

引用格式:董佳静,赵旸,王重阳,等. 1980-2016年北京市食物消费的土地需求[J]. 资源科学, 2019, 41(7): 1350-1358. [Dong J J, Zhao Y, Wang C Y, et al. Land demands for food consumption in Beijing during 1980-2016[J]. Resources Science, 2019, 41(7): 1350-1358.] DOI: 10.18402/resci.2019.07.15

1980—2016年北京市食物消费的土地需求

董佳静¹, 赵旸¹, 王重阳¹, 肖潇¹, 张丹², 刘立涛²,
刘晓洁², 张亚丽², 伦飞¹

(1. 中国农业大学土地科学与技术学院, 北京 100193;

2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要:社会经济发展和居民食物消费对土地需求之间的矛盾,已成为中国可持续发展亟待解决的关键问题,也是当今社会关注的热点问题之一。然而,目前对城市尺度食物消费的土地需求研究仍存在不足。本文利用CPI指数法,估算了北京市城乡居民1980—2016年的食物消费情况,揭示了居民食物消费结构改变对土地需求的演变特征,并探讨了未来不同消费模式下的土地需求情况,以期为实现居民的可持续消费提供参考,从而更好地解决社会经济发展和居民食物消费对土地需求之间的矛盾。结果表明:北京市食物消费结构已经由“粮食主导”的消费模式逐渐变为多元化的消费模式,且城乡之间存在明显差异;1980—2016年,北京市居民人均食物消费的土地需求量呈“U”型的变化特征,其中粮食消费的土地需求不断减少,而蔬果和动物性食物的土地需求不断增加;在2016年,北京市居民人均食物消费的土地需求量达到了1227.04 m²/人,使得北京市居民消费的土地需求总量达到了266.62万hm²,其中动物性食物消费占70.36%,城市居民食物消费占95%以上;在2016年,北京市居民食物消费的土地需求压力达到了14。健康合理的食物消费结构不仅有利于身体健康,也能够缓解食物消费对土地资源的压力;在健康饮食情景下,北京市每年居民食物消费最多可节约95.20~153.32万hm²的土地面积,相当于北京市现有耕地和果园面积的5~8倍。因此,通过合理的饮食结构调整对解决社会经济发展和居民食物消费对土地需求之间的矛盾具有重要的意义。

关键词:食物消费;土地需求;土地压力;CPI指数法;粮食安全;饮食结构

DOI: 10.18402/resci.2019.07.15

1 引言

粮食安全是国家战略安全的重要组成部分,也关系着社会稳定和经济发展^[1]。然而,全球粮食安全问题仍十分严重,2015年全球仍有7.95亿人的食物消费得不到满足,处于营养不良的状态^[2]。因此,如何更好地保障粮食安全,已经成为各国21世纪亟需解决的关键问题。土地资源(尤其是耕地资源)是人类赖以生存的基础,其在一定程度上影响着国家的粮食安全^[3]。因此,明确人类食物消费所需的土地面积,对于更好地解决国家粮食安全问题具有

重要的意义和价值,这已成为全球关注的热点^[4-6]。

中国作为世界上人口最多的国家,耕地资源有限,人均耕地面积仅为全球人均耕地面积的一半^[7],耕地资源的有限性在一定程度上制约着中国粮食安全问题^[8,9]。科技水平和生产效率的提高,在一定程度上缓解了中国粮食安全问题;然而,近年来工业化和城市化进程的加快,对中国耕地资源造成了严重的威胁,进而影响着中国的粮食安全^[10,11]。与此同时,中国居民动物性食物消费逐渐增加,也进一步加剧了居民食物消费对土地资源的压力^[12,13],且

收稿日期:2019-01-02 修订日期:2019-03-21

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFA0606303);国家自然科学基金项目(41801202;41601602)。

作者简介:董佳静,女,内蒙古集宁人,硕士生,研究方向为土地生态。E-mail: 787426488@qq.com

通讯作者:伦飞,男,山东潍坊人,博士,副教授,研究方向为土地资源管理。E-mail: lunfei@cau.edu.cn

2019年7月

呈现日趋加剧的趋势。如何解决社会经济发展和居民食物消费对土地需求之间的矛盾,已成为中国可持续发展亟待解决的关键问题之一^[14]。

因此,厘清居民食物消费结构变化,揭示其对土地需求的演变特征,有利于解决社会经济发展和居民食物消费对土地需求之间的矛盾,对于实现国家资源有效配置和可持续发展具有重要的现实意义^[15]。目前,对于居民食物消费的土地需求研究,主要是基于 Gerbens-Leenes 等^[16]和 Kastner 等^[17]提出的“虚拟土地”的概念,即通过食物消费量及其土地生产效率得到土地需求量,其中食物的土地生产效率是指单位土地生产某种食物的数量。基于“虚拟土地”的概念,国内外学者对食物消费的土地需求开展了大量的研究,包括从饮食结构^[18-20]、人口规模^[21,22]、城乡结构^[23,24]等角度对食物消费的土地需求。目前,居民食物消费的土地需求研究主要集中在国家尺度上,缺乏从城市尺度探求食物消费变化对土地需求及其压力的影响。因此,本文以北京市为例,基于不同食物类型的“虚拟土地”结果,探讨了长期食物消费结构的改变对土地需求及其压力的演变特征情况,以期更好地解决土地需求存在的矛盾问题。

