

不同浓度钾营养液对烟草苗期矿质营养吸收与积累的影响

介晓磊^{1,2}, 刘芳¹, 化党领¹, 刘世亮^{1*}, 雷广海¹

(1. 河南农业大学, 河南 郑州 450002; 2. 郑州牧业工程高等专科学校, 河南 郑州 450008)

摘要: 采用水培的方法, 研究了烟草苗期在不同浓度钾营养液中对几种矿质养分的吸收与积累的影响。结果表明, 在其它养分形态与浓度一致条件下, 随钾浓度从 75 mg/L 提高到 900 mg/L, 烟草生长量呈抛物线型变化, 在供钾浓度为 300 mg/L 时积累量最大。烟株中钾、锌含量随供钾水平的提高而增加, 当供钾水平为 900 mg/L 时, 钾、锌含量达到最大; 钙、镁、铜含量随着钾浓度的提高均减少; 氮、磷、锰的含量呈抛物线型变化, 但是氮、磷含量在钾浓度为 300 mg/L 时达到最大, 而锰含量在供钾水平为 450 mg/L 达到最大。随供钾水平从 75 mg/L 增加到 900 mg/L, 烟株内氮、磷、钙、锰、钾积累量均呈抛物线型变化, 当钾浓度为 300 mg/L 时, 氮、磷、钙、锰积累量达到最大, 而钾积累量在钾浓度为 450 mg/L 时达到最大; 镁、铜在烟株内积累量持续下降; 而锌积累量则持续上升。烟草叶片中各元素含量和积累量的变化趋势与整株基本一致。

关键词: 烟草; 钾素; 矿质养分; 含量; 积累量; 水培

中图分类号: S572; S143.3

文献标识码: A

文章编号: 1000-7601(2009)03-0158-05

烤烟含钾量是评价烟叶内在品质高低的一项重要指标^[1,2], 钾既对烟叶的可燃性有明显作用, 又与烟叶香味及烟制品安全性密切相关。国际优质烟叶含钾量应不于 2.5%, 而我国烟叶平均含钾量不到 2%^[3]。较低的叶含钾量一直困扰着我国烟草生产, 成为进一步提高烟叶质量的主要限制因素。因此, 多年来人们就如何提高烟叶钾素含量上作了大量的研究工作。研究表明, 随着钾肥施用量的增加, 烟叶产量和含钾量会明显提高^[4]。郑宪滨等^[5]的营养液培养结果表明, 供钾水平对烤烟干物重影响不显著, 但供钾水平提高能显著提高烤烟叶片以及根和茎的含钾量, 增加烤烟体内钾素累积, 从而改善烟叶的品质。黄贵萍和钱晓刚^[6]研究认为, 增加钾肥用量, 并不能显著提高烟叶含钾量, 高钾处理的烟叶含钾量仅比低钾处理提高 0.2% 左右, 因此, 钾肥施用量能否改善烟叶品质仍是需要进一步研究的课题。所以, 烟叶含钾量不仅取决于土壤供钾水平和钾肥施用量, 而且与土壤中其它相关离子存在显著的交互作用。有研究表明, 在土壤供钾水平并非为烤烟含钾量限制因子的条件下, 烤烟含钾量的高低取决与烤烟体内钾与其它离子的关系^[7~9]。这就需要从微观上加强烟草矿质营养离子之间的协同与拮抗关系

研究, 以及外界环境对烟草矿质营养吸收与积累的研究。因此, 探明烤烟体内钾与其它离子的相互关系, 对生产上合理施肥具有重要意义。同时, 烟草吸收养分是一个动态的过程, 烟草对不同养分离子的吸收过程以及在不同浓度下的吸收机理可能是不同的^[10]。本文采用水培研究的方法, 控制体系一定的 pH 条件和养分离子浓度, 研究不同的钾浓度对烟草苗期吸收钾素和其它一些养分元素的影响, 以期在理论上更深层次探讨烟草矿质营养离子之间的协同与拮抗关系, 以及外界条件对烟草矿质营养吸收与积累的影响, 为烟草生产中施肥与养分管理提供理论和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验于 2002 年在河南农业大学玻璃温室中进行水培研究。供试烤烟品种为 NC89。取生长一致的 6 叶龄烟苗, 洗净根系后进行栽植。

