

基于遥感和景观分类的北京市裸露农田分析和治理对策

潘 影^{1,2}, 张 茜², 肖 禾², 宇振荣²

(1. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国农业大学 资源与环境学院, 北京 100193)

摘要: 基于遥感影像的决策树分类, 结合土地利用图, 将北京市农业地表覆盖划分为春玉米、冬小麦、果园、林木苗圃、牧草地、设施农业和畜禽饲养地。考虑海拔、坡度和土壤质地三个因子将北京市分成 10 个景观区, 在景观分区和不同农业用地基础上划分出 39 类农业景观单元。利用基于遥感影像计算的归一化差异植被指数, 结合实地调查验证, 分类出北京市冬春季裸露农田。结合景观分类, 分析了不同景观单元冬春季地表裸露情况。结果表明: 2007—2008 年冬春季裸露农田共 $8.05 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 主要分布在延庆盆地、密云水库北岸和城区边缘的近郊农业区; 海拔和土地利用方式对裸露情况影响较大, 其中山区春玉米和平原果园裸露情况绝对面积较大, 分别占到总裸露农田面积的 40% 和 17%, 牧草地、林木苗圃与设施农业地裸露程度较高。基于不同景观单元裸露程度, 结合绿肥种植、保护性耕作、生草覆盖等裸露农田治理方法, 探讨了北京市农业产业和景观一体化建设策略。

关键词: 裸露农田; 景观分类; 遥感; 地理信息系统; 归一化差异植被指数; 土地利用类型; 北京

中图分类号: S127; X87 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2011)03-0321-05

Analysis of Beijing Agricultural Bare Land and Policy Suggestion Based on Remote Sensing and Landscape Classification

PAN Ying^{1,2}, ZHANG Qian², XIAO He², YU Zhen-rong²

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

2. School of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: Agricultural land in Beijing was classified into spring maize, winter wheat, orchard, nursery, grass land, greenhouse and animal husbandry lands by integrating remote sensing data and land use map with decision tree classification method. 10 agricultural zones were generated according to the environmental factors of elevation, slope and soil texture in Beijing, and 39 types of agricultural landscape units were conducted by overlaying the different landscape zones and agricultural land use. The bare land in each agricultural landscape type during the winter and spring was investigated based on the normalized difference vegetation index maps calculated from satellite images, and validated by the field survey. The bare land in different landscape types during the winter and spring was analyzed according to the landscape classification. The results showed the total area of agricultural bare land during the winter of 2007 and the spring of 2008 was $8.05 \times 10^4 \text{ hm}^2$, and the agricultural bare land mainly located at the Yanqing Basin, north bank of Miyun Reservoir and the suburbs; elevation and land use were the most important factors on the vegetation cover of agricultural plots during the winter and spring, and the areas of bare land of spring maize plots in hill and orchard in plain were large, and 40% and 17% of total agricultural bare land in Beijing, respectively; bare level of tame grassland, nursery garden and facility agricultural lands was serious. Based on the agricultural bare land analysis of different landscape unit, green manure plantation, conservation tillage and grass cover were used to improve bare soil, and policy suggestion for building agricultural industry and landscape integration in Beijing were put forward to.

Key words: agricultural bare land; landscape classification; remote sensing; GIS; normalized difference vegetation index; land use type; Beijing

收稿日期: 2010-10-16

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2008BADA7B05)

作者简介: 潘 影(1983-), 男, 安徽滁州人, 助理研究员, 理学博士, 从事土地利用和景观生态研究。E-mail: panying@igsrr.ac.cn

0 引言

农田是北京市生态系统的重要组成部分,也是都市型现代农业和宜居城市重要的生产性绿色空间。但受气候影响和水资源限制,北京市农田裸露现象时有发生,造成大量扬沙或沙尘天气^[1],也影响了农业生态环境和农田景观质量^[2]。近年来,北京市开展了大量实验和示范研究,先后采取保护性耕作,种植冬小麦、油菜、小黑麦等措施,并加强生态补贴政策,引导治理冬春季裸露农田,减少农业沙尘源地,取得了良好效果。为了不断提高农田的综合生产、生态服务、景观服务能力,2009 年北京市又提出《北京都市型现代农业基础建设及综合开发规划》,将加强裸露农田综合治理和农田景观建设作为重要任务^[3]。然而影响农田裸露因素较多,包括水热、土壤、土地利用方式等。因此,开展裸露农田的综合评价,特别是从景观生态学角度,研究如何优化种植制度和土地利用,提高农田生态服务功能和保育性,对综合治理裸露农田具有重要意义。

