

不同钾肥用量对生姜生长和营养品质的影响^①

李录久¹, 王家嘉¹, 姚殿立², 吴萍萍¹, 柳希玉², 丁楠²

(1 安徽省农业科学院土壤肥料研究所, 合肥 230031; 2 临泉县农业技术推广中心, 安徽临泉 236400)

摘要: 采用田间试验研究不同施钾量对生姜生长、钾素吸收、营养品质及经济效益的影响。结果表明, 施用适量钾肥能明显促进生姜生长发育, 提高块茎产量、植株含钾量和钾素吸收量, 改善营养品质, 提高施肥经济效益。2年2地试验结果表明, 施钾生姜块茎产量增长13.0%~27.2%和22.3%~37.7%, 平均增产22.5%和28.7%, 中等钾肥用量的K₄₅₀处理获得了最高产量; 块茎产量与施钾量间呈一元二次抛物线关系。施用不同数量钾肥后, 生姜茎叶、姜块和全株含钾量分别提高33.4%~210.7%、2.9%~70.8%和18.4%~139.9%, 钾素吸收量增加64.5%~342.2%、31.3%~118.7%和48.5%~209.0%。施用适量钾肥后, 生姜块茎粗蛋白质、Vc和可溶性糖含量相应提高, K₄₅₀处理最高。施钾增收13 626~23 286元/hm², 施用钾肥的产投比高达(2.27~12.60):1。

关键词: 钾肥用量; 生姜; 钾素吸收量; 品质; 经济效益

中图分类号: S156.99; S632.5

生姜为我国名特蔬菜, 地下块茎含有辛香浓郁的挥发油和姜辣素, 是人们日常生活中常用的一种重要调味品和中药材, 广泛用于烹调、食品加工和医药卫生等领域^[1]。中国是世界生姜主产区, 是姜生产和出口大国, 常年栽培面积达63万hm², 仅次于印度居世界第二, 出口量位居世界第一^[2]。安徽是我国生姜重要产区之一^[1], 全省常年种植面积达2万hm², 是重要的出口创汇经济作物。

生姜产量高, 需肥量大, 需钾量较多, 对钾素营养敏感^[1,3], 仅靠土壤提供的钾素不能完全满足生姜生长发育对钾的需要, 必须通过施肥进行补充, 因此, 钾肥的合理施用直接影响到生姜的产量、品质、经济效益等。施钾对生姜产量和品质的影响, 前人已作了一些研究, 取得了一定的增产和改善品质的效果^[4-5]。然而, 生姜施肥方面仍存在问题, 调查表明, 姜农盲目施肥、过量施肥等不合理施肥方式较为普遍, 氮磷钾比例失调, 生姜病虫害严重, 块茎产量低, 品质差, 种姜经济效益低下, 严重制约了生姜产业的发展。同时与大宗作物相比, 生姜施肥研究不多, 资料匮乏, 而且由于供试材料不同, 得出的结论也不尽相同, 特别是在块茎品质上^[5-6]。为此, 开展了本试验, 以期生姜合理施用钾肥, 提高生姜产量和改善块茎品质

提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

试验于2007—2008年在安徽省临泉县单桥(2007)和范集(2008)等乡镇进行, 供试土壤为普通砂姜黑土。试验前0~20cm耕层土壤养分状况为: 有机质含量分别为16.2和12.1g/kg, 全氮含量1.02和0.85g/kg, 碱解氮含量112.5和80.1mg/kg, 有效磷25.0和15.5mg/kg, 速效钾138.0和120.5mg/kg。

1.2 试验设计

试验在施氮(N)450kg/hm²和磷(P₂O₅)120kg/hm²的等量氮磷肥基础上进行, 设5个处理, 分别施钾(K₂O)0、225、450、675和900kg/hm², 以K₀、K₂₂₅、K₄₅₀、K₆₇₅和K₉₀₀表示, K₀为对照。供试肥料, 氮肥为尿素, 磷肥为磷酸二铵, 钾肥为氯化钾。施肥方法为: 40%的氮肥和钾肥及全部磷肥做基肥开沟深施, 余下的60%氮肥与钾肥作追肥, 结合倒沟于8月初和9月上旬条施。小区面积20.0和21.0m², 3次重复, 完全随机区组排列。供试生姜品种为当地主栽的狮头姜, 种植密度10.6×10⁴株/hm²。每年3月底催芽, 5月初移栽, 10月下旬按小区单独收获计实产。

