

烟草硫素营养与烟叶品质研究进展

刘 勤 曹志洪

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘 要 系统概述了烟草对硫素的吸收、运输、分配和硫营养对烟草生长发育、产量和品质影响的国内外研究进展;探讨了目前我国烟叶中硫状况及影响因素,从而为未来烟草硫营养研究、烟叶生产中硫酸钾的合理平衡施用提供有益参考。

关键词 烟草;硫;植物营养;烟叶品质

硫为植物必需的营养元素之一,在植株内的含量一般为占干重的0.2-0.5%之间。它与碳、氢、氧、氮同属于植物必需营养元素中有机物质主要成分的第一组^[1]。它们的同化是植物新陈代谢的基本生理过程,在植物营养中有不可替代的重要作用。但与氮、磷、钾及微量元素等相比,对植物硫素营养、硫肥施用及其与作物产量品质的关系等方面的研究尚不多见,没能引起足够的重视。近十年来,由于过去经常使用的硫铵、普钙等含硫肥料日益为不含硫或含硫少的尿素、磷铵、重钙等高浓度化肥取代,使补充到土壤中的硫逐年减少;作物产量和复种指数不断增加,大量硫素以收获物被移走;而大部分秸秆又不还田;此外,环境治理成效显著,尤其西方发达国家,烟气中排放的硫化物含量降低,使土壤中硫素得不到补充,造成缺硫面积日益增多,程度愈加严重,有些地区土壤,施硫后一些作物(如油菜,小麦)的产量和品质明显提高^[2-4]。在我国,由于含硫化肥用量仍较大,大气中含硫化合物较高,尤其城镇附近经常出现酸雨,因而目前主要在局部地区缺硫。主要缺硫土壤类型是质地较粗的花岗岩、砂岩和河流冲击物等发育而来的土壤,和丘陵、山区的冷浸田^[5]。随着粮食产量逐年增加,土壤硫消耗加大,近年来报道硫肥效果的研究逐渐增多,硫素研究已日益显得重要^[4,5]。

烟草是我国重要的经济作物,其面积、产量都居世界首位,烟叶生产在我国国民经济中占有特殊重要的地位。烟草是需硫较多的植物。由于烟草为“忌氯作物”,如烟叶含氯过高,则吸味差,灰色黑,特别是燃烧性下降,甚至熄火^[6],故氯化钾不能大量作为烟草钾肥,而硝酸钾成本较高,因而,硫酸钾成了烟草钾肥的较好品种。由于烟草专用肥中使用硫酸钾,带入了大量的硫,烟草缺硫现象较为少见。一般认为,硫稍微不足反而有利于烟叶烘烤后色泽光亮,对品质有利。但如硫过量,则使烟叶色泽黯淡,烟叶燃烧性变差,品质下降^[7]。随着人们对钾肥重要性认识提高,硫酸钾施用量越来越高,给土壤带入了过量的硫素。加之过磷酸钙和有机肥中也含有一定量的硫,使烟叶中硫含量不断提高。硫过量已成为影响我国某些烟区烟叶品质的因素之一。因此,研究烟草硫素营养及其调控对增加烟叶产量、提高烟叶品质、增加经济效益具有十分重要的意义,已成为近年来烟草营养研究的热点。

由于烟草本身具有易繁殖、易再生培养等优良特性,人们以它为试材,研究植物对硫的吸收、运输、同化及其调节等营养生理^[8-11];研究大气中SO₂、H₂S对植物的营养作用及伤害机理^[12,13]。另一方面,由于硫影响烟叶品质,特别是硫过量烟叶燃烧性下降,故也有一些研究报