遥感技术和时空信息已广泛应用于分类不同作物制度^[4]或地物类型^[5]、探测地表植被覆盖度与变化^[6-7]、评价地表裸露程度^[8]、探测荒漠化与水土流失^[9-10]等方面的研究。但以往利用遥感技术对裸露农田的研究着重裸露面积和时空分布评价,缺乏对不同种植制度和土地利用模式导致的裸露农田的辨识,更缺乏将裸露农田和景观分类相结合进行综合评价,以及进一步优化种植制度和土地利用模式^[11-12]。

笔者针对未来裸露农田治理和农田景观建设目标要求,利用北京一号卫星多光谱和多时相影像,集成多元数据,评价不同种植制度和土地利用模式导致的地表裸露,并基于景观分类,探讨裸露农田治理和景观一体化建设的对策。

1 研究区概况

北京市地处华北平原北端,总面积为 16 807.8 km²。其地形自西北向东南从中山、低山、丘陵过渡到冲洪积台地、冲积扇及冲积平原;山地占 62%,平原占 38%;多年平均气温约 12.3℃,多年平均降水约 600 mm。

北京市不同区域适宜的农作物和种植制度不同,不同区域土地利用方式的选择对其地表植被覆盖影响甚大。北京市农田裸露包括 6 月中旬小麦收割后没有夏粮播种的农田以及花生、甘薯等在砂质土地上作物收获后,缺乏冬季种植作物的农田^[11];最严重的还是春玉米地,在 9 月收获后到次年 4 月

播种,没有冬季作物覆盖致使 6 个月的土地裸露。随着种植业结构调整和水资源限制,北京市冬小麦面积逐年减少,季节性裸露农田呈现逐年增加的趋势。强大气流在遇到这些裸露农田时,会携带大量地表粉尘,悬浮在空中形成沙尘^[13]。

2 研究方法与数据

2.1 数据及预处理

本研究数据包括遥感影像、地形、土地利用、土壤数据。遥感数据为二十一世纪空间技术应用股份有限公司提供的北京市 2007 年 5 月 26 日、9 月 22 日、12 月 2 日和 2008 年 4 月 17 日的北京一号卫星多光谱遥感图像,分辨率为 32 m;土地利用数据则为 1:10 000 北京市 2006 年土地利用图,土地利用按国家标准共分三级;地形数据为国际科学数据服务平台提供的中国 30 m 分辨率数字高程数据产品;土壤数据为 1:100 000 北京市土壤图,包括表土质地、母质、土壤类型等信息。

数据预处理包括遥感影像的几何校正,基于数字高程(DEM)生成坡度图以及利用多光谱影像计算归一化差异植被指数(I_{NDVI})。 I_{NDVI} 是目前使用最广泛的植被指数^[14],其计算公式为

$$I_{NDVI} = (P_{NIR} - P_{red}) / (P_{NIR} + P_{red}) \quad (1)$$

式中: P_{NIR} 为遥感图像中的近红外波段光谱反射率; P_{red} 为遥感图像中的红光波段光谱反射率。

2.2 基于景观分类的裸露农田评价方法

本研究基于土地利用图和遥感影像对不同农业用地进行分类,并基于高程、土壤质地等进行景观分区,结合农业用地类型及景观分区进行景观单元分类;通过遥感解译裸露地表,在景观分类的各单元基础上分析裸露农田空间分布,并探讨裸露农田综合治理对策(图 1)。

农业用地分类主要通过整合遥感影像和土地利用图两种数据源。首先基于国家标准分类体系中不同级别下土地利用类型的提取与合并,将不同分类级别下的农业生产性用地进行提取与合并,以突出不同农业生产方式对地表裸露状态的影响。共分出果园、林木苗圃、牧草地、设施农业和畜禽饲养地共 5 种农业用地。然后通过遥感影像计算归一化差异植被指数图像分类耕地中的不同种植制度。北京市大田作物主要有玉米、小麦、油料、薯类、大豆、西瓜、棉花、花生等;主要种植制度是一年一熟的春玉米和一年两熟的冬小麦-夏玉米或者其他秋粮。不同作物和种植制度拥有不同的物候特点,因而相应的植

