

不同肥料组合对生姜产量和品质的影响^①

张玉霞¹, 张国平¹, 钟攀¹, 李建勇¹, 董燕¹, 王正银^{1*}, 蔡国学², 漆华²

(1 西南大学资源环境学院, 重庆 400716; 2 重庆市江津农业局土肥站, 重庆 400051)

摘要: 通过田间小区试验研究了酸性土壤不同养分组合对生姜产量、品质及养分比例的影响。结果表明, N、P、K 养分组合能使生姜显著或极显著增产 (11.1%~79.4%), 增产效果以高 N (N₂) 组合大于低 N (N₁) 组合, 以配施 Mo 肥 (N₂P₁K₂Mo) 组合增产最为显著。不同肥料组合使生姜粗蛋白、可溶性糖、淀粉含量分别增加 1.3%~35.5% (N₁P₂K₂、N₂P₁K₁ 组合除外)、5.5%~92.7% (N₂P₂K₃ 组合除外) 和 2.9%~36.7% (N₂P₂K₃、N₂P₂K₂Mo 组合除外), 降低粗纤维含量 2.8%~11.9% (N₂P₂K₂Mo 组合除外), 改善生姜品质。不同肥料组合降低生姜地上部全 N、P、K 含量和根茎全 P、K 含量, 提高地下部全 N 含量。不同肥料组合提高生姜根茎 N/P 和 N/K, 降低 K/P, 而对生姜地上部 N/P、N/K、K/P 作用不一致。综合产量和品质效应, 以 N₂P₂K₁ 处理最佳。

关键词: 不同肥料组合; 生姜; 产量; 品质; 养分比例

中图分类号: S147.3

国内外许多研究表明, N、P、K 肥施用水平对蔬菜品质有重要影响, 不合理施用肥料对农产品品质不利。目前蔬菜生产中普遍存在盲目地大量施用化肥和单一施用化学 N 肥、养分比例失调、有机肥料用量下降等现象, 导致肥料效益下降、菜园土壤理化性质不良、养分缺乏和不平衡, 从而胁迫蔬菜生长、降低其产量和品质, 引起硝酸盐累积、重金属含量超标以及一系列的生态和环境问题^[1]。生姜是我国出口创汇的重要蔬菜, 视其对矿质元素的吸收规律进行合理的平衡施肥, 可大大提高生姜的产量和品质^[2-3]。近年来, 姜农在生产中施肥过多和偏施 N 肥的现象较为严重, 既增加了生产成本, 又降低了产品品质^[4], 不能提高经济效益。科学合理的施肥对提高农作物产量和品质方面有重要作用, 但是有关不同肥料组合对生姜产量和品质的报道较少^[5-6]。因此, 本研究根据重庆地区酸性土壤的养分状况^[7], 旨在通过田间试验研究重庆地区酸性土壤上不同肥料组合对生姜产量和品质的影响, 为生姜的高产优质生产提供科学理论依据。

1 材料和方法

1.1 供试土壤

供试土壤为沙溪庙组母岩发育而成的紫色土, 其部分农化性状为: pH 4.85, 有机质 6.5 g/kg, NH₄⁺-N 5.2 μg/ml、速效 P、K、Ca、Mg、S、Fe、Mn、B、Zn、

Cu 分别为 6.4、38.8、1160.3、263.5、41.8、187、25.0、0.1、3.25、2.9 μg/ml。

1.2 供试作物

供试生姜品种为白姜。

1.3 试验方法

田间试验于 2003 年 3—8 月进行, 试验设 12 个处理, 小区面积 5.0 m², 重复 4 次, 随机排列 (表 1)。供试肥料为尿素 (N 460 g/kg)、过磷酸钙 (P₂O₅ 120

表 1 田间小区试验方案

Table 1 Scheme of field plot experiment

处理	施肥量 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O, kg/hm ²)
CK	0-0-0
N ₁ P ₁ K ₁	375-225-300
N ₁ P ₂ K ₁	375-375-300
N ₁ P ₂ K ₂	375-375-450
N ₁ P ₂ K ₃	375-375-600
N ₂ P ₁ K ₁	525-225-300
N ₂ P ₂ K ₁	525-375-300
N ₂ P ₂ K ₂	525-375-450
N ₂ P ₂ K ₃	525-375-600
N ₂ P ₃ K ₃	525-525-600
N ₂ P ₂ K ₂ B	525-375-450+B
N ₂ P ₂ K ₂ Mo	525-375-450+Mo

