

砷对烤烟生长发育及其产量和品质的影响

常思敏,马新明,赵献章

(河南农业大学 农学院,河南 郑州 450002)

[摘 要] 为了考察砷毒害对烤烟生产的影响,采用盆栽试验,研究了砷与烤烟生长发育、产量和品质的关系。结果表明,砷抑制了烤烟的生长发育,导致其生育期延迟,叶片数和叶面积减少,株高和产量降低。同时,砷造成了烤烟产值、均价和上中等烟比例降低,使其经济性状变差,总糖、还原糖、总氮、蛋白质含量提高,烟碱和 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 含量降低,糖氮比、糖碱比、氮碱比等比例失调,因而降低了烤烟的商品价值和化学品质。当土壤中的砷含量达到 100 mg/kg 时,烤烟的生长发育受到严重抑制,丧失了生产价值;当砷含量达到 200 mg/kg 以上时,烤烟不能移栽成活;使烤烟减产 10% 的土壤砷含量阈值为 16.89 mg/kg。砷在烤烟叶片中的积累规律为下部叶 > 中部叶 > 上部叶,有 39.58% 的砷残留在灰分中,其余 60.42% 存在于烟气中。若以食品中砷含量 ≤ 0.5 mg/kg 为参照,下、中、上部叶片中砷含量 ≤ 0.5 mg/kg 时的土壤砷含量阈值分别为 2.63, 6.56, 13.91 mg/kg,中部叶燃烧后烟气中砷含量 ≤ 0.5 mg/kg 时的土壤砷含量阈值为 12.90 mg/kg。

[关键词] 砷毒害;烤烟生长发育;烤烟产量;烤烟品质

[中图分类号] S572;Q945.78

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)08-0165-06

Effects of arsenic on development and yield and quality of flue-cured tobacco

CHANG Si-min, MA Xin-ming, ZHAO Xiang-zhang

(College of Agronomy, He'nan Agricultural University, Zhengzhou, He'nan 450002, China)

Abstract : A systematic experiment was conducted by pot experiments to determine the effects of arsenic toxicity on development, yield and quality of flue-cured tobacco. The results showed that arsenic toxicity inhibited development of flue-cured tobacco. It delayed the growing process, and decreased leaves, leaf area, plant height, and yield. Besides, it decreased economic properties, such as output value per plant, average price, and ratio of high level, and chemical quality properties such as increase in total sugar, reduce sugar, total nitrogen, and nicotine. It also decreased content of potassium, calcium, magnesium and chlorine. Therefore, it resulted in disproportion of sugar-nitrogen, nitrogen-nicotine, sugar-nicotine and potassium-chlorine. And hence, arsenic induced decrease both in economic value and in chemical value. The results also showed that when flue-cured tobacco was planted in soil added to 100 mg/kg of arsenic, it was so affected that there was no production value. When soil was added more than 200 mg/kg of arsenic, flue-cured tobacco could not grow. When soil was added 16.89 mg/kg of arsenic, yield was decreased by 10%. Arsenic content in leaves increased with arsenic addition in soil. Accumulation of arsenic in leaves of flue-cured tobacco was first from lower leaves, to cutters, and then to upper leaves. After cutters were burned at 300 temperatures, residues of arsenic in ash were 39.58%, the remaining (60.42%) were inbreathed by smokers or entered into the air. The arsenic residues in lower leaves, cutters, upper leaves and smoke of cutters was less

[收稿日期] 2006-06-19

[基金项目] 国家烟草专卖局科技攻关项目(110200201005)

[作者简介] 常思敏(1968-),男,河南登封人,副编审,博士,主要从事作物生理生态学研究。E-mail: chsmw@sohu.com

[通讯作者] 马新明(1963-),男,河南许昌人,教授,博士,主要从事农业生态学和农业信息技术研究。

than 5 mg/kg specified in food hygienic standard, when the critical content of arsenic applied in soil was 2.63, 6.56, 13.91 and 12.90 mg/kg, respectively.

