

证了每种方法在城市及经济开发区对大气环境预测的实用性。根据以上计算,就每种计算方法的特点作一下说明。

方法一用单箱模式直接计算,方法简单、计算方便,物理意义直观。但此法没有考虑各种气象条件的联合频率及静风的影响,计算结果偏低,也没有考虑高架点源的影响。

表 3 ($c_{测} - \bar{c}_{计}$) 结果 (mg/m^3)

项目 \ 季节	季节				年
	春	夏	秋	冬	
$c_{测} - \bar{c}_1$	0.064	-0.040	0.020	0.185	0.058
$c_{测} - \bar{c}_2$	0.030	-0.059	-0.010	0.123	0.022
$c_{测} - \bar{c}_3$	0.016	-0.071	-0.020	0.107	0.009

表 4 误差分析结果

项目 \ 方法	方法		
	方法一	方法二	方法三
s	1.56	0.71	0.37
\bar{d}	0.073	0.049	0.045
φ	30.8	20.7	19.0

方法二在计算时考虑到了各种气象条件的污染

物浓度分布及静风的影响,能较好地反映出长期平均浓度这一概念。但此法和方法一一样仍没满足模式要求的污染源定常这一条件。

方法三既考虑到了点源和面源的影响,也考虑了各种气象条件下的联合频率分布。用本方法计算,原理严格,物理意义直观,从计算结果来看,产生的误差较小,是较理想的计算方法。但此法比较复杂,须详细调查污染源特征、高度及排放规律,所需的工作量较大。

本文所讨论的三种计算方法均没有考虑到植物净化、贴地逆温、降雨清洗等因素的影响,这些因素均会给计算结果带来偏差。由于客观环境是一个非常复杂的系统,在目前,任何计算模式和计算方法都不能把所有的影响因素都反映出来,对一些问题还需要进一步的认识。

参 考 文 献

[1] 李宗恺等,空气污染气象学原理及应用,第171,569—571页,气象出版社,北京,1985年。
 [2] 程水源等,环境科学丛刊,11(1,2),54,44(1990)。
 [3] 邓勃,数理统计方法在分析测试中的应用,第78—80,289页,化学工业出版社,北京,1984年。

(收稿日期:1990年7月2日)

水田植物营养素的流失与控制措施

吴 炳 方

(中国科学院地理研究所
国家计委)

摘要 从水田流走的植物营养素在农业面源污染负荷中占主要部分,关于它们流失方式的分析是寻求适当的控制措施减少污染负荷的前提。水田植物营养素的流失途径是降雨径流和灌溉回归水,其浓度与土壤类型、作物状态和施肥等因素有关,控制它的最佳途径是改进耕作制度。

关键词 水田;植物营养素;控制措施。

农业面源污染是最主要的面污染源,由它排放的各种污染物中,植物营养素(悬浮物、氮、磷)在一定的环境条件下将引起水体的富营养化现象;另一方面也降低土壤(农田)的生产潜力,其流失负荷与当地利用类型等因素有很密切的关系。在我国,水田面积占耕地面积的26.18%,而在南方占到70.19%。由水田排放的污染物(包括植物营养素)在农业面源污染负荷中占有非常重要的地位,因此了解它们的排放方式对掌握其控制措施有重要的意

义。本文以鄱阳湖区的水田为采样点,分析南方双季稻水田的植物营养素的流失方式并提出相应的控制措施。

一、水田植物营养素的流失方式

水田植物营养素的流失途径有两种:降雨引起的径流和灌溉回归水。水田常年贮水,土壤含水量处于饱和状态,田间持水量不仅包括土壤田间持水量,还包括水田允许水深(取决于水田排水堰高度),