①基金项目: PPI/PPIC 项目 (Sichuan200201) 资助。

* 通讯作者

作者简介: 张玉霞 (1981—), 女, 河南商丘人, 硕士研究生, 主要从事植物营养与品质等研究。E-mail: zhangyuxia00921@sina.com

g/kg)、氯化钾 (K_2O 600 g/kg)、硼酸 (B 105 g/kg) 和钼酸铵 (N 100 g/kg, Mo 540 g/kg), 硼酸与钼酸铵均为分析纯。试验中 P、K 肥, B 肥和 Mo 肥作基肥施用; N 肥 30% 作基肥施入, 70% 作追肥分两次施用 (40% : 30%)。收获后测定生姜产量, 并取样在 105℃ 杀酶, 85℃ 下烘干过 0.5 mm 筛, 测定地上部和地下部全 N、P、K 含量及地下部 (可食部分) 的粗蛋白、可溶性糖、淀粉、粗纤维含量。

1.4 测定分析方法

土壤农化性状测定由中国农科院中加合作实验室按国际农化服务中心 (ASI) 的方法^[8]测定。生姜粗蛋白以凯氏定氮法测 N, 乘以 6.25 获得^[9]; 可溶性糖用 3, 5-二硝基水杨酸法^[10]、淀粉用酸水解法^[11]、粗纤维用酸洗涤剂法测定^[9]。地上部和地下部样品加浓 $H_2SO_4-H_2O_2$ 消化, 用蒸馏法、钒钼酸显色-722 分光光度法及火焰光度法分别测定全 N、P、K 含量^[9]。生姜产量用新复极差法 (SSR 检验法) 进行统计分析^[12]。

2 结果与讨论

2.1 不同肥料组合对生姜产量的影响

由表 2 可知, 与 CK 相比, 不同施肥组合使生姜产量增加 11.9%~79.4%, 各处理达显著差异或极显著差异。在等 P、K 的条件下, 高 N 组合的增产效果优于低 N 组合, 表明增施 N 肥可使生姜增产。在低 N 条件下, 等 N、K 的基础上, 增施 P 肥使生姜显著减产; 在高 N 条件下, 等 N、K 的基础上, 增施 P 肥对生姜无增产作用, 表明增施单一 P 肥对提高生姜产量效果并不理想, P 非供试土壤的养分限制因子。在低 N 条件下, 等 N、P 的基础上, 随着施 K 量的增加, 生姜产量提高; 在高 N 条件下, 等 N、P 的基础上, 增施 K 肥使生姜产量降低, 这一结果与李录久等^[13]的研究不一致。N₂P₂K₂ 组合配施 B 肥使生姜极显著增产, 说明在缺 B 的供试土壤上增施 B 能促进细胞的伸长和分裂^[14], 可使姜球膨大, 从而提高生姜产量。N₂P₂K₂ 组合配施 Mo 肥使生姜极显著增产, 表明在供试强酸性土壤上增施微量元素 Mo 对生姜具有极大的增产潜力, 这完全符合 ASI 法“在 pH<5.9 的酸性土壤要增施 Mo 肥”^[15]的推荐施肥要求。N₁P₁K₁ 组合和 N₂P₃K₃ 组合相比, 后者使生姜产量降低 2.0%, 表明只注重 N、P、K 肥量的增加, 而忽视该 3 种养分的比例 (特别 N 素), 并不能使生姜获得高产; N₂P₁K₁ 组合与 CK 相比, 增产达极显著差异, 这说明根据生姜的营养特性和养分需求, 对 N、P、K 进行合理的养分配比, 可使生姜产量提高。本试验中生姜增产较高的肥料组合有 N₂P₂K₂Mo、N₂P₂K₂B、N₂P₁K₁ 和 N₂P₂K₁。由此可见,

增施 N 肥可提高生姜产量; 但在增加 N 肥用量的同时, 增施 P、K 肥及微量元素 (B、Mo) 肥料, 生姜增产更为明显, 根据土壤特性进行合理的肥料配比可以保持土壤营养元素平衡, 满足作物对养分的需求, 最终使生姜获得高产^[6]。

