

## 内蒙古东部地区经济发展与生态环境相关性研究——以巴林右旗为例

王玥<sup>1</sup>, 王燕<sup>2</sup>, 曹秉帅<sup>2,3\*</sup>

(1. 中国人民大学环境学院, 北京 100872; 2. 环境保护部南京环境科学研究所, 江苏南京 210042; 3. 南京大学生命科学院, 江苏南京 210093)

**摘要** 生态环境与经济发展二者之间的关系错综复杂, 既相互矛盾又相互依存、相互促进。“环境库兹涅茨曲线”理论指出一个经济体的环境质量(污染)与其经济发展呈倒U型(U型)曲线关系, 即环境质量随经济发展呈先下降后上升的趋势。因此, 开展生态环境状况与社会经济关系的调查分析, 对一个经济体阶段性发展的精准定位、政策拟定及可持续发展规划具有重要指导意义。基于时间序列数据对巴林右旗地区近20年的生态环境质量与经济发展状况进行相关性分析, 结果发现: ①巴林右旗地区目前处于“环境库兹涅茨曲线”拐点左侧, 即生态环境质量随经济发展逐渐下降阶段。②土地垦殖率与经济发展强度呈高度正相关, 人工种草面积与围封草场面积与经济水平、工业化程度呈负相关, 直接或间接的表明经济发展和产业结构转型的同时导致了生态环境的恶化。③三产结构与草场面积之间的变化规律揭示出提升第三产业水平有助于缓解甚至改善围封草场面积持续降低的态势, 继而推动整体环境质量转好。

**关键词** 生态环境; 经济发展; 相关性分析

中图分类号 X171.1; F062.2 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)19-0081-07

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.19.024



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

**Study on the Correlation between Economic Development and Ecological Environment in Eastern Inner Mongolia—A Case Study in Balinyouqi**WANG Yue<sup>1</sup>, WANG Yan<sup>2</sup>, CAO Bing-shuai<sup>2,3\*</sup> (1. School of Environment and Natural Resources, Renmin University of China, Beijing 1000872; 2. Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Environmental Protection, Nanjing, Jiangsu 210042; 3. School of Life Science, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093)

**Abstract** The relationship between the ecological environment and economic development is complex and complicated, they are contradictory, so as interdependent and mutually reinforcing. The “environmental Kuznets curve” theory points out there is an inverse U-shaped (U-shaped) curve between environmental quality (contamination) and economic development, that is, the environmental quality declines first with economic development, then rises. Therefore, conducting investigation and analysis of the relationship between ecological environment and social economy can give important guidance for the precise positioning, policy formulation and sustainable development planning of economy staged development. Based on 20 years’ data, the correlations between the ecological environment quality and economic development in the Bahrain Right Banner area was carried out. The results showed that: ①The ecological environment quality of Balinyouqi area is currently on the left side of the “Environmental Kuznets Curve” inflection point, and it gradually declines with economic development. ②The land reclamation rate is highly positively correlated with the economic development intensity. Artificial grass planting area and enclosed grassland area are negatively correlated with economic level and industrialization degree, directly or indirectly indicating that economic development and industrial structure transformation lead to ecology deterioration. ③The change rule between the third-product structure and the grassland area reveals upgrading the level of the tertiary industry will help alleviate or improve the state of continuous reduction of enclosed grassland area, and then promote the overall environmental quality to enhance.

**Key words** Ecological environment; Economic development; Correlation analysis

生态环境的建设离不开经济社会的发展, 经济社会的发展是环境建设的强大推力。20世纪50年代, 美国经济学家库兹涅茨<sup>[1]</sup>指出人均收入水平与收入分配程度之间呈倒U型曲线的特征。1991年, Grossman等<sup>[2]</sup>在对美洲52个城市的大气质量数据与经济发展间关系进行验证后发现, 一个经济体的环境污染与经济增长之间也呈倒U型关系, 即在经济发展初期, 环境污染较轻, 但随着逐渐经济发展, 污染加剧, 而当经济进入高度发展水平后, 环境污染又逐渐减少, 在数轴上两者表现为先上升后下降的倒U型曲线形状。1993年, Panayotou<sup>[3]</sup>进一步证实了环境质量与经济发展间的倒U型关系, 并首次将这种关系命名为环境库兹涅茨曲线(environmental Kuznets curve, EKC)。随后, Seldem等<sup>[4]</sup>、Shafiq<sup>[5]</sup>、Grossman等<sup>[6]</sup>、Suri等<sup>[7]</sup>、Andreoni<sup>[8]</sup>等众多学者在对环境质

量与经济增长的关系研究中均得出相似结论。

EKC曲线变化过程可划分为2个阶段和1个拐点。其中, 2个阶段分别代表环境质量由轻变重及由重变轻2个过程, 而1个拐点是指环境质量出现明显改善的突变点。我国学者林基对EKC曲线的成因做出了详细解读<sup>[9]</sup>: 他认为当经济发展水平较低时, 一个经济体一般以第一产业为支柱产业, 对环境污染有限。但随着经济发展, 高污染、高耗能、高排放的第二产业占比不断增加, 同时用于治理污染的经费投入有限, 环境质量日益下降, 经济增长带来的益处小于资源消耗程度, 污染逐渐加重, 此时为EKC曲线第1个变化阶段。当经济发展到一定水平, 环境质量的恶化程度也达到顶点, 即EKC曲线出现拐点, 之后经济进一步增长, 环境质量逐步得到改善, 此时为EKC曲线变化的第2个阶段。这是因为此时产业结构发生调整, 清洁技术的进步使得污染排放强度降低, 低污染产业在国民经济中所占比重提升, 人类环保意识加强, 对环境质量的要求也越来越高。国内学者大多从国家或某地区层面, 采用面板数据<sup>[10-12]</sup>、时间序列数据<sup>[13-14]</sup>和空间计量<sup>[15]</sup>等数据分析方法研究经济增长和环境质量之间

**基金项目** 国家重点研发计划项目(2017YFC0506601); 江苏省博士后基金项目(2018K067B)。**作者简介** 王玥(1991—), 女, 黑龙江牡丹江人, 硕士研究生, 研究方向: 生态学专业生态政策。\*通信作者, 助理研究员, 博士, 从事生态安全研究。**收稿日期** 2019-04-24

的关系。其中相当多的学者得出 EKC 倒 U 型曲线存在的结论<sup>[10-16]</sup>。除此之外,不少学者的研究表明经济增长与环境偶然间的关系还存在线性<sup>[10]</sup>、U 型<sup>[17-19]</sup>、N 型<sup>[20]</sup>、倒 N 型<sup>[15]</sup>,以及人均 GDP 与环境污染指标不存在协整关系的结论<sup>[21]</sup>。

