

施用钙镁对烤烟钾吸收、循环和含量的影响

韦 忠¹, 沈方科², 王 蕾^{2,3}, 范东升¹, 尹永强¹, 易芬远², 顾明华^{2*}

(1.广西壮族自治区烟草公司河池市公司, 广西 河池 547000; 2.广西大学农学院, 南宁 530005; 3.贺州市农产品质量安全检测中心, 广西 贺州 542800)

摘 要: 通过不同钙镁水平处理(正常、低钙、高钙、低镁、高镁)的水培试验, 研究了钙、镁水平对烤烟钾吸收量、循环、外排和烟叶钾积累量的影响。结果表明, 在本试验条件下, 高钙和高镁处理可以促进烤烟根系对钾素的吸收, 有效减少根系对钾营养的外排, 增加钾的净吸收, 同时能有效地调节钾素在烤烟体内的循环, 并提高烤烟烟叶含钾量。在收获期, 高钙处理的上、中、下部叶的钾含量比对照提高了 0.38、0.41、0.69 个百分点; 高镁处理的分别比对照提高了 0.31、0.42、0.60 个百分点。本试验条件下, 高钙、高镁处理可以提高根系钾的吸收, 减少根系中钾的外排量, 促进伤流液和韧皮部循环以及增加烟叶的钾积累量, 最终提高上、中、下部叶的钾含量。

关键词: 烤烟; 钙; 镁; 钾; 吸收; 循环; 含量

中图分类号: S572.062

文章编号: 1007-5119 (2011) 04-0066-05

DOI: 10.3969/j.issn.1007-5119.2011.04.015

Effects of Calcium and Magnesium Application on Uptake, Circulation and Content of Potassium in Flue-cured Tobacco

WEI Zhong¹, SHEN Fangke², WANG Lei^{2,3}, FAN Dongsheng¹, YIN Yongqiang¹, YI Fenyuan², GU Minghua^{2*}

(1. Hechi Tobacco Corporation of Guangxi Zhuang Nationality Autonomous Region, Hechi, Guangxi 547000, China; 2. Agriculture college of Guangxi University, Nanning 530005, China; 3. Hezhou Quality and Safety Testing Center of Farm Products, Hezhou, Guangxi 542800, China)

Abstract: In order to investigate the effects of calcium and magnesium rates on the root potassium uptake, effluent and leaves potassium accumulation in flue-cured tobacco, solution culture experiment which included normal level, lower calcium level, high calcium level, lower magnesium level, high magnesium level treatments was conducted. The results showed that, high calcium level and magnesium improved the potassium uptake, effectively reduced the effluent of potassium in the root, increased the net uptake of potassium at late growth stage, effectively regulated the circulation of potassium in whole tobacco plant, and increased the potassium content in flue-cured tobacco leaves. The contents of potassium in upper, middle and lower leaves increased by 0.38, 0.41, 0.69 percentage points under high calcium treatment; and increased by 0.31, 0.42, 0.60 percentage points under high magnesium treatment. Under the condition of this study, high calcium and magnesium treatments could increase the root potassium uptake, promote the xylem sap and ploid potassium circulation, reduce the root potassium effluent, enhance the leaves potassium accumulation, increase the potassium content of upper, middle and lower leaf.

Keywords: flue-cured tobacco; calcium; magnesium; potassium; uptake; circulation; content

烟叶含钾量是评价烟叶品质的重要指标之一。含钾量高的烟叶呈深橘黄色, 香气足, 评吸味佳, 富有韧性, 填充性强, 阴燃持火力和燃烧性好^[1-3]。一般认为, 优质烟叶的含钾量应在 2% 以上^[4-5], 而目前我国大部分烟区的烟叶含钾量仍未突破 2%, 其中一个重要的原因是烤烟打顶后通过根系外泄

钾。烟叶钾含量还受烤烟对钾素的吸收、运输、积累能力的影响。目前烟草钾的吸收、积累、分配和循环的决定性因素还有待深入研究。因此, 本试验通过水培试验, 研究钙、镁对烤烟钾吸收、分配及外排的影响, 为提高烤烟吸收、累积钾营养的综合调控技术提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料与试验设计

