

土壤交换性钙对烤烟氮、磷、钾含量 和吸收量的影响

邹文桐^{1,2} 熊德中^{2*}

(1. 福建师范大学福清分校 生物与化学工程系 福建 福清 350300; 2. 福建农林大学 资源与环境学院 福建 福州 350002)

摘要: 土壤培育试验研究黄泥田施用不同钙肥后土壤交换性钙含量的变化情况,以钙肥为变量,通过室温培育土壤方法。结果表明:在黄泥田中各钙肥释放交换性钙的速度:硝酸钙 > 氢氧化钙 = 磷酸二氢钙 > 钙镁磷肥 > 白云石粉。盆栽试验研究土壤交换性钙对烤烟氮、磷、钾含量和吸收量的影响,试验采用单因素随机设计,试验设 8 个处理 4 个重复。结果表明:随着钙肥施用量的增加,烟叶的含氮量、含磷量以及吸收量均呈现下降的趋势,Ca8 处理烟叶含氮量及吸收量均比 Ca1 处理下降了 24.17% 和 17.47%; Ca7 处理烟叶含磷量及吸收量均比 Ca1 处理下降了 38.46% 和 29.62%。烟叶的含钾量及吸收量均呈先增加后减少的趋势,Ca3 处理的含钾量最大,Ca6 处理的钾吸收量最大,分别比 Ca1 处理提高了 13.99% 和 23.69%。烟根和烟茎的含氮量、含磷量和含钾量以及吸收量与烟叶的含钾量有类似的规律。整株的氮吸收量呈下降的趋势,最低的 Ca8 处理比 Ca1 处理减少了 22.64%。整株的磷和钾吸收量均呈先增加后减少的趋势,均以 Ca3 处理的最大,分别比 Ca1 处理增加了 6.17% 和 17.84%。

关键词: 烤烟; 交换性钙; 氮、磷和钾含量; 氮、磷和钾吸收量

中图分类号: S572 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2012)02-0237-07

Effect of Soil Available Calcium on N, P, K Contents and Uptake of Flue-cured Tobacco

ZOU Wen-tong^{1,2}, XIONG De-zhong^{2*}

(1. Department of Biology and Chemistry Engineering, Fuqing Branch of Fujian Normal University, Fuqing 350300, China; 2. College of Resources and Environment, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: A soil culture experiment was conducted: taking calcium fertilizer at variable values, the changes of the available calcium in soil were studied through application of different kinds of calcium fertilizers in yellow mud field by room temperature cultivation. The results indicated that application of different kinds of calcium fertilizers in yellow mud field influenced the available calcium of soil, the speed at which fertilizers released available calcium was in the order: lime nitrate > calcium hydroxide = calcium phosphate primary > calcium magnesium phosphate > dolomite dust. In the pot experiment, taking calcium at variable values, eight treatments which had four repeats were designed to study the effects of soil available calcium on N, P and K content and uptake of flue-cured tobacco in a completely randomized design. The results indicated that with the increase of application of calcium fertilizers, the N content, P content and their uptakes of tobacco-leaf decreased gradually; the N content and uptake of Ca8 treatment dropped by 24.17% and 17.47% respectively in

收稿日期: 2011-12-20 修回日期: 2012-02-14

基金项目: 福建省教育厅项目(JB07093)和福建省烟草公司项目(FUYC200702)

作者简介: 邹文桐(1981—),男,实验师,硕士,主要从事植物营养生理生化研究, E-mail: wtz_5267370@163.com; *

通讯作者: 熊德中,教授, E-mail: xiongdz@126.com。

contrast with Ca1 treatment; the P content and uptake of Ca7 treatment dropped by 38.46% and 29.62% respectively in contrast with Ca1 treatment. The K content and its uptake of tobacco-leaf increased first and decreased later, the K content of tobacco-leaf with Ca3 treatment reached the peak value, the K uptake of tobacco-leaf with Ca6 treatment reached the peak value, which increased by 13.99% and 23.69% in contrast with Ca1 treatment. The N, P and K contents and their uptakes of tobacco-root and tobacco-stem had the similar regular pattern to the K content of tobacco-leaf. The whole tobacco plant N uptake decreased gradually, that of minimum Ca8 treatment dropped by 22.64% in contrast with Ca1 treatment. The whole tobacco plant P and K uptakes increased first and decreased later, those of Ca3 treatment increased by 6.17% and 17.84% in contrast with Ca1 treatment.

