

城市化、食物消费转型及其生态环境影响

张少春¹ 闵师^{2,*} 马瑞³ (1. 内蒙古财经大学 经济学院, 内蒙古 呼和浩特, 010070; 2. 北京大学 现代农学院、中国农业政策研究中心, 北京, 100871; 3. 北方民族大学 管理学院, 宁夏 银川, 750027)

【摘要】利用 1981~2015 年城乡人口分布与居民食物消费的时间序列数据, 定量分析了中国城市化的发展进程、城乡居民食物消费的转型趋势及其生态环境影响, 并通过非参数方法估计了城市化与中国食物消费结构转型及其生态环境影响的非线性关系。结果表明: 过去三十多年间随着中国城市化水平不断提高, 城乡居民的畜禽肉蛋类等食物消费持续增加; 城市化与食物消费结构转型增加了居民饮食的碳足迹、水足迹、氮足迹与生态足迹, 带来了巨大的生态环境压力和严重的污染问题; 随着未来我国城市化步伐的进一步推进与食物消费转型升级, 人口、资源与环境压力将日益突出。最后, 提出了通过减少食物浪费、提高粮食进口量, 缓解我国农业资源与生态环境压力的政策建议。

【关键词】城市化; 食物消费; 碳足迹; 水足迹; 氮足迹; 生态足迹

【中图分类号】F062.2 **【文献标识码】**A

改革开放以来, 随着中国经济的持续增长, 人均工资不断提高, 越来越多的农业劳动力转移到城市以寻求更好的发展机会, 引起了城市人口的显著增长。根据国家统计局年鉴数据, 1981 年我国城市人口仅占全国人口的 20%; 到 2011 年, 我国城市人口首次超过农村常住人口, 以城市人口所占比例计算的城市化率超过 50%, 而 2015 年城市化率超过 56%。根据联合国开发计划署预测, 到 2030 年, 中国城市化水平将达到 70%^[1]。

城市化进程通常伴随着居民食物消费需求的结构性变化^[2]。以往的研究表明, 随着城市化进程的深入, 居民显著减少了对大米和面粉等粮食消费, 而消费越来越多的肉类^[3-5]。居民食物消费经历了从生存型到数量型、再到质量型的转变^[6]。由于肉类生产通常需要消耗更多的粮食, 居民食物消费结构的这些变化对我国粮食生产供给带来巨大冲击, 也增加了粮食安全风险^[5]。考虑到我国巨大的人口基数, 居民食物消费的任何变化都将对国内

外粮食市场有着深刻影响^[7]。此外, 居民食物消费的结构变化也对农产品生产的生态与环境承载力带来了巨大压力^[8, 10]。

利用足迹理论与方法分析我国居民食物消费的资源环境效应, 并探讨居民食物消费升级所带来的生态环境负荷, 可以全面反映中国食物消费变化对耕地和水等资源占用的影响情况, 同时也可以对保障中国食物安全所需的资源基础进行全面合理地评估, 具有重要的现实意义^[8]。足迹研究是当前生态经济学和可持续发展领域的热点与前沿课题, 其中生态足迹、水足迹、碳足迹和氮足迹是评估人类资源消费等活动生态环境影响的重要指标^[12]。在以往评估食物消费与农产品生产的环境影响的研究中, 生态足迹^[8-10, 12-16]、水足迹^[10, 12, 17-20]、碳足迹^[10, 21, 22]和氮足迹^[6, 23, 24]的方法被广泛应用。

尽管文献中部分研究探讨了我国城市化进程中食物消费的生态、水、碳和氮等足迹及其环境负荷^[3, 25-29], 但往往是通过城市化和农村居民食物消费的分别评估而间接地探讨城市化的影响。Hubacek et al.^[30]基于城市化轨迹与居民生活方式与社会经济的趋势变化, 利用投入产出法直接分析了城市化所引起的生态足迹与水足迹的变动。然而该研究的关注对象比较宽泛, 衡量了农业、制造业、能源、交通与服务等居民全部生产活动的环境

基金项目: 国家自然科学基金重点项目“国家食品安全预测预警和发展战略研究(71333013)”; 中国博士后科学基金资助项目(2017M620536)

* 通讯作者: 闵师(1987-), 男, 汉族, 辽宁沈阳市人, 博士后。主要从事发展与农业经济、农村经济转型、自然资源经济与可持续发展等研究。Email: min_ccap@pku.edu.cn

影响,并没有针对食物消费进行深入详细的探讨。截至目前,仍然缺乏必要的研究能够直接评估城市化进程是如何影响食物消费结构升级及其生态环境影响的。因此,本文试图运用统计学与计量经济学的研究方法,探讨城市化对我国食物消费转型的影响,进而定量分析城市化对食物消费的生态足迹、水足迹、碳足迹和氮足迹等环境指标的影响。

