

引用格式: 赵晓宇, 孙春强, 崔荣国, 等. 基于粮食安全的中国耕地保护阈值研究[J]. 资源科学, 2024, 46(12): 2355-2366. [Zhao X Y, Sun C Q, Cui R G, et al. China's cultivated land threshold from the perspective of food security[J]. Resources Science, 46(12): 2355-2366.] DOI: 10.18402/resci.2024.12.02

基于粮食安全的中国耕地保护阈值研究

赵晓宇¹, 孙春强¹, 崔荣国¹, 陈 静¹, 张晓钰¹, 曹庭语¹, 李 超²

(1. 自然资源部信息中心, 北京 100036; 2. 中国国土勘测规划院, 北京 100035)

摘要:【目的】耕地是国家粮食安全的基石。在中国居民膳食结构明显变化、人口数量减少、资源环境硬约束没有改变的背景下, 开展以满足中国居民多样化食物需求和营养健康为目标的新时代中国耕地保护阈值研究, 对保障国家粮食安全和实施健康中国战略意义重大。【方法】结合膳食平衡法测算的年人均粮食需求量, 构建兼顾人口、人均粮食需求、粮食自给率、粮食单产的耕地保护阈值测度模型, 分析2021年全国及各农业生态区耕地最低需求量和耕地赤字盈余状况, 并基于当前粮食单产水平和未来人口变化预测分析2035年、2050年中国耕地最低需求量。【结果】①2021年中国人均粮食需求量范围约为420.0~497.1 kg。②运用耕地保护阈值测度模型得出, 2021年中国人均耕地阈值约为0.07~0.09 hm², 2021年中国耕地最低需求量约为10525.34万~12530.17万hm²; 在不同年人均粮食需求下, 耕地赤字盈余整体表现为随人均粮食需求量的增加, 耕地盈余减少、赤字上升, 各农业生态区耕地赤字盈余呈明显的地域差异性, 其中东北区耕地盈余最高, 江南区和华南区耕地赤字最高。③按照当前粮食单产水平, 预计2035年中国耕地最低需求量约为10141.68万~12073.42万hm², 2050年约为9533.61万~11349.53万hm²。【结论】依照目前耕地减少速率, 预计到2035年中国耕地总量可能突破耕地最低需求量高值, 2050年仅能达到年人均粮食需求量中等水平下的耕地最低需求量, 中国未来耕地保护形势非常严峻。建议进一步改进最严格的耕地保护制度和节约集约用地制度, 以农业生态区为基础, 科学设定耕地保护政策单元, 立足不同地区资源禀赋, 因地制宜实施差异化的耕地保护政策措施。同时, 结合主体功能区划构建跨区域、多层次一体化的耕地横向协同保护体系, 以高水平保护促进区域协调发展, 为端牢中国饭碗奠定坚实基础。

关键词: 耕地保护; 粮食安全; 健康中国; 耕地阈值; 人均粮食需求量

DOI: 10.18402/resci.2024.12.02

1 引言

粮食安全是“国之大者”, 耕地是粮食生产的命根子^[1-3]。截至2023年, 中国粮食产量已连续9年稳定在1.3万亿斤以上, 实现了中国人的饭碗牢牢端在自己手上, 但要实现由“吃得饱”向“吃得好”并且“吃得营养健康”的目标转变^[4-7], 当前中国粮食安全仍面临着诸多挑战^[8-12]。党的十八大以来, 以习近平同志为核心的党中央基于新时代中国经济社会发展需要和人民对美好生活向往, 提出“大食物观”和健康中国战略, 拓宽了粮食安全边界^[13]。粮食安全

由过去狭义的口粮安全向食物安全和营养健康安全转变, 由过去“以产定需”向“以需定产”转变^[14,15]。在此背景下, 耕地等国土空间不仅要保障粮食充足、安全的供给, 而且要保障肉、蛋、奶、水产品、蔬菜和水果等各类食物的供给需求^[16]。随着中国社会经济的发展, 居民膳食结构出现显著变化, 尤其是谷物类等粮食的直接消费量和比例明显降低, 肉、蛋、奶类等食物的消费量和比例稳步增加^[14], 食物消费结构整体由单一向多元转变^[17,18]。同时, 中国人口数量由20世纪的持续增长转为2022年以后的负

收稿日期: 2024-02-24; 修订日期: 2024-05-06

基金项目: 国家自然科学基金项目(42471300); 国家社会科学基金项目(22BFX132)。

作者简介: 赵晓宇, 女, 河北沧州人, 助理研究员, 研究方向为耕地保护政策研究。E-mail: xyzhao@infomail.mnr.gov.cn

通讯作者: 李超, 男, 河北沙河人, 高级工程师, 研究方向为土地资源调查评价、耕地保护。E-mail: 493187756@qq.com

增长^[19,20],但人多地少的基本国情仍未转变^[1]。在中国居民膳食结构明显变化、人口数量减少、资源环境硬约束没有改变的背景下,亟需开展新时代中国耕地保护阈值研究,准确测算中国耕地最低需求量,为科学合理保护耕地提供参考^[21]。

耕地保护阈值指满足某一区域内人口所需全部农产品的最低耕地数量^[22]。关于耕地保护阈值的研究起源于土地资源人口承载力研究^[23],早在20世纪70年代,联合国粮农组织(FAO)就利用“农业生态区法”开展了世界土地资源承载力研究^[24]。随着生态环境恶化以及研究的深入推进,国外学者提出了生态足迹法等^[25]土地承载力测算方法。1989—1994年,中国土地勘测规划院联合FAO等国际组织基于改进的农业生态区法完成了“中国土地的人口承载潜力研究”项目,成为土地资源人口承载力研究方面较典型的研究成果^[23]。国内学者分别基于不同研究视角,对耕地保护阈值的测算及时空变化特征进行了分析。在耕地保护阈值测算方法上,蔡运龙等^[26]提出“最小人均耕地面积”,运用耕地压力指数模型来衡量不同人均粮食需求量情形下的耕地资源紧张程度;饶应祥等^[27]提出基于人均农产品消费的人均耕地警戒值测算方法;周小平等^[22]从人均粮食消费量角度运用人均耕地阈值方法划分耕地赤字(盈余)区;李晓青等^[28]将灾害系数等纳入人均耕地警戒值模型。在耕地保护阈值实证研究上,卢新海等^[29]、赵永华等^[30]、张忠启等^[31]设定了人均粮食需求量,采用最小人均耕地面积及耕地压力指数模型分别分析湖北省、陕西省、江苏省耕地压力变化,分析耕地安全底线;张雅杰等^[32]结合不同时期人均粮食需求量,从国家、省域、经济区等维度分析了耕地压力指数的分异规律。已有研究虽然关注了不同人均粮食需求量情形下的耕地保护阈值时空变化,但在“大食物观”和健康中国战略下,探究居民膳食结构已发生变化情形下的新时代中国耕地保护阈值的研究较为罕见。

