

李金澄,孙吉翠,张忠兰,等. 沼液-土壤-玉米系统中重金属迁移富集特性[J]. 江苏农业科学,2020,48(21):292-297.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.21.055

# 沼液-土壤-玉米系统中重金属迁移富集特性

李金澄,孙吉翠,张忠兰,高炜城,杨守军

(中国农业大学烟台研究院,山东烟台 264670)

**摘要:**为探讨沼液还田后重金属在土壤-玉米体系中的迁移、富集规律。试验共设 5 个处理:不施加任何肥料(CK);施加 1 倍氮当量沼液(1N);施加 2 倍氮当量沼液(2N);施加 3 倍氮当量沼液(3N);施加 4 倍氮当量沼液(4N)。研究表明:在玉米苗期,1N 处理的 20~40 cm 和 40~60 cm 土壤中 Cd 含量分别为 0~20 cm 土壤的 26.17% 和 28.97%,而 3N、4N 处理 20~40 cm 和 40~60 cm 土壤中 Cd 含量则高于 0~20 cm 土壤。与 Cd 不同,沼液处理土壤中 Cu、Zn 的迁移与分布总体随土壤深度的增加而降低,至玉米抽穗期,20~40 cm 和 40~60 cm 土壤中的 Cu、Zn 含量无明显差异。沼液处理土壤的 As 含量随生育期的延长而明显降低,至玉米抽穗期,所有处理土壤均未检出 As。Cu、Zn、Cd 3 种重金属分别在秸秆、籽粒、根系中有明显的富集,Zn、Cd 分别在秸秆-籽粒和根系-秸秆中有较高的迁移能力。沼液中 Pb、Ni、Hg、Cr 4 种重金属在土壤与作物间迁移与富集均不明显。综合分析认为,沼液施用量不高于玉米氮需求 4 倍时,土壤和玉米中存在 Zn、Cu、Cd、As 的迁移与富集,但均不存在污染风险。

**关键词:**沼液;施用量;重金属;迁移;富集;土壤;玉米

**中图分类号:**X53 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)21-0292-05

沼液是沼气工程处理农牧业废弃物后产生的尚未达到国家排放标准的废水,如何有效处理沼液是当今环境保护中亟待解决的关键问题<sup>[1]</sup>。在众多的处理利用工艺中,沼液以肥料的形式还田是传统且经济有效的处置方法<sup>[2]</sup>。

沼液中富含 N、P、K 等大量元素和 Na、Ca、Mg、Fe、有机质、19 种氨基酸以及活性酶,基本满足农作物生长对肥料的需求,沼液的适量配施不仅能改善作物的产量和品质,还可提升土壤肥力<sup>[3-6]</sup>。虽然沼液还田能解决农作物生长对养分的需求问题,并且能在作物耐受范围内尽可能地消耗沼液,以减少沼气工程中沼液消解的农田配套面积及沼液输送等运输成本,但沼液过量还田也会导致一系列的环境生态问题,尤其是作为饲料添加剂的重金属可通过饲料-畜禽-粪便-沼液-土壤-植物的途径,

使土壤和农产品存在重金属积累的潜在风险<sup>[7]</sup>。重金属进入土壤后,大部分被土壤吸附和固定,部分被作物吸收并在体内进行再分配,最终通过作物收获物被带走,还有一部分可能会随水淋洗进入深层土壤及地下水中<sup>[8]</sup>。重金属污染过程具有长期性、隐蔽性和不可逆性,这给重金属在农田生态系统中的迁移富集研究带来一定的困难度,且目前的研究多集中于耕层土壤及作物方面,不足以说明土壤重金属的污染特性及在不同土层的积累情况,难以解释人类活动影响下重金属的含量分布特征<sup>[9-11]</sup>。因此,本试验以玉米为试材,研究沼液中重金属在土壤垂直空间的迁移与分布以及在土壤-玉米农田生态系统中的迁移与富集机理,以期沼液灌溉农田重金属污染防控提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验于 2018 年 5 月至 2018 年 8 月在中国农业大学烟台研究院大田试验基地进行。土壤类型为棕壤,有机质含量 0.88%,碱解氮含量 131.41 mg/kg,有效磷含量 97.6 mg/kg,速效钾含量 135.76 mg/kg,pH 值 6.079,可溶性盐浓度(EC 值) 60.0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。玉米(*Zea mays* L.)品种为登海 662。试验所用沼液为山东省某沼液工程产生的鸡粪沼

