

安徽省农田氮磷化肥施用合理性分析

董红艳, 刘钦普*

(南京晓庄学院环境科学与工程学科组, 江苏 南京 211171)

摘要: 基于化肥施用环境安全阈值模型, 提出化肥施用指数的概念, 建立了化肥施用合理性评价方法, 从时空二维角度对安徽省氮、磷化肥施用的合理性进行分析, 为安徽省化肥减量增效提供理论基础和现实指导。研究结果表明: 1987~2015年安徽省单位播种面积氮、磷化肥施用量经历了快速增长-波动增长-平稳增长的3个阶段。20世纪80年代末期, 安徽省氮肥的施用是合理的, 磷肥的施用不足; 90年代以后, 氮肥施用一直处于过量状态; 磷肥施用由合理施用变为过量施用。2015年安徽省16个地市中, 有一半属于施氮合理, 其余为施氮不足和过量施氮; 除5个地市为施磷不足和合理施磷外, 其余都为过量施磷。总之, 目前安徽省磷肥过量施用情况比氮肥严重, 大多数地市以降低磷肥施用量为首要任务; 此外, 需结合安徽省有机肥的施用情况, 进一步评估氮、磷化肥施用合理性。

关键词: 氮、磷化肥; 施用强度; 施用指数; 环境安全阈值; 合理性; 安徽省

中图分类号: S147.2

文献标识码: A

文章编号: 1673-6257 (2018) 03-0073-06

我国是农业大国, 由于耕地面积的限制, 为了提高农作物产量盲目投入大量的化肥、农药等, 结果带来了环境问题。2010年我国第一次全国污染源普查公报显示, 农业面源污染排放的总氮和总磷分别为270.46万和28.47万t, 分别占同期全国排放总量的57.2%和67.4%。因此, 农业化肥的过量施用产生的农业面源污染已成为我国许多湖泊营养物的主要来源^[1-3]。安徽省是我国产粮大省之一, 其农业比重和农业增加值占GDP比重高于全国水平。2015年, 安徽粮食产量达到3538.12万t, 在全国处于第6位, 农用化肥施用量338.69万t, 在全国处于第3位, 仅次于河南和山东。2015年安徽省农作物单位播种面积化肥施用量达到378 kg/hm², 大大超出国际公认的225 kg/hm²化肥施用生态安全上限^[4]和我国生态乡镇建设规定的化肥施用强度低于250 kg/hm²的评价标准^[5]。大量未被利用的化肥产生了一系列的农业面源污染问题, 对江淮流域水环境治理提出了一个新的挑战。

近些年, 国内学者对氮、磷肥料的合理施用量做了大量的研究。就全国平均来说, 一般粮食作物氮素用量在150~180 kg/hm²比较适宜^[6]。北方平原区春玉米化学氮肥投入阈值为270~337 kg/hm²时, 对玉米高产和环境安全都有保障^[7]。在东北中部黑土区中等土壤肥力条件下, 基于75000株/hm²的种植密度, 春玉米氮肥施用量可根据品种及肥力特征在225 kg/hm²左右进行微调^[8]。江淮地区玉米的推荐施氮量169 kg/hm²为佳^[9], 太湖流域稻田施氮肥221~261 kg/hm²比较合理^[10]。江西省不同稻田土壤氮素状况碱解氮含量在60~250 mg/kg时的水稻最佳施氮量为120~175 kg/hm²^[11]。对于磷素来说, 土壤有效磷50~70 mg/kg可能是污染水源的一个大致临界指标^[12]。在南方赤红壤区双季稻体系下, 考虑产量和维持土壤磷素表观平衡的要求, 每季水稻施60 kg/hm²左右的磷肥(P₂O₅)是必需的, 施磷量为63~81 kg/hm²时土壤磷流失的风险相对较低^[13]。席雪琴^[14]的研究表明, 在土壤有效磷为25~40 mg/kg时, 冬小麦施磷量为60~80 kg/hm²比较合理。孙克刚等^[15]在华北潮土区麦田的研究表明, 土壤有效磷含量在12~38 mg/L之间时, 磷肥用量推荐为60~90 kg/hm², 土壤有效磷含量大于38 mg/L时, 建议不施或者少施磷肥。以上研究多是基于田间试验, 很少用模型方法推算化肥合理施用量, 且同一作物不同地区推荐的