道硫对烟草生长发育及产量和品质的影响。现分别综述如下。

1 烟草对硫的吸收、运输、分配

烟草和其它植物一样,根系和地上部都可以吸收多种形态的硫,但主要途径是根系吸收土壤中的 SO_4^{2-} 离子。土壤供硫不足时,大气中低浓度的 SO_2 和 H_2S 也能为烟草地上部吸收,以提供部分硫营养。植物叶片吸收 SO_2 量,与大气中 SO_2 浓度和根区硫酸盐供给量密切相关^[14]。地上部暴露在 SO_2 和 H_2S 中后,降低了烟草根系对正常浓度 SO_4^{2-} 的吸收及向地上部的运输^[13]。大气中的 SO_2 不但可直接被叶片吸收,而且还通过干沉降和湿沉降进入土壤,增加土壤硫含量,为植株吸收利用。

根系吸收的硫可通过蒸腾流向地上部输送。硫酸盐主要在成熟叶片中光合作用下还原同化为有机物,根系蛋白质合成所需的还原硫依赖于地上部向根的运输。烟草中韧皮部长距离运输的有机硫主要是谷胱甘肽,占 67%;其余甲硫氨酸占 27%,半胱氨酸占 2-4%。另外,运输来的谷胱甘肽也作为根系硫营养的一种信号,调节根系硫的吸收^[10,15]。

硫在烟草体内的分布是不均一的。香料烟供给硫酸钠溶液培养时,随着硫酸根浓度提高,植株各器官中硫含量都增加。老叶中含量最高,幼叶含量最低,而茎、根和中部叶含量中等^[16]。土培试验也表明,烟草供给高量硫肥,下部叶中硫累积量最高,而上部叶最小^[17]。

烟草中的全硫含量一般约为 0.2-0.7%^[18]。随着烟草类型、品种、地域、栽培措施等不同,烟叶含硫量差异很大。土壤中硫酸盐或大气中 SO_2 供给增加,烟株可奢侈吸收大量的硫,烟叶中硫含量显著增加^[19]。施用过磷酸钙与施用重钙相比,烟叶含硫量增加 48%^[18]。全国烟叶抽样分析表明,烟叶含硫全国平均值为 0.52%。而贵州、云南烟叶平均含硫分别为 0.661%、0.510%,其中硫含量超过 0.8% 的样品达到 20% 以上^[20]。但也有人报道,即使施用 800kg/ha 硫酸钾,也只使烟叶硫的最大浓度达到 0.490%,烟叶中硫浓度保持在 0.65% 临界值以下^[17]。可见硫在土壤-烟株系统中转化、移动、吸收及其调节等过程是相当复杂的,人们还不清楚其机制。在过量硫环境胁迫下,植物可能一方面调节控制对硫的奢侈吸收,另一方面通过体内的各种代谢调节以减轻或避免伤害:如以 SO_4^{2-} 形式贮存在代谢不活跃部位;以 H_2S 和其它可挥发性硫形式进入大气;以有机或无机硫形式进入土壤等等^[21]。加强这方面研究既有重要的理论意义,又有实践价值。

2 烟草硫与氮、氯、钼等元素的交互作用

植物营养过程是一个相互联系、相互作用的复杂的生命代谢过程。氮营养对硫代谢有强烈的影响。用白肋烟 Ky14 试验, SO_4^{2-} 供给较少时,组织中如果有有机氮积累,ATP 硫酸化酶活性升高,如缺氮则导致 ATP 硫酸化酶活性下降。硝酸还原酶是 NO_3^- 诱导酶,缺 NO_3^- 和缺 S 都抑制硝酸还原酶的活性^[22]。

不同氮素形态 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 对烟草硫的吸收有明显影响。有人认为,施用铵态氮,硫和氮代谢不竞争使用能量;当提供硝酸盐时,烟草对硝酸盐的代谢作用常比硫酸盐为优先,因此下部烟叶中积累多量未被利用的硫酸盐,以及因硝酸盐代谢后,烟叶中阴离子间需要平衡,因而促使烟草吸收多量的硫酸盐来代替硝酸盐^[18]。但 Tsai 认为,使用 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 时,烟草吸收硫酸盐较多,而使用 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 时,烟草吸收硫酸盐较少,硝酸盐有抑制烟草吸收过量硫的效