表 2 不同肥料组合对生姜产量的影响

Table 2 Effect of different fertilizer combinations on ginger yield

处理	产量		差异显著水平	
	kg/hm ²	%	p < 0.05	p < 0.01
CK	19841	100	e	D
N ₁ P ₁ K ₁	30402	153.2	b	B
N ₁ P ₂ K ₁	22201	111.9	d	D
N ₁ P ₂ K ₂	26401	133.1	c	C
N ₁ P ₂ K ₃	29001	146.2	b	B
N ₂ P ₁ K ₁	34802	175.4	a	A
N ₂ P ₂ K ₁	34602	174.4	a	A
N ₂ P ₂ K ₂	30402	153.2	b	B
N ₂ P ₂ K ₃	31002	156.3	b	B
N ₂ P ₃ K ₃	30002	151.2	b	B
N ₂ P ₂ K ₂ B	33602	169.4	a	A
N ₂ P ₂ K ₂ Mo	35602	179.4	a	A

2.2 不同肥料组合对生姜品质的影响

2.2.1 粗蛋白 不同肥料组合对生姜粗蛋白含量的影响不同 (表 3)。与 CK 相比, 除 N₁P₁K₁ 和 N₁P₂K₂ 处理对生姜粗蛋白含量影响不大外, 其余施肥处理使粗蛋白含量不同程度地提高。在等量 P、K 条件下, 低 N 组合较高 N 组合使生姜粗蛋白含量提高 2.6%~25.0%。在低 N 条件下, 等 N、K 的基础上, 增施 P 肥使生姜粗蛋白含量升高 4.6%; 在高 N 条件下, 在等 N、K 的基础上, 增施 P 肥使生姜粗蛋白含量分别降低 11.2% 和 16.4%, 表明 P 肥过量使生姜粗蛋白含量降低。在低 N 条件下, 等 N、P 基础上, 增施 K 肥, 使生姜粗蛋白含量先降低再升高; 在高 N 条件下, 等 N、P 基础上, 随着 K 肥施用量的增加, 生姜粗蛋白含量提高 13.2%~25.8%。可见高施肥水平下增施 K 肥使生姜粗蛋白含量提高, 从而改善品质。N₂P₂K₂ 组合配施 B 肥使生姜粗蛋白含量降低 17.1%, 而配施 Mo 肥使生姜粗蛋白提高 15.2%, 这些结果表明在一定条件下增施 N 肥、K 肥和配施 Mo 肥均可提高生姜粗蛋白含量。

2.2.2 可溶性糖 从表 3 知, 除 N₂P₂K₃ 组合使生姜可溶性糖含量显著降低 (24.7%) 外, 其余肥料组合提高可溶性糖含量 5.5%~92.7%, 以 N₂P₂K₁ 处理生姜可溶性糖含量增加最大。在 P₁K₁、P₂K₁ 的基础上,

增施 N 肥可使生姜可溶性糖含量提高; 而在 P_2K_2 、 P_2K_3 的基础上, 增施 N 肥生姜可溶性糖含量下降。显然, N 肥对生姜可溶性糖的作用出现完全不同的结果是与 P、K 肥供应水平密切相关的, 表明只有合理的 N、P、K 配比才能提高生姜可溶性糖含量。在等量 N、K 条件下, 增施 P 肥均使生姜可溶性糖含量提高, 这是 P 肥的基本营养功效所在。在低 N 和高 N 条

件下, 在等 N、P 时增施 K 肥均明显降低生姜可溶性糖含量, 以高 N 条件下施用高 K 处理 ($N_2P_2K_3$) 降低量最大, 表明只有在 N、P 适宜比例下 K 肥才能表现出改善生姜品质的突出作用。 $N_2P_2K_2$ 组合配施 B 肥可提高生姜可溶性糖含量, 配施 Mo 肥使生姜可溶性糖含量降低, 表明 B 肥对生姜可溶性糖含量影响较大。