1 数据与研究方法

1.1 指标选取及数据来源

本研究中所用数据来源于1981~2016历年《中国统计年鉴》,包括:城镇人口与农村人口统计数据,和城镇居民与农村居民的食物消费数据。其中,城市化率假设为城镇人口占全国总人口的比例,而食物消费结构采用粮食(谷物、薯类与豆类)、蔬菜(蔬菜与食用菌)、肉类(猪肉、牛肉、羊肉和禽肉)、蛋类

和水产品的人均每年消费量作为指标。

根据以往研究^[10,11,28],食物消费的生态足迹、水足迹、碳足迹与氮足迹分别定义为给定人口和经济条件下,居民所消费各类食物所需的生物生产性土地面积($\text{global m}^3 \text{kg}^{-1}$)、累计虚拟水含量($\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$)、直接和间接的温室气体排放量,即二氧化碳当量($\text{kg CO}_2\text{e kg}^{-1}$)与直接和间接排放的活化氮总和(g kg^{-1})。

单位食物消费(kg^{-1})的生态足迹、碳足迹和水足迹数据来源于吴燕等^[12]、Song et al.^[10]与李明净^[28]的估算,而氮足迹是于洋等^[6]、李玉炫等^[23]及洗超凡和欧阳志云^[24]估算数据的平均值。其中,粮食与肉类的各类足迹是采用所引用研究中各分项食物的足迹的平均值。表1汇总了单位食物消费的环境影响,其中肉类消费的各类足迹明显高于其他类食物。

表1 食物消费的环境影响

食物类别	生态足迹 ($\text{gm}^2 \text{kg}^{-1}$)	水足迹 ($\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$)	碳足迹 ($\text{kg CO}_2\text{e kg}^{-1}$)	氮足迹 (g kg^{-1})
粮食(谷物、薯类、豆类)	9.87	1.45	1.10	0.17
蔬菜和食用菌	2.10	0.27	0.93	0.02
肉类(猪、牛、羊、禽)	59.43	7.75	9.85	0.28
蛋类	14.41	3.28	3.23	0.21
水产品	78.25	3.10	3.85	0.25

1.2 研究方法

城市化发展对食物消费的影响主要体现在两个方面:一是城市化对人均各类食物消费量(q)所带来的变化(Δq);二是城市人口增加引起的各类食物消费总量的变动(ΔQ)。假设 t 年城镇人口数为 p_t^u ,农村人口数为 p_t^r ,城镇居民与农村居民每年对 i 类食物的消费量为 q_{it}^u 与 q_{it}^r ,那么:

$$\Delta q_{it} = q_{it}^u - q_{it}^r \quad (1)$$

$$\Delta Q_{it} = p_t^u \times q_{it}^u - p_t^r \times q_{it}^r \quad (2)$$

$$Q_{it} = p_t^u \times q_{it}^u + p_t^r \times q_{it}^r \quad (3)$$

其中 Δq_{it} 表示在第 t 年城市化引起的第 i 类食物的人均消费量的变化, ΔQ_{it} 是在第 t 年城市化引起的第 i 类食物的消费总量的变化,而 Q_{it} 是在第 t 年全国居民对第 i 类食物消费的总量。另外,城市化率 U_t 可以通过公式(4)计算:

$$U_t = p_t^u / (p_t^u + p_t^r) \quad (4)$$

食物消费的生态环境影响可以利用统计年鉴中的食物消费数据与文献中单位食物消费的各类足迹

进行估算。假设第 i 类食物的单位生态足迹是 EF_i ,水足迹是 WF_i ,碳足迹是 CF_i ,氮足迹是 NF_i ,那么第 t 年城市居民人均食物消费的各类足迹可以表示为:

$$EF_t^u = \sum_i q_{it}^u \times EF_i \quad (5a)$$

$$WF_t^u = \sum_i q_{it}^u \times WF_i \quad (5b)$$

$$CF_t^u = \sum_i q_{it}^u \times CF_i \quad (5c)$$

$$NF_t^u = \sum_i q_{it}^u \times NF_i \quad (5d)$$

而农村居民第 t 年人均食物消费的各类足迹表示为:

$$EF_t^r = \sum_i q_{it}^r \times EF_i \quad (6a)$$

$$WF_t^r = \sum_i q_{it}^r \times WF_i \quad (6b)$$

$$CF_t^r = \sum_i q_{it}^r \times CF_i \quad (6c)$$

$$NF_t^r = \sum_i q_{it}^r \times NF_i \quad (6d)$$

那么,第 t 年全国居民食物总消费的各类足迹

表示为:

$$EF_t = p_t^u \times EF_t^u + p_t^r \times EF_t^r \quad (7a)$$

$$WF_t = p_t^u \times WF_t^u + p_t^r \times WF_t^r \quad (7b)$$

$$CF_t = p_t^u \times CF_t^u + p_t^r \times CF_t^r \quad (7c)$$

$$NF_t = p_t^u \times NF_t^u + p_t^r \times NF_t^r \quad (7d)$$

采用非参数估计的方法,定量分析城市化与食物消费转型及其生态足迹、水足迹、碳足迹和氮足迹的相关性。与计量经济学中主流的参数估计法不同,非参数估计法一般不对模型的具体分布做任何假设,这样就避免了假定较强而引起的模型设定误差,结果相对更为稳健^[31]。因此,本文采用 Rosenblatt^[32]提出的核密度估计法(Kernel Density Estimation)。与以往的研究不同,首先,我们将直接评估城市化(U_t)与我国居民各类食物消费总量(Q_{it})的关联性;其次,本文首次定量估计了城市化(U_t)与全国居民食物总消费的各类足迹(EF_t, WF_t, CF_t 和 NF_t)之间关系。

