

基于栅格的嫩江县耕地资源安全等级划分及地域分异特征

李丹^{1,2}, 刘丹丹², 梅晓丹²

(1. 哈尔滨测量高等专科学校测量工程公司, 哈尔滨 150008; 2. 黑龙江工程学院, 哈尔滨 150050)

摘要:耕地资源安全是保护耕地和保障国家粮食安全的基础,其空间安全格局是土地利用规划的重要依据。以松嫩平原北部典型区域黑龙江省嫩江县为研究区,综合运用RS和GIS技术,基于1 km空间尺度栅格数据,运用因子分析法和加权综合评价法计算每个栅格的耕地资源安全值,运用自然断点法划分安全格局,将研究区耕地资源安全分为Ⅰ级(非常安全)、Ⅱ级(比较安全)、Ⅲ级(基本安全)、Ⅳ级(临界安全)、Ⅴ级(不安全)五个等级,并研究其空间分异。结果表明:栅格数据可以为耕地资源安全研究提供准确的数据;研究区耕地资源安全等级所占比例最高的是Ⅳ级,最低的为Ⅴ级,所占比例分别为25.74%和8.36%,大部分的地区都处于安全状态,临界安全等级耕地所占比例略高;耕地资源安全等级随着高程、坡度的增加而降低,由平原向低海拔丘陵过渡,呈现出由西向东安全等级逐渐降低的空间地域分布格局,并且在不同行政单元分布不同。研究结果可为县域耕地资源可持续利用提供参考。

关键词:耕地资源;安全等级;栅格;嫩江县

中图分类号:F301.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2017)04-0140-05

Security Classification and Regional Differentiation of Cultivated Land Resources in Nenjiang County Based on Raster

LI Dan^{1,2}, LIU Dandan², MEI Xiaodan²

(1. Engineering Company of Harbin Measuring College, Harbin 150008, China;

2. Heilongjiang Institute of Technology, Harbin 150050, China)

Abstract: The security of cultivated land resources is the foundation of protecting farmland and ensuring national food security, and its spatial security pattern is an important basis for land use planning. Taking Nenjiang County, a typical region of northern Songnen Plain in Heilongjiang Province, as the study area, based on raster data of 1 km scale, RS and GIS technology, we calculated the security value of cultivated land resources for each grid by using the method of factor analysis and weighted evaluation; by using the natural break point safety law pattern, we divided the cultivated land resources security grades in study area into 5 levels: level I (very safe), level II (safe), III (basic safe), IV (critical safe), V (not safe) five levels, and examined its spatial differentiation. The results show that the raster data can provide accurate data for the research on the security of cultivated land resources; the proportion of cultivated land resources security level in study area is the highest in level IV, the lowest in level V, the proportions are 25.74% and 8.36%, respectively, most of the areas are in the safe condition, and the proportion of the critical safe level is slightly higher; cultivated land resources security level decreases with the increase of elevations and slope gradients, from the plains to the low altitude hills transition, showing a spatial distribution of security level pattern gradually decreases from west to east, and the distribution is different in each administrative units. The results can provide references for the sustainable utilization of cultivated land resources in this county.

Keywords: cultivated land resource; security classification; raster data; Nenjiang County

了解和掌握耕地资源安全状态,确定耕地资源安全格局对于耕地资源的可持续利用及土地利用规划具有重要的现实意义^[1-4]。耕地资源安全格局是分析和解释区域空间现象、过程和机制的重要因素,能够影响区域环境^[5-6]。对于土地资源安全格局研究,国内外目前主要以景观安全格局^[7-10]和生态安全格局^[11-14]研究为主,国外学者主要通过对土地利用进行优化配置和进行景观生态规划进行相关研究,更侧重于大尺度的宏观角度,研究领域比较广泛,国内在安全格局问题的研究上研究尺度以全国、流域或省域大尺度居多,研究区域选择主要集中在脆弱地区和热点地区,在研究数据的选择上大多以时间序列的统计数据为基础,缺乏空间数据的支持。栅格数据作为一种空间数据形式,能够更细致表达连续的情况,易于存储和操作,并且具有强大的空间分析功能,有利于数据计算与分析^[15]。松嫩平原位于大、小兴安岭与长白山脉及松辽分水岭之间,主要由松花江和嫩江冲积而成,是黑龙江省和国家的重要商品粮基地,其北部微地形复杂。本研究选取松嫩平原北部典型区域黑龙江省嫩江县为研究区,以栅格数据为基础,通过GIS技术手段,运用栅格数据的空间分析功能,研究耕地资源安全格局及其空间分异,研究结果对于区域土地利用结构优化、保护耕地、保障国家粮食安全具有一定的现实意义。

