

作物硫素营养与产品品质研究进展

刘 勤 曹志洪

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘 要 概述了硫素营养对豆类、谷物、油菜、牧草、蔬菜、甜菜、茶叶及烟叶等重要粮食作物和经济作物品质影响研究的最新进展;探讨了硫与氮、硒、钼等营养交互作用对作物品质的影响。进一步促进作物硫营养、硫肥合理施用的研究,以改善产品品质,保障人类健康。

关键词 硫营养;作物;产品品质

硫在植物营养中的作用已越来越为人们所重视。植物利用硫主要通过根系吸收 SO_4^{2-} 。无机 SO_4^{2-} 通过蒸腾流运输到地在上部叶片中,主要在叶绿体中还原为有机硫化物,供植株生长发育之需^[1]。而且 SO_4^{2-} 只有通过植物转化为还原态后才能被人 and 动物吸收利用。还原态的蛋氨酸、胱氨酸、半胱氨酸等三种含硫氨基酸参与构成到蛋白质中去。蛋氨酸是人体 8 种必需氨基酸之一,(半)胱氨酸虽然不是食物中必需的,但能部分代替人和动物对蛋氨酸的需求^[2]。葡萄糖芥苷、异硫氰酸盐、亚矾等分别是油菜籽、洋葱、大蒜中特殊的含硫成分,有重要的农业价值。因此硫对作物品质的影响十分显著。其影响程度,取决于缺硫程度、土壤理化性质、作物种类、作物产品用途和其它作物生物影响因子。

近年来,由于对植物硫营养的重视,硫素对一些作物产品品质影响的研究有了许多进展,这些作物主要是油菜、小麦、豆类、烟草等。本文将对此作一简要综述。

1 硫营养对作物种子品质的影响

1.1 硫营养和面粉烘烤品质

二硫键/巯基是面包烘烤过程中粘弹性所必需的,对小麦粉烘烤品质起重要作用^[3]。低硫含量的面粉较硬,含硫较多的生面比缺硫面粉更易伸展。施硫增加面粉硫丰富贮存蛋白(如 α -醇溶蛋白, β -醇溶蛋白)比例。降低含硫少蛋白的比例(如 ω -醇溶蛋白)。而且面粉中硫含量与生面伸展性呈正相关,与抗延伸呈负相关^[4]。有研究表明,每公顷分别施用 20kg 和 100kg S,谷物中全硫含量分别比对照增加 10% 和 20%,且凝胶蛋白(大分子麦谷蛋白一部分)也增加,而总蛋白质含量变化较小。尽管面包不同烘方法的品质参数不同,但面包体积是烘烤品质最重要指标。施用硫 20kg ha^{-1} 和 100kg ha^{-1} ,面包体积分别比对照增加 24ml 和 41ml,显著改善了烘烤品质^[5]。

1.2 对种子蛋白质的影响

豆类作物种子是人和动物重要的蛋白质来源。如果必需氨基酸蛋氨酸含量较低,将大大降低其营养价值^[6]。豆子中不同贮藏蛋白含硫氨基酸量差异很大。如,豌豆球蛋白和凝集素不含半胱氨酸和蛋氨酸,而豆球蛋白含 1.7% 含硫氨基酸^[7]。大豆含两种贮藏蛋白:大豆球蛋白和 β -豆球蛋白。大豆球蛋白中含硫氨基酸量相对较丰富(1.8%),而 β -豆球蛋白

白含硫较低(0.6%)。对不同豆类的一些研究表明,缺硫降低硫丰富蛋白质的合成,相应地显著增加硫贫乏蛋白质合成^[7,8]。

缺硫土壤施用硫肥,可显著增加豆子中含硫氨基酸量,改变含硫蛋白质总蛋白质中的比例,有利于改善品质。施硫后,一般(半)胱氨酸含量增加大于甲硫氨酸,胱氨酸和半胱氨酸增加量相近^[9]。豇豆施用不同水平硫酸盐,品种 Sitao Pole,甲硫氨酸和胱氨酸含量可增加近 2 倍;品种 Ivu 76,甲硫氨酸含量增加 14%,胱氨酸增加 30%,S-甲基-L-半胱氨酸增加 470%。两个品种施硫,明显表现出含硫蛋白质的增加^[10]。鹰嘴豆供硫增加,含硫氨基酸和蛋白质也显著增加。Ismunadji (1983) 发现,水稻蛋氨酸含量与施硫量呈直线关系, $Y = 1037 + 6X$ (X 施硫量, Y 蛋氨酸含量)。硫处理不但改变含硫氨基酸的含量,而且其它氨基酸也有一些变化。施硫使大麦苯丙氨酸、豇豆精氨酸含量一降,施硫也使大豆赖氨酸含量有所增加^[10,11]。但这些含量有变化的氨基酸较少,可能是氮硫交互作用引起氨基酸代谢变化的结果。

