

基于RS与GIS唐山市城镇扩展对耕地产能影响的定量评估

门明新¹, 陈亚恒¹, 刘玉², 魏亮¹, 许皞^{1*}

(1. 河北农业大学资源与环境科学学院, 保定 071001; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 分析研究当前区域性耕地资源数量与质量的变化格局和态势, 定量评估城镇扩展对耕地产能的影响, 具有重要的理论和现实意义。以唐山市1993年和2003年两期Landsat TM/ETM遥感影像为主要数据, 运用Erdas软件进行人机交互解译, 并借助GIS软件分析城镇扩展对耕地面积和空间分布的影响。基于农用地分等成果为基础, 通过典型调查, 建立耕地利用等指数和耕地实际产量的回归模型, 定量估算10a来城镇建设用地扩展对耕地产能造成的损失。研究表明10a来唐山市建设用地总量迅速扩展, 主要增加源为耕地, 城镇建设用地扩展占用耕地的面积达 $14.27 \times 10^3 \text{ hm}^2$, 主要分布于丰润区和丰南区, 即1993—2003年间唐山市城镇发展方向主要为南北双向扩展, 该两区产能损失分别占全市总损失产能的41.88%与37.97%, 且城镇扩展占用的多是7等以上城镇周边农业基础设施好、生产力水平较高的农田, 损失产能达 $1.35 \times 10^5 \text{ t}$, 对区域农业生产和粮食安全产生了不容忽视的影响。

关键词: 土地利用, 遥感, 生产能力, 耕地, 城镇扩展, GIS, 唐山市

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.09.050

中图分类号: F301

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-9-0282-07

门明新, 陈亚恒, 刘玉, 等. 基于RS与GIS唐山市城镇扩展对耕地产能影响的定量评估[J]. 农业工程学报, 2009, 25(9): 282—288.

Men Mingxin, Chen Yaheng, Liu Yu, et al. Quantitative assessment of urban expansion impact on comprehensive productivity of cultivated land in Tangshan city based on RS and GIS[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(9): 282—288. (in Chinese with English abstract)

0 引言

2005年, 中国的城市化率达42.99%, 随着城市化进程加速, 人口的增长及工业化、城市化的日益实现, 城镇用地需求不断加大, 城镇建设用地扩展成为当前和未来中国土地利用变化的主要特征^[1]。城镇建设用地扩展和耕地保护之间的矛盾已引起政府和社会的广泛关注^[2-6]。并且城市周边多为土壤肥沃、生产力较高的耕地, 城市扩张必然导致优质耕地的损失, 进一步加剧原本就紧张的耕地供需之间的矛盾^[7]。因此, 分析城镇快速扩展情况下耕地资源数量与质量的变化格局和态势, 定量评估城镇扩展对耕地生产能力的影响, 具有重要的理论和现实意义。

近年来, 城镇用地扩展研究成为国内外地理学界关注的热点问题之一, 国内外学者从不同角度对经济快速发展地区的耕地资源变化进行研究, 并取得了一定成果^[8-14]。田光近等基于1988—2000年全国土地利用矢量图分析了城镇占用耕地的空间分布特征^[15]; 董锁成等以江西省为例, 研究了中部粮食主产区城镇化进程中农业用地向城镇建设用地转变的面积及其分布^[16]; 姜广辉等测算了北京山区建设用地扩展的时空特征及其差异, 并探

讨了其与耕地变化的关系^[17]。总之, 目前关于城市化过程中耕地变化的研究, 更多的侧重于城镇扩展对耕地数量以及空间分布的影响, 而将耕地数量与质量变化结合起来开展区域性耕地生产能力和粮食产量损失定量评估的研究较少^[18-19]。随着农用地综合产能核算项目的开展, 为定量评估城镇扩展对耕地生产力的影响提供新的方法。

河北省唐山市是中国主要工业城市之一, 素有近代工业摇篮的美誉。随着河北经济重心向沿海、京津地区的产业转移, 城镇将以空前的速度扩展, 工业用地以每年 130 hm^2 的速度增加, 其规模和空间格局也发生了巨大变化^[20]。因此, 以河北省唐山市为例, 借助监测城镇用地扩展有良好效果的TM/ETM影像, 获得城镇扩展占用耕地的数量及空间分布状况; 在农用地分等成果的基础上, 依据农用地利用等指数和现实单产构建现实产能核算模型, 定量估算城镇扩展对耕地资源及综合生产能力的影响。

1 研究区概况

研究区域为唐山市区, 土地总面积 $3\,874 \text{ km}^2$, 包括路南区、路北区、开平区、古冶区、丰润区和丰南区, 地处环渤海湾中心地带, 东、南临渤海, 北依燕山, 西与天津、北京毗邻, 具有优越的区位优势。改革开放以来, 唐山市经济迅速发展, 综合经济实力显著增强。与此同时, 农村产业结构调整, 城镇建设用地、居民点用地扩大, 土地利用变化剧烈, 因此定量研究唐山市在社会经济发展过程中城镇建设用地扩展对耕地及生产能力造成的损失具有重要意义。

