 ~ 2.16	0.60	59.8	40.2	0.0	0.0	0.0
中山	0.00 ~ 1.29	0.69	52.6	47.4	0.0	0.0	0.0
惠州	0.00 ~ 2.59	0.54	54.1	45.9	0.0	0.0	0.0
江门	0.00 ~ 2.05	0.38	52.1	47.9	0.0	0.0	0.0
肇庆	0.00 ~ 0.94	0.36	64.7	35.3	0.0	0.0	0.0

1) 极度缺镁、缺镁、中度缺镁、基本不缺镁、含镁超标的分级标准 $b(\text{Mg}^{2+})$ 分别为 <0.42 、 $0.43 \sim 1.44$ 、 $1.45 \sim 2.00$ 、 $2.01 \sim 2.31$ 、 $>2.31 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

3 讨论与结论

交换性钙和镁是土壤中主要的阳离子,其在土壤中的含量主要受土壤形成过程中钙、镁形成土母质及优先吸附作用的影响^[10-11],另外灌溉、施肥、松土等农田管理措施和植物类型也会对钙、镁的组成产生较大影响^[12]。土壤中的钙、镁交换性含量与作物对钙、镁的吸收呈正相关关系^[13]。在珠三角主菜区,以菜心为供试蔬菜得出的土壤交换性钙丰缺指标如下:小于 $0.77 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 为极度缺钙, $0.78 \sim 3.78 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 为缺钙, $3.79 \sim 4.23 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 为中度缺钙, $4.24 \sim 9.60 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 为不缺钙,大于 $9.60 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 为含钙超标。土壤交换性镁丰缺指标为:小于 $0.42 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 为极度缺镁, $0.43 \sim 1.44 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 为缺镁, $1.45 \sim 2.00 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 为中度缺镁, $2.01 \sim 2.31 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 为不缺镁,大于 $2.31 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 为含镁超标。

有研究表明长期施用氮、钾肥,可以降低土壤交换性钙含量^[14]。近年来化学肥料品种主要以尿素、磷酸氢二铵、钾盐等为主,含钙、镁的肥料施用量较少,致使系统外源钙、镁补充不足,这些都是造成土壤缺钙、镁的原因。调查表明,珠三角主菜区土壤普遍缺钙、镁,极度缺钙和缺钙菜田占 38% 左右,极度缺镁和缺镁菜田占 88% 左右。就均值而言,广州、中山的 $b(\text{Ca}^{2+})$ 相对较高,均超过 $8.0 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$,广州、东莞的 $b(\text{Mg}^{2+})$ 相对较高,均大于 $1.0 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$;深圳、江门的 $b(\text{Ca}^{2+})$ 相对较低,在 $3.0 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 左右,江门、肇庆的 $b(\text{Mg}^{2+})$ 相对较低,均低于 $0.4 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。当 $b(\text{Ca}^{2+})$ 低于 $4.23 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,施钙增产效果较为明显,特别是当 $b(\text{Ca}^{2+})$ 低于 $3.78 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,增产效果特别明显。当 $b(\text{Mg}^{2+})$ 低于 $2.00 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,施镁增产效果较为明显,特别是当 $b(\text{Mg}^{2+})$ 低于 $1.44 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,增产效果特别

明显。

由于常年来施肥、灌溉、连作以及特殊的水、热、气等环境条件,致使土壤的理化性质发生较大变化,经栽培后土壤中的 pH 大多发生下降,就珠三角主菜区而言,基本在 $3.0 \sim 6.5$ 之间。研究发现 pH 在 $6.5 \sim 7.5$ 时,相对产量较高,这说明 pH 相对较高的土壤更利于交换性钙的释放,促进植物对钙的吸收,进而提高了产量。这一点与 Barber 等^[15] 研究结果一致。有研究表明土壤 pH 在 7.5 以上时,土壤中原有交换性镁的一半以上会转变成非交换态^[15]。结合相对产量可以得知,土壤 pH 在 $5.0 \sim 6.5$ 时,相对产量较高。 $b(\text{Ca}^{2+})/b(\text{Mg}^{2+})$ 的大小不仅可反映土壤生态过程的变化及钙和镁的生物有效性,还会对钾等其他养分的生物有效性产生较大影响,经过计算可知,珠三角主菜区土壤 pH 高于 5.1 时, $b(\text{Ca}^{2+})/b(\text{Mg}^{2+})$ 相对较高,且 pH 在 6.0 左右时, $b(\text{Ca}^{2+})/b(\text{Mg}^{2+})$ 最大。

相对于镁而言,植物对钙的吸收较多。有研究表明,蔬菜作物的平均吸钙量是小麦的 5 倍多,表明蔬菜的根系相对于大田作物而言更易于发生交换吸附。植物对于钙、镁的吸收和积累受遗传和环境因素共同影响^[16]。土壤盐、水分和酸胁迫可以影响植物对于钙、镁的吸收^[17],同时土壤中矿质元素含量和活性也可以影响钙、镁的吸收。有研究表明,适当增施钙镁系列肥料可增强植株对氮、磷、钾养分的吸收,提高肥料利用率,并且菜心商品性状好^[18]。注重中量元素钙、镁的合理施用,可以避免土壤恶化,有效防治作物病虫害的发生,减少用药量,进而改善蔬菜品质,提高农产品商品性能和市场竞争力,改善人们的生活水平。本研究通过考查珠三角主菜区土壤中钙、镁含量的情况,为珠三角主菜区“中量元素营养”及“土壤中量元素”管理提供依据。

参考文献:

- [1] 王忠. 植物生理学[M]. 北京:中国农业出版社,1999:187-261.
- [2] 刘长景,王春雷,李凤. 平衡施肥防治蔬菜缺素症研究综述[J]. 中国果菜,2008,5:33.
- [3] 王晓雪. 菜园土壤肥力退化及其防治对策[J]. 沈阳农业大学学报,1995,26(1):100-103.
- [4] 肖千明,高秀兰,娄春荣,等. 辽宁省蔬菜保护地土壤肥力现状分析[J]. 辽宁农业科学,1997,3:7-21.
- [5] 孟鸿光,李中,刘乙俭,等. 沈阳城郊温室土壤特性调查研究[J]. 土壤通报,2000,31(2):70-72.
- [6] 姜勇,梁文举,张玉革,等. 蔬菜保护地土壤 DTPA 浸提态铁锰铜锌含量状况研究[J]. 农业环境科学学报,2003,22(6):700-703.
- [7] 陈琼贤,徐润生,吕业生,等. 菜心的土壤钙、镁营养诊断指标及施肥效应研究[J]. 土壤通报,2008,39(1):110-113.
- [8] 南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科技出版社,1978:73-81.
- [9] 程季珍,亢青选. 蔬菜平衡施肥技术研究[J]. 植物营养与肥料学报,1997,3(4):372-375.
- [10] 彭德明,裴保义. 农业化学[M]. 北京:农业出版社,1979:191-192.
- [11] 姜勇,张玉革,梁文举,等. 耕地土壤交换性钙镁比值的研究[J]. 土壤通报,2003,34(5):414-417.
- [12] 林葆,周卫,李书田,等. 长期施肥对潮土硫、钙和镁组分与平衡的影响[J]. 土壤通报,2001,32(3):126-128.
- [13] 梁成华. 蔬菜保护地土壤肥力特征及其调控研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学图书馆,1996.
- [14] 林葆,周卫,李书田,等. 长期施肥对潮土硫、钙和镁组分与平衡的影响[J]. 土壤通报,2001,32(3):126-128.
- [15] BARBER S A. Soil nutrient bioavailability: A mechanistic approach[M]. New York: John Wiley & Sons,1995.
- [16] 鲁如坤. 土壤植物营养学原理和施肥[M]. 北京:化学工业出版社,1998:281-306,412-422.
- [17] 柏彦超,倪梅娟,翟益民,等. 水分胁迫对旱作物水稻产量与养分吸收的影响[J]. 农业工程学报,2007(6):101-104.
- [18] 姚建武,艾绍英,林小明,等. 菜心施用钙镁肥系列产品肥效试验初报[J]. 中国农学通报,2008,3(24):231-234.

【责任编辑 周志红】

(上接第5页)

- [12] 吕川根,徐耀垣. 氮素影响稻米品质的机理初探[J]. 江苏农业学报,1990,6(3):64-65.
- [13] 周瑞庆. 施肥对稻米品质和产量影响的研究[J]. 湖南农学院学报,1989,15(3):1-51.
- [14] 张洪程,王秀芹,戴其根,等. 施氮量对杂交稻两优培九产量、品质及吸氮特性的影响[J]. 中国农业科学,2003,36(7):800-806.
- [15] 金军,徐大勇,蔡一霞,等. 施氮量对水稻主要米质性状及 RVA 谱特征参数的影响[J]. 作物学报,2004,30(2):156-158.
- [16] 杨泽敏,王维金,蔡明历,等. 氮肥施用期及施用量对稻米品质的影响[J]. 华中农业大学学报,2002,21(5):429-434.
- [17] 万觐军,霍中洋,龚振恺,等. 氮肥运筹对杂交稻主要品质性状及淀粉 RVA 谱特征的影响[J]. 作物学报,2006,32(10):1491-1497.
- [18] 金正勋,秋太权,孙艳丽,等. 氮肥对稻米垩白及蒸煮食味品质特性的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2001,7(1):31-35.
- [19] 中国质量与技术监督局. GB/T17891-1999,中华人民共和国国家标准:优质稻谷[S]. 北京:中国质量与技术监督局,1999.
- [20] 中华人民共和国农业部. NY147-88,米质测定方法[S].
- [21] American Association of Cereal Chemists (AACC). Approved methods of the AACC: Method 61-02[M]. 10th ed. St. Paul, MN: AACC, 2000.
- [22] NISHI A, NAKAMURA Y, TANAKA N, et al. Biochemical and genetic analysis of the effects of amylase-extender mutation in rice endosperm[J]. Plant Physiology, 2001, 127(2):459-472.
- [23] SATOH H, NISHI A, YAMASHITA K, et al. Starch-branching enzyme I-deficient mutation specifically affects the structure and properties of starch in rice endosperm[J]. Plant physiology, 2003, 133(4):1111-1121.
- [24] BABA T, KIM S J, ARAI Y. Treatment of amylo maize starch granules with urea: Comparison with normal maize starch[J]. Carbohydrate Research, 1983, 124(2):344-348.
- [25] 舒庆尧,吴殿星,夏英武,等. 稻米淀粉 RVA 谱特征与食用品质的关系[J]. 中国农业科学,1998,31(3):1-4.
- [26] 吴殿星,舒庆尧,夏英武. RVA 分析辅助选择食用优质早籼稻的研究[J]. 作物学报,2001,27(2):165-172.
- [27] 张岳芳,龚克成,陈留根,等. 氮肥对两系杂交稻稻米品质及淀粉 RVA 谱特征的影响[J]. 江苏农业科学,2007,(5):18-22.
- [28] 蔡一霞,朱智伟,王维,等. 直链淀粉含量与稻米品质主要性状及米饭质地关系的研究[J]. 扬州大学学报:农业与生命科学版,2005,26(1):52-55.

【责任编辑 周志红】