1 研究区概况

嫩江县位于松嫩平原北部,黑龙江省西北部,地理坐标东经 124°44′30″—126°49′30″,北纬 48°42′35″—51°00′05″,行政区划面积 1.51 万 km²。地势北、东部高,南、西部低,西南部地区为强起伏台地,东南部地区为丘陵状台地,北部地区为低山丘陵。气候类型为中温带半湿润大陆性季风气候,平均年温度低,雨热同季且冬季漫长。嫩江县土地肥沃,是农牧业生产的黄金地带,闻名全国的麦、豆生产基地,国家重点商品粮生产基地,享有中国“大豆之乡”及“北国粮仓”的美誉。县辖 14 个乡镇,147 个行政村,总人口 50 万以上,驻有中储粮北方农业开发有限责任公司、黑龙江省九三农场管理局及 11 个国营农场和 22 个军队农场,受行政管理限制,本文的研究区域未包括国营农场及军队农场^[16]。

2 数据处理与研究方法

2.1 数据来源与处理

本文以研究区 2010 年 Landsat-8 TM 遥感影像为数据源,以研究区 1:5 万地形图为基础进行几何校正

(平均误差小于 0.5 个像元),通过图像镶嵌和增强处理等对遥感影像进行预处理,在 ArcGIS 平台上以配准后的地图为底图,运用 EDITOR 中的 create new feature 工具在新建的矢量图层上跟踪研究区行政边界,获得研究区的面状矢量图,依据矢量图裁剪得到符合标准的研究区影像。参照《土地利用现状分类(G/T21010—007)》,结合研究区实际,采用最大似然分类法将研究区土地利用分为耕地、林地、草地、建设用地、水域和未利用地 6 类。利用 ArcGIS 对上述解译后的数据建立空间拓扑关系,生成嫩江县土地利用数据库。

DEM 数据为覆盖研究区全区的 90 m 空间分辨率数据,数据格式为 GRID,依据 DEM,采用 ArcGIS 中 Spatial Analyst 模块下的表面分析分别提取高程和坡度信息。利用 ENVI 软件从遥感影像中提取差值植被指数(DVI)、归一化植被指数(NDVI)。利用 Euclidean Distance 计算距离道路的距离、距离水域的距离以及距离城镇的距离。

社会经济数据主要来源于研究区统计年鉴、地方志、统计公报等,其他数据来自中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn/>)。将以上数据统一进行栅格化,利用 ArcGIS 中的 resample 模块统一处理为 1 km×1 km 栅格尺度,并确保每个图层栅格一一对应。

2.2 研究方法

2.2.1 驱动力因子选取 按照科学性、综合性、主导性、可比性以及可操作性原则,从自然、经济社会、生态三大方面选取影响耕地资源安全的主要驱动力因子,所选取的驱动力因子对耕地资源安全的影响有正向和负向作用,正向因子对耕地资源安全具有促进作用,即因子值越大越安全,负向因子对耕地资源安全具有抑制作用,即因子值越小耕地资源越安全。结合研究区实际,本文选取的 14 个驱动力因子分别为:年平均降水量 X_1 ,干燥度 X_2 ,高程 X_3 ,坡度 X_4 ,地貌类型 X_5 ,土壤类型 X_6 ,人口密度 X_7 ,GDP X_8 ,到城镇的距离 X_9 ,到水域的距离 X_{10} ,到道路的距离 X_{11} ,土壤侵蚀 X_{12} ,差值植被指数 X_{13} ,归一化植被指数 X_{14} (表 1)。

2.2.2 栅格尺度安全值计算 以 1 km×1 km 分辨率对上述驱动力因子进行栅格化处理,运用栅格数据的空间分析功能计算每个栅格上各驱动力因子的安全值,具体公式^[17]如下:

当驱动力因子安全趋向性为正向时,安全值计算公式为:

$$P(x_i) = \begin{cases} 1 & (x_i \geq s_i) \\ \frac{x_i}{s_i} & (x_i < s_i) \end{cases}$$

表 1 研究区耕地资源安全驱动力因子

驱动力因子	含义	指标方向	数据处理方法
年平均降水量(X_1)	反映降水投入水平	正向指标	中国科学院资源环境科学数据中心数据栅格化处理
干燥度(X_2)	反映气候湿润程度	负向指标	中国科学院资源环境科学数据中心数据栅格化处理
高程(X_3)	反映海拔高度信息	负向指标	数字化地形图提取
坡度(X_4)	反映地表单元陡缓程度	负向指标	DEM 数据
地貌类型(X_5)	反映地表形态信息	负向指标	矢量化及德尔菲法
土壤类型(X_6)	反映土壤理化性状	负向指标	矢量化及德尔菲法
人口密度(X_7)	反映劳动力投入水平	正向指标	乡镇人口数量与行政面积比值
GDP(X_8)	反映经济发展水平	负向指标	乡镇 GDP 与乡镇面积比值
到城镇的距离(X_9)	反映耕作便利度	正向指标	ArcGIS 软件 Distance 功能计算
到水域的距离(X_{10})	反映灌溉潜力	正向指标	ArcGIS 软件 Distance 功能计算
到道路的距离(X_{11})	反映利用耕地的便捷程度	正向指标	ArcGIS 软件 Distance 功能计算
土壤侵蚀(X_{12})	反映土壤侵蚀程度	负向指标	中国科学院资源环境科学数据中心数据栅格化处理
差值植被指数(X_{13})	间接反映植物生物量信息	正向指标	DVI=NIR-R
归一化植被指数(X_{14})	反映植被覆盖信息	正向指标	NDVI=(NIR-R)/(NIR+R)

当驱动力因子安全趋向性为负向时,安全值计算公式为:

$$P(x_i)=\begin{cases} 1 & (x_i\leqslant s_i) \\ 2-\frac{x_i}{s_i} & (s_i<x_i<2s_i) \\ 0 & (x_i\geqslant 2s_i) \end{cases}$$

式中: $P(x_i)$ 为该因子的安全指数, $x_i(i=1,2,3,\cdots,n)$ 为因子的实际值; S_i 为算术平均值,即阈值。

2.2.3 驱动力因子权重确定 本文利用因子分析法确定各驱动力因子的权重,首先运用 SPSS 17.0 进行 KMO 和 Bartlett 球形检验,其中 $KMO=0.621>0.5$,Bartlett 球形检验相伴概率为 0.001,球形检验数值小于显著性水平 0.05,因此可以对这些数据进行因子分析,按照 Kaiser 选取特征值大于 1 的原则,采用正交旋转矩阵提取出主成分因子(表 2),得到主成分载荷系数(表 3),作为各驱动力因子的权重。

2.2.4 综合安全值确定 根据表 3 计算的权重,利用加权综合评价法计算各主成分的具体得分,具体公式如下:

$$f=\sum_{i=1}^n P(x_i)\times W_i$$

式中: f 为各主成分具体得分; $P(X_i)$ 为各栅格第 i 个指标的安全指数; W_i 为第 i 个指标的权重。

以每个主成分所对应的特征值占所提取主成分总的特征值之和的比例作为权重计算安全水平的综合模型,得到研究区耕地资源安全综合值为:

$$F=0.0704X_1+0.1210X_2+0.1793X_3+0.1636X_4+0.1634X_5+0.0963X_6+0.1705X_7+0.0396X_8+0.1061X_9+0.1109X_{10}+0.0612X_{11}+0.1045X_{12}+0.1793X_{13}+0.0144X_{14}。$$