Key words: flue-cured tobacco; soil available calcium; N, P and K content; N, P and K uptakes

钙在植物营养的生理平衡中,可以说具有“万能”的作用^[1]。钙与氮的关系比较复杂,结论不一。施钙促进花生对 NO_3^- 的吸收,提高Ca/N比,有利于氮素向库中的运输和转化^[2]。许自成等^[3]研究了湖南烟区土壤交换性钙、镁含量及对烤烟品质的影响,结论是土壤交换性钙对氮有显著的抑制作用。一些研究表明,钙和磷是相互促进的,增钙可以促进小麦根系对磷的吸收^[4]。也有报道指出,植物体内钙和磷呈负相关关系,增加营养液钙的水平,番茄幼苗磷下降^[5]。钙与钾之间的关系比较复杂,一般认为, K^+ 与 Ca^{2+} 两个阳离子在吸收上表现为拮抗作用^[6-7]。强继业等^[8]通过研究 CaCl_2 对烤烟吸收钙、钾营养的影响,得出在生育前期,烟叶和烟茎的含钾量随着施钙量的提高而增加,在生育后期则呈现相反的结果。李娟等^[9]通过研究钾、钙、镁交互作用对烤烟生长和养分吸收的影响,通过盆栽和大田试验得出钙对钾的吸收是有促进作用。以往的研究都只是通过钙对烟叶中氮、磷或者钾单一元素含量及吸收量的影响,而对氮、磷和钾的含量和吸收量的研究报道却甚少。为此,本文通过土壤交换性钙对烤烟氮、磷和钾的含量和吸收量的研究,探讨钙对烤烟内在化学成分的影响,为提高烤烟品质提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 培育试验

供试土壤前作为水稻,土壤类型为黄泥田,参考福建烟区土壤主要理化性状的研究^[10],采集耕层土壤。供试土壤的pH值为4.95、有机质含量33.26 g/kg、粘粒含量(<0.002 mm)24.52%、碱解氮、速效磷、速效钾、交换性钙、交换性镁分别为175.86,11.10,103.06,370.23,29.08 mg/kg。土样风干后过2 mm筛。每培养杯加250 g土,分别加入不同品种的钙肥(硝酸钙、氢氧化钙、磷酸二氢钙、钙镁磷肥、白云石粉)。施纯钙量均为200 mg/kg,在室温下培育,设一个不施肥的对照处理(CK),每处理3次重复,保持土壤湿润,每间隔一段时期(5,10,20,30,40,60,90 d)测定土壤中交换性钙的含量,研究施用各种钙肥后土壤交换性钙含量的变化情况。

1.2 盆栽试验

供试烤烟品种为云烟85。供试土壤的采集和理化性状同1.1。土壤交换性钙水平的设置培育方法参考张仁椒等^[11-12]提供的方法进行。试验设置8个处理,1~8处理土壤施纯钙量分别为0,100,200,350,500,700,950,1500 mg/kg。每一处理重复4次,共32盆。每盆装风干土10 kg,在种植烤烟前4个月把钙肥(硝酸钙、氢氧化钙和磷酸二氢钙)施入土壤并保持土壤湿润,使土壤对施用的钙进行较充分的吸附固定^[13]。于烟苗移栽前取土样测定各处理土壤交换性钙含量,各处理的土壤交换性钙含量分别为370.23,436.22,511.75,652.78,766.47,939.92,1142.33,1540.21 mg/kg。

各处理每盆施纯氮1.30 g。 $m(\text{N}) : m(\text{P}_2\text{O}_5) : m(\text{K}_2\text{O}) = 1 : 0.8 : 2.5$,氮肥用硝酸铵,磷肥用磷酸二氢铵,钾肥用硝酸钾。每盆栽烟一株,随机排列。用去离子水浇灌。烟株见花蕾后打顶,并定时抹去腋芽。烟叶生理成熟后采摘,并烘干,采摘烘烤结束后将茎秆、根系全部收取、洗净、烘干,测定烟株各部分的干重、氮磷钾养分含量和吸收量。

1.3 土壤和植株化学成分分析

土壤基本性状参照《土壤农业化学分析方法》^[14]进行。植株:全氮、全磷、全钾的测定^[14]:样品采用

$H_2SO_4 - H_2O_2$ 联合消煮法。靛酚蓝比色法测全氮, 钒钼黄比色法测全磷, 火焰光度计法测全钾。各部位氮磷钾养分吸收量的计算公式:

$$\text{烟叶(氮或磷或钾)吸收量(mg/株)} = \text{烟叶(氮、磷或钾)的含量} \times 10 \times \text{烟叶的干物质量}^{[15-16]} \quad (1)$$

$$\text{烟根(氮或磷或钾)吸收量(mg/株)} = \text{烟根(氮或磷或钾)的含量} \times 10 \times \text{烟根的干物质量}^{[15-16]} \quad (2)$$

$$\text{烟茎(氮或磷或钾)吸收量(mg/株)} = \text{烟茎(氮或磷或钾)的含量} \times 10 \times \text{烟茎的干物质量}^{[15-16]} \quad (3)$$

