

烟草对重金属铅铬砷汞积累分配特性分析

鲁黎明¹ 顾会战² 彭毅² 陈勇¹ 王栋²

(1. 四川农业大学 农学院 四川 成都 611130; 2. 广元市烟草公司 四川 广元 628017)

摘要: 为研究烟草对重金属元素铅、铬、砷与汞的富集特点,探讨其在烟株各器官间转移与分配的规律,为烟草吸收重金属元素的机制研究提供参考。以烤烟品种中烟 103 为材料,在移栽后 30、45、60、75、90、110 d 采集烟株样品,分析重金属元素在烟株的空间分布与动态演变。结果表明,烟草对不同重金属元素的吸收积累特点不同。烟草的根对铅及铬保持活跃吸收,根系铅及铬的含量显著高于茎与叶片。根中砷的含量一直维持在较高的水平,显著高于茎与叶片。但在栽后 45、75 d,下部叶的砷含量反而最高。叶片中汞的含量显著高于根与茎。在生育后期,中部叶的汞含量显著高于其余部位。

关键词: 烟草; 重金属; 积累; 分配

中图分类号: S572.01 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2013)增刊-0366-05

Analysis of Characteristics of Accumulation and Translocation of Tobacco to Different Heavy Metal Elements

LU Li-ming¹, GU Hui-zhan², PENG Yi², CHEN Yong¹, WANG Dong²

(1. College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China;

2. Guangyuan Tobacco Company, Guangyuan 628017, China)

Abstract: To provide the reference to tobacco heavy-metal elements absorption mechanism research, the experiment was carried out on characteristics of heavy-metal enrichment, transfer and distribution of heavy-metal elements between organs of tobacco. With Zhongyan 103 as material, tobacco samples were acquired, heavy-metal elements in tobacco plant spatial distribution were detected after transplanting 30, 45, 60, 75, 90 and 110 days. Tobacco root absorption of lead and chromium remained active throughout its living stage, and lead and chromium content in the roots were significantly higher than those of stems and leaves. Tobacco arsenic content in the root has been maintained at a high level, and was significantly higher than that of stem and leaf. But in 45 days and 75 days (After transplanting), lower leaves arsenic content were the highest. Mercury content in leaves was higher than that in the root and stem. However, middle leaves mercury content was significantly higher than that of other parts of tobacco plants in the late growth period. Tobacco varies in absorption and accumulation to different heavy-metal elements. Mercury behaves as late accumulation, and lead, chromium and arsenic to metaphase accumulation. Mercury accumulation and root-to-leaf transfer capability is the strongest among the four elements. Lead and chromium are mainly stored in root, and the storage of arsenic and mercury is almost equally in root and leaf.

Key words: Tobacco; Heavy-metal; Accumulation; Translocation

重金属污染会影响植物的生长发育,也能够造成农作物的减产及品质的降低^[1-4]。烟草是一个重要的经济作物,土壤中的重金属能够对烟叶的产量及品质产生严重影响^[5-8]。因此,研究烟草对重金属元素的吸收积累规律,将有助于了解烟草对重金

属的同化机制,并进而采取有效措施,以降低重金属的危害。张艳玲等^[9]的研究表明,我国烟叶中的重金属元素含量存在明显差异,其中,以铅与镉为主。雷丽萍等^[10]的分析表明,镉是烟叶中主要的重金属元素。在烟株的空间分布方面,铅(Pb)、镉(Cd)、

收稿日期: 2013-09-25

基金项目: 广元市烟草公司科技项目(2010003)

作者简介: 鲁黎明(1965-),男,河南正阳人,副教授,博士,主要从事植物抗逆生理研究。

汞(Hg)、砷(As) 4种元素在烤烟旺长期各部位含量差异显著,趋势为下部叶片>中部叶片>上部叶片>茎,As元素根中的含量最高,而Cd元素则最低^[11]。徐照丽等^[12]的研究结果则有所不同,铅(Pb)、汞(Hg)、砷(As) 3种元素的含量表现为:根>下部叶片>中部叶片>茎>上部叶片。砷(As)元素在烤烟各器官中的分布,常思敏等^[13]得出的结论是:根>下部叶>茎>中部叶>上部叶。在烟草对重金属元素的动态吸收方面,不同重金属元素的表现不同。Pb与Cd的吸收表现为从团棵期到初花期持续降低,初花期至盛花期又升高的特点^[14]。前人对烟草吸收重金属元素的研究,偏重于镉(Cd)、铅(Pb)、铬(Cr)、汞(Hg)及砷(As)等元素研究较少,而且,没有从全生育期角度研究其动态变化,及其由根向茎叶转移的规律。本研究以烤烟品种中烟103为材料,从烟株生长各个生育时期,分析重金属元素在烟株的空间分布与动态演变,研究烟叶对重金属元素的富集特点,探讨其在烟株各器官间转移与分配的规律,旨在为烟草吸收重金属元素的机制研究提供参考。

