

衡阳县油菜施肥指标体系的初步研究

肖用煤¹, 王建秋², 吕艳梅¹

¹衡阳县农业农村局粮油站, 湖南 衡阳

²衡阳县栏垅乡农技站, 湖南 衡阳

Email: 649585428@qq.com

收稿日期: 2021年5月25日; 录用日期: 2021年6月21日; 发布日期: 2021年6月28日

摘要

根据田间试验结果计算出各种施肥技术参数, 提出氮磷钾丰缺指标, 建立不同肥力水平的氮磷钾肥料效应模型, 以“养分归还学说”为理论依据, 以目标产量确定施氮量, 结合我县的耕地地力养分丰缺状态, 确定磷钾养分的施用量, 初步建立我县油菜施肥指标体系。根据我县油菜目前的产量水平, 纯氮的推荐施用量一般为6.8~12 kg, K₂O的推荐用量为2.9~5.3 kg, P₂O₅的推荐用量为3.2~7.2 kg。

关键词

油菜, 施肥指标, 研究

Preliminary Study on Fertilization Index System of Rape in Hengyang County

Yongmei Xiao¹, Jianqiu Wang², Yanmei Lv¹

¹Hengyang Agriculture and Rural Bureau Grain Station, Hengyang Hunan

²Agricultural Technical Station of Lanlong Township, Hengyang Hunan

Email: 649585428@qq.com

Received: May 25th, 2021; accepted: Jun. 21st, 2021; published: Jun. 28th, 2021

Abstract

According to the results of field experiments, various fertilization technical parameters were calculated, and the indexes of N, P and K were put forward. The effect models of N, P and K fertilizer with different fertility levels were established. The Fertilization Index System of rape in our county was established. According to the current yield level of rape in our county, the recommended amount of pure nitrogen is generally 6.8~12 kg, the recommended amount of K₂O is 2.9~5.3 kg,

and the recommended amount of P_2O_5 is 3.2~7.2 kg.

Keywords

Cole, Fertilization Index System, Research

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

衡阳县是传统的农业大县，土地肥沃，物产丰富，素有“鱼米之乡”之称，粮食、肉类、油料总产跻身全国“百强县”。油菜是我县种植面积第二大作物，油菜生产素有“湘南明珠”之美誉，建立油菜施肥指标体系为指导农民科学施肥提供理论依据。

2. 试验数据来源与分析

近十年来，我们开展了油菜“3414”类肥效试验 15 个，氮磷钾不同用量试验 10 个，肥料利用率试验 10 个，配方校对试验 15 个，基本摸清了土壤养分系数、土壤供肥量、需肥规律和肥料利用率等基本参数[1] [2] [3]。在我县主要土种黄泥田、碱紫泥田、河砂泥田、红黄泥田、灰黄泥田等开展试验，供试肥料品种主要为人粪尿、尿素(含 N 46%)、过磷酸钙(含 P_2O_5 12%)、氯化钾(含 K_2O 60%)。“3414”试验设计为氮、磷、钾 3 因素 4 水平 14 个处理田间小区随机设计，不设重复。肥料不同用量试验为氮、磷、钾单因子多水平三重复随机区组设计。肥料利用率试验分常规施肥、常规施肥无氮、常规施肥无磷、常规施肥无钾、配方施肥、配方施肥无氮、配方施肥无磷、配方施肥无钾 8 个处理，采用无重复随机排列设计。配方校对试验在同一丘田设计配方施肥区($\geq 200 \text{ m}^2$)、农民习惯施肥区($\geq 200 \text{ m}^2$)和空白施肥区($\geq 30 \text{ m}^2$)。