Key words: arsenic toxicity; development of flue-cured tobacco; yield of flue-cured tobacco; quality of flue-cured tobacco

砷在自然界中分布极为广泛,与人类的生活密切相关。随着工农业的发展和含砷化合物的不断应用,土壤砷污染已成为一个世界性的严重问题,研究砷的污染和毒害具有重要的现实意义。砷可抑制作物生长发育,导致其产量降低^[1-6],并造成体内砷积累^[2,7-9],若作物食用部分的砷含量超标严重,将对食品的安全性构成威胁^[10]。烤烟是重要的经济作物,也是卷烟工业的重要原料。研究砷对烤烟的毒害,在预防或减少砷对烤烟产量和经济损失的影响、最大可能地保护烟农利益和烟民健康等方面具有重要的理论和现实意义。有关烤烟卷制品及其烟气中的砷分析已有文献报道^[11-12],但还缺乏关于砷毒害对烤烟生长发育及其产量影响的研究。为此,本研究分析探讨了烤烟生长发育、产量和品质对砷毒害的响应及土壤施砷量阈值,旨在为烤烟及其卷制品的无公害生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料及试验设计

盆栽试验于 2004~2005 年在河南农业大学科教园区进行。盆钵为聚乙烯花盆,直径 400 mm,高 340 mm。供试土壤为壤质潮土,耕层有机质含量 8.50 g/kg,全氮含量 0.89 g/kg,速效氮含量 65.46 mg/kg,速效磷含量 24.42 mg/kg,速效钾含量 108.00 mg/kg, pH 值 7.91,全砷含量 8.48 mg/kg。以 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 KNO_3 、 KH_2PO_4 (三者均为分析纯) 作基肥,施肥量为纯氮 0.2 g/kg, $m(\text{N}) : m(\text{P}_2\text{O}_5) : m(\text{K}_2\text{O}) = 1 : 1.5 : 3$ 。以砷酸钠 ($\text{Na}_3\text{AsO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) 为污染源,按纯砷含量计算,2004 年设置 0 (CK), 5, 20, 40, 60, 100, 200, 400 mg/kg 8 个处理,因 100 mg/kg 以上处理要么没有产量,要么死亡,故只对前 5 个处理进行了数据分析。2005 年设置 0 (CK), 5, 20, 40, 60 mg/kg 5 个处理。2 年各处理均于 04-27 随基肥一起与风干过筛土混匀装盆,每盆装土 15 kg。装盆后埋入事先起好的垄中,埋盆深度约为盆高的 2/3。宽窄行单垄种植,宽行 120 cm,窄行 80 cm,株距 50 cm。

供试烤烟品种为云烟 85,采用基质[V(草炭) : V(蛭石) : V(珍珠岩) = 2 : 1 : 1]穴盘育苗。2 年

均在 02-28 洗种催芽,03-07 播种,定期随水浇灌烤烟育苗专用肥,成苗后,分别于 2004-05-05 和 2005-05-08 移栽,每盆 1 株,各处理均重复 15 盆,完全随机排列。管理措施同大田。

1.2 测定项目及方法

1.2.1 生育时期和农艺性状调查 团棵期、现蕾期和采收期(中部叶采收期,下同)参考 YC/T 142 - 1998 的方法^[13],选取各处理生长较一致的 3 棵烟株,测定其株高和叶片数,同时测定这 3 株相同叶位叶片的叶长和最大叶宽,按 YC/T 142 - 1998 的方法计算单叶叶面积^[13],单叶叶面积(以下简称叶面积) $(\text{cm}^2) = 0.6345 \times \text{叶长} \times \text{叶宽}$ 。