收稿日期:2020-02-21

基金项目:山东省重点研发计划(编号:2018GNC110021);烟台科技  
发展计划(编号:2017ZH097);2016 年烟台开发区创新创业领军  
团队项目(编号:TD2016003);烟台市教育局学科建设项目(编号:  
2019XDRHXM25)。

作者简介:李金澄(1998—),男,山东曲阜人,主要从事设施农业相关  
研究。E-mail:15705477690@163.com。

通信作者:杨守军,博士,副教授,主要从事畜禽养殖废弃物处理和资  
源化利用技术相关研究。E-mail:sjyang-2008@163.com。

液,其全氮、全磷、全钾含量分别为 0.59%、0.02%、0.37%,pH 值为 7.56,EC 值为 14 780  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。土壤和沼液中的重金属含量见表 1。

表 1 土壤和沼液中重金属含量

mg/kg

样品	Pb 含量	As 含量	Hg 含量	Cr 含量	Ni 含量	Cu 含量	Zn 含量	Cd 含量
土壤	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	7.588	35.748	0.029 0
沼液	0.054	0.27	0.0043	0.24	0.063	2.600	25.500	0.003 6

注:Pb、As、Hg、Cr、Ni、Cu、Zn、Cd 最低检测限分别为 0.029、0.01、0.00015、0.022、0.008、0.006、0.002、0.002 mg/kg。

## 1.2 试验设计

试验采用随机区组设计,共设 5 个处理:不施加任何肥料(CK);施加 1 倍氮当量沼液(1N);施加 2 倍氮当量沼液(2N);施加 3 倍氮当量沼液(3N);施加 4 倍氮当量沼液(4N),每个处理重复 3 次。玉米株、行距分别为 45、35 cm,目标产量为 7 500  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ,需氮量为 201  $\text{kg}/\text{hm}^2$ 。沼液施用量按沼液氮养分供给和玉米氮养分需求基准平衡进行换算,沼液于土壤翻耕前一次性施入,所缺磷、钾养分用化肥补齐。施肥情况详见表 2。

表 2 基肥施用量

处理	沼液施用量 ( $\text{t}/\text{hm}^2$ )	过磷酸钙施用量 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )	硫酸钾施用量 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )
CK	0	0	0
1N	150	12 660	1 245
2N	300	12 465	135
3N	450	12 270	0
4N	600	12 090	0

## 1.3 样品采集与测定方法

在玉米的苗期、拔节期、抽穗期、完熟期分别采集 0~20 cm(表层土)、20~40 cm(中层土)、40~60 cm(深层土)土层的土壤,用于重金属含量的测定。在玉米的完熟期采集整株玉米,用于根系、秸秆和籽粒中重金属含量的测定。土壤中 Cu、Zn、Cd、Cr、Pb、Ni 含量的测定采用原子吸收分光光度法<sup>[12]</sup>;土壤中 As、Hg 含量的测定分别采用二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法和氢化物发生-原子吸收分光光度法<sup>[13-14]</sup>。玉米根系、秸秆、籽粒中的 Pb、Cd、Ni、Cu、Zn、Hg、As、Cr 含量的测定分别按照 GB 5009.12—2017《食品安全国家标准 食品中铅的测定》、GB 5009.15—2014《食品安全国家标准 食品中镉的测定》、GB 5009.138—2017《食品安全国家标准 食品中镍的测定》、GB 5009.13—2017《食品安全国家标准 食品中铜的测定》、GB 5009.14—2017《食品安全国家标准 食品中锌的

测定》、GB 5009.17—2014《食品安全国家标准 食品中总汞及有机汞的测定》、GB 5009.11—2014《食品安全国家标准 食品中总砷及无机砷的测定》、GB 5009.123—2014《食品安全国家标准 食品中铬的测定》。