2.1. 施肥参数的测算

2.1.1. 作物需肥特性的参数

作物形成 100 kg 经济产量所需的养分量(养分系数)，计算结果见表 1。

Table 1. Calculation results of rape nutrient coefficient in Hengyang County

表 1. 衡阳县油菜养分系数计算结果表

N ₂ P ₂ K ₂ 处理														
肥料用量(公斤/亩)			产量(公斤/亩)		籽粒养分含量(%)			秸秆养分含量(%)			全肥区养分系数			
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	籽粒	秸秆	N	P	K	N	P	K	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
12.00	6.00	8.50	124.25	210.88	3.98	0.68	1.25	0.98	0.17	1.49	5.20	2.04	3.76	
N ₀ P ₂ K ₂ 处理					N ₂ P ₀ K ₂ 处理					N ₂ P ₂ K ₀ 处理				
产量(公斤/亩)		含 N 量(%)		养分系数	产量(公斤/亩)		含 P 量(%)		养分系数	产量(公斤/亩)		含 K 量(%)		养分系数
籽粒	秸秆	籽粒	秸秆		籽粒	秸秆	籽粒	秸秆		籽粒	秸秆	籽粒	秸秆	
72.63	123.15	3.61	0.62	4.38	99.18	171.78	0.61	0.12	1.73	105.48	190.18	1.12	1.38	3.41

数据来源于衡阳县测土配方施肥数据管理平台的田间试验计算结果,全肥区形成 100 kg 油菜籽需要纯 N 5.2 kg、P₂O₅ 2.04 kg、K₂O 3.76 kg, 比例为纯 N:P₂O₅:K₂O = 1:0.39:0.72, 结果符合客观实际。

2.1.2. 目标产量

$$\text{目标产量} = (1 + 0.05) * (109.3 + 121.5 + 122.1)/3 = 123.52$$

计算方法: (衡阳县统计年鉴 2015-2017 年油菜亩产量)三年产量的平均值 * 系数 1.05

2.1.3. 作物需肥量

$$\text{目标产量需氮量} = 123.52 \div 100 \times 5.2 = 6.42$$

$$\text{目标产量需磷量} = 123.52 \div 100 \times 2.04 = 2.52$$

$$\text{目标产量需钾量} = 123.52 \div 100 \times 3.76 = 4.64$$

计算方法: 目标产量 * 养分系数(数据引用于表 1)。

2.2. 土壤供肥特性的参数

2.2.1. 基础地力产量(空白区产量)

$$\text{基础地力产量} = 56.57$$

数据来源于衡阳县测土配方施肥数据管理平台。

2.2.2. 土壤供肥量(不施养分区作物所吸收的养分量)

$$\text{土壤供氮量} = 56.57 \div 100 \times 5.2 = 2.33$$

$$\text{土壤供磷量} = 56.57 \div 100 \times 2.04 = 1.15$$

$$\text{土壤供钾量} = 56.57 \div 100 \times 3.76 = 2.13$$

2.2.3. 相对产量

$$\text{空白区相对产量(依存率)} = (56.57 \div 124.25) \times 100\% = 45.53\%$$

$$\text{缺氮区相对产量} = (72.63 \div 124.25) \times 100\% = 58.45\%$$

$$\text{缺磷区相对产量} = (99.18 \div 124.25) \times 100\% = 79.82\%$$

$$\text{缺钾区相对产量} = (105.48 \div 124.25) \times 100\% = 84.89\%$$

相对产量是缺素区产量占全肥区产量的百分比,是划分土壤养分丰缺指标的重要参数。(数据引用于表 1)

2.3. 肥料营养特性的参数

2.3.1. 肥料利用率

如表 2,数据来源于衡阳县测土配方施肥数据管理平台,肥料利用率是计算推荐施肥量的重要指标。

Table 2. Calculation results of rape fertilizer utilization rate in Hengyang County

表 2. 衡阳县油菜肥料利用率计算结果表

试验类型	试验区	氮利用率	磷利用率	钾利用率
肥料利用率	配方施肥区	32.75	11.64	45.87
	常规施肥区	30.66	9.18	40.01
“3414”类型	全肥区	25.43	9.66	8.53
平均		29.61	10.16	31.47

2.3.2. 肥料偏生产力

数据来源于衡阳县测土配方施肥数据管理平台。肥料偏生产力是施用某一特定肥料下的作物产量与施肥量的比值，是反映土壤基础养分水平和化肥施用综合效应的重要指标。配方施肥区肥料偏生产力为5.29，比常规区高15.8%，比全肥区高12.8%，计算结果见表3。

Table 3. Calculation results of partial productivity of rape fertilizer in Hengyang County

