

安徽省长江经济带水污染排放特征研究

陈晓洁, 吕睿喆, 齐翠翠*, 宗梅, 匡武 (安徽省环境科学研究院, 安徽合肥 230071)

摘要 以安徽省长江经济带8个重点城市作为研究区域,以2003—2018年统计数据作为支撑,研究安徽省长江经济带水污染排放特征,结果表明,安徽省长江经济带COD、氨氮和总磷的排放量皆表现为下降趋势,并且氨氮和总磷的排放量的变化相对平稳;各市的COD、氨氮和总磷的排放量无论是在变化平稳程度还是在累积排放量上都有明显的地区差异;纵观近16年各市的COD、氨氮和总磷的排放量均呈现出先增后减的趋势。

关键词 COD;氨氮;总磷;水污染排放特征;安徽省长江经济带

中图分类号 X703 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)15-0085-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2021.15.022



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on the Characteristics of Water Pollution Discharge in Yangtze River Economic Belt in Anhui Province

CHEN Xiao-jié, LÜ Rui-zhe, QI Cui-cui et al (Anhui Academy of Environmental Sciences, Hefei, Anhui 230071)

Abstract Taking 8 key cities in the Yangtze River Economic Belt in Anhui Province as the research area, and using statistical data from 2003 to 2018 as support, to study the characteristics of water pollution discharge in the Yangtze River Economic Belt in Anhui Province. The results showed that the emissions of COD, ammonia nitrogen and total phosphorus in the Yangtze River Economic Belt in Anhui Province all showed a downward trend, and the changes in the emissions of ammonia nitrogen and total phosphorus were relatively stable. The emissions of COD, ammonia nitrogen and total phosphorus in each city showed obvious regional differences both in the degree of stability and in the cumulative emissions. The emissions of COD, ammonia nitrogen and total phosphorus in each city showed a trend of first increase and then decrease.

Key words COD;NH₃-N;Total phosphorus;Characteristics of water pollution discharge;Yangtze River Economic Belt in Anhui Province

长江流域是我国水资源配置的战略水源地和重要的清洁能源战略地,为我国生物多样性保护和生态环境改善提供了重要支撑。长江经济带覆盖上海市、江苏省、浙江省、安徽省、江西省、湖北省、湖南省、重庆市、四川省、贵州省、云南省11个省市,面积约 $205 \times 10^4 \text{ km}^2$,拥有83.26%的长江干流长度,人口和生产总值均超过全国的40%,生物多样性保护、水资源保护等面积约占长江经济带土地总面积的55.5%。作为我国国土开发与经济布局“T”字型构架的横向轴线长江经济带是国家发展的战略和导向性的重点地带,长江生态环境安全关系到长江及全国经济社会发展的重大战略问题^[1]。当前长江经济带生态环境形势依然严峻,发展与保护之间的矛盾仍然突出,高强度的开发建设及高密度的人口产业布局对长江经济带水环境的干扰破坏强度越来越大^[2],成为制约长江经济带高质量发展的瓶颈。因此,如何实现长江大保护环境与经济可持续发展成为当前和今后一段时期内长江大保护必须考虑的重要问题^[3]。

目前对长江经济带特别是安徽长江经济带水污染排放地区差异以及对影响因素的实证研究较少,从而无法为长江经济带水污染减排提供有力依据。因此,该研究以《长江三角洲城市群发展规划》中的合肥、芜湖、铜陵、安庆、池州、马鞍山、滁州、宣城8个安徽城市为研究对象,基于2003—2018年的统计数据和各污染物的排污系数,计算出上述8个城市的COD、氨氮和总磷的排放量,探究安徽省长江经济带近16年的水污染排放特征^[4],以期为应对长江经济带水环境问题并制定差异性的区域水环境政策提供一定的实证依据,进而