试验于 2008 年在广西大学农学院土化楼温室大棚进行。供试烤烟品种为云烟 85。采用优质烟漂浮育苗方式进行育苗,于烟苗 7 叶期(7 月 19 日)移栽至无钙、镁的 Hoagland 营养液(钾水平为 7.6 mmol/L)中,设置不同的钙镁组合(表 1),钙肥为 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; 镁肥为 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 。移栽后 73 d 打顶,打顶后开始采收。

表 1 试验处理 mmol/L
Table 1 Treatments

处理	Ca^{2+}	Mg^{2+}
对照	5.0	2.5
低钙	2.5	2.5
高钙	10.0	2.5
低镁	5.0	1.25
高镁	5.0	5.0

1.2 取样时间及测定方法

植株样品的采集:分别在移栽后 30 d(团棵期)、60 d(现蕾期)、75 d(打顶后 2 d)和 90 d(成熟期)9:00 至 18:00 采集烤烟根、茎、上部叶、中部叶和下部叶,每个处理取 3 株,105℃ 杀青、70~80℃ 烘干,称重,粉碎后过 60 目筛,原子吸收法测定烤烟钾、钙、镁含量^[6]。

木质部伤流液和韧皮部液汁的采集:分别在移栽后 30 d 和 60 d 收集茎基部木质部伤流液,在 75 d 收集韧皮部液汁,原子吸收法测定测定伤流液和液汁中钾含量^[6]。

伤流液采集方法:采样当天早上用刀在根部以上 5 cm 左右的茎部割断,用经过洗涤烘干处理的脱脂棉包住茎的断面以吸收流出的伤流液。下午将脱脂棉取出后用注射器将伤流液挤入离心管中,放到液氮中速冻,然后低温保存。

营养液的采集:在每次采集植株样品后,将营养液用蒸馏水定容至 4 L,用原子吸收法分析营养液中钾含量。

根系钾素外排量测定:在烤烟移栽后 78 d(旺

长后期),每处理取 3 株,先用蒸馏水冲洗根部,于 10:00 转入相应处理的无钾营养液中培养 2 h,取出,用蒸馏水定容营养液至 4 L,如此重复数次。原子吸收法测定营养液中钾含量。

2 结果

2.1 烤烟不同器官的钾含量变化

2.1.1 烟叶 上部叶钾含量所有处理移栽后 30 d 至 60 d 缓慢增加(图 1a),60 d 到 90 d 急剧下降。在整个生长期高钙、高镁处理上部叶钾含量显著高于对照、低钙和低镁处理的,对照和低钙处理高于低镁处理,这种差异在移栽后 75 d 前尤为明显。高钙处理钾含量在各个时期分别比对照提高 0.69、0.61、0.82、0.38 个百分点;高镁处理分别比对照提高了 0.86、0.76、0.65、0.31 个百分点。说明增施钙或镁均可促进烤烟上部叶钾含量的提高,其中镁离子的影响作用大于钙。

中部叶钾含量所有处理均随着烟株生长期的延长而呈下降趋势(图 1b)。在整个生长期中,高钙、高镁处理的烤烟中部叶的钾含量高于对照、低钙和低镁处理的,同时低钙与对照的烤烟中部叶的钾含量高于低镁处理的,在移栽后 75 d 前这种差异尤为明显;移栽后 75 d 前低钙处理的烤烟中部叶钾含量显著高于对照的;在移栽后 90 d,对照、低钙和低镁处理的烤烟烟叶钾含量差异不显著。说明高钙或高镁能有效提高烤烟中部叶钾含量,在移栽后 30 d 时效果尤为明显,分别比对照的提高了 0.73、1.00 个百分点;在收获期(移栽后 90 d)分别比对照的提高了 0.41、0.42 个百分点。