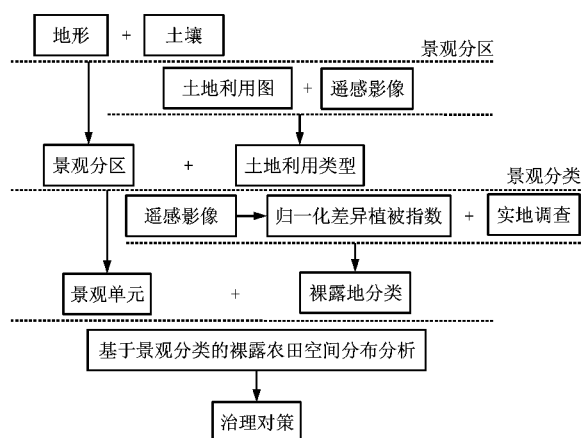


图1 基于景观分类的裸露农田评价框架

Fig. 1 Framework of Analyzing the Agricultural Bare Land Based on Landscape Classification

被指数在一年中随时间变化的特征符合特定曲线^[4,15-16]。本研究使用2007年后3个季度的归一化差异植被指数图像及2008年第一季度影像,以4个时间节点的 I_{NDVI} 对照前人研究的不同作物 I_{NDVI} 变化曲线^[16-17],使用决策树分类将耕地分为春玉米和冬小麦-秋粮。

景观分区方法主要是将影响农作物分布的自然因子(包括高程、坡度、表土质地)进行分级并叠加,以此反映农业景观自然基础的空间差异,其中高程图层:为了区分北京市农业生产气候等自然条件,将高程50~100 m、100~500 m及500 m以上分别划分为平原区、半山区与山区^[18];坡度图层:将坡度小于5°和大于5°分别划分为平地 and 坡地;土壤图层:按表土质地将轻壤土、中壤土、重壤土划分为壤土,砂壤质与砂土划分为砂土。叠加高程、坡度与土壤质地分区图层,生成北京市农业景观分区,并将景观分区与农业土地类型进行叠加,形成景观分类单元。将面积小于0.2%的景观单元类型合并入其相近类型。

2.3 裸露农田分类方法

裸露农田分类首先通过比照归一化差异植被指数图像的实地调查验证,确定一个归一化差异植被指数阈值标准判断地表裸露状况;再利用此阈值对四个季度的遥感影像进行裸露地分类。

利用2007年5月26日的归一化差异植被指数图,从 I_{NDVI} 为-0.1到0.1,每隔0.01取值进行分级,得到20张分级图。选择1:10 000土地利用图中裸岩地、荒草地等不同类型与植被覆盖程度的裸地和少量植被覆盖地,进行实地调查并对照各分级图进行验证。最终确定 $I_{NDVI}=0.08$ 为分类标准值,也就是 $I_{NDVI}>0.08$ 的栅格分类为非裸露农田,

$I_{NDVI}<0.08$ 的栅格分类为裸露农田。

以此分类阈值对2007年后三季度及2008年第一季度的归一化差异植被指数图进行分类,冬春季 I_{NDVI} 小于阈值而夏秋季大于阈值的分类为季节性裸露农田,四季 I_{NDVI} 皆小于阈值的分类为全年裸露,四季 I_{NDVI} 皆大于阈值的为非裸露农田。

3 结果与分析

3.1 景观分类

北京市农业用地虽然已经初步形成规模化格局,但仍有很多用地零星分布、破碎化明显(图2)。春玉米主要分布在延庆盆地和山区沟谷中,在平原区也有零星分布;冬小麦-秋粮主要分布在东南平原。林木苗圃、牧草地、设施农业和畜禽饲养地都零星分布在平原区。果园主要分布在怀柔、密云和平谷的半山区,在平原区同样也有零星分布。

