我国烤烟含钾量低的原因及解决途径

韩锦峰[1], 朱大恒[3], 刘华山[2*], 白海群[1], 李晶新[1], 李伟观[4]
(1. 河南农业大学 农学院, 河南 郑州 450002; 2. 河南农业大学 生命科学学院, 河南 郑州 450002;
3. 郑州大学 生物系, 河南 郑州 450052; 4. 襄城县烟草公司, 河南 襄城 461700)

摘要: 综述了我国烤烟叶片含钾量现状, 烟叶含钾量低的可能原因及影响烟叶钾含量的主要因素。指出成熟期间钾素的流失(通过根外泄钾, 通过叶淋失钾)是造成烟叶钾含量低的主要或重要原因, 并有针对性地提出提高我国烟叶钾含量的主要措施。

关键词: 烤烟; 含钾量; 影响因素; 栽培措施
中图分类号: S572　　文献标识码: B　　文章编号: 1004－3268(2010)02－0032－05

烤烟含钾(K)量是其重要品质指标之一。它影响烟叶的燃烧性、香气味以及卷烟制品安全性等多个品质性状。我国烤烟叶片含钾量低已是不争的事实, 对于低的原因也有些探讨[1-3], 但真正的原因并不清楚, 因而采取措施的针对性不强, 以致我国烟叶 K 含量低仍是亟待探讨和解决的问题。以下试图从生理和栽培等多方面进行分析, 以期提出针对性较强的提高烟叶含钾量的措施。

1　国内外烤烟叶片含钾水平比较

优质烟叶的含钾量应在 2%以上[4,5]。美国烟叶含钾量一般为 4%～5%, 有的甚至达 8%～10%, 巴西和津巴布韦等国的烟叶均在 2%以上[6,7]; 我国烤烟叶片钾含量较低, 平均含钾量为 1%～2%[7,8], 北方烟区烟叶含钾 1.5%左右, 南方烟区烟叶钾含量比北方烟区稍高。云南、贵州烟区的一些地方烟叶含钾量可接近或达到 2%, 无论南方、北方, 我国烟叶含钾量均低于国外的优质烟叶。

2　我国烟叶含钾量低的原因分析

2.1　稀释说

美国的烤烟成熟期干物质积累速度低于钾的吸收积累[9,10]; 与之相反, 我国烤烟成熟期干物质积累速度无论南方烟区, 还是北方烟区均大于钾的吸收积累[7,11]。研究者据此把我国烟叶含钾量低于外国烟叶的原因归之为成熟期烤烟干物质积累量超过钾积累而造成的稀释效应[7,11,12]。对于这一观点也有不同看法。杨铁钊等[13]研究了 5 种不同基因型烟草叶片的钾积累特性后指出, 5 个基因型烟草成熟期干物质积累的增长平均为 21.91%, 但烟叶的相对钾含量却平均下降了 41.53%, 即钾含量的下降率大于干物质积累率。由此认为, 烟叶成熟期含钾量低不能用稀释效应来解释。

2.2　钾流失说

郑宪滨等[14]用营养液培养烟株证明, 打顶后 10 d 内, 烟株有大量 K 沿韧皮部由地上部回流到根中, 回流的 K 量占由根运到地上部 K 量的 50%以上, 甚至达 73.9%, 叶片中的钾净输出。用营养土培^{86}Rb 示踪研究表明, 在现蕾期和成熟期通过根系流失的钾可达烟株^{86}Rb 放射性活度积累的 12.7%～13.2%[15]或 0.29 mg/(株·h)[16]。

洪丽芳等[17]在大田用^{86}Rb 进行的研究也证明, 打顶后 5～35 d 内根系明显外泄 K^+, 叶片分配的^{86}Rb 减少, 随生育期推进, 特别是在不良栽培条件下根系 K^+ 外流量增大[15,17,18]。可以认为, 烟株打顶后通过根系外泄 K 可能是一种不可避免的生理现象, 它可能是成熟烟叶 K 含量低的一个重要原因。

雨水能淋失植物中的有机物和无机物质[19]。烟叶成熟期常有降雨特别是南方烟区雨水更多, 自然也会淋失烟叶中的钾。模拟降水研究证明, 打顶后 5 d, 淋水 1 h, 钾淋失量每 1000 cm^2 达 0.7 mg; 连续淋水 5 h, 100 cm^2 累计淋失 K 量 2 mg, K 的淋失率可达