收稿日期: 2009-07-27 修订日期: 2009-08-26

基金项目: 国家重点基础研究发展规划资助项目(2005CB121107); 河北省农用地综合产能调查和评价

作者简介: 门明新(1974—), 男, 河北南皮人, 博士副教授, 研究方向为土地信息技术。Email: menmingxin@sina.com

*通信作者: 许皞(1963—), 男, 河北定兴人, 教授, 研究方向为土地资源管理。Email: xuhao22003@yahoo.com.cn

2 信息的获取与研究方法

2.1 数据处理

用于本研究的主要数据包括: 陆地卫星 TM 和 ETM (空间分辨率 30 m), 成像日期分别为 1993 年 5 月和 2003 年 5 月, 两期遥感影像成像质量较好且无云, 时间跨度为 10 a; 参考数据包括 2004 年唐山市农用地利用等别图, 1974 年 1:5 万数字地形图, 1998 年土地利用现状图和 2003 年城市土地利用现状图以及唐山市各区县历年土地利用变更调查数据。其他资料包括 2004 年农用地分等定级野外调查资料和近年来分县统计数据。

遥感影像的几何精校正以 1:5 万地形图作为参考选取控制点, 采用北京 1954 坐标系, 高斯-克吕格投影, 6° 分带方式, KRASOVSKY 椭球体。因研究区域大部分为平原, 故采用多项式校正, 本次采用 3 次多项式, 共选取 15 个控制点, 选点原则为控制点尽量均匀分布在研究区域内, 最终控制点残差为 0.52 像元, 满足精度要求。

在 ERDAS 软件的支持下, 对两期遥感影像进行直方图匹配、拼接切割等数据处理。利用矢量化后的唐山市行政区划图提取出研究区域, 选用 TM3、4、5 作为遥感分类特征波段, 进行非监督分类。

2.2 耕地变化信息的获取

考虑到 TM/ETM 影像的分辨率和可解译能力, 本文采用 2001 年全国土地利用分类系统, 结合研究区土地利用方式的属性和特点, 将唐山市土地利用分为耕地、林地、交通、水域、城市用地、城乡居民点、工业用地和滩涂 8 种类型, 通过非监督分类形成的分类模板, 进行监督分类, 最后进行人工目视解译; 通过野外采样, 对分类结果进行精度评价, 形成两期唐山市土地利用解译图 (图 1)。针对两期土地利用解译图, 采用 ERDAS8.7 的转移矩阵分析方法, 获取 1993—2003 年的土地利用变化数据, 得到建设用地扩展占用耕地的数量和空间分布特征。