中国地域辽阔,不同地区之间的自然环境、经济发展、饮食文化等方面存在较大差异,研究城市居民食物消费结构变化及其对土地需求演变特征,对于更好优化城市土地有效配置和实现粮食安全具有重要的作用^[25,26]。北京是中国的政治、经济、文化中心,社会经济发展水平不断提高,城市面积不断扩张,到2016年城市化率达到了86.4%^[27],耕地面积逐年下降且破碎化程度日趋严重^[28,29];与此同时,北京市人口数量和居民饮食结构的变化,进一步加剧了北京市居民消费对土地的需求^[30]。因此,明确北京市居民食物消费结构变化及其对土地需求的影响,对于更好地解决北京市经济发展与耕地保护之间的矛盾,具有重要的现实意义^[31,32]。因此,本文利用CPI指数法,估算了北京市城乡居民1980—2016年的食物消费情况,并基于虚拟土地的方法,估算了居民食物消费对土地需求的演变特征,从而探讨了未来不同消费模式下的土地需求情况,以期为居民的可持续消费提供参考。

2 数据与方法

2.1 数据来源与处理

本文的数据包括不同食物的生产和消费数据,以及人口数据,其中:①1980—2000年的城乡居民人均食物消费数据来源于《北京统计年鉴》^[33],由于缺少2000年之后的城镇居民人均食物消费量数据,故2000—2016年城镇居民的人均食物消费量利用2000年的相关数据并结合CPI指数迭代推算得到^[34];②不同农作物的产量及面积数据来自于中华人民共和国农业农村部(<http://www.moa.gov.cn>);③人口数据来自于《北京统计年鉴》^[33],其主要是指年末常住人口数,包括城镇人口和农村人口。此外,膳食平衡数据来自于《中国居民膳食指南》^[35],北京市2030、2050年的人口数据是基于Logistic模型,在高生育率(大于2.0)条件下推算得到的^[36],而动物性食物的料肉比数据则是根据唐华俊等^[37]、田甜等^[23]的研究,取其平均值计算得到。

2.2 研究方法

2.2.1 食物消费量

本研究利用CPI指数^[34],以2000年的城镇居民食物消费量和消费额为基准,迭代计算了北京市2001—2016年城镇居民的食物消费量。具体计算公式如下:

$$Q_{i,j+1} = \frac{Q_{i,j} \times C_{i,j+1}}{C_{i,j} \times CPI_{j+1}} \quad (1)$$

式中: $C_{i,j}$ 为第*i*类食物第*j*年的消费额; $Q_{i,j}$ 为第*i*类食物第*j*年的消费量。

根据式(1),经逐年迭代推算出2001—2016年北京市的城镇居民食物消费量,与农村居民的相应类别的食物消费量,便可得到北京市居民食物消费的总量。

2.2.2 食物消费土地需求量

为了便于分析,本研究将食物分为两大类:①植物性食物,包括粮食(谷物、薯类和豆类)、蔬菜和水果;②动物性食物,包括肉类(猪/牛/羊肉、禽类)、蛋奶及水产品类(蛋类、奶及奶制品、水产品)。不同食物消费的土地需求量计算方法如下:

基于“虚拟土地”的概念,居民食物消费量与生产单位食物所需土地面积的乘积即为其食物消费的土地需求量,其中生产单位植物性食物所需的土

地可以通过其单产进行计算,而生产单位动物性食物所需要的土地则通过粮食产量及料肉比进行估算;根据相关学者的研究^[13,14,23,35],本文采用的猪肉、牛羊肉、禽肉、蛋类、奶类及水产品的料肉比(G_i)分别为4.3、2.6、2.6、0.5和0.5,具体计算过程见公式(2)、(3)。

$$LRP_p = \sum_{i=0}^n \frac{F_i}{Y_i} \quad (2)$$

$$LRP_L = \sum_{i=0}^n \frac{F_i \times G_i}{Y_i} \quad (3)$$

式中: LRP_p 和 LRP_L 为人均植物性和动物性食物消费的土地需求量($m^2/人$); F_i 为第*i*类食物的人均消费量; Y_i 为第*i*类食物单位土地面积产量; i 、 n 为居民消费的食物种类和数量; G_i 为料肉比。

2.2.3 食物消费对现有土地资源的压力

本文将食物消费的土地需求分为耕地需求(粮食、蔬菜、动物性食物类)和果园需求(水果类),并与北京市现有耕地、果园面积相比(公式(4))。若比值大于1,说明该地区现有土地资源可以供给其居民食物消费;若比值小于1,则说明该地区现有土

地资源不能满足其居民现阶段的饮食结构需求,且比值越小,其对外依赖程度较高。

$$I_x = \frac{T_x}{N_x} \quad (4)$$

式中: I 为食物消费对现有土地资源的压力值; T 为食物消费土地需求面积; N 为现有土地面积; x 为不同土地类型。

3 结果与分析

3.1 1980—2016年北京市居民饮食结构变化

北京市居民食物消费结构大体可分为两个阶段,具体情况如下:在1980—1995年间,随着中国改革开放和北京市社会经济的发展,其居民食物消费结构逐渐由“粮食为主”转向“多元化消费”,但受到经济发展水平的制约,蔬果类和动物性消费的增长较为缓慢^[39,40],而人均粮食消费下降明显,约下降了47.23%,且城乡居民的差距相对较小(图1)。在1996—2016年间,随着社会经济的进一步发展,居民生活水平不断提高^[41],北京市居民食物消费结构进一步向多元化发展,其人均蔬果类和动物性消费迅速增加,至2016年,分别达到737.31 kg/人和225.54 kg/人。与