收稿日期: 2009－08－29
基金项目: 河南省烟草公司科技攻关项目(HYJK200202)
作者简介: 韩锦峰(1934－), 男, 河南太康人, 教授, 博士生导师, 主要从事烟草生理生化教学和科研工作。
*通讯作者: 刘华山(1951－), 女, 辽宁盖州人, 教授, 博士生导师, 主要从事烟草生理生化教学和科研工作。

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

20%左右[20]。^{86}Rb示踪试验证明，向叶面喷淋水时淋失的^{86}Rb放射性活度占烟株的^{86}Rb放射性总活度5.7%~7.1%，而且淋失量随生育期推进，即随叶片衰老而增多[15]。当然雨水还能大量淋失土壤中营养成分，特别是土壤中的钾[21]，影响了烟株对K的吸收积累。我们将烟株通过根和叶片外排钾的现象，权且称为钾流失说。

2.3 钾分配不合理说

^{86}Rb示踪试验证明，打顶使叶片中^{86}Rb分配比例下降，根茎中分配比例增加[14-17]；在低钾条件下，圆顶期是钾向叶片分配下降的转折点[22]；在高钾条件下，打顶期是下降的转折点[22]；进入烟叶成熟期，钾从根、茎向叶分配的能力大大减弱。生长素处理则可使叶中的分配比例增加，根、茎分配的比例下降[17]。由此认为，成熟期烟叶中分配K少，非经济器官中分配K多这种不合理现象是烟叶K含量低的原因[23]。

可以设想，由于K的倒流外泄才使干物质积累速度大于K积累，才使根、茎中K分配大于叶。而且又没有阻止或减少K外泄损失的措施，最终造成我国烟叶钾含量低。

3 影响烤烟叶片钾含量的主要因素

3.1 基因型

不同品种对钾的吸收能力不同[7]，烟草吸收钾能力与烟叶含钾量在基因型间存在显著差异[24]，钾高效基因型的钾效率可是钾低效基因型的3倍以上[25]。但随烟株生长发育，各基因型烟叶的K含量均逐步降低，这是一致的。据杨铁钊等[13]研究，5个基因型烟叶的含钾量下降率平均达71.5%。另外，我国烤烟生产上所用的品种多为国外生产中常用的叶片含钾量不低的品种，如coker 371、RG17、K326、NC89等，即便如此，我国烟叶钾含量还是比较低。可见，我国烟叶钾含量低显然不完全是基因型问题。

3.2 生态条件

3.2.1 气候条件 气候条件包括温度、日照、降水等的综合作用，各地不同的自然生态条件，自然对烟叶钾含量的影响不同。龙怀玉等[26]曾比较了国外(美国、巴西、津巴布韦)和国内(贵州、安徽、江西、湖北)烤烟大田期间某些气象条件的异同，提出我国上述烟区处于最佳日照条件；但生长中后期温度偏高，降水偏多，这可使烟叶后期干物质积累加快，会对烟叶K含量有一定影响。另外，美国弗吉尼亚所产烟叶质量较好，含钾量较高，而河南许昌，特别是襄城县地处东径113°22′~113°45′，北纬33°42′~34°02′，与世界著名的优质烟圣地弗吉尼亚处于同一纬度，气候条件十分相似，襄城县也曾被称为东方的弗吉尼亚[27]，当年所产烟叶享誉国内外，其烟叶含钾量也不低，但现今烟叶钾含量仅为1.5%或更低，如此看来，气候条件也不是我国烟叶钾含量低的决定因素。