2 结果与分析

2.1 统计分析城市化与食物消费转型趋势

改革开放以后,我国城市化进程主要经历了三个阶段。尽管20世纪80年代的中前期,城市化经历了一个快速的发展过程,从1981年到1989年城市化率(U_t)从20%增加26%,然而在80年代末及90年代初,中国城市化发展速度明显放缓,到1995年城市化率仅为29%;之后发生根本性转折,城市化迅速发展、呈线性增加,从1995年到2015年,城市化率从29%增加到了56%,迈出了我国城市化进程的重要步伐。

随着城市化发展与农产品市场不断完善,中国城乡居民食物消费也发生了结构性转型。无论是在城市(q_{it}^u)还是在农村(q_{it}^r),居民对粮食与蔬菜的年人均消费持续减少,而消费了越来越多的肉、蛋和水产品等^[2, 4, 8, 28]。

图1显示了城乡居民对各类食物人均消费量差异随时间的变化。由于2000年之前农村居民粮食消费量相对比较稳定,而城市居民的粮食消费量持续下降,城市居民比农村居民消费了越来越少的粮食;随着2000年之后农村居民对粮食消费的减少,城乡居民粮食消费差距越来越小。不过,城市居民对其他类食物的消费量始终高于农村居民。

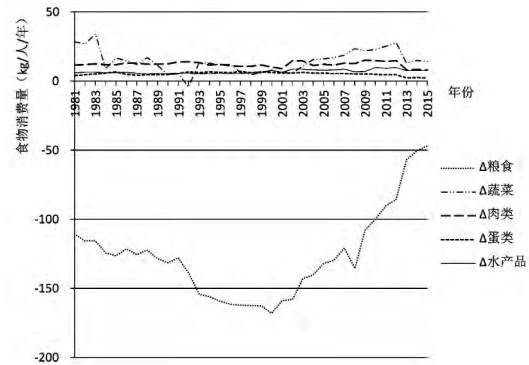


图1 城乡居民年人均食物消费差异(Δq_{it}) (1981~2015)

图2进一步统计了考虑到城乡人口数之后,城市与农村居民对各类食物消费总量的差异。首先,尽管城市居民对粮食与蔬菜消费的总量在2007年之前始终低于农村居民,但是2007年之后城市居民消费了更多的蔬菜,而2015年的时候城乡粮食消费总量已经非常接近。按照这样的趋势,未来几年内城市居民将会比农村居民消费更多的粮食。其次,在2000年之后城市居民比农村居民消费了越来越多的肉、蛋和水产品。总的看来,未来几年城市居民对各类食物的消费总量将全部超过农村居民。因此,未来中国城市化的发展将会对城市居民的粮食、蔬菜、肉、蛋、水产品等全部食物的生产与供给带来明显压力。

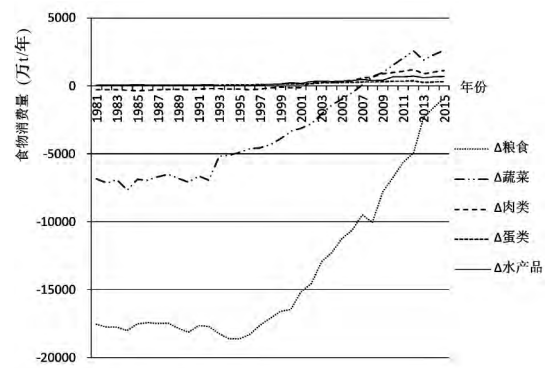


图2 城乡居民食物消费总量差异(ΔQ_{it}) (1981-2015)

最后,从全国居民食物消费的总体趋势来看(图3),与人均食物消费结构转型相一致,粮食与蔬菜消费需求越来越少,而其他类食物消费逐年增加,特别是肉类消费增长趋势明显。不过,图3也表明了居民对各类食物总体消费需求的趋势线存在一定的异质性。在20世纪80年代居民对粮食与蔬

菜的消费需求逐年增加 不过到 90 年代发生转折呈现递减趋势。1990 年全国居民粮食消费量超过 2.5 亿 t,而到了 2015 年还不到 2 亿 t。虽然肉、蛋与水产品的消费需求一直在增长,但是蛋类与水产品的消费需求增长相对比较缓慢,而肉类消费量翻了几倍,从 1981 年的 1100 多万吨到 2015 年的近 5000 万 t。根据闵师等^[34]的研究,由于国家统计数据对外肉类消费数据的低估,居民实际肉类消费量可能要远高于 5000 万 t。