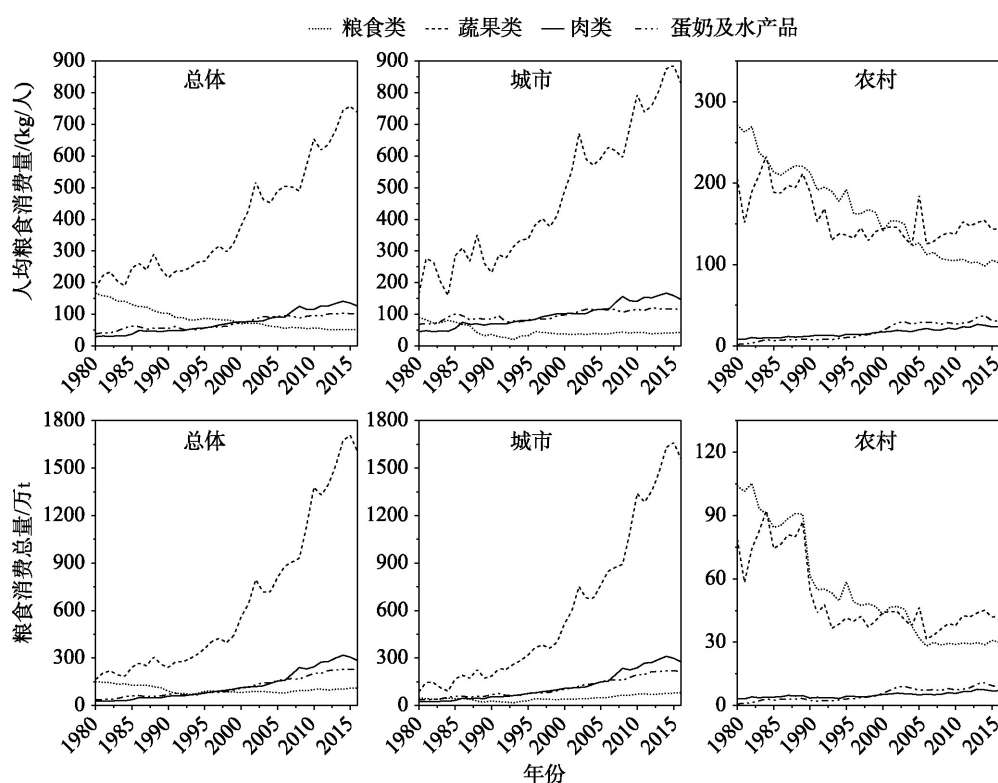


图1 1980—2016年北京市居民食物消费情况

Figure 1 Human food consumption in Beijing, 1980-2016

2019年7月

此同时,由于城乡居民收入差距的进一步扩大^[33],使得城乡居民的食物消费结构存在较大差异,尤其是蔬果类和动物性食物的消费。2016年,城市居民的人均蔬果和肉类消费量约为农村居民人均消费的5倍左右,且北京市95.96%的蛋奶及水产品消费来自于城市居民。

3.2 北京市人均食物消费的土地需求

食物消费的土地需求是由食物消费量、食物消费结构和土地生产效率决定的^[4,17]。在1980—2016年间,北京市居民的食物消费逐渐转向蔬果和动物性食物消费为主,蔬果和动物性食物消费量增加迅速,这在一定程度上增加了对土地需求的压力。然而,随着北京市农业基础设施的完善和农业科技水平的提高,农业生产效率得到较大提升,北京市2016年粮食单位面积产量约为1980年的1.81倍,这在一定程度上减缓了食物消费对土地需求的压力^[19]。综合上述影响因素,北京市人均食物消费的土地需求在1980—2016年间呈现明显的“U”型特征(图2),且由“以粮食消费主导”逐渐变为“以动物性消费为主导”,其中:在1995年之前,北京市人均食物消费的土地需求量由粮食消费主导,随着粮食消费的迅速减少,其人均食物消费土地需求量下降了25.12%

(250.81 m²/人),其中人均粮食消费的土地需求量由492.21 m²/人迅速下降到147.15 m²/人;在1995年之后,北京市人均食物消费的土地需求则以动物性食物消费为主,2016年达到了1227.04 m²/人,其中人均肉类消费的土地需求增加最为显著,增加了310.46 m²/人。由于食物消费结构的差异,使得北京市城乡居民食物消费的土地需求呈现出不同的特征,其中:城市居民人均食物消费的土地需求量也呈“U”型特征,2016年达到1350.69 m²/人,动物性食物消费占71.57%,而粮食和蔬果消费的土地需求量则分别为70.53 m²/人和313.40 m²/人;北京市农村居民人均食物消费的土地需求呈不断下降的趋势,在1980—2016年间下降了54.94%,这主要是因为农村居民食物消费仍以粮食为主且消费量不断下降,而其他食物消费增加相对较少,此外,北京市农村居民食物消费的土地需求在2003年之前由粮食消费主导,而在2008年之后则由动物性食物消费为主导;在2016年,北京市农村居民粮食、蔬果和动物性食品消费的土地需求分别为166.07、67.53和201.37 m²/人。