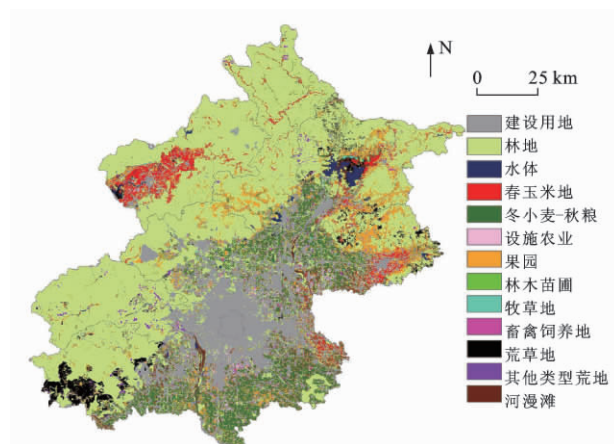


图2 北京市农业用地分类

Fig. 2 Agricultural Land Classification of Beijing

基于地形与土壤分出的北京市景观分区,相同区分布相对集中,有较强的条带性(图3)。平原地区基本为平地,主要分为壤土和砂土区,这与地表水系分布有关。在平原至山区的过渡带主要为半山坡地区,半山平地区主要分布在密云水库周围。山区平地区主要是延庆盆地。这种条带状的分区有利于农业格局优化和规模化农业的发展。

在景观分区和土地利用分类基础上,进行景观单元划分,共分出39类景观单元。每类单元不仅反映了其土地利用方式,也反映了其土壤状况和所处的地形环境。北京市景观异质性较强造成了景观单元类型较多,景观单元在空间上相对集中,但仍有大部分单元较凌乱且分散,需要进行系统格局优化。

3.2 裸露农田分类

北京市裸露农田基本是冬春季裸露,共 $8.05 \times$

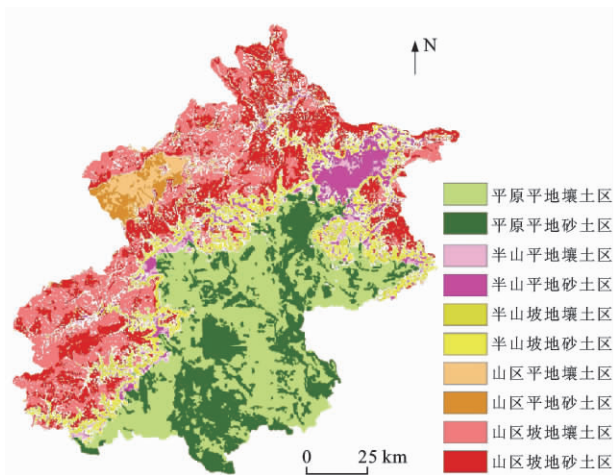


图 3 北京市景观分区

Fig. 3 Landscape Zones of Beijing

10^4 hm^2 。其空间分布主要在延庆盆地、密云水库北岸和城区边缘的近郊农业区(图 4)。

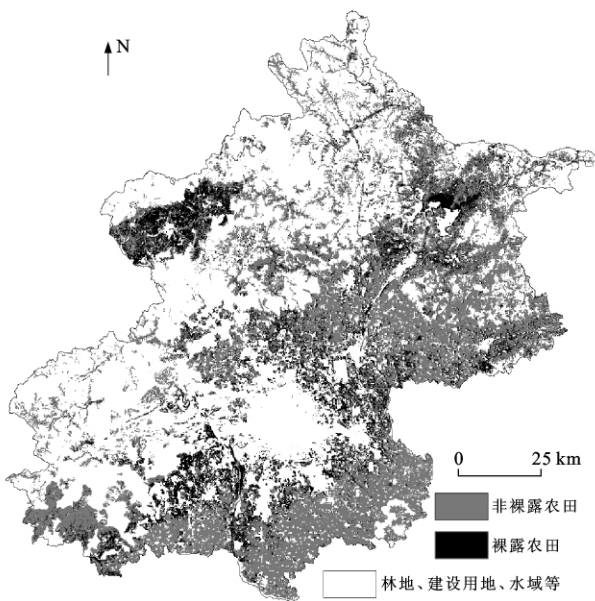


图 4 北京市冬春季裸露农田空间分布

Fig. 4 Spatial Distribution of Agricultural Bare Land in Winter and Spring

从绝对面积上看,春玉米地和果园的裸露农田面积最大,占总裸露农田面积近 80%(表 1)。其中春玉米由于其种植制度的特点,冬春季基本无植被覆盖。目前北京市政府大力推行春玉米免耕留茬技术来防止裸露农田的产生,然而,本研究得出春玉米地占总裸露农田的比例仍超过 50%。因此,春玉米地仍是今后裸露农田治理的重点对象。另外,果园裸露程度(15.36%)虽然低于总和平均值,但是由于其种植绝对面积较大,其裸露治理也不容忽视。