3.2.2 土壤 植烟土壤要求有好的排水力，有机质含量较少或中等，土壤疏松(质地较轻)，供肥快[7,28]。美国、巴西、加拿大等产优质烟国家的植烟土壤均为质地较轻的砂土到壤土，pH值弱酸偏中性[6,7]，这样的土壤既可以按需要调节氮肥的施用，又可减少对钾的固定。已经证明，在施相同量的钾肥时，轻质土壤的烟叶含钾量高，而黏重土壤则钾肥肥效差，烟叶含钾量低[7,28]。我国植烟土壤南北方多种多样，但质地偏重，有机质含量高，施氮肥较多是一致的。北方石灰性土壤多，土壤pH值偏高，土壤溶液中Ca^{2+}、Mg^{2+}较多，这样的土壤一方面容易固定钾，不易移至根系供吸收，而非根际钾必须扩散进入根际后才能被吸收[8,29]；另一方面Ca^{2+}、Mg^{2+}与K^{+}的吸收存在竞争现象，根系吸收Ca^{2+}，Mg^{2+}多，则吸K^{+}就少。南方烟区土壤虽然pH偏低，K被固定的少，也没太多的Ca^{2+}、Mg^{2+}与K^{+}竞争，但雨水较多，容易将土壤中K^{+}淋失，K肥的利用率下降20%以上[21]，造成供钾能力不足。烟草对钾的吸收与降水量分布有显著相关性[21]。总之，我国不少植烟土壤既不像国外植烟的轻质土壤易于调控施肥，又因南北方土壤特点而表现出明显的供钾能力低。

土壤pH值对烟叶中钾含量的影响不一致。曹志洪等[7]的盆栽试验证明，pH值低的土壤生产出的烟叶含钾量高；但水培研究表明，pH值偏高(5.5~8.0)的土壤也能生产出K含量高的烟叶[30]，可见单一的pH高低也不是我国烟叶钾含量低的原因。

3.2.3 施肥 烟草需要多种营养元素，但从对烟叶钾含量的影响来看，以氮和钾最重要。氮要满足烟株早期生长需要，形成充分生长的骨架，但在采收时叶片中含氮量要低[6]，或者说当最下部叶已达到正常发育成熟时，氮素供应应该及时停止，至开花打顶时土壤氮素迅速耗尽最为理想[32,38]。这时硝酸还原酶活性还有，但已很低[32]，烟叶的碳氮比值达到适宜，即8.5，随后下降，不低于8.0[33]。我国烟草一般种植在土壤肥力较高的土地上，且烟农为了追求经济利益而为前茬或当季的烟草施用较多的氮肥，这既使对K的吸收受到限制，又使烟叶形成较多的干物质和烟碱。施用的氮形态也多为铵态，它与吸收钾有竞争性[34]。已有研究证明，烟叶后期吸收的氮主要来自后期土壤矿化氮[35]，所以烟株后期生长仍然旺盛，后期干物质积累多，合成烟碱多，而钾积累与烟碱合成

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

呈负相关[36]，致使烟叶中钾含量降低。

钾肥对烟叶中钾含量的影响更为直接。从烟苗移栽到采收前 2 周都要为烟草提供足够的钾，保证后期不再施钾的情况下，烟株生长发育所需的钾也能得以满足，钾肥施用量必须要超过实际需求量[34]。Hauks[9]和 Sims[37]提出，施钾量要达到最佳产量和质量需钾量的 2～3 倍。Machard[5]则提出，为了使烟叶钾含量达 2%，即使在富含交换性钾的土壤中也要求施钾量(K_2O)达 400kg/hm^2。国外烟草施钾量普遍较高，法国施 180～400 kg/hm^2，美国施 125～225kg/hm^2，德国施 180～220kg/hm^2[38]。我国烤烟施钾 120～150 kg/hm^2[39]，这个建议量还达不到国外施钾量的最低限，而生产上烟农施用的钾肥更少。从施肥的 N ∶K的比值也可以看出中外的差别，美国为1 ∶3，加拿大 1 ∶6～9，津巴布韦 2～6 ∶15，我国为 1 ∶2～3。许多研究均证明，施 K 量增加，叶中含钾量就会增高[40-42]。我国施 K 量不足难以维持烟株后期生长发育及形成优质烟叶所需要的钾。

施钾肥方法是保证烟株吸收钾肥满足各个时期需要钾的关键。目的是减少土壤对 K^+ 的固定或减少土壤中的流失，保证前中期对 K 的大量需要，增加或保持中后期的供钾能力[43]。