3.3 北京市食物消费土地需求总量

北京市人均食物消费结构改变和人口的不不断

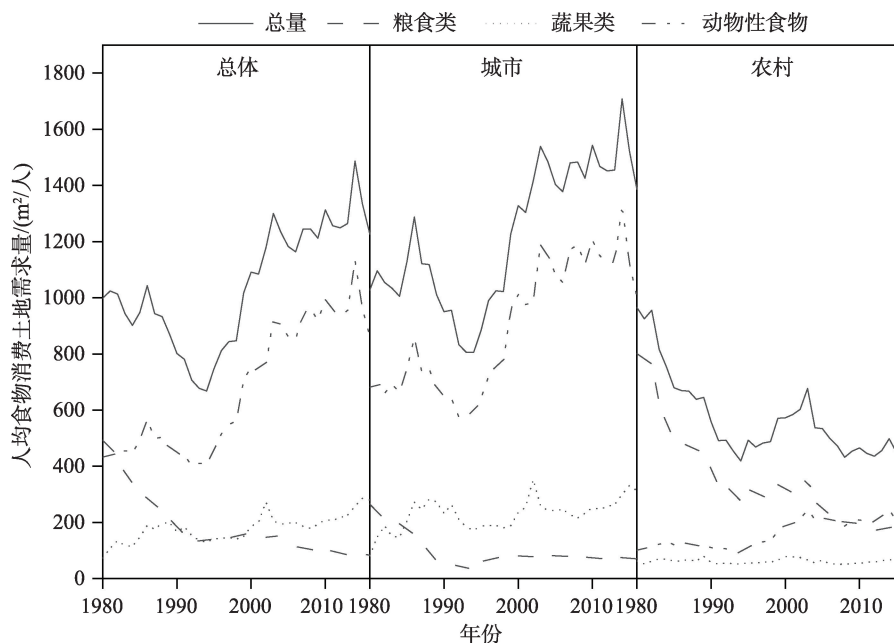


图2 1980—2016年北京市居民人均食物消费的土地需求情况

Figure 2 Land demands per capita for food consumption in Beijing, 1980-2016

增加,使得其居民食物消费的土地需求量呈不断增加趋势,2016年达到了266.62万 hm^2 ,其中74.37%来自于动物性食物消费(图3)。研究期内,尽管北京市人口增加,但人均粮食消费量不断减少,使得北京市粮食消费的土地需求总量有所减少,减少量为26.38万 hm^2 ,但其他类型食物消费的增加,使得北京市食物消费的土地需求总量增加了176.32万 hm^2 ,其中蔬果类和动物性食物分别占22.84%和70.37%。随着北京市城市化进程的不断发 展,城市人口迅速增加,且食物消费结构不断升级,使得北京市城市居民食物消费的土地需求总量在2016年时达到了253.86万 hm^2 ,其中动物性食物所占比重达71.57%,而粮食消费的土地需求仅为13.26万 hm^2 。由于农村人口数量的下降和饮食结构的改变,使得北京市农村食物消费的土地需求总量不断下降,到2016年时仅为12.76万 hm^2 ,但粮食消费仍

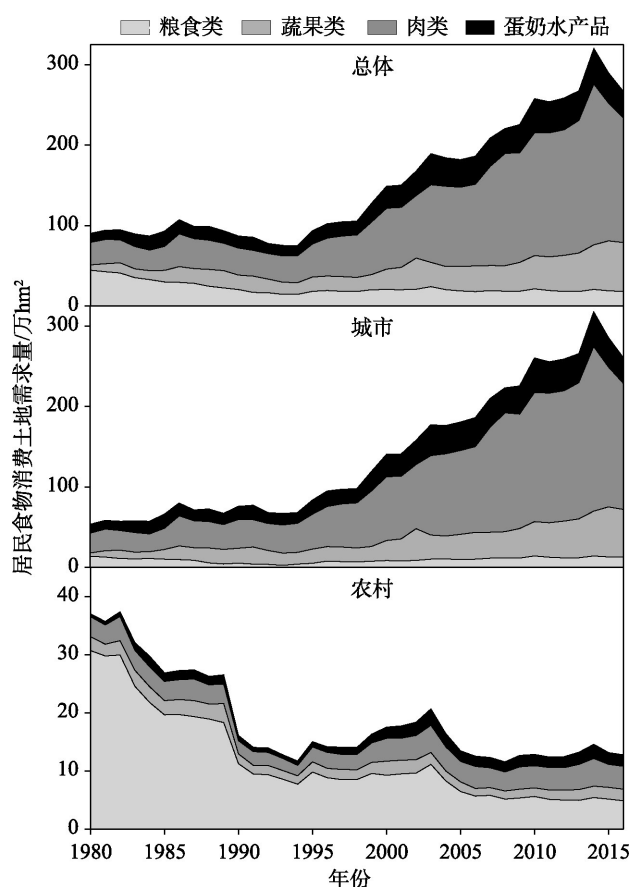


图3 1980—2016年北京市居民食物消费的土地总需求情况

Figure 3 Total land demands for food consumption in Beijing, 1980-2016

相对较高,所占比重达到了38.18%,远高于城市居民粮食消费所占比重。北京市农村蔬果、肉类、蛋奶及水产品消费的土地需求分别为1.98万 hm^2 、3.93万 hm^2 和1.97万 hm^2 。