1.2 处理设置

试验设 6 个钾浓度水平, 分别为 75、150、300、450、600、900 mg/L, 钾盐采用硝酸钾 KNO₃(AR)。

收稿日期: 2008-10-08

基金项目: 河南省烟草专卖局重大项目“河南省优质烤烟营养条件与烟叶品质相互关系的研究”(HYKJ200203); 河南省自然科学基金“烟草成熟期烟叶钾降低与土壤钾钙镁相互关系研究”(2007210020)

作者简介: 介晓磊(1963—), 男, 河南临颖人, 博士, 教授, 主要从事土壤—植物营养研究。

* 通讯作者: 刘世亮(1970—), 男, 河南信阳人, 博士, 副教授, 主要从事土壤化学与植物营养研究。E-mail: shliu70@163.com。

1.3 试验装置与营养液

采用 44.5 cm × 32.0 cm × 16.5 cm 方形不透光塑料箱,上面用具孔糠醛泡沫板固定烟苗,使烟苗根系伸入营养液内。每箱内装营养液 21 000 ml,栽植 4 株烟苗。用供氧泵定时通气。营养液用蒸馏水配置,各种养分均用分析纯(AR)试剂提供。供试各处理除钾离子含量有差异外,营养液中其它各种待测养分离子浓度保持一致。各种元素 N、P、Ca、Mg、Zn、Cu、Mn、B、Mo 和 Fe 的浓度分别为 140、40、150、40、0.05、0.02、0.50、0.50、0.05 和 5.60 mg/L,营养液中保持氮素形态一致, $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ 为 3/7,铁素为 Fe-EDTA。营养液的 pH 为 5.8。前期每 4 d 更换一次营养液,后期每 2 d 更换一次营养液。每 2 d 用酸度计测定营养液 pH 并用稀酸 (H_2SO_4) 或稀碱 (NaOH) 调节 pH 值至规定范围 5.8 ± 0.1 。

1.4 样品测定方法

烟苗于 2002 年 4 月 15 日移栽,5 月 30 日取样,分为根、茎、叶三部分,85℃ 杀青 30 min 后,在 65℃ 条件下烘干、粉碎后过 0.4 mm 筛。样品经 $\text{H}_2\text{SO}_4-\text{H}_2\text{O}_2$ 消化后,氮用凯氏蒸馏法测定,磷用钒钼黄比

色法测定,钾用火焰光度法测定,钙、镁、铜、锌、锰用原子吸收法测定^[11]。

2 结果与分析

2.1 不同钾水平对烟草苗期生长干物质重量的影响

烟株苗期在不同钾水平的营养液中生长量是不同的(见表 1)。营养液中钾素水平较低时,烟草叶片、茎、根干物质重量与全株干物质重量均随着营养液中钾水平的提高而增加,当营养液中钾水平为 300 mg/L 时,烟草叶片、茎、根和全株的干物质重量达最大值,分别为 9.71、6.85、2.11 和 18.67 g/株。营养液中钾水平高于 300 mg/L 时,烟株苗期干物质重量出现下降趋势,这可能是当营养液中钾素浓度过高时,营养液中钾离子供应强度过大,影响其它离子的吸收,进而影响烟株生长量。即当钾水平超过 300 mg/L 时,将影响烟草对其它元素的吸收,进而影响烟草的生长和积累,这与赵久明等^[12]的研究结果是一致的。由表 1 还可以看出,根、茎、叶的干物质重量最大值出现在同一钾水平下,且远高于相邻营养液钾水平下根、茎、叶干物质的重量。

表 1 不同钾水平下烟草苗期生长干物质重量(g/株)

Table 1 Dry matter accumulation under different levels of K^+ during tobacco seedling stage(g/plant)