基金项目: 国际植物营养研究所(IPNI)平衡施肥项目、公益性行业(农业)科研专项项目(201003016)和“十二五”国家科技计划课题项目(2012BAD05B0206)资助。

作者简介: 李录久(1962—), 男, 安徽长丰人, 博士, 研究员, 主要从事植物营养与施肥研究。E-mail: ljli68@aliyun.com

其他栽培管理措施如灌溉和病虫害防治同当地一般大田生姜。

1.3 样品采集和分析方法

生姜收获期调查单位面积株数,每小区采集代表性植株 5 株,调查株高、分枝数、姜球数、单株姜块重和地上部茎叶重,保留新鲜块茎样品供品质测定。

土壤基本性状采用常规法分析^[7]。应用 2,6-二氯酚酞滴定法测定生姜块茎 Vc 含量,可溶性糖的分析采用 HCl 转化-铜还原-直接滴定法。采用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮干姜,开氏定氮法测全氮,火焰光度计法测全钾;粗蛋白总量 = 全氮×6.25 计算得来^[8]。数据采用 Excel 软件和 SPSS 软件进行统计分析,应用最小差异显著法 LSD 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同施钾量对生姜生长及产量的影响

2.1.1 对生姜生长发育的影响 表 1 的调查结果说明,在施用氮磷肥的基础上,增施钾肥对生姜生长发育有较大的促进作用。与不施钾的对照处理相比,施钾生姜植株高度、茎粗、分枝数、子姜球数、单株姜块鲜重/干重、茎叶干重及生物量都有较大幅度的提高,差异达显著水平。施钾量在 450 kg/hm² 以下时,生姜株高、茎粗、分枝数、子姜球数、单株姜块重、茎叶干重和生物量随钾肥用量的加大都有逐渐增加的趋势。田间观察,施钾生姜植株叶色浓绿,生长旺盛健壮,抗病虫害能力明显提高;收获时姜块外观色泽好,肥厚鲜嫩。

表 1 施钾对生姜生长和生物量的影响(姜块膨大期)

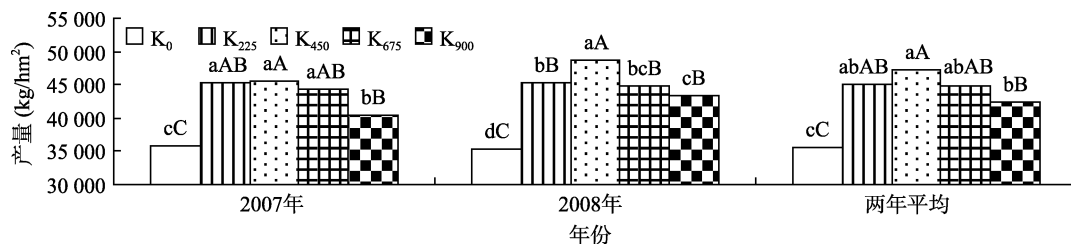
Table 1 Effects of potash application rates on ginger growth and biomass at rhizome expansion stage

处理	株高 (cm)	分枝数 (个/株)	茎周长 (cm)	姜球数 (个/株)	姜块鲜重 (g/株)	茎叶干重 (g/株)	姜块干重 (g/株)	生物量 (g/株)
K ₀	78.0 b	7.0 d	4.75 b	9.6 c	389.6 c	35.1 c	36.8 b	71.9 c
K ₂₂₅	85.0 ab	9.0 bc	5.00 ab	11.2 b	430.0 b	43.0 b	41.8 a	84.8 b
K ₄₅₀	87.5 a	11.5 a	5.35 a	12.6 a	486.1 a	49.4 a	45.2 a	94.6 a
K ₆₇₅	94.0 a	10.0 b	5.15 ab	12.2 ab	457.6 ab	47.3 ab	43.8 a	91.1 ab
K ₉₀₀	90.5 a	8.5 c	4.85 b	12.1 ab	432.3 b	43.6 b	41.4 a	85.0 ab