## 1.4 重金属迁移系数和富集系数的计算

富集系数  $F_{\text{BC}}$  可表征重金属在土壤-玉米根系之间的迁移能力,值越大,重金属的迁移能力越强;迁移系数  $F_{\text{T1}}$ 、 $F_{\text{T2}}$  表示重金属在根系-秸秆、秸秆-籽粒中的迁移能力,值越大,重金属的迁移能力越强;用累计富集系数( $\beta$ )表示玉米籽粒中重金属相对于土壤的富集系数, $\beta$  值越大,重金属的富集能力越强<sup>[15-16]</sup>。上述系数的计算公式如下:

$$F_{\text{BC}} = C_{\text{根}}/C_{\text{土}};$$

$$F_{\text{T1}} = C_{\text{秸秆}}/C_{\text{根}};$$

$$F_{\text{T2}} = C_{\text{籽粒}}/C_{\text{秸秆}};$$

$$\beta = F_{\text{BC}} \times F_{\text{T1}} \times F_{\text{T2}}。$$

式中: $C_{\text{根}}$ 、 $C_{\text{秸秆}}$ 、 $C_{\text{籽粒}}$ 、 $C_{\text{土}}$  分别表示玉米根系、秸秆、籽粒、土壤中的重金属含量,mg/kg。

## 1.5 数据统计分析

数据采用 Excel 2016 和 SPSS 24.0 进行统计分析,采用最小显著差异法(LSD)处理显著差异性。

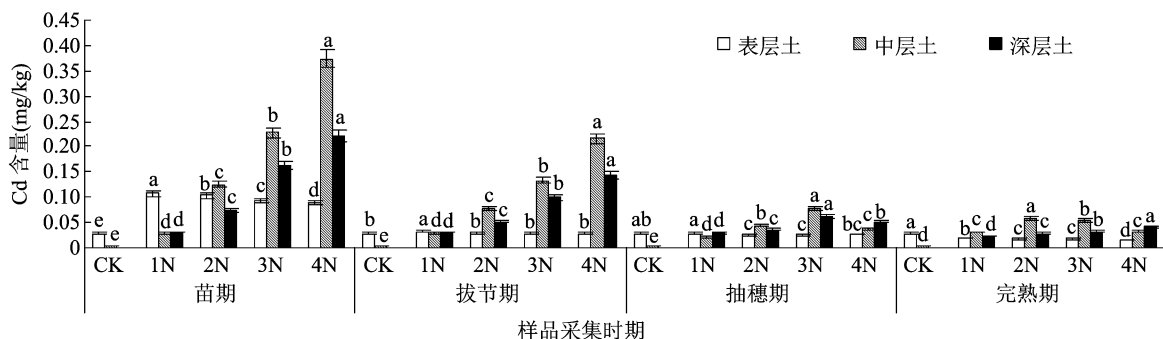
## 2 结果与分析

### 2.1 Cd 在土壤中的迁移与分布

中层、深层土壤中 Cd 的含量均大体随沼液施用量的增加而升高(图 1)。在玉米苗期,1N、2N、3N、4N 处理的中层土和深层土 Cd 含量分别为表层土的 26.17%、122.33%、244.09%、420.22% 和 28.97%、71.84%、175.27%、249.44%,说明随沼液施用量的增加中层、深层土壤 Cd 含量明显升高。在玉米抽穗期,沼液处理土壤中的 Cd 含量与苗期、拔节期相比均明显降低。方差统计分析表明,在抽穗期,与 CK 处理相比,1N、4N 处理表层土 Cd 含量无显著差异,但在中层土和深层土中沼液处理与 CK 的 Cd 含量有明显差异。至玉米完熟期,1N、2N、

3N、4N 处理表层土中的 Cd 含量较 CK 处理分别降低了 30.36%、36.07%、36.07%、42.86%，而中层土和深层土的 Cd 含量则分别是表层土的

158.98%、329.61%、305.56%、197.94% 和 117.95%、162.01%、182.24%、258.93%。



柱上不同小写字母表示同一土层处理间差异显著( $P < 0.05$ )。下图同

图1 Cd在不同深度土壤中的含量

## 2.2 Cu、Zn 在土壤中的迁移与分布

与 Cd 的迁移与分布规律不同, Cu、Zn 的含量总体随土壤深度的增加而降低(图 2)。在玉米苗期, 1N、2N、3N、4N 处理中层土和深层土 Cu 含量分别为表层土的 48.99%、35.31%、46.05%、48.08% 和 43.12%、32.06%、45.12%、47.89%；中层土和深层