表 3 不同肥料组合对生姜品质的影响

Table 3 Effect of different fertilizer combinations on ginger quality

处理	粗蛋白		可溶性糖		淀粉		粗纤维	
	g/kg	%	g/kg	%	g/kg	%	g/kg	%
CK	1.52 e	100.0	1.10 h	100.0	2.07 d	100.0	2.52 a	100.0
$N_1P_1K_1$	1.48 e	97.4	1.75 c	159.1	2.63 b	127.1	2.35 b	93.3
$N_1P_2K_1$	1.55 e	102.0	1.86 b	169.1	2.57 b	124.2	2.39 b	94.8
$N_1P_2K_2$	1.44 f	94.7	1.53 d	139.1	2.45 c	118.4	2.39 b	94.8
$N_1P_2K_3$	1.73 c	113.8	1.49 de	135.5	2.37 c	114.5	2.36 b	93.7
$N_2P_1K_1$	1.76 c	115.8	1.77 c	160.9	2.55 b	123.2	2.35 d	93.3
$N_2P_2K_1$	1.59 d	104.6	2.12 a	192.7	2.83 a	136.7	2.22 c	88.1
$N_2P_2K_2$	1.80 b	118.4	1.46 e	132.7	2.33 c	112.6	2.40 b	95.2
$N_2P_2K_3$	2.06 a	135.5	0.83 h	75.3	1.89 e	91.3	2.45 ab	97.2
$N_2P_3K_3$	1.81 b	119.1	1.16 g	105.5	2.13 d	102.9	2.41 b	95.6
$N_2P_2K_2B$	1.54 e	101.3	1.76 c	160.0	2.44 c	117.9	2.39 b	94.8
$N_2P_2K_2Mo$	2.03 a	133.6	1.31 f	119.1	1.97 e	95.2	2.54 a	100.8

2.2.3 淀粉 由表 3 可知, 除 $N_2P_2K_3$ 处理使生姜淀粉含量比 CK 显著降低 (8.7%) 外, 其余处理 ($N_2P_2K_2Mo$ 和 $N_2P_2K_3$ 除外) 提高淀粉含量 2.9% ~ 36.7%, $N_2P_2K_1$ 处理生姜淀粉含量增加最大, 表明不同肥料组合对生姜淀粉含量主要是提高作用。在 P_1K_1 、 P_2K_2 的基础上增施 N 肥使生姜淀粉含量降低, 在 P_2K_1 、 P_2K_3 基础上增施 N 肥可使生姜淀粉含量提高, 这与可溶性糖的结果刚好相反, 表明该二种化合物间存在着动态平衡消长关系。在低 N 条件下, 等 N、K 的基础上, 增施 P 肥使生姜淀粉含量降低; 在高 N 条件下, 等 N、K 的基础上, 增施 P 肥可提高生姜淀粉含量, 表明 N、P 养分对比对生姜淀粉含量影响显著。在等 N、P 的基础上, 增施 K 肥生姜淀粉含量均显著降低。 $N_2P_2K_2$ 配施 B 肥生姜淀粉含量提高, 配施 Mo 肥生姜淀粉含量下降, 这与可溶性糖的结果具有一致性。

2.2.4 粗纤维 粗纤维含量的高低是衡量生姜品质的重要指标之一。不同肥料组合生姜粗纤维含量为 2.22 ~ 2.54 g/kg (表 3), 除 $N_2P_2K_2Mo$ 和 $N_2P_2K_3$ 处理对生姜粗纤维含量影响不大外, 其余组合降低粗纤维含量 4.4% ~ 11.9%, 显著改善生姜品质。在低 N 条件下, 等 N、K 的基础上增施 P 肥, 生姜粗纤维含量提

高; 在高 N 条件下, 等 N、K 的基础上, 增施 P 肥生姜粗纤维含量降低。在低 N 条件下, 等 N、P 的基础上, 增施 K 肥对生姜粗纤维含量影响不显著; 在高 N 条件下, 等 N、P 的基础上增施 K 肥生姜粗纤维含量增加。配施 B 肥对生姜粗纤维含量影响不大, 配施 Mo 肥显著提高了生姜粗纤维含量。

从上述分析可知, 不同肥料组合可提高生姜粗蛋白、可溶性糖和淀粉含量, 降低粗纤维含量, 改善生姜品质。综合以上 4 个品质成分的结果, 以 $N_2P_2K_1$ 、 $N_2P_1K_1$ 、 $N_1P_2K_1$ 和 $N_2P_2K_2B$ 处理生姜的品质较好。

2.3 不同肥料组合对生姜地上部、根茎养分含量和比例的影响

2.3.1 地上部 由表 4 可知, 不同肥料组合生姜地上部 N、P、K 含量分别为 0.202 ~ 0.312 g/kg、0.020 ~ 0.033 g/kg 和 0.080 ~ 0.208 g/kg。与 CK 相比, 各肥料组合均不同程度地降低生姜地上部 N、K 含量, 降低幅度为 11.9% ~ 35.3% 和 7.7% ~ 61.5%, 以 $N_2P_1K_3$ 和 $N_1P_2K_1$ 处理降低量最小。生姜地上部 P 含量除 $N_1P_2K_1$ 、 $N_2P_3K_3$ 处理较 CK 提高 11.9% 和 1.7% 外, 其余处理的 P 含量降低 10.2% ~ 30.4%。在 N_1P_2 的条件下, 增施 K 肥, 生姜地上部 N 含量变化不显著, 而 P、K 含