环境库兹涅茨曲线只是一个客观现象,而非一个必然规律<sup>[22]</sup>。以往研究大多是从污染物排放角度实证环境污染与经济发展的关系,而环境与经济关系所涉及的生态环境因素远不止若干污染物排放指标,还包括自然资源状况、自然生态条件、环境状况等多个方面。

400 mm 等降水量线是我国东部季风区与西北干旱半干旱区的界线。这条线的西侧,自然条件相对恶劣,经济发展与生态环境之间的矛盾也会更加突出。西北地区经济发展水平相对东部地区更低,政府有更强烈的经济发展需求。同时,由于自然条件的限制,西北地区的环境更加脆弱,生态环境保护的压力也更大。因此,西北地区必须面对并解决好经济与生态环境的双重挑战。巴林右旗就是这样一个典型案例。巴林右旗地处我国内蒙古赤峰市,经济并不发达,农业人口占据全旗总人口 6 成以上,城乡居民收入均低于赤峰当地平均水平。而巴林右旗正处于我国东亚阔叶林向大兴安岭寒温带针叶林、草原向森林的双重过渡地带,土地沙化问题严重威胁当地复杂而脆弱的生态环境。巴林右旗面临着经济发展与生态环境保护的双重问题。

该研究通过对巴林右旗地区的生态环境状况与社会经济进行分析,从具体案例丰富的细节数据中找出更具体的相关关系以及更贴近现实的逻辑链条,以期对生态与经济的关系作出更精确的、不空泛的描述,并找出在宏观的定量分析中可能注意不到的生态环境与经济发展相互作用。

## 1 研究区概况

巴林右旗位于内蒙古自治区赤峰市境内,其地理位置介于 118°15′~120°05′E、43°12′~44°27′N,北与巴林左旗毗邻,西与临西县接壤,东与阿鲁科尔沁旗交界,南与翁牛特旗隔西拉木伦河相望。全境东西最大长度 154 km,南北最大宽度 139 km,版图形状成蝴蝶形。地势西北高,东南低,海拔由西北 700 m 向东南 400 m 逐渐倾斜,北部为山地,中部为丘陵,南部为平原区。地处大兴安岭山地与燕山山地交接过渡地带,海拔从 1 900 m 逐步下降到 400 m。该旗地处中温带,历年平均气温 5.8℃,无霜期 137 d 左右,日照时间 2 900~3 000 h,年平均降雨量 362 mm(2011—2016 年),年平均相对湿度 50%,年大风日数 38 d。全旗国土面积 10 256 km<sup>2</sup>,总人口 18.64 万。

巴林右旗地处东亚阔叶林向大兴安岭寒温带针叶林、草原向森林的双重过渡地带。森林与草原的交错构成了巴林右旗丰富而脆弱的生态系统。水资源总量 15.9 亿 m<sup>3</sup>,人均可利用水资源占有量约 3 500 m<sup>3</sup>。全旗草地类型多样,包括山地疏林草甸草场、低山丘陵草甸草原草场、平原草甸草原草场、低山丘陵干草原草场、平原干草原草场、沙丘沙地草原草场以及河滩低洼地草甸草场。但因为过牧,巴林右旗草地退化十分严重——草地植被稀疏、植株低矮、毒草横生。

巴林右旗经济发展水平在赤峰市相对较为落后,2017 年全旗地区生产总值为 83.1 亿元,仅占赤峰市生产总值的 5.9%,人均可支配收入、城镇居民可支配收入、农牧民人均纯收入均低于赤峰市平均水平。且以第二产业为主,占三产生产总值的 54.2%,其中又以对生态环境破坏较为严重的矿业为核心支柱产业。

## 2 数据来源及研究方法

数据来源于 1977—1996 年巴林右旗统计资料、1994—2013 年《巴林右旗统计年鉴》、巴林右旗辉煌的五十年、1989—2013 年《内蒙古统计年鉴》。

为了揭示内蒙巴林右旗地区经济发展水平与生态环境参数之间的关系,该研究运用 SPSS 13.0 分析软件对内蒙古自治区赤峰市巴林右旗地区的人均 GDP、GDP、三产结构及从业人口、城镇居民人均可支配收入以及农牧民人均纯收入与生态环境结构功能状态进行相关性分析。其中,该研究选择的生态环境结构功能状态指标主要有:土地垦殖系数、载畜量、年造林面积覆盖率、围封草场面积覆盖率、人工种草面积覆盖率、年用材林面积占年造林面积比例、年防护林面积占年造林面积比例、年经济林面积占年造林面积比例等。

由于人均 GDP、GDP、三产结构及从业人口、城镇居民人均可支配收入以及农牧民人均纯收入均属于定序变量,即随时间顺序排列,可用 Spearman 等级相关分析法进行相关性分析。通过计算得到 Spearman 等级相关系数  $-1 \leq r \leq 1$ ,  $r < 0$  表示变量间呈负相关关系,相反,  $r > 0$  代表正相关。计算结果使用双尾  $t$  检验进行相关系数的显著性检验,检验结果  $P < 0.05$  表明显著相关,  $P < 0.01$  表示极显著相关。

使用两配对样本双尾  $t$  检验的方法对模拟值和实测值总体均值是否存在显著性差异进行假设检验。建立检验假设  $H_0$ : 模拟值与实测值的总体均值是相同的。然后利用 SPSS 13.0 软件中的配对样本  $t$  检验功能计算显著性水平为 0.05 条件下的 Sig. 值(即  $P$  值)。若  $P > 0.05$ ,则不能否定原假设,说明模拟值与实测值间总体均值无显著差异;若  $P < 0.05$ ,则可以否定无效假设,证明两组差别有显著意义。需要指出的是使用配对  $t$  检验前还需对以下条件进行验证:①两样本的样本容量必须相等,且顺序不能随意更改;②样本来自的 2 个总体必须服从正态分布,此处该研究使用的是 SPSS 软件中的 K-S 检验来判断样本是否服从正态分布。

## 3 研究区经济发展对生态环境影响分析

### 3.1 研究区经济总量对生态环境的影响分析

对 1978—2013 年内蒙巴林右旗地区人均 GDP 和 1997—2013 年的 GDP 与生态环境结构功能状态进行相关性分析,结果如表 1 所示。从表 1 可以看出,巴林右旗地区的人均 GDP 分别与土地垦殖系数、年造林面积覆盖率、人工种草面积覆盖率及年防护林面积占年造林面积比例呈极显著正相关( $P < 0.01$ ),  $r$  介于 0.44~0.88;与围封草场面积覆盖率和年用材林面积占年造林面积比例呈极显著负相关( $P < 0.01$ ),与载畜量呈显著负相关( $P < 0.05$ ),  $r$  在 -0.64~-0.33;与年经济林面积占年造林面积比例相关性不显著。