1.2.2 烘烤及产量、品质分析 标记各处理生长较一致的 3 棵烟株,叶片成熟后,采用常规烘烤方法烘烤,以现行国家分级标准逐株分级、计产,并计算单株产值、均价和上中等烟比例。采用各处理烘烤后的中部叶进行化学品质指标分析,并对上、中、下部叶和中部叶灰分中的砷含量进行测定。还原糖测定采用苦味酸比色法^[14],可溶性总糖(以下简称“总糖”)含量测定采用乙醇提取法^[14],总氮含量测定采用过氧化氢-硫酸消化法^[14],烟碱含量测定采用活性碳提取脱色法^[14],蛋白质含量测定采用间接计算法,即蛋白质(g/kg) = [总氮(g/kg) - 烟碱(g/kg)] $\times 6.25$ 。砷含量测定采用氢化物发生-原子荧光光谱法^[15]。 K^+ 含量测定采用火焰光度法^[14], Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 含量测定采用原子吸收分光光度法^[14], Cl^- 含量测定采用莫尔法^[14]。

1.3 数据处理及统计分析

2 年的数据结果基本一致,除注明者外,均采用 2005 年的数据。以处理为主区,测定的生育时期为副区,运用 Excel 对株高、叶片数和叶面积数据进行时间裂区设计方差分析。其他数据采用 SPSS 10.0 进行单因素方差分析。多重比较采用 Duncan 氏新复极差测验法进行。

2 结果与分析

2.1 砷对烤烟生长发育的影响

2.1.1 砷对烤烟生育期和株高的影响 从表 1 可以看出,5 mg/kg 施砷处理的烤烟植株到达团棵期

和现蕾期的日期与 CK 一致;20 mg/ kg 处理的团棵期与 CK 相同,现蕾期与 CK 相差了 6 d;40 和 60 mg/ kg 处理的团棵期与 CK 相比,分别推迟了 5 和 14 d,现蕾期分别推迟了 8 和 12 d。由于现蕾以后,各处理均进行打顶并为了烘烤方便而选择一致的采收日期。故以上结果说明,砷能抑制烤烟发育,且土壤中的砷含量越高,抑制作用越强。

表 1 砷对烤烟生育期和株高的影响

As 处理/ (mg · kg ⁻¹) Arsenic treatment	生育期/(月·日) Growth stage			株高/cm Plant height		
	团棵期	现蕾期	采收期	团棵期	现蕾期	采收期
	Rosette stage	Budding stage	Harvest stage	Rosette stage	Budding stage	Harvest stage
CK	06-06	06-26	08-23	28.67 NS	148.33 a A	140.07 a A
5	06-06	06-26	08-23	25.20 NS	125.70 b B	138.17 a A
20	06-06	07-02	08-23	22.40 NS	125.07 b B	115.67 b B
40	06-11	07-04	08-23	19.40 NS	113.93 b B	105.23c B
60	06-20	07-08	08-23	19.10 NS	81.40 c C	78.73 d C

注:1)生育时期为 2004 年数据。2)表中小写字母表示达 0.05 的差异显著性水平,大写字母表示达 0.01 的差异显著性水平。NS 和同一列中字母相同者,表示处理间差异不显著。下表同。

Note: 1) The data of growth stage was from the experiment in 2004. 2) Small letters mean significance at 0.05 levels. Capital letters mean significance at 0.01 levels. NS and the same letters mean no significance in the same column. The same for the following tables.

2.1.2 砷对烤烟叶片数和叶面积的影响 从表 2 可以看出,施砷处理烟株全生育期的叶片数均随土壤砷含量的增加而降低,且土壤中砷含量越高,其与 CK 的差异也越大。砷对叶面积的影响,除现蕾期 20 mg/ kg 处理的叶面积稍高于 CK 外,施砷处理 3 个生育时期的叶面积都低于相应 CK,团棵期和采收期的叶面积均随施砷量的增加而减小,且土壤中

由表 1 还可以看出,施砷处理植株 3 个生育时期的株高都低于相应 CK,且土壤中砷含量越高,株高降低越明显。除团棵期各处理间的差异不显著外,现蕾期和采收期施砷处理的株高与 CK 的差异也因土壤中砷含量的增加而增加,并表现出越来越显著的规律性。