1 材料和方法

供试烤烟品种为中烟103。试验于2011年在四川省广元市烟草公司烟科所进行。试验地位于剑阁县姚家乡,肥力中等、平整连块、排灌方便。供试土壤有机质含量为13.2 g/kg,碱解氮91 mg/kg,速效磷16 mg/kg,速效钾122 mg/kg。重金属含量分别为,铅(Pb) 26.9 mg/kg,铬(Cr) 68.2 mg/kg,砷(As) 11.5 mg/kg,汞(Hg) 0.057 mg/kg。

试验地面积666.7 m²。2011年2月10日育苗,5月9日移栽,种植行株距为1.2 m×0.5 m,田间管理按当地优质烟叶生产规范进行。烟叶成熟采摘,按照三段式烘烤工艺烘烤。烤后烟叶按部位取样。

移栽后30、45、60、75、90、110 d,在田间按五点取样法取烟草整株。按部位分别烘干后粉碎,过40目筛备用。

土壤及烟叶样品重金属含量的测定,采用雷丽萍等^[10]的方法进行。

测定数据,采用Excel、SPSS等软件进行分析与制图。

2 结果与分析

2.1 烟草各部位铅含量的动态变化

烟草叶片的铅含量基本上呈现逐渐增加的趋势(图1)。其中,上部叶高峰出现在移栽后60 d,

中部叶出现在移栽后45 d,而下部叶则出现在移栽后75 d。由此说明,烟叶对铅的分配,是经由下部叶、中部叶,最后到达上部叶。接近成熟时,铅大多集中在下部叶,其次是中部叶、上部叶。

烟草根系的铅含量(0.61 mg/kg)显著高于茎(0.18 mg/kg)与叶片(平均0.21 mg/kg)。并且随着生育进程推进逐步升高。其高峰出现在移栽后90 d,其后略有下降。表明,烟草的根对铅一直保持着活跃的吸收。

烟草茎中的铅含量,从移栽后30 d开始增加,到60 d达到高峰(0.21 mg/kg),而后逐步下降,到110 d时,达到0.12 mg/kg,基本与栽后30 d铅的含量持平。

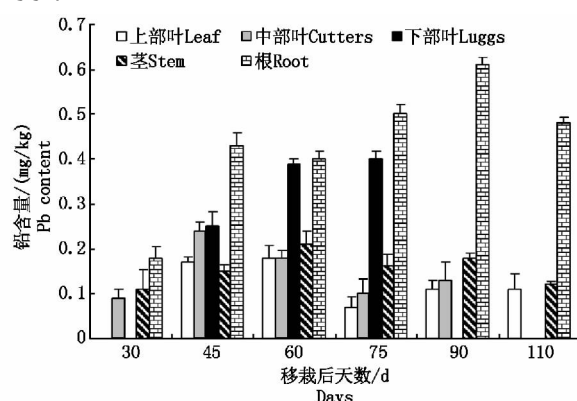


图1 烟草不同生育时期根茎叶铅含量

Fig.1 Pb content of tobacco root stem and leaf in different stages

2.2 烟草各部位铬含量的动态变化

铬是供试土壤中含量最多的一个重金属元素(68.2 mg/kg),烟草生长期间各部位铬含量也较高(图2),可能土壤中较高浓度的铬促进了烟草对铬的吸收。

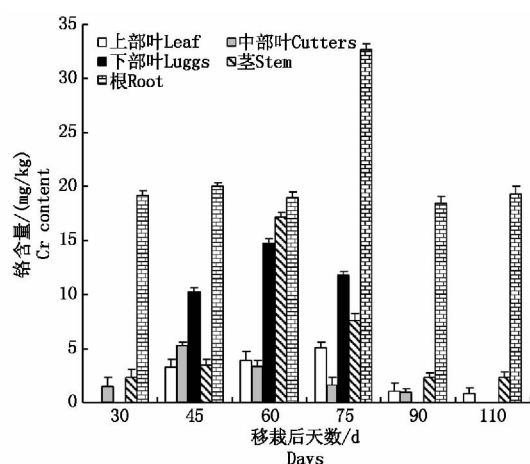


图2 烟草不同生育时期根茎叶铬含量

Fig.2 Cr content of tobacco root stem and leaf in different stages

在移栽后75 d,根中铬的含量达到最高(32.7

mg/kg) 其余各个时期变化不大,均保持在 18.0 mg/kg 以上。茎对铬的积累,在移栽后 60 d 达到最高(17.16 mg/kg),而后迅速下降。根据根茎对铬的积累特性推断,根可能是铬的主要储存器官。