而巴林右旗地区的 GDP 则与土地垦殖系数和年用材林面积占年造林面积比例呈正相关关系,其中前者  $r$  为 0.74,达到极显著相关,后者  $r$  为 0.44,为显著相关;另,GDP 还与围封草场面积覆盖率、人工种草面积覆盖系数和年经济林面积占年造林面积比例呈极显著负相关, $r$  介于  $-0.80 \sim -0.62$ ;与其余变量相关性均不显著。

在 Spearman 相关分析结果的基础上,对通过显著性检验的数据进行回归分析,并采用曲线拟合分析生态环境随人均 GDP 和 GDP 的变化趋势,结果分别如图 1 和图 2 所示。

表 1 人均 GDP 和 GDP 与生态环境结构功能状态的相关性分析

Table 1 Correlation analysis between per capita GDP and GDP and functional status of ecological environment structure

生态环境结构功能状态 Ecological environment structure function status	人均 GDP Per capita GDP			GDP		
	$r$	$P$	$N$	$r$	$P$	$N$
土地垦殖系数 Land reclamation coefficient	0.88**	0.000	36	0.74**	0.001	17
年造林面积覆盖率 Annual afforestation area coverage	0.66**	0.000	36	0.41	0.105	17
围封草场面积覆盖率 Enclosed grass field area coverage	-0.64**	0.000	36	-0.63**	0.006	17
人工种草面积覆盖率 Artificial grass area coverage	0.52**	0.001	36	-0.80**	0.000	17
年用材林面积占年造林面积比例 Annual timber forest area as a percentage of annual afforestation area	-0.49**	0.002	36	0.44*	0.080	17
年防护林面积占年造林面积比例 Annual protection forest area as a percentage of annual afforestation area	0.44**	0.007	36	0.15	0.567	17
载畜量 Annual economic forest area as a percentage of annual afforestation area	-0.33*	0.048	36	0.18	0.480	17
年经济林面积占年造林面积比例 Annual economic forest area as a percentage of annual afforestation area	-0.09	0.589	36	-0.62**	0.008	17

注: $r$  为 Spearman 相关系数; $P$  为双尾  $t$  检验  $P$  值大小;\*,\*\* 分别表示 0.05、0.01 显著性水平; $N$  为样本量

Note: $r$  is the Spearman correlation coefficient; $P$  is the two-tailed  $t$ -test  $P$ -value;\*,\*\* respectively represent 0.05,0.01 significant level; $N$  is the sample size

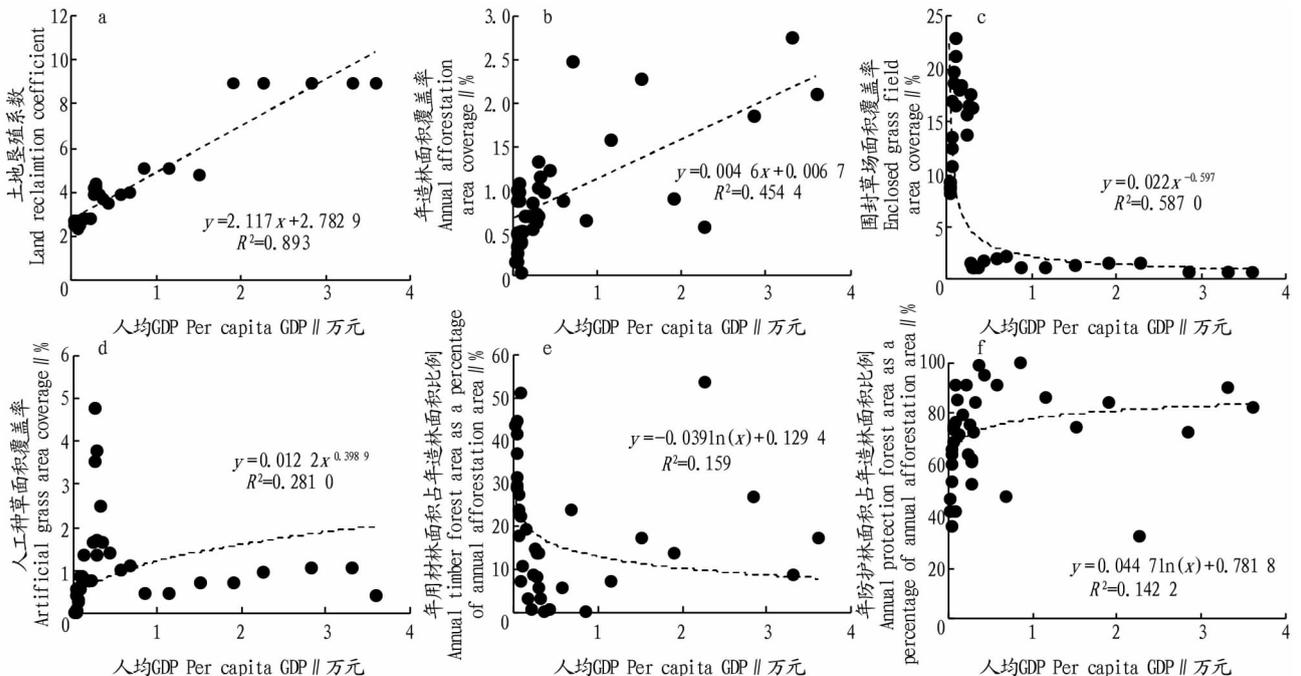


图 1 人均 GDP 与生态环境结构功能状态的关系

Fig. 1 Relationship between per capita GDP and functional status of ecological environment structure

图 2 反映的是 1997—2013 年的 GDP 与生态环境结构功能状态的关系。从图中可知,土地垦殖率与 GDP 呈高度非线性正相关,拟合优度为 0.84;人工种草面积覆盖率与 GDP 具

从图 1 可看出,土地垦殖率和年造林面积覆盖率随人均 GDP 的增加呈线性增长的趋势,且前者具有较强的线性关系,拟合优度  $R^2 > 0.83$ ;围封草场面积覆盖率随人均 GDP 增加逐渐降低,且二者之间呈现较好的非线性关系,可用幂函数拟合,拟合优度在 0.59 左右;而人工种草面积覆盖率、年用材林面积占年造林面积比例和年防护林面积占年造林面积比例与人均 GDP 均呈非线性相关,但回归方程拟合优度较低,均在 0.30 以下。

有较好的幂函数关系,拟合优度为 0.50;而围封草场面积覆盖率和年经济林面积占年造林面积比例与 GDP 呈较弱的非线性关系,可分别用幂函数和对数函数拟合,拟合优度均

为0.32。

**3.2 研究区产业结构变化对生态环境影响分析** 对2000—2013年(2009年数据缺失)内蒙巴林右旗地区三产结构和全社会从业人口数与生态环境结构功能状态进行相关性分析,结果见表2、3。从表2可以看出,巴林右旗地区第一产业生产总值占比与载畜量呈显著负相关,与土地垦殖率呈显著