式中: F 为耕地资源安全综合值; X_1-X_{14} 为每个主成分具体得分。

表 2 主成分矩阵

驱动力因子	主成分								
因子	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X_1	-0.302	0.292	-0.845	0.074	0.158	0.023	0.017	-0.124	0.040
X_2	0.484	-0.318	0.770	-0.023	-0.088	0.028	-0.018	-0.028	-0.009
X_3	0.771	0.209	0.022	0.240	0.049	0.015	-0.090	-0.266	0.080
X_4	0.284	0.147	0.068	0.031	0.286	-0.806	0.362	0.011	-0.024
X_5	0.579	0.490	-0.019	0.120	0.024	-0.093	-0.119	0.166	0.017
X_6	-0.272	-0.654	-0.033	-0.142	0.297	0.000	0.123	-0.330	0.338
X_7	-0.637	0.369	0.412	0.346	0.120	0.062	0.124	-0.020	0.269
X_8	-0.717	0.423	0.364	0.241	0.076	0.049	0.082	0.073	0.186
X_9	0.604	-0.126	-0.239	-0.143	-0.120	0.036	0.102	0.334	0.594
X_{10}	0.532	0.420	0.000	0.193	-0.141	0.254	0.081	-0.147	0.089
X_{11}	0.441	-0.056	-0.026	0.127	0.347	0.419	0.614	-0.072	-0.181
X_{12}	0.213	-0.119	0.055	0.159	0.784	0.111	-0.451	0.226	-0.013
X_{13}	-0.140	0.358	0.136	-0.723	0.177	0.174	0.204	0.300	-0.060
X_{14}	-0.144	-0.485	-0.176	0.576	-0.150	0.016	0.206	0.453	-0.112

表 3 主成分因子载荷系数

驱动力 因子	主成分								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X ₁	−0.167	0.217	−0.643	0.067	0.154	0.023	0.018	−0.147	0.050
X ₂	0.268	−0.237	0.586	−0.020	−0.085	0.028	−0.020	−0.033	−0.011
X ₃	0.427	0.156	0.017	0.216	0.048	0.015	−0.096	−0.314	0.100
X ₄	0.157	0.110	0.052	0.028	0.280	−0.827	0.388	0.013	−0.030
X ₅	0.321	0.364	−0.015	0.108	0.024	−0.095	−0.128	0.196	0.021
X ₆	−0.151	−0.486	−0.025	−0.128	0.290	0.000	0.132	−0.391	0.422
X ₇	−0.353	0.275	0.314	0.312	0.118	0.063	0.133	−0.023	0.336
X ₈	−0.397	0.315	0.277	0.217	0.075	0.050	0.087	0.087	0.232
X ₉	0.335	−0.094	−0.182	−0.129	−0.118	0.037	0.109	0.396	0.742
X ₁₀	0.295	0.312	0.000	0.174	−0.138	0.261	0.086	−0.175	0.112
X ₁₁	0.245	−0.042	−0.020	0.114	0.339	0.430	0.657	−0.085	−0.227
X ₁₂	0.118	−0.089	0.042	0.143	0.765	0.113	−0.483	0.267	−0.016
X ₁₃	−0.078	0.266	0.104	−0.652	0.173	0.178	0.219	0.355	−0.075
X ₁₄	−0.080	−0.361	−0.134	0.519	−0.146	0.017	0.220	0.536	−0.140

3 结果与分析

3.1 驱动力因子空间分异

典型驱动力因子空间分异图见附图 4,研究区高程因子在地域空间上呈由西南向东北逐渐增高的空间格局,与此对应,地貌类型也依此空间格局呈现出平原、台地、低海拔丘陵的变化特征,人口密度以西南较为集中密集,距离道路的距离以西南中心向外逐渐扩散增加,驱动力因子的空间分异规律为由西南向东北逐渐变化。

3.2 耕地资源安全格局

根据以上研究方法,在 ArcGIS 中计算研究区所有栅格的综合安全值,通过地统计分析中的自然断点法划分耕地资源安全格局,将研究区耕地资源安全值划分为五个等级,Ⅰ级(非常安全),Ⅱ级(比较安全),Ⅲ级(基本安全),Ⅳ级(临界安全),Ⅴ级(不安全),并计算各个等级的耕地面积及比例,结果见表 4。