基施钾肥双层施用，可以保证在旺长期及其以后根系集中的深层区域的钾供应，有利于钾向根系的迁移[2,44]。

分次施肥包括用作基肥的钾肥土施和用作追肥的钾肥土施以及大田的喷施追肥。研究证明，钾肥一部分作基肥土施，一部分作追肥用，具有较好地提高烟叶 K 含量的效果[38,45,46]。但追肥的效果必须在基肥多施钾使土壤供钾水平提高时才明显，否则，底肥不足中期追施钾可以提高当时的叶片钾含量，但无法维持到收获期，如低基钾肥＋高追钾肥不同叶位叶片中的钾含量较对照仅提高 0.08～0.22 个百分点，高基钾肥＋高追钾肥可提高 0.56～1.04 个百分点[40]。追肥时间应在移栽后的 45～60d[7,11,40,45]，因为烟叶 K^+ 含量下降有 2 个高峰[13]，即移栽后 60～75d 和 90～105d(中部叶成熟期)，而吸 K^+ 高峰在移栽后的 45～60d[11,40] 或56～60d[8]，所以土壤追肥应于烟叶含 K 量下降之前施用为宜[7,8,11,38,45]。追肥的方法应于根系集中土壤的双侧条施为好[6]。

在基施钾肥和土壤追肥的基础上再喷施钾肥更能使叶片 K 含量提高[39,40,46,47]。喷施钾肥(30～67.5 kg/hm^2)，可使顶叶、腰叶和底叶钾含量分别提高 0.72、0.64 和 0.47 个百分点，同时使叶中含 N 量平均降低 0.29 个百分点[40]，喷施时间以旺长期和现蕾期效果最好。

3.2.4 土壤水分 适当高的土壤含水量会降低烟叶中烟碱、总氮、Ca^{2+}/Mg^{2+}(给灰分作贡献)，提高糖含量、钾含量。生长季节保持土壤相对含水量为 60%最有利于对钾的吸收[48]；土壤水分过少时，会加剧烟株中钾素倒流，通过根外泄 K[49,50]；适当灌水可减少 K 外泄，提高 K 向叶中的分配。但水分过多，淋失土壤中钾，淋失率为 20.01%[21]，造成土壤供钾不足。

3.2.5 植物生长调节物质 烟株打顶去除了顶端优势，生长素含量下降，叶片钾含量降低[17,51-53]，打顶后喷施或涂施生长素[17,52] 或 NAA[53]、2,4—D[52]，都能使烟叶中 K 含量提高。^{86}Rb 示踪试验证明，这是因为所补充的生长调节物质阻止了 ^{86}Rb 外泄到体外，加强了向叶的分配，阻止烟株对 ^{86}Rb 吸收率的下降[17]。

4 解决我国烤烟叶片含钾量低的途径与措施

4.1 烟叶含钾量低的原因及解决途径

根据前述资料，把烟叶含钾量低的原因及解决途径绘制成图 1。

图 1 显示，解决烟叶钾含量低的核心问题，一是千方百计把烟叶生产中后期需要的钾素供上去，足够补偿外泄 K 的损失，使叶中钾含量最终能维持在相对高的水平；二是把 N 素适量适时降下来，减弱后期干物质积累量和烟碱合成，从而有利于叶片含