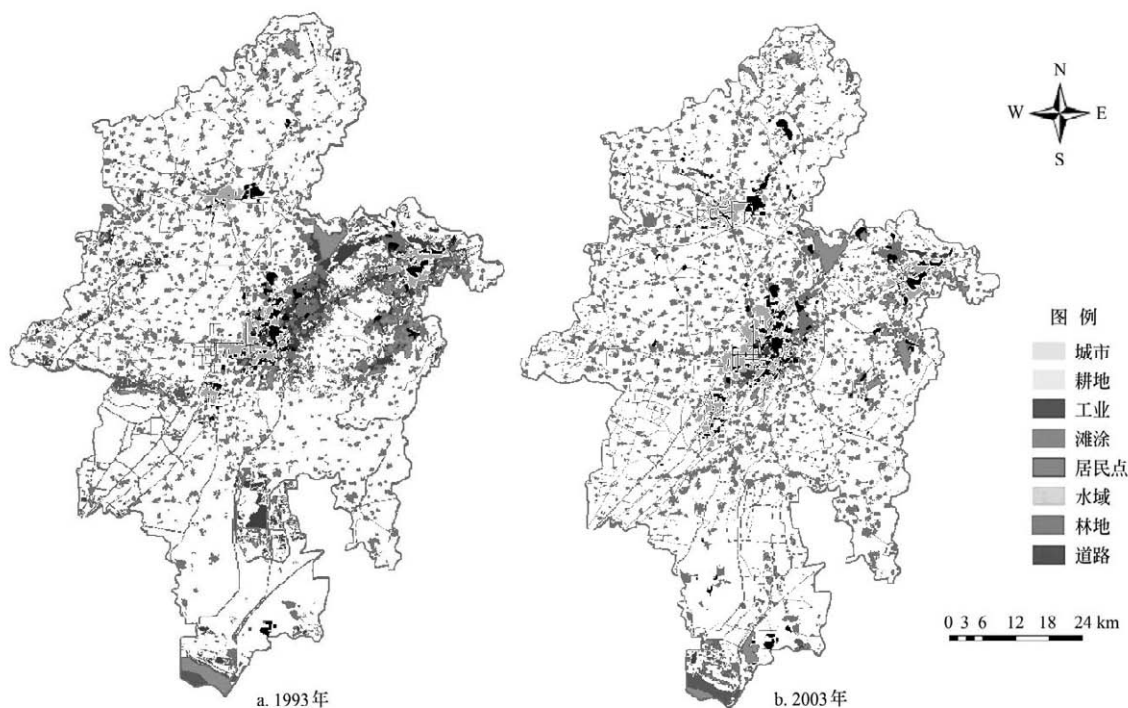


图 1 1993 年和 2003 年唐山市土地利用图

Fig.1 Land utilization map in Tangshan city in 1993 and 2003

2.3 耕地产能核算模型的建立

通过开展农用地分等定级, 掌握了农用地资源的质量状况和相对差异, 是核算农用地产能的重要数据基础^[21-22]。唐山市耕地产能核算以唐山市农用地分等成果为基础, 研究区属河北省农用地分等因素二级指标区的“燕山山前平原区”, 标准耕作制度为冬小麦夏玉米套种一年两熟。唐山市农用地共划分为 907 个单元, 收集整理每个分等单元的自然等数据、利用等数据, 基于用户调查的 3 a 粮食单产数据以及对一些指定作物现实单产样本值补充调查, 按照《农用地分等规程》中标准粮换算系数和标准耕作制度, 将指定作物的实际单产换算为标准粮实际单产。计算每个单元近 3 a 平均粮食单产, 作为单

元粮食单产数据。

耕地的现实单产同耕地的自然质量、耕作条件和利用水平有着密切关系; 利用等指数是按照标准耕作制度所确定的各指定作物在农用地自然质量条件和农用地所在土地利用分区的平均利用条件下, 所能获得的按产量比系数折算的基准作物产量指数; 利用等指数不仅与耕地自然条件有关, 也与当地人们对土地的投入和管理水平有关, 体现了现实的作物生产潜力水平, 利用等指数越高, 耕地质量越好。因此以利用等指数核算耕地现实产能是可行的, 结果也比较可靠。通过耕地利用等指数和实际标准粮产量之间的定性分析, 可知二者是一种正相关关系, 并利用样本数据进行线性与非线性相关分析,

结果显示采用线性回归模型拟合程度最好^[23-26], 所以本研究拟采用线性回归模型。经过分析筛选后确定859个有效抽样单元, 参考《农用地产能核算技术规范》^[27]建立分等抽样单元指定作物标准粮的现实单产和耕地利用等指数的函数关系。模型基本形式为

$$y_i = cY_i + d \quad (1)$$

式中: y_i ——分等单元指定作物标准粮现实单产样本值, kg/hm^2 ; Y_i ——分等单元利用等指数; c , d ——回归系数值。

所有分等单元的利用等指数代入式(1), 求得各单元的年均现实单产, 分等单元现实单产乘以相应的耕地面积可以获得耕地分等单元现实总产。

3 结果与分析

3.1 耕地利用变化分析

在 ERDAS 支持下, 利用 Matrix 功能对两期土地利用解译图进行空间叠加分析, 获得两个时期的土地利用转移矩阵。1993—2003 年唐山市耕地面积减少的主要原因是城镇建设用地扩展(包括城市建成区、建制镇、农村居民点用地以及大的独立工矿建设用地), 达到 $1.427 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占耕地损失的 59.8%; 其次是转化为水域 $4.05 \times 10^3 \text{ hm}^2$ (占 16.2%) 和林地 $1.06 \times 10^3 \text{ hm}^2$ (占 4.2%)。对建设占用耕地部分进行分析, 耕地主要转化为城乡居民点、交通工矿用地和城市建设用地, 其中转为城乡居民点的最大, 达到 $1.248 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占到耕地转出总面积的 49.96%, 其次是交通用地 18.7%, 城市建设用地增加比例较小, 仅有 7.7%。从空间分布来看如图 2 所示, 丰南区城镇建设占用耕地面积最大, 其次为丰润区、路南区、路北区、开平区、古冶区。其中, 路北区、开平区和古冶区是唐山市老城区, 该区域经济起步早, 土地利用集约程度较高, 工业用地较难有大规模的扩展。丰南、丰润城区发展相对较晚, 10 a 间建设用地扩展强烈, 集中

了新增建设用地占用耕地的 79%, 主要表现为乡镇企业用地的增长、农村居民点和开发区的兴建等。由于耕地质量的差异, 耕地的面积变化并不能完全反映耕地变化的实质, 不能简单地只从数量来衡量耕地的流失情况, 还要考虑耕地生产力的质量等级。从损失耕地的利用等别看如表 1 所示, 主要集中在 4~8 等, 其中 7 等地的面积最大, 达 $3\,432.9 \text{ hm}^2$, 占全部损失面积的 24.05%。丰润区与市区的耕地流失以利用等别较高的耕地为主。其中, 丰润区耕地损失最高等别 11 等占到 21.6%; 市区以 7 等地为主, 达到 58.2%; 丰南区等别分布相对均匀, 前三位的 5 等、7 等和 8 等地共占损失总量的 60.3%; 古冶区所流失的耕地中 62.2% 为 4 等地。