为安徽省长江经济带水污染减排及地表水断面达标提供技术支撑。

1 资料与方法

1.1 研究区域概况 根据《长江三角洲城市群发展规划》,规划中包含合肥、芜湖、铜陵、安庆、池州、马鞍山、滁州、宣城8个安徽城市,该研究主要以这8个城市作为研究区域,该区域总面积达到69 765.09 km²,约占安徽省总面积的49.98%,地形地貌多样,平原丘陵兼备,并且均属于亚热带湿润季风气候。2018年,研究区域总人口为2 970.07万,国内生产总值为19 963.37亿元,约占安徽省国内生产总值的66.53%,人均GDP为67 215元;拥有水资源总量为443.38亿m³,供水总量为180.53亿m³,用水总量为180.53亿m³,其中超过95%以上的供水使用的是地表水。

1.2 指标选取 该研究污染源调查种类主要包括工业污染源、农业污染源和生活污染源3大类污染源清单。其中生活污染源包含城镇生活直排污染和农村生活直排污染;农业污染源包含农田面源流失、畜禽养殖污染源(规模化畜禽养殖和散养畜禽)、水产养殖污染源;工业污染源主要为工业废水排放。污染源调查指标主要为COD、氨氮、总磷^[5]。

1.3 数据来源 该研究涉及的工业污染排放量直接通过查询2004—2019年安徽省统计年鉴得到;农业污染排放量通过查询2004—2019年安徽省统计年鉴得到农田面积、畜禽养殖数据、水产产量后,根据排污系数计算得到;生活污染排放量通过查询2004—2019年安徽省统计年鉴得到历年城镇人口和农村人口后,根据生活污染源计算系数计算得到。该研究涉及的排污系数根据《全国水环境容量核定技术指南》、第一次全国污染源普查各污染源产排污系数手册,确定各类污染源排污系数取值^[6]。

基金项目 安徽省重点研究与开发计划项目(202004j07020006)。

作者简介 陈晓洁(1993—),女,安徽金寨人,助理工程师,从事水环境研究。*通信作者,高级工程师,博士,从事水环境研究。

收稿日期 2021-03-23

2 结果与分析

2.1 安徽省长江经济带重点城市排污总量 从安徽省长江经济带 COD 排放量(图 1)来看,COD 排放量总体上呈现出下降趋势;2004—2009 和 2015—2018 年 COD 排放量的增减变化较大;2009—2015 年 COD 的排放量变化较为稳定。逐年来看,2005 年 COD 排放量达到峰值,约为 66.69 万 t,随后 2006 年达到最低值,约为 48.32 万 t,变化量达 18.37 万 t;之后数年虽然 COD 的排放量有所增减,但是变化量都未超过 2005—2006 年的变化量。

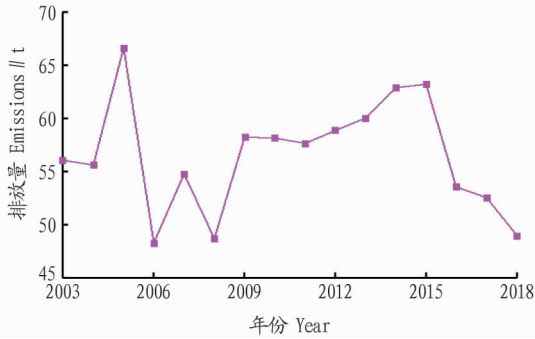


图 1 2003—2018 年安徽省长江经济带重点城市 COD 排放量
Fig. 1 COD emissions of key cities in the Yangtze River Economic Belt in Anhui Province from 2003 to 2018

从氨氮排放量(图 2)来看,氨氮排放量总体上表现为下降趋势,并且逐年变化量相对较平稳;2004—2008 年氨氮排放的变化相对较大,2005 年达到峰值,约为 5.49 万 t,2008 年减少到最低值,约为 3.62 万 t,之后数年氨氮排放的变化量相对平稳。从总磷排放量(图 2)来看,总磷排放量总体上也表现为下降趋势,且逐年的变化量较为平稳;2005 年排放量达到峰值,约为 3.11 万 t,2007 年达到最低值,约为 2.15 万 t。