1.3 对种子含油量的影响

改进缺硫土壤硫营养状况,可增加作物籽粒的含油量^[12],这一点对油料作物非常重要。表 1 是几种作物施硫的效应^[13]。可见施硫明显增加花生、芥菜、油菜、亚麻子和大豆等作物的含油量,进而增加油产量,改善品质。亚麻子在 N、P 充足时,施硫大大降低硬脂酸、油酸和亚油酸的含量,同时亚麻酸含量上升。油菜施硫提高油酸含量,而对脂肪酸含量影响较小^[14]。供硫增加,向日葵种子油和蛋白质含量均增加^[15]。

1.4 对油菜籽葡萄糖芥苷含量的影响

葡萄糖芥苷(GSL)主要存在于十字花科植物中,是一类特殊的含硫化合物。其降解产物有不良气味,对人和动物有毒,易诱发甲状腺肿。人们通过育种方法,已培育出许多低芥子油的油菜品种,但通过合理施肥和管理也可能调控油菜籽中的 GSL 含量。

硫肥对种子 GSL 含量的影响人们已进行了较多研究。一般认为,供硫水平是影响油菜籽 GSL 合成和累积的最重要因子^[16,17]。即使低含量品种,也有 25~30%的 S 存在于 GSL 中。高硫地区 GSL 含量通常多于低硫地区。缺硫情况下,GSL 中的硫通过酶解作用可重新参与植株的硫循环利用。然而,缺硫情况下增施硫肥,引起 GSL 含量增加,显著多于硫充足条件下施硫引起的 GSL 增加,其增加可达 2~3 倍,超过规定的 GSL 临界值,使籽粒失去价值。虽然施硫后,油菜籽中 GSL 含量增高^[18],但供硫对 GSL 合成影响报道不一。Booth 等研究表明,油菜叶面喷施不同量元素硫后,无论是高 GSL 含量品种 Rafal,还是低 GSL 品种 Tapidor,籽粒 GSL 含量变化很小^[19]。因此,供硫与 GSL 合成累积关系研究有待于加强,应考虑其它营养元素和土壤环境等因子的综合作用。

过量供硫,籽粒中 GSL 含量过高,降低其品质;另一方面油菜是需硫较多的作物,缺硫又明显影响其产量。因此油菜硫施用应综合考虑产量和品质两个因子,以获得最佳效益。

表 1 施硫对油料作物蛋白质、油产量的影响^[13]

作物	油含量(%)		产油量(kg/ha ⁻¹)		蛋白质(%)	
	-S	+S	-S	+S	-S	+S
花 生	39.0	48.0	659	859	—	—
芥 菜	36.4	42.6	540	670	22.5	30.8
油 菜	41.5	47.1	300	450	23.3	28.1
亚麻子	41.6	43.2	1285	1480	—	—
大 豆	21.7	23.6	317	412	28.1	31.9

2 牧草硫素状况及动物硫营养

硫营养对牧草饲料品质的影响也比较明显。如果人们以作物种子为收获物,硫素影响其整个生长发育阶段。而牧草在开花前就已采收或放牧,硫营养仅影响营养生长阶段植株的发育和生理。牧草中的硫,通过反刍动物胃中微生物的作用,被生物体吸收利用。土壤缺硫,严重降低牧草产量,同时牧草中硫含量低,不能满足动物硫营养需求^[20]。有报道,牧草中硫含量大于0.14~0.18%和0.18~0.26%时才能分别满足母羊和小羊羔硫营养需求。缺硫土壤增施硫肥。提高牧草品质,改善绵羊消化率,羊毛长度、直径、强度等品质都显著提高^①。牧草叶中硫小于1.7~1.8g/kg时,增施硫肥,提高饲料硫含量,增加消化率。

3 硫营养与茶叶品质

茶叶缺硫出现所谓“茶黄”表现为顶部叶失绿、变小卷曲,乃至脱落,茎细而短,无花蕾形成。我国南方酸性土壤有效硫含量较低,淋溶严重,所以至少每年都要补充一定量的硫肥。

影响绿茶品质的主要化学成分是茶多酚、氨基酸(主要是茶氨酸、谷氨酸、天冬氨酸及精氨酸)和咖啡碱^[21]。茶叶重要品质指标一香气中,含硫成分绿茶有2种,红茶有10种。缺硫茶树氨基酸、茶多酚含量分别是对照的63%、55%,水浸出物总量也显著减少^[22]。我国评选出的优质茶平均含硫量比普遍茶高42.2%^[22]。因而硫营养对茶叶品质有重要的影响。

4 硫素与烟叶品质关系

烟叶是我国重要的经济作物。由于烟草为“忌氯作物”,烟叶含氯过高,则燃烧性显著下降,甚至熄火。因而,硫酸钾成了烟草较好的钾肥品种,在生产中得到广泛施用。另外,过磷酸钙和有机肥中也含有一定量的硫,因而植烟土壤带入的硫素越来越多^[23]。