收稿日期: 2017-08-22; 最后修订日期: 2017-11-04

基金项目: 国家自然科学基金项目(31470519); 江苏自然科学基金项目(BK20131399); 南京市环境科学与工程重点学科项目。

作者简介: 董红艳(1978-), 女, 江苏徐州人, 硕士, 讲师, 主要从事生态旅游方面的研究。E-mail: donghongyanyi@163.com。

通讯作者: 刘钦普, E-mail: liuqinpu@163.com。

施肥量差别较大。本研究提出化肥施用指数的概念,在笔者设计的化肥施用环境安全阈值模型的基础上,建立化肥施用合理性的评价方法,从时空的角度研究安徽省氮、磷化肥施用的环境安全阈值,评价化肥施用的合理性,以期为该地区减肥增效、控制农田面源污染、促进农业可持续发展提供科学依据。

1 材料与方法

合理施肥不仅要考虑作物产量、肥料经济效益,还要考虑施肥对生态环境的影响等。确定合理的作物氮、磷施肥量是施肥合理性评价的基础,其中确定合理施氮量最为关键。总体而言,国内外推荐施氮方法主要有3种:一是基于田间试验作物产量对施氮量的效应函数,求得最佳经济施氮量或最高产量施氮量;二是根据氮素养分收支平衡关系,计算氮肥施用量;三是基于土壤或植株测试为基础的测试类方法。针对这些方法在实际应用中的不足,巨晓棠^[16]提出了理论推荐施氮量的方法,即理论推荐施氮量可用作物目标产量乘以作物需氮量获得。据此,笔者提出了化肥施用环境安全阈值测度模型^[17]。在此模型的基础上,提出化肥施用指数的概念,建立氮、磷化肥施用合理性评价方法如下:

(1) 氮(磷)化肥施用环境安全阈值

氮(磷)化肥施用环境安全阈值是指在为获得某一季作物目标产量而不危害环境的最佳施氮(磷)量(kg/hm²)。计算公式如下:

$$ET_N = \rho \cdot A \cdot \bar{y}$$
 (1)

$$ET_P = 0.5ET_N$$
 (2)

式中:ET_N为氮肥施用环境安全阈值,A为千克

产量的作物需氮量,一般取0.03 kg^[16], $\bar{y}$ 为某地区近3年作物平均产量; ρ 为化肥施用环境安全调节系数,用于调节化肥施用环境安全阈值与某一目标产量下的化肥施用经济适宜量的关系。研究表明,考虑生态环境为主的作物施肥量(即环境安全阈值)比以考虑经济为主的作物施肥量(即经济适宜量)低20%左右^[10,18],而目标产量是近3年作物平均产量 $\bar{y}$ 上浮10%的数量^[19-20],综合两者的效果, ρ 一般取0.9。ET_P为磷肥环境安全阈值,根据我国大田作物对氮、磷、钾的养分要求为1:0.5:0.5^[21],ET_P取氮肥环境安全阈值的一半。

(2) 氮(磷)化肥施用指数

化肥施用指数是指某化肥(如氮、磷等)施用强度与其环境安全阈值的比,用以表征化肥施用强度的大小及其合理性。

$$R_i = FI_i / ET_i$$
 (3)

式中,R_i表示氮或磷化肥施用指数;FI_i表示氮或磷化肥施用强度,是指单位播种面积氮或磷化肥的实际施用数量(kg/hm²);ET_i表示氮或磷化肥使用环境安全阈值。公式(3)表明,化肥施用指数愈接近1,化肥施用强度愈接近化肥施用环境安全阈值,化肥施用愈合理;化肥施用指数愈大于1,化肥施用强度愈大,施肥愈过量;化肥施用指数愈小于1,化肥施用强度愈小,施肥愈不足。

(3) 化肥施用合理性分类

多项研究表明,氮、磷化肥施用适宜量都有一个变化范围,大约在其平均数的上下浮动10%^[6-7,10-11,13]。假设化肥投入在环境安全阈值的上下10%区间为合理施肥量,按照化肥施用指数的大小,划分出不同的施肥合理性类型(表1)。

表1 氮、磷化肥施用指数(R_i)及施用合理性分类

R _i	施肥合理性类型	分类依据	施肥合理性评价
>1.5	超过量施肥	施肥量超过安全阈值的1.5倍以上	不合理施肥
1.2~1.5	过量施肥	施肥量不超过安全阈值的1.5倍	不合理施肥
0.9~1.1	适宜施肥	施肥量在安全阈值的上下10%范围	合理施肥
0.5~0.8	施肥不足	施肥量低于安全阈值的一半以内	不合理施肥
<0.5	施肥严重不足	施肥量低于安全阈值的一半以下	不合理施肥