烟草下部叶的铬含量显著高于中部叶与上部叶。在移栽 45 d 前,中部叶的铬含量高于上部叶,之后反而低于上部叶。这种现象说明,随着叶片的逐渐成熟,中部叶中的铬较多地转移到了上部叶中。

2.3 烟草各部位砷含量的动态变化

烟草对砷的积累的特点,突出表现在下部叶砷的含量较高(图 3)。不但显著高于中上部叶,而且在移栽后 45 d(0.79 mg/kg) 及 70 d(0.98 mg/kg),显著高于根的砷含量。

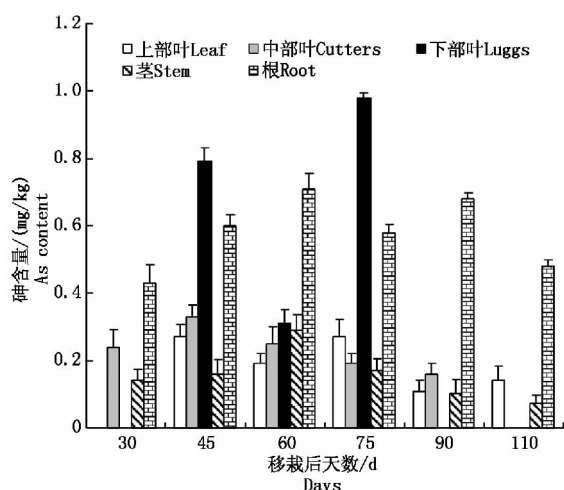


图 3 烟草不同生育时期根茎叶砷含量

Fig. 3 As content of tobacco root stem and leaf in different stages

从移栽后 30 d,烟草根中的砷持续增加,到栽后 60 d 达到最高(0.71 mg/kg),而后略有下降。相反,茎的砷含量在各个生育时期均显著低于根。这种现象说明,烟草的根可能是砷的主要储存器官,茎的砷转移到了叶片中。

在栽后 75 d 前,叶片砷含量均表现为下部叶 > 中部叶 > 上部叶。这也反映了砷从根至茎、再至下、中、上叶位的转移过程。

2.4 烟草各部位汞含量的动态变化

汞也是一个对植物生长毒害较大的重金属元素。在烟草的整个生育期内,烟草根茎的汞含量均低于叶片(图 4)。其中,移栽后 60 d 显著低于叶片。在栽后 75 d,虽然根与茎的汞含量(分别为 0.008 5, 0.007 6 mg/kg)比下部叶稍高,但却明显低于上中部叶(分别为 0.018, 0.015 mg/kg)。这种现象表明,根并非是汞的储存场所,而叶片则可能是汞的主要储存器官。

3 个部位的叶片对汞的积累特点不同。上部叶

在栽后 45 ~ 75 d 呈现增加趋势,到栽后 75 d 达到最高(0.018 mg/kg),而后下降,到栽后 110 d,又有所升高。中部叶汞含量从栽后 30 ~ 60 d 表现出持续增加,到栽后 75 d 又有所下降,栽后 90 d 迅速增加达到最高值(0.025 mg/kg)。栽后 45 d,下部叶汞含量达到最高(0.017 mg/kg),而后逐步下降。