含量的单位为%, 干物质量的单位为(g/株)。

2 结果与分析

2.1 施用不同钙肥品种对土壤交换性钙含量的影响

试验结果表明(图 1), 不同钙肥品种施入黄泥土后, 土壤交换性钙含量有所差别。硝酸钙、氢氧化钙和磷酸二氢钙施入黄泥田 5 d 后, 土壤中的交换性钙含量有所提高, 与对照相比, 分别增加了 27.81%、12.73% 和 6.69%, 与对照之间的差异均达到极显著水平; 硝酸钙施入黄泥田第 30 天, 土壤中的交换性钙含量达到峰值, 比对照提高了 23.74%, 与对照的差异达到极显著; 氢氧化钙和磷酸二氢钙施入黄泥田第 40 天, 土壤中的交换性钙含量均达到峰值, 分别比对照增加了 43.62% 和 42.13%, 与对照间的差异均达到极显著;

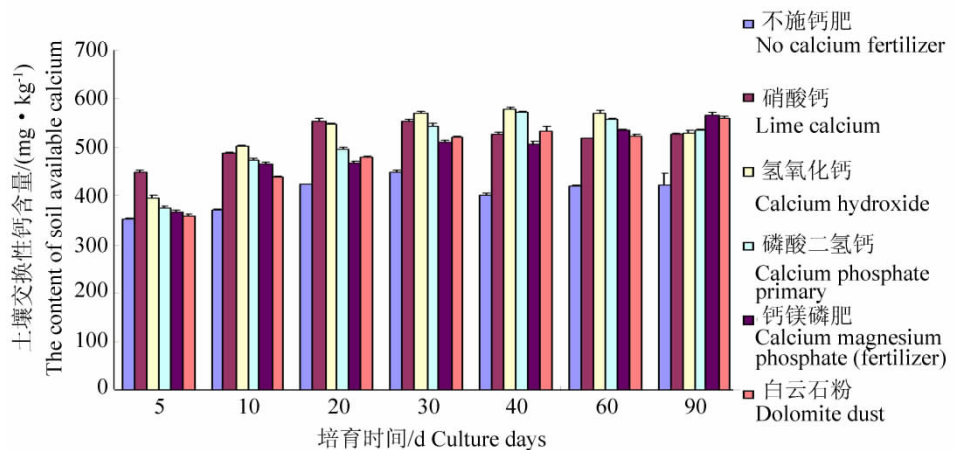


图 1 施用不同钙肥品种对土壤交换性钙含量的影响

Fig. 1 Effect of the different applied calcium fertilizers on the content of soil available calcium

峰值后趋于平稳并有下降趋势。但是钙镁磷肥和白云石粉肥料施入黄泥田 5 d 后, 土壤中的交换性钙含量与对照相差不大, 黄泥田的交换性钙含量比对照分别提高了 14.50 mg/kg 和 7.10 mg/kg, 钙镁磷肥处理与对照的差异极显著, 但白云石粉处理与对照间的差异不显著。钙镁磷肥和白云石粉肥料施入黄泥田后, 土壤交换性钙含量增加速度都比施入其他钙肥的慢, 其原因可能是钙镁磷肥和白云石粉中的钙以不溶态的形式存在, 施入土壤后释放比较慢。施入黄泥田第 90 天, 钙镁磷和白云石粉处理土壤中的交换性钙含量达到最大值, 与对照相比分别提高 145.30 mg/kg 和 138.40 mg/kg, 与对照间的差异均达到极显著水平。可见在黄泥田中各钙肥释放交换性钙的速度: 硝酸钙 > 氢氧化钙 = 磷酸二氢钙 > 钙镁磷肥 > 白云石粉。因此, 在盆栽试验中选取硝酸钙、氢氧化钙和磷酸二氢钙作为钙肥。

2.2 土壤交换性钙水平对烟株各部位含氮量及氮吸收量的影响

由表 1 可以看出, 烟叶、烟根含氮量随着土壤交换性钙含量的增加而呈现逐渐递减的趋势, 以 Ca1 处理(土壤交换性钙含量为 370.23 mg/kg)的最高, 其它处理分别较 Ca1 处理的降低了 7.69% ~ 24.17%。烟根含氮量以 Ca1 处理的为最高, 为 0.84%; Ca6 处理和 Ca8 处理的相对较低, 较 Ca1 处理的分别降低了 23.81% 和 25.00%。随着土壤交换性钙含量的增加, 烟茎的含氮量呈先增加后减少的趋势, 以 Ca3 处理(土壤交换性钙含量 511.75 mg/kg)的最高, 其它处理较 Ca3 处理的降低了 5.26% ~ 36.84%。烟株部位不同, 其含氮量也不同, 同一土壤交换性钙含量水平, 一般地, 烟叶含氮量大于烟根, 而烟根又大于烟茎。方差分析结果表明, Ca1 处理的烟叶和烟根含氮量与其它各处理间的差异均达到极显著的水平。Ca3 处理的烟茎含氮量除与 Ca2 和 Ca4 处理间的差异不显著外, 与其它各处理间的差异均达到极显著的水平。