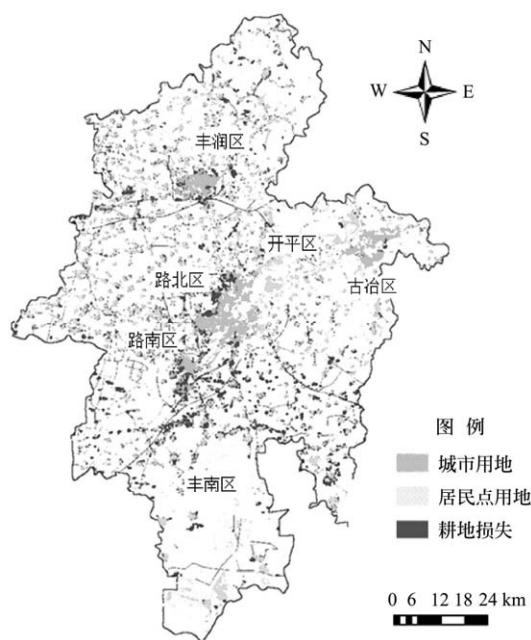


图 2 建设用地扩展占用耕地分布图
Fig.2 Distribution map of construction land expansion and arable land loss

表 1 1993—2003 年唐山市各区因建设占用的各等别耕地面积

Table 1 Area of cultivated land occupied by construction in regions of Tangshan city from 1993 to 2003

名称	耕地利用等别										汇总	百分比/%
	2 等	3 等	4 等	5 等	6 等	7 等	8 等	9 等	10 等	11 等		
丰南区	6.4	150.3	884.4	1336.6	604.9	1219.4	1006.5	509.7	341.8	46.9	6106.8	42.79
丰润区		245.6	412.1	503.1	806.7	1172.3	275.2	81.9	556.5	1119	5172.3	36.24
市区			269.6	7.9		883.8	235.4	87.4	5.7	29.5	1519.2	10.64
开平区			369.8	158.4	97.4	81.1	211.1	13.3			931.1	6.52
古冶区			337.2	14.3	19.7	76.4	72.0	22.8			542.4	3.80
汇总	6.4	395.9	2273.1	2020.3	1528.7	3432.9	1800.2	715.0	904.0	1195.4	14271.8	100
百分比/%	0.04	2.77	15.93	14.16	10.71	24.05	12.61	5.01	6.33	8.38	100	

3.2 耕地现实产能分析

以农用地分等单元为基本单元, 建立分等抽样单元的实际单产和相应的耕地利用等指数的函数模型(见图 3), 将所有分等单元的利用等指数代入函数模型求算耕地现实单产; 通过面积加权平均计算各等别的现实标准

粮单产, 作为该等别现实标准粮单产(表 2)。

从核算结果可以看出: 唐山市各利用等别的现实标准粮单产浮动区间为 $6.34 \times 10^3 \sim 12.16 \times 10^3 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 利用等别越高, 单产水平越高。10 个耕地利用等别中, 11 等地现实单产最高, 为 $12.16 \times 10^3 \text{ kg}/\text{hm}^2$; 2 等地最低, 仅

为 $6.34 \times 10^3 \text{ kg/hm}^2$ 。各利用等别间单产差距在 $500 \sim 780 \text{ kg/hm}^2$ 之间。从空间分布来看（表1、2），路南区、路北区和丰南区北部的耕地质量为最好，现实单产可达 $10.0 \times 10^3 \text{ kg/hm}^2$ 以上；丰南东部和古冶西部的大部分耕地现实单产达 $6.0 \times 10^3 \sim 10.0 \times 10^3 \text{ kg/hm}^2$ ，耕地质量属中等。现实单产较低的地区呈零散分布。

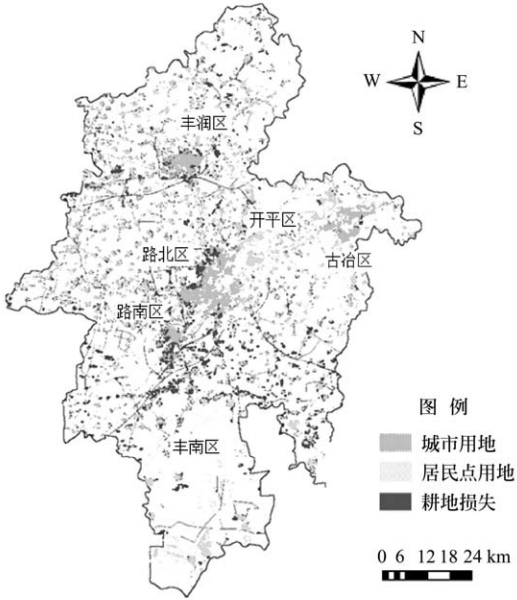


图 3 唐山市耕地利用等指数与标准粮回归分析
Fig.3 Regression relationship between the land utilization index and productivity indicator crop

表 2 唐山市耕地各利用等别现实单产汇总
Table 2 Collections of realistic productivity per unit on different cultivated land quality kg/hm^2

利用等别	现实单产
2等地	6 343.13
3等地	6 966.17
4等地	7 719.16
5等地	8 331.11
6等地	8 896.58
7等地	9 618.08
8等地	10 216.20
9等地	10 871.48
10等地	11 379.36
11等地	12 158.73