注:表中同列不同小写字母表示处理间差异在 $P < 0.05$ 水平显著,不同大写字母表示在 $P < 0.01$ 水平极显著,下同。

2.1.2 对生姜块茎产量的影响 图 1 表明,在施用氮磷肥的基础上增施钾肥,能明显提高生姜块茎产量。与不施钾的对照处理相比,2 年 2 地试验,生姜施钾增产 13.0%~27.2% 和 22.3%~37.7%,平均增产 22.5% 和 28.7%,增产极显著($P < 0.01$)。K₂O 施用量在 450 kg/hm² 以下,随着施钾量的增加,生姜块茎产量逐渐增加,中等施钾量的 K₄₅₀ 处理达最高值。施钾量超过 450 kg/hm² 后块茎产量反而又降低,K₆₇₅ 和 K₉₀₀ 处理产量相继低于 K₄₅₀ 处理,呈先升高后降低趋势。进一步分析表明,生姜块茎产量 y 与 K₂O 施用量 x 之间呈极显著的一元二次抛物线关系,回归方程分别为 $y_1 = -0.050\ 023x^2 + 44.238\ 405x + 36\ 601.8$, $F =$

37.49^{**} , $r = 0.928^{**}$, $P = 0.000$; $y_2 = -0.054\ 048x^2 + 50.847\ 738x + 36\ 144.5$, $F = 47.03^{**}$, $r = 0.942^{**}$, $P = 0.000$, 回归方程检验结果达极显著水平($P < 0.01$),建立的回归方程有效,表明生姜块茎产量与施钾量关系很密切。进一步对自变量在回归方程中作用的大小进行检验,检验结果也达极显著水平,说明生姜产量与钾肥施用量的关系很密切,可作为推断生姜产量的依据。由此可得,施 K₂O 量分别为 448.2 和 470.4 kg/hm² 时,生姜块茎产量最高,达 46 383 和 48 104 kg/hm²;代入生姜和 K₂O 价格 2.00 元/kg 及 6.67 元/kg,可进一步求出最佳 K₂O 施用量为 408.9 和 439.6 kg/hm²,最佳施肥量时的生姜块茎产量达 46 327 和 48 052 kg/hm²,



(图中不同小、大写字母分别表示处理间差异在 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$ 水平显著和极显著;下同)

图 1 施用钾肥对生姜块茎产量的影响

Fig. 1 Effects of potash application rates on ginger rhizome yield

接近最高产量。

由图 1 还可看出，2 年 2 地试验结果有所不同。2007 年试验，生姜施钾的增产幅度及平均增产率均明显低于 2008 年，3 个水平施肥量 K_{225} 、 K_{450} 和 K_{675} 间产量差异不显著，同时最高产量施钾量和最佳施钾量也较 2008 年低，其原因可能与土壤速效钾含量较高有关(表 1)。2007 年试验，基础土壤速效钾含量高达 138 mg/kg，属于较丰富级别，明显高于 2008 年的 120.5 mg/kg，故 2007 年生姜施钾各处理的增产率低于 2008 年，最高产量施钾量与最佳施钾量也较低，同时 K_{225} 和 K_{675} 与 K_{450} 间块茎产量差异也不显著。因此，生姜合理施钾量的确定，还需要考虑当地土壤速效钾的含量，作适当的调整。

2.2 施用钾肥对生姜钾素吸收的影响

从表 2 可看出，在施用氮磷肥的基础上增施钾肥，可以大幅度提高生姜地上部茎叶、地下块茎和全株含钾量，促进生姜对钾的吸收，增加钾素积累量。与不施钾的对照处理相比，施用 225 ~ 900 kg/hm² 钾肥后，生姜茎叶、块茎和全株含钾量分别提高 33.4% ~ 210.7%、2.9% ~ 70.8% 和 18.4% ~ 139.9%，钾素累积