本文以健康中国战略为指引,践行“大食物观”,以满足新时代中国居民多样化食物需求和营养健康为目标,利用膳食平衡法测算年人均粮食需求量,构建兼顾人口、人均粮食需求、粮食自给率、粮食单产的耕地保护阈值测度模型,测算分析2021

年中国及各农业生态区耕地最低需求量和赤字盈余状况。考虑到2035年、2050年分别是基本实现社会主义现代化、全面建成社会主义现代化强国的时间节点,本文基于粮食单产水平和人口变化预测分析2035年、2050年中国耕地最低需求量,提出耕地保护对策建议,以期科学合理保护耕地提供参考。

2 数据来源和研究方法

2.1 数据来源

粮食产量、人口、人均主要食品消费量数据主要来源于2022年《中国统计年鉴》;全国及各省份耕地面积数据来源于国土调查成果共享应用服务平台(<https://gtdc.mnr.gov.cn>);淀粉、酒精、啤酒、白酒等行业产量数据主要来源于2022年《中国农产品加工业年鉴》《中国食品工业年鉴》;谷物、薯类、豆类的播种面积和单位播种量来源于2022年《全国农产品成本收益资料汇编》。通过以上获得的2021年数据已为最新数据。因数据缺失,未包含港澳台地区,故本文研究涉及31个省份。

2.2 研究方法

2.2.1 年人均粮食需求量

中国粮食消费需求包括口粮、饲料用粮、工业用粮、种子用粮^[33],同时也要考虑粮食损耗^[34]。年人均粮食需求量的计算公式^[34]如下:

$$Gr = KL + SL + GL + ZL + SH \quad (1)$$

式中: Gr 为年人均粮食需求量(kg); KL 为年人均口粮需求量(kg); SL 为年人均饲料用粮需求量(kg); GL 为年人均工业用粮需求量(kg); ZL 为年人均种子用粮需求量(kg); SH 为年人均粮食损耗(kg)。

参考已有研究^[33,34],针对粮食需求的不同组成,分别计算各组成部分。

(1)中国口粮的统计口径主要包括谷物、豆类和薯类。本文年人均口粮需求量(KL)按照谷物、豆类和薯类的年人均摄入量计算。

(2)年人均饲料用粮需求量(SL)按照人均肉、蛋、奶、水产品等摄入量和料肉比进行测算。料肉比是指饲养的畜禽增重1 kg所消耗的饲料粮。按照通行标准,牛肉、猪肉、羊肉、禽肉和蛋类的料肉比分别为3.6:1、4.3:1、2.7:1、2.7:1和2.7:1^[33],奶产品和水产品的料肉比分别为0.5:1和0.4:1^[33]。依据

2024年12月

牛肉、猪肉、羊肉、禽肉各自在肉类消费总量比重及料肉比,测算得出畜禽肉类饲料粮综合转化率为3.38。根据人均畜禽肉、蛋、奶、水产品每年的摄入量和料肉比,测算得出对应的饲料粮量,加和即为年人均饲料粮需求量:

$$SL = \sum_{i=1}^4 a_i X_i \quad (2)$$

式中: $i = 1, 2, 3, 4$ 分别为畜禽肉、蛋、奶、水产品; a_i 为料肉比; X_i 为人均摄入量。

(3)年人均工业用粮(GL)主要考虑啤酒、白酒、酒精、淀粉耗粮量,计算公式如下:

$$GL = \frac{\sum_{g=1}^5 q_g \times t_g}{P} \quad (3)$$

式中: $g = 1, 2, 3, 4, 5$ 分别为啤酒、白酒、酒精、淀粉、副食品; q_g 为年产量(kg); t_g 为工业用粮耗粮系数; P 为人口数(人)。啤酒、白酒、酒精、淀粉、副食品等耗粮系数取值分别为0.15、2.30、3.00、1.50、0.80^[35]。

(4)年人均种子用粮(ZL)通过不同种类粮食播种面积与单位面积播种量进行计算,公式如下:

$$ZL = \frac{\sum_{z=1}^3 c_z \times b_z}{P} \quad (4)$$

式中: $z = 1, 2, 3$ 分别为谷物、豆类、薯等; c_z 为播种面积(hm^2); b_z 为单位面积播种量(kg/hm^2)。

(5)年人均粮食损耗(SH)。中国部分地区,尤其是农村储粮分散、技术落后,粮食储存损耗较大。目前学界认为农村粮食储存损耗率至少为6%^[36]。

$$SH = \frac{Y \times f}{P} \quad (5)$$

式中: Y 为粮食总产量(kg),本文取2021年全国粮食产量; f 为粮食损耗率,取值为6%。

2.2.2 人均耕地阈值

人均耕地阈值是指满足人均全部农产品所需的最低耕地面积,主要与人均粮食需求量、粮食自给率、单位面积粮食产量等因素有关。为确保计算结果准确,本文以省级行政区为最小测算单元,首先计算人均年种粮耕地阈值,再通过全部耕地中的种粮耕地占比来换算得出人均耕地阈值^[22]。计算公

式如下:

$$PFCLT = \frac{Gr \times \beta}{PYF} \quad (6)$$

$$PYF = \frac{Y}{S \times N} \quad (7)$$

$$PCLT = \frac{PFCLT}{N} \quad (8)$$

据此,得出人均耕地阈值的计算公式为:

$$PCLT = Gr \times \beta \times \frac{S}{Y} \quad (9)$$

式中: $PFCLT$ 为人均年种粮耕地阈值(hm^2); PYF 为单位耕地面积粮食产量(kg/hm^2); β 为粮食自给率(%); S 为耕地现状面积(hm^2); N 为粮食播种面积占农作物总播种面积的比重(可近似地表示种粮耕地面积比例,%); $PCLT$ 为人均耕地阈值(hm^2)。目前已有研究对中国粮食自给率尚未设定统一标准^[37]。综合考虑《国家粮食安全中长期规划纲要(2008—2020年)》明确的95%以上粮食自给率要求,再结合已有研究^[38]与中国基本国情,本文粮食自给率定为95%。

2.2.3 耕地最低需求量

耕地最低需求量(即耕地保护阈值),指满足某一区域内人口所需全部农产品的最低耕地数量^[22]。由人均耕地阈值与人口数相乘得出,计算公式为:

$$S_{\min} = PCLT \times P \quad (10)$$

2.2.4 耕地赤字盈余量与赤字盈余率

耕地赤字盈余量为耕地现状面积与耕地最低需求量的差值,耕地赤字盈余率衡量赤字盈余相对程度^[39]。

耕地赤字盈余量计算公式如下:

$$D = S - S_{\min} \quad (11)$$

式中: D 为耕地赤字盈余量(hm^2), D 为正值表示盈余,负值表示赤字。

耕地赤字盈余率计算公式如下:

$$r = \frac{D}{S} \times 100\% \quad (12)$$

式中: r 为耕地赤字盈余率(%)。

2.2.5 农业生态区划分

国家“九五”科技攻关项目的子专题“中国农业生态区划方案”将中国划分为12个农业生态区^①。

① 12个农业区包括东北区、黄淮海区、长江中下游区、江南区、华南区、内蒙古高原及长城沿线区、黄土高原区、四川盆地区、云贵高原区、横断山区、西北区、青藏高原区。

为满足不打破省级行政边界的研究需求,参考已有研究^[40],基于12个农业生态区将31个省份划分为9个区域(表1)。各农业生态区内的社会经济条件及种植制度等自然条件较为近似,基于农业生态区进行耕地保护阈值研究,可在一定程度上排除自然禀赋和社会经济条件等因素对耕地及粮食产量的干扰,研究结果更客观准确。