3.3 城镇扩展对耕地现实产能影响的定量评估

借助 ArcGIS 空间分析功能将 1993—2003 年唐山市城镇扩展占用耕地分布图同耕地利用等别图进行叠加运算，结合行政区划图和地形图获取耕地利用等别和现实生产能力损失的空间变化信息。以各利用等别所对应的现实单产数据为基准，耕地现实产能损失达到 $1.35 \times 10^5 \text{ t}$ 。由表 1 和表 3 可知，10 a 间唐山市各区城镇建设用地扩展占用耕地造成的现实产能的损失情况，同耕地流失面积位序相同，说明耕地面积是耕地综合产能的重要影响因素。其中丰南区损失的产能最高，达 5 443 t，占全部产能损失的 41.88%；丰润区损失的产能达 51 174.7 t，占全部损失产能的 37.97%。

表 3 1993—2003 年唐山市各区建设用地扩展耕地现实产能损失评估
Table 3 Assessment of realistic productivity loss caused by construction land expansion in every region of Tangshan in 1993-2003

名称	耕地利用等别										合计	百分比 /%
	2 等	3 等	4 等	5 等	6 等	7 等	8 等	9 等	10 等	11 等		
丰南区	40.4	1 046.7	6 827.0	11 135.2	5 381.5	11 728.5	10 283.1	5541	3 889.2	570.4	56 443.0	41.88
丰润区		1 710.9	3 181.4	4 191.2	7 176.6	11 275.0	2 811.7	890.2	6 332.2	13 605.7	51 174.7	37.97
市区			2 080.8	65.5		8 500.4	2 404.6	949.9	65.1	358.7	14 425.0	10.70
开平区			2 854.7	1 319.9	866.7	780.1	2 156.2	144.1			8 121.8	6.03
古冶区			2 602.9	119.4	175.1	734.6	735.6	248.1			4 615.7	3.42
汇总	40.4	2 757.6	17 546.8	16 831.1	13 599.9	33 018.6	18 391.1	7 773.4	10 286.5	14 534.8	134 780.2	100
百分比/%	0.03	2.05	13.02	12.49	10.09	24.50	13.65	5.77	7.63	10.78	100	

各区损失耕地的平均产能即各区损失产能与其损失耕地面积之比，结果为：丰润区 ($9.89 \times 10^3 \text{ kg/hm}^2$) > 市区 ($9.50 \times 10^3 \text{ kg/hm}^2$) > 丰南区 ($9.24 \times 10^3 \text{ kg/hm}^2$) > 开平区 ($8.72 \times 10^3 \text{ kg/hm}^2$)，古冶区 ($8.51 \times 10^3 \text{ kg/hm}^2$)。这主要因为各区损失耕地的质量不一，由于耕地质量的差异，区域耕地的数量变化并不能完全反映耕地变化的实质，不能简单地仅从耕地面积变化来衡量耕地的流失情况，还要考虑耕地生产力的质量等级。从利用等别方面分析，缩减面积最多的是 7 等地，7 等以上各等别占总缩减面积的 56.4%，对应的现实产能占总损失产能的 62.3%，主要分布于丰南、市区和丰润三区。表明城镇扩展主要侵占周边地区质量水平较好、生产力水

平较高的优质耕地资源。显然，优质耕地的减少对研究区域的耕地综合生产能力具有比较突出的影响。

3.4 耕地变化影响因素与利用改良途径分析

由于耕地质量的差异，耕地的面积变化并不能完全反映耕地变化的实质，不能简单地只从数量来衡量耕地的流失情况，还要考虑耕地生产力的质量等级。通过遥感图像并叠加耕地等别分布图与行政区划图，探测出耕地数量、质量变化的空间分布及扩展信息。研究发现唐山市转为新增建设用地的耕地主要集中在原有城镇居民点周围以及沿公路交通线延伸，城镇建设用地扩张占用多是城镇周边地势平坦、交通便利、土壤质量较高的优质耕地；并且由于城镇周边耕地的物质投入能力强和农

业基础设施好,建设占用较高质量耕地的是造成该地区生产能力损失的主要方面。究其原因是近年来唐山市社会经济的高速发展和人口快速增长,而优越的区位条件以及耕地与建设用地间巨大的经济效益差异是临近城市的耕地转变为建设用地的直接动因。因此,如何正确处理保护耕地与建设扩展的关系,尤其是耕地与城镇用地和工矿用地扩展的关系已成为耕地保护的关键。

从唐山市耕地质量总体空间分布看,路南区、路北以及丰南区北部的耕地耕性良好,土壤养分中等偏上,有水源保证,灌排条件好,基本无限制因素,现实单产可达 $10.0 \times 10^3 \text{ kg/hm}^2$ 以上,该区域应切实保护好这些耕地,继续培肥地力,实现集约化经营,提高产出效益;丰南东部和古冶西部的大部分地势平坦,少部分为梯田,水源基本有保证,土壤质地偏沙或偏黏,物理性状稍差,耕层养分中下等,低洼处受洪涝、盐碱危害,农作物产量中等,现实单产达 $6.0 \times 10^3 \sim 10.0 \times 10^3 \text{ kg/hm}^2$,增产潜力大,可逐步改造成高产农田;现实单产较低的地区分布较分散,主要受水源条件限制,土壤质地差,耕层养分贫瘠,产量低而不稳定,对这类土地要采用旱作农业的配套措施,提高天然降水利用率,部分耕地可用于发展林果业。