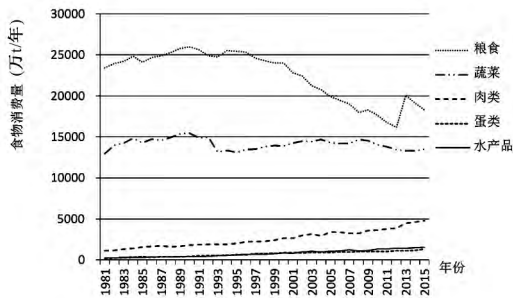


图3 全国居民食物消费总量 (Q_{it}) (1981 ~ 2015)

2.2 居民食物消费生态足迹、水足迹、碳足迹与氮足迹的估算

根据公式 (5a) — (7d),进一步估算了从 1981 年到 2015 年全国居民对各类食物总消费的生态足迹 (EF)、水足迹 (WF)、碳足迹 (CF) 与氮足迹 (NF)。结果如图 4 所示,我国居民食物消费的各类足迹逐年增长,从总体上表明我国食物消费升级转型带来了越来越严重的环境负荷。

首先,从生态足迹来看,生产全部食物的虚拟土地(包括:耕地、草地和林地等)从 1981 年的 3.5 亿 hm^2 到 2015 年增加到超过 6 亿 hm^2 (细实线)。图 4 中细虚线代表了用于生产粮食的虚拟耕地面积,在 2015 年约为 1.8 亿 hm^2 ,远超过全国耕地面积 1.34 亿 hm^2 ,约 4500 多万公顷虚拟土地是通过进口粮食而实现^[34]。这在一方面突出了我国的粮食生产压力与粮食安全风险,另一方面也表明了通过粮食国际贸易而进口虚拟土地对我国粮食安全压力的缓解作用^[34, 35]。

其次,在我国水资源比较短缺的背景下,食物生产的虚拟水需求不断提高,进一步加剧了我国的水资源压力。食物消费碳足迹的增长最为迅速,从 1981 年到 2015 年,食物生产而排放的 CO_2 当量从 5

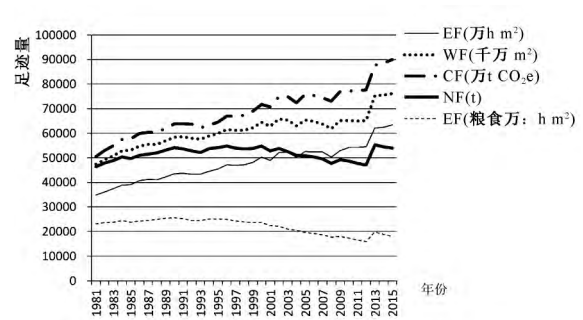


图4 全国居民食物消费的生态足迹、水足迹、碳足迹和氮足迹

亿 t 增加到近 9 亿 t。尽管食物消费的氮足迹也呈现缓慢的增长趋势,但是主要表现为在 5 万 t 上下波动,说明我国居民食物消费转型可能并不会显著增加对氮的排放。

2.3 非参数估计城市化与食物消费转型及其生态环境影响的相关性

利用核密度估计的非参数估计方法,我们分别估计了城市化率与全国居民各类食物消费及各类足迹的相关性。图 5 和图 6 中实线代表核密度估计函数曲线,而虚线是线性拟合线。总的来说,结果表明城市化并不总是与食物消费和各类足迹呈线性关系。因此,利用参数回归可能会导致对其中某些非线性关系的估计偏误。

首先,如图 5 所示,城市化率与居民的肉类、蛋类和水产品类食物消费近似线性正相关,但与粮食与蔬菜消费是非线性关系。这种非线性关系可能与中国的经济制度改革有关。改革开放后,中国从计划经济过渡到市场经济体制,而农产品从统购统销到市场化,这一系列改革使得城市化对粮食和蔬菜需求的影响呈现出一种扭曲的曲线关系。20 世纪 90 年代中后期,市场化改革之后,城市化与粮食和蔬菜需求的关系才更加清晰。随着城市化进程,居民消费越来越少的粮食,同时消费越来越多的蔬菜,而当城市化水平超过 50% 之后,居民对蔬菜的消费量也逐渐减少,这可能是由于居民对蔬菜需求从量到质的转变。此外,目前看来,城市化对居民的肉、蛋和水产品等食物消费仍处于推动阶段。从发达国家的经验看来,这种趋势将会持续到城市化达到某一点,然后肉、蛋和水产品等食物消费才会放缓,甚至可能出现如蔬菜消费那样的转折点。