吸收量相应增多 64.5% ~ 342.2%、31.3% ~ 118.7% 和 48.5% ~ 209.0%，含钾量平均分别提高 116.3%、32.1% 和 77.8%，钾素吸收量平均增加 199.7%、68.3% 和 136.3%，除 K_{225} 处理块茎含钾量外，差异均达显著水平。其中生姜地上部茎叶和全株含钾量均随钾肥施用量的增加而提高，钾素累积吸收量也是如此，最高施钾量的 K_{900} 处理达最大值，呈极显著的直线关系；生姜块茎含钾量和钾素吸收量虽然开始也随钾肥施用量的增加而提高，但 K_{675} 处理达最高值，不是最高施钾量的 K_{900} 处理，同时块茎含钾量及钾素吸收量增加的幅度只有茎叶的 1/3、全株的 1/2 左右。这一结果说明，超过适宜施钾量后继续加大钾肥施用量，虽然仍能促进生姜吸收，但是吸收的钾主要积累于地上部茎叶，而转移到地下块茎的比例则较少，即过度施钾造成了钾的奢侈吸收，降低钾肥的利用效率。钾肥当季利用率 K_{900} 处理明显低于 K_{675} 和 K_{450} 处理，尽管 K_{675} 处理略高，但与 K_{450} 处理差异不明显。进一步分析生姜的增产效率，即单位施钾量增产生姜块茎的产量，结果表明，随施钾量的加大，增产效率急剧降低，平均由 K_{225} 的 42.01 kg/kg 降至 K_{900} 的 7.57 kg/kg。

表 2 施钾对生姜含钾量和钾素吸收量的影响
Table 2 Effects of potash application rates on content and absorption of potassium in ginger

处理	植株含钾量(K, mg/kg)			钾素吸收量(K, kg/hm ²)			钾肥利用率 (%)
	茎叶	块茎	全株	茎叶	块茎	全株	
K_0	12.60 e	13.61 d	13.07 e	53.8 e	50.2 e	104.0 e	—
K_{225}	16.81 d	14.00 d	15.48 d	88.5 d	65.9 d	154.4 d	26.95
K_{450}	23.69 c	14.68 c	19.46 c	143.8 c	78.8 c	222.6 c	31.75
K_{675}	29.35 b	23.24 a	26.65 b	174.8 b	109.8 a	284.6 b	32.24
K_{900}	39.15 a	20.00 b	31.35 a	237.9 a	83.5 b	321.4 a	29.10

2.3 施用钾肥对生姜块茎营养品质的影响

2.3.1 对姜块蛋白质含量的影响

蛋白质是蔬菜重要的营养品质指标，施用适量钾肥能有效提高生姜块茎粗蛋白含量，改善姜块内在营养品质(图 2)。与块茎产量相似，施钾量较低时，姜块粗蛋白

含量也随钾肥施用量的增加而显著提高，中等施钾量的 K_{450} 处理达到最高；继续增加钾肥施用量，姜块蛋白质含量下降， K_{900} 处理甚至低于对照处理 K_0 ，表明过量施钾对姜块营养品质也会产生不利的影响。

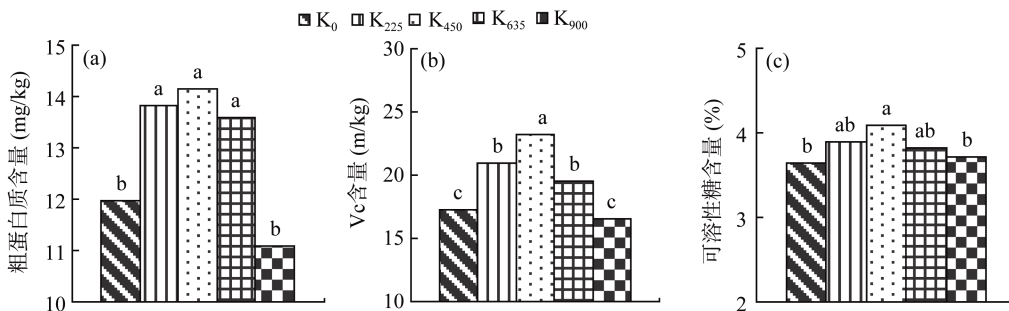


图 2 施用钾肥对生姜块茎粗蛋白质(a)、Vc(b)和可溶性糖(c)含量的影响
Fig. 2 Effects of potash application rates on contents of rough protein, Vc, and soluble sugar in ginger rhizome

2.3.2 对姜块 Vc 含量的影响 施钾对生姜块茎 Vc 含量也有明显影响(图 2)。与粗蛋白相似,中低钾肥用量时随施钾量的增加,块茎 Vc 含量相应也显著提高, K₄₅₀ 处理达到高峰, K₉₀₀ 处理也低于对照 K₀ 处理,同时 4 个施钾量间 Vc 含量差异显著,表明适量施钾对提高姜块 Vc 含量、改善营养品质有重要作用。