牧草地、设施农业用地和畜禽饲养地虽然绝对

表 1 北京市各类型农业用地裸露农田面积

Tab. 1 Area of Bare Land with Different Agricultural Land Use in Beijing

土地利用类型	面积/ 10^4 hm^2	裸露面积/ 10^4 hm^2	裸露面积占 总裸露地 比例/%	裸露面积占 各土地利用 类型比例/%
春玉米	13.19	4.28	53.17	32.45
冬小麦-秋粮	9.02	0.36	4.47	3.99
牧草地	0.18	0.07	0.87	38.89
果园	13.28	2.04	25.34	15.36
林木苗圃	2.06	0.45	5.59	21.84
设施农业	1.87	0.50	6.21	26.74
畜禽饲养地	1.20	0.35	4.35	29.17
总和	40.80	8.05	100.00	19.70

面积不大,但是裸露情况较严重,都超过北京市各类用地中裸露农田比例的平均值,因此也需重点关注。

3.3 基于景观分类的裸露农田分析

基于景观分类的裸露农田分析更能体现不同类型裸露农田在空间分布上的特点,也能反映裸露程度与地形、土壤、土地利用方式的关系。基于不同类型景观单元的裸露程度比较分析得出,以裸露面积较大的 16 类景观单元为例(表 2),相比土壤表土质地与坡度,对北京市农业用地裸露情况影响较大的主要为海拔高程和土地利用方式。其中海拔较高的春玉米地裸露面积占到总裸露农田面积 40%以上,而平原区的果园占到 17%以上。

表 2 各类景观单元裸露农田面积

Tab. 2 Area of Agricultural Bare Land of Each Landscape Unit

景观单元	裸露面积/ 10^4 hm^2	占总裸露农田 面积比例/%
山区平地壤土春玉米	1.78	22.12
山区平地砂土春玉米	1.46	18.20
平原平地砂土果园	0.71	8.79
平原平地壤土果园	0.68	8.45
平原平地壤土春玉米	0.52	6.42
平原平地砂土春玉米	0.29	3.57
平原平地壤土设施农业	0.28	3.48
半山坡地砂土果园	0.26	3.21
平原平地壤土林木苗圃	0.25	3.11
半山平地砂土春玉米	0.23	2.85
半山平地砂土果园	0.22	2.70
半山平地壤土果园	0.18	2.20
平原平地砂土畜禽饲养地	0.17	2.11
平原平地砂土设施农业	0.16	1.99
平原平地壤土畜禽饲养地	0.15	1.86
平原平地砂土林木苗圃	0.14	1.74

3.4 裸露农田综合治理对策

3.4.1 不同土地利用方式导致的地表裸露农田综合治理

从不同土地利用方式的地表裸露分析中,得出春玉米地和果园是现阶段裸露农田治理的重点。就目前的治理技术和存在问题看,应该加大如下措施

和研究:①在平原地区以生态服务目标为主的冬小麦种植,要加大抗旱和节水灌溉技术的推广;②要大力开展冬春季作物或绿肥品种筛选研究,包括油菜、二月兰、饲草和药材等;③继续推广保护性耕作模式,探索裸露农田治理和乡土景观建设有机结合的途径;④在果园特别是山区干果果园等地表裸露和水土流失严重的地区大力推广生草覆盖技术,探索不同果园生草覆盖模式;⑤要探索设施农业用地的地表裸露治理,增加绿色覆盖度;⑥要在原有粮食直补和生态补贴政策的基础上,建立综合生态评价指标,进一步优化生态补贴政策。

3.4.2 不同景观单元类型地表裸露治理和发展方向

平原区种植的春玉米裸露情况比冬小麦-秋粮作物严重,因此应尽量减少平原区的春玉米种植面积,继续推行冬小麦冬季覆盖生态补贴,促进平原区冬小麦种植。在平原平地壤土、砂土区应实行优质农田的退园还耕,大力发展半山区果园带和山区坡地壤土、砂土区即山区沟谷果园带。林木苗圃应主要向半山区和山区发展。设施农业与畜禽饲养用地无论在平原地区还是山区裸露情况都较其他用地严重,应尽量选择不适宜种植冬小麦-秋粮或果园的地方,发展小规模高质量的设施农业。

4 结语

(1)利用遥感影像细分耕地并结合国家标准分类体系下的土地利用图进行土地分类,能够很好地克服中分辨率遥感区分同种覆盖但不同利用方式土地类型的困难,也能弥补国家标准土地分类体系中对耕地作物分类的不足。在根据此方法分类出的农业用地类型基础上,进行裸露农田分析能更好的反映不同农业利用方式对土地覆盖的影响。基于景观分类的裸露农田分析能够很好地反映环境因子与地表植被覆盖的关系,海拔和土地利用方式是对北京市农业用地裸露情况影响较大的因素。