负相关,与人工种草面积覆盖率呈极显著正相关, $r$ 分别为 $-0.59$ 、 $-0.76$ 和 $0.75$ ;第二产业生产总值占比与土地垦殖率呈极显著正相关,与人工种草面积覆盖率呈显著负相关, $r$ 分别为 $0.86$ 和 $-0.60$ ;而第三产业生产总值占比只与围封草场面积覆盖率呈极显著正相关, $r$ 为 $0.71$ 。其余变量间均未表现出显著的相关关系。

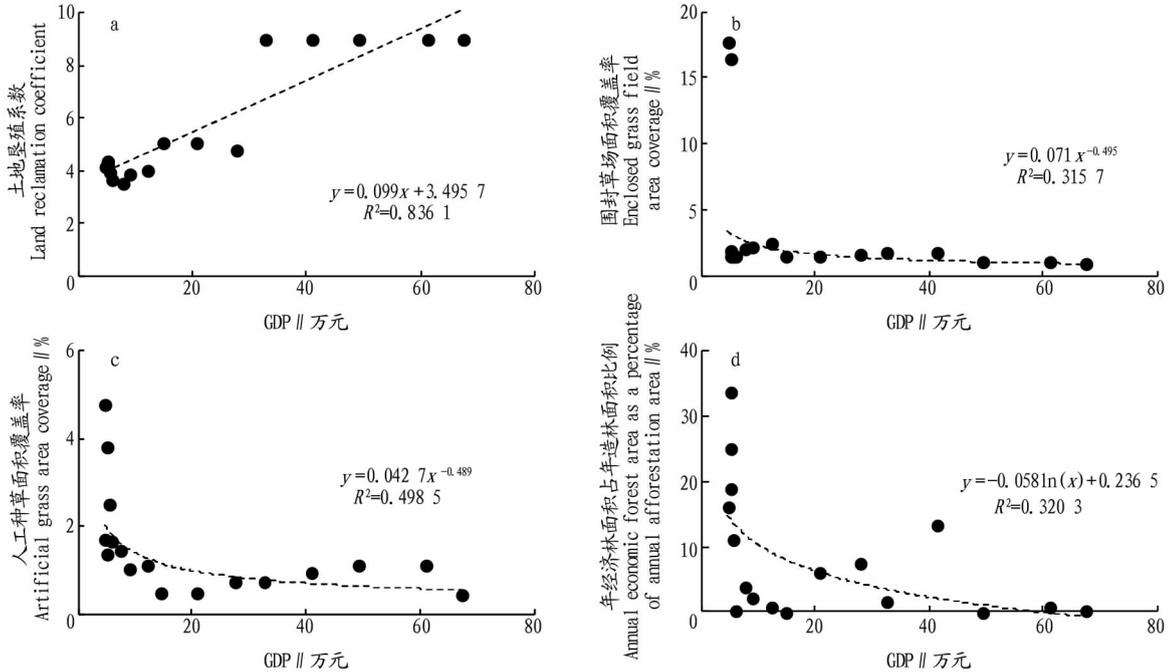


图2 GDP与生态环境结构功能状态的关系

Fig. 2 The relationship between GDP and the functional status of ecological environment structure

表3展示的是全社会从业人口数与生态环境结构功能状态的相关分析。第一产业的从业人口与人工种草面积覆盖率呈显著正相关, $r$ 为 $0.60$ ,与年造林面积覆盖率、年用材林面积占年造林面积比例呈显著负相关,与土地垦殖系数呈极显著负相关, $r$ 介于 $-0.69 \sim -0.62$ ;第二产业的从业人口与人工种草面积覆盖率呈显著负相关, $r$ 为 $-0.60$ ,与土地垦殖系数和年用材林面积占年造林面积比例呈极显著正相关,

$r$ 分别为 $0.68$ 和 $0.70$ ;第三产业的从业人口与生态环境结构功能状态参数均未表现出显著相关性。

图3和图4分别表示的是通过显著性检验的生态环境结构功能状态变量与三产结构和从业人口的回归分析和曲线拟合结果。从图3可看出,载畜量、人工种草面积覆盖率和土地垦殖系数随第一产业生产总值占比增加均表现出较好的规律,可分别用一元二次方程、线性方程及幂函数方程

表2 三产结构与生态环境结构功能状态的相关性分析

Table 2 Correlation analysis between the three-product structure and the functional status of ecological environment structure

生态环境结构功能状态 Ecological environment structure function status	N	第一产业占比 First industry ratio		第二产业占比 Second industry ratio		第三产业占比 Third industry ratio	
		$r$	$P$	$r$	$P$	$r$	$P$
		载畜量 Carrying capacity	13	$-0.59^*$	0.036	0.35	0.237
围封草场面积覆盖率 Enclosed grass field area coverage	13	0.30	0.315	$-0.54$	0.057	$0.71^{**}$	0.007
人工种草面积覆盖率 Artificial grass area coverage	13	$0.75^{**}$	0.003	$-0.60^*$	0.030	$-0.27$	0.371
年造林面积覆盖率 Annual afforestation area coverage	13	$-0.40$	0.177	0.43	0.141	$-0.17$	0.585
年用材林面积占年造林面积比例 Annual timber forest area as a percentage of annual afforestation area	13	$-0.54$	0.059	0.46	0.112	0.11	0.732
年防护林面积占年造林面积比例 Annual protection forest area as a percentage of annual afforestation area	13	0.23	0.456	0.13	0.663	$-0.22$	0.475
年经济林面积占年造林面积比例 Annual economic forest area as a percentage of annual afforestation area	13	0.43	0.147	$-0.34$	0.261	$-0.16$	0.589
土地垦殖系数 Land reclamation coefficient	13	$-0.76^{**}$	0.002	$0.86^{**}$	0.000	$-0.42$	0.158

注: $r$ 为Spearman相关系数; $P$ 为双尾 $t$ 检验 $P$ 值大小;\*,\*\*分别表示0.05,0.01显著性水平; $N$ 为样本量

Note: $r$  is the Spearman correlation coefficient;  $P$  is the two-tailed  $t$ -test  $P$ -value; \*, \*\* respectively represent 0.05, 0.01 significant level;  $N$  is the sample size

拟合,拟合优度在 0.56~0.73;人工种草面积覆盖率和土地垦殖系数与第二产业生产总值占比的关系同样具有较规律的变化趋势,可用对数函数和线性方程进行拟合,拟合优度

分别为 0.43 和 0.74;而围封草场面积覆盖率随第三产业生产总值占比增加呈较好的线性增加趋势,拟合优度为 0.50。

表 3 三产从业人口与生态环境结构功能状态的相关性分析

Table 3 Correlation analysis between the functional population of the three industries and the functional status of the ecological environment