土 Zn 含量分别为表层土的 31.99%、31.55%、35.47%、29.96% 和 31.31%、31.00%、35.25%、29.44%。至玉米抽穗期和完熟期, 沼液处理的不同深度土壤中 Cu、Zn 含量与玉米苗期相比总体有所降低, 且中层土和深层土 Cu、Zn 含量无明显差异, 但与表层土差异明显。

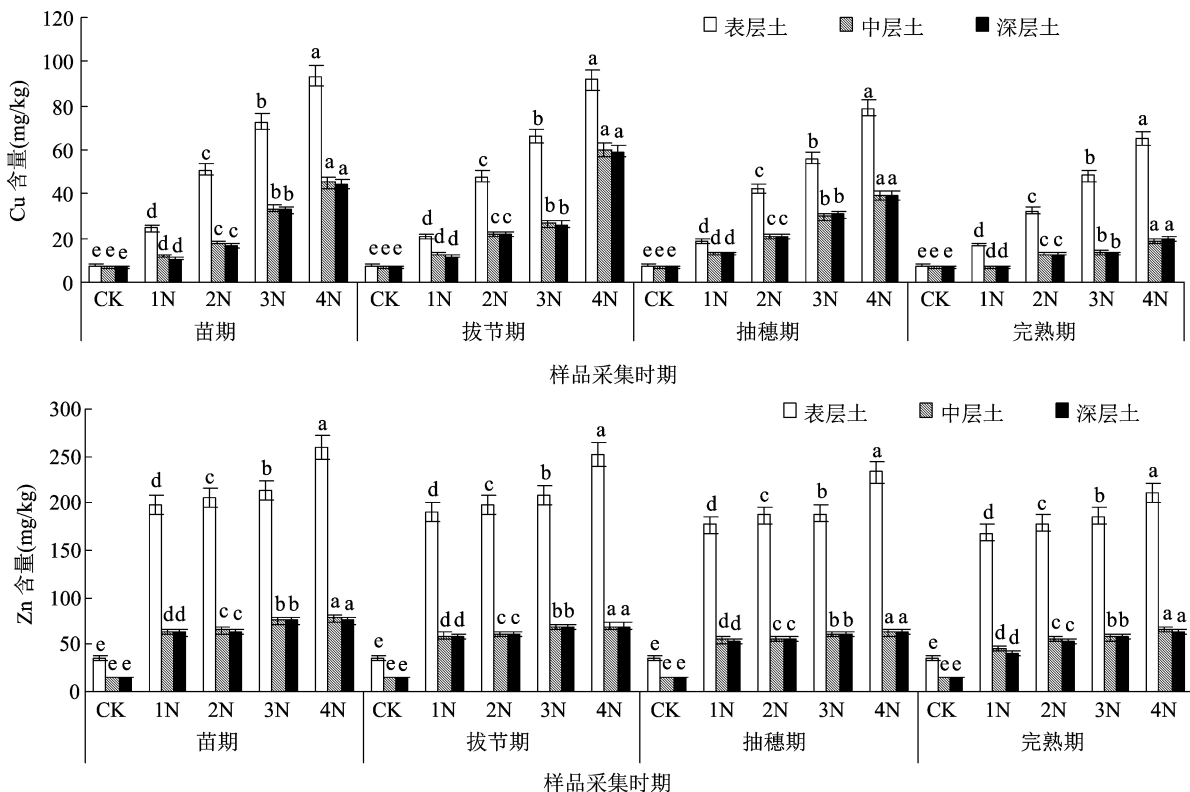


图2 Cu、Zn 在不同深度土壤中的含量

## 2.3 As 在土壤中的迁移与分布

在玉米苗期, 各沼液处理在 3 种深度的土壤中均检出 As, 且土壤中 As 含量随沼液用量的增加而

升高(图 3)。在玉米拔节期, 沼液处理土壤 As 含量比玉米苗期明显下降。对于表层土, 1N 处理均未检出 As, 拔节期 2N、3N、4N 处理土壤中 As 的含量较

苗期分别下降了 47.37%、46.43%、59.52%；对于中层土,只在 3N 和 4N 处理中检测到 As,含量较低且差别不显著,较苗期分别下降了 85.71% 和