表1 9个农业生态区的省份分布情况
Table 1 Provinces in the nine agroecological regions

农业生态区	省(自治区、直辖市)
东北区	黑龙江、吉林、辽宁
黄淮海区	北京、天津、河北、山东、河南
长江中下游区	湖北、安徽、江苏、上海
江南区和华南区	湖南、江西、浙江、福建、广东、广西、海南
内蒙古高原和黄土高原区	内蒙古、山西、陕西、宁夏
四川盆地	四川、重庆
云贵高原区和横断山区	云南、贵州
西北区	新疆、甘肃
青藏高原区	青海、西藏

3 结果与分析

3.1 平衡膳食模式下的年人均粮食需求量

中国营养学会发布的《中国居民膳食指南(2022)》,对平衡膳食模式下的年人均粮食需求量等内容进行量化并设计了“中国居民平衡膳食宝塔”^[41](以下简称“膳食宝塔”),包含了每人每天应摄入的食物种类及摄入量(图1)。

为满足居民营养健康需求这一目标,“膳食宝塔”将平衡膳食模式下的人均食物需求量划分3个

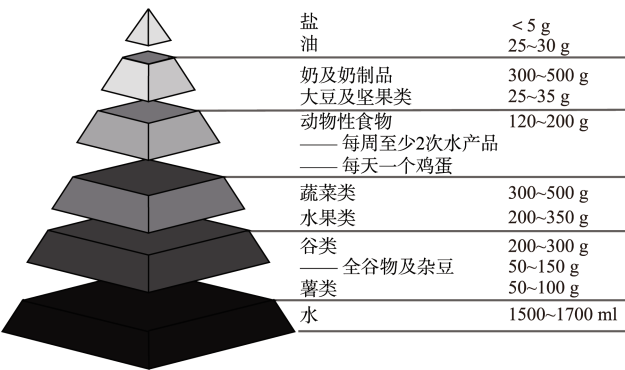


图1 2022年中国居民平衡膳食宝塔

Figure 1 Balanced dietary pagoda of Chinese residents, 2022
注:改绘自《中国居民膳食指南(2022)》。

等级(即低、中、高),并按上述3个等级方案分别计算出年人均粮食需求量分别为261.0、332.7、404.4 kg。结合年人均种子用粮、年工业用粮和年粮食损耗等,得出平衡膳食模式下中国居民年人均粮食需求量范围约为353.7~497.1 kg(表2)。

为验证人均粮食需求量测算结果的合理性,基于2021年人均主要食品消费量,依据公式(1)测算得出2021年中国居民人均粮食需求量为457.1 kg。将平衡膳食模式下的年人均粮食需求量与2021年中国居民人均粮食实际需求量进行比较,中方案年人均粮食需求量差异为31.8 kg,高方案年人均粮食需求量差异为-39.9 kg,说明本文测算得出的年人均粮食需求量较为可靠。

为进一步提高人均粮食需求量测算结果的现势性和可靠性,本文对国内外有关中国人均粮食需求量研究进行了梳理分析。总体看,粮食安全领域的权威研究机构和专家学者的主流观点是,年人均粮食需求量必须保障在400.0 kg以上。如联合国粮农组织(FAO)认为,低于400.0 kg可能危及国家粮食安全^[42]。中国相关研究机构和专家学者^[43-47]也认为,年人均粮食需求量400.0 kg是温饱水平的上限和初步小康水平的下限^[48-52](表3),年人均粮食需求量420 kg是全面建成小康社会下限^[48,49]。虽然本文测算的年人均粮食需求量最低值为353.7 kg,但中国已于2020年全面建成小康社会,在此条件下的年人均粮食需求量下限为420 kg,故本文认为目前中国年人均粮食需求量范围约为420.0~497.1 kg。

以此为基础,本文确立3种不同的年人均粮食需求量标准对中国耕地最低需求量及赤字盈余进

表2 平衡膳食模式下人均粮食需求量

Table 2 Per capita grain demand for balanced dietary pattern

类别	不同情形下人均粮食需求量		
	低	中	高
人均每日食用粮食需求量(含口粮、饲料用粮)/g	715.0	911.5	1108.0
年人均食用粮食需求量(含口粮、饲料用粮)/kg	261.0	332.7	404.4
年人均工业用粮/kg	56.9	56.9	56.9
年人均种子用粮/kg	6.8	6.8	6.8
年人均粮食损耗/kg	29.0	29.0	29.0
年人均粮食需求量合计/kg	353.7	425.4	497.1

2024年12月

表3 相关部门及专家学者关于年人均粮食需求量的主要观点及结论

Table 3 Main views and conclusions of related organizations and experts on annual per capita grain demand

相关部门及专家学者	主要观点及结论	发展阶段	年人均粮食需求量/kg
联合国粮食及农业组织 ^[42]	人均400.0 kg以上,代表该国或地区粮食安全;低于400.0 kg可能会危及粮食安全	—	400.0
中国农业科学院 ^[43]	人均不能少于400.0 kg	—	400.0
中国农业科学院农业经济研究所 ^[44]	将400.0 kg定为小康水平下限和温饱水平上限	温饱阶段 粮食消费的小康水平	[250.0, 400.0] (400.0, 600.0]
国务院新闻办公室 ^[45]	2030年人口达到16亿峰值,按人均年占有粮食400.0 kg,总需求量达到6.4亿t左右	—	400.0
卢良恕 ^[46]	人均400.0 kg是初步小康型标准	2010年 2020年 2030年	391.0 437.0 472.0
鲁奇 ^[47]	人均400.0 kg为小康水平下限和温饱水平上限;400.0~600.0 kg为小康水平	温饱~小康水平 小康水平	≤400.0 (400.0, 600.0]
陈百明等 ^[48]	根据全面建成小康社会不同发展阶段划分	2010年 2030年 2050年	420.0 450.0 500.0
封志明 ^[49]	随着人口增长和消费扩张,中国未来人均粮食消费水平和粮食需求总量将进一步提高	2020年	420.0~435.0
贺一梅等 ^[50]	人均400.0 kg是必需、起码标准	低温饱型 温饱型 初步小康型 全面小康型 向富裕过渡型 富裕型	[300.0, 350.0] (350.0~400.0] (400.0~450.0] (450.0~500.0] (500.0~550.0] (550.0~600.0]
陈玲玲等 ^[51]	根据发展目标以及粮食生产、消费的现状和趋势综合推算	2010年 2020年 2030年	400.0~410.0 420.0~435.0 450.0~470.0
杜继丰等 ^[23]	人均400.0 kg是小康水平的下限	小康水平	400.0
辛良杰等 ^[52]	2012年中国居民人均消费粮食327.5 kg,2030年将会超过517.3 kg	2012年 2030年	327.5 517.3

