

新疆地区农业面源污染空间分异研究

徐丽萍¹, 杨其军¹, 王玲¹, 吕新²

(1. 石河子大学 师范学院, 新疆 石河子 832003; 2. 新疆生产建设兵团 绿洲生态农业重点实验室, 新疆 石河子 832003)

摘要: 新疆维吾尔自治区是我国重要的农业区之一。为满足农业面源污染控制的实际需要, 在 GIS 支持下, 以主要农业面源污染物分析为基础, 对新疆地区农业面源污染进行了空间分异研究。结果表明, 化肥投入密度超过 400 kg/hm² 的地区有 20 个, 主要集中在塔里木河、玛纳斯河、伊犁河流域及新疆生产建设兵团; 农药面源污染区域的分布与化肥面源污染分布基本相同, 从农药投入密度来看, 超过 3 kg/hm² 的地区有 18 个; 畜牧粪尿排泄密度超过 30 kg/hm² 的地区有 13 个, 畜牧养殖污染从程度上来说北疆地区明显要大于南疆地区; 水土流失造成的污染中风蚀占 89.32%, 水蚀仅占 10.68%。对新疆地区面源污染进行聚类分析表明, I 类区域属于重污染区域, ㊦类区域属于农资类污染区, ㊧类区域属于畜牧污染型重污染区域, ㊨类地区为轻污染区域。

关键词: 新疆地区; GIS; 农业面源污染; 空间分异

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)04-0150-04

中图分类号: X501, S126

Spatial Variation of Agricultural Non-point Pollution in Xinjiang Area

XU Liping¹, YANG Qijun¹, WANG Ling¹, LÜ Xin²

(1. Teachers Training College of Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China; 2. Production and Construction Corps in Xinjiang Key Laboratory of Oasis Ecological Agriculture, Shihezi, Xinjiang 832003, China)

Abstract: Xinjiang Uygur Autonomous Region is one of important farming areas in China. In order to control agricultural non-point pollution, the spatial distribution of nonpoint pollution from agriculture in Xinjiang area was studied based on the analysis of main area source pollutants from agriculture and the help of GIS. Results showed that there were 20 areas with fertilizer use density larger than 400 kg/hm², mainly concentrated in Tarim River, Manas River, Yili River basin and the production and construction corps of Xinjiang area. The spatial distribution of pesticide contaminated areas was basically the same with that of fertilizer contaminated areas. There were 18 areas with pesticide density exceeding 3 kg/hm², 13 areas with density of water drainage collection of animal husbandry larger than 30 kg/hm². The degree of livestock farming pollution in North Xinjiang Autonomous Region was higher than in South Xinjiang Autonomous Region. As for the pollution of soil and water erosion, wind erosion pollution occupied 89.32%, and water erosion only occupied 10.68%. Cluster analysis of area source pollution of Xinjiang area indicated that region I was the heavily polluted areas, region ㊦ was agriculture pollution areas, region ㊧ was heavy pollution areas of animal husbandry, and region ㊨ was light pollution areas.

Keywords: Xinjiang area; GIS; area source pollution from agriculture; spatial variation

农业面源污染通常是指在农业生产过程中不合理施用化肥、农药以及灌溉水、工农业废弃物、生活垃圾等对农田生态环境所造成的大面积污染。欧美国

家从 20 世纪 80 年代末以来就一直重视农业面源污

收稿日期: 2010-11-03

修回日期: 2010-12-14

资助项目: 国家科技支撑计划项目“西北绿洲农牧区新农村建设关键技术集成与示范”(2008BAD96B09-08); 高层次人才科研启动资金项目(RCSX200808)

作者简介: 徐丽萍(1978—), 女(汉族), 新疆自治区库尔勒市人, 博士研究生, 主要从事资源与环境生态方面的研究。E-mail: xlpalw@sina.com。

通信作者: 吕新(1964—), 男(汉族), 河北省安国市人, 教授, 博士生导师, 主要从事农田微环境与农业信息化方面的研究。E-mail: lxshz@126.com。

农村过量和不合理的施用农药、化肥,规模化畜牧养殖粪尿以及未处理的农业生产废弃物、农村生活垃圾和废水等形成的面源污染日趋严重,威胁着该区农业生产的可持续发展^[5]。