4 结论与讨论

4.1 结论

1) 1993—2003年唐山市城镇化过程中耕地面积锐减,10 a间城镇建设用地扩展占用耕地总面积为 $14.27 \times 10^3 \text{ hm}^2$,占耕地总损失的59.8%,主要分布于丰润区和丰南区,即1993—2003年间唐山市城镇发展方向主要为南北双向扩展。该两区产能损失分别占全市总损失产能的41.88%和37.97%,且主要为7等以上高等别耕地。可见,城镇建设用地扩展占用耕地是该区域耕地面积减少和产能降低的主要原因。

2) 城镇建设用地的扩张引起耕地的不断缩减,造成耕地产能的巨大缩减,极大的影响了粮食生产。并且城镇周边地区农业基础设施好、生产力水平较高的耕地资源缩减比例较大,根据目前的耕地现实单产水平,年损失的耕地现实产能达到 $1.35 \times 10^5 \text{ t}$ 。应用农用地分等成果和耕地综合产能核算成果将有助于量化估算因耕地流失造成的耕地生产能力损失量,协调耕地保护和城镇扩展用地之间矛盾。随着农用地分等和综合产能核算工作在全国的推进和完成,本研究为其它地区开展相关研究提供可借鉴的经验。

3) 建立在农用地分等定级基础上的耕地综合产能核算在耕地保护工作中提供重要的数据支撑,有助于协调中国粮食安全与工业化、城镇化发展和生态平衡之间的关系,保证中国实现土地的可持续利用,并最终实现社会经济的可持续发展。

4.2 讨论

1) 耕地产能核算中,依据《农用地分等规程》规定的标准耕作制度和指定作物转化为标准粮乘以相应的耕地面积来计算耕地产能,不考虑品种结构和粮经比问题,

与容易受经济形势、经营管理状况等因素影响造成粮食产量变动的统计数据相比,更能真实地反映耕地生产能力的变化情况。

2) 本文以遥感技术提取区域性耕地信息和耕地变化信息,尝试性的核算耕地产能变化状况。建立全国统一的区域不同指定作物遥感解译标志是全面利用遥感进行耕地综合生产能力核算应解决的技术难点。

3) 耕地综合生产能力包含了不同的层次,耕地产能单产是耕地产能的基础,其层次划分的越多,耕地产能核算的结果也就越相对精确。本文仅从利用等别核算了耕地现实产能的损失状况,为了能全面考虑耕地生产能力的损失情况,应该结合自然等别反映的耕地理论产能综合分析,反映因耕地自然状况与利用水平差异等造成的耕地在产能上表现出来的差异,为城镇规划实现区域景观的合理优化,耕地资源和建设用地的合理有序配置,在区域开发的同时保证粮食生产以及生态功能的正常发挥提供依据。

[参 考 文 献]

- [1] 张定祥,潘贤章,李贤文.近17年城镇用地扩展对粮食生产影响的定量评估研究:以江苏省常熟市为例[J].地理科学,2004,24(1):31—36.
Zhang Dingxiang, Pan Xianzhang, Li Xianwen, et al. Evaluating loss of rice yield caused by city expansion in recent 17 years: A case study of Changshu city from 1984-2001[J]. Scientia Geographica Sinica, 2004, 24 (1): 31—36. (in Chinese with English abstract)
- [2] 李翠珍,孔祥斌,秦静,等.大都市区农户耕地利用及对粮食生产能力的影响[J].农业工程学报,2008,24(1):101—107.
Li Cuizhen, Kong Xiangbin, Qin Jing, et al. Cultivated land use of peasant households in metropolitan suburbs and its effect on grain production capacity [J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(1): 101—107. (in Chinese with English abstract)
- [3] 黄季焜,朱莉芬,邓祥征.中国建设用地扩张的区域差异及其影响因素[J].中国科学: D辑:地球科学,2007,37(9):1235—1241.
Huang Jikun, Zhu Lifan, Deng Zhengxiang. Regional differences and affecting factors of construction land expansion in China[J]. Science in China: Series D:Earth Sciences, 2007, 37(9): 1235—1241. (in Chinese with English abstract)
- [4] 谈明洪,吕昌河.城市用地扩展与耕地保护[J].自然资源学报,2005,20(1):52—58.
Tan Minghong, Lü Changhe. Urban Land Expansion and Farmland Loss in China[J]. Journal of Natural Resources, 2005, 20(1): 52—58. (in Chinese with English abstract)
- [5] 郑宇,刘彦随.工业化城市化进程中土地利用类型转换驱动力研究:以无锡市为例[J].经济地理,2007,27(5):805—810.
Zheng Yu, Liu Yansui. Study on driving forces on land use type conversion in the process of industrialization and urbanization: A case study of Wuxi[J]. Economic Geography,