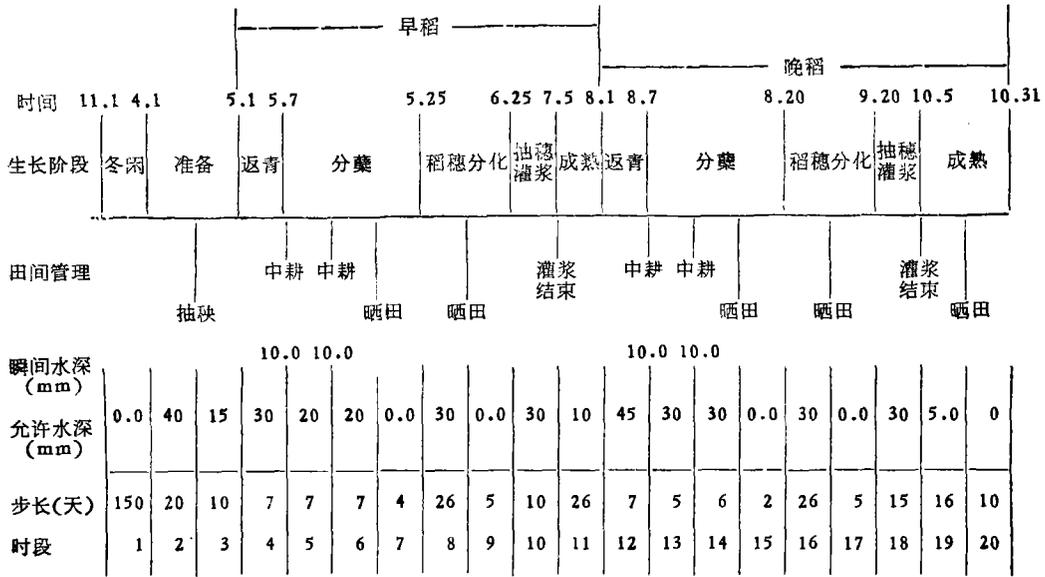


图 1 南方双季稻的水田耕作过程及水稻生长过程

图中时间表示水稻生长过程的临界时间，瞬间水深是进行田间作业要求水深，水深没有考虑施肥要求的变化。

当降雨使水田的贮水量大于田间持水量时产生径流，带走植物营养素。由于田间管理要求，水稻在不同的生长期要求不同的水深，交替过程产生回归水，也带走植物营养素。径流量和回归水量的大小取决于田间管理制度，且彼此相互影响。

由于水稻生长要求，水田在一年内的不同生长期要求不同的田间持水量(允许水深)^[1]和管理方式(见图 1)。按水稻生长期和管理方式将一年分成 20 个时段，每一时段有不同的田间允许水深及时段始末水深，因此在不同的时段，降雨径流量以及可能产出的回归水量是不同的。

时间(T)降雨的径流量(R_T):

$$R_T = \begin{cases} 0 & P_T + H_T \leq H_i \\ P_T + H_T - H_i & P_T + H_T > H_i \end{cases}$$

式中, P_T 为净降雨量; H_i 是降雨时间 T 所处时段 i 的田间允许水深; H_T 是降雨前的田间水深, 是时段 i 内降雨前时间的水平衡结果

$$H_T = H_{i-1} + I + P - T - E - R - L$$

式中, H_{i-1} 是时段初水深, I, P, T, E, R, L 是时段初至降雨开始时的灌溉、净降雨、蒸腾与蒸发、径流和入渗损失水量。

时段 i 的回归水量 (RF_i):

$$RF_i = H_T - H_{i+1}$$

式中, H_{i+1} 是时段末瞬间水深; 取耕作方式要求的瞬间水深和下一时段允许水深的最小值, H_T 是时段 i 内排水前水深。

径流和回归水中的植物营养素(氮、磷)浓度是土壤与水动态转化, 水稻吸收、施肥等综合平衡的结果。土壤中氮的含量是土壤有机质和氮素积累和分解的结果。收获物带走了大量的氮素, 而施肥、生物固氮、灌溉、降雨和土壤及植物直接从大气吸收氮素等作用又给以补充^[2,3]。土壤中氮的形态可分为无机态和有机态。无机态氮包括硝态氮和铵态氮; 有机态氮中主要是水解氮。有机氮矿化形成铵态氮, 后者在一定的湿度、温度和通气条件下转化成硝态氮和液相氨。硝态氮不易被土壤吸收, 很容易迁移, 且在嫌气条件下发生反硝化引起氮素损失。土壤氮在固相和液相之间的转化还受施肥和作物条件的影响。施肥会激发土壤氮的矿化, 并且在 5—6 天内肥料本身大部分转化成硝态氮^[2,3]; 作物吸收液相氨和硝态氮, 在减少它们含量的同时, 又加速了土壤其它形态氮向它们的转化, 随着作物需氮量的增加, 这种转化加快。