表 3. 衡阳县油菜肥料偏生产力计算结果表

试验类型	试验区	偏生产力
示范对比类	配方施肥区	5.29
	常规施肥区	4.57
“3414”类型	全肥区	4.69
平均		4.85

2.3.3. 肥料增产效率

氮肥增产效率(%) = $(124.25 - 72.63)/72.63 * 100 = 71.07\%$

磷肥增产效率(%) = $(124.25 - 99.18)/99.18 * 100 = 25.28\%$

钾肥增产效率(%) = $(124.25 - 105.48)/105.48 * 100 = 17.79\%$

计算方法：(全肥区产量 - 缺素区产量)/缺素区产量 * 100

2.3.4. 单位养分增产量

纯 N 单位养分增产量(kg/kg) = $(124.25 - 72.63)/12 = 4.30$

P₂O₅ 单位养分增产量(kg/kg) = $(124.25 - 99.18)/6 = 4.18$

K₂O 单位养分增产量(kg/kg) = $(124.25 - 105.48)/8.5 = 2.21$

以上二项结果表明，氮肥的增产效果最好，磷肥次之。

计算方法：(全肥区产量 - 缺素区产量)/施肥量

2.3.5. 试验用的肥料品种和养分含量

肥料养分含量，见表4。

Table 4. Table of fertilizer nutrient content

表 4. 肥料养分含量表

肥料类型	肥料名称	含量%	肥料类型	肥料名称	含量%	肥料类型	肥料名称	含量%
氮肥	碳酸氢铵	17	磷肥	过磷酸钙	12	钾肥	氯化钾	60
	尿素	46			硫酸钾		48	
		氯化铵	22					

3. 衡阳县油菜土壤养分丰缺指标分析

目前划分养分丰缺指标是以相对产量为依据，依据相对产量与土壤测试值的关系，划分出相应的土壤养分丰缺指标。根据平台计算结果，我们以油菜相对产量为依据划分衡阳县油菜的土壤磷、钾丰缺指标[1] [2] [3]。

如表 5，根据试验结果计算，衡阳县油菜相对产量 80% (中等)对应的土壤速效钾的含量为 77.568 mg/kg，土壤有效磷的含量为 12.869 mg/kg。

Table 5. Grading table of phosphorus and potassium nutrient abundance and deficiency indexes of rape in Hengyang County
表 5. 衡阳县油菜磷、钾养分丰缺指标分级表

衡阳县油菜钾养分丰缺指标分级表			衡阳县油菜磷养分丰缺指标分级表		
级别	相对产量	土壤养分含量	级别	相对产量	土壤养分含量
高	0.95	191.362	高	0.95	28.951
较高	0.90	141.622	较高	0.90	22.094
中	0.80	77.568	中	0.80	12.869
较低	0.70	42.485	较低	0.70	7.495
低	0.60	23.269	低	0.60	4.365
极低	0.60	23.269	极低	0.60	4.365
公式	$Y = 0.166\ln(x) + 0.077$	R 平方 0.828	公式	$Y = 0.185\ln(x) + 0.327$	R 平方 0.165

3.1. 土壤养分含量与推荐施肥量的分析

建立土壤有效养分与推荐施肥量之间的数学模型，见图 1 和图 2。

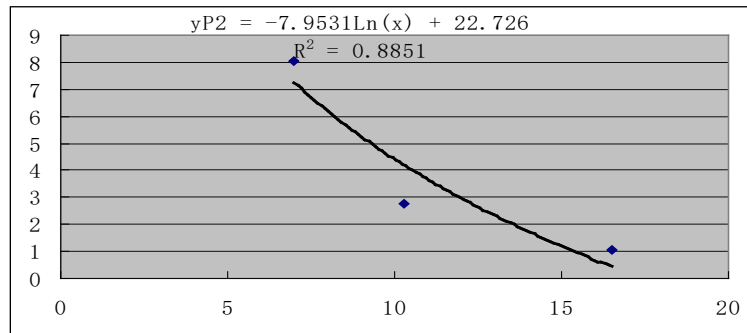


Figure 1. Scatter diagram and mathematical model of soil available P content and recommended fertilizer amount