由于新疆自治区地域辽阔,各县市具有独特的自然环境和经济社会发展环境,农业生产的地域差异悬殊,使得各地农业面源污染具有不同特征。因此,在地理空间分析方面对新疆农业面源污染分布进行空间分区研究,对于新疆地区农业面源污染的控制具有重要的现实意义。但关于新疆地区农业面源污染的相关研究却显薄弱,常顺利等^[6]运用污染指数法关注了农业面源污染对丰水期艾比湖流域水环境的影响,其它研究也只是局限于污染物种类及危害后果等的定性描述^[5,7],以至于难以判断新疆地区农业面源污染的严重程度,尚未发现应用GIS技术基于主要污染物的各县市污染空间分异特征方面的研究。

本文按照新疆地区规模化农业活动的特征,重点探讨了化肥、农药、畜牧养殖等主要污染物在空间分布上的差异以及水土流失造成的风蚀、水蚀污染情况及分布,以期新疆地区农业面源污染防治提供参考。

1 研究区概况

新疆维吾尔自治区位于欧亚大陆中部,我国西北边陲,地理坐标处于东经 $73^{\circ}40'$ — $96^{\circ}23'$,北纬 $34^{\circ}25'$ — $49^{\circ}10'$ 。其地形受控于地质构造,特征明显,素有“三山夹两盆”之称,天山(海拔3 000~5 000 m)将全疆分为南疆和北疆两大区域。该区为典型的温带干旱、半干旱气候,年均气温北疆为 $-4\sim 9^{\circ}\text{C}$,南疆为 $7\sim 14^{\circ}\text{C}$,年均降水量约150 mm左右,特殊的地理位置导致区域内干旱、少雨、多大风,水资源匮乏,全区植被覆盖度较低^[8]。新疆地区为典型的灌溉农业区,目前种植业中化肥、农药、地膜、植物生长调节剂的大量使用引起了农业土壤、水体(河流、湖泊、农业湿地)和大气的环境质量改变。农业面源污染正在成为新疆地区新农村建设和农业可持续发展的瓶颈之一。

2 研究数据与研究方法

2.1 数据来源及数据处理

本研究按照新疆自治区行政区划选取隶属于新疆区域的泽普、沙湾、麦盖提等70个县市(或地区)为研究区域,关于农业面源污染的化肥折纯施用量、农药使用量等属性数据来源于2000—2009年《新疆统计年鉴》,选取新疆地形图数据用ArcGIS 9.3地理信息系统分析软件将新疆自治区各县市行政区域进行矢量化。

对于化肥和农药等农资污染源排放量指标,用投入密度来表示,即农作物单位面积的化肥投入和单位面积的农药投入。投入密度=总投入量/总面积(以地区为单位进行统计)。

对于畜禽排泄物污染源排放量指标,用排泄密度来表示,即单位土地面积的畜禽粪尿排泄量,其中畜类包括猪、牛、羊这3类(禽类因数据获取问题暂不计入)。粪尿排泄量=年排泄系数×饲养数量(表1)。年排泄系数=天排泄系数×饲养天数,在确定畜禽饲养天数时,根据各类畜禽的生长周期来确定。猪的平均饲养期一般为180 d,因此猪的饲养数量就是当年的出栏数;牛的平均饲养期长于1 a,因此牛的饲养数量就是当年的存栏数;羊的生长期一般长于1 a,因此采用年末存栏量作为当年的饲养数量^[9]。

表1 畜牧污染物年排泄系数

污染源	猪	牛	羊
粪(kg/头)	396	10 950	870
尿(kg/头)	522	6 570	—
饲养天数/d	180	365	365

2.2 研究方法

应用SPSS与Excel数据处理软件对收集的数据经过污染系数处理方法计算处理,并以这些数据对新疆地区各县市面源污染的程度进行分级分区。在本研究中因未能查到中国化肥安全使用量标准,因此以国际化肥安全使用量 $225\text{ kg}/\text{hm}^2$ ^[10]结合新疆地区实际情况来判断化肥污染程度。化肥污染程度用化肥投入密度来表示,大于 $400\text{ kg}/\text{hm}^2$ 为重度,低于 $400\text{ kg}/\text{hm}^2$ 大于 $250\text{ kg}/\text{hm}^2$ 为中度、小于 $250\text{ kg}/\text{hm}^2$ 为轻度。农药品种繁多、成分复杂,其具体施用量受作物类型和气候等多方面因素的影响,迄今为止尚未有相对标准供参考来分析其污染指数。本研究只根据单位面积农药施用量,来区分农药污染程度。大于 $3\text{ kg}/\text{hm}^2$ 为重度,低于 $3\text{ kg}/\text{hm}^2$ 大于 $1.5\text{ kg}/\text{hm}^2$ 为中度、小于 $1.5\text{ kg}/\text{hm}^2$ 为轻度。畜牧污染程度用粪尿排泄密度来表示,超过 $30\text{ kg}/\text{hm}^2$ 为重度,低于 $30\text{ kg}/\text{hm}^2$ 大于 $10\text{ kg}/\text{hm}^2$ 为中度、小于 $10\text{ kg}/\text{hm}^2$ 为轻度。当确定了面源污染程度的分级之后,把SPSS与Excel处理的数据集中整理、导入,采用ArcGIS软件按照分级标准将化肥、农药、畜牧污染等制成空间分布图。