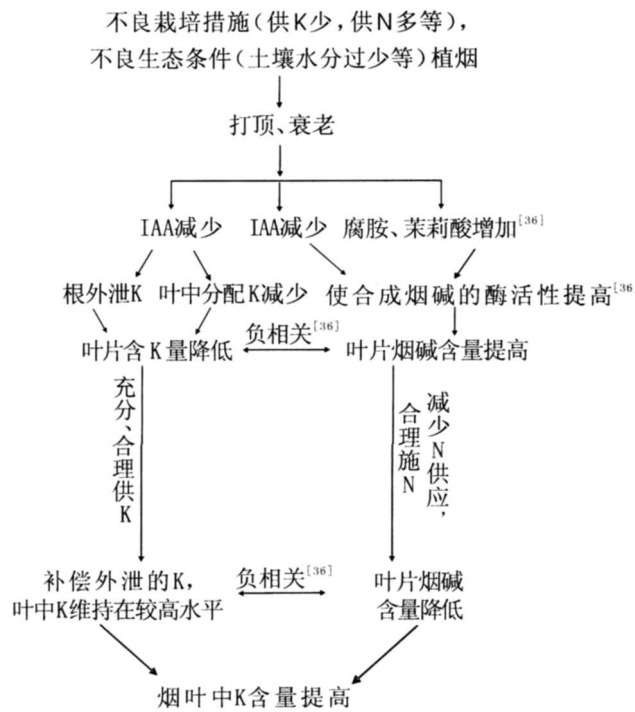


图 1 烟叶含钾量低的原因及解决途径

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

钾量提高。

4.2 措施

4.2.1 加强育种 选育和应用耐低钾基因型烟草或高吸钾型烟草[54],充分发挥烟草自身对钾的吸收和积累能力,来提高烟叶钾含量。

4.2.2 选择质地轻的植烟土壤 这种土壤具有一定的保水保肥能力,供肥力中等,pH 中偏低,固定钾的能力弱(钾在土壤中易于移动与释放,供根系吸收),便于调控氮和钾的供应。

4.2.3 改变目前氮肥施用不够合理的情况 第一,控制氮肥施用量。目前烟田及前茬施氮肥量偏高,应当控制和减少。水稻田植烟尤其要注意,因为原存于水田中的有机形态 N 在生长后期,土壤一经干燥就会加快矿化,变成有效 N 素[36]。第二,氮肥要早施,在打顶前土壤中的有效 N 应当很少。第三,改多用铵态氮为多用硝态氮,以减少钾的外流失[55]。第四,与施化肥相比,有机肥固然对优质烟生产有一定的作用,但要合理控制施用量。

4.2.4 科学施钾 充足而适时持续地供应钾素以补充从根中、叶中外泄损失的钾素。

增加施钾量:根据各地需要,施 K_2O 量要达到 250~400 kg/hm^2。有条件时可多施硝酸钾。

分层施钾:结合整地起垄将基肥钾分上、下两层施用。

分次施钾:分次施钾包括土壤基施钾肥,土壤追施钾肥和叶面喷施钾肥,三者所占比例分别约为 50%、35%~40%和 10%~15%。土壤追肥也要分次,以 2~3 次为宜,施肥时间因南北烟区特点应在移栽后的 30~60 d 完成。叶面喷施钾要分 1~2 次喷,在打顶时及其以后进行。土壤追肥时应采用双侧施肥法[6]。

4.2.5 辅助措施 喷施或涂抹生长素[17,56],喷施 CTK[57] 或喷施以植物生长调节剂为主要物质的降碱增钾剂[58],既可减少 K 的外流,强化烟株对 K 的吸收和向叶片的分配,同时还可降低烟碱合成。

参考文献:

[1] 石屹,王树声,窦玉清,等.对提高我国北方烟叶含钾量的思考[C]//国家烟草专卖局科技教育司.跨世纪烟草农业科技展望和持续发展战略研讨会论文集.北京:中国商业出版社,1999:347-350.

[2] 奚振邦.不同烟区烤烟含钾量差异的初步研究[J].中国烟草科学,2002(4):13-16.

[3] 张朝文.中国烟叶含钾量研究现状及其提高途经探讨[J].作物研究,2006(2):190-193.

[4] Leymonic J P, Etourneaud F. Fertilizer and tobacco[J]. Tob Reporter, 1996(4):69-72.

[5] Marchand M. Sulfate of potash: the potash fertilizer for quality tobacco[C]//国家烟草专卖局科技教育司.跨世纪烟草农业科技展望和持续发展战略研讨会论文集.北京:中国商业出版社,1999:34-36.

[6] Terry M. Growing for quality[J]. T J T, 2007, 46:70-76.

[7] 曹志洪,周秀如,李仲林,等.我国烟叶含钾状况及其与植烟土壤环境条件的关系[M]//曹志洪.优质烤烟的生产与施肥.南京:江苏科学技术出版社,1991:17-28.

[8] 胡国松,赵元宽,曹志洪,等.中国一些主要产烟省烤烟元素组成和内在化学成分评价[J].中国烟草学报,1997,3(30):36-44.

[9] Hawks S N Jr, Collins W K. Principle of flue-cured tobacco production[M]. N C State University, NC, USA, 1985.