本研究所使用的数据主要来自中华人民共和国统计局网站的国家数据^[22]和《安徽统计年鉴2016》^[23]以及有关政府官方网站发布的资料。由于

统计年鉴中都没有给出复合肥中氮、磷、钾的含量,根据市场调查情况,参考有关文献^[24-25],复合肥中的氮、磷、钾含量统一按1:1:1处理。

2 结果与分析

2.1 安徽省氮、磷化肥施用合理性时间分析

随着农业生产的发展,近30年来,安徽省的粮食产量稳步提高,粮食总产从1987年的2 432.6万t增加到2015年的3 538.1万t,增加了45%,以播种面积计算,粮食单产从3 954.8 kg/hm²,增加到5 334.2 kg/hm²,增加了35%。然而化肥施用数量从1987年的120.2万t,增加到2015年的338.69万t,增加了182%。氮、磷化肥的施用强度分别从96.8、38.7 kg/hm²增加到181.6、99.5 kg/hm²,分别增加了187%和257%。根据公式(1)、(2)计算可知,氮肥施用在1988年超过了环境安全阈值,磷肥在1992年超过了环境安全阈值,之后,氮、磷化肥的施用强度分别与其环境安全阈值的差别越来越大,但是近两年有缩小的趋势(图1)。由图1可见,安徽省氮、磷化肥施用强度的变化趋势基本一致,两者自1987年以来经历了3个阶段,1987~1996年为快速增长期,1997~2006为波动增长期,2007~2015为平稳增

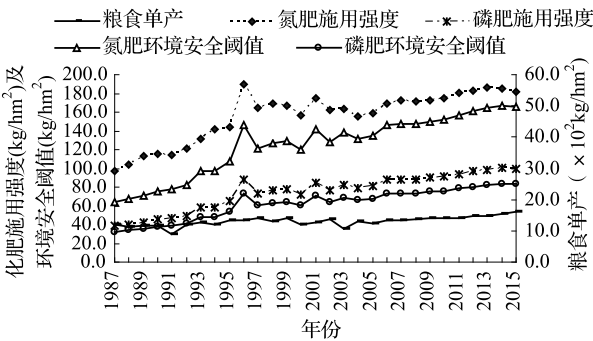


图1 1987~2015年安徽省粮食产量及氮、磷化肥施用强度和环境安全阈值的变化

长期。全省粮食产量的不断提高和经济作物种植面积的扩大,是化肥施用量不断增加的主要原因。

根据公式(3),可以计算出安徽省近30年的氮、磷化肥施用指数,判断化肥施用的合理性(表2)。表2表明,从1987到2015年的安徽省氮、磷化肥施用指数总的来说是呈上升趋势。20世纪80年代末期,氮肥的施用是合理的,磷肥施用不足,90年代以后,氮肥施用一直处于过量状态,而磷肥施用在90年代初是合理的,自1996年以后处于过量施磷状态。

表2 安徽省1987~2015年氮、磷化肥施用指数(R_N、R_P)及施肥合理性变化

年份	R _N	施氮合理性	R _P	施磷合理性	年份	R _N	施氮合理性	R _P	施磷合理性
1987	0.9	合理施氮	0.7	施磷不足	2002	1.4	过量施氮	1.3	过量施磷
1988	1.0	合理施氮	0.8	施磷不足	2003	1.5	过量施氮	1.5	过量施磷
1989	1.1	合理施氮	0.8	施磷不足	2004	1.4	过量施氮	1.4	过量施磷
1990	1.1	合理施氮	0.9	合理施磷	2005	1.5	过量施氮	1.5	过量施磷
1991	1.2	过量施氮	1.0	合理施磷	2006	1.5	过量施氮	1.5	过量施磷
1992	1.2	过量施氮	1.0	合理施磷	2007	1.5	过量施氮	1.5	过量施磷
1993	1.3	过量施氮	1.2	合理施磷	2008	1.4	过量施氮	1.4	过量施磷
1994	1.3	过量施氮	1.1	合理施磷	2009	1.4	过量施氮	1.5	过量施磷
1995	1.3	过量施氮	1.1	合理施磷	2010	1.4	过量施氮	1.5	过量施磷
1996	1.6	超过量施氮	1.5	过量施磷	2011	1.4	过量施氮	1.5	过量施磷
1997	1.4	过量施氮	1.2	过量施磷	2012	1.4	过量施氮	1.5	过量施磷
1998	1.4	过量施氮	1.3	过量施磷	2013	1.4	过量施氮	1.5	过量施磷
1999	1.4	过量施氮	1.3	过量施磷	2014	1.4	过量施氮	1.5	过量施磷
2000	1.3	过量施氮	1.2	过量施磷	2015	1.3	过量施氮	1.4	过量施磷
2001	1.5	过量施氮	1.5	过量施磷					