- 2007, 27(5): 805—810. (in Chinese with English abstract)
- [6] Chen Jie. Rapid urbanization in China: A real challenge to soil protection and food security[J]. *Catena*, 2007, 69: 1—15.
- [7] 姜广辉, 张凤荣, 吴建寨, 等. 北京山区建设用地扩展及其与耕地变化关系研究[J]. *农业工程学报*, 2006, 22(10): 88—93.
- Jiang Guanghui, Zhang Fengrong, Wu Jianzai, et al. Construction land expansion and its relationship with cultivated land in Beijing mountainous areas [J]. *Transactions of the CSAE*, 2006, 22(10): 88—93. (in Chinese with English abstract)
- [8] 刘纪远, 刘明亮, 庄大方, 等. 中国近期土地利用变化的空间格局分析[J]. *中国科学: D辑: 地球科学*, 2002, 32(12): 1031—1041.
- Liu Jiuyan, Liu Mingliang, Zhuang Dafang, et al. Study on the spatial pattern of land use change in recent in China[J]. *Science in China: Series D: Earth Sciences*, 2002, 32(12): 1031—1041. (in Chinese with English abstract)
- [9] 张文忠, 王传胜, 薛东前. 珠江三角洲城镇用地扩展的城市化背景研究[J]. *自然资源学报*, 2003, 18(5): 576—582.
- Zhang Wenzhong, Wang Chuansheng, Xue Dongqian. Urbanization base of city-land use expansion in the Zhujiang River Delta [J]. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18(5): 576—582. (in Chinese with English abstract)
- [10] 谈明洪, 李秀彬, 吕昌河. 20世纪90年代中国大中城市建设用地扩展及其对耕地的占用[J]. *中国科学 D 辑*, 2004, 34(12): 1157—1165.
- Tan Minghong, Li Xiubin, Lü Changhe. Effect of cultivated land occupied by construction land expansion of large and medium cities of China in the 1990s [J]. *Science in China (Series D: Earth Sciences)*, 2004, 34(12): 1157—1165. (in Chinese with English abstract)
- [11] 何书金, 李秀彬, 朱会义, 等. 环渤海地区耕地变化及动因分析 [J]. *自然资源学报*, 2002, 17(3): 345—352.
- He Shujin, Li Xiubin, Zhu Huiyi, et al. Driving force analysis of land use change in Bohai Rim[J]. *Journal of Natural Resources*, 2002, 17(3): 1157—1165. (in Chinese with English abstract)
- [12] 张军岩, 贾绍凤, 高婷. 石家庄城市化过程中的耕地变化 [J]. *地理学报*, 2003, 58(4): 620—628.
- Zhang Junyan, Jia Shaofeng, Gaoting. Cultivated land change in urbanization process of Shijiazhuang City[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2003, 58(4): 620—628. (in Chinese with English abstract)
- [13] Patrick Jantz, Scott Goetz, Claire Jantz. Urbanization and the loss of resource lands in the Chesapeake Bay watershed[J]. *Environmental Management*, 2005, 36(6): 808—825.
- [14] Nizeyimana E L, Petersen G W, Imhoff M L, et al. Assessing the impact of land conversion to urban use on soils with different productivity levels in the USA[J]. *Soil Sci Soc Am J*, 2001, 65: 391—402.
- [15] 田光进, 周全斌, 赵晓丽, 等. 中国城镇扩展占用耕地的遥感动态监测[J]. *自然资源学报*, 2002, 17(4): 476—480.
- Tian Guangjin, Zhou Quanbin, Zhao Xiaoli, et al. Monitoring urban encroachment on cultivated land with TM images in China [J]. *Journal of Natural Resources*, 2002, 17(4): 476—480. (in Chinese with English abstract)
- [16] 高志强, 刘纪远, 庄大方. 我国耕地面积重心及耕地生态背景质量的动态变化[J]. *自然资源学报*, 1998, 13(1): 92—96.
- Gao Zhiqiang, Liu Jiuyan, Tian Guangjin. The dynamic changes of the gravity center of the farmland area and the ecological background in China[J]. *Journal of Natural Resources*, 1998, 13(1): 92—96. (in Chinese with English abstract)
- [17] 董锁成, 齐晓明, 范振军. 中部粮食主产区城镇化进程中农村土地变化的GIS分析和对策研究: 以江西省为例[J]. *自然资源学报*, 2006, 21(5): 709—716.
- Dong Suocheng, Qi Xiaoming, Fan Zhenjun. GIS analysis of rural land use change in the urbanization process, and countermeasures: A case study of Jiangxi Province[J]. *Journal of Natural Resources*, 2006, 21(5): 709—716. (in Chinese with English abstract)
- [18] 檀满枝, 陈杰, 张学雷. 南京市近20年城镇用地扩展对土壤资源数量和质量的影响[J]. *土壤学报*, 2005, 42(6): 896—903.
- Tan Manzhi, Chen Jie, Zhang Xuelei. Impacts of urban expansion on quantity and quality of soils in Nanjing in twenty years [J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2005, 42(6): 896—903. (in Chinese with English abstract)
- [19] 石淑芹, 陈佑启, 姚艳敏, 等. 基于3S技术的区域性耕地资源变化影响评价模式研究[J]. *农业工程学报*, 2008, 24(7): 91—96.
- Shi Shuqin, Chen Youqi, Yao Yanmin, et al. Methodology for impact assessment of regional cultivated land resources change based on 3S technology[J]. *Transactions of the CSAE*, 2008, 24(7): 91—96. (in Chinese with English abstract)
- [20] 石淑芹, 陈佑启, 姚艳敏, 等. 东北地区耕地变化对粮食生产能力的影响评价[J]. *地理学报*, 2008, 63(6): 574—586.
- Shi Shuqin, Chen Youqi, Yao Yanmin, et al. Impact assessment of cultivated land change upon grain productive capacity in Northeast China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2008, 63(6): 574—586. (in Chinese with English abstract)
- [21] 潘洪义, 门明新, 许皞. 基于RS与GIS唐山市工业用地空间扩展模式研究[J]. *中国土地科学*, 2007, 21(1): 48—52.
- Pan Hongyi, Men Mingxin, Xu Hao. Study on spatial expansion pattern of industrial land in Tangshan based on RS and GIS[J]. *China Land Science*, 2007, 21(1): 48—52. (in Chinese with English abstract)
- [22] 李天杰, 郇文聚, 赵焯, 等. 土地质量、生产能力与粮食安全相关研究的现状及展望[J]. *资源与产业*, 2006, 8(1): 19—23.
- Li Tianjie, Yun Wenju, Zhao Ye, et al. Situation and prospects of researches on land quality, land productivity and food security[J]. *Resources & Industries*, 2006, 8(1): 19—23. (in Chinese with English abstract)
- [23] 高向军, 马仁会. 中国农用地等级评价研究进展[J]. *农业工程学报*, 2002, 18(1): 165—169.