[10] McCant C B, Woltz W G. Growth and mineral nutrition of tobacco[J] Adv in Agron, 1967, 19:211-265.

[11] 栾双,范志新,曹亦夫,等.寒冷地区烤烟氮磷钾的吸收动态[J].中国烟草学报,2001,7(2):17-21.

[12] 许明祥,赵允格,赵伯善,等.石灰性土壤烤烟钾含量及积累分布的研究[J].西北农业大学学报,2000,28(1):52-56.

[13] 杨铁钊,晁逢春,丁永泉,等.烟草不同基因型叶片钾积累特性及变异分析[J].中国烟草学报,2002,8(3):11-15.

[14] 郑宪滨.烤烟体内钾的循环、累积与分配[D].北京:中国农业大学,2000.

[15] 杨宇虹,晋艳,张晓海,等.应用^{86}Rb 核素示踪技术研究烟草钾素流失[J].云南农业大学学报:烟草专辑,2001,16(2):45-47.

[16] 郭丽琢,张福锁.水分对烤烟体内钾积累的影响[J].中国烟草学报,2005,11(4):93-95.

[17] 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.

[18] 舒海燕.钾素外排及其预防的初步研究[J].作物杂志,2005(2):16-17.

[19] 库尔萨诺夫.植物体内同化物的运输[M].韩锦峰,译.北京:科学出版社,1986.

[20] 刘华山,曾涛,韩锦峰,等.淋溶对烟草叶片钾素外排的影响[J].植物生理学通讯,2005,41(2):183-184.

[21] 熊德中,刘淑欣,李春英,等.降雨对烤烟吸收养分及氮磷钾配施的效应[J].福建农业大学学报,1994,23(3):315-318.

[22] 解文贵,周健红,陈家龙,等.钾素在烤烟不同生长期分布规律的初步研究[J].贵州农业科学,1996(1):45-46.

[23] 刘彦中,李永忠,程辉斗,等.钾在植株的积累与分配[J].烟草科技,2000(2):39-41.