下部叶钾含量所有处理均呈现“ ”型变化趋势(图 1c),在移栽后 30 d 至 60 d 急剧下降,60 d 至 75 d 有所上升,而 75 d 至 90 d 又缓缓下降。与上部叶和中部叶相比,下部叶钾含量在移栽后 60 d 至 75 d 后增加了,这可能是由于打顶(移栽后 73 d)导致了钾素的向下运输。低钙、高钙和高镁处理的烤烟下部烟叶钾含量都高于对照,而低镁处理的钾含量低于对照的。在收获期,低钙、高钙和高镁处理比对照钾含量分别高出 0.14、0.69、0.60 个百分

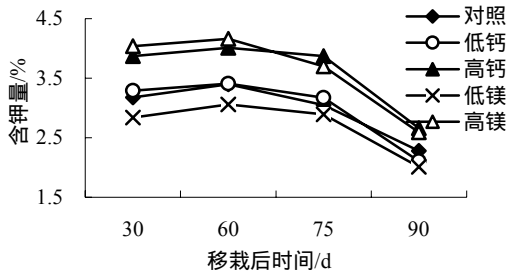


图 1a 上部叶

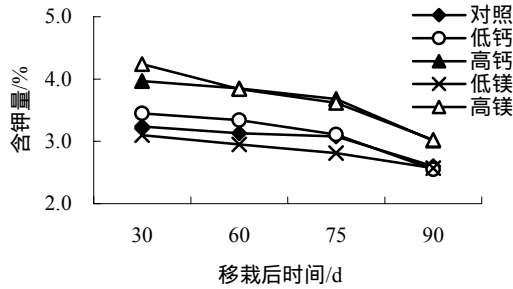


图 1b 中部叶

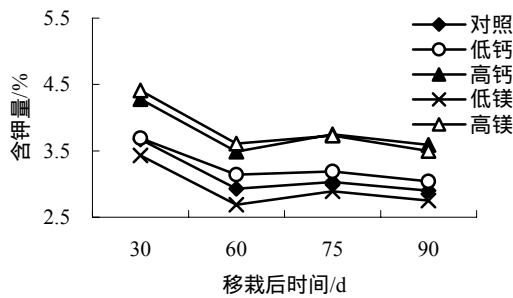


图 1c 下部叶

图 1 各部位叶片钾含量变化

Fig.1 The change of K content in leaves of different position

点。说明高钙、高镁和低钙处理都能提高下部烟叶的钾含量，但高钙和高镁处理的效果更明显。

2.1.2 茎 茎钾含量变化与下部叶相似(图2),也是呈现“ ”型变化趋势,但变幅更大。在移栽后30 d,低钙、高钙、高镁处理的烤烟茎的钾含量都显著高于对照,低镁处理的略低于对照;在移栽后60 d,茎中钾含量表现为高钙 > 高镁 > 低钙 > 低镁 > 对照;在移栽后75 d至90 d,对照的含钾量最高,对照和低镁处理的含量变化不明显,而低钙、高钙和高镁处理的烤烟茎中含钾量大幅度的下降。说明高钙、高镁和低钙促进烤烟前期(移栽后

75 d前)钾在茎中的积累、烤烟后期茎中钾向茎以外的部位输送。

2.1.3 根部 从图3可以看出,在移栽后75 d前,烤烟根部的钾含量随着生育期的延长而下降,在移栽后60 d至75 d尤为明显。在移栽后60 d至75 d及90 d,低钙、高钙和高镁处理的烤烟根的钾含量显著高于对照、低镁处理的。说明高钙、高镁和低钙能促进烤烟根系对钾素的积累。

2.2 施用钙、镁对根系钾外排的影响

图4为移栽后78 d烟株根系外排钾的累加量,烟株在处理2 h后,对照的根系外排钾量(7.89 mg/株)最大,低钙处理的外排量(1.77 mg/株)最小,高钙、低镁和高镁处理间差异不明显;在浸根后4至6 h,对照的根系外排钾累加量仍最高,高钙处理的最小;在浸根后4至8 h,低钙处理的外排量迅速升高并达最高,高钙的外排累积量仍为最低;在浸根8 h后,各处理累积根系钾外排量分别为29.65、32.78、14.82、24.61和18.36 mg/株,高钙和高镁处理比对照处理分别降低了14.83 mg、11.29 mg。说明,高钙和高镁处理可以有效地抑制旺长后期烟株根系的钾素外排。