表 1 土壤交换性钙水平对烟株各部位含氮量的影响(成熟期)

Tab.1 Effects of the content of available calcium in soil on the nitrogen content of flue - cured tobacco (autumn)

处理 Treatment	叶/% Leaf	根/% Root	茎/% Stem
Ca1	0.91 ± 0.01aA	0.84 ± 0.006aA	0.33 ± 0.01dB
Ca2	0.84 ± 0.006bB	0.81 ± 0.006bB	0.36 ± 0.006abAB
Ca3	0.76 ± 0.01cC	0.78 ± 0.01cC	0.38 ± 0.01aA
Ca4	0.74 ± 0.006cC	0.76 ± 0.01dD	0.36 ± 0.01abcAB
Ca5	0.75 ± 0.01cC	0.68 ± 0.01eE	0.34 ± 0.01cdB
Ca6	0.74 ± 0.01cC	0.64 ± 0.006fF	0.35 ± 0.02bcdB
Ca7	0.71 ± 0.01dD	0.66 ± 0.01gFG	0.30 ± 0.01eC
Ca8	0.69 ± 0.01eD	0.63 ± 0.01gG	0.24 ± 0.01fD

小写字母为方差分析 LSD 法 0.05 水平上差异,大写字母为方差分析 LSD 法 0.01 水平上差异。

Small and capital letters followed the data mean significant difference at 0.05 and 0.01 level by LSD method, respectively.

土壤交换性钙含量不同,烟株各部位氮吸收量有所差别(表 2)。Ca1 处理(土壤交换性钙含量为 370.23 mg/kg)的烟叶和整株氮吸收量均最高,其它处理分别较 Ca1 处理的减少了 9.09% ~ 17.47% 和 4.35% ~ 22.64%。烟根和烟茎氮吸收量均以 Ca2 处理(土壤交换性钙含量为 436.22 mg/kg)的最大,其值分别为 114.95 mg/株和 106.24 mg/株;烟根和烟茎氮吸收量均以 Ca8 处理的最小,它们较 Ca2 处理的分别减少了 27.27% 和 44.59%。烟株部位不同,其对氮的吸收量也不同,同一土壤交换性钙含量水平,一般地,烟叶对氮的吸收量远大于烟根,而烟根又大于烟茎。方差分析结果表明,Ca1 处理的烟叶和整株氮吸收量与其它各处理间的差异达到极显著水平。Ca2 处理的烟根和烟茎氮吸收量均与其它各处理间的差异极显著,但与 Ca3 处理间的差异只达到显著水平。

表 2 土壤交换性钙水平对烟株各部位氮吸收量的影响(成熟期)

Tab.2 Effects of the content of available calcium in soil on the nitrogen uptake of flue - cured tobacco (autumn)

处理 Treatment	叶/(mg · 株 ⁻¹) Leaf	根/(mg · 株 ⁻¹) Root	茎/(mg · 株 ⁻¹) Stem	整株/(mg · 株 ⁻¹) Entire plant
Ca1	404.40 ± 4.44aA	110.81 ± 0.76bBC	100.37 ± 4.60abAB	615.58 ± 8.40aA
Ca2	367.61 ± 2.52bB	114.95 ± 0.82aA	106.24 ± 1.69aA	588.80 ± 3.38bB
Ca3	333.94 ± 4.39dD	112.40 ± 1.44bAB	100.02 ± 2.63bAB	546.36 ± 3.20deCD
Ca4	349.66 ± 2.71cC	108.53 ± 1.43cC	96.23 ± 2.67bcB	554.42 ± 2.45cdC
Ca5	363.52 ± 4.85bB	100.44 ± 1.48dD	92.48 ± 2.72cB	556.44 ± 3.10cC
Ca6	362.08 ± 5.62bB	90.97 ± 0.82eE	95.37 ± 5.73bcB	548.41 ± 1.57cdCD
Ca7	360.89 ± 5.08bB	99.86 ± 1.51dD	79.11 ± 2.64dC	539.86 ± 5.75eD
Ca8	333.75 ± 4.84dD	83.60 ± 1.33fF	58.87 ± 2.45eD	476.23 ± 7.69fE

小写字母为方差分析 LSD 法 0.05 水平上差异,大写字母为方差分析 LSD 法 0.01 水平上差异。

Small and capital letters followed the data mean significant difference at 0.05 and 0.01 level by LSD method, respectively.