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[24] Chaplin J R. Production factors affecting chemical compounds of the tobacco leaf[J]. Recent Advance of Tobacco Science, 1980, 6: 3-63.
[25] 牛佩兰, 刘好宝. 烟草基因型间钾效率差异研究初报[J]. 烟草科技, 1996(1): 33-35.
[26] 龙怀玉, 刘建利, 徐爱国, 等. 我国部分烟区与国际优质烟区烤烟生长期间某些气象条件的比较[J]. 中国烟草学报, 2003, 9(增刊): 41-47.
[27] 张逸宾. 东方的弗吉尼亚——襄城[J]. 烟草月刊, 1947(创刊号): 17-19.
[28] 郑劲民, 查录云, 谢德平, 等. 河南烟区土壤供钾特性与烟叶含钾量[J]. 烟草科技, 1998(5): 29-32.
[29] layten D Davis, Mark T Nielsen. Tobacco-production, chemistry and technology[M]. Blackwell Science Limited, Oxford, 1999.
[30] 陈建军, 吕水华. 根 pH 值对烟草无机营养吸收的影响[J]. 植物生理学通讯, 2002, 32(5): 334-341.
[31] Elliot J M, Court W A. The affects of applied nitrogen on certain properties of flue-euned tobacco and smoke characteristics of cigarrettes[J]. Tob Sci, 1978, 22: 54-58.
[32] Weybrew J A. The biochemistry of tobacco quality [R]. Unpublished Report to North Caroline Tobacco Foundation, 1979.
[33] 韩锦峰. 烤烟的氮碳代谢与烟叶香吃味品质[C] //国家烟草专卖局科技教育司. 跨世纪烟草农业科技展望和持续发展战略研讨会论文集. 北京: 中国商业出版社, 1999: 55-67.
[34] 左天觉. 烟草的生产、生理和生物化学[M]. 朱尊权, 译. 上海: 上海远东出版社, 1993.
[35] 袁仕豪, 易建华, 蒲文宣, 等. 多雨地区烤烟对基肥和追肥氮的利用率[J]. 作物学报, 2008, 34(12): 2223-2227.
[36] 刘华山, 田效园, 韩锦峰, 等. 植物生长调节物质对烟叶中腐胺和烟碱含量的影响[J]. 植物生理学通讯, 2009, 45(2): 145-148.
[37] Sims J I. Potassium nutrition of tobacco[C] //potassium in agriculture. Munson R D. ASA-CSSA publ. Madison Wisconsin, USA, 1985: 1023-1043.
[38] Rolf H. Experience with sulphate of potash(SOP) as standard potassium source in the production of higt quality flue-cured tobacco[C] //国家烟草专卖局科技教育司. 跨世纪烟草农业科技展望和持续发展战略研讨会论文集. 北京: 中国商业出版社, 1999: 30-34.
[39] 中国农业科学院烟草研究所. 中国烟草栽培学[M]. 上海: 上海科技出版社, 2005.
[40] 李絮花, 杨宗祥. 施用钾肥对烤烟叶片中钾素和氮含量的影响[J]. 中国烟草学报, 2002, 8(3): 17-21.
[41] 李智勇, 刘思美. 土壤速效钾含量与烤烟施钾效率的研究[J]. 中国烟草科学, 1996, 17(1): 40-44.
[42] 茆寅生, 申国明, 刘好宝, 等. 烤烟生育各期供钾量与叶片含钾量的关系[J]. 土壤肥料, 1989(6): 15-17.
[43] 杨志新, 温永琴, 罗济, 等. 不同施氮量对烟叶含钾量影响[J]. 烟草科技, 2001(7): 36-38.
[44] 韩锦峰. 烟草栽培生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
[45] 罗建新, 萧汉乾, 方红, 等. 钾肥施用量与施用时期对烤烟产量和品质的影响[J]. 湖南农业大学学报, 1997, 23(2): 132-136.
[46] 史金钟, 赵东方, 张凤霞, 等. 不同调控措施对烟叶钾素调节效应研究初报[J]. 河南农业科学, 2007(7): 39-41.
[47] Patel B K. Influeuce of potassium application during active growth phase on the yield and quality of bibi tobacco[J]. Tobacco Research, 1983, 9(1): 26-32.
[48] Janardnan K V. Effect of split and foliar application of potassium on yield and quality of flue-cured tobacco [J]. Tob Res, 1977, 21(1/2): 11-15.
[49] 丁伟, 栾双, 程鹏, 等. 土壤水分对烤烟叶中钾含量的影响及调节措施的研究[J]. 东北农业大学学报, 2002, 23(3): 213-216.
[50] 颜丽, 关连珠, 栾双, 等. 土壤供钾状况及土壤湿度对我国北方烤烟烟叶含钾量的影响研究[J]. 土壤通报, 2001, 32(2): 84-87.
[51] 刘华山, 孟凡庭, 韩锦峰, 等. 2, 4—D 对烤烟烟碱和钾含量的影响[J]. 中国烟草科学, 2007(5): 15-18.
[52] 刘华山, 藉越, 韩锦峰, 等. 不同浓度 IAA 对烤烟酶活性及钾和烟碱含量影响[J]. 安徽农业科学, 2007(5): 1394-1395.
[53] Jiang Fan, Li Chunjian, Dieter W Jeschke, *et al*. Effect of top excision and replacement by 1-naphthylacetic acid on partition and flow of potassium in tobacco plants[J]. Jounal of Experimental Botany, 2001, 52(364): 2143-2150.
[54] 聂红资, 杨铁钊, 杨志晓, 等. 不同供钾水平下转 *AtCIPK23* 基因烟草钾吸收特征的研究[J]. 河南农业科学, 2009(6): 53-56.
[55] 周冀衡, 朱小平, 王彦亭, 等. 烟草生理与生物化学[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1996.
[56] 刘华山, 朱大恒, 韩锦峰, 等. 外源植物生长物质对烟草根中烟碱量及烟碱合成酶活性变化的生理效应[J]. 植物生理学通讯, 2005, 41(3): 319-321.
[57] 舒海燕, 常胜合, 杨铁钊. 烟株打顶对钾素含量的影响[J]. 河南农业科学, 2005(1): 25-26.
[58] 刘华山, 韩锦峰, 曾涛, 等. 喷施降碱增钾剂的生理效应及对烟叶品质的影响[J]. 华北农学报, 2005, 20(3): 46-50.

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net