其次,随着城市化的发展,居民食物消费消耗

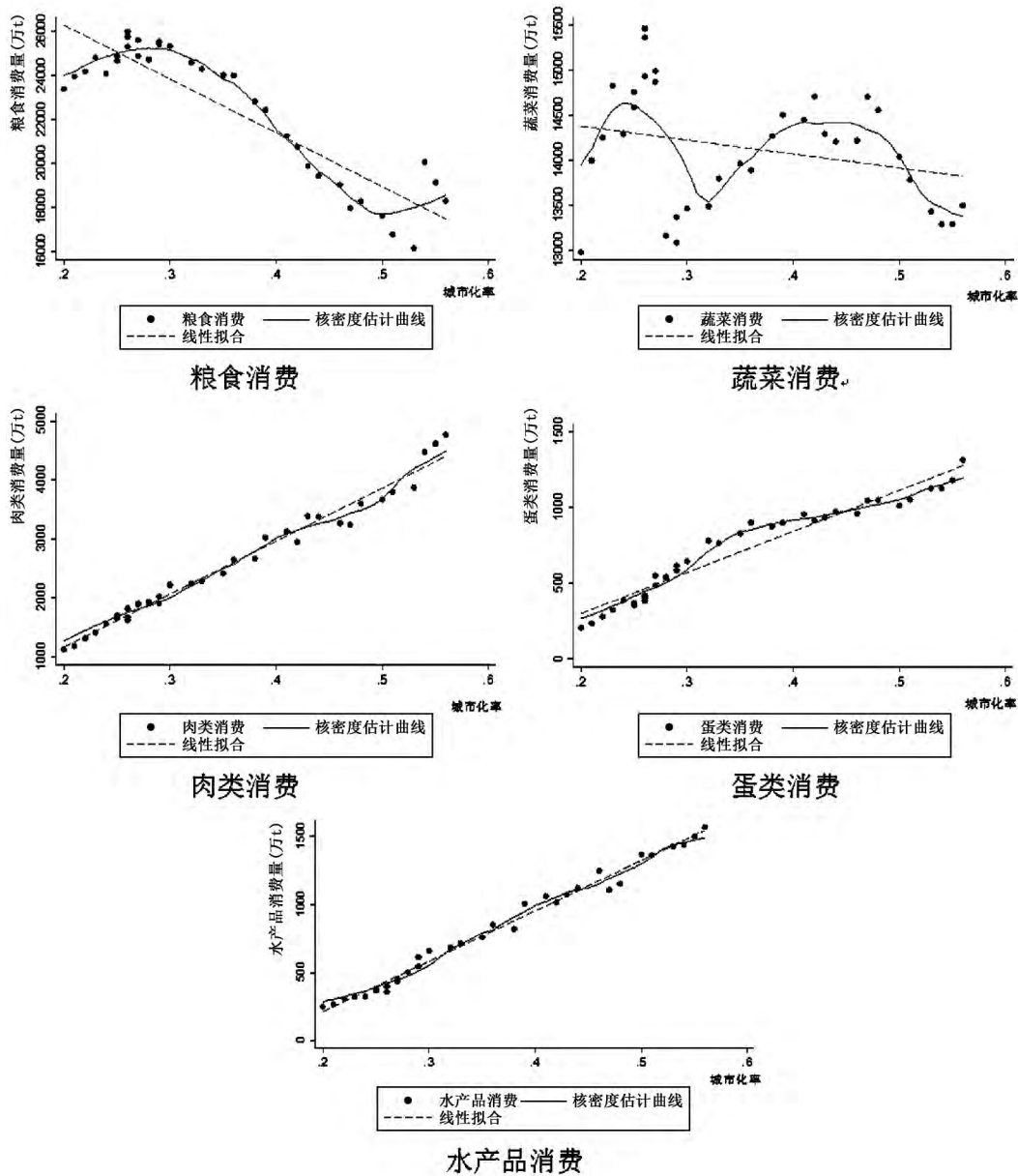


图5 城市化与各类食物消费量的核密度估计图

了更多的虚拟土地和虚拟水,同时排放了更多的CO₂,但城市化与氮排放的关系是非线性的(图6)。尽管城市化与生态足迹、水足迹和碳足迹的总体关系都近似线性正相关,但是可以发现在城市化率从40%到50%时,这三类足迹是保持平缓趋势,直到城市化率超过50%,才恢复继续增长。城市化率与氮足迹的关系则比较特别,图6左下图表明在城市化率达到35%之前,食物消费的氮排放是单调递增,35%之后呈现单调递减趋势,超过50%,食物消费的氮排放重新增加。因此,可以预测未来随着城

市化的进一步发展,食物消费结构升级将带来越来越大的环境负荷。

3 讨论

改革开放以来,我国城乡居民食物消费经历了从主食为主到消费更多肉类的升级转型。尽管城乡居民食物消费差距在减少,但是随着城市化的发展,越来越多的人生活在中国城市,除了粮食和蔬菜消费之外,其他食物消费需求总体上都呈现增加趋势,对我国农产品生产带来了严重的生态环境压