2.3 土壤交换性钙水平对烟株各部位含磷量及磷吸收量的影响

从表 3 可以看出,烟叶含磷量以 Ca1 处理(土壤交换性钙含量为 370.23 mg/kg)的最高,其它处理的烟叶含磷量较 Ca1 处理的降低了 15.38% ~ 38.46%。烟根和烟茎的含磷量均以 Ca3 处理(土壤交换性钙含量为 511.75 mg/kg)的最大,分别达到 0.14% 和 0.08%,随着土壤交换性钙含量的继续增加,烟根和烟茎的含磷量均有所下降。方差分析结果表明,Ca1 处理的烟叶含磷量与其它各处理间的差异均达到极显著水平。Ca3 处理的烟根含磷量与其它各处理间均达到极显著差异水平。Ca3 处理的烟茎含磷量与 Ca1 处理、Ca5 处理、Ca6 处理、Ca7 处理和 Ca8 处理间的差异均达到极显著水平,但与 Ca4 处理间的差异只达到显著水平,与 Ca2 处理间的差异不显著。

表 3 土壤交换性钙水平对烟株各部位含磷量的影响(成熟期)

Tab. 3 Effects of the content of available calcium in soil on the phosphorus content of flue-cured tobacco (autumn)

处理 Treatment	叶/% Leaf	根/% Root	茎/% Stem
Ca1	0.13 ± 0.01aA	0.09 ± 0.006cdC	0.06 ± 0.006cBC
Ca2	0.11 ± 0.006bB	0.11 ± 0.006cC	0.07 ± 0.006abAB
Ca3	0.10 ± 0.006bcBC	0.20 ± 0.006aA	0.08 ± 0.01aA
Ca4	0.08 ± 0.006cdC	0.13 ± 0.006bB	0.06 ± 0.006bcABC
Ca5	0.09 ± 0.006cdBC	0.10 ± 0.01cdC	0.06 ± 0.006cBC
Ca6	0.09 ± 0.01cdBC	0.09 ± 0.01dC	0.06 ± 0.01bcABC
Ca7	0.08 ± 0.01dC	0.10 ± 0.01cdC	0.05 ± 0.01cC
Ca8	0.09 ± 0.01cdBC	0.09 ± 0.02cdC	0.05 ± 0.01cC

小写字母为方差分析 LSD 法 0.05 水平上差异, 大写字母为方差分析 LSD 法 0.01 水平上差异。

Small and capital letters followed the data mean significant difference at 0.05 and 0.01 level by LSD method, respectively.

由表 4 可以看出, 不同土壤交换性钙水平烤烟的烟叶、烟根和烟茎的磷吸收量的变化与它们的磷含量的变化有类似的规律。从烟株对磷吸收量来看, 烟叶磷吸收量以 Ca1 处理(土壤交换性钙含量为 370.23 mg/kg) 的最高, 其它处理的烟叶磷吸收量较 Ca1 处理的降低了 19.51% ~ 45.28%。烟根和整株的磷吸收量均以 Ca3 处理(土壤交换性钙含量为 511.75 mg/kg) 的最大, 其它处理的烟根磷吸收量较 Ca3 处理的降低了 35.02% ~ 58.16% 和 6.17% ~ 27.20%。烟茎的磷吸收量以 Ca2 处理(土壤交换性钙含量为 436.22 mg/kg) 的最大, 其它处理的烟茎吸收量较 Ca2 处理的减少了 1.82% ~ 42.82%。烟株部位不同, 对磷的吸收量差别较大, 烟叶的磷吸收量远远大于烟根和烟茎。方差分析结果表明, Ca1 处理的烟叶磷吸收量与其它各处理间的差异均达到极显著水平。Ca3 处理的烟根磷吸收量与其它各处理间均达到极显著差异水平。Ca2 处理的烟茎磷吸收量与 Ca5 处理、Ca7 处理和 Ca8 处理间的差异均达到极显著水平, 但与 Ca1 处理、Ca4 处理和 Ca6 处理间的差异只达到显著水平, 与 Ca3 处理间的差异不显著。Ca3 处理的整株磷吸收量除与 Ca1 处理、Ca2 处理间的差异不显著外, 与其它各处理间均达到极显著差异水平。

表 4 土壤交换性钙水平对烟株各部位磷吸收量的影响(成熟期)

Tab. 4 Effects of the content of available calcium in soil on the phosphorus uptake of flue-cured tobacco (autumn)