砷含量越高,其与 CK 的差异越大;现蕾期各处理间的差异较小,变化的规律性也不甚明显。

从田间生长情况看,土壤砷含量达 100 mg/ kg 时,烟株整个生育期都处于幼弱状态,虽能存活,却无生产价值。200 mg/ kg 砷处理的烟苗移栽后 10 d 左右即死亡,400 mg/ kg 处理烟苗移栽不能成活。这些结果也表明,烤烟的生长发育对砷毒害非常敏感。

表 2 砷对烤烟叶片数和叶面积的影响

As 处理/ (mg · kg ⁻¹) Arsenic treatment	叶片数/片 Leaves			叶面积/cm ² Leaf area		
	团棵期	现蕾期	采收期	团棵期	现蕾期	采收期
	Rosette stage	Budding stage	Harvest stage	Rosette stage	Budding stage	Harvest stage
CK	11.3 a	32.0 a A	20.0 a A	330.81 a A	440.80 NS	880.73 a A
5	10.3 a	30.0 a AB	17.3 ab AB	286.61 a AB	435.31 NS	863.51 a A
20	9.7 a	26.3 b B	16.0 b B	249.37 a AB	443.37 NS	813.29 a A
40	8.3 a	23.3 c B	11.7 c C	149.42 b B	434.96 NS	598.31 b B
60	7.7 b	19.3 d C	11.3 c C	113.63 c B	407.00 NS	480.53 b B

2.2 砷对烤烟产量和经济性状的影响

从表 3 可以看出,随着土壤砷含量的增加,烤烟的单株产量和单株产值依次降低,且差异显著性越来越明显。当土壤砷含量为 5 mg/ kg 时,其产量与 CK 的差异达显著水平;砷含量为 20 mg/ kg 以上时,其产量与 CK 的差异达到极显著水平。施砷处理的均价、上中等烟比例都低于 CK。40 和 60 mg/ kg 处理的均价虽然高于较低施砷处理,但因其产量极显著降低,其上中等烟中上等烟的比例几乎为零,致使最终的综合性状较差。

2.3 砷对烤烟化学品质的影响

2.3.1 砷对烤烟化学成分的影响 在烤烟生产中,最常用来评定烟叶品质的化学成分主要有总糖、还原糖、总氮、蛋白质、烟碱等,这些化学成分中的每种成分含量太高或太低,均会对烟气质量产生不利影响。对砷毒害烤烟化学成分的分析结果(表 4)表明,施砷处理烟叶中的总糖、还原糖、总氮和蛋白质含量均高于 CK。砷对总糖、还原糖和总氮含量的影响较大,各处理与 CK 均达到极显著差异水平。蛋白质含量在施砷量达 20 mg/ kg 以上时,与 CK 的

差异也达到了极显著水平。除 5 mg/ kg 砷处理烟叶的烟碱含量高于 CK 外,其余处理的烟碱含量均极显著低于 CK,说明施砷降低了烤烟的烟碱含量。

若以 CK 含量为标准,总糖、还原糖的提高会导

致烟气呈酸性,受焦油危害的可能性增加,安全性降低,总氮和蛋白质含量的提高和烟碱含量的降低,会导致烤烟的刺激性增大,香气质量变差,劲头不足,吸食起来淡而无味^[14]。

表 3 砷对烤烟产量和经济性状的影响

Table 3 Effects of arsenic on yield and economic properties of flue-cured tobacco

As 处理/ (mg · kg ⁻¹) Arsenic treatment	单株产量/ g Yield per plant	单株产值/ 元 Value per plant	均价/ (元 · kg ⁻¹) Average price	上中等烟比例/ % Ratio of high level
CK	103.23 a A	0.760 a A	6.953 a	91.58 a A
5	93.35 b AB	0.576 b B	5.499 b	79.04 bc B
20	85.80 c B	0.529 b B	5.102 b	82.01 bc B
40	54.45 d C	0.538 b B	5.741 ab	78.69 bc B
60	45.69 e C	0.377 c C	6.120 ab	75.17 c B

注:经济性状为 2004 年数据,依据 2004 年原烟收购价格计算。

Note: The data of economic properties is from the experiment in 2004. Value per plant and average price depended on the price of flue-cured tobacco in 2004.