3.4 北京市居民食物消费土地需求的压力分析

北京市居民食物消费的土地需求一直处于“供小于求”的状态,且2000年之后,由于北京市的耕地面积迅速减少,食物消费的土地需求缺口急剧扩大(图4)。北京市2016年居民食物消费的土地需求压力达到了14,即大约需要14倍的现有耕地和果园面积来满足其居民的食物消费。1995年之前,北京市居民食物消费的耕地压力相对稳定,其压力大约为1~2之间;1995年之后,动物性食物消费的增加和耕地的减少,使得食物消费对耕地的压力迅速增大,到2016年时,北京市大约需要18倍的现有耕地面积才能满足其粮食、蔬菜及动物性食物的消费。此外,北京市居民水果消费对其果园压力相对较小,但仍呈“供小于求”的状态,且日趋扩大。在2016年,北京市居民的水果消费大约需要5.5倍的当年果园面积来满足。由此可见,北京市居民食物消费及其土地需求对外依赖十分严重。

3.5 不同情境下北京市居民食物消费土地需求

饮食结构和人口数量是影响居民食物消费土地需求及其压力的重要因素。因此,本文探讨了不

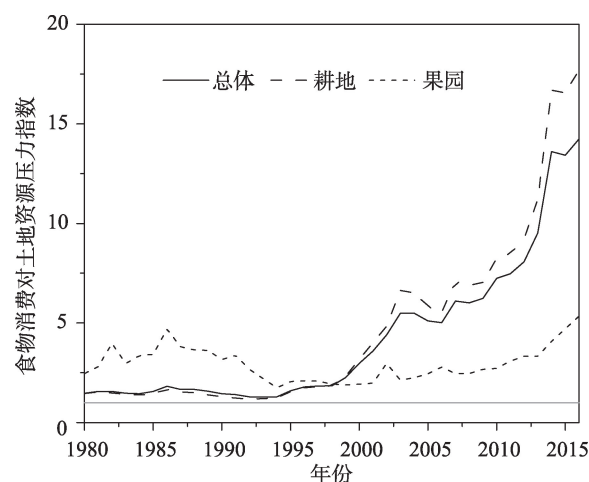


图4 1980—2016年北京市食物消费的土地需求压力情况

Figure 4 Pressure of land demand for food consumption in Beijing, 1980-2016

注:灰线表示为压力值为1,即本地区供应等于本地区的消费;若小于1,则为供应大于需求;若大于1,则为供应小于需求。

2019年7月

同食物消费情景下的土地需求情况。目前北京市正处于经济高速发展的阶段,饮食结构的营养转型使得动物性食物消费逐渐增加,但与《中国居民膳食指南》所提出的膳食平衡宝塔相比较,仍存在营养过剩和营养不足的双重挑战。其中,北京市居民的猪肉消费过多,但牛羊肉的消费相对较少,而水产品等高蛋白食物摄入严重不足。因此,本文探讨了健康饮食情景下的土地需求情况(表1)。以2016年为例,北京市人均粮食类和奶类的土地需求量低于健康饮食情景的土地需求,但其他食物消费的土地需求量均超过了健康饮食情景,使得北京市居民食物消费的土地需求远高于健康饮食下的土地需求(大约1.7~2.6倍),尤其是肉类消费的土地需求量。如果北京市居民能够采取健康饮食消费模式,其2016年食物消费可节约95.20~153.32万 hm^2 的土地资源,相当于北京市2016年耕地和果园面积的5~8倍。由此可见,健康合理的饮食结构,不仅有利于居民身体健康,也有助于土地资源的可持续利用。

北京市居民人口的不断增加必然会加剧对自然资源的压力,据预测,北京市人口在2030及2050年将分别达到2300万人和2383万人^[36]。在目前的饮食结构下,2030年北京市食物消费的耕地需求将增加13.94万 hm^2 (表2),超过北京市现有的耕地资源,且到2050年时,北京市耕地需求的缺口将会持续增大。如果未来采取更加合理的饮食结构,在2030年时,北京市居民食物消费可节省134.88万 hm^2 耕地面积和7.26万 hm^2 的果园面积。由此可见,随着人口的不断增加,合理的饮食结构对土地资源的节约将会发挥重要的作用。

表1 不同情境下北京市2016年食物消费的土地需求情况

	目前情景下的 土地需求量	膳食宝塔建议下的 土地需求量
粮食类	18.1	35.9~57.4
蔬菜	32.9	6.6~10.9
水果	28.1	11.2~19.6
肉类	154.5	19.8~37.1
蛋类	19.0	15.5~19.4
奶及奶制品	8.3	21.5
水产品	5.9	2.9~5.4
总体	266.62	113.3~171.4

表2 不同情境下北京市2030年和2050年居民食物消费的土地需求情况

Table 2 Land demands for food consumption in Beijing in 2030 and 2050 under different scenarios (万 hm^2)

	2030年		2050年	
	Δ_1	Δ_2	Δ_1	Δ_2
粮食	1.06	28.78	1.74	30.45
蔬菜	1.92	-26.42	3.16	-26.19
水果	1.64	-7.26	2.7	-6.51
肉类	9.03	-145.28	14.86	-144.95
蛋类	1.11	-3.09	1.83	-2.52
奶及奶制品	0.48	13.39	0.8	14.17
水产品	0.34	-2.26	0.56	-2.13
耕地	13.94	-134.88	22.95	-131.18
压力值	1.04	-10	1.7	-9.73
果园	1.64	-7.26	2.7	-6.51
压力值	0.31	-1.38	0.51	-1.25

注: Δ_1 、 Δ_2 分别等于基于2016年的饮食结构和膳食宝塔饮食结构计算出的土地需求量差量。

4 结论与建议

4.1 结论

本文对1980—2016年北京市居民食物消费的土地需求及其压力进行了研究,并探讨了饮食结构改变和人口增加对土地需求的影响,主要结论如下:

(1)在改革开放及经济快速增长的背景下,北京市居民食物消费逐步多元化,人均粮食消费逐年下降,而蔬果和动物性食物消费不断增加;北京市城乡收入差距使得其食物消费结构存在一定的差异,其中城市居民的动物性食物消费相对较多,而农村居民粮食消费相对较多。

(2)食物消费结构的改变和单位面积产量的提高,使得北京市居民人均食物消费的土地需求在1980—2016年呈“U”型变化特征,由粮食主导逐渐变为动物性食物主导。动物性食物消费的土地需求量为全国平均水平的4倍左右,而粮食消费则低于全国水平;城市居民人均食物消费的土地需求也呈“U”型变化特征,但农村居民人均食物消费的土地需求则呈不断下降趋势,这主要是由粮食消费下降引起的。

(3)人口的增加和食物消费结构的改变,使得北京市居民食物消费的土地需求总量不断增加,动物性食物消费占70.36%,城市居民食物消费占95%

以上。与此同时,北京市耕地面积不断减少,使得其土地需求压力不断增加,在2016年,北京市需要14倍的当年耕地面积和当年果园面积来满足本地居民食物消费。

(4)合理的饮食结构不仅有利于身体健康,还能够有效地减少居民食物消费对土地资源的压力,尤其是未来人口不断在增加的状况,其缓解作用尤其显著。

4.2 建议

基于上述研究,本文提出了如下的政策建议:

(1)北京市不合理的饮食结构,不仅在一定程度上造成了土地资源的压力,还对居民健康产生一定的影响,因此,应积极倡导更加合理、健康、营养的饮食模式,减少肉类消费,增加奶类、粮食类等摄入量,在平衡膳食的范围内减缓土地供给压力。

(2)应坚守耕地数量、质量指标,严格执行城市用地规模审核制度,同时引进农田科技设施,提高粮食、蔬果类的单产效率,以提升北京市食物自给能力,减少其食物消费对外依赖程度。

本文由于部分数据的缺失,对于北京市居民食物消费的分析仍存在一定的不足,未考虑大量流动人口对食物消费结构及土地需求的影响,未来需要对此进行更深入的研究与探讨。同时,本文对于动物性食物消费的土地需求,主要是通过料肉比进行估算,并未探讨草原的土地利用情况,在未来研究中需要对此进行进一步探讨与分析。

参考文献(References):

- [1] 陈源源, 吕昌河, 尚凯丽. 食物安全的内涵、指标与评价方法综述[J]. 中国农学通报, 2017, 33(22): 158-164. [Chen Y Y, Lv C H, Shang K L. A review on concept, indicators and evaluation methods of food security[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2017, 33(22): 158-164.]
- [2] WFP, FAO, IFAD. The State of Food Insecurity in the World 2015 [R]. Rome: FAO, 2015.
- [3] 欧胜彬, 苏雪花. 粮食安全: 耕地质量保护是关键[J]. 农业经济, 2012, (8): 54-56. [Ou S B, Su X H. Cultivated land quality protection is the key to food security[J]. Agricultural Economy, 2012, (8): 54-56.]
- [4] Alexander P, Rounsevell A, Dislich C, et al. Drivers for global agricultural land use change: The nexus of diet, population, yield and bioenergy[J]. Global Environment Change, 2015, 35: 138-147.
- [5] Eshel G, Shepon A, Makov T, et al. Land, irrigation water, greenhouse gas, and reactive nitrogen burdens of meat, eggs, and dairy production in the United States[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2014, 111(33): 11996-12001.
- [6] Audsley E, Angus A, Chatterton J, et al. The Effect of Changes in UK Food Consumption on Land Requirements and Greenhouse Gas Emissions[R]. Bedford: A Report Prepared for the United Kingdom's Committee on Climate Change, 2010.
- [7] 刘丹, 巩前文, 杨文杰. 改革开放40年来中国耕地保护政策演变及优化路径[J]. 中国农村经济, 2018, (12): 37-51. [Liu D, Gong Q W, Yang W J. The evolution of farmland protection policy and optimization path from 1978 to 2018[J]. Chinese Rural Economy, 2018, (12): 37-51.]
- [8] 聂英. 中国粮食安全的耕地贡献分析[J]. 经济学家, 2015, (1): 83-93. [Nie Y. Analysis of cultivated land contribution to food security in China[J]. Economist, 2015, (1): 83-93.]
- [9] Fan M, Shen J, Yuan L, et al. Improving crop productivity and resource use efficiency to ensure food security and environmental quality in China[J]. Journal of Experimental Botany, 2012, 63(1): 13-24.
- [10] 付恭华, 鄢帮有. 中国未来的粮食安全与生态可持续性问题分析: 基于粮食生产过程生态足迹的实证分析[J]. 长江流域资源与环境, 2013, 22(12): 1550-1556. [Fu G H, Yan B Y. Food security and ecological sustainability in China: An empirical analysis based on the ecological footprint of food production[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2013, 22(12): 1550-1556.]
- [11] 蔡雪雄, 李倩. 中国粮食主销区的粮食生产安全问题研究[J]. 亚太经济, 2018, (5): 130-136. [Cai X X, Li Q. Research on food production safety in the main grain area of China[J]. Asia-Pacific Economic Review, 2018, (5): 130-136.]
- [12] Alexander P, Brown C, Arneith A, et al. Human appropriation of land for food: The role of diet[J]. Global Environmental Change, 2016, 41: 88-98.
- [13] 刘春霞, 王芳. 基于居民食物消费模式的中国耕地需求动态变化分析[J]. 中国生态农业学报, 2018, 26(8): 1227-1235. [Liu C X, Wang F. Dynamic changes in arable land requirements for food consumption in China[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2018, 26(8): 1227-1235.]
- [14] 赵姚阳, 蒋琳琳, 王洁. 居民膳食结构变化对中国食物生产用地需求的影响研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(3): 54-60. [Zhao Y Y, Jiang L L, Wang J. Study of the effect of residents' dietary pattern change to the land requirements for food[J]. China Population, Resources and Environment, 2014, 24(3): 54-60.]
- [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. [Cao S Y, Xie G D. Footprint and degree of ecological civilization assessment of Chinese urban food consumption[J]. Journal of Natural Resources, 2016, 31(7): 1073-1085.]
- [16] Gerbens-Leenes P W, Nonhebel S, Cleveland C J. Consumption