(2)北京市 2007—2008 年冬春季裸露农田共 $8.05 \times 10^4 \text{ hm}^2$,山区春玉米地和平原果园裸露面积较大,设施农业和畜禽饲养地的裸露程度较严重。相比 2000 年的 $21.8 \times 10^4 \text{ hm}^2$,裸露农田在近几年重点治理下已大幅下降。但是剩余面积仍占北京市面积的 4.8%,其治理和研究工作仍不能放松。

(3)春玉米地和果园是现阶段裸露农田治理的重点。建议对在平原地区以生态服务目标为主的冬小麦种植,要加大抗旱和节水灌溉技术推广;大力开展冬春季作物或绿肥品种筛选研究;继续推广保护

性耕作模式;大力推广果园生草覆盖,探索不同果园生草覆盖模式;积极探索设施农业用地地表裸露治理,增加绿色覆盖度;建立综合生态评价指标,进一步优化生态补贴政策。

参考文献:

- [1] 李令军,高庆生. 2000 年北京沙尘暴源地解析[J]. 环境科学研究, 2001, 14(2): 1-3.
- [2] 潘影,肖禾,宇振荣. 北京市农业景观生态与美学质量空间评价[J]. 应用生态学报, 2009, 20(10): 2455-2460.
- [3] 北京市新农村建设领导小组办公室. 北京都市型现代农业基础建设及综合开发规划(2009-2012 年)[EB/OL]. (2009-06-30)[2010-07-01]. <http://www.bjnw.gov.cn/zfxxgk/fgwj/zcxwj/200907/P020091019135711400718.doc>.
- [4] Wardlow B D, Egbert S L. Large-area Crop Mapping Using Time-series MODIS 250 m NDVI Data: an Assessment for the U. S. Central Great Plains[J]. Remote Sensing of Environment, 2008, 112(3): 1096-1116.
- [5] Townshend J, Justice C, Li W, et al. Global Land Cover Classification by Remote Sensing: Present Capabilities and Future Possibilities[J]. Remote Sensing of Environment, 1991, 35(2/3): 243-255.
- [6] Tucker C J. Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation[J]. Remote Sensing of Environment, 1979, 8(2): 127-150.
- [7] Rogan J, Franklin J, Roberts D A. A Comparison of Methods for Monitoring Multitemporal Vegetation Change Using Thematic Mapper Imagery[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 80(1): 143-156.
- [8] Weber K T, Alados C L, Bueno C G, et al. Modeling Bare Ground with Classification Trees in Northern Spain[J]. Rangeland Ecology and Management, 2009, 62(5): 452-459.
- [9] 于海洋,张振德,张佩民,等. 西藏土地荒漠化遥感监测[J]. 地球科学与环境学报, 2007, 29(3): 316-320.
- [10] 邢宇,姜琦刚,王耿明,等. 基于 RS 和 GIS 的松辽平原黑土流失研究[J]. 地球科学与环境学报, 2010, 32(2): 189-194.
- [11] 陈效述,谭文垦,刘大平,等. 北京平原地区裸露土地的时空分布[J]. 水土保持研究, 2003, 10(3): 18-20.
- [12] 张超,王纪华,赵春江,等. 利用多时相遥感影像监测季节性裸露农田[J]. 农业工程学报, 2005, 21(11): 98-102.
- [13] 叶笃正,丑纪范,刘纪远,等. 关于我国华北沙尘天气的成因与治理对策[J]. 地理学报, 2000, 55(5): 513-521.
- [14] 王正兴,刘闯, HUETE A. 植被指数研究进展: 从 AVHRR-NDVI 到 MODIS-EVI[J]. 生态学报, 2003, 23(5): 979-987.
- [15] 林文鹏,王长耀,储德平,等. 基于光谱特征分析的主要秋季作物类型提取研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(9): 128-132.
- [16] 杨小唤,张香平,江东. 基于 MODIS 时序 NDVI 特征值提取多作物播种面积的方法[J]. 资源科学, 2004, 26(6): 17-22.
- [17] 陈健. 基于遥感和作物模型的冬小麦水肥生产力及产量差研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2007.
- [18] 张凤荣. 都市型现代农业产业布局[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2008.