2.2 安徽省氮、磷化肥施用合理性空间分析

安徽省是我国农业大省之一,地形类型多种多样,平原、丘陵、山地都有分布,各地的自然条件具有明显的差异性,农业综合经济实力发展不平衡,化肥施用强度表现出明显的地域差异性。根据化肥施用合理性评价模型,计算出安徽省各省辖市

(即地市)氮、磷化肥施用的环境安全阈值和化肥施用指数(表3),结果表明,2015年安徽省各地市氮肥施用环境安全阈值在130.6~184.5 kg/hm²之间变化,平均值为158.2 kg/hm²。此值与王世济等^[9]推荐的江淮地区玉米施氮量169 kg/hm²相差7%。由于各地市的氮肥施用强度在113.7~325.2 kg/hm²之

间变化,其氮肥施用指数变化范围为0.8~1.8,平均值为1.2。因此,总体来说,安徽省氮肥施用是过量的,属于不合理施肥。然而各地市氮肥施用合理性存在很大差异,16个地市中,有一半属于施氮合理,除亳州为施氮不足和淮南、蚌埠为超过量施氮外,其余都是过量施氮。氮肥施用合理的地市主要分布在安徽的中西部,过量施氮肥的地区主要在东北部 and 东南部。对于磷肥来说,磷肥施用环境安全

阈值在65.3~92.3之间变化,平均值为79.1 kg/hm²,与孙克刚等^[15]在华北潮土区推荐的磷肥施肥量60~90 kg/hm²基本一致。模型方法与试验方法得到了互相印证。2015年安徽省磷肥施用指数变化范围为0.8~1.6,平均值为1.2,可见过量施用磷肥情况甚于氮肥。具体来说,淮南和蚌埠为超过量施磷,亳州等9个地市为过量施磷,六安、池州和黄山为施磷不足,阜阳和马鞍山为合理施磷。

表3 2015年安徽省氮、磷化肥施用的强度(EF_i)、环境安全阈值(ET_i)、指数(R_i)及合理性

省辖市	氮肥施用情况				磷肥施用情况			
	EF_i (kg/hm ²)	ET_i (kg/hm ²)	R_i	合理性	EF_i (kg/hm ²)	ET_i (kg/hm ²)	R_i	合理性
合肥	181.7	171.3	1.1	合理	108.2	85.6	1.3	过量施磷
淮北	195.5	141.6	1.4	过量施氮	108.6	70.8	1.5	过量施磷
亳州	113.7	144.3	0.8	施氮不足	83.7	72.2	1.2	过量施磷
宿州	148.2	130.6	1.1	合理	83.4	65.3	1.3	过量施磷
蚌埠	246.3	158.9	1.6	超过量施氮	125.2	79.4	1.6	超过量施磷
阜阳	137.7	147.8	0.9	合理	82.1	73.9	1.1	合理
淮南	325.2	180.9	1.8	超过量施氮	145.3	90.5	1.6	超过量施磷
滁州	193.3	160.7	1.2	过量施氮	118.1	80.3	1.5	过量施磷
六安	171.7	170.7	1.0	合理	68.8	85.3	0.8	施磷不足
马鞍山	175.2	184.5	0.9	合理	89.3	92.3	1.0	合理
芜湖	244.8	183.4	1.3	过量施氮	127.7	91.7	1.4	过量施磷
宣城	188.6	154.5	1.2	过量施氮	96.0	77.3	1.2	过量施磷
铜陵	141.5	147.1	1.0	合理	103.2	73.5	1.4	过量施磷
池州	162.3	156.3	1.0	合理	54.0	78.1	0.7	施磷不足
安庆	156.9	153.2	1.0	合理	90.4	76.6	1.2	过量施磷
黄山	188.5	145.7	1.3	过量施氮	53.0	72.9	0.7	施磷不足
平均	185.7	158.2	1.2	过量施氮	96.0	79.1	1.2	过量施磷