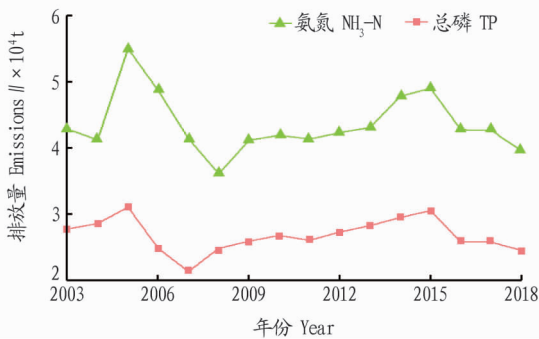


图 2 2003—2018 年安徽省长江经济带重点城市氨氮和总磷排放量

Fig. 2 The ammonia nitrogen and total phosphorus emissions of key cities in the Yangtze River Economic Belt in Anhui Province from 2003 to 2018

2.2 安徽省长江经济带重点城市排污地区差异

2.2.1 COD 排放量。从安徽省长江经济带各重点城市 COD 排放量(图 3)来看,合肥市、滁州市和安庆市的排放量远高于其他 5 个城市,并且合肥市、滁州市、安庆市中滁州市 COD 排放量的变化相对稳定,合肥市和安庆市相对更不稳定;COD 排放量 2003—2006 年滁州市>合肥市>安庆市,2007—

2010 年安庆市>滁州市>合肥市,2011—2018 年合肥市>滁州市>安庆市。宣城市和芜湖市 COD 排放量低于上述 3 个城市,高于剩下 3 个城市,宣城市和芜湖市 COD 排放量的变化相对稳定,并且 COD 排放量宣城市>芜湖市。铜陵市、池州市和马鞍山市 COD 的排放量较低,但 COD 排放量的变化相对更加稳定,在这 3 个城市中铜陵市的排放量更低,对于马鞍山市和池州市 COD 排放量 2003—2004 和 2006—2010 年池州市>马鞍山市;2005 和 2011—2018 年马鞍山市>池州市。2003—2018 年 COD 的累积排放量合肥市(204.69 万 t)>滁州市(185.49 万 t)>安庆市(181.38 万 t)>宣城市(113.71 万 t)>芜湖市(87.05 万 t)>马鞍山市(53.71 万 t)>池州市(52.01 万 t)>铜陵市(26.79 万 t)。

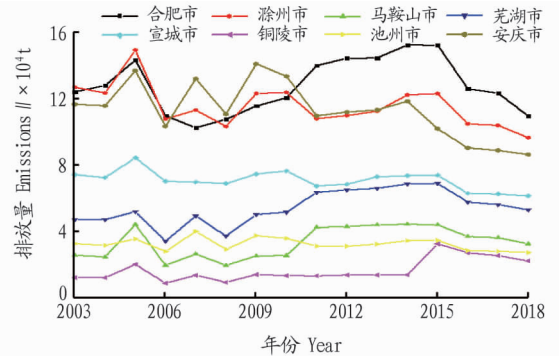


图 3 2003—2018 年安徽省长江经济带各重点城市 COD 排放量
Fig. 3 COD emissions of key cities in the Yangtze River Economic Belt in Anhui Province from 2003 to 2018

2.2.2 氨氮排放量。从图 4 可以看出,合肥市、滁州市、安庆市氨氮排放量远高于其他 5 个城市,并且合肥市、滁州市和安庆市氨氮排放量的变化相对不稳定,氨氮累积排放量滁州市>合肥市>安庆市;宣城市氨氮排放量远低于合肥、滁州、安庆 3 个城市,但明显高于芜湖、铜陵、池州、马鞍山 4 个城市,并且其氨氮排放量变化相对稳定;芜湖、铜陵、池州、马鞍山 4 个城市氨氮排放量最低,其中马鞍山市和芜湖市氨氮排放量变化相对平稳,并且芜湖市氨氮排放量明显高于马鞍山市;池州市 2003—2008 年氨氮排放量变化较大,2008 年之后趋于稳定;铜陵市 2004—2007 年氨氮排放量变化较大,2004 年之前和 2007 年之后较为稳定。就氨氮累积排放量而言,2003—2018 年氨氮累积排放量滁州市(15.50 万 t)>合肥市(15.43 万 t)>安庆市(13.20 万 t)>宣城市(8.18 万 t)>芜湖市(6.45 万 t)>池州市(4.26 万 t)>马鞍山市(4.00 万 t)>铜陵市(2.63 万 t)。