3 结果与分析

3.1 新疆地区农业污染现状分析

新疆地区2008年共施用化肥折纯 $1\ 224\ 521\ \text{t}$,

其中氮肥 579 607 t, 磷肥 298 734 t, 钾肥 61 419 t; 农药的投入密度在 2008 年已经达到了 3.90 kg/hm^2 ; 畜牧粪尿排泄密度超过 30 kg/hm^2 的地区有 13 个; 新疆地区受水土流失的影响, 水库渠系淤积严重, 每年洪水侵蚀冲毁农田达 $3\,300 \text{ hm}^2$ 之多, 土地沙化每年以 350 km^2 速度增加。根据上述各种农业面源污染源排放量指标定义, 可计算新疆地区的农业面源污染总量, 确定污染类型, 找出不同地区在农业面源污染程度上的差距和共性。

3.1.1 新疆地区化肥污染分布 从现阶段新疆各地区化肥投入密度来看, 超过 400 kg/hm^2 的地区有 20 个, 包括沙湾、莎车、疏附、疏勒、岳普湖和泽普县等, 这些地区的化肥污染十分严重, 超出了国际化肥安全使用量近 1 倍; 低于 400 kg/hm^2 大于 250 kg/hm^2 的地区有 26 个, 为温泉、吉木萨尔、于田和新源县等, 这些地区的化肥污染在新疆地区化肥污染程度中属于中度污染区域; 其它地区的化肥投入都低于 0.5 kg/hm^2 , 这类地区化肥污染较轻。从现阶段新疆各地区化肥投入密度来看, 新疆地区的化肥污染地区主要集中在塔里木河、玛纳斯河、伊犁河流域及新疆生产建设兵团, 而这些地区都是新疆地区的主要农作物产区(图 1)。

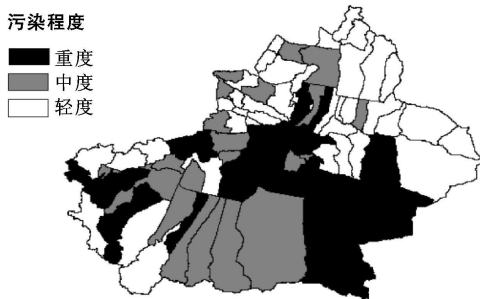


图 1 新疆地区化肥污染程度分布

3.1.2 新疆地区农药污染分布 新疆地区主要的农药面源污染区域的分布与化肥面源污染分布基本相同。都集中在塔里木河、玛纳斯河、伊犁河流域等的主要农作物产区。新疆生产建设兵团是新疆地区的主要粮食和棉花产区, 所以该地区的农药污染也是新疆最为严重的地区。本研究由于缺少最新的新疆地区各县市农药施用量的统计数据, 因此以 2005 年的数据进行分析处理。

从现阶段新疆各地区农药投入密度来看, 超过 3 kg/hm^2 的地区有 18 个, 包括玛纳斯、岳普湖、特克斯、沙湾和呼图壁县以及新疆生产建设兵团等, 这些地区的农药污染十分严重; 低于 3 kg/hm^2 大于 1.5 kg/hm^2 的地区有 23 个, 为裕民、墨玉、博湖、巴楚县

和察布查尔锡伯自治县等, 这些地区的农药污染在新疆农药污染程度中属于中度污染区域; 其它地区的农药投入都低于 1.5 kg/hm^2 , 这类地区农药污染较轻(图 2)。