75.00%；对于深层土,4 个处理均未检测到 As。在玉米抽穗期和完熟期,所有处理在 3 种深度的土壤中均未检测到 As。

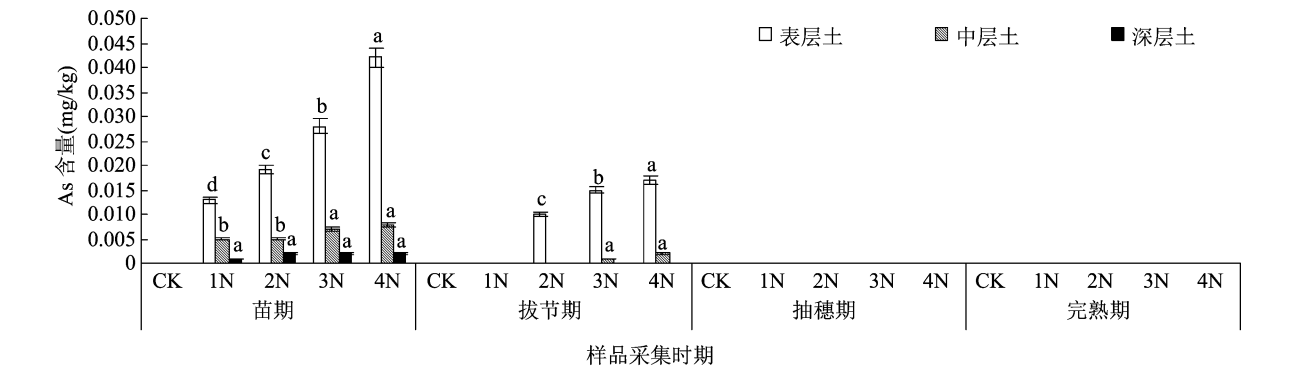


图3 As 在玉米生长期不同深度的土壤中的含量

2.4 重金属在玉米各器官中的分布

Cu、Zn、Cd、As 4 种重金属在玉米不同器官中的含量随沼液施用量的增加而升高(表 3)。数据说明,重金属在玉米不同器官中分布存在差异。其中,1N、2N 处理玉米的 Cu 含量表现为根系 > 秸秆 > 籽粒,3N、4N 处理玉米的 Cu 含量表现为秸秆 > 根系 > 籽粒,所有处理 Zn 含量表现为秸秆 > 籽粒 > 根系,Cd 含量表现为秸秆 > 根系 > 籽粒,As 含量总体表现为根系 > 秸秆 > 籽粒。

表 3 玉米各器官重金属含量分布

玉米器官	处理	Cu 含量 (mg/kg)	Zn 含量 (mg/kg)	Cd 含量 (mg/kg)	As 含量 (mg/kg)
根系	CK	4.6e	10.5e	0.021e	未检出
	1N	8.6d	11.8d	0.029d	0.058d
	2N	9.7c	15.5c	0.035c	0.067c
	3N	12.9b	18.1b	0.038b	0.086b
	4N	14.6a	22.6a	0.045a	0.106a
秸秆	CK	7.1e	21.9e	0.084e	未检出
	1N	7.7d	23.7d	0.096d	未检出
	2N	9.3c	32.4c	0.133c	未检出
	3N	13.5b	38.7b	0.170b	0.016b
	4N	15.7a	49.3a	0.230a	0.028a
籽粒	CK	1.4e	18.5e	未检出	未检出
	1N	1.8d	19.8d	未检出	未检出
	2N	3.5c	28.9c	未检出	未检出
	3N	5.7b	35.5b	未检出	未检出
	4N	7.9a	46.1a	0.002	未检出

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)。下表同。

2.5 重金属在土壤-玉米体系中的迁移与富集能力

重金属在土壤-玉米体系中的迁移与富集能

力如表 4 所示。重金属在土壤-根系之间的迁移能力为 Cd>Cu>Zn>As,在根系-秸秆中的迁移能力为 Cd>Zn>Cu,在秸秆-籽粒中的迁移能力为 Zn>Cu>Cd。籽粒中的重金属相对于土壤的富集能力总体表现为 Zn>Cu>Cd>As,且 Zn、Cd 的富集能力总体随沼液施用量的增加而提高。