表 4 砷对烤烟化学成分的影响

Table 4 Effects of arsenic on chemical components of flue-cured tobacco

As 处理/ (mg · kg ⁻¹) Arsenic treatment	总糖 Total sugar	还原糖 Reducing sugar	总氮 Total nitrogen	蛋白质 Protein	烟碱 Nicotine
CK	154.926 e D	144.754 c C	15.321 e E	55.494 d D	6.422 b B
5	203.790 d C	189.728 a AB	17.012 d D	58.304 d D	7.683 a A
20	208.047 c C	175.887 b B	18.122 c C	86.702 c C	4.250 c C
40	274.254 a A	186.160 a AB	19.226 b B	94.146 b B	4.163 d C
60	231.601 b B	191.471 a A	21.570 a A	113.485 a A	3.412 e D

2.3.2 砷对烤烟矿质元素含量的影响 K、Ca、Mg、Cl 等是烤烟灰分中的主要元素,对提高产量、品质以及烟支的燃烧性和持火力有重要作用。从表 5 可以看出,除 20 mg/ kg 处理的 Ca²⁺ 含量高于 CK,但差异不显著外,其余施砷处理的 Ca²⁺ 含量和所有处理的 K⁺、Mg²⁺、Cl⁻ 含量均低于相应的 CK。K⁺ 含量随土壤砷含量增加依次降低,其他测定元素含量变化的规律性不明显。

若仍以 CK 含量为标准,烤烟灰分中 K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺ 含量的降低,影响烤烟的燃烧性和持火力,不利于烟叶的完全燃烧和烟灰的凝结。烟草是忌氯作物,Cl⁻ 含量的降低似乎有利,如果 CK 中 Cl⁻ 含量合适,施砷处理的 Cl⁻ 含量过度降低,则会出现烟叶弹性变差、易碎及切丝率降低等问题,而且对烟叶的燃烧性也会产生消极影响。

表 5 砷对烤烟矿质元素含量的影响

Table 5 Effects of arsenic on content of mineral elements in flue-cured tobacco

As 处理/ (mg · kg ⁻¹) Treatment	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻
CK	26.15 a A	14.16 a	8.15 a A	2.50
5	24.25 b B	10.72 b	5.59 b AB	2.37
20	24.18 b B	14.38 a	7.98 a A	2.39
40	24.08 b B	9.50 b	6.15 b AB	2.46
60	20.18 c B	9.07 b	5.16 b B	1.94

注:表中数据为 2004 年数据。

Note: The data of this table was from the experiment in 2004.

2.3.3 砷对烤烟化学成分协调性的影响 烤烟化学成分的协调性与烟叶品质关系密切。糖氮、氮碱、糖碱、钾氯之间保持适当的比例才符合优质烟的要求。从表 6 可知,几乎所有施砷处理的糖碱比、氮碱比和糖氮比均高于相应 CK,所有砷处理的钾氯比均低于 CK,施砷量 20 mg/ kg 以上处理与 CK 的差

异均达极显著水平。糖碱比和氮碱比增加,来源于总糖含量和总氮含量的增加及烟碱含量的降低,这更加大了糖碱比和氮碱比的不协调性,势必造成烤烟刺激性加大、劲头小、香气平淡及吃味不良等。糖氮比反映的是烟叶中的酸碱平衡关系,若以 CK 为标准,施砷使烤烟的糖氮比提高,破坏了烟叶酸碱关