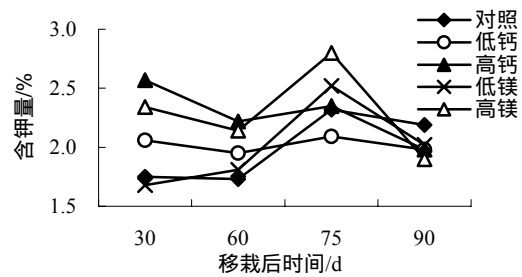


图 2 烟株茎含钾量变化

Fig.2 The change of K content in tobacco stems

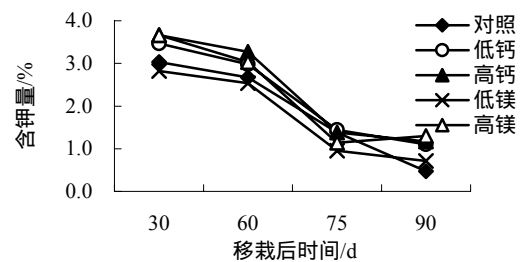


图 3 烟株根含钾量变化

Fig.3 The change of K content in tobacco roots

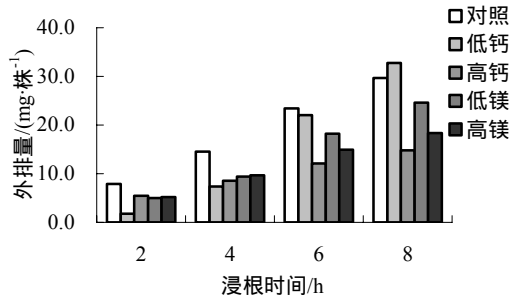


图 4 烟株根系钾素外排

Fig.4 The efflux of K in tobacco roots

2.3 施用钙、镁对烤烟吸收钾能力的影响

在移栽后 30、60 和 75 d 时进行各处理烟株培养前后的培养液 (培养 9 h) 的钾含量的测定, 以钾含量的差值反映烟株对钾的净吸收情况。净吸收=吸收量-外排量, 培养液中钾含量降低说明净吸收为正值, 吸收 > 外排, 钾含量增加说明净吸收为负值, 外排 > 吸收。

在移栽后 30 d, 各处理烟株对钾的净吸收量分别为 22.64、10.32、27.04、6.36 和 31.00 mg (图 5), 高镁处理降低最大, 依次是高钙、对照、低钙、低镁, 各处理间差异显著; 然而, 在移栽后 60 d 和 75 d, 钾净吸收量反而是负值, 说明在烤烟生长中后期植株外排钾量高于钾吸收量。由于烟叶的采收 (移栽后 73 d 开始采收), 烟叶钾向下转移量的减少, 导致根系外排量的减少。在移栽后 60 d, 对照与高钙处理差异不显著, 低钙、低镁、高镁处理净吸收量显著低于对照, 分别比对照降低了 3.98、8.75 和 0.80 mg, 其中低镁处理的最低; 在移栽后 75 d, 烟株净吸收量低钙处理最小、高钙处理的最大, 对照与低镁处理差异不显著, 高镁处理和高钙处理显著高于对照, 分别比对照增加了 15.90 和 8.75 mg。