生态环境结构功能状态 Ecological environment structure function status	N	第一产业占比 First industry ratio		第二产业占比 Second industry ratio		第三产业占比 Third industry ratio	
		r	P	r	P	r	P
		载畜量 Carrying capacity	13	-0.32	0.280	0.35	0.246
围封草场面积覆盖率 Enclosed grass field area coverage	13	0.47	0.103	-0.39	0.194	-0.19	0.529
人工种草面积覆盖率 Artificial grass area coverage	13	0.60*	0.030	-0.60*	0.031	-0.16	0.605
年造林面积覆盖率 Annual afforestation area coverage	13	-0.64*	0.018	0.65*	0.016	0.41	0.164
年用材林面积占年造林面积比例 Annual timber forest area as a percentage of annual afforestation area	13	-0.62*	0.024	0.70**	0.008	0.23	0.459
年防护林面积占年造林面积比例 Annual protection forest area as a percentage of annual afforestation area	13	0.25	0.415	-0.32	0.292	0.12	0.700
年经济林面积占年造林面积比例 Annual economic forest area as a percentage of annual afforestation area	13	0.36	0.230	-0.40	0.176	-0.23	0.450
土地垦殖系数 Land reclamation coefficient	13	-0.69**	0.008	0.68**	0.010	0.16	0.613

注:r 为 Spearman 相关系数;P 为双尾 t 检验 P 值大小;\*,\*\* 分别表示 0.05,0.01 显著性水平;N 为样本量

Note:r is the Spearman correlation coefficient; P is the two-tailed t-test P-value; \*, \*\* respectively represent 0.05,0.01 significant level; N is the sample size

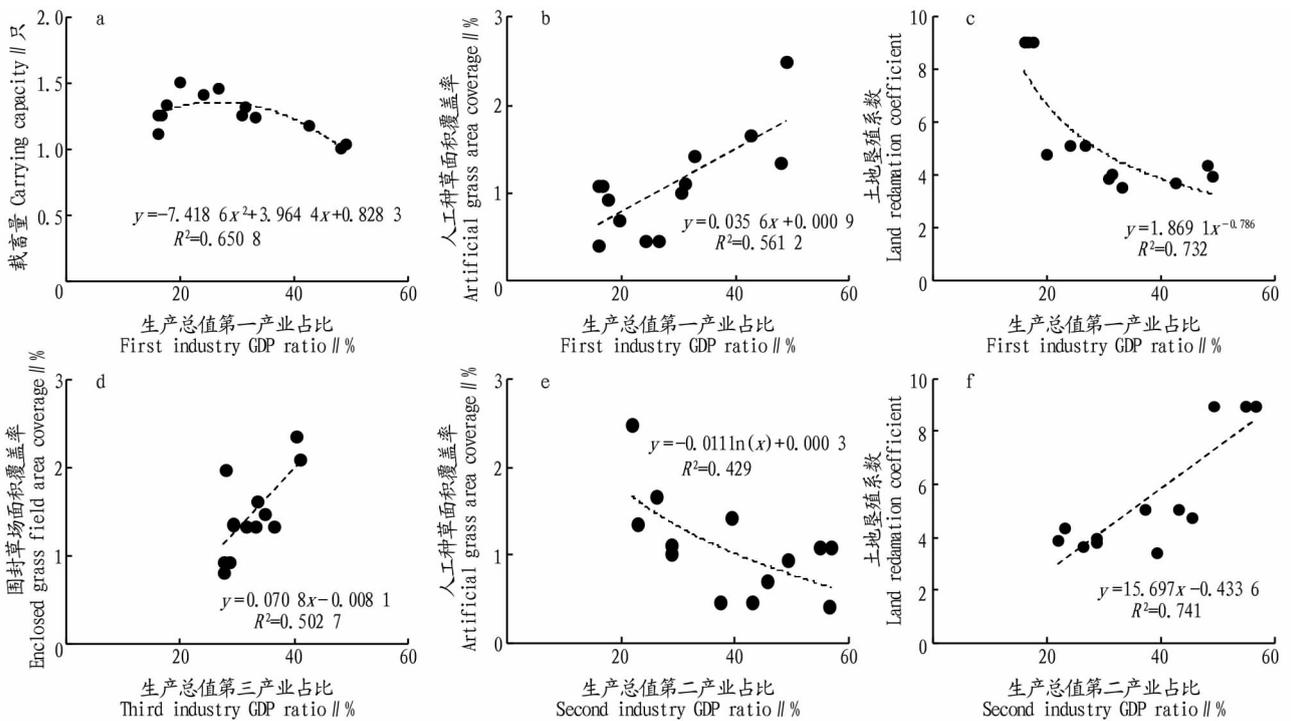


图 3 产业结构与生态环境结构功能状态的关系

Fig. 3 Relationship between industrial structure and functional status of ecological environment structure

从图 4 可看出,人工种草面积覆盖率、年造林面积覆盖率、年用材林面积占年造林面积比例和土地垦殖率与第一产业和第二产业的从业人口占比的变化规律正好相反,且均呈线性增加或递减。但除了人工种草面积覆盖率与一产和二产从业人口比,以及土地垦殖率与二产从业人口比的拟合效果表现出中等相关以外( $R^2 > 0.43$ ),其余变量与自变量的拟合效果较弱,拟合优度均小于 0.25。

3.3 研究区人民生活水平提高对生态环境的影响分析 对 1997—1999 和 2003—2013 年内蒙巴林右旗地区的城镇居民

人均可支配收入,以及 1997—2013 年的农牧民人均纯收入与生态环境结构功能状态进行相关性分析,结果见表 4。从表 4 可以看出,巴林右旗地区的城镇及农牧民收入水平与围封草场面积覆盖率、人工种草面积覆盖率和年经济林面积占年造林面积比例均呈负相关关系,  $r$  在  $-0.87 \sim -0.59$ ;与土地垦殖率呈极显著正相关关系,  $r$  分别为 0.84 和 0.76。其中,人工种草面积覆盖率与城镇和农牧民收入间的相关关系均达到极显著,而围封草场面积覆盖率与城镇居民收入间的相关关系亦是极显著。