2.3.3 对姜块糖分含量的影响 施用不同数量钾肥对生姜块茎可溶性糖含量有一定程度的影响(图 2)。2 年 2 地试验结果,可溶性糖含量变化趋势一致,表现为随施钾量的增加先升高后降低, K₄₅₀ 处理达最高峰。其中施钾各处理较不施钾的对照处理提高 1.9%~12.1%,平均提高 6.4%,提高的幅度远低于粗蛋白的 13.6%~18.1% 和 Vc 的 13.6%~34.8%,同时仅中等施钾量的 K₄₅₀ 处理与不施钾对照 K₀ 处理和

过度施钾的 K₉₀₀ 处理间差异显著($P < 0.05$),表明适量施钾才能有效提高生姜块茎可溶性糖含量。

2.4 生姜施钾的经济效益

表 3 的结果说明,在施用氮磷肥的基础上增施适量钾肥,可以大幅度提高生姜总产值,农民种植生姜收入显著增多,种植生姜的经济效益相对较好。两年试验平均结果,与不施钾的对照处理相比,施钾处理的产值每公顷都在 8 万元以上,经济收益增加 13 626~23 286 元/hm²,施用钾肥的产投比高达(2.27~12.60):1, K₂₂₅ 处理施钾产投比最高, K₄₅₀ 处理增收最多。在施 K₂O 量 450 kg/hm² 的基础上进一步加大钾肥施用量,经济收益减少,产投比下降,其中高施钾量的 K₉₀₀ 处理的产投比只有 2.27:1,效益很低,说明合理施钾是提高钾肥施用效益的有效和重要途径。

表 3 生姜施用钾肥的经济效益

Table 3 Effects of potash application rates on profit and potassium use efficiency of ginger rhizome

处理	平均产量 (kg/hm ²)	总产值 (元/hm ²)	增加收入 (元/hm ²)	肥料投入 (元/hm ²)	钾肥投入 (元/hm ²)	施钾肥 产投比	种姜收益 (元/hm ²)
K ₀	35 558	71 116	-	2 535	-	-	68 581
K ₂₂₅	45 010	90 020	18 904	4 035	1 500	12.60	85 985
K ₄₅₀	47 201	94 402	23 286	5 535	3 000	7.76	88 867
K ₆₇₅	44 720	89 440	18 324	7 035	4 500	4.07	82 405
K ₉₀₀	42 371	84 742	13 626	8 535	6 000	2.27	76 207

注:生姜价格 2.00 元/kg, N 4.35 元/kg, P₂O₅ 4.82 元/kg, K₂O 6.67 元/kg。

3 讨论和结论

施钾对生姜生长发育的影响表现为,一定范围内随施钾量的增加块茎产量提高,含钾量和钾素吸收量增多;超过适宜用量,块茎产量增长缓慢,甚至减产^[3-4,6]。关于施钾量的上限,由于研究条件的差异,不同品种生姜差别较大,艾希珍等^[4]在山东的研究结果为 600 kg/hm²,李录久等^[3]在安徽的研究结果为适宜 K₂O 用量 375~450 kg/hm²,张传珂^[9]在山东的拟合结果为 274~426 kg/hm²。本研究结果表明,生姜块茎产量随施钾量的加大先增加后降低,呈一元二次抛物线关系, K₄₅₀ 处理产量达最高值范围,最高产量施 K₂O 量分别为 448.2 和 470.4 kg/hm²,最佳 K₂O 施用量为 408.9 和 439.6 kg/hm²,与土壤速效钾含量有关。增施钾肥后生姜地上部茎叶、地下块茎和全株含钾量分别提高 33.4%~210.7%、2.9%~70.8% 和 18.4%~139.9%,钾素吸收积累量增多 64.5%~342.2%、31.3%~118.7% 和 48.5%~209.0%,地上部茎叶含钾量和钾素吸收量增加的幅度最大,且随施钾量的增加而增加,最高施钾的 K₉₀₀ 处理最高,表明过量施钾使钾

大量吸收并积累于茎叶,造成奢侈吸收。因此当前生产条件下,淮北平原砂姜黑土地区,生姜适宜施钾(K₂O)量为 420 kg/hm²左右,根据土壤速效钾含量适当增减。超过适宜施钾量,氮钾比例不平衡,生姜生长发育受到不利影响,单株块茎重下降,块茎产量显著降低。