表 4 土壤-玉米体系中重金属的迁移和富集系数

系数	处理	Cu	Zn	Cd	As
$F_{BC}$	1N	0.51a	0.07c	1.45d	0.00
	2N	0.30b	0.09b	1.94c	0.00
	3N	0.27c	0.10ab	2.11b	0.00
	4N	0.22d	0.11a	2.81a	0.00
$F_{T1}$	1N	0.90d	2.01d	3.31d	0.00
	2N	0.96c	2.09c	3.80c	0.00
	3N	1.05b	2.14b	4.47b	0.19b
	4N	1.08a	2.18a	5.11a	0.26a
$F_{T2}$	1N	0.23d	0.84d	0.00	0.00
	2N	0.38c	0.89c	0.00	0.00
	3N	0.42b	0.92b	0.00	0.00
	4N	0.50a	0.94a	0.01	0.00
$\beta$	1N	0.11a	0.12d	0.00	0.00
	2N	0.11a	0.17c	0.00	0.00
	3N	0.12a	0.20b	0.00	0.00
	4N	0.12a	0.23a	0.07	0.00

2.6 Pb、Ni、Hg、Cr 在土壤和玉米体系中的迁移与富集

由于土壤和玉米中均未检出 Pb、Ni、Hg、Cr 4 种重金属,由此可断定,当沼液氮养分供给未超过玉米氮养分需求的 4 倍(600 t/hm<sup>2</sup>)时,以上 4 种重金属在土壤和玉米中的迁移与富集效果不明显。

### 3 讨论

研究发现,当沼液施用量不高于  $4\text{N}$  ( $600\text{ t/hm}^2$ ) 时,Pb、Hg、Ni、Cr 4 种重金属在土壤中的富集能力较弱,Cu、Zn、As、Cd 则在土壤中的富集现象明显;其中,Cu、Zn 在表层土中的富集能力总体高于中层土和深层土,这主要是因为沼液呈弱碱性,通过升高土壤 pH 值使交换态 Cu、Zn 向结合态等较稳定的形态转化,从而降低了二者的迁移能力,且土壤中—OH 和 —COOH 官能团、难分解的有机物质、不易氧化的硫化物等增加了 Cu、Zn 的结合位点,形成不易溶解和移动的稳定络合物<sup>[17-19]</sup>。Cu、Zn 在表层土中的富集能力较高,这与沼液中 Cu、Zn 含量较高直接相关<sup>[20]</sup>。

Cd 与 Cu、Zn 的迁移和富集规律不同,Cd 的含量表现为在表层土中较低,中层土和深层土中较高,且在中层土中的富集效果最为显著,这主要是因为  $\text{Cd}^{2+}$  可与施用的过磷酸钙和硫酸钾肥料中的阴离子( $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  等)形成可溶性络合离子,使 Cd 随施入的水分一起向下迁移,同时施用沼液使土壤胶体比表面增大、表面电荷增加、pH 值升高、有机质含量升高,这也能有效增强 Cd 的迁移<sup>[21-22]</sup>。本试验数据说明,3 个深度土壤所有处理的 Cd 含量均未超出 GB 15618—2018《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》所规定的风险管制值( $2.0\text{ mg/kg}$ )。在玉米拔节期,2N 处理 As 仅在表层土壤中有少量检出,3N、4N 处理 As 仅在表层土和中层土中有少量检出,至玉米完熟期时已无残留。

玉米中仅检出 Cu、Zn、Cd、As 4 种重金属,且重金属在玉米中的含量随沼液施用量的增加而增加。检测结果表明,玉米中 Cu、Zn 含量明显高于 Cd、As,主要是因为沼液中 Cu、Zn 含量较高,而且这 2 种元素对植物的生长具有一定的促进作用<sup>[23]</sup>。4N 处理籽粒中虽检出 Cd,但未超出 GB 2762—2017《食品安全国家标准 食品中污染物限量》中所规定的污染物限量指标( $0.1\text{ mg/kg}$ )。研究发现,4 种重金属中 Cd 在土壤—根系—秸秆中的迁移能力最强,但在秸秆—籽粒中的迁移能力下降;Zn 在玉米各器官中均表现出较强的迁移能力,As 则在玉米各器官中基本无迁移;Cu 的迁移能力总体居中,这与李静等的研究结果<sup>[24]</sup>相符。从重金属的富集情况来看,Zn 在籽粒中的富集能力最强,Cu 的富集能力居中,Cd 和 As 在籽粒中基本不会富集。重金属在玉米不同