量下降; 在 N_2P_2 的条件下, 增施 K 肥生姜地上部 N、P 含量呈升高趋势, 表明在 N、P 配比基础上, 合理地增施 K 肥可协调生姜地上部 N、P 营养。在 N_1K_1 条件下, 增施 P 肥提高生姜地上部 P 含量, 不影响 N、K 含量; 在 N_2K_1 、 N_2K_3 条件下, 增施 P 肥降低生姜地上部 N 含量, 而 P 含量变化不一致, 表明地上部 N、P、K 养分含量受三元素肥料施用量比例的综合调控。

生姜地上部 N/P、N/K 和 K/P 分别为 7.71~12.4, 1.31~3.20 和 3.46~7.40, 以 $N_1P_2K_3$ 处理生姜地上部 N/P、K/P 最大, $N_2P_1K_1$ 处理 N/K 最大(表 4)。生姜产量较高处理 $N_2P_2K_2Mo$ 、 $N_2P_1K_1$ 、 $N_2P_2K_1$ 、 $N_2P_2K_2B$ 的 N/P、N/K、K/P 分别为 9.81~11.4、1.46~3.20 和 3.46~6.70, 这些高产处理植株地上部的养分比例范围可作为评价生姜营养三要素是否平衡的重要指标^[16]。

表 4 不同肥料组合对生姜地上部养分含量和比例的影响

Table 4 Effect of different fertilizer combinations on nutrient content and proportion in ginger

处理	N		P		K		N/P	N/K	K/P
	g/kg	%	g/kg	%	g/kg	%			
CK	0.312 a	100.0	0.029 b	100.0	0.208 a	100.0	10.6	1.50	7.10
$N_1P_1K_1$	0.251 c	80.4	0.026 c	89.8	0.191 b	91.8	9.54	1.31	7.26
$N_1P_2K_1$	0.253 c	81.1	0.033 a	111.9	0.192 b	92.3	7.71	1.32	5.85
$N_1P_2K_2$	0.210 e	67.3	0.021 f	70.3	0.140 e	67.3	10.2	1.50	6.80
$N_1P_2K_3$	0.252 c	80.8	0.020 f	69.6	0.151 d	72.6	12.4	1.67	7.40
$N_2P_1K_1$	0.256 c	82.1	0.023 d	78.8	0.080 g	38.5	11.1	3.20	3.46
$N_2P_2K_1$	0.248 cd	79.5	0.022 e	74.1	0.130 ef	62.5	11.4	1.91	5.99
$N_2P_2K_2$	0.237 d	76.0	0.025 c	84.6	0.124 f	59.6	9.56	1.91	5.00
$N_2P_2K_3$	0.275 b	88.1	0.026 c	89.4	0.187 bc	89.9	10.5	1.47	7.14
$N_2P_3K_3$	0.271 b	86.9	0.030 b	101.7	0.175 c	84.1	9.09	1.55	5.87
$N_2P_2K_2B$	0.202 e	64.7	0.021 f	70.3	0.138 e	66.3	9.81	1.46	6.70
$N_2P_2K_2Mo$	0.259 c	83.0	0.025 c	84.6	0.156 d	75.0	10.4	1.66	6.29

2.3.2 根茎(可食部分) 由表 5 可知, 生姜根茎 N、P、K 含量分别为 0.230~0.329 g/kg、0.022~0.037 g/kg 和 0.113~0.241 g/kg, P、K 含量明显较地上部高(表 4)。与对地上部的养分效应不同, 除少数处理($N_1P_2K_2$ 、 $N_1P_1K_1$ 、 $N_2P_2K_1$ 和 $N_2P_2K_2B$) 的影响不大外, 其余肥料组合对生姜根茎的 N 含量有显著的提高作用(13.6%~35.4%)。不同肥料组合均降低生姜根茎

P、K 含量, 降幅为 4.3%~40.5% 和 5.8%~53.1%。在 N_2P_2 条件下, 增施 K 肥可提高生姜根茎 N、P 含量; 在等 P、K(除 P_2K_3 外) 的基础上, 增施 N 肥使生姜根茎 P、K 养分含量降低。在 N_1K_1 条件下, 增施 P 肥提高生姜根茎的 N、K 养分含量; 而在高 N 条件下, 增施 P 肥使生姜根茎 N、K 含量影响不一致。