以上结果说明, 在移栽后 30 d 时, 与对照相比, 高钙和高镁处理能促进烟株对钾素的净吸收, 低钙和低镁处理抑制了烟株对钾素的净吸收; 在移栽

60d, 低钙和低镁处理促进了烟株根系钾的外排; 在移栽后 75 d, 高钙和高镁处理降低了烟株根系钾的外排量, 低钙处理增加了钾的外排量。

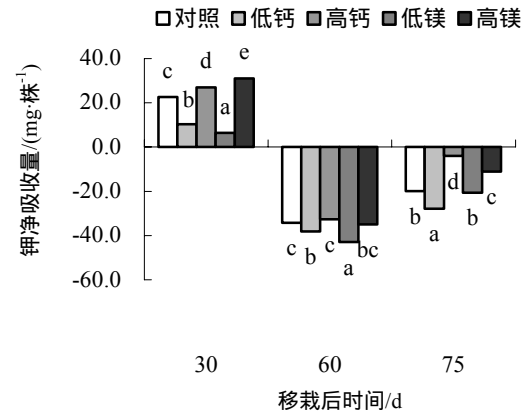


图 5 不同钙镁水平对烟株钾素净吸收的影响

Fig.5 Effects of Ca and Mg levels on net uptake of K

2.4 施用钙、镁对烟株钾循环的影响

表 2 为移栽后 30、60 d 采集的烟株木质部伤流液和移栽后 75 d 采集韧皮部伤流液的钾含量变化。在移栽后 30 d 至 60 d, 各处理的伤流液中钾含量都呈上升趋势, 高钙和高镁处理的均显著高于对照的, 同时低钙和低镁的显著低于对照的; 对照的韧皮部伤流液的钾含量显著高于低钙和低镁处理, 而显著低于高钙和高镁处理。说明, 高钙、高镁能有效地调节钾素在烟株体内的循环。

3 讨 论

烤烟的钾吸收能力取决于根系的钾吸收量与钾外排量。有研究表明, 施用钙、镁肥均能显著提高烤烟对钾、钙、镁营养的吸收能力^[7]。但打顶后促进了根系的发育使吸收能力增强, 外排量减少^[8]。本研究表明在生育前期烤烟对营养元素以吸收为主的, 现蕾期开始出现营养外溢 (图 5)。烤烟体内的钾素通过根系排到营养液中^[9-10]。本试验的高钙、高镁处理可以促进根系对钾的吸收, 在后期能减

表 2 烤烟木质部和韧皮部伤流液钾含量

Table 2 The K content of bleeding sap in xylem and phlem of flue-cured tobacco

移栽后时间/d	伤流液部位	对照/%	低钙/%	高钙/%	低镁/%	高镁/%
30	木质部	0.25c	0.13d	0.35a	0.13d	0.32b
60	木质部	0.34c	0.23e	0.62a	0.27d	0.44b
75	韧皮部	0.40c	0.27e	0.67a	0.30d	0.50b

少钾的外溢,有效降低打顶后烤烟钾素外排量,从而提高了烟株钾的净吸收量。因此,合理施用钙镁可以提高烤烟根系的吸收量,减少烤烟后期根系钾素的外排量,为提高烤烟烟叶的含钾量提供条件。

植物体内的养分循环是指根系吸收的矿质营养,经木质部运输到地上部,其中一部分养分又经韧皮部返回根系的过程。经韧皮部运输至根系的养分,在特定的条件下提供地上部对养分需求的信号,根系反馈信号来调节吸收速率^[11]。移栽 30、60 d 后高钙、高镁处理的烤烟伤流液中的钾含量显著高于对照的,移栽 70 d 后高钙、高镁处理的烤烟韧皮部的钾含量显著高于对照的,可能是因为在移栽后 30、60 d 烤烟地上部对钾的需求量大,根系吸收速率提高,往地上部运输量增加,高钙、高镁处理的烤烟韧皮部钾养分反馈地上部的信号并进行更迅速的调节;移栽 70 d 后,高钙、高镁处理的烤烟韧皮部的钾含量高于对照的,说明高钙、高镁处理地上部对钾的需求量比对照的少。推测可能的原因是高钙、高镁处理的烤烟体内的信号传递和反馈的能力更强,有待试验进一步更深的研究。