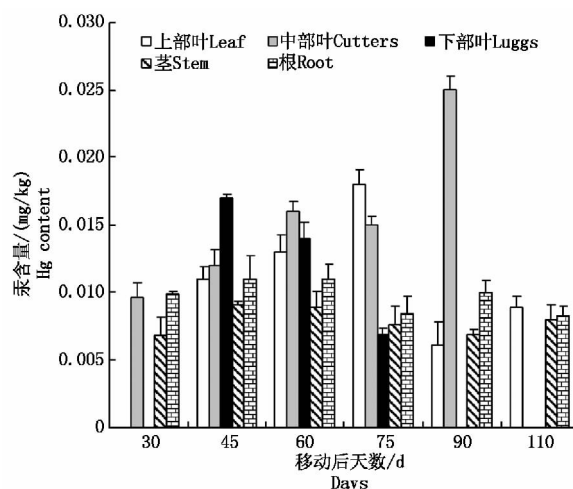


图 4 烟草不同生育时期根茎叶汞含量

Fig. 4 Hg content of tobacco root stem and leaf in different stages

2.5 烟草对各重金属元素的吸收积累能力

在植物修复研究领域,富集系数是一个常用的重要指标。它主要用来表述有害化学物质在生物体内累积的程度与富集的能力。植物体内的重金属含量与土壤或沉积物中的重金属含量之比即为富集系数。本研究计算表明,烟草对重金属元素铅(Pb)、铬(Cr)、砷(As)及汞(Hg)的富集系数分别为 0.01, 0.06, 0.02, 0.61。表明烟草对重金属元素的积累能力差异较大,其趋势为汞 > 铬 > 砷 > 铅。其中,汞的富集系数极显著高于其余 3 种元素,砷与铅之间富集系数没有显著差异,但铬的富集系数仍显著高于砷与铅。

当植物对重金属元素的富集系数大于 1 时,一般认为植物对该元素具有富集能力^[13]。以此标准来判断,在所测定的 4 个重金属元素中,烟草都不具有富集能力。

位移系数是另外一个较为重要的指标,用来衡量元素在植物体内的转移能力。烟草对不同重金属元素的迁移能力有明显的差别(表 1)。同样,位移系数大于 1 时,被认为迁移能力较强。所以,汞从根向茎、叶的迁移能力较强。

综合来看,在所研究的重金属元素中,汞是烟草较易富集,而且在体内迁移能力最强的元素。汞由根向茎及叶片中转移能力较强,叶片是其最主要的储存地。

表1 烟草叶片对不同重金属元素位移系数的比较

Tab.1 Comparison of TF of tobacco to different heavy metal elements

位移系数 TF	铅 Pb	铬 Cr	砷 As	汞 Hg
叶/根 Leaf/Root	0.764	0.186	0.366	3.374
茎/根 Stem/Root	0.250	0.119	0.152	0.964
茎叶/根 Leaf stem/Root	0.507	0.153	0.259	2.169

3 结论与讨论

烟草对不同重金属元素的吸收积累特点不同。汞表现为后期积累,铅、铬及砷表现为中期积累。在储存器官上,铅与铬主要在根中储存。砷与汞表现为根、叶并重,其中,砷偏重根,而汞则偏重叶。在铅、铬、砷及汞4种重金属元素中,烟草主要对汞有富集能力,而对于其余3种重金属元素的富集能力较差。

土壤中的重金属元素,会严重影响到农作物的生长、产量与品质的形成^[15-17]。烟草是一种以叶片为收获对象的特殊经济作物,其农艺、经济及品质性状同样会受到重金属的影响^[5-8,18]。本研究结果表明,烟草对不同重金属元素积累能力有着明显的差异,其趋势为汞>铬>砷>铅,其中对汞的积累较强,表现出一种偏好性的特征。

同时,通过对烟草不同器官、不同生育时期重金属吸收与积累的分析,本研究得出了前人没有报道过的结果:烟草对重金属的吸收积累特征不同,汞为后期积累较强,铅、铬及砷表现为在生长中期积累;根是铅与铬的主要储存器官。砷与汞表现为根、叶并重,其中,砷偏重根储存,而汞则偏重叶片储存;汞由根向叶片的转移能力较强;在所测定的4种重金属元素中,汞是烟草易富集、且积累能力较强的元素。

表2 土壤中铅、铬、砷、汞含量的变化

Tab.2 Changes of Pb, Cr, As and Hg content in the soil

移栽天数/d Days	mg/kg			
	铅 Pb	铬 Cr	砷 As	汞 Hg
30	26.9	68.2	11.5	0.057
45	26.7	65.4	11.9	0.058
60	25.0	55.4	10.7	0.051
75	26.5	65.4	11.8	0.063
90	26.4	66.6	12.2	0.066
110	28.1	67.8	13.5	0.062

烟草所吸收的重金属元素,是从其生长的土壤中来的。由于本研究是进行的大田试验,因此,为了解土壤中的相应重金属的含量,在测定烟草各个器官的重金属含量的同时,也测定了其在土壤中的含

量(表2)。虽然土壤中4种元素的含量,在烟草整个生育期中总体变化不大,但仍然可以看出,在移栽后60 d,其含量最低。由于该时期正值烟草的旺长期,对养分的需求量大,对各种元素的吸收也就较多。因此,此时土壤中的重金属也就明显下降。随后,由于烟草的生长相对变慢,再加上土壤底层重金属对表层的补充等,就导致耕层土壤重金属含量的升高。