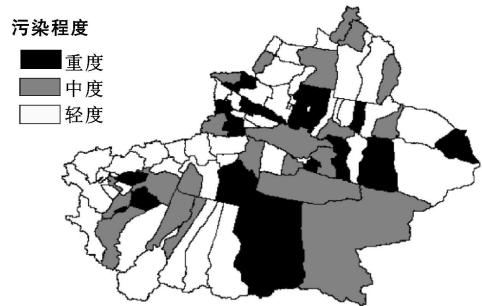


图 2 新疆地区农药污染程度分布

3.1.3 新疆地区畜牧污染分布 从现阶段新疆各地区畜牧粪尿排泄密度来看, 超过 30 kg/hm^2 的地区包括泽普、疏勒、伊宁、新源和伊犁州直属县(市)等 13 个县(市), 该地区的畜牧粪尿排泄密度很大, 污染十分严重, 将这一类地区归为重度污染地区; 畜牧粪尿排泄密度为 $10\sim 30 \text{ kg/hm}^2$ 的地区有尼勒克、特克斯、霍城和巩留县等 21 个, 这一地区污染程度小于前一类地区, 属中度污染地区; 小于 10 kg/hm^2 的地区有若羌、且末和民丰县等 36 个, 归为轻度污染地区(图 3)。从总体情况来看, 畜牧污染北疆地区大于南疆地区。

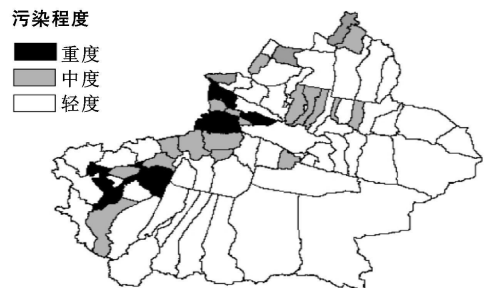


图 3 新疆地区畜牧污染程度分布

3.1.4 新疆地区水土流失现状及分布 新疆地区是我国水土流失较为严重的地区之一。据国家第一次遥感普查统计, 1985 年新疆轻度以上水土流失面积达 $9.86 \times 10^5 \text{ km}^2$, 约占全疆国土面积的 60%, 占全国水土流失面积的 28.9%, 水力流失面积达 $1.10 \times 10^2 \text{ km}^2$, 风力侵蚀面积 $8.40 \times 10^5 \text{ km}^2$, 占流失面积的 85%^[11]。据水利部有关资料统计, 1985—1995 年新疆新增水土流失面积 $2.20 \times 10^5 \text{ km}^2$, 比 1985 年增加了 23%, 而风蚀面积增加近 $1.50 \times 10^5 \text{ km}^2$, 比 1985 年增加了 15.2%。另据 1999 年遥感调查成果^[12], 全疆水土流失面积 $1.03 \times 10^6 \text{ km}^2$, 在水土流

失强度上有进一步加剧的趋势。在全疆近 $7.00 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的绿洲面积中,有 $2.00 \times 10^4 \text{ km}^2$ 存在不同程度的水土流失。在空间上,新疆地区水土流失主要分布在沙漠及附近地带、绿洲—荒漠交错带和绿洲内部平原区一些游荡性较大的河流附近^[11,13]。

3.2 农业面源污染的时空分异特征

3.2.1 新疆地区农业面源污染时间分布特征 与2004年相比,新疆地区2008年的各项面源污染均有显著的变化。2004年到2008年新疆化肥的使用量从991729 t增加到1488940 t,增加了497211 t。化肥使用量的增加使得新疆地区,尤其是新疆生产建设兵团等以种植业为主的农业生产区域的化肥污染增加迅速。随着新疆地区农业生产的不断扩大,农药的使用量也逐年增多,使得农药污染愈发严重。其中由畜牧养殖所带来的畜牧污染明显下降。2004年新

疆地区生猪的养殖头数是223.08万头,牛的养殖数是482.3万头,羊的养殖头数是4266.73万头。而2008年的猪、牛、羊的养殖头数分别是177,336和3026万头,比2004年分别减少了46.08,147.30和1240.73万头。牲畜饲养量的减少是新疆地区畜牧污染减轻的最主要原因。同时对荒地的不断开垦也加重了水土流失程度。总体上来说随着新疆地区农业现代化步伐的加快,该区的农业面源污染也变的更加严重。

3.2.2 新疆地区农业面源污染空间分异 从新疆各地区农业面源污染的现状来看,农业面源污染源排放量存在显著的空间分异特征。对化肥、农药、畜牧等污染排放量进行聚类分析,对聚类结果进行方差分析,结果类别间距离差异的概率值均小于0.001,表明聚类结果很好,因此可将新疆地区的面源污染区域大致分为4类地区(表2)。