2019年7月

- patterns and their effects on land required for food[J]. *Ecological Economics*, 2002, 42(1): 185–199.
- [17] Kastner T, Rivas M J I, Koch W, et al. Global changes in diets and the consequences for land requirements for food[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2012, 109(18): 6868–6872.
- [18] 张少春, 闵师, 马瑞. 城市化、食物消费转型及其生态环境影响[J]. *城市发展研究*, 2018, 25(3): 13–20. [Zhang S C, Min S, Ma R. Urbanization, food consumption transformation and its impact on ecological environment[J]. *Urban Development Studies*, 2018, 25(3): 13–20.]
- [19] 许月卿, 吴艳芳, 张衍毓, 等. 从食物消费需求角度谈中国土地利用战略[J]. *中国土地科学*, 2011, 25(6): 24–29. [Xu Y Q, Wu Y F, Zhang Y Y, et al. Study on land use strategies in China from the viewpoint of food consumption[J]. *China Land Science*, 2011, 25(6): 24–29.]
- [20] 孙廷艳, 唐增, 尚振艳. 庆阳市食物消费结构与土地资源需求[J]. *草业科学*, 2015, 32(9): 1518–1523. [Sun T Y, Tang Z, Shang Z Y. The requirements for land resources based on food consumption patterns: A case study in Qingyang[J]. *Pratacultural Science*, 2015, 32(9): 1518–1523.]
- [21] 封志明. 中国未来人口发展的粮食安全与耕地保障[J]. *人口研究*, 2007, 31(2): 15–29. [Feng Z M. Future food security and arable land guarantee for population development in China[J]. *Population Research*, 2007, 31(2): 15–29.]
- [22] 刘宁. 人口结构、食物消费差异对中国粮食需求的影响[J]. *兰州学刊*, 2015, (11): 164–170. [Liu N. The impact of population structure and food consumption differences on food demand of China[J]. *Lanzhou Academic Journal*, 2015, (11): 164–170.]
- [23] 田甜, 唐增, 孙廷艳. 中国不同地区食物消费对土地资源需求的影响研究[J]. *草业学报*, 2017, 26(2): 53–60. [Tian T, Tang Z, Sun T Y. Land requirements for food in different regions of China[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2017, 26(2): 53–60.]
- [24] 高利伟, 徐增让, 成升魁, 等. 农村居民食物消费结构对耕地需求的影响: 以西藏“一江两河”流域为例[J]. *自然资源学报*, 2017, 32(1): 12–25. [Gao L W, Xu Z R, Cheng S K, et al. Arable land requirements related food consumption pattern: A case study in Lhasa, Xigaze and Shannan region of rural Tibet[J]. *Journal of Natural Resources*, 2017, 32(1): 12–25.]
- [25] 熊靓, 王东阳. 居民食物消费特征及影响因素分析: 基于全国20省居民食物消费调研[J]. *中国食物与营养*, 2017, 23(3): 49–53. [Xiong L, Wang D Y. Residents' food consumption characteristics and influencing factors: Based on food consumption investigation in 20 provinces of China[J]. *Food and Nutrition in China*, 2017, 23(3): 49–53.]
- [26] 刘璐璐, 宋戈, 黄善林, 等. 基于粮食安全的黑龙江省耕地压力时空特征分析[J]. *东北师大学报(自然科学版)*, 2018, 50(1): 138–143. [Liu L L, Song G, Huang S L, et al. Analysis on the spatial-temporal characteristics of cultivated land pressure in Heilongjiang Province based on food security[J]. *Journal of Northeast Normal University (Natural Science Edition)*, 2018, 50(1): 138–143.]
- [27] 孙强, 蔡运龙, 王乐. 北京耕地流失的时空特征与驱动机制[J]. *资源科学*, 2007, 29(4): 158–163. [Sun Q, Cai Y L, Wang L. Temporal spatial processes of farmland conversion and its driving mechanisms in Beijing[J]. *Resources Science*, 2007, 29(4): 158–163.]
- [28] 罗晓雷. 北京市新型城镇化建设与耕地保护工作问题探讨[J]. *南方农业*, 2018, 12(10): 55–57. [Luo X F. On new-type urbanization and farmland protection in Beijing[J]. *South China Agriculture*, 2018, 12(10): 55–57.]
- [29] 张丹, 伦飞, 成升魁, 等. 不同规模餐馆食物浪费及其氮足迹: 以北京市为例[J]. *生态学报*, 2017, 37(5): 1699–1708. [Zhang D, Lun F, Cheng S K, et al. The nitrogen footprint of different scales of restaurant food waste: A Beijing case study[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2017, 37(5): 1699–1708.]
- [30] Cai J M, Guo H, Larissa M, et al. Urban food supply under constrained land resources in Beijing: Potential and optimization[J]. *Journal of Resources and Ecology*, 2012, 3(3): 269–277.
- [31] 裴厦, 刘春兰, 谢高地, 等. 北京与津冀之间隐性土地资源流动研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2016, 26(1): 97–104. [Pei S, Liu C L, Xie G D, et al. Study on inter-regional transfer of embodied land resources between Beijing and Tianjin-Hebei[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2016, 26(1): 97–104.]
- [32] 刘菁华, 李伟峰, 周伟奇, 等. 权衡城市扩张、耕地保护与生态效益的京津冀城市群土地利用优化配置情景分析[J]. *生态学报*, 2018, 38(12): 4341–4350. [Liu J H, Li W F, Zhou W Q, et al. Scenario simulation balancing multiple objectives for optimal land use allocation of the Beijing-Tianjin-Hebei megaregion[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(12): 4341–4350.]
- [33] 北京市统计局. 北京统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 1980–2016. [Beijing Municipal Bureau of Statistics. *Beijing Statistical Yearbook*[M]. Beijing: China Statistical Publishing House, 1980–2016.]
- [34] 陈文辉, 谢高地, 张昌顺, 等. 北京市消耗食物生态足迹距离[J]. *生态学报*, 2016, 36(4): 904–914. [Chen W H, Xie G D, Zhang C S, et al. The ecological footprint distance of food consumed in Beijing[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2016, 36(4): 904–914.]
- [35] 中国营养学会. 中国居民膳食指南(2016)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2016. [Chinese Society of Nutrition. *Dietary Guidelines for Chinese Residents (2016)* [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2016.]
- [36] 宋佩锋. 人口预测方法比较研究[D]. 合肥: 安徽大学, 2013. [Song P F. *A Comparative Study on the Methods of Population Projection*[D]. Hefei: Anhui University, 2013.]
- [37] 唐华俊, 李哲敏. 基于中国居民平衡膳食模式的人均粮食需求量研究[J]. *中国农业科学*, 2012, 45(11): 2315–2327. [Tang H J, Li Z M. Study on per capita grain demand based on Chinese reasonable dietary pattern[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2012, 45(11): 2315–2327.]