氮、磷化肥的施用,不仅受气候条件、土壤性质和作物种类等影响,还受到当地经济水平和社会管理等因素作用。一般来讲,经济发展相对发达、农民收入较高、运输方便、蔬菜及经济作物面积大以及农民对化肥的认可程度高的地区化肥施用量比较大。对于各地施肥差异的具体原因,有待通过进一步研究加以解释。各地区应根据具体情况采取不同的施肥策略,减肥增效切不可一刀切。施肥不足区应继续加大化肥的投入量,适宜施肥区可以保持当前施肥数量或适当调节,过量和严重过量施肥区要采取控肥减肥措施,防止和减轻化肥资源的浪费和对环境的危害。总之,安徽省氮肥施用合理性好于磷肥,降低磷肥施用量是大多数省辖市的首要任务。

3 讨论

人们通常用化肥施用强度来表示农田化肥施用

情况,但存在两个困惑:一是化肥施用强度的大小不能反映施肥的合理性,二是化肥施用强度计算方法不统一。本文提出了化肥施用指数的概念,较好地解决了这两个问题。化肥施用指数既反映了化肥施用强度的大小,又反映了施肥的合理性,或者说较好地处理了化肥施用环境风险、环境安全和施肥合理性三者之间的关系。化肥施用指数越大于1,环境风险越大,化肥施用指数越小于1,环境安全越好,但两者对农作物生产来说,都是不合理的。各地可根据实际情况,确定一个化肥施用指数偏离1的范围,作为化肥施用合理性的评价区间。化肥施用指数可用于相同地区或不同地区化肥施用合理性的比较。对于相同地区来说,化肥施用指数越大,化肥施用量也越大,施肥越不合理。对于不同地区来说,化肥施用环境安全阈值不同,化肥施用指数越大,化肥施用量不一定越大,但施肥越不合

理。或者说,化肥施用强度大,不一定是过量施肥,化肥施用强度小,不一定是施肥不足。例如,2015年马鞍山的磷肥施用强度是 89.3 kg/hm^2 ,属于合理施肥,而亳州的磷肥施用强度是 83.7 kg/hm^2 ,属于过量施磷。

化肥施用强度的计算方法不统一是指用单位耕地面积还是用单位播种面积表示化肥施用强度的大小。两者的比较标准不同,在复种指数大于1的地区,得出的化肥施用强度的数值差别很大。如果用化肥施用指数表示施肥状况,就消除了耕地面积或播种面积的影响。需要说明的是,本研究所计算的安徽省各地市的化肥施用强度是借鉴2010年国家环保部对我国生态乡镇建设对化肥施用强度的定义,是用播种面积计算各地市化肥施用强度^[5],计算结果大约在 $300 \sim 600 \text{ kg/hm}^2$ 的范围内变化,与笔者前期对2013年安徽省各地市的化肥施用强度计算有所不同^[26]。后者是参照2007年国家环境保护总局关于生态县、市、省建设对化肥施用强度的定义,是按照单位耕地面积计算化肥施用强度^[27],计算结果是在约 $600 \sim 1\,200 \text{ kg/hm}^2$ 的范围内变化。通过前后研究比较,笔者认为化肥施用强度的计算还是用播种面积为好,这样既避免了复种指数的困扰,又便于广大农民接受和使用。国家环保部门在生态县市和生态乡镇建设中对化肥施用强度定义的前后变化也说明了这一点。

长期以来,安徽省氮、磷化肥的过量不合理施用,不仅浪费了大量的资源,也产生了较为严重的农田面源污染环境风险^[28],其中土壤酸化尤甚。全省pH值小于6.5的酸性耕地土壤面积达234.5万 hm^2 ,占耕地面积的54.4%,其中pH值小于5.5的强酸面积达94.2万 hm^2 ,占耕地面积的21.8%。与20世纪80~90年代第二次土壤普查时相比,全省酸性耕地土壤面积扩大80万 hm^2 ,其中pH值小于5.5的强酸性耕地土壤扩大61.3万 hm^2 ,某些农田的土壤pH值下降到4.14~4.39^[29-31]。本研究得出的安徽省2015年氮、磷化肥施用的合理性比前期研究的2013年的环境风险程度有所好转^[26],一是对于化肥施用环境安全阈值的确定不是采用原国家环境保护总局关于生态县市省建设化肥施用强度小于 250 kg/hm^2 的标准^[27],而是运用化肥施用环境安全阈值动态模型,根据各地粮食生产的目标产量确定各自的化肥施用环境安全阈值,因此,计算结果更接近实际情况;二是,近年来,