项目 Items	钾素水平 K level (mg/kg)					
	75	150	300	450	600	900
叶 Leaf	6.80	8.00	9.71	9.00	8.46	7.50
茎 Stem	3.98	5.64	6.85	6.01	5.14	4.44
根 Root	1.01	1.78	2.11	1.90	1.77	1.51
全株 Total	11.79	15.42	18.67	16.91	15.37	13.45

2.2 不同钾水平对烟株苗期主要矿质养分含量与积累量的影响

2.2.1 对全株内主要矿质养分含量的影响 营养液中的钾水平对烟株苗期几种养分含量有着明显的影响(表 2)。营养液中钾水平从 75 mg/L 增加到 300 mg/L 的过程中,烟株中氮含量从 26.17 g/kg 升到 30.51 g/kg,而钾水平从 300 mg/L 增加到 900 mg/L 的过程中,氮含量从 30.51 g/kg 降为 27.04 g/kg,说明钾在低浓度时,钾是影响烟株生长的限制因子,表现为随着钾浓度的提高,烟株生长量增加,氮与钾表现为协同关系,当营养液中钾离子供应强度过大,影响其它离子的吸收,氮钾表现为拮抗关系;营养液中钾水平与磷含量之间的关系同钾与氮之间的关系相似,但变化不明显;钾与锰在钾水平较低时表现为协同关系,而当钾水平较高时表现为拮抗关系,钾浓度是 450 mg/L 时为其转折点;随着钾

浓度的提高,钙、镁、铜含量均减少;而钾与锌则表现为协同作用。各养分元素在烟株苗期中的浓度与营养液中钾浓度之间可以拟合下列方程,均达到显著或极显著水平(表 3)。

2.2.2 对烟株苗期主要养分积累量的影响 烟株苗期养分积累量决定于烟草吸收养分含量与烟株干物重情况,营养液中的钾水平与烟草苗期几种养分积累量密切相关。由表 2 可见,当钾浓度低于 300 mg/L 时,氮、磷、钙、锰积累量均与营养液中钾水平呈正相关,而当营养液中钾浓度高于 300 mg/L 时,其积累量均与营养液中钾水平呈负相关;钾素积累量随钾素水平的提高先增后降,当钾浓度为 450 mg/L 时积累量达最大,为 1 098.54 mg/株;镁积累量随钾水平的提高持续下降,呈负相关;而锌积累量则持续上升,呈正相关;铜积累量在钾浓度低于 300 mg/L 时变化较缓,当高于 300 mg/L 时则急剧下降。

各养分元素在烟株苗期的积累量与营养液中钾浓度 (表 4)。之间可以拟合下列方程,均达到显著或极显著水平

表 2 不同钾水平下烟株苗期主要矿质养分的含量与积累量

Table 2 Content and accumulations of several nutrients under different K⁺ levels during tobacco seedling stage

K ⁺ 浓度 K ⁺ concentration (mg/L)	N		P		K		Ca		Mg		Zn		Cu		Mn	
	含量 Content (g/kg)	积累 Accum- ulation (mg/plant)														
75	26.17	308.55	5.00	58.98	21.71	255.96	35.68	420.72	10.80	127.30	35.57	0.42	22.87	0.27	28.82	0.34
150	29.24	450.84	6.88	106.14	51.26	790.38	29.86	460.38	8.41	129.63	47.06	0.73	18.37	0.28	53.60	0.83
300	30.51	569.67	7.46	139.19	61.53	1148.78	26.16	488.48	5.17	96.57	55.10	1.03	14.16	0.26	60.11	1.12
450	30.41	514.22	6.81	115.10	64.96	1098.54	21.58	364.90	3.90	65.96	61.77	1.04	10.74	0.18	59.98	1.01
600	29.22	449.13	6.43	98.87	70.66	1085.98	16.97	260.75	2.74	42.15	75.58	1.16	7.29	0.11	48.44	0.74
900	27.04	363.66	5.31	71.49	74.25	998.70	9.34	125.60	1.28	17.21	100.28	1.35	3.17	0.04	35.58	0.48

表 3 营养液中钾水平(x)与烟株苗期主要矿质养分含量(y)之间回归关系

Table 3 Regression between K⁺ level and content of several nutrients in tobacco seedling stage