生姜根茎 N/P、N/K、K/P 分别为 6.50~12.7, 1.01

表 5 不同肥料组合对生姜根茎养分含量和比例的影响

Table 5 Effect of different fertilizer combinations on nutrient content and proportion in ginger root

处理	N		P		K		N/P	N/K	K/P
	g/kg	%	g/kg	%	g/kg	%			
CK	0.243 cd	100.0	0.037 a	100.0	0.241 a	100.0	6.50	1.01	6.46
$N_1P_1K_1$	0.236 d	97.1	0.026 d	68.4	0.194 cd	80.5	9.25	1.22	7.61
$N_1P_2K_1$	0.248 c	102.1	0.033 b	87.7	0.204 c	84.6	7.58	1.22	6.24
$N_1P_2K_2$	0.230 d	94.7	0.033 b	88.5	0.200 c	83.0	7.00	1.15	6.06
$N_1P_2K_3$	0.276 b	113.6	0.032 b	86.9	0.193 cd	80.1	8.50	1.43	5.96
$N_2P_1K_1$	0.281 b	115.6	0.022 e	59.5	0.113 f	46.9	12.7	2.49	5.09
$N_2P_2K_1$	0.254 c	104.5	0.025 d	66.2	0.143 e	59.3	10.3	1.78	5.79
$N_2P_2K_2$	0.288 b	118.5	0.032 b	85.8	0.184 d	76.3	9.00	1.57	5.75
$N_2P_2K_3$	0.329 a	135.4	0.034 b	91.4	0.227 b	94.2	9.60	1.45	6.66
$N_2P_3K_3$	0.290 b	119.3	0.036 ab	95.7	0.204 c	84.6	8.12	1.42	5.71
$N_2P_2K_2B$	0.247 c	101.6	0.029 c	76.7	0.189 cd	78.4	8.64	1.31	6.61
$N_2P_2K_2Mo$	0.325 a	133.7	0.034 b	90.9	0.201 c	83.4	9.60	1.62	5.93

~ 2.49 和 5.09 ~ 7.61, 以 $N_2P_1K_1$ 组合的 N/P、N/K 最大, $N_1P_1K_1$ 组合 K/P 最大, 与地上部的各比值有所差异。不同肥料组合均能提高生姜根茎的 N/P、N/K, 而对 K/P 主要起降低作用(除 $N_1P_1K_1$ 、 $N_2P_2K_3$ 、 $N_2P_2K_2B$ 外)。生姜产量较高组合 $N_2P_2K_2Mo$ 、 $N_2P_1K_1$ 、 $N_2P_2K_1$ 、 $N_2P_2K_2B$ 的 N/P、N/K、K/P 分别为 8.64 ~ 12.7、1.31 ~ 2.49 和 5.09 ~ 6.01。

3 小结

(1) 不同肥料组合处理使生姜产量增加 11.9% ~ 79.4%, 以 $N_2P_2K_2Mo$ 、 $N_2P_2K_2B$ 、 $N_2P_1K_1$ 和 $N_2P_2K_1$ 处理产量为高。低 N 条件下, 在等量 P、K 基础上增施 N 肥能提高生姜产量。在 NPK 的基础上配施微量元素(B、Mo)肥料, 可使生姜显著增产。

(2) 不同肥料组合可提高生姜粗蛋白、可溶性糖和淀粉含量, 降低粗纤维含量, 改善生姜品质, 各处理中以 $N_2P_2K_1$ 、 $N_2P_1K_1$ 、 $N_1P_2K_1$ 和 $N_2P_2K_2B$ 组合的品质为优。 $N_2P_2K_1$ 为优质高产组合。

(3) 不同肥料组合降低生姜地上部 N、P、K 养分含量, 增加根茎 N 含量, 降低 P、K 含量, 提高生姜根茎的 N/P、N/K, 降低 K/P。高产生姜植株地上部养分 N/P、N/K、K/P 范围分别为 9.81 ~ 11.4、1.46 ~ 3.20 和 3.46 ~ 6.70, 可作为评价其营养三要素是否平衡的重要指标。

参考文献:

[1] 李俊良, 陈新平, 李晓林. 大白菜氮肥施用的产量效应、品质效应和环境效应. 土壤学报, 2003, 40 (2): 261-266

- [2] 徐坤. 生姜对不同氮肥品种的效应. 土壤肥料, 2000 (4): 17-19
- [3] 徐坤, 郑国生, 王秀峰. 施氮量对生姜群体光合特性及产量和品质的影响. 植物营养与肥料学报, 2001, 7(2): 189-193
- [4] 艾希珍, 崔志峰, 曲静然, 陈利平, 赵德婉. 施肥水平对生姜品质的影响. 山东农业大学学报, 1998, 29(2): 183-188
- [5] 徐坤, 康立美. 生姜最优施肥方案的选择与优化. 西北农业学报, 1992, 1(4): 87-90
- [6] 李胜奇, 任清盛, 郭欣. 生姜平衡施肥高产技术试验研究. 西北园艺, 2002 (2): 10-12
- [7] Ye XJ, Wang ZY, Tu SH, Sulewski G. Nutrient limiting factors in acidic vegetable soils. *Pedosphere*, 2006, 16(5): 624-633
- [8] 加拿大钾磷研究所北京办事处. 土壤养分状况系统研究法. 北京: 中国农业科技出版社, 1992: 42-53
- [9] 鲍士旦. 土壤农化分析. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 263-270, 325-326
- [10] 白宝璋, 汤学军. 植物生理学测试技术. 北京: 中国科学技术出版社, 1993: 23-24
- [11] 南京农业大学编. 土壤农化分析. 北京: 农业出版社, 1980: 252-253
- [12] 白厚义, 肖俊璋. 试验研究及统计分析. 西安: 世界图书出版社, 1998: 120-128
- [13] 李录久, 郭熙盛, 高杰军, 张琳, 丁楠, 过鸣祥. 淮北砂姜黑土钾肥对生姜增产效应的研究. 土壤, 2004, 36(2): 187-191
- [14] 陆景陵. 植物营养学. 2 版. 北京: 中国农业大学出版社, 2003: 83-86, 245-249
- [15] 金继运, 自由路, 杨俐苹. 高效土壤养分测试技术与设备. 北京: 中国农业出版社, 2006: 98-101
- [16] 王正银, 李成琼, 徐卫红, 叶学见, 任雪松, 张刚. 平衡施肥对酸性菜园土壤红苕豆产量和营养品质的影响 // 涂仕华. 中国西南地区平衡施肥研究与进展. 成都: 四川大学出版社, 2002: 221-234

Effect of Different Fertilizer Combinations on Yield and Quality of Ginger

ZHANG Yu-xia¹, ZHANG Guo-ping¹, ZHONG Pan¹, LI Jian-yong¹, DONG Yan¹, WANG Zheng-yin¹, CAI Guo-xue², QI Hua²

(1 College of Resources and Environmental Sciences, Southwest University, Chongqing 400716, China;

2 Soil and Fertilizer station, Agricultural Bureau of Jiangjin, Chongqing 400051, China)

Abstract: Field experiment was conducted to study the effect of different fertilization on the yield, quality, nutrient content and ratio of ginger in acidic soil. Results indicated that the yield of ginger increased significantly by 11.1% ~ 79.4% in all treatments, and the effect was better in applying high level nitrogen fertilizer treatments than in low level nitrogen fertilizer treatments. The yield of ginger was highest in $N_2P_2K_2Mo$ treatment. The contents of crude protein, soluble sugar and starch increased by 1.3% ~ 35.5% (except $N_1P_2K_2$ and $N_1P_1K_1$ treatments), 5.5% ~ 92.7% (except $N_2P_2K_3$ treatment) and 2.9% ~ 36.7% (except $N_2P_2K_3$ and $N_2P_2K_2Mo$ treatments) respectively in all treatments, and the content of fibrin decreased by 2.9% ~ 11.9% (except $N_2P_2K_2Mo$ treatment), which was better to the quality of ginger. Different fertilizer combinations could reduce the content of total N, P, K in the above-ground of ginger and the content of total P, K in rhizome, increase the content of total N in rhizome. The ratios of N/P and N/K increased and the ratio of K/P decreased in rhizome of ginger. There were different effect of different fertilization on the ratios of N/P, N/K and K/P in the above-ground of ginger. $N_2P_2K_1$ treatment was the best combination for higher yield and good quality of ginger.

Key words: Different fertilizer combination, Ginger, Yield, Quality, Nutrition ration