图 1. 土壤有效磷含量与推荐施肥量散点图及数学模型

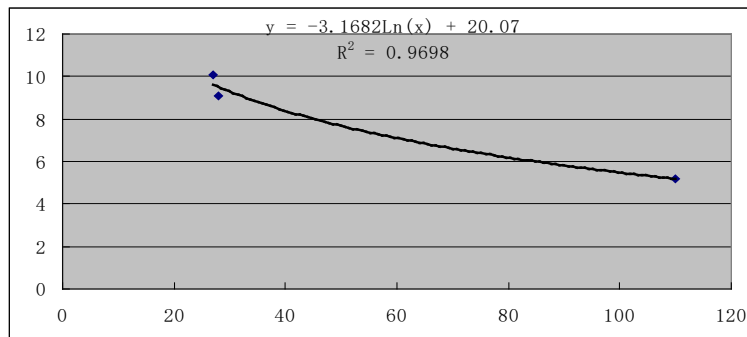


Figure 2. Scatter diagram and mathematical model of soil available potassium content and recommended fertilizer amount

图 2. 土壤速效钾含量与推荐施肥量散点图及数学模型

3.2. 我县土壤有效磷的丰缺指标分析

3.2.1. 根据数学模型计算，建立我县油菜的土壤养分 P_2O_5 与推荐施肥指标关系表

根据计算结果，衡阳县油菜相对产量 80% (中等)对应的土壤有效磷的含量为 12.869 mg/kg，推荐施 P_2O_5 量为 1.24 kg，见表 6。

Table 6. Relationship between soil nutrient P_2O_5 and Recommended Fertilization Index of rape in Hengyang County
表 6. 衡阳县油菜的土壤养分 P_2O_5 与推荐施肥指标关系表

土壤养分丰缺级别	相对产量	土壤养分含量	推荐施肥指标
高	0.95	28.951	0
较高	0.90	22.094	0.08
中	0.80	12.869	1.24
较低	0.70	7.495	1.91
低	0.60	4.365	2.30
极低	0.60	4.365	2.30

3.2.2. 根据《衡阳县耕地》汇总统计出衡阳县土壤有效磷含量统计表

如表 7，我县土壤有效磷含量小于 10 mg/kg 有 46.62 万亩，占 43.6%，相对产量在 0.8 的土壤有效磷含量为 12.867 mg/kg，推荐施肥指标为 1.24 kg。说明我县土壤有效磷含量对于种植油菜比较丰富，但土壤有效磷含量小于 10 mg/kg 的面积还比较大。

Table 7. Statistical table of soil available phosphorus content in Hengyang County (Unit: 10,000 mu, mg/kg)
表 7. 衡阳县土壤有效磷含量统计表(单位: 万亩、mg/kg)

衡阳县 耕地面积	土壤有效磷含量			有效磷 ≤ 5		有效磷 5~10				
	极大值	极小值	平均值	样品数	代表面积	样品数	代表面积			
106.86	185.7	0.7	14.84	733	9.96	2698	36.66			
	有效磷 10~20		有效磷 20~30	有效磷 30~40		有效磷 40~50		有效磷 > 50		
	样品数	代表面积	样品数	代表面积	样品数	代表面积	样品数	代表面积		
	3001	40.78	824	11.20	251	3.41	135	1.83	222	3.02

3.3. 我县土壤速效钾的丰缺指标分析

3.3.1. 根据数学模型计算，建立我县油菜的土壤养分 K_2O 与推荐施肥指标关系表

根据计算结果，衡阳县油菜相对产量 80% (中等)对应的土壤速效钾的含量为 77.568 mg/kg，推荐施 K_2O 量为 0 kg，见表 8。

Table 8. Relationship between soil nutrient K_2O and recommended fertilization index of rape in Hengyang County (Unit: kg/667m², %)
表 8. 衡阳县油菜的土壤养分 K_2O 与推荐施肥指标关系表(单位: kg/667m²、%)

土壤养分丰缺级别	相对产量	土壤养分含量	推荐指标
高	0.95	191.362	0
较高	0.90	141.622	0
中	0.80	77.568	0

Continued

较低	0.70	42.485	0
低	0.60	23.269	0
极低	0.60	23.269	0
		20.07	0 (极小值)
		15	1.6
		10	3.18
		5	4.76
		0	6.33 (极大值)

3.3.2. 根据《衡阳县耕地》汇总统计出衡阳县土壤速效钾含量统计表

如表 9, 我县土壤速效钾平均值 79.38 mg/kg, 相对产量在 0.8 的土壤速效钾含量为 77.568 mg/kg, 推荐施用量为 0。说明我县种植油菜对施用钾肥依存性不高。土壤速效钾低于 50 mg/kg 的面积 25 万亩, 占 23.4%。