处理 Treatment	叶/(mg·株 ⁻¹) Leaf	根/(mg·株 ⁻¹) Root	茎/(mg·株 ⁻¹) Stem	整株/(mg·株 ⁻¹) Entire plant
Ca1	57.77 ± 4.44aA	12.26 ± 0.75dE	17.06 ± 1.73bAB	87.10 ± 4.33aA
Ca2	46.50 ± 2.52bB	15.20 ± 0.83cC	21.44 ± 1.68aA	83.14 ± 3.04aAB
Ca3	42.48 ± 2.53bB	29.30 ± 0.83aA	21.05 ± 2.63aA	92.83 ± 3.13aA
Ca4	31.61 ± 5.42cC	19.04 ± 0.82bB	16.93 ± 1.54bAB	67.58 ± 5.37bC
Ca5	42.01 ± 2.79bBC	14.77 ± 1.47cCDE	15.41 ± 1.57bcB	72.19 ± 0.96bBC
Ca6	42.22 ± 5.62bB	12.72 ± 1.41dCDE	16.51 ± 2.75bAB	71.45 ± 9.25bBC
Ca7	40.66 ± 5.08bBC	15.13 ± 1.51cCD	13.18 ± 2.63bcB	68.98 ± 8.57bBC
Ca8	43.53 ± 4.83bB	12.38 ± 2.02dDE	12.26 ± 2.45cB	68.18 ± 8.43bC

小写字母为方差分析 LSD 法 0.05 水平上差异, 大写字母为方差分析 LSD 法 0.01 水平上差异。

Small and capital letters followed the data mean significant difference at 0.05 and 0.01 level by LSD method, respectively.

2.4 土壤交换性钙水平对烟株各部位含钾量及钾吸收量的影响

从烟株各部位的含钾量来看, 随着土壤交换性钙水平的提高, 烟株各部位的含钾量都是呈先增加后减少的趋势。烟叶和烟茎的含钾量均以土壤交换性钙含量为 511.75 mg/kg (Ca3 处理) 的最高, 其它处理的烟叶含钾量较 Ca3 处理的降低了 3.11% ~ 13.99% 和 9.09% ~ 32.32%。烟根含钾量以 Ca4 处理的最高, 其它处理的烟根含钾量较 Ca4 处理的减少了 13.58% ~ 40.74%。同一土壤交换性钙含量水平, 烟株各部位含钾量的大小为: 烟叶 > 烟茎 > 烟根。方差分析结果表明, Ca3 处理的烟叶和烟茎含钾量与其它各处理间的差异均达到极显著水平。Ca4 处理的烟根含钾量与其它各处理间均达到极显著差异水平。

表5 土壤交换性钙水平对烟株各部位含钾量的影响(成熟期)

Tab.5 Effects of the content of available calcium in soil on the potassium content of flue-cured tobacco (autumn)

处理 Treatment	叶/% Leaf	根/% Root	茎/% Stem
Ca1	1.66 ± 0.01dD	0.60 ± 0.01cC	0.70 ± 0.006dD
Ca2	1.68 ± 0.006cC	0.70 ± 0.006bB	0.90 ± 0.006bB
Ca3	1.93 ± 0.006aA	0.70 ± 0.01bB	0.99 ± 0.006aA
Ca4	1.87 ± 0.006bB	0.81 ± 0.01aA	0.80 ± 0.01cC
Ca5	1.86 ± 0.006bB	0.51 ± 0.01dD	0.79 ± 0.01cC
Ca6	1.87 ± 0.006bB	0.50 ± 0.01deDE	0.70 ± 0.01dD
Ca7	1.67 ± 0.01dCD	0.49 ± 0.01eDE	0.69 ± 0.01deDE
Ca8	1.68 ± 0.006cC	0.48 ± 0.006eE	0.67 ± 0.006eE

小写字母为方差分析 LSD 法 0.05 水平上差异,大写字母为方差分析 LSD 法 0.01 水平上差异。

Small and capital letters followed the data mean significant difference at 0.05 and 0.01 level by LSD method, respectively.

土壤交换性钙含量对烟株钾吸收量有一定的影响,随着土壤交换性钙含量的增加,烟株各部位的钾吸收量表现出先升高后下降的趋势。土壤交换性钙含量为 370.23 mg/kg (Ca1 处理) 和 436.22 mg/kg (Ca2 处理) 的均较少,烟叶的钾吸收量以土壤交换性钙含量为 939.92 mg/kg (Ca6 处理) 的最大;分别较 Ca1 处理和 Ca2 处理的增加了 23.69% 和 24.36%。烟根的钾吸收量以土壤交换性钙含量为 652.78 mg/kg (Ca4 处理) 的为最大,土壤交换性钙含量为 1540.21 mg/kg (Ca8 处理) 的最少,较 Ca4 处理的降低了 44.16%。烟茎的钾吸收量以土壤交换性钙含量为 436.22 mg/kg (Ca2 处理) 的为最大,土壤交换性钙含量为 1142.33 mg/kg (Ca8 处理) 的最少,为 165.99 mg/株,较 Ca2 处理的降低了 37.15%。整株的钾吸收量以 Ca3 处理的最高,与 Ca1 处理的相比较,增加了 17.84%。同一土壤交换性钙含量水平,烟株各部位的钾吸收量为烟叶 > 烟茎 > 烟根。方差分析结果表明, Ca6 处理的烟叶钾吸收量与其它各处理间的差异均达到极显著水平。Ca4 处理的烟根钾吸收量与其它各处理间均达到极显著差异水平。Ca3 处理的烟茎钾吸收量除与 Ca2 处理间的差异不显著外,与其它各处理间的差异均达到极显著水平。Ca3 处理的整株钾吸收量除与 Ca4 处理的差异不显著外,与其它各处理间均达到极显著差异水平。