养分种类 Nutrient	方程 Equation	R ²
N	$y = -2E-05x^2 + 0.0194x + 25.845$	0.7929
P	$y = -1E-05x^2 + 0.0087x + 5.1233$	0.6486
K	$y = -0.0001x^2 + 0.1567x + 19.924$	0.8683
Ca	$y = 1E-05x^2 - 0.0412x + 37.467$	0.9897
Mg	$y = 2E-05x^2 - 0.0257x + 12.184$	0.9842
Zn	$y = 1E-05x^2 + 0.0613x + 33.966$	0.9881
Cu	$y = 2E-05x^2 - 0.0412x + 25.071$	0.9933
Mn	$y = -0.0001x^2 + 0.1306x + 28.627$	0.7039

2.3 不同钾水平对苗期叶片内养分含量与积累量的影响

从表 5 可以看出,营养液中的钾水平对苗期叶片内主要养分含量与积累量有着明显的影响。总体

来说,随营养液钾浓度的提高,烟株苗期叶片内养分含量与积累量与整株烟草中的变化趋势非常相似(见表 5)。

表 4 营养液中钾水平(x)与烟株苗期主要矿质养分积累量(y)之间回归关系

Table 4 Regression between K⁺ level and accumulation of several nutrients in tobacco seedling stage

养分种类 Nutrient	方程 Equation	R ²
N	$y = -0.001x^2 + 0.9758x + 295.23$	0.6944
P	$y = -0.0003x^2 + 0.2756x + 58.896$	0.6422
K	$y = -0.0029x^2 + 3.4901x + 188.06$	0.8078
Ca	$y = -0.0005x^2 + 0.0368x + 454.4$	0.9139
Mg	$y = 8E-05x^2 - 0.222x + 152.04$	0.9808
Zn	$y = -1E-06x^2 + 0.0022x + 0.3518$	0.9342
Cu	$y = -8E-08x^2 - 0.0002x + 0.309$	0.9477
Mn	$y = -0.1076x^2 + 0.7629x - 0.2839$	0.9511

表 5 不同钾水平下苗期叶片主要矿质养分的含量与积累量

Table 5 Content and accumulation of several nutrients in tobacco leaves under different K⁺ levels during tobacco seedling stage

K ⁺ 浓度 K ⁺ concentration (mg/L)	N		P		K		Ca		Mg		Zn		Cu		Mn	
	含量 Content (g/kg)	积累 Accum- ulation (mg/plant)														
75	26.17	308.55	5.00	58.98	21.71	255.96	35.68	420.72	10.80	127.30	35.57	0.42	22.87	0.27	28.82	0.34
150	34.60	276.80	8.10	64.80	54.40	435.20	39.49	315.88	8.80	70.37	43.00	0.34	19.10	0.15	63.00	0.50
300	35.10	340.82	8.50	82.54	63.50	616.59	34.46	334.56	5.02	48.77	51.00	0.50	15.90	0.15	66.80	0.65
450	35.50	319.50	7.80	70.20	67.30	605.70	26.35	237.16	4.11	37.02	54.80	0.49	12.00	0.11	71.00	0.64
600	34.10	288.49	7.40	62.60	73.40	620.96	20.67	174.83	2.93	24.79	70.30	0.59	7.50	0.06	59.00	0.50
900	31.50	236.25	6.10	45.75	76.80	576.00	10.90	81.77	1.04	7.76	98.40	0.74	2.50	0.02	45.30	0.34

2.3.1 对叶片内几种养分含量的影响 当营养液中钾水平从 75 mg/L 增加到 450 mg/L, 叶片中氮含量从 31.0 g/kg 稳步达到 35.5 g/kg, 而当钾水平从 450 mg/L 增加到 900 mg/L, 氮含量又从 35.5 g/kg 降为 31.50 g/kg, 说明钾在低浓度时, 不能维持烟草的正常需求, 所以随钾浓度的提高(即限制因子的逐步解除), 烟叶生长量显著增加, 氮与钾表现为相助关系; 当营养液中钾离子供应强度过大, 影响烟草对其它离子的吸收, 二者表现为拮抗关系; 钾和磷之间与钾和氮之间的关系相似, 但转折点为钾浓度 300 mg/L; 当钾浓度低于 450 mg/L 时, 钾与锰表现为相助关系, 而钾水平高于 450 mg/L 时, 二者表现为拮抗关系; 随营养液中钾浓度的提高, 钾与钙、镁、铜均表现为拮抗作用; 而钾与锌则表现为协同作用。各养分元素在苗期叶片中的含量与营养液中钾浓度之间可以拟合下列方程(表 6)。