水田水中的氮大部分是液相氨、硝态氮以及水解氮, 这些氮素将被径流或回归水带走, 但它们的浓度与土壤氮含量及作物生长状态之间的定量关系研究得很少。

表 1 鄱阳湖区水田降雨径流与回归水水质

(mg/L)

样区序号	28			11	15	16	17	20	22
取样地点	南昌市东郊			星子县隘口	星子县胶扩北	星子县胶扩北	星子县华林	星子县廖花	星子县秀峰
土壤类别	潞育型水稻土			潞育型水稻土	其它水稻土	其它水稻土	其它水稻土	潞育型水稻土	潞育型水稻土
土地类别	水田水深≈10mm			水田	水田	水田	水田	水田	水田
植被类型	水稻			水稻	水稻	水稻	水稻	水稻	水稻
植被覆盖率	60—70%			80—90	80—90	0	80—90	80—90	0
坡度	<1°			8°—15°	15°—20°	15°—20°	<1°	3°—5°	<8°
单元小区类别	R ₁			R ₁	R ₂	R ₂	R ₂	R ₁	R ₁
取样时间(分)	30	50	80						
悬浮物	0.8549	0.4092	0.2431	0.4935	0.7723	0.6625	1.3379	0.849	0.694
TN	4.3393	3.2307	1.7090	0.7523	1.5663	2.5169	4.4577	2.3347	0.2252
TP	—	0.1187	—		0.1104	0.1021	0.3593	0.257	
SP	0.0274	0.0164	未检出		0.0664	0.1021	0.1853	0.1909	

(1988年6月22,24日取样)

施肥的目的在于提高作物产量。氮肥施入田间后,硝化成易被作物吸收的硝态氮,并反硝化有机氮残留于土壤,同时损失一部分氮^[3,6,7]。一般施肥后一周内水田水中的氮浓度与土壤氮含量趋于平衡,这以后的径流或回归水中的氮浓度与施肥无关。

与氮相比,对土壤中磷的形态及其与水中浓度关系的研究少得多。土壤中磷的形态是有机磷和无机磷,土壤中磷的含量指土壤吸附磷的量,淹水后土壤吸附磷量增加^[8]。因此磷流失的主要形态是土壤吸附的颗粒磷。

径流中的氮、磷浓度还与降雨有关,实验表明(表1)^[9],当水田水较浅,且降雨后就产生径流时,降雨初期的雨点打击土壤表层的冲量大,溅起土壤颗粒,细小颗粒悬浮在水中,因而水中的悬浮物、氮、磷浓度都较高,继续降雨使水深增加,雨点打击土壤的冲量被水减缓,溅起的土壤减少,原先浮在水中的土壤颗粒沉淀下来,因而悬浮物、氮、磷浓度降低,如果降雨再继续,水田贮水量增多,水中的氮磷浓度来

不及与土壤平衡而得到稀释。很显然,水稻越密、降雨前水越深、或允许水深越大,径流中的氮、磷浓度受降雨的影响越小。

回归水中的氮、磷含量是土壤和水之间长期平衡的结果(见表1)^[9]土壤的养分越高,回归水中的氮、磷浓度越大;悬浮物浓度越高,回归水中的磷浓度越高。作物覆盖对回归水质影响很小,但对作物生长状态的影响很大。

水田排出的径流和回归水的汇流方式有两种,串灌和畦灌。前者是指水田排出水重新流入水田,如梯田,后者是指水田排出水流入排水沟,并有可能重用作灌溉水,如平原地区水田。经这两种方式汇流以后,到流域的出口处水中的氮、磷浓度是流域内各块水田平衡的结果。单一水田排出的较高浓度的径流在另一块水田也许会被稀释、土壤固定或作物吸收。因此测定串灌地区的低处水田或畦灌地区下游的排水沟水质就能表明水田流失植物营养素的状况。

鄱阳湖区水田由土壤渗漏引起的氮、磷流失量

非常有限^[3,5]。

综上所述,水田植物营养素的流失是土壤养分、施肥时间、方式、田间管理制度、灌溉排水方式、作物生长状况、气象等因素综合影响的结果,估计水田流失的植物营养素负荷仅需测定排水沟或低处水田的水质,而无须逐块水田进行研究。