系的平衡,烟气产生的酸性过强,因而刺激性增大。钾氯比是用来判断燃烧性好坏的一个指标,钾氯比

的降低是烟叶中 K^+ 含量的降幅小于 Cl^- 含量的降幅所致,因此同样不利于烟叶的燃烧性。

表 6 砷对烤烟化学成分协调性的影响

Table 6 Effects of arsenic on coordination between two chemical components of flue-cured tobacco				
As 处理/ (mg · kg ⁻¹) Arsenic treatment	氮碱比 Raito of TN to NT	糖碱比 Raito of TS to NT	糖氮比 Raito of TS to TN	钾氯比 Raito of K to Cl
CK	2.378 c C	24.051 e E	10.121 d D	10.464 a A
5	2.214 c C	26.525 d D	11.949 b B	10.249 ab AB
20	4.264 b B	48.954 c C	11.481 b BC	9.998 bc BC
40	4.618 b B	65.881 b B	14.270 a A	9.802 c C
60	7.113 a A	67.876 a A	10.743 c CD	9.419 d D

注: TN, TS, NT 表示总氮、总糖和总烟碱含量。
Note: TN, TS, and NT mean content of total nitrogen and total sugar and nicotine, respectively.

2.4 施砷量对烤烟叶片中砷含量及其分布的影响

由表 7 可见,随着施砷量的增加,下、中、上 3 个部位叶片的砷含量随之提高,同一施砷量不同部位

叶片的砷含量之间也存在差异,各处理均表现出一致的规律性,即下部叶 > 中部叶 > 上部叶。

表 7 施砷量对烤烟不同部位叶片及中部叶灰分砷含量的影响

Table 7 Effects of arsenic on content and distribution in leaves of flue-cured tobacco mg/ kg							
As 处理/ (mg · kg ⁻¹) Arsenic treatment	下部叶 Lower leaves	中部叶 Cutters	上部叶 Upper leaves	中部叶灰分 Ash in cutters		中部叶烟气 Gas from cutters	
				含量 Content	比例/ % Percentage	含量 Content	比例/ % Percentage
CK	0.84 e E	0.39 d D	0.24 e D	1.22 c C	38.42	0.22 c C	61.58
5	1.97 d D	1.04 d D	0.61 d D	3.80 c BC	53.81	0.47 c C	46.19
20	5.18 c C	2.62 c C	1.88 c C	5.49 c BC	29.67	1.88 b BC	70.33
40	10.79 b B	4.41 b B	2.49 b B	11.56 b B	35.61	2.84 b B	64.39
60	13.00 a A	8.15 a A	5.27 a A	23.87 a A	40.40	4.90 a A	59.60

对灰化炉中 300 °C充分燃烧后中部叶灰分砷含量的测定结果(表 7)表明,烤烟叶片中积累的砷越多,燃烧后残留在烟灰及扩散到空气中的砷也就越多,其对吸烟者、被动吸烟者的健康和空气质量的危害越大。

烤烟中部叶的灰分比例为 13.6 %^[16],对表 7 数据的计算表明,土壤施砷量对灰分和烟气中砷含量所占比例的影响不大,处理间的差异不显著。也就是说,每 kg 中部叶积累的砷平均有 60.42 %存在于

烟气中,仅有 39.58 %的砷残留在灰分中。

2.5 土壤砷含量与烤烟单株产量及其叶片砷含量的回归分析

以土壤原有的砷含量与施砷量的和为自变量,以烤烟单株产量及其叶片、烟气中的砷含量为依变量,对二者的关系进行回归分析。回归结果(表 8)表明,二者的线性关系十分显著,说明它们之间为直线关系。若按产量减少 10 % 作为砷对烤烟生长的影响指标,则土壤施砷量的阈值为 16.89 mg/ kg。