行分情景测算。年人均粮食需求量的最低水平为文献[48]中的全面建成小康社会水平——420.0 kg;中等水平为比文献[48]中的全面达到小康水平(450.0 kg)稍高的460.0 kg;最高水平为文献[48]中的全面达到富裕水平——500.0 kg,接近平衡膳食模式下最高标准。由此,本文分别按年人均粮食需求量420.0、460.0、500.0 kg等3种标准进行耕地最低需求量和耕地赤字盈余测算。

3.2 2021年中国人均耕地阈值及耕地最低需求量

在全国层面,随着人均粮食需求量增加,人均耕地阈值整体呈上升趋势。在年人均粮食需求量分别为420.0、460.0、500.0 kg时,中国人均耕地阈值

分别为0.07、0.08、0.09 hm²。在耕地最低需求量上,当年人均粮食需求量分别为420.0、460.0、500.0 kg时,2021年中国耕地最低需求量约为10525.34万~12530.17万hm²(表4)。从空间分布看,东部地区耕地最低需求量高于西部,如位于中国东部的江南区和华南区等耕地最低需求量高于其他农业生态区。

3.3 2021年中国耕地赤字/盈余

在全国和农业生态区层面,随人均粮食需求量的提高,均呈现耕地盈余减少、赤字上升的特征。以全国为例,当年人均粮食需求量为420.0 kg时,中国耕地总体上呈盈余状态,盈余量为2226.34万

表4 2021年中国及各农业生态区耕地最低需求量

Table 4 Minimum demand for cultivated land at the national and agroecological region levels, 2021

地区	2021年耕地面积/万hm ²	耕地最低需求量/万hm ²		
		420.0 kg	460.0 kg	500.0 kg
全国	12751.68	10525.34	11527.75	12530.17
东北区	2976.92	789.36	864.54	939.71
黄淮海区	2035.33	1739.71	1905.40	2071.09
长江中下游区	1452.87	1268.52	1389.33	1510.14
江南区和华南区	1420.58	2742.82	3004.05	3265.27
内蒙古高原和黄土高原区	1958.39	1127.70	1235.10	1342.50
四川盆地	704.91	701.88	768.73	835.58
云贵高原区和横断山区	877.68	998.23	1093.30	1188.37
西北区	1224.15	838.68	918.56	998.43
青藏高原区	101.43	184.57	202.15	219.73

hm², 盈余率为17.46%(表5); 当年人均粮食需求量为460.0 kg时, 中国耕地总体上仍呈盈余状态, 但盈余量与盈余率明显减少, 盈余量为1223.93万hm², 盈余率为9.60%; 当年人均粮食需求量为500.0 kg时, 中国耕地盈余量进一步下降至221.51 hm², 盈余率减少至1.74%。从空间分布看, 南部地区多以耕地赤字为主, 北部地区多以耕地盈余为主。

各农业生态区耕地赤字盈余在空间上呈明显的地域差异性。在耕地赤字盈余量上, 东北区、内蒙古高原和黄土高原区、西北区3个农业生态区在3种不同粮食需求量情形下耕地均呈盈余状态, 其中东北区耕地盈余量最大。长江中下游区仅在前两种情形下耕地存在盈余。江南区和华南区、云贵高

原区和横断山区、青藏高原区3个农业生态区在3种情形下耕地均呈赤字状态, 其中江南区和华南区耕地赤字最多。以年人均粮食需求量为460.0 kg为例, 东北区、黄淮海区、长江中下游区、内蒙古高原和黄土高原区、西北区5个农业生态区耕地呈盈余状态, 盈余量最大的农业生态区是东北区。其余农业生态区中, 江南区和华南区耕地赤字量最大, 为-1583.47万hm²; 四川盆地赤字量最小, 为-63.82万hm²(表5)。在耕地赤字盈余率上, 随人均粮食需求量增加呈盈余率减少、赤字率上升。相比年人均粮食需求量420.0 kg的情形, 年人均粮食需求量500.0 kg下的耕地赤字盈余率为正值的农业生态区数量由6个减少至3个。总体看, 东北区耕地盈余率最

表5 2021年中国及各农业生态区耕地赤字盈余量及赤字盈余率

Table 5 Amount and ratio of cultivated land deficit or surplus at the national and agroecological region levels, 2021

地区	2021年耕地面积/万hm ²	耕地赤字盈余量/万hm ²			耕地赤字盈余率/%		
		420.0 kg	460.0 kg	500.0 kg	420.0 kg	460.0 kg	500.0 kg
全国	12751.68	2226.34	1223.93	221.51	17.46	9.60	1.74
东北区	2976.92	2187.56	2112.38	2037.21	73.48	70.96	68.43
黄淮海区	2035.33	295.62	129.93	-35.76	14.52	6.38	-1.76
长江中下游区	1452.87	184.35	63.54	-57.27	12.69	4.37	-3.94
江南区和华南区	1420.58	-1322.24	-1583.47	-1844.69	-93.08	-111.47	-129.85
内蒙古高原和黄土高原区	1958.39	830.69	723.29	615.89	42.42	36.93	31.45
四川盆地	704.91	3.03	-63.82	-130.67	0.43	-9.05	-18.54
云贵高原区和横断山区	877.68	-120.55	-215.62	-310.69	-13.73	-24.57	-35.40
西北区	1224.15	385.47	305.59	225.72	31.49	24.96	18.44
青藏高原区	101.43	-83.14	-100.72	-118.30	-81.97	-99.30	-116.63

注: 正值表示盈余, 负值表示赤字。下同。

2024年12月

高,江南区和华南区耕地赤字率最高。以年人均粮食需求量460.0 kg为例,5个农业生态区有耕地盈余率,其中东北区耕地盈余率最高,为70.96%。3个农业生态区有耕地赤字率,其中江南区和华南区耕地赤字率最高,赤字率绝对值超过100%,为-111.47%;四川盆地耕地赤字率最低,为-9.05%(表5)。

3.4 2035、2050年中国耕地最低需求量

基于粮食安全的视角,并结合人口、年人均粮食需求量以及粮食单产,预测2035、2050年中国耕地最低需求量。根据2020年第七次全国人口普查数据,全国人口共14.12亿人。国家信息中心相关研究报告显示,2035年中国人口总量为14.01亿人,2050年人口总量将降至13.17亿人^[53]。在粮食单产上,《国务院关于确保国家粮食安全工作情况的报告》指出,中国2022年粮食单产5802.0 kg/hm²。在当前粮食单产水平保持不变的前提下,结合不同标准的年人均粮食需求量,预测2035、2050年中国耕地最低需求量。经测算得出,预计2035年中国耕地最低需求量约为10141.68万~12073.42万hm²,2050年约为9533.61万~11349.53万hm²(表6)。18亿亩耕地红线是国家确保农业生产所需土地而划定的最低保障线,18亿亩(折合约12000.00万hm²,下同)耕地仅可满足2035年人均粮食需求量低、中等水平的耕地需求,但不能保证2035年人均粮食需求量最高水平的耕地需求;2050年人均粮食需求量500 kg的耕地最低需求量为11349.53万hm²,已逼近18亿亩耕地红线,未来耕地保护仍面临较大压