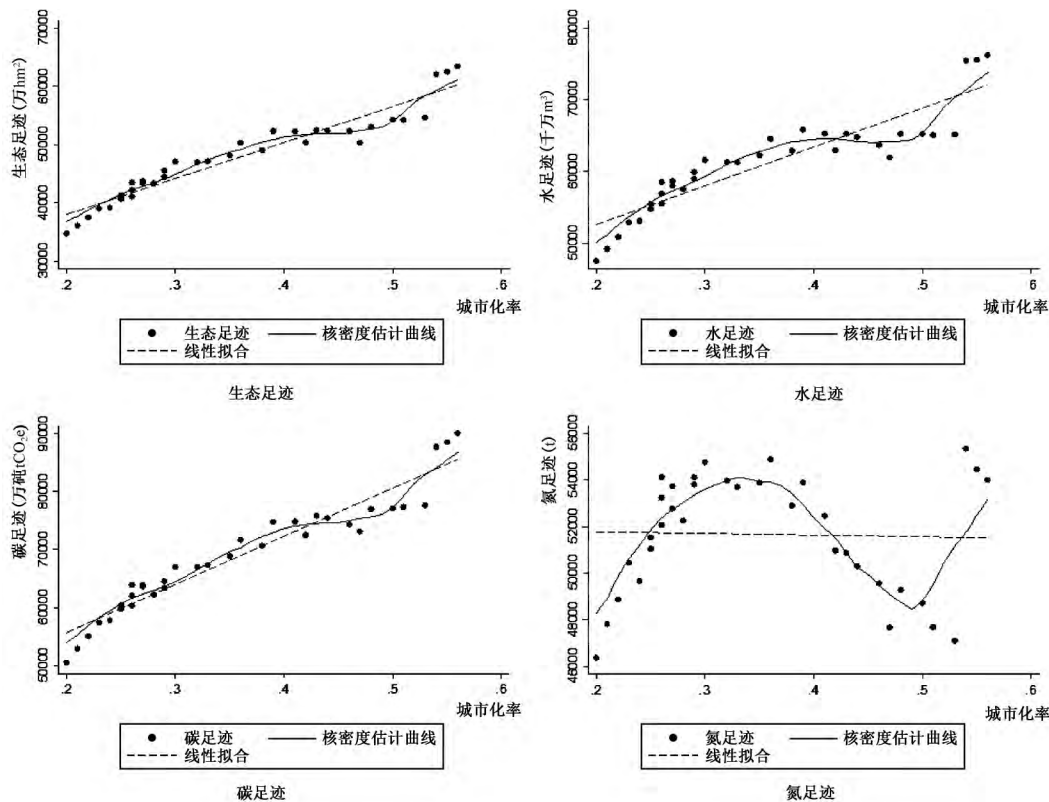


图6 城市化与各类食物消费的足迹的核密度估计图

力。通过比较图6中食物消费的总体生态足迹与粮食消费的生态足迹及表1中各类食物的生态足迹,我们发现肉类消费需求占据了食物消费生态足迹的大部分。因此,通过国际贸易进口饲料粮或直接进口肉类是减缓我国食物生产土地压力的重要措施。Dalin et al.^[36]和Ali et al.^[34]的研究结果表明,通过进口粮食和虚拟水贸易,适当降低粮食自给率和农业用水,可以有效提高我国水资源安全和环境可持续发展。食物消费碳足迹持续增加,主要是由于居民对肉类消费的增加,建议提高居民环保意识,通过调整食物消费结构,进行进一步升级,实现低碳消费,从而减少温室气体排放量。

文中采用非参数估计法分析了城市化与各类食物消费及生态足迹、水足迹、碳足迹和氮足迹的关系。该方法避免了参数估计中过强假设所带来的估计偏误,但是非参数估计往往要求样本容量较大,而估计量收敛到真实值的速度也较慢^[31]。因此,尽管文中所采用的方法有利于观察城市化与食物消费及各类足迹的非线性关系,但是从样本容量角度来看仍存在一定的缺陷。不过,考虑到非参数

估计与传统参数估计是互补关系,当后者不太适用时,非参数估计可能更加有效。估计结果证实了城市化对我国居民的肉类、蛋类和水产品等食物消费需求的促进作用,从而增加了虚拟土地、虚拟水需求及CO₂和氮排放,对我国农产品生产带来了严重的生态与环境压力。因此,为了减缓城市化通过食物消费转型引起的环境负荷,应该考虑利用农业技术创新与集约化生产提高土地和水等资源的利用效率,提高农产品生产力^[37],通过虚拟土地和虚拟水贸易减少国内农产品生产压力^[39],及加强科学消费的舆论引导,鼓励城市居民减少食物浪费^[18, 39]。