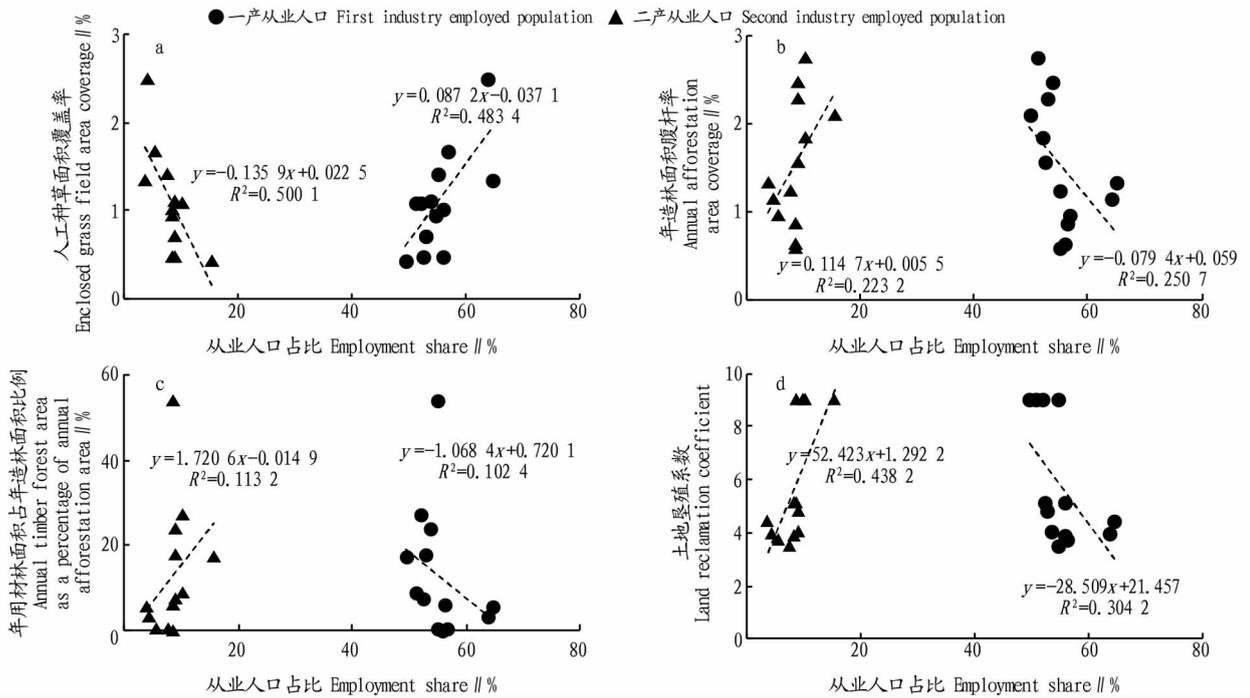


图4 全社会就业人员数与生态环境结构功能状态的关系

Fig. 4 Relationship between the number of employed people in the whole society and the functional status of ecological environment structure

表4 城镇居民人均可支配收入和农牧民人均纯收入与生态环境结构功能状态的相关性分析

Table 4 Correlation analysis of per capita income of urban residents and per capita net income of farmers and herdsmen and functional status of ecological environment structure

生态环境结构功能状态 Ecological environment structure function status	城镇居民人均可支配收入 Per capita disposable income of urban residents			农牧民人均纯收入 Per capita net income of farmers and herdsmen		
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>N</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>N</i>
载畜量 Carrying capacity	-0.16	0.584	14	0.17	0.523	17
围封草场面积覆盖率 Enclosed grass field area coverage	-0.87**	0.000	14	-0.59*	0.012	17
人工种草面积覆盖率 Artificial grass area coverage	-0.69**	0.007	14	-0.81**	0.000	17
年造林面积覆盖率 Annual afforestation area coverage	0.44	0.114	14	0.43	0.084	17
年用材林面积占年造林面积比例 Annual timber forest area as a percentage of annual afforestation area	0.41	0.144	14	0.46	0.066	17
年防护林面积占年造林面积比例 Annual protection forest area as a percentage of annual afforestation area	0.14	0.637	14	0.13	0.619	17
年经济林面积占年造林面积比例 Annual economic forest area as a percentage of annual afforestation area	-0.62*	0.018	14	-0.60*	0.012	17
土地垦殖系数 Land reclamation coefficient	0.84	0.000	14	0.76	0.000	17

注:*r*为Spearman相关系数;*P*为双尾*t*检验*P*值大小;\*,\*\*分别表示0.05、0.01显著性水平;*N*为样本量

Note:*r* is the Spearman correlation coefficient; *P* is the two-tailed *t*-test *P*-value; \*, \*\* respectively represent 0.05, 0.01 significant level; *N* is the sample size

在以上相关分析结果的基础上,对通过显著性检验的数据进行回归分析,并采用曲线拟合分析生态环境随城镇居民和农牧民收入变化的趋势(图5)。从图5可以看出,各因变量随城镇居民和农牧民收入变化的趋势相同。其中,土地垦殖率与城镇居民和农牧民收入提高均呈高线性相关,拟合优度大于0.80;围封草场面积覆盖率和人工种草面积覆盖率随收入的提高呈幂函数变化趋势逐渐降低,且除围封草场面积覆盖率与农牧民收入间的拟合优度较弱( $R^2 = 0.36$ )外,其余拟合优度达到中等水平, $R^2$ 介于0.51~0.61;而年经济林面积占年造林面积比例与收入提高呈对数函数变化,但相关关系较

弱,拟合优度小于0.42。

#### 4 结论与建议

该研究利用Spearman等级相关分析法对1978—2013年内蒙古自治区巴林右旗地区的经济发展水平包括人均GDP、GDP、产业结构及从业人口和城镇及农牧民收入等,与生态环境结构功能状态进行了相关性分析和回归分析。结果显示:

(1)1978—2013年内蒙古自治区巴林右旗地区的经济发展对当地生态环境的影响因子按相关程度由大到小排列为土地垦殖系数、人工种草面积覆盖率、围封草场面积覆盖

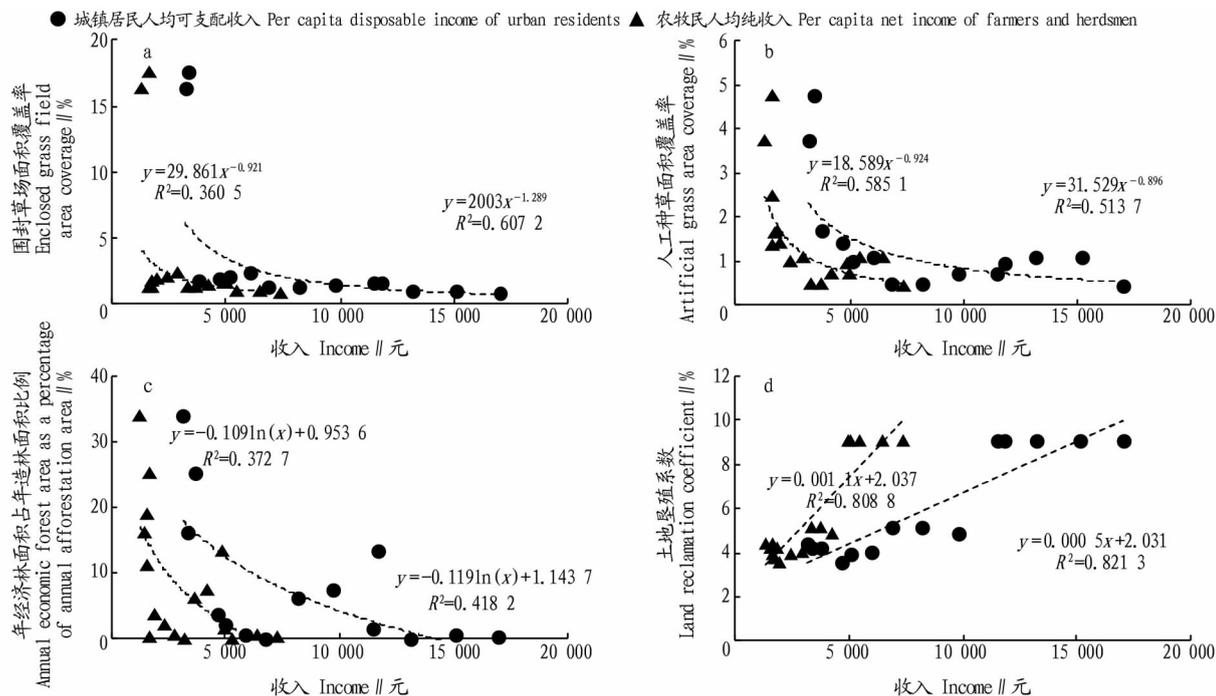


图 5 城镇居民人均可支配收入和农牧民人均纯收入与生态环境结构功能状态的关系

Fig. 5 Relationship between per capita disposable income of urban residents and per capita net income of farmers and herdsmen and functional status of ecological environment structure

率,其回归方程的平均拟合优度依次为 0.70、0.48 和 0.47。

(2) 土地垦殖系数与人均 GDP、GDP、第二产业生产总值和从业人口占比、城镇及农牧民收入等均呈极显著正相关,与第一产业生产总值和从业人口占比呈极显著负相关。说明经济快速发展的同时耕地面积也在快速扩张,与 1978 年相比,1978—2013 巴林右旗地区的土地垦殖率扩大了 2.55 倍,这势必会对生态环境造成压力。而对于第三产业而言,从统计结果看出,第三产业的发展与生态环境间的相关性较弱。这可能是因为与工业污染环境相比,第三产业发展对环境的破坏和影响具有隐蔽性、长期性和难以确定性等特点<sup>[23]</sup>。

(3) 人工种草面积覆盖率为经济发展水平总体上呈负相关,即随着生产总值提高、居民收入增加、工业化程度提高,人工种草面积覆盖率逐年降低,与第一产业发展呈正相关,说明在经济发展和产业结构转型的同时造成了人工种草面积的减少,由此直接或间接的导致生态环境的恶化。

围封草场面积覆盖率与人均 GDP、GDP 及居民收入呈负相关关系,与第三产业发展呈正相关。与人工种草面积的变化趋势相近,说明经济发展造成了围封草场面积的降低。有前人研究表明围封草场面积是影响沙地生态系统健康的最重要指标<sup>[24]</sup>。因此,提高围封草场面积是保证当地生态系统健康发展的有效途径,而第三产业生产总值占比与其关系的规律揭示出提高第三产业有助于缓解甚至改善围封草场面积持续降低的态势。

#### 参考文献

[1] KUZNETS S. Economic growth and income inequality[J]. The American economic review, 1955, 45(1): 1-28.  
[2] GROSSMAN G M, KRUEGER A B. Environmental impacts of a North American free trade agreement [J]. Social science electronic publishing,

1991, 8(2): 223-250.

- [3] PANAYOTOU T. Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development [R]. International Labour Organization, 1993.  
[4] SELDEM T M, SONG D Q. Environmental quality and development; Is there a kuznets curve for air pollution emissions? [J]. Journal of environmental economics and management, 1994, 27(2): 147-162.  
[5] SHAFIK A, ABDEL MONEIM K. Fecoflowmetry: A new parameter assessing rectal function [J]. International surgery, 1992, 77(3): 190-194.  
[6] GROSSMAN G M, KRUEGER A B. Economic growth and the environment [J]. Quarterly journal of economics, 1995, 110(2): 353-377.  
[7] SURI V, CHAPMAN D. Economic growth, trade and energy: Implications for the environmental Kuznets curve [J]. Ecological economics, 1998, 25(2): 195-208.  
[8] ANDREONI V. Can economic growth be sustainable? The case of EU27 [J]. Journal of global policy and governance, 2013, 1(2): 185-195.  
[9] 林基. 环境库兹涅茨曲线理论研究的评述及在国内的推进 [J]. 商场现代化, 2014(20): 267-269.  
[10] 邹秀萍, 陈功锋, 苏利阳, 等. 京津冀经济增长与水环境污染的实证分析 [J]. 生态经济, 2009(8): 40-42.  
[11] 于峰, 齐建国, 田晓林. 经济发展对环境质量影响的实证分析: 基于 1999—2004 年间各省市的面板数据 [J]. 中国工业经济, 2006(8): 36-44.  
[12] 李飞, 董锁成, 李泽红. 中国经济增长与环境污染关系的再检验: 基于全国省级数据的面板协整分析 [J]. 自然资源学报, 2009, 24(11): 1912-1920.  
[13] 赵桂梅. 区域经济发展对生态环境质量的动态影响实证研究 [J]. 生态经济, 2014(3): 100-102.  
[14] 李磊, 张贵祥. 京津冀都市圈经济增长与生态环境关系研究 [J]. 生态经济, 2014(9): 167-171.  
[15] 朱平辉, 袁加军, 曾五一. 中国工业环境库兹涅茨曲线分析: 基于空间面板模型的经验研究 [J]. 中国工业经济, 2010(6): 65-74.  
[16] 翁钢民, 韩镇. 基于环境库兹涅茨曲线的旅游经济发展与生态环境关系研究 [J]. 生态经济, 2012(9): 130-131, 145.  
[17] 王瑞玲, 陈印军. 我国“三废”排放的库兹涅茨曲线特征及其成因的灰色关联度分析 [J]. 中国人口·资源与环境, 2005, 15(2): 42-47.  
[18] 夏永久, 陈兴鹏, 李娜. 西北半干旱区城市经济增长与环境污染演进阶段及其互动效应分析: 以兰州市为例 [J]. 中国沙漠, 2005, 25(6): 950-956.