2.2.3 总磷排放量。从图 5 可以看出,合肥市、滁州市、安庆市、宣城市总磷排放量明显远高于其他 4 个城市,并且合肥市明显高于其他 3 个城市,滁州市明显高于宣城市和安庆市;合肥市和滁州市总磷排放量的变化相对不平稳,宣城市和安庆市总磷排放量的变化相对平稳。芜湖市总磷排放量明显高于池州市、马鞍山市和铜陵市,并且铜陵市总磷排放量明显低于池州市和马鞍山市,不仅如此这 4 个城市的总磷排放量变化皆较为平稳,尤其是池州市和铜陵市。就总磷的累积排放量看,2003—2018 年各市总磷累积排放量合肥市

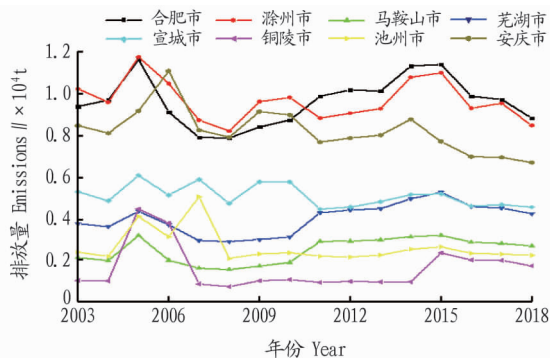


图4 2003—2018年安徽省长江经济带各重点城市氨氮排放量

Fig.4 Ammonia nitrogen emissions of key cities in the Yangtze River Economic Belt in Anhui Province from 2003 to 2018

(11.77 万 t)>滁州市(8.82 万 t)>宣城市(7.14 万 t)>安庆市(7.13 万 t)>芜湖市(3.50 万 t)>池州市(1.96 万 t)>马鞍山市(1.95 万 t)>铜陵市(0.81 万 t)。

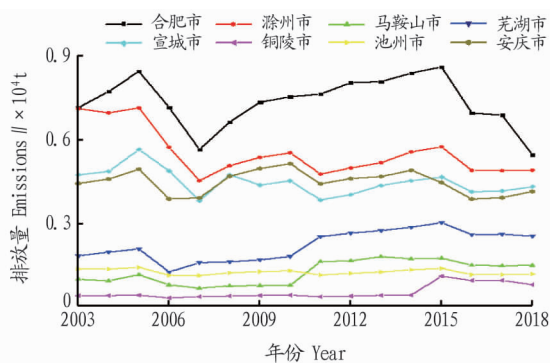


图5 2003—2018年安徽省长江经济带各重点城市总磷排放量

Fig.5 Total phosphorus emissions of key cities in the Yangtze River Economic Belt in Anhui Province from 2003 to 2018

3 结论与建议

3.1 主要结论

(1) 2003—2018年安徽省长江经济带COD、氨氮和总磷排放量,除COD排放量以外,氨氮和总磷2003—2018年排放量曲线的变化趋势相似;2008年之后COD和氨氮、总磷的排放量曲线的走势也变得相似;2005年无论是COD、氨氮还是总磷的排放量都达到了峰值,总体表现出先增长后减少的趋势,并且COD、氨氮和总磷的排放量均呈现出下降趋势。

(2) 各城市的COD、氨氮和总磷排放量呈现出明显的地区差异,就COD而言,从排放量变化平稳程度来看,合肥市和安庆市相对于其他6个城市,其变化相对不平稳;从累积排放量来看,合肥市>滁州市>安庆市>宣城市>芜湖市>马鞍山市>池州市>铜陵市。就氨氮而言,合肥市、安庆市、滁州市排放量变化相对不平稳,宣城市、芜湖市和马鞍山市排放量变化相对更平稳;就累积排放量来看,滁州市>合肥市>安庆市>宣城市>芜湖市>池州市>马鞍山市>铜陵市。就总磷而言,从排放量变化平稳程度来看,滁州市和合肥市变化相对不平稳,其余6个城市的变化相对平稳;就累积排放量来看,合肥市>滁州市>宣城市>安庆市>芜湖市>池州市>马鞍山