4 结论

基于以上分析,本文得出以下结论:(1)居民食物消费升级,向消费更多的肉、蛋和水产品等食物方向转型;城乡食物消费差距减少,但城市居民仍比农村居民消费了更多的肉、蛋和水产品等食物;(2)食物消费结构性变动导致食物消费的生态足迹、水足迹和碳足迹持续增加,对我国食物生产带来严重的资源与环境负荷;(3)城市化的发展促进

了我国居民的食物消费转型升级,从而进一步增加了国内农产品生产的资源与环境压力;(4)通过保护基本农田、提高农业生产力、增加粮食特别是饲料粮或肉类进口量、减少食物浪费,发展都市农业等缓解我国农业资源与生态环境压力。△

【参考文献】

- [1] 联合国. 2013 中国人类发展报告 [M]. 北京: 中国对外翻译出版有限公司 2013.
- [2] 黄季焜. 社会发展、城市化和食物消费 [J]. 中国社会科学, 1999 (4): 102 - 116.
- [3] 魏静, 马林, 路光, 等. 城镇化对我国食物消费系统氮素流动及循环利用的影响 [J]. 生态学报 2008 28(3): 1016 - 1025.
- [4] 白军飞, 阎师, 仇焕广, 等. 人口老龄化对我国肉类消费的影响 [J]. 中国软科学 2014 (11): 17 - 26.
- [5] Min Shi, Bai J F, Seale J, Wahl T. Demographics, societal aging, and meat consumption in China [J]. *Journal of Integrative Agriculture* 2015, 14(6): 995 - 1007.
- [6] 于洋, 崔胜辉, 赵胜男, 等. 城市居民食物氮消费变化及其环境负荷——以厦门市为例 [J]. 生态学报, 2012, 32(19): 5953 - 5961.
- [7] Seale J L, Bai J F, Wahl T, Bryan L. Household Engel curve analysis for food, Beijing, China [J]. *China Agricultural Economic Review* 2012(4): 427 - 439.
- [8] 陈冬冬, 高旺盛. 近 30 年来中国农村居民食物消费的生态足迹分析 [J]. 中国农业科学 2010 43(8): 1738 - 1747.
- [9] Chen Dongdong, Gao Wangsheng, Chen Yuanquan, et al. Ecological footprint analysis of food consumption of rural residents in China in the latest 30 years [J]. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 2010(1): 106 - 115.
- [10] Song Guobao, Li Mingjing, Semakula H M, et al. Food consumption and waste and the embedded carbon, water and ecological footprints of households in China [J]. *Science of the Total Environment* 2015 (529): 191 - 197.
- [11] 方恺. 足迹家族: 概念、类型、理论框架与整合模式 [J]. 生态学报 2015 35(6): 1647 - 1659.
- [12] 吴燕, 王效科, 逯非. 北京市居民食物消耗生态足迹和水足迹 [J]. 资源科学 2011 33(6): 1145 - 1152.
- [13] 郑晖, 石培基, 何娟娟. 甘肃省生态足迹与生态承载力动态分析 [J]. 干旱区资源与环境 2013 27(10): 13 - 17.
- [14] 刘晓磊, 孙润南, 胡科, 等. 中国生猪生产所需耕地及影响因素分析 [J]. 干旱区资源与环境 2016 30(7): 14 - 18.
- [15] 曹淑艳, 谢高地. 城镇居民食物消费的生态足迹及生态文明程度评价 [J]. 自然资源学报 2016 31(7): 1073 - 1085.
- [16] 王灵恩, 成升魁, 钟林生, 等. 旅游城市餐饮业食物消费及其资源环境成本定量核算——以拉萨市为例 [J]. 自然资源学报, 2016 31(2): 215 - 227.
- [17] Craswell E, Bonnell M, Bossio D, et al. Integrated Assessment of Water Resources and Global Change—A North-South Analysis [M]. Springer 2007.
- [18] 苏明涛, 张郁, 新英华. 吉林省主要农作物的生产水足迹研究 [J]. 干旱区资源与环境 2012 26(7): 26 - 30.
- [19] Feng Kuishuang, Siu Y L, Guan D B, et al. Assessing regional virtual water flows and water footprints in the Yellow River Basin, China: A consumption based approach [J]. *Applied Geography*, 2012(32): 691 - 701.
- [20] 何开为, 张代青, 侯璿, 等. 云南省城乡居民膳食消费的水足迹计算及评价 [J]. 水资源保护 2015 31(5): 114 - 118.
- [21] 赵先贵, 马彩虹, 肖玲, 等. 北京市碳足迹与碳承载力的动态研究 [J]. 干旱区资源与环境 2013 27(10): 8 - 12.
- [22] Lin Jianyi, Hu Yuanhao, Cui Shenghui, et al. Carbon footprints of food production in China (1979 - 2009) [J]. *Journal of Cleaner Production* 2015(90): 97 - 103.
- [23] 李玉炫, 王俊能, 许振成, 等. 广州食物氮足迹估算与分析 [J]. 广东农业科学 2012(6): 137 - 140.
- [24] 洗超凡, 欧阳志云. 城乡居民食物氮足迹估算及其动态分析——以北京市为例 [J]. 生态学报, 2016, 36(8): 2413 - 2421.
- [25] 罗婷文, 欧阳志云, 王效科, 等. 北京城市化进程中家庭食物碳消费动态 [J]. 生态学报 2005 25(12): 3252 - 3258.
- [26] 闫祯, 崔胜辉, 王慧娜, 等. 厦门快速城市化中居民食物 C、N、P 消费动态 [J]. 环境科学与技术 2012 35(s1): 479 - 486.
- [27] 闫祯, 崔胜辉, 李桂林, 等. 厦门城市化进程中的居民食物碳消费及其环境负荷 [J]. 环境科学 2013 34(4): 1636 - 1644.
- [28] 李明净. 中国家庭食物消费的碳—水—生态足迹及气候变化减缓策略优化研究集 [D]. 大连: 大连理工大学 2016.
- [29] 周迪, 谢标, 杨浩, 孙盼盼, 等. 南京城市化食物生产消费系统氮素流动变化 [J]. 生态学报 2017 37(3): 960 - 968.
- [30] Hubacek K, Guan D B, Barrett J, et al. Environmental implications of urbanization and lifestyle change in China: Ecological and Water Footprints [J]. *Journal of Cleaner Production* 2009 17(14): 1241 - 1248.
- [31] 陈强. 高级计量经济学及 stata 应用 [M]. 北京: 高等教育出版社 2010.
- [32] Rosenblatt, Murray. Remarks on some nonparametric estimates of a density function [J]. *The Annals of Mathematical Statistics*, 1956, 27(3): 832 - 837.
- [33] 阎师, 白军飞, 仇焕广, 等. 城市家庭在外肉类消费研究——基于全国六城市的家庭饮食消费调查 [J]. 农业经济问题 2014 (3): 90 - 95.
- [34] Ali T, Huang Jikun, Wang Jinxia, et al. Global footprints of water and land resources through China's food trade [J]. *Global Food Security* 2017 (11): 139 - 145.
- [35] 刘红梅, 王克强, 石芳. 中国粮食虚拟土地资源进口的实证分析 [J]. 中国农村经济 2007(11): 26 - 33.
- [36] Carole D, Qiu Huangang, Naota Hanasaki, et al. Balancing water resource conservation and food security in China [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2015 112(15): 4588 - 4593.