Table 9. Statistical table of soil available potassium content in Hengyang County (Unit: 10,000 mu, mg/kg)

表 9. 衡阳县土壤速效钾含量统计表(单位: 万亩、mg/kg)

耕地面积	土壤速效钾含量					速效钾 ≤ 50		速效钾 50~100		
	样品数	极大值	极小值	平均值	代表面积	样品数	代表面积	样品数	代表面积	
106.86	7864	542	10	79.38	106.86	1840	25.00	4570	62.10	
	速效钾 100~150		速效钾 150~200		速效钾 200~250	速效钾 250~300		速效钾 > 300		
	样品数	代表面积	样品数	代表面积	样品数	代表面积	样品数	代表面积	样品数	代表面积
	1001	13.60	287	3.90	86	1.17	43	0.58	37	0.50

4. 结论

根据目标产量、土壤有效养分与推荐施肥量之间的关系, 综合上述结论建立我县油菜推荐施肥量数据检索表[1] [2] [3]。

4.1. 建立目标产量与推荐施肥量之间的计算表

4.1.1. 建立目标产量与推荐施 N 量之间的计算表

如表 10, 目标产量与推荐施肥量之间的关系是: 氮肥施用量随着目标产量的提升而增加, 如目标产量 80 公斤, 推荐纯氮肥施用量为 3.31 公斤, 目标产量 150 公斤, 推荐纯氮肥施用量为 15.6 公斤。其相关性公式为: 推荐施肥量 = (目标产量 * 全肥区养分系数 - 无肥区产量 * 无肥区养分系数)/肥料利用率(数据引用表 1、表 2)。

Table 10. Calculation table between target yield and recommended N application rate of rape in Hengyang County (Unit: kg/667m², %)

表 10. 衡阳县油菜目标产量与推荐施 N 量之间的计算表(单位: kg/667m²、%)

目标产量	推荐施 N 量	全肥区养分系数	无肥区		肥料利用率
			产量	养分系数	
80	3.31	5.2	72.63	4.38	29.61
90	5.06	5.2	72.63	4.38	29.61

Continued

100	6.81	5.2	72.63	4.38	29.61
110	8.57	5.2	72.63	4.38	29.61
120	10.33	5.2	72.63	4.38	29.61
130	12.09	5.2	72.63	4.38	29.61
140	13.84	5.2	72.63	4.38	29.61
150	15.60	5.2	72.63	4.38	29.61

4.1.2. 建立目标产量与推荐施 P 量之间的计算表

如表 11, 目标产量与推荐施肥量之间的其相关性公式为: 如目标产量 80 公斤, 不推荐施用磷肥, 目标产量 150 公斤, 推荐纯 P_2O_5 施用量为 13.23 公斤。其相关性公式为: 推荐施肥量 = (目标产量 * 全肥区养分系数 - 无肥区产量 * 无肥区养分系数)/肥料利用率(数据引用表 1、表 2)。

Table 11. Calculation table between target yield and recommended P application rate in Hengyang County (Unit: kg/667m², %) **表 11.** 衡阳县目标产量与推荐施 P 量之间的计算表(单位: kg/667m²、%)

目标产量	推荐施 P 量	全肥区养分系数	无肥区		肥料利用率
			产量	养分系数	
80	0	2.04	99.18	1.73	10.16
90	1.18	2.04	99.18	1.73	10.16
100	3.19	2.04	99.18	1.73	10.16
110	5.2	2.04	99.18	1.73	10.16
120	7.21	2.04	99.18	1.73	10.16
130	9.2	2.04	99.18	1.73	10.16
140	11.22	2.04	99.18	1.73	10.16
150	13.23	2.04	99.18	1.73	10.16

4.1.3. 建立目标产量与推荐施 K 量之间的计算表

如表 12, 目标产量与推荐施肥量之间的其相关性公式为: 如目标产量 80 与 90 公斤, 不推荐施用钾肥, 目标产量 150 公斤, 推荐纯钾施用量为 6.49 公斤。其相关性公式为: 推荐施肥量 = (目标产量 * 全肥区养分系数 - 无肥区产量 * 无肥区养分系数)/肥料利用率(数据引用表 1、表 2)。

Table 12. Calculation table between target yield and recommended K application rate of rape in Hengyang County (Unit: kg/667m², %) **表 12.** 衡阳县油菜目标产量与推荐施 K 量之间的计算表(单位: kg/667m²、%)