安徽各地的化肥施用强度有所降低,化肥施用合理性增加,面源污染的环境风险有所降低^[32]。

本文重点就氮、磷化肥的合理性进行了分析,随着有机肥的推广使用,势必会降低氮、磷化肥的用量。未来将结合安徽省有机肥的施用情况,进一步评估氮、磷化肥施用合理性。

4 结论

通过以上研究得出如下结论:

(1) 1987~2015年安徽省单位播种面积氮、磷化肥施用量经历了快速增长-波动增长-平稳增长的3个阶段。氮肥和磷肥的施用合理性分别经历了施肥合理-施肥过量-施肥不足-施肥合理-施肥过量的变化。

(2) 2015年安徽省各省辖市施肥合理性存在很大差异,氮肥施用情况好于磷肥。16个地市中,有一半属于施氮合理,除亳州为施氮不足和淮南为超过量施氮外,其它都是过量施氮;对于磷肥来说,除六安池州和黄山为施磷不足,阜阳为合理施磷外,其余都为过量施磷。总之,安徽省磷肥过量施用情况比氮肥严重,降低磷肥施用量为其首要任务。

(3) 本文提出了化肥施用指数的概念,较好地解决了化肥施用强度与施肥合理性的关系,便于不同地区化肥施用合理性的比较。本文将化肥施用环境安全阈值上下浮动10%作为化肥施用合理性评价的范围,与相关田间试验结果基本符合,评价结果较好地反映了安徽省化肥施用的实际情况。各地市可根据当地自然经济条件,确定符合区域特征的评价化肥施用合理性的指数范围,使评价结果更为合理。

参考文献:

- [1] 陈小锋,揣小明,杨柳燕. 中国典型湖区湖泊富营养化现状、历史演变趋势及成因分析[J]. 生态与农村环境学报, 2014, 30(4): 438-443.
- [2] Zhang F S, Chen X P, Vitousek P. Chinese agriculture: An experiment for the world[J]. Nature, 2013, 497(7447): 33-35.
- [3] 罗付香,刘海涛,林超文,等. 不同形态氮肥在坡耕地雨季土壤氮素流失动态特征[J]. 中国土壤与肥料, 2015, (3): 12-20.
- [4] 廖人宽,杨培岭,任树梅. 高吸水树脂保水剂提高肥效及减少农业面源污染[J]. 农业工程学报, 2012, 28(17): 1-10.
- [5] 环境保护部. 关于印发《国家级生态乡镇申报及管理规定