果^[19]。

硫、钼、硒和氯被植物吸收的形态都为阴离子,因而各元素之间可能有吸收的颞颥作用。有试验表明,烟草施用 KCl,降低硫的吸收^[23]。白肋烟温室试验下,SO₄²⁻抑制 Mo 的吸收,降低植株中 Mo 的浓度。缺 Mo 时 SO₄²⁻影响比 Mo 浓度较高时更显著^[24]。

3 硫营养对烟草生长发育、产量的影响

烟草缺硫,早期新叶、上部叶片失绿黄化,叶面呈均匀黄色;后期除上部叶片失绿黄化外,下部叶片早衰,生长停滞^[25]。美国在北卡州的砂质土壤上观察到烤烟缺硫症状^[18]。过去由于施用 N、P、K 等肥料时带入了大量的硫,因而生产实践中很少见到烟草缺硫现象。Tsai 等砂培试验中,对照供硫仅为砂本身所含的 0.29mg/kg,烟草生长就极为正常,并未出现缺硫症状^[19]。由于烟草是需硫较多的植物,一些土壤上虽未显出缺硫症状,但在含硫较低的土壤上施用硫肥仍能获得增产效果^[4]。我国河南烟区(土壤有效硫 13.8mg/kg)试验表明,不施硫与施硫较少(1.25kg/亩)时,烟草植株生长发育弱,叶片较薄,光泽差。每亩施硫 2.5-6.25kg,产量提高 5.7%^[26]。

施用过量硫(120kg/ha),烟草生长较差,有减产趋势^[19]。营养液中供应硫酸钾培养烟草表明,SO₄²⁻浓度超过 0.7g/L 后,烟草茎、叶生长受抑制。SO₄²⁻浓度 1-1.2g/L 的烟株,根系首先出现灰褐色,进而发黑、坏死,有异味。地上部叶片主脉出现水浸斑点,然后向整叶扩展,变为棕褐色,严重时叶片萎蔫枯死^[27]。这些可能是低 pH 和过量硫综合影响的结果。田间试验中,亩施硫 6.25kg,植株生长发育过大,烟叶颜色较暗,叶片较厚,组织较粗糙,油份少^[26]。但不同生态烟区烟草栽培中合适施硫量缺少研究,应予以加强。

4 硫营养对烟叶品质的影响

4.1 对烟叶抽吸品质的影响

硫与氯相似,含量过高对烟叶抽吸品质产生负影响,降低烟叶燃烧性,这一点很早就为人们所注意^[28]。法国报道了南部地区烟叶中硫与燃烧性的关系(表 1),硫含量临界

表 1 法国埃里温地区烟叶含硫量与燃烧性的关系

烟叶中含硫量 (%)	0.59	0.67	0.78	0.93
燃烧性质	好	尚好	差	熄火

值为 0.67%。日本发现多施用硫酸钾导致烟叶有恶臭味。以色列在香料烟上试验,结果也以施硫酸钾的质量差,而施硝酸钾的质量好,前者灰色黑,抽吸质量差,产量低^[7]。我国的试验证明,硫酸钾增施到 34kg/亩时,烟叶质量明显下降,熄火,已无使用价值^[26]。

4.2 对烟叶化学成分的影响

增加硫供给量,烟叶中的 N、K 及烟碱成分增加,有降低烟叶中 P、Ca、Mg 及有机酸等成分含量的倾向,但不显著。其它如 Cl、蛋白质 N、水溶性 N 及灰分等成分未发现与硫处理有关系^[19]。缺硫程度较低,还原糖含量也较低,缺硫严重,增加还原糖含量。低氯和高硫导致低烟碱含量^[29]。