- Gao Xiangjun, Ma Renhui. Research advances of gradation and evaluation of agricultural land in China[J]. Transactions of the CSAE, 2002, 18(1): 165—169. (in Chinese with English abstract)
- [24] 崔永清, 门明新, 许皞, 等. 河北省不同耕作区综合产能空间分异规律[J]. 农业工程学报, 2008, 24(7): 91—96. Cui Yongqing, Men Mingxin, Xu Hao, et al. Spatial variation and distribution of comprehensive productivity of cultivated land in different cultivation areas of Hebei Province[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24 (7): 91—96. (in Chinese with English abstract)
- [25] 郦文聚, 王洪波, 王国强, 等. 基于农用地分等与农业统计的产能核算研究[J]. 中国土地科学, 2007, 21(4): 32—37. Yun Wenju, Wang Hongbo, Wang Guoqiang, et al. Research of throughput calculation based on agricultural land classification and agriculture statistics[J]. China Land Science, 2007, 21(4): 32—37. (in Chinese with English abstract)
- [26] 饶彩霞, 吴克宁, 许琳. 基于农用地分等成果的产能核算: 以湖南、河南、黑龙江为例[J]. 资源开发与市场, 2008, 24(1): 16—17, 91. Rao Caixia, Wu Kening, Xu Lin. Calculating yield potentiality based on result of agricultural land classification: A case of Hunan, Henan, Helongjiang Province[J]. Resources & Industries, 2008, 24(1): 16—17, 91. (in Chinese with English abstract)
- [27] 国土资源部. 农用地产能核算技术规范[R], 北京: 国土资源部土地整理中心, 2007.

Quantitative assessment of urban expansion impact on comprehensive productivity of cultivated land in Tangshan city based on RS and GIS

Men Mingxin¹, Chen Yaheng¹, Liu Yu², Wei Liang¹, Xu Hao^{1*}

(1. College of Resources and Environmental Sciences, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China;

2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Beijing 100101, China)

Abstract: It is of great significance to research the changing patterns of current regional cultivated land and to explore its impact on grain productivity. With the assistance of Erdas software, the actual land use map and statistics data of Tangshan, the maps about the urban land expansion distribution in Tangshan were acquired by interpreting LANDSAT and TM/ETM images of 1993 and 2003 with the aid of the technology of RS and GIS. Method of man-machine interactive operation was applied to interpret LANDSAT and TM/ETM images of 1993 and 2003. Meanwhile, according to the database of soil attributes and spatial parameters in classification and gradation for farming land in Tangshan, the correlation relationship between the land utilization index and the realistic productivity was established. The loss of cultivated land and comprehensive productivity caused by the urban expansion from 1993 to 2003 was studied and analyzed by methods of the statistical analysis and the spatial analysis. The results indicated that the cultivated land resource in Tangshan was occupied $14.27 \times 10^3 \text{ hm}^2$ in the urbanization expansion during the past ten years. Especially, the cultivated land with high productivity and favorable facilities in the suburbs was decreasing much faster because of their close contiguity to the expanding city, and the total loss of the capacity of cultivated land caused by land shrinkage reached 135 thousand tons. Finally, it might be concluded that rapid urbanization was posing an increasing pressure on land resources, of which the impact on regional agricultural production and food security allowed no neglect.

Key words: land use, remote sensing, productivity, cultivated land, urban expansion, GIS, Tangshan city