一定钾、钙、镁比例下,三者之间可能存在着协同作用^[12],施用钙、镁肥均能显著提高烟叶的钾含量。在本次试验条件下,高钙有提高烟叶含钾量的作用(图 1~3、表 2),说明钙与钾之间有促进作用,本研究结果与李娟等^[7]、强继业等^[13]、夏巍^[14]的结果一致,营养液中的钙水平增加,可以促进烤烟对钾的吸收,提高烟株各器官的钾含量。本研究也表明,随施镁量的增加烟株各部位钾含量也逐渐增加(图 1~3、表 2)。研究普遍认为烟株中钾的吸收与镁之间存在负相关关系^[15]。但也有观点认为,镁对钾的吸收具有促进作用,烤烟体内钾含量因适量施镁而提高^[16]。朱英华等^[17]也研究表明,烤烟钾含量随着营养液中镁浓度的升高而增加,当营养液镁浓度超过 8 mmol/L 时,烟株生长受到抑制。本试验条件下,高镁可以提高烤烟的钾含量,低镁明显抑制钾的吸收。

4 小 结

在本试验条件下,施用钙 10 mmol/L、镁 2.5 mmol/L 和钙 5 mmol/L、镁 5 mmol/L 的处理均可以

减少烤烟后期钾外排,增加钾素的净吸收,有效调节木质部伤流液和韧皮部伤流液中钾的循环,显著提高烟叶的钾含量。

参考文献

- [1] 李佛琳,彭桂芬,萧凤回,等. 我国烟草钾素研究的现状与展望[J]. 中国烟草科学, 1999, 20(1): 22-25.
- [2] 汪邓民,周翼衡. 干旱胁迫下钾对烤烟生长及抗性的生理调节[J]. 中国烟草科学, 1998, 19(3): 26-29.
- [3] 施卫省,王亚明,戈振扬,等. 营养元素对烟草产量和品质的影响与对策[J]. 农业系统科学与综合研究, 2003, 19(4): 310-312.
- [4] 杨铁钊,夏巍,范进华. 不同供钾水平下烟草钾积累特性研究[J]. 河南科学, 2005(6): 375-378.
- [5] 张一扬,肖汉乾,李明德,等. 钾素营养对烤烟生长及养分吸收的影响[J]. 土壤通报, 2004, 35(4): 466-469.
- [6] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京: 农业出版社, 2000.
- [7] 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.
- [8] 阮妙鸿. 钾钙镁营养的相互关系及其对烤烟碳代谢的影响[D]. 福州: 福建农林大学, 2004.
- [9] 舒海燕,常胜合,杨铁钊. 烟草钾素外排及其预防的初步研究[J]. 作物杂志, 2005(2): 16-17.
- [10] 郑宪滨,曹一平,张福锁,等. 不同供钾水平下烤烟体内钾的循环、积累和分配[J]. 植物营养与肥料学报, 2000, 6(2): 166-172.
- [11] 石秋梅,李春俭. 养分在植物体内循环的奥秘[J]. 植物杂志, 2003(4): 34-35.
- [12] 陈际型,宣家祥. 低盐基土壤 K、Ca、Mg 的交互作用对水稻生长与养分影响[J]. 土壤通报, 1999, 36(4): 433-439.
- [13] 强继业,王化新,李佛琳,等. CaCl₂ 对烤烟吸收钙、钾营养的影响[J]. 云南农业大学学报, 2001, 16(2): 120-122.
- [14] 夏巍. 不同供钾、钙和 pH 对烟草钾积累特性影响与品种相应的研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2005.
- [15] 李永忠,蒋志宏,刘雅婷,等. 供 Mg 水平对烤烟累积 N、K、Ca、Mg 的影响[J]. 福建农林大学学报, 2002, 31(3): 294-296.
- [16] 徐畅,陈祖富,高明,等. 供镁水平对烤烟生长及养分吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(1): 191-196.
- [17] 朱英华,屠乃美,关广晟,等. 镁水平对烤烟干物质积累及养分吸收的影响[J]. 湖南农业大学学报, 2007, 12(6): 681-686.