表 8 土壤中施砷量与烤烟单株产量及其叶片砷含量的回归分析

Table 8 Regression analysis between content of arsenic applied in soil and yield per plant and leaves			
指标 Index	回归方程 Regression equation	r	土壤砷含量阈值/ (mg · kg ⁻¹) Critical content of arsenic applied in soil
单株产量 Yield per plant	y = - 0.986 0 x + 109.561	0.961 1 * *	16.89
下部叶砷含量 Arsenic content in lower leaves	y = 0.222 4 x - 0.085 4	0.884 5 *	2.63
中部叶砷含量 Arsenic content in cutters	y = 0.112 9 x - 0.240 6	0.957 5 * *	6.56
上部叶砷含量 Arsenic content in upper leaves	y = 0.071 4 x - 0.493 5	0.912 9 *	13.91
中部叶烟气砷含量 Arsenic content of gas from cutters	y = 0.075 9 x - 0.479 8	0.985 6 * *	12.90

参照多种食品中有关砷含量为 0.5 mg/ kg 的国家标准,可以计算出烤烟叶片中砷含量不超过 0.5 mg/ kg 时的土壤砷含量阈值分别为 2.63,6.56 和 13.91 mg/ kg,每 kg 中部叶燃烧后烟气中不超过 0.5

mg 砷时的土壤施砷量阈值为 12.90 mg/ kg。

3 结论与讨论

1) 砷在土壤中的存在形态决定着砷对生物の有

效性和毒性^[17-18]。土壤中砷以无机态为主,而无机态砷又以 As(V) 为主^[19],土壤中的 As(V) 和 As(III) 之间可以通过氧化-还原反应而发生价态转变,使二者之间保持动态平衡^[20-21]。因此,本试验选择砷酸钠为污染源进行烤烟方面的试验,结果表明,砷毒害能抑制烤烟的生长发育,导致其发育延迟,叶片数和叶面积减少,株高和产量降低,这与砷对其他作物生长发育影响的类似研究结论是一致的^[1-5]。而且,烤烟是对无机态砷(V) 非常敏感的作物。土壤中砷含量达到 100 mg/kg 时,烤烟已失去生产价值,土壤施砷量达到 200 mg/kg 以上时,烤烟即不能生存。

2) 砷在土壤中的行为具有二重性,微量砷对作物的生长具有促进作用,当土壤中的砷含量达到一定程度时,就会对作物产生毒害作用。本研究的重点是探讨砷对烤烟的毒害,旨在为其优质和无公害生长提供参考。因此,本试验对造成烤烟减产 10% 时的土壤砷含量阈值进行了探讨,结果表明,在本试验条件下,造成烤烟减产 10% 的土壤砷含量阈值为 16.89 mg/kg。本研究还对砷毒害烤烟的品质进行了探讨,认为砷造成了烤烟产值降低,均价、上中等烟比例等经济性性状变差,总糖、还原糖、总氮、蛋白质含量提高,烟碱和 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 含量降低,糖氮比、糖碱比、氮碱比等比例失调。因而本研究认为,砷降低了烤烟的商品价值和化学品质。

3) 种植烤烟的目的是满足吸食者的需求,并尽可能地减少对其健康的危害。据报道,烟气中有砷等重金属的存在^[11-12]。本试验系统研究表明,砷不仅造成了烤烟叶片中砷的积累,而且燃烧后烟灰和烟气中均有砷的存在,二者的砷比例相对固定。砷在烤烟叶片中的积累规律为下部叶 > 中部叶 > 上部叶。中部叶燃烧后,有 39.58% 的砷残留在灰分中,有 60.42% 的砷随烟气被吸烟者吸收或扩散到空气中。目前,国家强制性标准中还未涉及烤烟和卷烟砷含量的规定,参照多种食品中有关砷含量为 0.5 mg/kg 的国家标准可知,在本试验条件下,烤烟下、中、上部叶片中砷含量不超过 0.5 mg/kg 的土壤砷含量阈值分别为 2.63、6.56 和 13.91 mg/kg,每 kg 中部叶燃烧后烟气中不超过 0.5 mg/kg 的土壤砷含量阈值为 12.90 mg/kg。

4) 需要指出的是,本试验得到的造成烤烟减产和叶片砷积累的土壤砷含量阈值,是在盆栽试验和施用有效砷条件下得出的,而大田土壤中的砷多为难溶性砷,因此,大田土壤实际的砷含量阈值可能高于本试验研究结果,故还需要进行大田试验,以使试