表2 新疆各地区农业面源污染分布级别及特征

类别	地区	特征
iv类地区	沙湾县,英吉沙县,伊宁县,莎车县,疏附县,疏勒县,岳普湖县,泽普县等。	各项面源污染都十分为严重。
㉑类地区	伽师县,焉耆回族自治县,新和县,巴楚县,额敏县,库车县,察布查尔锡伯自治县,博湖县,玛纳斯县,呼图壁县等。	各项面源污染都较为严重,而其中化肥污染最为严重。
㉒类地区	尼勒克县,特克斯县,霍城县,巩留县,新源县等。	各项面源污染都较为严重,而其中粪便污染最为严重。
㉓类地区	且末县,民丰县,尉犁县,塔什库尔干塔吉克自治县,皮山县,策勒县,伊吾县,柯坪县,乌恰县等。	各项面源污染均较少。

(1) iv类区域属于重污染区域。该区域主要为新疆地区农作物主产区以及主要畜牧养殖区域。该区有丰富的土地资源,农业生产和畜牧发展都很快。该类地区的农资投入量和畜牧排泄量都十分巨大,这两类污染的叠加使得该区域的农业面源污染成为新疆最为严重的地区。(2) ㉑类区域属于农资类污染区域。该类地区主要从事农业种植生产,土地资源相对较多。(3) ㉒类区域属于畜牧污染型重污染区域,该区域畜牧业较为发达。(4) ㉓类地区为轻污染区域,是新疆地区农业发展较为缓慢,土地资源十分稀缺的地区。该区域虽有较大的土地面积,但适合人类居住的区域不多,而适合耕种、畜牧的区域就更少。

4 结论

(1) 新疆地区化肥、农药投入量的增多,加剧了该区的化肥、农药污染程度,且化肥投入密度超过 400 kg/hm^2 的地区有20个、农药投入密度超过 3 kg/hm^2 的地区有18个,空间上都主要集中在塔里木河、玛纳斯河、伊犁河流域,而这些地区都是新疆地区的主要农作物产区。在这些污染区域中又以新疆生

产建设兵团的化肥污染程度最为严重。畜牧粪尿排泄密度超过 30 kg/hm^2 的地区13个。由于退耕还牧大型牲畜数量的减少,使近年来新疆畜牧污染的严重程度有所降低。而大面积垦荒使得新疆地区的水土流失问题变得愈发严重。

通过聚类分析将新疆地区所属的70个县(市)的污染情况聚合成4类(iv类区域属于重污染区域、㉑类区域属于农资类污染区、㉒类区域属于畜牧污染型重污染区域、㉓类地区属于轻污染区域)。

(2) 利用GIS技术,对新疆地区农业面源污染的空间差异进行了初步的划分,可提供各类型污染的数据信息,在分析数据与结合新疆地区实际的基础上,本研究就新疆地区农业面源污染空间分异进行了简单的区划。由于水土流失的统计数据的不一致性,对新疆地区这方面的内容只是做了大概的论述,没有对该区各县市的具体情况仔细的分区。同时由于各县市禽类与农膜的数据获取困难,对于新疆地区禽类粪尿污染、农膜污染也没有进行研究说明。希望今后能对这些方面的内容进行研究和补充。

(下转第158页)

平上分别有显著差异表达,但抗拉强度和最大抗拉力在拉伸速率的两个水平及根长(标距)的 3 个水平上差异表达不显著,未通过 0.05 水平的 P 检验。最大抗拉力、抗拉强度及极限延伸率在根径的 4 个水平上存在显著差异表达,但弹性模量在根径的 4 个水平上差异表达不显著。

(2) 考虑双因子的交互效应,对选取的 4 个反映白桦根系力学特性指标而言,拉伸速率与根长(标距)之间均不存在交互效应。对抗拉强度及最大抗拉力而言,拉伸速率与根径、根长(标距)与根径的交互效应均存在且有显著差异表达。根长(标距)与根径的交互效应对弹性模量、极限延伸率的影响均不显著,未通过 0.05 水平的 P 检验。拉伸速率与根径的交互作用对弹性模量、极限延伸率均有显著影响。

(3) 用方差分析对单因子模型进行假设检验,只能回答因子不同水平的效应之间是否存在显著差异。若通过检验,即因子不同水平的主效应之间存在显著差异,为进一步了解这种差异的具体模式,应该对该因子进行多重比较。因此,从本研究得出的结论中,对通过检验的单因子模型,可进一步进行多重比较,分析该单因子的哪一水平下对响应变量的影响最为显著。