表 6 营养液中钾水平(x)与苗期叶片主要矿质养分含量(y)之间回归关系

Table 6 Regression between K⁺ level and content of several nutrients in tobacco leaves

养分种类 Nutrient	方程 Equation	R ²
N	$y = -2E-05x^2 + 0.0199x + 30.792$	0.7822
P	$y = -1E-05x^2 + 0.0088x + 6.2069$	0.6450
K	$y = -0.0001x^2 + 0.1632x + 20.63$	0.8514
Ca	$y = 2E-05x^2 - 0.059x + 49.581$	0.9945
Mg	$y = 2E-05x^2 - 0.0269x + 12.73$	0.9715
Zn	$y = 3E-05x^2 + 0.046x + 31.53$	0.9818
Cu	$y = 1E-05x^2 - 0.0333x + 24.618$	0.9951
Mn	$y = -0.0001x^2 + 0.1435x + 34.669$	0.7125

2.3.2 对苗期叶片内养分积累量的影响 表 5 表明, 苗期叶片内养分积累量与全株的变化趋势情况很相似。当营养液中钾浓度低于 300 mg/L 时, 叶片内氮、磷、钙、锰积累量均与营养液中钾水平呈正相关, 当钾浓度高于 300 mg/L 时, 氮、磷、钙、锰积累量均与营养液中钾水平呈负相关; 钾素积累量随着钾素水平的提高而增加, 当钾浓度为 600 mg/L 时钾素积累量最大, 为 620.96 mg/株; 镁积累量随钾水平的提高持续下降, 呈负相关; 而锌积累量与钾水平则呈正相关; 当钾浓度低于 300 mg/L 时, 对铜积累量无明显影响, 但当钾浓度高于 300 mg/L 时, 铜积累量急剧下降。各养分元素在烟叶中的积累量与营养液中钾浓度之间可以拟合下列方程(表 7)。

表 7 营养液钾水平(x)与苗期叶片主要矿质养分积累量(y)之间回归关系

Table 7 Regression between K⁺ level and accumulation of several nutrients in tobacco leaves

养分种类 Nutrient	方程 Equation	R ²
N	$y = -0.0006x^2 + 0.5338x + 196.88$	0.7714
P	$y = -0.0002x^2 + 0.1505x + 39.752$	0.6873
K	$y = -0.0015x^2 + 1.8873x + 106.73$	0.8421
Ca	$y = -0.0002x^2 - 0.0986x + 337.95$	0.9348
Mg	$y = 6E-05x^2 - 0.1421x + 88.419$	0.9971
Zn	$y = -4E-07x^2 + 0.0009x + 0.1852$	0.9523
Cu	$y = -9E-08x^2 - 9E-05x + 0.1692$	0.9460
Mn	$y = -2E-06x^2 + 0.0018x + 0.2094$	0.7604

3 结论与讨论

1) 在营养液中其它养分离子形态与浓度一致的条件下, 随着钾素供应量的提高, 烟草苗期的生长和干物质呈抛物线型变化。在供钾浓度为 300 mg/L 时烟株生长及干物质积累量最大。植物根、茎、叶各器官的变化基本一致。

2) 随供钾水平从 75 mg/L 增加到 900 mg/L, 烟株苗期钾、锌含量随供钾水平的提高而增加, 当钾水平为 900 mg/L 时, 中钾、锌含量分别达到 74.25 mg/kg 和 100.28 mg/kg; 而钾与钙、镁、铜均表现为拮抗作用; 氮、磷、锰的含量均呈抛物线型变化, 但各元素达最大含量时的钾水平各不相同; 烟草苗期叶片中各元素含量的变化趋势与此相似。