由表 4 可知,研究区耕地资源安全前三等级所占比例之和为 65.90%,Ⅳ级所占比重为 25.74%,最不安全的Ⅴ级所占比重为 8.36%,大部分耕地均处于安全状态,但临界安全等级耕地所占比例相对较高,说明存在耕地资源安全隐患,需重视这部分用地的开发和利用。Ⅰ级和Ⅱ级耕地主要分布于西南地区,中部主要为Ⅲ级,临界安全和不安全耕地主要分布于东部地区。Ⅰ级是研究区耕地最为安全的区域,但分布比例相对较少,Ⅱ级和Ⅲ级与其夹杂分布,针对此类安全区域,在以后的利用规划中要严格执行基本农田保护政策,改变传统的农业生产方式,进一步开展高产、优质、高效、生态农业建设。对于Ⅳ级地区,应加大耕地保护政策的实施力度和土地执法制度,进

一步加强耕地资源安全强度,适量加大农业投入,提高本区耕地综合生产能力。本研究区不安全耕地等级具有一定比例,应重视这部分耕地的开发利用,严格保护,合理的开发耕地后备资源,逐步改善耕地资源安全状态。

表 4 研究区耕地资源安全分级

耕地安全等级	耕地面积/km ²	所占比例/%
Ⅰ级(非常安全)	722.412	16.49
Ⅱ级(比较安全)	1063.318	24.27
Ⅲ级(基本安全)	1101.861	25.14
Ⅳ级(临界安全)	1127.795	25.74
Ⅴ级(不安全)	366.652	8.36

3.3 耕地资源安全格局空间分异

研究区各行政区耕地资源安全等级分布见表 5。由表 5 可知,Ⅰ级安全耕地中,海江镇所占比例最多,达到了 26.15%,其次为伊拉哈镇,比例为 12.02%,前进镇和联兴乡分别为 10.87%和 10.48%,这 4 个乡镇是最高安全等级分布最多的乡镇,分布比例最小的乡镇为临江乡和塔溪乡,比例分别为 0.16%和 1.15%;Ⅱ级安全耕地分布比例较高的乡镇分别为科洛镇、联兴乡和白云乡,嫩江镇分布最小;Ⅲ级安全耕地以霍龙门乡、塔溪乡、科洛镇、联兴乡、多宝山镇分布最多,并且分布比例相对均衡,嫩江镇、前进镇、双山镇分布极少;Ⅳ级安全耕地集中分布在嫩江镇和前进镇,分布比例高达 43.54%和 44.71%,Ⅳ级安全耕地作为临界安全耕地,是需要重点保护的区域,嫩江镇是县政府所在地,人口相对密集,经济发展相对较快,对耕地的影响也较大;Ⅴ级安全耕地以嫩江镇、前进镇、双山镇、临江乡、海江镇、伊拉哈镇居多,且分布相对均匀。

表 5 研究区各行政区耕地资源安全等级分布 %

行政区名称	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
白云乡	3.73	11.42	7.59	1.43	0.21
霍龙门乡	4.33	7.42	11.66	2.29	0.46
塔溪乡	1.15	5.55	11.04	1.58	0.41
嫩江镇	6.24	0.64	0.03	43.54	15.35
前进镇	10.87	7.37	0.25	44.71	14.49
双山镇	2.65	1.02	0.43	0.33	15.43
科洛镇	9.06	13.42	14.03	1.56	0.12
临江乡	0.16	4.07	7.32	0.46	16.31
海江镇	26.15	9.02	5.39	0.14	15.01
联兴乡	10.48	12.69	14.62	0.99	0.09
长江乡	3.58	2.63	1.73	0.19	0.01
多宝山镇	4.14	8.95	16.69	2.14	0.06
长福镇	5.44	8.54	6.53	0.45	6.84
伊拉哈镇	12.02	7.26	2.69	0.19	15.21
合计	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

联兴乡 I 级、II 级、III 级耕地所占的比例都达到了 10% 以上,而 IV 级和 V 级所占比例极小,是区域耕地资源安全状态较好的乡镇;虽然海江镇高安全级别耕地最多,但是不安全等级耕地也占有一定比例,差距非常大,嫩江镇 IV 级和 V 级所占比例最大,需要加强耕地保护,积极寻找影响耕地安全的原因,合理制定措施改善其耕地安全状态。