市>铜陵市。

(3) 无论是COD、氨氮还是总磷合肥市的排放量的变化都相对不平稳,宣城、芜湖、马鞍山市的排放量的变化都相对平稳,并且无论是COD、氨氮还是总磷其排放量都趋于减少;就累积排放量而言,无论是COD、氨氮还是总磷铜陵市的排放量都是最小的。污染物的累积排放量合肥市>滁州市>安庆市>宣城市>芜湖市>马鞍山市>池州市>铜陵市。

3.2 政策建议 一方面,根据安徽省长江经济带重点城市近16年COD、氨氮和总磷排放总量的特征,应加强对安徽省长江经济带整体的水污染排放的整改。首先,应加强对安徽省长江经济带水污染物源头的控制。加强对船舶港口、入河排污口、城镇污水、固体废物污染的控制^[7]。其次,应加强安徽省长江经济带水环境和水生态修复。大力推行生态复绿补绿增绿;强力推进长江水域岸线保护强化重点河湖湿地保护和修复;强化重点河湖湿地保护和修复;加强生物多样性保护。最后,应着重减少COD污染物的排放,加快实现长江经济带的可持续发展。

另一方面,根据安徽省长江经济带各个城市COD、氨氮和总磷排放量的特征。针对各市污染物的排放量对各市农业、工业以及生活污染物排放进行管控。具体如下:①对于工业污染,一是开展“禁新建”行动。严禁1 km范围内新建项目;严控5 km范围内新建项目;严管15 km范围内新建项目。二是开展“进园区”行动。将“禁新建”中涉及到的难以实现就地改造的企业和新建项目搬迁至园区;加快开发区的优化和整合;推动传统产业“四化”转型。三是开展“园区专项整治”行动。对园区实行污水处理、环保设施运行和环保数据监测全覆盖;对长江经济带工业园区的水污染防治情况进行全面摸底;推动园区污水处理设施的建设;科学选择工业废水处理工艺^[8]。②对于农业面源污染,一是加强农业面源污染防治的法制建设,包括农田施肥条例、农药控制管理条例以及有机废物排放控制条例等;二是加强政策和市场的引导,例如,加大对生态农业建设的政策扶持和鼓励在乡村一级^[9],成立类似于沼气池建筑公司等有利于循环农业生产的服务公司,推广生态农业技术等^[10];三是加大宣传力度,提高农民的环境尤其是水环境保护意识。③对于生活污水污染,一是加强对城市生活污水的整治。引进先进的污水处理工艺,提高城市生活污水治理效果;扩大污水厂产能,解决城市初期雨水问题。二是强化农村生活污水的治理。进一步完善农村水污染控制管理技术标准体系,加强贯彻落实标准的相关工作^[11];多元化筹集资金,尽快完善管网建设^[12];加强农村环境保护宣传和科普教育。

参考文献

- [1] 白璐,孙园园,赵学涛,等. 黄河流域水污染排放特征及污染集聚格局分析[J]. 环境科学研究, 2020, 33(12): 2683-2694.
- [2] 张静,段扬,张伟,等. 京津冀区域工业水污染排放空间密度特征研究[J]. 生态环境学报, 2018, 27(1): 115-121.
- [3] 马宝强,穆大为,王春晖. 马莲河宁县段水污染排放特征及防治对策[J]. 甘肃科技, 2019, 35(2): 4-7.
- [4] 彭凌云,凌超普,李恒鹏,等. 太湖流域池塘养殖污染排放估算及其空间分布特征[J]. 湖泊科学, 2020, 32(1): 70-78.