3) 随供钾水平从 75 mg/L 增加到 900 mg/L, 烟株内氮、磷、钙、锰、钾积累量均呈抛物线型变化, 当钾浓度为 300 mg/L 时, 氮、磷、钙、锰积累量达到最大, 而钾积累量在钾浓度为 450 mg/L 时达到最大; 镁、铜素积累量随钾水平的提高而持续下降, 而锌积累量则持续上升。烟草叶片中各元素积累量的变化趋势与此相似。

参考文献:

[1] 胡国松, 郑伟, 王震东, 等. 烤烟营养原理[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
 [2] 洪丽芳, 付利波, 苏帆, 等. 生长素对烟株中钾的分配和积累的影响[J]. 作物学报, 2003, 29(3): 457-461.
 [3] 曾洪玉, 张国治, 苏以荣, 等. 烟草钾素营养与提高烤烟烟叶含钾量的研究现状与展望[J]. 云南农业大学学报, 2005, 20(2): 219-224.

- [4] 刘中阳, 刘芳, 化党领, 等. 不同植物生长调节剂和钾素水平对烟草生长发育的影响[J]. 中国农学通报, 2006, 22(10): 195-198.
- [5] 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、累积和分配[J]. 植物营养与肥料学报, 2000, 6(2): 166-172.
- [6] 黄贵萍, 钱晓刚. 钾肥施用技术与烤烟产量、烟叶含钾量研究[J]. 耕作与栽培, 1999, (2): 39-40.
- [7] 赵鹏, 谭金芳, 介晓磊, 等. 施钾条件下烟草钾与钙镁相互关系的研究[J]. 中国烟草学报, 2000, (1): 23-25.
- [8] 介晓磊, 刘世亮, 李有田, 等. 不同浓度钙营养液对烟草矿质营养吸收与积累的影响[J]. 土壤通报, 2005, 36(4): 560-564.
- [9] 晋艳, 雷永和. 烟草中钾钙镁相互关系研究初报[J]. 云南农业科技, 1999, (3): 6-9, 47.
- [10] 雷广海. 烟草矿质营养相互关系研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2003.
- [11] 南京农业大学. 土壤农化分析[M]. 北京: 农业出版社, 1990.
- [12] 赵久明, 戴建军, 丁伟. 不同施钾水平对烤烟产质量影响的研究[J]. 东北农业大学学报, 1999, 30(1): 41-43.

Effect of K^+ concentration on absorption and accumulation of mineral nutrients during tobacco seedling stage

JIE Xiao-lei^{1,2}, LIU Fang¹, HUA Dang-ling¹, LIU Shi-liang^{1*}, LEI Guang-hai¹

(1. Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;

2. Zhengzhou College of Animal Husbandry Engineering, Zhengzhou 450011, China)

Abstract: The effect of K^+ concentration on the absorption and accumulation of several mineral nutrients in tobacco was studied by water-culture method. The results showed that, with the increasing supply of K^+ from 75 mg/L to 900 mg/L, the tobacco biomass varied in a shape of parabola and got a peak value at 300 mg/L of K^+ . The K^+ and Zn content of tobacco was increased with K^+ supplied in solution, and when K^+ concentration was 900 mg/L, the K and Zn content in tobacco reached the maximum. And the Ca, Mg and Cu content was reduced with K^+ supplied in solution. The N, P and Mn content varied in a shape of parabola and N and P content got a peak value at 300 mg/L of K^+ , while Mn at 450 mg/L. With the increasing supply of K^+ from 75 mg/L to 900 mg/L, the accumulation of N, P, Ca, Mn and K in tobacco varied in a shape of parabola and N, P, Ca and Mn got a peak value at 300 mg/L of K^+ , while K got the peak value at 450 mg/L. The accumulation of Mg and Cu was lowered steadily, while Zn was increased. The changes of the content and accumulation of the determined nutrients in tobacco leaves with the increasing of K^+ were similar to those in the whole plant.

Keywords: tobacco; potassium(K); mineral nutrient; content; accumulation; water-culture