目标产量	推荐施 K 量	全肥区养分系数	无肥区		肥料利用率
			产量	养分系数	
80	0	3.76	105.48	3.41	31.47
90	0	3.76	105.48	3.41	31.47
100	0.52	3.76	105.48	3.41	31.47
110	1.71	3.76	105.48	3.41	31.47

Continued

120	2.91	3.76	105.48	3.41	31.47
130	4.1	3.76	105.48	3.41	31.47
140	5.3	3.76	105.48	3.41	31.47
150	6.49	3.76	105.48	3.41	31.47

4.1.4. 根据目标产量、土壤有效养分与推荐施肥量之间的关系，建立衡阳县油菜推荐施肥量数据检索表

如表 13，根据我县油菜目前的产量水平，纯氮的推荐施用量一般为 6.8~12 kg， K_2O 的推荐用量为 2.9~5.3 kg， P_2O_5 的推荐用量为 3.2~7.2 kg，纯 N: P_2O_5 : K_2O = 1:(0.47 - 0.6):(0.42 - 0.44)。结论比较符合实际情况。

Table 13. Data key of recommended fertilization amount for rape in Hengyang County (Unit: mg/kg, kg/667m²)

表 13. 衡阳县油菜推荐施肥量数据检索表(单位: mg/kg、kg/667m²)

目标产量	推荐施纯 N 量	推荐施 P_2O_5 量		推荐施 K_2O 量	
		土壤有效磷含量	推荐施 P_2O_5 量	土壤速效钾含量	推荐施 K_2O 量
80	3.31	<10	1.18	<10	0
80	3.31	10~20	0	10~80	0
90	5.06	<10	3.19	<10	0
90	5.06	10~20	1.18	10~80	0
100	6.81	<10	5.2	<10	1.71
100	6.81	10~20	3.19	10~80	0.52
110	8.57	<10	7.21	<10	2.91
110	8.57	10~20	5.2	10~80	1.71
110	8.57	>20	3.19	80~120	1.71
120	10.33	<10	9.2	<80	4.1
120	10.33	10~20	7.21	80~120	2.91
120	10.33	>20	5.2	>120	1.71
130	12.09	<10	11.22	<80	5.3
130	12.09	10~20	9.2	80~120	4.1
130	12.09	>20	7.21	>120	2.91
140	13.84	<10	13.23	<80	6.49
140	13.84	10~20	11.22	80~120	5.3
140	13.84	>20	9.2	>120	4.1
150	15.6	<10	13.23	<80	6.49
150	15.6	10~20	13.23	80~120	6.49
150	15.6	>20	11.22	>120	5.3

4.2. 施肥时期与施肥方法

衡阳县油菜施肥时期与施肥方法，见表 14。

Table 14. Fertilization period and method of rape in Hengyang County
表 14. 衡阳县油菜施肥时期与施肥方法

施肥时期	氮肥%	磷肥%	钾肥%	施肥方法
基肥	60~70	100	60	穴施、深施
苗肥	20~30	0	30	稀释淋施
薹肥	5~10	0	10	主要是腐熟有机肥，如人粪尿、沼水等兑水淋施，增强油菜抗寒能力。
花粒肥	0~5	0	0	看苗补施

4.3. 施肥技术

首先在施用时期上，要重施基肥，早施苗肥，稳施薹肥，巧施花粒肥；其次有机肥和化肥要搭配施用，氮磷钾要配合施用，施用好硼肥防“花而不实”；三是施用数量上要按油菜的需肥规律因地因时因苗施用[4]。

4.4. 使用效果

该油菜施肥指标体系在我县已推广多年，对于提高肥料利用率，降低肥料施用量，降低生产成本，保护农业生态环境具有现实意义。同时我们根据使用效果和收集更多的试验数据在进一步更新完善中。

参考文献

- [1] 谢卫国, 黄铁平, 钟武云, 等. 测土配方施肥理论与实践[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 2006.
- [2] 高祥照. 测土配方施肥技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- [3] 农业部. 关于印发《测土配方施肥技术规范(试行)修订稿》的通知农农发[2006]5号[R].
- [4] 叶贞琴, 夏敬源, 胡元坤, 等. 长江流域油菜测土配方施肥技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009: 52-97.