二、水田植物营养素流失的控制措施

控制水田植物营养素的流失,尤其是氮、磷的流失,可以保持土壤肥力,减少环境污染。水田植物营养素的流失是由降雨径流和灌溉回归水带走的,控制住径流量和回归水量是控制其流失的关键。

径流量与降雨前的水深直接相关,通过对耕作制度进行调整和控制,使这种水深尽可能达到减少径流量的目的。在作物生长的每一时段,根据时段内的允许水深,时段末要求水深,可能降雨量以及蒸腾量,在保证作物需水的前提下,寻求最佳时段初水深,并合理安排时段灌溉水量,使降雨前的水深最少。

同样,为了减少灌溉回归水量,可以采用上述方法使排水前的水深最小。另一方面,减少灌溉回归水可以通过提高回归水利用率来实现,具体措施可以通过对水田从地势低的地方到高的地方,依次安排田间作业。这种方式在南方雨水充沛季节很难做到,幸运的是植物营养素造成的环境污染最严重的时间不在此时。

大量施用肥料已经构成了对环境的严重威胁。如果在施用肥料后即进行排水,将引起肥料的大量流失、污染环境、降低肥料的使用效果。控制肥料流失的措施包括深施方式、合理安排肥料的品种组合、肥料结构等。而最主要的是通过协调施肥时间和耕作制度,使施肥时的水较浅(2—3cm),一周内不排

水,水干后再灌一些水(1—2cm),浸 3—4 天^[10]。经过这种处理后,所施肥料除被作物吸收和损失掉一些外,基本经反硝化成有机氮残留在土壤中,以后的排水受肥料的影响就较小。当然土壤氮素含量的提高必然会引起水中氮浓度增高。

控制水田植物营养素流失的最大困难在于如何实施上述有效措施,尤其是在实行农业承包责任制的今天更是如此。在要求农户实施植物营养素流失控制措施的同时,必须使其觉得实施的必要性和有利可图。为此,环保人员必须与农业技术人员一道,通过推广农业新技术,帮助农户设计新的耕作方式、管理方式、合理安排施肥结构,使得肥料的使用率、农田肥力得以提高、农作物产量上升,从而达到控制水田植物营养素流失的目的。

本文通过分析南方双季稻水田耕作、水稻生长过程和植物营养素流失途径,从中找出控制水田植物营养素的措施,改善耕作制度。

参 考 文 献

- [1] 丁颖,中国水稻栽培学,农业出版社,1962年。
- [2] 朱兆良,土壤,14(3),116(1982)。
- [3] 周德超,土壤肥料,(5,6),19,22(1980)。
- [4] Turner, F.T. et. al., *J. Environ. Qual.*,9(2), 256(1980)。
- [5] 陈荣业,土壤学报,19(2),122(1982)。
- [6] Canter, L. W. *Environmental Impacts of Agricultural Production Activities*, Lewis Publishers, Inc, 1986。
- [7] 廖光苓,土壤学报,19(3),257(1982)。
- [8] 孟赐福,土壤学报,25(2),146(1988)。
- [9] 吴炳方,利用遥感信息对农业面源污染的分析研究,(博士论文),清华大学环境工程系,1988年。
- [10] 刘吉涛,农业环境保护,6(3),40(1987)。

(收稿日期:1990年6月14日)

· 环境信息 ·

UNEP 促进洲际间信息交流的努力

UNEP 的全球资源信息数据库 (GRID) 网的一个最新研究机构于 1990 年 11 月在美国开始工作。GRID 收集来自全球的卫星和地面站环境资料,用先进计算机综合这些各类资料并描绘成地图。GRID 工作网的一个新的联络点设在英国的苏福尔斯南达科他洲的美国地理观察(地球资源观测系统,EROS)资料中心。该中心联系在内罗毕和日内瓦的主要网络中心以及在曼谷和挪威的阿伦达尔的其他研究机构。最近,UNEP 对全球环境资料交换的

贡献得到肯定,它的资料中心国际环境情报来源咨询系统 (INFOTERRA) 从 140 多个国家收集和传播环境资料,并开始建立国家间的相互联系。第一建立联系的是美国环保局和博茨瓦纳。US EPA 根据 INFOTERRA 的建议提供给博茨瓦纳计算机和电信仪并负责培训。建立的联系将使两国间以及它们与 INFOTERRA 之间较好地交流情报资料。

木子译自 *Our Planet*, 2(4), 8(1990)。

Key Words: anaerobic biological treatment, wastewater containing sulfate, sulfate-reducing bacteria.