表6 土壤交换性钙水平对烟株各部位钾吸收量的影响(成熟期)

Tab.6 Effects of the content of available calcium in soil on the potassium uptake of flue-cured tobacco (autumn)

处理 Treatment	叶/(mg·株 ⁻¹) Leaf	根/(mg·株 ⁻¹) Root	茎/(mg·株 ⁻¹) Stem	整株/(mg·株 ⁻¹) Entire plant
Ca1	737.70 ± 4.44fF	78.84 ± 1.31cC	211.77 ± 1.73bB	1028.32 ± 4.71fF
Ca2	733.76 ± 2.52fF	100.22 ± 0.83bB	264.13 ± 1.68aA	1098.12 ± 5.03dD
Ca3	849.51 ± 2.54dD	100.87 ± 1.44bB	261.45 ± 1.51aA	1211.82 ± 2.90aA
Ca4	878.08 ± 2.71cC	115.66 ± 1.42aA	213.84 ± 2.67bB	1207.59 ± 0.41aA
Ca5	903.16 ± 2.80bB	75.32 ± 1.48dD	215.79 ± 3.14bB	1194.27 ± 6.06bB
Ca6	912.50 ± 2.81aA	70.70 ± 1.41eE	192.57 ± 2.75cC	1175.77 ± 5.02cC
Ca7	848.86 ± 5.08dD	74.13 ± 1.51dD	181.95 ± 2.63dD	1104.95 ± 3.21dD
Ca8	814.23 ± 2.79eE	64.58 ± 0.76fF	165.99 ± 1.42eE	1044.79 ± 3.92eE

小写字母为方差分析 LSD 法 0.05 水平上差异,大写字母为方差分析 LSD 法 0.01 水平上差异。

Small and capital letters followed the data mean significant difference at 0.05 and 0.01 level by LSD method, respectively.

3 结论与讨论

(1) 通过黄泥土进行肥料培育试验,结果表明在黄泥田中各钙肥释放交换性钙的速度:硝酸钙 > 氢氧化钙 = 磷酸二氢钙 > 钙镁磷肥 > 白云石粉。因此,在盆栽试验中选取硝酸钙、氢氧化钙和磷酸二氢钙作为钙肥。

(2) 盆栽试验结果表明,随着钙肥施用量的增加,烟叶的含氮量和氮吸收量以及整株氮吸收量整体呈现下降的趋势;烟根的含氮量呈现下降,而它的氮吸收量有呈上升的趋势然后逐步下降;烟茎的含氮

量和氮吸收量有所增加后,以 Ca3 处理的含氮量最高,氮吸收量以 Ca2 处理的最高,而后均呈现下降的趋势。可见,随着钙肥施用量的增加,烟叶氮的含量和吸收量均有所降低。烟株其它部位的氮含量和吸收量先有所上升而后呈现下降的趋势。钙与氮的关系比较复杂,结论不一。本试验结果与杨竹青^[17]的结论一致,发现提高营养液供钙水平能显著降低番茄对氮的吸收和利用,钙氮呈显著负相关关系。施钙促进花生对 NO_3^- 的吸收,提高 Ca/N 比,有利于氮素向库中的运输和转化^[2],钙氮呈显著正相关关系。

(3) 烟叶的含磷量和磷吸收量与氮有同样的规律;烟根的含磷量和磷吸收量、烟茎的含磷量和磷吸收量以及整株磷吸收量随着土壤交换性钙含量的增加均呈现先增加后减少的趋势,烟茎的磷吸收量以 Ca2 处理的最高,其它均以 Ca3 处理的最高。可见,随着钙肥施用量的增加,烟叶磷的含量和吸收量均有所降低。这与 Gunes^[5]的研究一致,增加营养液钙的水平,幼苗磷也下降。烟株其它部位的磷含量和吸收量先有所上升而后呈现下降的趋势。这与 Miyasaka^[4]的研究结果相似,钙和磷是相互促进的,增钙可以促进小麦根系对磷的吸收。