- [38] 李艳华, 张晓梅, 李炳军. 我国饲料用粮的系统动力学预测建模[J]. 河南科学, 2012, 30(1): 127–130. [Li Y H, Zhang X M, Li B J. A forecasting model for China's feed grain demand based on system dynamics approach[J]. Henan Science, 2012, 30(1): 127–130.]
- [39] 李效顺, 蒋冬梅, 卞正富. 基于粮食安全视角的中国耕地资源盈亏测算[J]. 资源科学, 2014, 36(10): 2057–2065. [Li X S, Jiang D M, Bian Z F. The surplus and deficit measurement of the cultivated land in China in the view of food security[J]. Resources Science, 2014, 36(10): 2057–2065.]
- [40] 叶宏亮. 基于国内外耕地资源有效供给的中国粮食安全研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2013. [Ye H L. The Research of China's Food Security Based on Effective Supply of Cultivated Land Resources[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2013.]
- [41] 杨旺明, 栾一博, 杨陈, 等. 中国饮食所需耕地面积长时间尺度变化研究[J]. 资源科学, 2013, 35(5): 901–909. [Yang W M, Luan Y B, Yang C, et al. Changes in the land requirements for food from 1961 to 2007 in China[J]. Resources Science, 2013, 35(5): 901–909.]
- [42] 刘兵. 基于农户与消费者利益的农产品供应链整合研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2013. [Liu B. Study on Agricultural Products Supply Chain Integration Based in the Interests of the Peasants and Consumers: Fresh Fruits and Vegetables in China as an Example[D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2013.]

Land demands for food consumption in Beijing during 1980–2016

DONG Jiajing¹, ZHAO Yang¹, WANG Chongyang¹, XIAO Xiao¹, ZHANG Dan², LIU Litao²,
LIU Xiaojie², ZHANG Yali², LUN Fei¹

(1. College of Land Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

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

Abstract: The contradiction between socioeconomic development and land demands for food consumption has become one of the key issues for sustainable development. However, there is a lack of studies on land demands for food consumption at the urban level. Therefore, this study used the CPI index method to estimate food consumption of urban and rural residents in Beijing during 1980–2016. Based on the concept of virtual land, it revealed land demands as well as pressures due to human dietary change. We also explored land demands for food consumption under different scenarios in the future. Our results are as follows: human food consumption in Beijing has changed to more vegetables, fruits, and livestock products, and there are obvious differences in food consumption of urban and rural residents. Land demands for food consumption presented a U-shaped trend during this period. The per capita land demand for meat, eggs and milk, vegetables, and fruits increased significantly, while land demands for cereals have been decreasing. In 2016, land demands per capita for food consumption amounted to 1227.04 m²/a, resulting in the total land demands of 266.62×10^4 hm², with animal product consumption accounting for 70.36% and urban consumption accounting for more than 95%; and the pressure index for land demands reached 14. With a healthier diet, it could save $95.20 \times 10^4 \sim 153.32 \times 10^4$ hm² of land, equivalent to 5~8 times of present arable land area in Beijing. Thus, to some extent, a healthy food dietary structure could also alleviate the pressure of land demands for human food consumption.

Key words: food consumption; land demands; land pressure; CPI index method; food security; dietary structure