力。此外,中国当前耕地中还包含一定量的难以或不宜长期稳定利用的耕地。第三次全国国土调查显示,中国有超740万hm²耕地位于年降水量200 mm以下地区,9.35%位于地形条件较差的坡度15°以上的地区,50%以上为利用条件较差的旱地等,有的耕地还面临荒漠化、石漠化威胁^[54]。

中国虽实施了最严格的耕地保护制度和最严格的集约节约用地制度,但耕地保护形势依然严峻复杂^[1]。第三次全国国土调查数据显示,2009—2019年中国耕地面积净减少752.50万hm²,平均每年减少约75.25万hm²^[54]。从耕地流向来看,一方面,由于农业结构调整和国土绿化,耕地流向林地、园地面积较大,分别为1412.12万、617.08万hm²。另一方面,随着工业化、城镇化的不断推进,城乡建设和工业园区建设驱动优质耕地资源被建设占用,2009—2019年有438.86万hm²耕地转为建设用地^[54]。

全面建成社会主义现代化强国,离不开土地等基本生产要素的支撑。若不进一步采取更加严格有效的耕地保护措施,中国耕地持续减少的态势在短期内不会改变^[55,56]。依照2009—2019年的耕地年减少速率,预计到2035年中国耕地面积约为11582.19万hm²,可能突破耕地最低需求量高值;2050年中国耕地面积将进一步减少至10453.44万hm²,仅能达到年人均粮食需求量中等水平下的耕地最低需求量,说明中国耕地保护形势非常严峻复杂。因此,必须持续采取更有力的措施保护耕地,才能确保实现端牢中国饭碗的目标。

表6 2035、2050年中国耕地最低需求量预测

Table 6 Prediction and analysis of the minimum demand for cultivated land in China in 2035 and 2050

年份	全国平均粮食 单产/(kg/hm ²)	年人均粮食需求量/kg			人口/亿人	耕地最低需求量/万hm ²		
		低	中	高		低	中	高
2035年	5802.0	420.0	460.0	500.0	14.01	10141.68	11107.55	12073.42
2050年	5802.0	420.0	460.0	500.0	13.17	9533.61	10441.57	11349.53

4 结论与政策建议

4.1 结论

本文以满足新时代中国居民多样化食物需求和营养健康为目标,利用膳食平衡法测算分析年人均粮食需求量。构建兼顾人口、人均粮食需求、粮食自给率、粮食单产的耕地保护阈值测度模型,基

于2021年全国国土变更调查数据,从全国、农业生态区角度研究分析2021年耕地最低需求量及耕地赤字盈余状况,并基于粮食单产水平和人口变化预测分析2035、2050年中国耕地最低需求量(即耕地保护阈值)。主要结论如下:

(1)中国2021年人均粮食需求量范围约为

420.0~497.1 kg。

(2)2021年,中国人均耕地阈值约为0.07~0.09 hm²,中国耕地最低需求量范围约为10525.34万~12530.17万hm²。耕地赤字盈余整体表现为随人均粮食需求量增加,耕地盈余减少、赤字上升且呈现明显的地域差异性。在年人均粮食需求量分别为420.0、460.0、500.0 kg的标准下,2021年中国耕地整体呈现盈余,但盈余量与盈余率随人均粮食需求量增加而减少。各农业生态区耕地赤字盈余呈明显的地域差异性,其中东北区耕地盈余最高,江南区和华南区耕地赤字最高。

(3)在当前粮食单产水平保持不变的前提下,2035年约为10141.68万~12073.42万hm²,2050年约为9533.61万~11349.53万hm²。考虑到这其中还包含一定量的不稳定耕地,中国必须持续采取更有力的措施保护耕地,才能确保实现端牢中国饭碗的目标。

4.2 政策建议

本文在耕地保护阈值研究和中国耕地当前及未来形势分析的基础上,提出以下耕地保护对策建议:

(1)进一步改进最严格的耕地保护制度和节约集约用地制度。例如,坚持粮食安全和生态安全两个底线,进一步通过优化“以补定占”严控非农建设占用耕地、倒逼存量挖潜、积极开发各类补充耕地资源等措施,严守18亿亩耕地红线。同时,进一步提升耕地质量和利用水平,实施农作物大面积单产提升行动,强化耕地种植用途管控和撂荒地治理,树立“大食物观”拓展食物供给空间等,破解资源环境硬约束,满足居民日益增长对多样化食物的消费需求,为推动健康中国、全面推进乡村振兴、加快建设农业强国等奠定坚实基础。

(2)以农业生态区为基础,科学设定耕地保护政策单元,立足资源禀赋分单元因地制宜实施差异化的耕地保护政策措施。例如,对于东北区等北方耕地盈余较大的地区,坚持总量控制原则保护耕地。国家层面重点通过省级党委和政府落实耕地保护和粮食安全责任制考核工作把好年度考核问责关,在稳住耕地总量、提升耕地质量、保护生态状况的前提下,赋予地方更多耕地保护和监管自主

权,因地制宜出台更加精准有效的耕地保护政策措施。对于南方耕地赤字普遍较大地区,坚持精细管控原则保护耕地。国家层面集中精力对耕地赤字较大、耕地保护问题突出地区采取全方位、精细化、地块化监管,提高区域耕地保护政策的精准性,层层压实地方责任。从严管控建设占用耕地,从严管控耕地“非粮化”违规占用耕地。如耕地占补平衡政策实行占用与补充耕地项目一对一挂钩,逐项目落实先补后占、占一补一、占优补优、占水田补水田等要求,确保耕地数量不减少、质量不下降、生态不受损。与此同时,重点解决耕地“非粮化”问题,加强南方耕地种植用途管控,在充分考虑农业生产条件、作物生长周期、恢复耕地经济成本和社会成本等因素和尊重农民意愿的前提下,强化规划统筹和资源适宜性评价,按照先易后难原则,科学推进“非粮化”等违规占用优质耕地整改复耕,有序引导过去流失的优质耕地资源复耕复种,逐步优化耕地空间分布格局,降低区域耕地赤字。

(3)结合主体功能区划,构建跨区域、多层次一体化的耕地横向协同保护体系。实施主体功能区战略,是中国坚定不移地推进高质量发展战略在空间上的体现^[57]。建议以主体功能区划为基础,构建跨区域、多层次一体化的耕地横向协同保护体系,推动耕地赤字区和耕地盈余区之间良性互动和收益共享。例如,耕地盈余地区在保障国家粮食安全中发挥了不可替代的“压舱石”作用,在守住耕地红线的同时,对经济社会发展产生一定程度的影响,经济发展水平一般不高,可能面临“粮财倒挂”的困境。耕地赤字地区经济发展水平一般较高,为保障经济社会发展用地需求,不可避免占用一定量的耕地空间。同时,耕地赤字地区受资源禀赋约束,完成耕地保护任务目标压力较大。因此,有必要依据耕地赤字盈余空间分布规律,结合主体功能区划,构建耕地横向利益补偿机制,以经济手段调节不同地区耕地保护与经济发展利益关系,促进区域协调发展。