- [37] Tilmana D , Balzerb C ,Hille J ,et al. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 2011 , 108(50) : 20260 – 20264.
- [38] Arjen Y ,Hoekstral , Mesfin M ,Mekonnen. The water footprint of humanity [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 2012 ,109(9) : 3232 – 3237.
- [39] 张丹 ,成升魁 ,高利伟 ,等. 城市餐饮业食物浪费的生态足迹

——以北京市为例[J]. *资源科学* 2016 ,38(1) : 0010 – 0018.

作者简介: 张少春(1986 –) ,女 ,内蒙古巴彦淖尔市人 ,硕士 ,讲师。主要从事农业经济、产业经济与发展经济等领域研究。

收稿日期: 2017 – 12 – 20

Urbanization , Food Consumption Transformation and Its Impact on Ecological Environment

ZHANG Shaochun , MIN Shi , MA Rui

【Abstract】Based on the time series data of urban and rural population and food consumption from 1981 to 2015 , this paper quantified the progress of China’s urbanization , the transformation of urban-rural food consumption and its impact on ecological environment , as well as estimated the non-linear correlations between urbanization , food consumption and its environmental impact by using the nonparametric estimation approach. The results suggested: with the rapid progress of urbanization in the past three decades , the consumptions of meat and egg have been increasing; the transformation of food consumption resulted in the increases of carbon , water , nitrogen and ecological footprints , leading to a large pressure on ecological environment and severe pollutions; with the further development of urbanization and transformation of food consumption in future , the issues on population , resource and environment would become increasingly severe. Hence , this paper recommended to mitigate the pressure on agricultural resources and ecological environment by reducing food wastes and increasing food imports.

【Keywords】Urbanization; Carbon Footprint; Water Footprint; Nitrogen Footprint; Ecological Footprint

(上接第 5 页)

Urban Development and Management under Time Compression

LAI Shih-kung

【Abstract】The rapid urbanization process in China during the past three decades can be seen as the urban development process under time compression. Compared to normal times , in this process within limited time and space , cities grow rapidly and various urban activities take place swiftly , resulting in various urban problems , including housing land shortages , traffic congestion , and environmental pollution. In the present paper , we propose a conceptual model of urban complex systems and explore under time compression how to manage urban complexity. We argue that when the urban development process is under time compression , investments in urban management and planning must be increased; administration should be more efficient; regulations should be more clear-cut; and governance must be scattered. Only then can we face the challenges of rapid urbanization.

【Keywords】Time Compression; Spatial Garbage Can Model; Urban Development; Urban Management