组,但2组间差异未达到显著水平,说明全价饲料中添加的 V_A 含量足以维持阿坝藏鸡的生产维持需要,另外添加的复合维生素制剂对产蛋性能的提高作用不大。相反,试验组添加适量复合多维制剂(V_A 总摄入量为12 000 IU/kg)并未造成负面效果,在一定程度上降低了试验组死淘率,减少了产蛋后期日产蛋率的大幅度波动,说明其能够有效缓解环境温度变化(试验在7—9月开展,阳光直射造成鸡舍室温偏高)的应激影响,从而使该阶段产蛋性能表现更好,这与阎佩佩等^[9]研究结果相符合。

蛋壳强度和蛋壳厚度是衡量蛋壳质量优劣的重要指标,产蛋后期蛋重逐渐增加,蛋壳强度和蛋壳厚度逐渐降低,致使蛋壳质量变差^[10-12]。姜明君^[13]报道日粮中添加6 400 IU/kg的维生素D可以显著提升蛋壳厚度,添加9 600 IU/kg的维生素D可以显著提升蛋壳强度。该试验中试验组、对照组的 V_D 总添加水平为8 200和7 600 IU/kg,远高于国标维生素D的摄入标准(1 600 IU/kg),因此在 V_D 添加量足够且相差不大的情况下,2组蛋壳厚度相近,试验组的蛋壳强度略高于对照组,说明饲料中添加不同剂量的 V_A 对蛋壳质量的改善作用不大,所以 V_A 可能不是影响蛋壳质量的关键性因素。

蛋壳的主要成分是碳酸钙, Ca^{2+} 主要来自饲料,由小肠消化吸收进入血液,再运输至鸡的子宫腺体发挥作用,所以血清中 Ca^{2+} 浓度可以反映出家禽钙的吸收情况^[12]。在动物营养研究中,碱性磷酸酶活性常作为重要的生化检测指标协助评定日粮中钙、磷水平的适宜程度^[14]。该试验中试验组和对照组种鸡血清中血钙浓度和碱性磷酸酶活性均值在正常范围内,其中试验组略高于对照组,但差异未达到显著水平,即饲料中添加、投喂复合多维制剂一段时间对种鸡血液中的血钙浓度和碱性磷酸酶活性没有显著影响,所以饲料中复合多维制剂对钙代谢、吸收过程的影响不大,不能显著改善蛋壳质量。

杨涛等^[15]研究发现,维生素 D_3 含量为300~2 700 IU/kg时对蛋鸡的产蛋率无显著影响,但软破蛋率随维生素 D_3 水平的增加而降低,同时当饲料中维生素 D_3 水平高于某个值时,蛋鸡对维生素 D_3 的吸收代谢能力开始减弱,从而机体对钙的吸收和沉积能力趋于相对稳定水平。该试验中2组摄入的 V_D 含量超出其实际需要,随着饲料中复合多维制剂添加水平的提高,2组种鸡吸收和转化能力有限,所以鸡蛋内

V_D 含量相差不大。Squires等^[16]报道,蛋鸡分别摄食4种含不同剂量 V_A 的饲料7~12周,蛋黄 V_A 含量相差不大,需持续至13~27周后才能检测到蛋黄内 V_A 含量的大幅度变化,该试验结果与Squires等^[16]研究结果相一致,即通过短期补充复合多维制剂,不能提升鸡蛋内容物 V_A 含量。

综上所述,藏种鸡日粮中添加复合多维制剂能有效改善、缓解热应激对种鸡产蛋性能的负面影响,使产蛋后期死淘率降低,从而改善 V_A 可能不是影响蛋壳质量的关键性因素,饲料中添加复合多维制剂对钙代谢、吸收过程的影响不大,不能显著改善蛋壳质量。短期补充复合多维制剂,不能提升鸡蛋内容物 V_A 含量。