验结果更符合生产实际。而且烟气中的砷含量阈值是以 0.5 mg/kg 的砷含量为标准推算的,烟气中究竟含有多少砷才会对烟民造成砷毒害,也需进一步研究。

[参考文献]

- [1] Cox M S, Kovar J L. Soil arsenic effects on canola seedling growth and ion uptake[J]. Commun Soil Sci Plant Analysis, 2001, 32(1/2): 107-117.
- [2] 康立娟,李香丹,刘景华,等.砂壤水稻土添加砷对水稻生长发育和残留的研究[J].吉林农业大学学报,1996,18(3): 58-61.
- [3] 苏流坤,袁焕祥.土壤中铜、砷对水稻生长发育影响的研究[J].热带亚热带土壤科学,1997,6(3): 194-197.
- [4] 许嘉琳,杨居荣,荆红卫.砷污染土壤的作物效应及其影响因素[J].土壤,1993,26(6): 50-58.
- [5] 许炼锋,刘付强.砖红壤添加砷对花生生长和残留的影响[J].广东农业科学,1991(1): 27-30.
- [6] Abedin M J, Feldmann J, Meharg A A. Uptake kinetics of arsenic species in rice plants[J]. Plant Physiol, 2002, 128(3): 1120-1128.
- [7] Carbonell-barrachina A, Burlo-carbonell F, Mataix-beneyto J. Effect of sodium arsenite on arsenic accumulation and distribution in leaves and fruit of Vitis vinifera[J]. J Plant Nutri, 1997, 20(2/3): 379-387.
- [8] 崔瑞平.砷(As)在整株水稻各部位的分布研究[J].遵义医学院学报,1995,18(4): 243-244.
- [9] 杨清.砷对小麦生长的影响[J].土壤肥料,1992(3): 23-25.
- [10] 蔡保松,陈同斌,廖晓勇,等.土壤砷污染对蔬菜砷含量及食用安全性的影响[J].生态学报,2004,24(4): 711-717.
- [11] Chiba M.烟草及其烟雾中的毒性元素和微量元素[J].赵金扣,译.国外医学:医学地理分册,1993,14(2): 64-65, 52.
- [12] 刘若曼,陈震阳,顾向荣,等.活性炭对香烟烟雾中有害微量元素的吸附效果[J].环境与健康杂志,1999,16(4): 203-204.
- [13] 周会光,罗战勇,陈俊标,等.YC/T 142-1998 烟草农艺性状调查方法[S].北京:国家烟草专卖局,1998.
- [14] 王瑞新,韩富根,卢红,等.烟草化学[M].北京:中国农业出版社,2003.
- [15] 强卫国,杨慧芬,毛红,等.GB/T 5009.11-2003 食品中总砷和无机砷的测定[S].北京:中国标准出版社,2003.
- [16] 闫克玉,李兴波,王志韬,等.河南烤烟(40级)总灰分及主要矿物质元素分析报告[J].郑州轻工业学院学报,1994,9(4): 6-11.
- [17] 陈同斌.土壤溶液中的砷及其与水稻生长效应的关系[J].生态学报,1996,16(2): 147-153.
- [18] Pongratz R. Arsenic speciation in environmental samples of contaminated soil[J]. Sci Total Environ, 1998, 224: 133-141.
- [19] 王春旭,李生志,许荣玉,等.环境中砷的存在形态研究[J].环境科学,1993,14(4): 53-57.
- [20] 陈同斌,刘更另.土壤中砷的吸附和砷对水稻的毒害效应与 pH 值的关系[J].中国农业科学,1993,26(6): 50-58.
- [21] Manning A, Suarez D L. Modeling arsenic(III) adsorption and heterogeneous oxidation kinetics in soils[J]. Soil Sci Soc Am J, 2000, 64(1): 128-137.