器官中的迁移能力存在一定差异,这不仅与玉米本身的生长发育状况和基因型有关,还与土壤 pH 值、盐分以及重金属的胁迫作用等有关,而不同重金属在不同作物的不同器官间的转运营载体、运移路径等相关机理还有待进一步研究<sup>[25-26]</sup>。

### 4 结论

沼液氮供给不高于玉米氮需求 4 倍( $600\text{ t/hm}^2$ ) 时,Zn、Cu、Cd、As、Pb、Ni、Hg、Cr 8 种重金属在土壤和玉米中无污染风险。其中,Cd 在  $0\sim 60\text{ cm}$  土壤中的迁移明显;Cu 和 Zn 在  $0\sim 20\text{ cm}$  的土壤中、Cd 在  $20\sim 40\text{ cm}$  的土壤中有明显富集。Cd 和 Zn 分别在玉米秸秆和籽粒中存在富集效果。

#### 参考文献:

- [1]姜丽娜,王 强,陈丁江,等. 沼液稻田消解对水稻生产、土壤与环境安全影响研究[J]. 农业环境科学学报,2011,30(7): 1328-1336.
- [2]邓良伟. 规模化畜禽养殖废水处理技术现状探析[J]. 中国生态农业学报,2006,14(2):23-26.
- [3]陈志龙,陈广银,李敬宜. 沼液在我国农业生产中的应用研究进展[J]. 江苏农业科学,2019,47(8):1-6.
- [4]王思齐,张忠兰,史淑一,等. 沼渣肥替代化肥对苹果产量和品质的影响[J]. 中国沼气,2018,36(4):74-79.
- [5]有婧仪,杨守军,张忠兰,等. 沼渣与化肥配施对玉米生长及土壤理化性状的影响[J]. 中国土壤与肥料,2018(5):97-101.
- [6]谢汉友,董仁杰,吴树彪,等. 沼液与化肥配合基施对大棚番茄产量和品质的影响[J]. 中国土壤与肥料,2018(3):108-115.
- [7]刘向林,王丽霞,吴冬悦,等. 长期施用沼液对土壤及产品的影响[J]. 中国沼气,2018,36(2):87-91.
- [8]曾希柏,苏世鸣,马世铭,等. 我国农田生态系统重金属的循环与调控[J]. 应用生态学报,2010,21(9):2418-2426.
- [9]全双梅,连国奇,杨 琴,等. 矿区农田土壤重金属污染评价与研究[J]. 金属矿山,2019(6):189-194.
- [10]李 琦,韩亚芬. 煤矿区农田土壤重金属的空间分布及污染评价[J]. 山东农业工程学院学报,2016,33(3):4-8.
- [11]张伟华,于瑞莲,杨玉杰,等. 厦门某旱地土壤垂直剖面中重金属迁移规律及来源解析[J]. 环境科学,2019,40(8):3764-3773.
- [12]鲁如坤. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000: 12-14,85-89,474-490.
- [13]中华人民共和国生态环境部. 土壤质量 总砷的测定 二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法:GB/T 17134—1997[S]. 北京:中国标准出版社,1998:125-127.
- [14]中华人民共和国农业部. 土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 第 1 部分:土壤中总汞的测定:GB/T 22105.1—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008:1-3.
- [15]杨惟薇,刘 敏,曹美珠,等. 不同玉米品种对重金属铅镉的富集和转运能力[J]. 生态与农村环境学报,2014,30(6):774-779.