姜块蛋白质、Vc 和糖分含量是生姜主要的营养品质指标。艾希珍等^[4]和徐坤等^[6]研究结果表明,适量施用钾肥可显著提高生姜块茎蛋白质含量,并有利于糖和 Vc 的形成,提高施肥的经济效益。本研究表 明,施用适量的钾肥均能显著提高生姜块茎粗蛋白、Vc 和糖分含量,改善其营养品质,中等施钾量的 K₄₅₀ 处理,粗蛋白质、Vc、可溶性糖含量最高,并显著高于 K₉₀₀ 等处理,较对照处理分别提高 13.6%~18.1%、13.6%~34.8% 和 1.9%~12.1%,与 Majumdar 等人^[5]的研究结果相似。施钾增收 13 626~23 286 元/hm²,施用钾肥的产投比高达(2.27~12.60):1, K₄₅₀ 处理效益最好。因此,适当控制钾肥施用量,既能有效改善生姜的营养品质,又能显著降低施肥成本,提高钾肥利用效率和施肥的经济效益。生产上应合理施用

钾肥, 并采用氮磷钾配合施用, 以促进生姜对钾素的吸收利用, 增加块茎产量, 改善姜块品质, 提高钾肥利用效率, 达到生姜高产优质高效和环境友好的生产目标。

参考文献：

- [1] 胡繁荣. 蔬菜栽培学[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2003
- [2] 农业部. 2006 年全国各地蔬菜播种面积和产量[J]. 中国蔬菜, 2008(1): 65-66
- [3] 李录久, 郭熙盛, 高杰军, 丁楠. 淮北砂姜黑土钾肥对生姜增产效应[J]. 土壤, 2004, 36(2): 187-191
- [4] 艾希珍, 赵德婉, 曲静然, 崔志峰. 施肥水平对生姜生长及产量的影响[J]. 中国蔬菜, 1997(1): 18-21
- [5] Majumdar B, Venkatesh MS, Kumar KP. Effect of potassium and farmyard manure on yield, nutrient uptake and quality of ginger[J]. Indian J. of Agri. Sci., 2005, 75(12): 809-811
- [6] 徐坤, 郑国生, 王秀峰. 施氮对生姜产量和品质影响[J]. 植物营养与肥料学报; 2001, 7(2): 189-193
- [7] 南京农业大学主编. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994
- [8] 金继运, 何萍, 刘海龙, 李文娟, 黄绍文. 氮肥用量对高淀粉玉米和普通玉米吸氮特性及产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(6): 568-573
- [9] 张传珂. 生姜高产高效优化施肥方案研究[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(2): 287-288

Effects of Different Potash Fertilizer Application Rates on Growth and Nutrient Qualities of Ginger

LI Lu-jiu¹, WANG Jia-jia¹, YAO Dian-li², WU Ping-ping¹, LIU Xi-yu², DING Nan²

(1 Soil and Fertilizer Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031, China; 2 The Extension Center of Agricultural Technology at Linqun County, Linqun, Anhui 236400, China)

Abstract: Field experiments were conducted to study the effects of different potash (K) application rates on growth, uptake of potassium, nutrition qualities and profit of ginger (*Zingiber officinale*). Results showed that appropriate K application rates could significantly promote ginger growth, increase rhizome yield, raise K concentration and uptake, and improve nutrition quality and profit. Ginger rhizome yield increased by 13.0%–27.2% and 22.3%–37.7% with averages of 22.5% and 28.7% at two sites two years respectively, with a parabolic relationship between rhizome yield and K application rate, and the highest rhizome yield was obtained by the treatment of medium K application rate of K₄₅₀. K concentration and K uptake in ginger shoot, rhizome and total plant increased by 33.4%–210.7%, 2.9%–70.8% and 18.4%–139.9%, as well as 64.5%–342.2%, 31.3%–118.7% and 48.5%–209.0% respectively, when different potash rates were applied. The content of rough protein, vitamin C, and soluble sugar in ginger rhizome enhanced obviously and the treatment of K₄₅₀ reached the peak when the suitable K rate was applied. The profit increased by 13, 626–23, 286 yuan/hm² and the value cost ration reached (2.27–12.60) : 1 compared the treatments of K application to the control.

Key words: Different potash application rates, Ginger, Uptake of potassium, Quality, Profit