- (试行)》的通知(环发[2010]75号)[EB/OL]. 2010-06-23 [2016-06-03]. <http://www.nxep.gov.cn/info/2027/26742.htm>.
- [6] 朱兆良, David Norse, 孙波. 中国农业面源污染控制对策[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006.
- [7] 连彩云, 马忠明. 北方平原区春玉米化学氮肥投入阈值[J]. 西北农业学报, 2016, 25 (1): 9-15.
- [8] 蔡红光, 袁静超, 刘剑钊, 等. 高密度种植条件下春玉米氮素的需求规律与适宜施氮量[J]. 中国农业科学, 2017, 50 (11): 1995-2005.
- [9] 王世济, 韩坤龙, 李强, 等. 江淮旱地玉米氮肥适宜用量研究[J]. 中国农学通报, 2013, 29 (21): 47-50.
- [10] 崔玉亭, 程序, 韩纯儒, 等. 苏南太湖流域水稻经济生态适宜施氮量研究[J]. 生态学报, 2000, 20 (4): 659-662.
- [11] 邵华朱, 安繁石, 庆华, 等. 江西省水稻氮肥推荐施肥体系研究[J]. 中国土壤与肥料, 2016, (5): 55-60.
- [12] 鲁如坤. 土壤磷素水平和水体环境保护[J]. 磷肥与复肥, 2003, 18 (1): 4-8.
- [13] 区惠平, 周柳强, 黄美福, 等. 不同施磷量下稻田土壤磷素平衡及其潜在环境风险评估[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22 (1): 40-47.
- [14] 席雪琴. 土壤磷素环境阈值与农学阈值研究[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2015.
- [15] 孙克刚, 和爱玲, 李向东, 等. 潮土区麦田土壤有效磷施肥指标及小麦施磷推荐基于ASI法的土壤养分丰缺指标[J]. 中国土壤与肥料, 2013, (2): 72-74.
- [16] 巨晓棠. 理论施氮量的改进及验证——兼论确定作物氮肥推荐量的方法[J]. 土壤学报, 2015, 52 (2): 1-13.
- [17] 刘钦普. 中国化肥施用强度及环境安全阈值时空变化[J]. 农业工程学报, 2017, 33 (6): 214-221.
- [18] 章明清. 土壤-植物系统养分运移与生态经济施肥量研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2006.
- [19] 张月平, 张炳宁, 王长松, 等. 基于耕地生产潜力评价确定作物目标产量[J]. 农业工程学报, 2011, 27 (10): 328-333.
- [20] 唐秀美, 赵庚星, 路庆斌. 基于GIS的县域耕地测土配方施肥技术研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24 (7): 34-38.
- [21] 王激清, 马文奇. 五大因素影响化肥氮磷钾消费比例合理化[J]. 中国农资, 2006, (6): 14-15.
- [22] 中华人民共和国国家统计局. 国家数据[EB/OL]. [2016-03-01]. <http://data.stats.gov.cn/>.
- [23] 安徽省统计局. 安徽统计年鉴—2016[EB/OL]. [2017-03-01]. http://www.ahtjj.gov.cn/tjj/web/tjnj_view.jsp?strColId=13787135717978521&_index=1#.
- [24] 宋大平, 陈巍, 高彦征. 淮河流域氮肥农药施用的合理性及其环境影响[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30 (6): 1144-1151.
- [25] 赵建勋, 程赅. 安徽省肥料施用现状与对策[J]. 安徽农学通报, 2011, 17 (1): 102-103.
- [26] 刘钦普. 安徽省化肥面源污染环境风险分析[J]. 生态与农村环境学报, 2015, 31 (6): 876-881.
- [27] 国家环境保护总局. 关于印发《生态县、生态市、生态省建设指标(修订稿)》的通知(环发[2007]195号)[EB/OL]. 2007-12-26 [2017-03-01]. http://www.zhb.gov.cn/gkml/zj/wj/200910/t20091022_172492.htm.
- [28] 施六林, 王斌, 李布青, 等. 安徽省农业清洁生产对策研究[J]. 安徽农业科学, 2014, 42 (27): 9593-9595, 9648.
- [29] 张文凯. 安徽淮北小麦黄苗死苗现象与土壤养分含量和pH值的关系研究[J]. 河北农业科学, 2010, 14 (4): 53-54.
- [30] 代勇. 长期施用化肥对土壤污染问题初探[J]. 安徽农学通报, 2013, 19 (4): 73-74.
- [31] 赵建勋. 安徽省化肥减量增效技术对策[J]. 安徽农学通报, 2017, 23 (4): 7-8.
- [32] 安徽省环境保护厅. 2016年安徽省环境状况公报[EB/OL]. [2017-03-01]. http://www.aepb.gov.cn/Pages/Aepb11_ShowNews.aspx?NewsID=89591. 2014.

Analysis on the rationality of nitrogen and phosphorus fertilization of Anhui province

DONG Hong-yan, LIU Qin-pu* (School of Environmental Science, Nanjing Xiaozhuang University, Nanjing 211171)

Abstract: Method of the assessment on the rationality of nitrogen (N) and phosphorus (P) fertilization were set up based on the concepts of environmental safety threshold and index of fertilization in order to analyze the rationality of N and P fertilization in Anhui province. The results showed that there were three periods for use of N and P fertilizers with trends of fast, up-down and smooth increasing from 1987 to 2015; at the end of 1980's the N fertilization was reasonable and P fertilization was short; after 1990 N was overused and P input changed from rationality to overuse. In 2015, half of the 16 prefecture-level cities in Anhui province belonged to N fertilization rationality areas, the other half belonged to N shortage or overused areas; a lot of cities overused P except 5 cities belonging to P shortage or reasonable. So it is a first task for most of cities in Anhui to reduce the use of phosphorus to a reasonable level.

Key words: nitrogen and phosphorus fertilizer; fertilization intensity; fertilization index; environmental safety threshold; rationality; Anhui province