参考文献(References):

- [1] 王广华. 切实加强耕地保护 改革完善占补平衡制度[N]. 人民日报, 2023-10-10(010). [Wang G H. To Strengthen Protection of

2024年12月

- Cultivated Land, We Will Refine the System for Offsetting Cultivated Land[N]. People's Daily, 2023-10-10(010).]
- [2] 陈印军, 易小燕. 我国耕地“非粮化”整治成效、困难、问题及对策建议[J]. 中国农业资源与区划, 2023, 44(9): 8-13. [Chen Y J, Yi X Y. The effects, difficulties, problems and suggestions of “non-grain” of croplands in China[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2023, 44(9): 8-13.]
- [3] 张颖诗, 冯艳芬, 王芳, 等. 广东省耕地非粮化的时空分异及其驱动机制[J]. 资源科学, 2022, 44(3): 480-493. [Zhang Y S, Feng Y F, Wang F, et al. Spatiotemporal differentiation and driving mechanism of cultivated land non-grain conversion in Guangdong Province[J]. Resources Science, 2022, 44(3): 480-493.]
- [4] Zhou Y, Li X H, Liu Y S. Cultivated land protection and rational use in China[J]. Land Use Policy, 2021, DOI: 10.1016/j.landusepol.2021.105454.
- [5] Liang X Y, Jin X B, Han B, et al. China's food security situation and key questions in the new era: A perspective of farmland protection[J]. Journal of Geographical Science, 2022, 32(6): 1001-1019.
- [6] 钟钰, 陈希, 崔奇峰. 俄乌冲突对世界粮食安全的影响[J]. 世界农业, 2022, (10): 18-27. [Zhong Y, Chen X, Cui Q F. Impact of Russia-Ukraine conflict on world food security[J]. World Agriculture, 2022, (10): 18-27.]
- [7] 杨翠红, 林康, 高翔, 等. “十四五”时期我国粮食生产的发展态势及风险分析[J]. 中国科学院院刊, 2022, 37(8): 1088-1098. [Yang C H, Lin K, Gao X, et al. Analysis on development and risks of China's food production during 14th Five-Year Plan period[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2022, 37(8): 1088-1098.]
- [8] 陈秧分, 王介勇, 张凤荣, 等. 全球化与粮食安全新格局[J]. 自然资源学报, 2021, 36(6): 1362-1380. [Chen Y F, Wang J Y, Zhang F R, et al. New patterns of globalization and food security[J]. Journal of Natural Resources, 2021, 36(6): 1362-1380.]
- [9] 宋敏, 张安录. 大食物观视阈下的耕地利用转型: 现实挑战、理论逻辑与实现路径[J]. 中国土地科学, 2023, 37(8): 31-41. [Song M, Zhang A L. Cultivated land use transition from the “Greater Food” perspective: Realistic challenges, theoretical logic and implementation paths[J]. China Land Science, 2023, 37(8): 31-41.]
- [10] 王福红, 夏咏. 中国耕地集约化利用不平衡不充分特征及成因[J]. 资源科学, 2024, 46(1): 130-144. [Wang F H, Xia Y. Characteristics of unbalanced and inadequate intensive use of cultivated land in China and causes[J]. Resources Science, 2024, 46(1): 130-144.]
- [11] Wang X J, Wang D Y, Wu S Z, et al. Cultivated land multifunctionality in undeveloped peri-urban agriculture areas in China: Implications for sustainable land management[J]. Journal of Environmental Management, 2023, DOI: 10.1016/j.jenvman.2022.116500.
- [12] Yang H, Chen L G, Yang B, et al. Exploring provincial sustainable intensification of cultivated land use in China: An empirical study based on emergy analysis[J]. Physics and Chemistry of the Earth, 2022, DOI: 10.1016/j.pce.2022.103287.
- [13] 程国强. 深刻把握大食物观的内涵和要求(新论)[N]. 人民日报, 2022-10-28(005). [Cheng G Q. Deeply Grasp the Connotation and Requirements of Greater Food (New Theory)[N]. People's Daily, 2022-10-28(005).]
- [14] 刘长全, 苑鹏. 推动“三个转变”构建国家粮食安全发展新的格局[N]. 光明日报, 2022-05-11(006). [Liu C Q, Yuan P. Promoting “Three Changes” to Build a New Pattern of National Food Security Development[N]. Guangming Daily, 2022-05-11(006).]
- [15] 樊胜根, 张玉梅. 践行大食物观促进全民营养健康和可持续发展的战略选择[J]. 农业经济问题, 2023, (5): 11-21. [Fan S G, Zhang Y M. The strategic options of implementing the Greater Food Approach for national nutrition and health and sustainable development[J]. Issues in Agricultural Economy, 2023, (5): 11-21.]
- [16] Zhu Y Y, Wang Z W, Zhu X H. New reflections on food security and land use strategies based on the evolution of Chinese dietary patterns[J]. Land Use Policy, 2023, DOI: 10.1016/j.landusepol.2022.106520.
- [17] 张凤荣, 张天柱, 李超, 等. 中国耕地[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2021. [Zhang F R, Zhang T Z, Li C, et al. Cultivated Land of China[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2021.]
- [18] 张翠玲, 强文丽, 牛叔文, 等. 基于多目标的中国食物消费结构优化[J]. 资源科学, 2021, 43(6): 1140-1152. [Zhang C L, Qiang W L, Niu S W, et al. Options of Chinese dietary pattern based on multi-objective optimization[J]. Resources Science, 2021, 43(6): 1140-1152.]
- [19] 陈卫, 郭亚隆. 中国的人口负增长与人口老龄化[J]. 北京社会科学, 2023, (8): 101-112. [Chen W, Guo Y L. Negative population growth and population ageing in China[J]. Social Sciences of Beijing, 2023, (8): 101-112.]
- [20] 黄小虎. 确定耕地保有量需要研究土地人口承载潜力[J]. 中国改革, 2023, (4): 36-39. [Huang X H. Determining the amount of cultivated land protection baseline requires studying the potential carrying capacity of land for population[J]. China Reform, 2023, (4): 36-39.]
- [21] 梁鑫源, 金晓斌, 韩博, 等. 藏粮于地背景下国家耕地战略储备制度演进[J]. 资源科学, 2022, 44(1): 181-196. [Liang X Y, Jin X B, Han B, et al. Evolution of the national cultivated land strategic reserve system under the background of storing grain in the land[J]. Resources Science, 2022, 44(1): 181-196.]
- [22] 周小平, 宋丽洁, 柴铎, 等. 区域耕地保护补偿分区实证研究[J]. 经济地理, 2010, 30(9): 1546-1551. [Zhou X P, Song L J, Chai D, et al. Empirical research on zoning of externalities compensation for regional cultivated land protection[J]. Economic Geography, 2010, 30(9): 1546-1551.]
- [23] 杜继丰, 袁中友. 耕地保护阈值国内研究述评[J]. 地理与地理信息科学, 2013, 29(6): 45-50. [Du J F, Yuan Z Y. Review of the