参考文献

- [1] 章世元,俞路,王雅倩,等.蛋壳质量与元素组成、超微结构关系的研究[J].动物营养学报,2008,20(4):423-428.
- [2] 阳光远,杨忠诚,张小林,等.百宜黑鸡蛋壳质量性状分析[J].贵州农业科学,2009,37(10):130-131.
- [3] 汪秀娟.日粮中添加维生素A和维生素 D_3 对蛋鸡产蛋性能及蛋壳品质的影响[J].现代农业科技,2008(4):175,178.
- [4] 党晓鹏,黄新活,杨涛,等.纳米维生素 D_3 对蛋鸡生产性能的影响[J].家禽科学,2014(9):12-15.
- [5] 刘禹辰,李亚杰,曾丹,等.产蛋后期补充液态维生素对蛋鸡部分生产性能指标和蛋壳质量的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2018(21):154-157.
- [6] 胡来根,李宝泉,邵春荣,等.蛋鸡日粮中维生素A适宜添加量研究[J].江苏农业科学,1999(2):61-62.
- [7] KUCUK O,SAHIN N,SAHIN K. Supplemental zinc and vitamin A can alleviate negative effects of heat stress in broiler chickens[J]. Biol Trace Elem Res,2003,94(3):225-235.
- [8] 邵元库,张忠远,尚秀国.不同剂量维生素A对蛋鸡生产性能及蛋品质的影响[J].饲料工业,2010,31(8):1-3.
- [9] 阎佩佩,刘雪兰,井庆川,等.夏季不同维生素A水平对蛋鸡产蛋性能、蛋壳质量及蛋黄维生素A含量的影响[J].山东农业科学,2018,50(3):113-116.
- [10] 包志,张忠远.日粮中添加维生素A对蛋鸡生产性能及蛋品质的影响[J].饲料博览,2012(4):36-38.
- [11] 赵国先,柳迪,王琳,等.影响产蛋后期蛋壳质量的饲料营养因素及调控措施[J].饲料工业,2017,38(19):1-6.
- [12] 唐修君,高玉时,葛庆联,等.不同鸡种·饲养方式和周龄对鸡蛋壳品质的影响[J].安徽农业科学,2014,42(35):12542-12543,12546.
- [13] 姜明君.笼养蛋鸡钙代谢对蛋壳质量的影响及其机制研究[D].泰安:山东农业大学,2015.
- [14] 王秋颖.碱性磷酸酶特性及其应用的研究进展[J].中国畜牧兽医,2011,38(1):157-161.
- [15] 杨涛,甘悦宁,宋志芳,等.不同来源和水平的维生素 D_3 对蛋鸡生产性能、蛋品质和胫骨质量的影响[J].动物营养学报,2014,26(3):659-666.
- [16] SQUIRES M W,NABER E C. Vitamin profiles of eggs as indicators of nutritional status in the laying hen: Vitamin A study[J]. Poultry science, 1993,72(1):154-164.

(上接第87页)

- [5] 丘雯文,钟涨宝,李兆亮,等.中国农业面源污染排放格局的时空特征[J].中国农业资源与区划,2019,40(1):26-34.
- [6] 刘满凤,谢哈进.中国省域经济集聚性与污染集聚性趋同研究[J].经济地理,2014,34(4):25-32.
- [7] 熊亭亭,王丽,何成勇,等.成都市温江区农村污水治理模式与技术研究[J].环境与发展,2020,32(4):44-47.
- [8] 贾卓,强文丽,王月菊,等.兰州—西宁城市群工业污染集聚格局及其

空间效应[J].经济地理,2020,40(1):68-75,84.

- [9] 刘崇新,操志翔,刘新明,等.我国水产养殖污染物减排技术应用现状及建议[J].养殖与饲料,2018(9):119-124.
- [10] 欧阳佚享,宋国宝,陈景文,等.中国淡水池塘养殖鱼类排污的灰水足迹及污染负荷研究[J].环境污染与防治,2018,40(3):317-322,328.
- [11] 尹微琴,王小治,王爱礼,等.太湖流域农村生活污水污染物排放系数研究:以昆山为例[J].农业环境科学学报,2010,29(7):1369-1373.
- [12] 张郁,刘洁,杨青山.黑龙江垦区农业生产与面源污染的脱钩分析与调控模拟[J].经济地理,2017,37(6):177-182.