Activity Level and Distribution of ^{137}Cs in Ground Surface of Anhui Province. Zhang Qin-wen, Lin Chao, Chen Ying-qiang, Tan Fu-wen (Changsha Uranium Geological Research Institute, Changsha): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(2), 1991, pp. 72—74

The sampling points were distributed evenly all over Anhui Province where 222 samples of surface soil were collected and their activities of ^{137}Cs determined. The results showed that an average activity of ^{137}Cs is 5.56 Bq/kg in the province. The activity levels in southern mountainous areas are higher than those in northern plain. Its high value belt runs basically from northwest to southeast. It tends to be higher along both sides of the mountains.

Key Words: cesium-137, activity level, ground surface.

Quantitation of Pollutant Transfer by Farmland Runoff in Fuling Area. Chen Xi-ping, Huang Shi-da (Sichuan Provincial Research & Monitoring Institute of Environmental Protection, Chengdu): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(3), 1991, pp. 75—79

By taking rainfall-runoff-pollutants as a system, the overall situation of pollutant loss of surface runoff in the Fuling mountainous area has been studied. Based on modelling and quantifying pollutants run off in the sub-areas, the predictive equations of five pollutants washed away in Fuling area are established by extrapolation. The results of quantitative calculation show that the moduli of annual pollutant loss in the area are as follows. BOD_5 1666kg/km², SS 188810 kg/km², COD 3216kg/km², total nitrogen 1145kg/km² and total phosphorus 117kg/km².

Key Words: quantitation of pollutant transfer, runoff, farmland, predictive equation.

Application of Sedimentological Principle to Appraisal of Heavy Metal Pollution and Potential Ecological Risk in the Affluents of the Taizihe River, Northeast China. Jia Zhengbang et al. (Department of Geography, Peking University, Beijing); Huan Ya-yu et al. (Anshan Municipal Research Institute of Environmental Protection): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(2), 1991, pp. 79—84.

Based on the principle of sedimentology and the

environmental behavior characteristics of heavy metals, this paper reports heavy metal pollution in the main affluents of the main affluents of the Taizihe River, namely, the Nanshahe River, Yunlianghe River and Yangliuhe River in Liaoning Province. In the research, the potential ecological risk index presented by Lars Hakanson of Upsala Water Quality Laboratory, Swedish National Environmental Protection Board, was first applied to assess potential ecological impact of heavy metals in China. This research reveals that industrial sulphuric acid contains fairly high content of mercury, which may be an important source of water pollution. So this source must be taken into account for further study on water pollution.

Key Words: water pollution, sedimentology, heavy metals, ecological risk index.

Appraisal on Several Forecasting Methods of Atmospheric Environment. Cheng Shui-yuan (Department of Environmental Engineering, Hebei Institute of Light Industry and Chemical Engineering, Shijiazhuang): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(3), 1991, pp. 85—87

In this paper, the average concentrations of SO_2 which is typical pollutant in the atmosphere for a longtime, have been calculated with different diffusion models and methods acting to routine meteorologic data in Shijiazhuang City and the height of mixing layer over the city. By comparing calculated values of the concentrations with monitored air concentrations, their errors were analyzed and every kinds of calculating methods were appraised. Finally the characteristics and feasibility of these calculating methods in forecasting atmospheric environment have also been discussed.

Key Words: Gaussian diffusion models, box diffusion models, integral average quantity method T check method.

Botanical Nutrients Running off from Paddy Fields and the Suitable Control Measures. Wu Bing-fang (Institute of Geography, Academia Sinica, Beijing): *Chin. J. Environ. Sci.*, 12(3), 1991, pp. 88—91

The botanical nutrients running off from paddy fields occupy a dominant part in the agricultural non-point pollution loading. The analysis of running ways is the key to suitable control measures for reducing botanical nutrient loss from paddy fields. The ways of nutrient loss are rainfall run-off and irrigating return-flow, and the nutrient concentrations are dependent on soil types, crop growing and fertilizing etc. The best way for controlling the loss is to improve the methods of cultivation.

Key Words: botanical nutrient, paddy field, control method.