- research on threshold calculation of cultivated land protection in China[J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2013, 29(6): 45–50.]
- [24] FAO. Potential Population Supporting Capacities of Lands in Developing World[M]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1982.
- [25] Rees W E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out[J]. *Environment and Urbanization*, 1992, 4(2): 121–130.
- [26] 蔡运龙, 傅泽强, 戴尔阜. 区域最小人均耕地面积与耕地资源调控[J]. *地理学报*, 2002, 7(2): 127–134. [Cai Y L, Fu Z Q, Dai E F. The minimum area per capita of cultivated land and its implication for the optimization of land resources allocation[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2002, 7(2): 127–134.]
- [27] 饶应祥, 夏早发. 如何测算人均耕地警界值[J]. *中国土地科学*, 1999, 13(6): 30–32. [Rao Y X, Xia Z F. How to estimate the per capita alert values of cultivated land? [J]. *China Land Science*, 1999, 13(6): 30–32.]
- [28] 李晓青, 谢炳庚, 戴爱德, 等. 湖南省耕地压力现状分析及趋势预测[J]. *经济地理*, 2003, 23(4): 513–515. [Li X Q, Xie B G, Dai A D, et al. Present pressure analysis and trend predication of cultivated land in Hunan Province[J]. *Economic Geography*, 2003, 23(4): 513–515.]
- [29] 卢新海, 刘瑞红, 匡兵. 湖北省耕地压力的区域差异及动态演进分析[J]. *农业工程学报*, 2019, 35(23): 266–272. [Lu X H, Liu R H, Kuang B. Regional differences and dynamic evolution of cultivated land pressure in Hubei Province[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2019, 35(23): 266–272.]
- [30] 赵永华, 刘晓静, 奥勇. 陕西省耕地资源变化及耕地压力指数分析与预测[J]. *农业工程学报*, 2013, 29(11): 217–223. [Zhao Y H, Liu X J, Ao Y. Analysis of cultivated land change, pressure index and its prediction in Shaanxi Province[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2013, 29(11): 217–223.]
- [31] 张忠启, 沈正平. 江苏省耕地压力时空特征及变化趋势[J]. *资源科学*, 2023, 45(3): 512–523. [Zhang Z Q, Shen Z P. Spatiotemporal characteristics and change of cultivated land pressure in Jiangsu Province[J]. *Resources Science*, 2023, 45(3): 512–523.]
- [32] 张雅杰, 闫小爽, 张丰, 等. 1978–2015年中国多尺度耕地压力时空差异分析[J]. *农业工程学报*, 2018, 34(13): 1–7. [Zhang Y J, Yan X S, Zhang F, et al. Analysis on temporal-spatial difference of cultivated land pressure at multiple scales in China from 1978 to 2015[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2018, 34(13): 1–7.]
- [33] 刘秀丽, 相鑫, 秦明慧, 等. 中长期粮食需求预测研究综述与展望[J]. *系统科学与数学*, 2022, 42(6): 1490–1502. [Liu X L, Xiang X, Qin M H, et al. A review and prospect on the medium and long-term forecasting of grain demand[J]. *Journal of Systems Science and Mathematical Sciences*, 2022, 42(6): 1490–1502.]
- [34] 谢臻, 党昱譔, 孔祥斌, 等. SSPs–RCPs耦合情景下我国永久基本农田划定研究[J]. *中国土地科学*, 2023, 37(12): 115–127. [Xie Z, Dang Y X, Kong X B, et al. Research on the delineation of permanent basic farmland in China under the coupling scenarios of SSPs–RCPs[J]. *China Land Science*, 2023, 37(12): 115–127.]
- [35] 王川, 李志强. 不同区域粮食消费需求现状与预测[J]. *中国食物与营养*, 2007, (6): 34–37. [Wang C, Li Z Q. Food consumption demand situation and forecast in different regions[J]. *Food and Nutrition in China*, 2007, (6): 34–37.]
- [36] 于昊辰, 曾思燕, 王庆宾, 等. 多情景模拟下新时代中国耕地保护底线预测[J]. *资源科学*, 2021, 43(6): 1222–1233. [Yu H C, Zeng S Y, Wang Q B, et al. Forecast on China's cultivated land protection baseline in the new era by multi-scenario simulations [J]. *Resources Science*, 2021, 43(6): 1222–1233.]
- [37] 杨少文, 熊启泉, 王萍. 营养健康视角下的中国粮食自给率测算及应用[J]. *农业经济与管理*, 2023, (5): 36–49. [Yang S W, Xiong Q Q, Wang P. Calculation and application of China's grain self-sufficiency rate from the perspective of nutrition and health [J]. *Agricultural Economics and Management*, 2023, (5): 36–49.]
- [38] 熊启泉. 中国粮食的真实进口规模与自给率[J]. *华南农业大学学报(社会科学版)*, 2022, 21(3): 85–101. [Xiong Q Q. Size of grain net import and its self-sufficiency rate in China[J]. *Journal of South China Agricultural University (Social Science Edition)*, 2022, 21(3): 85–101.]
- [39] 崔宁波, 生世玉, 方袁意如. 粮食安全视角下省际耕地生态补偿的标准量化与机制构建[J]. *中国农业大学学报*, 2021, 26(11): 232–243. [Cui N B, Sheng S Y, Fang Y Y R. Standard quantification and mechanism construction of inter-provincial cultivated land ecological compensation from the perspective of food security [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2021, 26(11): 232–243.]
- [40] 杨传喜, 刘文博, 张俊飏. 基于农业生态区划的农业高质量发展水平测度、区域差异及收敛性研究[J]. *中国农业大学学报*, 2023, 28(12): 194–213. [Yang C X, Liu W B, Zhang J B. Measurement, regional differences and convergence analysis of the high quality development level of agriculture based on agro-ecological zoning[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2023, 28(12): 197–213.]
- [41] 中国营养学会. 中国居民膳食指南(2022)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2022. [Chinese Nutrition Society. *Chinese Dietary Guidelines (2022)* [M]. Beijing: People's Health Publishing House, 2022.]
- [42] FAO. The State of Food Security and Nutrition in the World 2022 [R]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022.
- [43] 中国农业科学院. 我国人均400公斤粮食必不可少[J]. *农业技术经济*, 1986, (8): 12–15. [Chinese Academy of Agricultural Sciences. 400 kg of grain per capita is essential in China[J]. *Journal of Agricultural Science*, 1986, (8): 12–15.]