(4) 烟叶、烟根和烟茎的含钾量和钾吸收量以及整株的钾吸收量均呈现出随着钙肥施用量的递增而呈现出先上升后下降的规律,其中烟叶和烟茎的含钾量以及整株的钾吸收量均以 Ca3 处理的最高,烟根的含钾量和钾吸收量均以 Ca4 处理的最高,烟叶的钾吸收量以 Ca6 处理的最高,烟茎的钾吸收量以 Ca2 处理的最高。烟叶和烟茎的含量和吸收量出现最大值不一致,主要是由于其干物质质量增加的幅度比含量增加的幅度大。可见,适宜增加土壤交换性钙含量可以提高烟株的含钾量,促进烟株对钾的吸收,但土壤交换性钙含量超出一定的范围反而降低烟株的含钾量,抑制烟株对钾的吸收。这个试验结果与福建是南方酸性土壤有关,在南方酸性土壤中常需施用石灰来改良土壤,使得钾与钙的关系变得复杂。因为除了钙的因素外,还有 pH 值的影响。连续施石灰的试验表明^[18],无论是大麦或水稻,若石灰用量过高时,秸秆的含钾量则显著下降。过多地施用石灰可能造成土壤溶液中 K/Ca 比例失调,或由于增加了钾素固定,从而降低了作物对钾的吸收。

参考文献:

- [1] 王家玉. 植物营养元素交互作用研究[J]. 土壤肥料, 1984, 5(1): 1-10.
- [2] 周卫, 林葆, 朱海舟. 硝酸钙对花生生长和钙素吸收的影响[J]. 土壤通报, 1995, 26(5): 225-227.
- [3] 许自成, 黎妍妍, 肖汉乾, 等. 湖南烟区土壤交换性钙、镁含量及对烤烟品质的影响[J]. 生态学报, 2007, 27(11): 4425-4433.
- [4] Miyasaka S C, Grunes D L. Root zone temperature and calcium effects on phosphorus, sulfur, and micronutrients in winter wheat forage[J]. Agronomy Journal, 1997, 89(5): 230-237.
- [5] Gunes A, Alpaslan M, Inal A. Critical nutrient concentrations and antagonistic and synergistic relationships among the nutrients of NFT-grown young tomato plants[J]. Plant Nutrition, 1998, 21(10): 2035-2047.
- [6] 顾也萍, 罗爱武, 冯学钢, 等. 钾肥对皖南植烟土壤烟叶含钾量的影响[J]. 土壤, 1993, 25(3): 133-136, 151.
- [7] 胡国松, 陈江华, 曹志洪, 等. 田间状况下烤烟养分吸收动力学及其在平衡施肥中的应用[J]. 中国烟草学报, 1996, 3(2): 14-21.
- [8] 强继业, 王化新, 李佛琳, 等. CaCl_2 对烤烟吸收钙、钾营养的影响[J]. 云南农业大学学报, 2001, 16(2): 120-123.
- [9] 李娟, 章明清, 林琼, 等. 钾、钙、镁交互作用对烤烟生长和养分吸收的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2005, 32(4): 529-533.
- [10] 熊德中, 蔡海洋, 罗光, 等. 福建烟区土壤主要理化性状的研究[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(3): 21-24.
- [11] 张仁椒, 洪晓薇, 李春英, 等. 土壤有效氮含量对烤烟氮代谢及氮素营养的影响[J]. 福建农林大学学报: 自然科学版, 2007, 36(4): 342-346.
- [12] 张仁椒, 陈雪芸, 李春英, 等. 土壤有效磷对烤烟生长及磷素营养的影响[J]. 福建农林大学学报: 自然科学版, 2008, 37(2): 117-121.
- [13] 邹文桐, 熊德中. 土壤交换性钙水平对烤烟若干生理代谢的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2010, 37(2): 369-373.
- [14] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 33-55, 73-89, 213-218.
- [15] 邹文桐, 熊德中. 土壤交换性钙水平对烤烟生长发育的影响[J]. 福建农业学报, 2010, 25(1): 96-99.
- [16] 靳双珍, 刘国顺, 闫新甫, 等. 白肋烟干物质和氮素营养田间积累动态与基追比和追肥时期的关系[J]. 江西农业大学学报, 2010, 32(1): 20-24.
- [17] 杨竹青, 陶为民. 不同浓度钙镁营养液对番茄生育的影响及其与元素吸收的关系[J]. 土壤通报, 1994, 25(4): 190-192.
- [18] 张效朴, 郑根宝. 连续施石灰对作物生长及其养分吸收的影响[J]. 土壤学报, 1987, 24(4): 243-251.