(4) 考虑交互效应的一元双因子固定效应模型的假设检验,只能回答因子之间是否存在交互效应以及交互效应是否显著。若通过检验,可以进一步对其进行简单效应分析,分析这种交互作用差异表达的具体模式。

[参 考 文 献]

- [1] Roering J J, Stock J D, Schmidt K M, et al. Shallow-landsliding, root reinforcement, and the spatial distribution of trees in the Oregon Coast Range[J]. Canadian Geotechnical Journal, 2003, 40: 237-253.
- [2] Bischetti G B, Chiaradia E A, Simonato T, et al. Root strength and root area of forest species in Lombardy (Northern Italy)[J]. Plant Soil, 2006, 278: 11-22.
- [3] Norris J E. Root reinforcement by hawthorn and oak roots on a highway cut-slope in Southern England[J]. Plant Soil, 2005, 278: 43-54.
- [4] 陈丽华,余新晓,宋维峰,等. 林木根系固土力学机制[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [5] 刘国彬,蒋定生,朱显谟. 黄土区草地根系生物力学特性研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2(3): 21-28.
- [6] 宋维峰,王希群. 林木根系研究综述[J]. 西南林学院学报, 2007, 27(5): 8-13.
- [7] 程洪,谢涛,唐春,等. 植物根系力学与固土作用机理研究综述[J]. 水土保持通报, 2006, 26(1): 97-102.
- [8] 谢春华,关文彬,张东升,等. 长江上游暗针叶林生态系统主要树种的根系结构与土体稳定性研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(2): 76-79.
- [9] 李绍才,孙海龙,杨志荣,等. 护坡植物根系与岩体相互作用的力学特性[J]. 岩石力学与工程学报, 2006, 25(10): 2051-2057.
- [10] 程洪,张新全. 草本植物根系网固土原理的力学试验探究[J]. 水土保持通报, 2002, 22(5): 20-23.
- [11] 程洪,颜传盛,李建庆,等. 草本植物根系网的固土机制模式与力学试验研究[J]. 水土保持研究, 2006, 13(1): 62-65.

(上接第 153 页)

[参 考 文 献]

- [1] 张维理,冀宏杰, Kolbe H, 等. 中国农业面源污染形势估计及控制对策②. 欧美国家农业面源污染状况及控制[J]. 中国农业科学, 2004, 37(7): 1008-1017.
- [2] 杨正礼. 中国农田污染评价与防治道路探究[J]. 中国农学通报, 2006, 22(9): 415-419.
- [3] 李秀芬,朱金兆,顾晓君,等. 农业面源污染现状与防治进展[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(4): 81-84.
- [4] 宋涛,成杰民,李彦,等. 农业面源污染防控研究进展[J]. 环境科学与管理, 2010, 35(2): 40-42.
- [5] 申玉熙,王维岗. 新疆农业面源污染与控制[J]. 新疆农业科技, 2006, 6(S): 34-35.
- [6] 弥艳,常顺利,师庆东,等. 农业面源污染对丰水期艾比湖流域水环境的影响[J]. 干旱区研究, 2010, 27(2): 278-283.
- [7] 申玉熙,王维岗. 新疆农业生态环境面临的问题与保护措施[J]. 新疆环境保护, 2004, 26(S): 75-78.
- [8] 杨光华,包安明,陈曦,等. 1998—2007 年新疆植被覆盖变化及驱动因素分析[J]. 冰川冻土, 2009, 31(3): 436-444.
- [9] 李海鹏,张俊飏. 中国农业面源污染的区域分异研究[J]. 环境保护, 2009, 4(12): 43-45.
- [10] Heinz I, Bmuwer F, Label T. Interrelationships between voluntary proaches and mandatory regulations in the EU to control diffuse water pollutions caused by agriculture[C]. Netherlands: Proceedings of 6th International Conference in Diffuse Pollution, 2002.
- [11] 孜来汗·达吾提,努尔巴依·阿布都沙力克. 新疆水土流失时空分布规律性研究与防治对策[J]. 新疆农业科学, 2010, 47(3): 600-606.
- [12] 王立洪. 新疆水土流失的成因分析与防治措施的探讨[J]. 水土保持研究, 2002, 9(3): 165-170.
- [13] 焦锋,张晓萍,赵永安,等. 新疆水土保持与可持续发展研究[J]. 水土保持通报, 2001, 21(5): 54-56.