王翌秋,周莹.农户家庭商业保险决策行为对家庭消费支出的影响——基于 CFPS 数据对商业保险财富效应的检验[J].江苏农业科学,2020,48(21):297-304.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.21.056

# 农户家庭商业保险决策行为对家庭消费支出的影响 ——基于 CFPS 数据对商业保险财富效应的检验

王翌秋,周莹

(南京农业大学金融学院,江苏南京 210095)

**摘要:**结合我国居民当前商业保险意识迅速增强这一特征,从家庭对商业保险持有的偏好角度讨论了挖掘我国农户家庭消费需求的途径。选用中国家庭追踪调查(CFPS)2014 年和 2016 年的数据检验我国农户家庭商业保险决策行为对家庭消费支出的“财富效应”,结果显示,“财富效应”对食品消费支出和耐用品消费支出的影响不尽相同,在此基础上进一步从家庭消费结构升级角度对商业保险的“财富效应”进行检验。另外,由于商业保险普及的差异以及家庭在不同生命周期面临的预算约束差异,商业保险“财富效应”的大小在处于不同生命周期的家庭和不同地区的家庭中具有异质性。

**关键词:**农户家庭;商业保险;消费支出;预防性储蓄;财富效应

**中图分类号:** F842.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)21-0297-08

中国保险业的发展经历了漫长的历史,古代中国因缺乏稳定的社会、物质基础,未形成完善的商业保险理论,随着经济社会的快速稳定发展,商业保险的发展获得了稳定的环境及条件支撑。近年来,我国保险业的发展主要呈现出保费收入持续增加、保险深度及保险密度不断扩大的特征。根据瑞士再保险世界保费收入数据库公布的数据,2017 年

我国保险业的保费收入为 36581 亿元,在全球保险市场中占据的份额达到 11.07%,成为世界第二大保险市场;2017 年年底我国保险深度为 4.57%,同比增长 9.86%;2017 年年底我国保险密度为 2 594 元/人,同比增长 15.75%。2009—2017 年我国保险业保险深度及密度变化趋势见表 1。

随着农户家庭保险意识的增强,当前越来越多的农户家庭参与到保险市场中,保险对经济社会的作用日益凸显,主要表现为通过给家庭提供未来生活的保障,优化当前消费信贷环境,最终扩大当前有效消费<sup>[1]</sup>,继而对整个经济社会产生影响。此外,保险对家庭消费支出的影响在不同地区和不同

收稿日期:2020-02-25

作者简介:王翌秋(1980—),女,贵州赤水人,博士,教授,主要从事农村金融与保险、家庭金融研究。E-mail:wangyiqiu@njau.edu.cn。

通信作者:周莹,硕士研究生,主要从事农村金融与保险研究。

E-mail:zyandywr@163.com。

[16] 庞荣丽,王书言,王瑞萍,等.重金属在土壤-葡萄体系中的富集和迁移规律[J].生态与农村环境学报,2019,35(4):515-521.

[17] 余天红,黎华寿,贺鸿志,等.施用不同预处理猪粪对菜园土壤 pH、胡敏酸含量及 Cu、Zn 活性的影响[J].农业环境科学学报,2016,35(4):785-791.

[18] 董同喜,张涛,李洋,等.畜禽粪便有机肥中重金属在水稻土中生物有效性动态变化[J].环境科学学报,2016,36(2):621-629.

[19] 宋三多,刘汉军,刘轶豪,等.沼肥施用对成都平原稻麦轮作土壤及作物养分和重金属含量的影响[J].生态科学,2018,37(1):35-41.

[20] 王美,李书田.肥料重金属含量状况及施肥对土壤和作物重金属富集的影响[J].植物营养与肥料学报,2014,20(2):466-480.

[21] 陈晓红.广州城市污泥间接农用效果研究[D].广州:华南农业大学,2016.

[22] 肖广全,温华,魏世强.三峡水库消落区土壤胶体对 Cd 在土壤中迁移的影响[J].水土保持学报,2007,21(4):16-20.

[23] 王庆仁,崔岩山,董艺婷.植物修复——重金属污染土壤整治有效途径[J].生态学报,2001,21(2):326-331.

[24] 李静,依艳丽,李亮亮,等.几种重金属(Cd、Pb、Cu、Zn)在玉米植株不同器官中的分布特征[J].中国农学通报,2006,22(4):244-247.

[25] Shimo H, Ishimaru Y, An G, et al. Low cadmium (LCD), a novel gene related to cadmium tolerance and accumulation in rice[J]. Journal of Experimental Botany, 2017, 62(15):5727-5734.

[26] 沈天尔,施洁,胡盈盈,等.玉米对镉的转运、积累机制及其生理响应[J].中国粮油学报,2019,34(9):139-146.