2024年12月

- of Agrotechnical Economics, 1986, (8): 12–15.]
- [44] 中国农业科学院农业经济研究所. 我国粮食问题的宏观剖析[J]. 农业经济问题, 1995, (2): 2–7. [Institute of Agricultural Economics and Development. Macro analysis of China's grain problem[J]. Issues in Agricultural Economy, 1995, (2): 2–7.]
- [45] 国务院新闻办公室. 中国的粮食问题[N]. 人民日报, 1996–10–25(002). [The Information Office of the State Council. China's Food Problem[N]. People's Daily, 1996–10–25(002).]
- [46] 卢良恕. 新时期的中国食物安全[J]. 中国农村科技, 2004, (1): 4–5. [Lu L S. Chinese food security in the new era[J]. China Rural Science & Technology, 2004, (1): 4–5.]
- [47] 鲁奇. 中国耕地资源开发、保护与粮食安全保障问题[J]. 资源科学, 1999, (6): 5–8. [Lu Q. Some issues on the relationship between land resources development, production and food security[J]. Resources Science, 1999, (6): 5–8.]
- [48] 陈百明, 周小萍. 全国及区域性人均耕地阈值的探讨[J]. 自然资源学报, 2002, 17(5): 622–628. [Chen B M, Zhou X P. Analysis of the threshold area of national and regional per capita arable land in China[J]. Journal of Natural Resources, 2002, 17(5): 622–628.]
- [49] 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.]
- [50] 贺一梅, 杨子生. 基于粮食安全的区域人均粮食需求量分析[J]. 全国商情(经济理论研究), 2008, (7): 6–8. [He Y M, Yang Z S. Analysis of regional per capita food demand based on food security[J]. China Circulation Economy, 2008, (7): 6–8.]
- [51] 陈玲玲, 林振山, 郭杰, 等. 基于EMD的中国粮食安全保障研究[J]. 中国农业科学, 2019, 42(1): 180–188. [Chen L L, Lin Z S, Guo J, et al. Research on Chinese future grain security based on the method of EMD[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2019, 42(1): 180–188.]
- [52] 辛良杰, 王佳月, 王立新. 基于居民膳食结构演变的中国粮食需求量研究[J]. 资源科学, 2015, 37(7): 1347–1356. [Xin L J, Wang J Y, Wang L X. Prospect of per capita grain demand driven by dietary structure change in China[J]. Resources Science, 2015, 37(7): 1347–1356.]
- [53] 国家信息中心. 我国人口走势及在全球格局中的变化[R/OL]. (2023–01–12) [2024–02–02]. http://www.sic.gov.cn/sic/81/455/0112/11770_pc.html. [The State Information Center. The Trend of China's Population and Its Change in the Global Pattern[R/OL]. (2023–01–12) [2024–02–02]. http://www.sic.gov.cn/sic/81/455/0112/11770_pc.html.]
- [54] 中华人民共和国自然资源部. 中国国土资源利用[M]. 北京: 中国地图出版社, 2023. [Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. China's Land and Resources Utilization [M]. Beijing: Sino Maps Press, 2023.]
- [55] 刘利花, 张丙昕, 刘向华. 粮食安全与生态安全双视角下中国省域耕地保护补偿研究[J]. 农业工程学报, 2020, 36(19): 252–263. [Liu L H, Zhang B X, Liu X H. Compensation of provincial cultivated land protection in China from the dual perspectives of food security and ecological security[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2020, 36(19): 252–263.]
- [56] 朱晓华, 张燕, 朱媛媛. 大食物观视角下中国耕地保护的分区调控与区间协同[J]. 地理学报, 2023, 78(9): 2147–2162. [Zhu X H, Zhang Y, Zhu Y Y. Regional regulation and interregional coordination of cultivated land protection in China from the perspective of “Greater Food” approach[J]. Acta Geographica Sinica, 2023, 78(9): 2147–2162.]
- [57] 陈东, 刘宝印, 樊杰, 等. 主体功能区战略的实施评估与前景展望[J]. 中国科学院院刊, 2024, 39(4): 620–628. [Chen D, Liu B Y, Fan J, et al. Implementation evaluation and outlook of Major Function Oriented Zone[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2024, 39(4): 620–628.]

China's cultivated land threshold from the perspective of food security

ZHAO Xiaoyu¹, SUN Chunqiang¹, CUI Rongguo¹, CHEN Jing¹,
ZHANG Xiaoyu¹, CAO Tingyu¹, LI Chao²

(1. Information Center of Ministry of Natural Resources, Beijing 100036, China;

2. China Land Surveying and Planning Institute, Beijing 100035, China)

Abstract: [Objective] Cultivated land serves as the cornerstone of national food security. Under the background of significant changes in dietary consumption structure and population in China

and the rising resources and environmental constraints, it is imperative to investigate China's cultivated land threshold in the new era to meet diverse food and nutrition needs of Chinese residents.

[Methods] This study started from measuring the annual per capita grain demand using the Prandial Balance method. On this basis, a cultivated land threshold calculation model was constructed, taking into account factors such as population, per capita grain demand, food self-sufficiency rate, and grain yield per unit cultivated area. Then, the minimum demand and deficit (or surplus) of cultivated land at the national and agroecological region levels was measured for 2021. Furthermore, the minimum demand of China's cultivated land in 2035 and 2050 was predicted based on the grain yield per unit cultivated area and population change. **[Results]** (1) China's annual per capita grain demand ranges from 420.0 kg to 497.1 kg in 2021. (2) According to the cultivated land threshold calculation model, per capita threshold of cultivated land in 2021 ranges from 0.07 hm² to 0.09 hm². The minimum demand of China's cultivated land in 2021 ranges from 105.2534 million hm² to 125.3017 million hm². Cultivated land deficit and surplus in agroecological regions reflect obvious regional differences. Cultivated land surplus in Northeast China is the highest, while cultivated land deficit in areas south of the Yangtze River and South China is the highest. Cultivated land surplus decreases and cultivated land deficit increases with the rise of per capita grain demand. (3) Under the premise that the current grain yield per unit cultivated area is unchanged, minimum demand of China's cultivated land is expected to be between 101.4168 million hm² and 120.7342 million hm² in 2035, and 95.3361 million hm² and 113.4953 million hm² in 2050. **[Conclusion]** Given the current rate of cultivated land reduction, it is expected that the amount of cultivated land might drop below the high value of cultivated land minimum demand by 2035. In 2050, the amount of cultivated land in China can only be sufficient to meet the minimum demand of cultivated land under the medium level annual per capita grain demand. The challenges faced by China's cultivated land protection is very serious. In order to ensure the security of cultivated land resources in different regions of China, we should continue to implement and improve the most strict cultivated land protection system and the most strict system for conservation and intensive use of land in China; scientifically identify the policy unit of cultivated land protection based on agroecological areas; and implement targeted measures for cultivated land protection for different regions based on their resource endowments. Besides, a cross-regional, multi-level collaborative system of cultivated land protection should be established according to the spatial distribution of cultivated land surplus and deficit in combination with the construction of main functional regions.

Key words: cultivated land protection; food security; Healthy China; cultivated land threshold; per capita grain demand