烟草是一个经济作物。因此,在烟叶生产中,可以根据烟草富集镉与汞的特点,在生长前期,采取相应措施,降低根系对镉的吸收;在烟株生长后期,有目的地弃去下部的底脚叶,以降低叶片中的重金属含量。在植物修复领域,可以利用烟草对镉与汞有着较强富集能力的特点,将烟草作为环境修复的先锋植物,应用在镉、汞污染的目标区域进行种植修复^[18-20]。所以,本研究的结论有着现实的积极意义。

烟草在生长过程中,从周围环境中吸收重金属,并在体内累积。其中的吸收与积累机制,以及重金属元素之间的作用也十分复杂^[21]。因此,烟草吸收、运转与积累重金属元素的机制及其之间的相互作用,需要进行更深一步的研究。

参考文献:

- [1] 刘碧英,潘远智,赵杨迪.沿阶草不同叶片对土壤铅胁迫的生理生化响应[J].草业学报,2011,20(4):123-128.
- [2] 宋瑜,金晖,曹宗英,等.植物对重金属镉的响应及其耐受机理[J].草业学报,2008,17(5):84-91.
- [3] 李铭红,李侠,宋瑞生.受污农田中农作物对重金属镉的富集特征研究[J].中国生态农业学报,2008,16(3):675-679.
- [4] Stiborova M, Doubravova M, Brezinova A, et al. Effect of heavy metal ions on growth and biochemical characteristics of photosynthesis of barley (*Hordeum vulgare* L.) [J]. Photosynthetica, 1986, 20: 418-425.
- [5] 史宏志,刘国顺,常思敏,等.烟草重金属研究现状及农业减害对策[J].中国烟草学报,2011,17(3):89-94.
- [6] 曹祥练,孙敬国,卢红良.重金属对烤烟产量及品质影响的研究进展[J].河北农业科学,2009,13(9):3-6,9.
- [7] 苏贤坤,庄文贤,李继新,等.重金属对烤烟的影响及其治理技术与策略[J].中国烟草科学,2008,29(4):57-61.
- [8] 王森,赵铭钦,腊贵晓.烟草中重金属镉污染及调控措施研究进展[J].中国农业科技导报,2011,13(2):93-98.
- [9] 张艳玲,尹启生,周汉平,等.中国烟叶铅、镉、砷的含量及分布特征[J].烟草科技,2006(11):49-52,57.

- [10] 雷丽萍,夏振远,方敦煌,等. 玉溪烟叶几种重金属含量状况研究[J]. 西南农业学报, 2011, 24(4): 12 - 13.
- [11] 吴玉萍,夏振远,邓建华,等. 铅、镉、汞、砷4种元素在烟株中的含量分布[J]. 西南农业学报, 2009, 22(2): 368 - 371.
- [12] 徐照丽,吴玉萍,杨宇虹,等. 不同重金属在烤烟中的累积分配特征研究[J]. 环境科学导刊, 2007, 26(1): 7 - 10.
- [13] 常思敏,贾东坡,田志强,等. 不同施砷量对烤烟砷吸收积累及分布的影响[J]. 河南农业大学学报, 2006, 40(5): 486 - 489.
- [14] 张仕祥,张艳玲,魏春阳,等. 烤烟和白肋烟吸收积累铅、镉的生育期动态[J]. 烟草科技, 2008(5): 49 - 53.
- [15] 孙树. 我国土壤和农作物重金属污染现状及转化规律[J]. 淮北职业学院学报, 2010, 9(5): 71 - 72.
- [16] 仲维科,樊耀波,王敏健. 我国农作物的重金属污染及其防止对策[J]. 农业环境保护, 2001, 20(4): 270 - 272.
- [17] Auda M A, Zinada I A, Ali E E S. Accumulation of heavy metals in crop plants from gaza strip, palestine and study of the physiological parameters of spinach plants [J]. Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences, 2011(10): 21 - 27.
- [18] 马新明,李春明,袁祖丽,等. 镉和铅污染对烤烟根区土壤微生物及烟叶品质的影响[J]. 应用生态学报, 2005(11): 76 - 79.
- [19] 杨欣,陈江华,张艳玲. 烟草对镉的吸收及控制措施研究综述[J]. 中国烟草科学, 2010, 31(2): 70 - 75.
- [20] 章刚娅,朱卫星,招启柏,等. 烟草对复合污染土壤中镉的吸收运转及改良的研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(2): 583 - 587.
- [21] 王学锋,师东阳,刘淑萍,等. 烟草对土壤中环境激素铅的吸收及其相互影响的研究[J]. 农业环境科学学报, 2006(4): 56 - 58.