金属 Cd 含量均小于 CK、SD 处理,达显著水平,而 SD 与 CK 处理间根、茎秆、籽实中重金属 Cd 含量差异不显著,小麦不同部位吸收重金属 Cd 含量从大到小依次为根、茎秆、籽实。

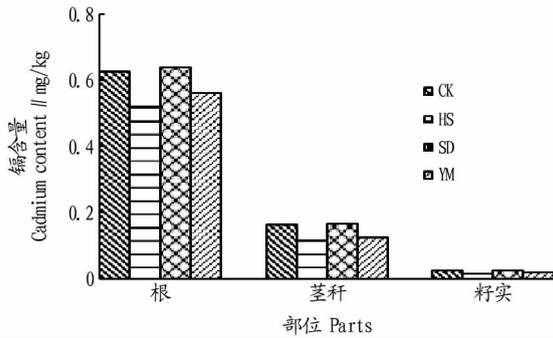


图1 不同秸秆还田对小麦不同部位吸收镉的影响

Fig.1 Effect of different straw returning on cadmium absorption in different parts of wheat

2.2.2 对小麦 As 吸收累积的影响。小麦在其生长过程中吸收各种养分维持生长的同时也会主动或被动地吸收各种重金属元素,而砷不是其必需元素,当吸收的砷达到或超过其耐性阈值时,就会对小麦的生长发育产生毒害作用。研究表明(表 5),HS 处理小麦根中 As 的含量显著高于其他 3 个处理,SD、YM 处理有降低小麦根吸收 As 的趋势,但与 CK 差异未达显著水平;HS 处理的小麦茎秆和小麦籽实中 As 含量显著高于其他 2 种处理和 CK,而 SD、YM 处理的小麦茎秆和籽实中 As 含量显著低于 CK,2 种处理之间差异不显著。小麦不同部位吸收重金属 As 含量从大到小依次为根、茎秆、籽实。

表 5 不同秸秆还田对小麦不同部位吸收 As 的影响

Table 5 Effect of different straw returning on the absorption of As in different parts of wheat

处理 Treatment	根 Root	茎秆 Stem	籽实 Seed
CK	22.25±1.02 b	1.49±0.16 b	0.040±0.006 b
HS	26.38±1.21 a	1.76±0.22 a	0.058±0.001 a
SD	21.96±0.08 b	1.36±0.05 c	0.025±0.002 c
YM	20.82±0.76 b	1.34±0.13 c	0.024±0.004 c

注:同列不同小写字母表示处理间差异显著( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences between treatments ( $P < 0.05$ )

小麦根系和茎秆中砷、镉含量远高于籽粒中砷、镉的含量。这与史高玲等<sup>[13]</sup>的研究一致,根系和茎秆是保证籽粒砷、镉含量较低的两道关键壁垒<sup>[14]</sup>。研究砷、镉在茎秆-籽粒中的迁移规律可以为减少小麦籽粒砷、镉的积累提供可靠的理论依据。

### 3 结论

不同花生、水稻、玉米秸秆还田对小麦生长及 Cd、As 吸收影响不同。3 种处理不同程度地提高小麦 LAI 和小麦株高,显著提高了小麦产量,以 HS 秸秆增产效果最显著,达 11.06%;不同处理下小麦各部分吸收 Cd、As 从大到小均依次为根、茎秆、籽实,而小麦茎秆中 As 含量与籽实中有显著的相关性;HS 处理可以显著降低小麦根、茎秆、籽实对 Cd 的吸收,却促进了 As 的吸收;SD 处理对小麦吸收 Cd 的影响不显著,可降低茎秆、籽实对 As 的吸收;YM 处理能有效控制小麦对 Cd、As 的吸收。

### 参考文献

- [1] 胡喜巧,杨文平,陈翠玲. 玉米秸秆还田对土壤养分及小麦产量的影响[J]. 河南科技学院学报(自然科学版),2013,41(1):6-8.
- [2] 秦俊豪,贺鸿志,黎华寿,等. 芝麻、花生和田菁秸秆还田的化感效应研究[J]. 农业环境科学学报,2012,31(10):1941-1947.
- [3] 钱立荣. 低碳农业与农作物秸秆还田技术应用[J]. 安徽农学通报,2011,17(11):159-160.
- [4] 黄界颖. 秸秆还田对铜陵矿区土壤 Cd 形态及生物有效性的影响机理[D]. 合肥:合肥工业大学,2013.
- [5] 杜连凤,刘文科,刘建玲. 三种秸秆有机肥改良土壤次生盐渍化的效果及生物效应[J]. 土壤通报,2005,36(3):309-312.
- [6] 郭瑞英,彭丽华,陈清,等. 秸秆与氰胺化钙调控技术对温室黄瓜生长及氮素残留的影响[J]. 生态环境,2006,15(3):633-636.
- [7] 刘骏,陈荣丽,陈桂月,等. 秸秆还田与氮肥、有机肥配施对小麦生长发育和产量的影响[J]. 河南农业科学,2015,44(3):48-51,64.
- [8] 林鸾芳,王昌全,李冰,等. 秸秆还田下改良剂对水稻生长和 Cd 吸收积累的影响[J]. 生态环境学报,2014,23(9):1492-1497.
- [9] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2005:30-32.
- [10] 李文红,丁永辉,曹丹,等. 不同播种方式对小麦干物质积累和产量的影响[J]. 河南农业科学,2016,45(2):11-16.
- [11] 李文红,曹丹,张朝显,等. 作物秸秆配施腐熟剂还田对小麦产量及其物质生产的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(22):63-66.
- [12] 李文红,丁永辉,韩波,等. 不同墒情对小麦生长发育特性及产量的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(3):63-65.
- [13] 史高玲,马鸿翔,姜来清,等. 小麦株高和茎秆不同部位砷镉磷含量与籽粒砷镉磷含量的关系[J]. 农业环境科学学报,2017,36(1):8-15.
- [14] 谈宇荣. 早稻吸收、积累砷的基因型差异及其生理响应研究[D]. 天津:天津农学院,2016:21-26.

(上接第 87 页)

- [19] 马乃毅,罗珺仁. 中国西部地区农业经济增长与环境污染相关性研究[J]. 浙江农业学报,2015,27(9):1631-1638.
- [20] 张思锋,张颖. 西安循环经济发展的紧迫性分析:基于环境库兹涅茨曲线的方法[J]. 西安交通大学学报(社会科学版),2004,24(2):58-64.

- [21] 马树才,李国柱. 中国经济增长与环境污染关系的 Kuznets 曲线[J]. 统计研究,2006(8):37-40.
- [22] 赵云君,文启湘. 环境库兹涅茨曲线及其在我国的修正[J]. 经济学家,2004(5):69-75.
- [23] 蔺栋华. 生态环境与第三产业[J]. 生态经济,2001(2):22-26.
- [24] 张宁,田美荣,高吉喜,等. 近 35 年科尔沁沙地生态系统健康诊断研究:以巴林右旗为例[J]. 水土保持研究,2016,23(4):206-211.