由于硫在烟草植株结构构成、碳水化合物、蛋白质和脂肪等几乎所有同化和代谢活动中都起十分重要的作用。因此,硫的不足和过量都将引起体内一系列复杂的变化,如代谢产物的累积或减少,从而影响烟株生长发育、产量和烟叶品质。有报道认为,叶片中硫酸根的过量积累,使钾与有机酸的结合减少,有机钾的含量降低甚至出现负值。有机钾指草酸钾、柠檬酸钾和其

它有机酸钾,它与卷烟的燃烧性和焦油产生量关系密切^[30]。如果烟草的有机钾值很低,即使总钾含量高,烟叶的燃烧性也不好。当然硫营养对烟草生长发育和烟叶化学成分、品质的影响及其机理还需进一步深入研究。

5 我国烟叶硫问题及硫肥施用状况

我国烟区面积居世界第一,南北分布广,横跨热带、亚热带、南温带、北温带等。从烟区土壤硫素状况看,南方北方都存在硫的问题。南方主要是硫的缺乏问题,而北方石灰性土壤则主要是硫的有效性。在南方,硫主要是有机态的,而北方则主要是无机态硫酸盐。烟草栽培的施肥管理可能已使土壤硫状况发生了变化。最近研究表明,硫在北方烟区如河南对烟叶品质表现为正效应;而在南方烟区如云南则为明显的负效应。由于硫主要是以硫酸钾的形式伴随钾肥而施入,河南钾的施用量仅为7—8kg/亩,而云南施钾量一般都在20kg/亩以上,而且河南烟区磷肥施入主要是以钙镁磷肥为主,基本上不含硫,而云南烟区磷的施入主要是靠过磷酸钙,其中又含有大量的硫。因此出现这种北方烟区的硫素不足,而云南烟区硫过剩的结果^[7]。

美国等烟草先进生产国,已规定烟叶中硫的最高含量是0.7%。由于它们法定烟草肥料中最高含硫量不能超过5%,因此不会出现硫过量的问题。目前我国烟草栽培中,基本还没有根据土壤硫状况专门考虑硫素问题。土壤中硫来源有过磷酸钙、硫酸铵、硫酸钾、有机肥、微量元素硫酸盐等肥料及大气中的硫沉降等等。硫酸钾几乎是我国烟草唯一可选择的钾肥,大量硫酸钾的施用,一方面将造成烟叶中硫含量增加,影响烟叶品质;另一方面,硫酸钾是化学中性、生理酸性肥料,施入酸性土壤后,可能使微域土壤进一步酸化,然而对石灰性土壤则会有一定的好处。因此,应开展不同生态烟区硫酸钾合理平衡施用的研究,从而达到既提高烟叶含钾量,又使硫含量不过低也不超标,提高烟叶品质,增加经济效益。

参 考 文 献

- 1 Mengel K, E A Kirby. Principles of plant nutrition. 4th Edition. Bern: International Potash Institute, 1987. 11—19
- 2 Rendig V V. Agronomy Monograph, 1986, 27: 635—652
- 3 Messick D L等. 作物生产中的硫及未来对硫源的需求. 见: 胡思农等编. 硫、镁和微量元素在作物营养平衡中的作用国际学术讨论会论文集. 成都: 成都科技大学出版社. 1993, 1—9
- 4 刘崇群. 中国南方土壤硫的状况和对硫肥的需求. 见: 中国硫肥的需求和发展国际学术讨论会论文集. 北京 1995, 3—10
- 5 刘崇群. 中国土壤硫素状况和对硫的需求. 见: 胡思农等编. 硫、镁和微量元素在作物营养平衡中的作用国际学术讨论会论文集. 成都: 成都科技大学出版社, 1993, 10—18
- 6 曹志洪. 优质烤烟生产的土壤与施肥. 南京: 江苏科学技术出版社. 1991, 236—247
- 7 曹志洪. 优质烤烟生产的钾素与微肥. 北京: 中国农业科技出版社. 1995, 36—46
- 8 Smith I K. Plant Physiol., 1980, 66: 877—883
- 9 Rennenberg H, et al. Planta, 1988, 176(1): 68—74
- 10 Herschbach C, H Rennenberg. J. of Exp. Bot., 1994, 45(277): 1069—1076
- 11 Rennenberg H, W M Kaiser. Plant Cell Physiol., 1989, 30(3): 325—333