很早就有知道,烟叶硫含量过高,降低其燃烧性^[24]。法国、日本、以色列等也都报道烟叶硫含量高,降低燃烧性,质量明显下降^[25]。但也有报道,即使施用800kg/ha的硫酸钾,也只使烟叶中硫的最大浓度达到0.490%^[26]。在施硫0~30kg/亩的情况下,烟叶含硫量与施硫量没有显著关系,最高含硫为0.34%,各处理的燃烧性和香吃味差异不大。

一般认为,烟叶硫含量升高,烟叶中硫酸根离子大量累积,导致一系列生理生化异常,破坏细胞酸碱平衡。改变与品质相关的成分,从而影响烟叶物理性状和抽吸品质。^②一些施硫与烟叶品质没有显著相关的结果,可能主要是受气候因子和土壤等环境因素影响,烟叶吸硫较少,从而没有影响其品质。

5 硫营养对甜菜品质的影响

硫营养明显影响甜菜贮藏根的品质。Bell等(1995)研究表明,停止供硫2个月,根中 α -氨基氮增加近两倍。可见,缺硫导致根中氨基酸浓度增加。降低汁的纯度,进而降低白糖

① 中国农业硫肥研究和使用的第四次国际研讨会论文集,中国合肥,1998,169~177

② 刘勤.中国科学院博士学位论文,南京土壤研究所,1999

产量和品质^[27]。虽然目前甜菜大田缺硫报道不多,但潜在缺硫或 N、S 供给不平衡,可能已影响甜菜根品质,甚至产量。

6 硫营养对蔬菜品质的影响

蔬菜品质是人们普遍关注的问题。蔬菜生产不仅要高产,其营养价值及对人类健康的影响也非常重要。硝酸盐含量是衡量蔬菜品质的重要指标之一。缺硫不利于植株对氮的利用,蛋白质合成下降,非蛋白氮化合物(包括 NO_3^-)在体内累积,降低品质^[28]。增施硫肥,调节植株 N/S,降低 NO_3^- 含量,增加产量,改善品质。

7 硫和其他元素相互作用对品质的影响

硫和氮同属于构成植物体有机物质主要组成成分的必需元素^[1],在植物体内存在方式和功能非常相似。氮和硫两者和或其中之一过量或缺少,都可能破坏蛋白质的正常合成代谢。缺 N 和缺 S 都抑制硝酸还原酶活性,影响 N 代谢。如果 N 营养充足,可利用 SO_4^{2-} 浓度低,植株调节 ATP 硫酸化酶活性上升,促进 SO_4^{2-} 的吸收利用。 SO_4^{2-} 供给升高,ATP 硫酸化酶活性下降^[29]。N 和 S 交互作用对种子 GSL 含量影响显著。缺硫时,增加 N,降低种子 GSL 含量;但不缺硫时,供氮增加,GSL 含量升高^[17]。不同施氮水平下,施硫可以降低菜籽 GSL 含量,尤其在低氮时降低幅度更大^[14]。因而为了获得最佳产量和品质,研究确定平衡的 N、S 供给水平十分必要的。

N、S 交互作用对面粉烘烤品质也有明显影响。面粉中 S 含量与面包体积的相关性明显好于 N^[30]。谷物 N 含量仅反映了蛋白质的含量,而 S 含量某种程度上不但表示了蛋白质数量,而且反映了其品质。随着分子生物学的发展,转基因技术改变了不同品种谷物的贮藏蛋白成分,N、S 营养供给对面粉品质影响厂家显得更为重要。

饲料中的硫水平与动物 Cu 和 Mo 营养密切相关。随着 S 吸收增加,绵羊肝脏中的 Cu 下降。Mo 单独补充时,对体内 Cu 浓度没有影响,而同时增加硫时,Mo 加重 S 对 Cu 吸收的负影响^[20]。Langlands 等(1981)总结出绵羊肝脏中 Cu 贮存量(Y)与牧草叶片全硫(%)Mo (mg/kg)和 Cu 含量(Mg/kg)的关系式: $Y = -3.58 + (0.629 - 0.0491S \times \text{Mo}) \times \text{Cu}$ ^[31]。

由于 S 和 Se 的化学相似性,因而 S 影响动物的 Se 营养。罗德生等给家兔饲喂高硫饲料时发现,高硫导致动物血硒降低,血清中丙二醛含量增加,饲料中补充维生素 E,则血清维生素 E 水平明显增加,血清 MDA 含量明显低于高硫组^[32]。

参 考 文 献

- 1 Mengel K and E A Kirkby. Principles of plant nutrition (4th Edition), Bern:International Potash Institute, 1987, 11~19
- 2 Rose W C and R L. Wixom. J. Biol. Chem, 1955, 216:763~773
- 3 Randall P J and Wrigley C W. Advances in Cereal Science and Technology., 1986, 8:171~206
- 4 Shewry P R and Tatham A S. J. of Cereal Sci., 1997, 25:207~227
- 5 Zhao F J et al. Aspects of Applied Biology, 1997, 50:199~227