4 结 论

(1) 栅格数据作为空间数据的一种形式,可以为耕地资源安全研究提供准确的数据支持,并体现空间特征,栅格数据的空间分析功能可以为耕地资源安全研究提供有效的方法。

(2) 松嫩平原北部典型区域黑龙江省嫩江县耕地资源安全格局分为 5 个等级,临界安全以上耕地所占比例为 91.64%,大部分地区处于安全状态, I 级分布比例相对较少, II 级和 III 级与其夹杂分布,临界安全等级耕地所占比例略高,需高度重视这部分用地的开发和利用。 I 级和 II 级耕地主要分布于西南地区, III 级主要分布在中部地区,临界安全和不安全耕地主要分布于东部地区,耕地资源安全状态呈现出由西向东安全等级逐渐降低的空间地域分布格局。耕地资源安全等级在不同行政单元分布不同,人口密集、经济发展较快的乡镇临界安全等级耕地比重较大,经济发展对区域耕地资源安全具有一定的影响。

(3) 自然地理因子(高程、坡度、地貌等)作为重要的自然因素,对区域耕地资源安全格局具有重要的作用,耕地资源安全等级随着高程、坡度的增加而降低,由平原向低海拔丘陵过渡。社会经济等人文因素

对耕地资源安全具有一定影响,是耕地资源安全的主要威胁因素。受研究时间和数据获取的限制,本文只选取了最具代表性的驱动力因子计算耕地资源安全值,并且得出的安全等级只是相对本研究区的相对安全,选取更多的指标并建立数学模型确定绝对安全阈值将是下一步研究的方向。

参考文献:

[1] 许国平. 中国土地资源安全评价研究进展及展望[J]. 水土保持研究, 2012, 19(2): 276-279.

[2] 秦中春. 城镇化过程中耕地资源保护面临的挑战与政策建议[J]. 重庆理工大学学报: 社会科学版, 2013, 27(3): 1-5.

[3] 宋戈, 李丹, 王越, 雷国平. 松嫩高平原黑土区耕地利用系统安全格局及其空间演变[J]. 农业工程学报, 2014, 30(4): 212-221.

[4] 王枫, 汤惠君. 中国耕地资源安全研究进展[J]. 中国农学通报, 2011, 27(3): 471-475.

[5] 陈文波, 赵丽红, 钱奇霞. 鄱阳湖区土地利用安全格局研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(7): 86-90.

[6] 刘艳艳, 吴大放, 董玉祥, 等. 珠海市土地利用空间格局与地形的相关性研究[J]. 地理与地理信息科学, 2010, 26(3): 68-72.

[7] 徐嘉兴, 李钢, 渠俊峰, 等. 洪泽湖地区土地利用与景观改格局演变[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 20(10): 1211-1216.

[8] 王计平, 陈利顶, 汪亚峰. 黄土高原地区景观格局演变研究综述[J]. 地理科学进展, 2010, 29(5): 535-542.

[9] 韩武波, 贾薇, 孙泰森. 基于 3S 的平朔矿区土地利用及景观格局演变研究[J]. 中国土地科学, 2012, 26(4): 60-65.

[10] 宫兆宁, 张翼然, 宫辉力, 等. 北京湿地景观格局演变特征与驱动机制分析[J]. 地理学报, 2011, 66(1): 77-88.

[11] 黎燕琼, 张海鸥, 龚固堂, 等. 成都市景观生态安全格局动态变化[J]. 西南林业大学学报, 2012, 32(6): 48-58.

[12] 蒙古军, 朱利凯, 杨倩, 等. 鄂尔多斯市土地利用生态安全格局构建[J]. 生态学报, 2012, 32(21): 6755-6766.

[13] 徐辉, 雷国平, 崔登攀, 等. 耕地生态安全评价研究: 以黑龙江省宁安市为例[J]. 水土保持研究, 2011, 18(6): 180-189.

[14] 张锐, 刘友兆. 我国耕地生态安全评价及障碍因子诊断[J]. 长江流域资源与环境, 2013, 22(7): 945-951.

[15] 唐秀美, 陈百明, 路庆斌, 等. 栅格数据支持下的耕地适宜性评价研究: 以山东省章丘市为例[J]. 资源科学, 2009, 31(12): 2164-2171.

[16] 李丹, 杨金玲, 张玉娟, 梁欣. 基于 RS/GIS 的耕地资源变化特征分析[J]. 测绘与空间地理信息, 2015, 38(7): 9-11.

[17] 朱红波. 中国耕地资源安全研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2006.