(下转第 327 页)

有效硫含量存在不平衡现象,不同土类间高低相差25个百分点,这与土壤类型,施肥结构,特别是有机肥和含硫化肥用量上的差异有很大关系。随着高浓度复混肥和磷酸铵用量的增加,含硫化肥和有机肥用量的减少,以及大气污染的治理,土壤硫素输入量将逐年减少。同时,随着种植业结构的不断优化,粮食作物播种面积下降,经济作物比重上升,经济作物对硫的需要量大于粮食作物,作物从土壤中取走的硫素将逐年增加,如果不注意土壤硫素的补充,必将导致土壤硫输出超过输入,出现负平衡,影响农作物优质高产。

为了保持江苏土壤硫素平衡,今后在缺硫或土壤供硫潜力不大的土壤上,应将硫素纳入平衡施肥中去。在发展高浓度磷肥和复混肥的同时,要注意稳定过磷酸钙的生产和保持适当比例的低浓度复混肥;在不放松有机肥料投入的同时,含硫化肥以普钙计,年施用量不应低于100万吨,以保持土壤硫素的平衡。

参 考 文 献

- 1 刘崇群.土壤农业化学常规分析方法.科学出版社.中国土壤学会农业化学专业委员会编.1984,125-127
- 2 刘崇群,曹淑卿,陈国安等.中国南方农业中的硫.土壤学报,1990,27(4):398-403

★★

(上接第323页)

- 12 Pandya N, J S Bedi. *Advances in Plant Sciences*, 1990, 3(2):171-177
- 13 Herschbach C, et al. *Plant and Soil*, 1995, 175(1):75-84
- 14 吴锡军等.植物从大气中直接吸收SO₂的研究.核农学通报,1991,12(2):78-79
- 15 Rennenberg H, et al. *Planta*, 1979, 23, 667-672
- 16 Garcia M, et al. *Annales du Tabac*, 1978, 15(2):195-204
- 17 Marchand M, et al. 不同钾肥品种对烟草产量与化学成分的影响研究.中国烟草科学,1997,(2):6-11
- 18 Tso T C. *Production, Physiology, and Biochemistry of Tobacco Plant*. USA: IDEALS, Inc., 1990, 341-342
- 19 Tsai C F, Lin J Y. *Soils and Fertilizers in Taiwan*, 1971, 179-208
- 20 胡国松等.中国一些主要产烟省烤烟元素组成和内在化学品质评价.中国烟草学报,1997,4(1):13-17
- 21 Rennenberg H. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 1984, 35:121-153
- 22 Barney P E, L P Bush. *J. of Plant Nutrition*, 1985, 8(6):505-512
- 23 Kitamura T, et al. *Bulletin of the Morioka Tobacco Experiment Station*, 1978, (13):13-23
- 24 Sims J L, et al. *Agro. J.*, 1979, 71(1):75-78
- 25 曹志洪等.烤烟营养及失调症状图谱.南京:江苏科学技术出版社,1993.20-21
- 26 查录云等.硫与烤烟质量相关性试验研究.烟草科技,1993,(4):40-42
- 27 周冀衡.K⁺、SO₄²⁻、Cl⁻对烟草生长和生理代谢的影响.见:谢建昌等编.北方土壤钾素肥力及其管理.北京:中国农业科技出版社,1995,189-195
- 28 Myhre D L, et al. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 1956, 20(4):547-551
- 29 Evanylo G K, et al. *Agron. J.*, 1988, 80:610-614
- 30 巴斯凯维奇.低焦油混合型卷烟的设计.烟草科技,1993,(2):10-14