

引用格式: 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.] DOI: 10.18402/resci.2021.06.13

多情景模拟下新时代中国耕地保护底线预测

于昊辰¹, 曾思燕², 王庆宾³, 戴劲³, 卞正富¹, 陈浮^{1,4}

(1. 中国矿业大学公共管理学院, 徐州 221116; 2. 西湖大学工学院, 杭州 310024;
3. 中国国土勘测规划院, 北京 100035; 4. 中国矿业大学低碳能源研究院, 徐州 221008)

摘要:耕地是国家粮食安全的基石, 关系到未来中华民族的生存。但究竟需要守住多少耕地才能满足新时代中国粮食需求的底线, 一直存在着不同的争论。为此, 本文从厘清不同情景下耕地最低保有量需求出发, 构建兼顾人口、人均粮食、粮食单产的耕地需求预测模型, 模拟完全自给、高度自给、适度自给3种情景的耕地需求量; 结合耕地未来可能的变化趋势预测, 判定耕地保护的底线必保量、基础应保量、底线必保量。结果表明: ①2020、2025、2030、2035年理想能保量要求至少保住19.20亿、18.39亿、18.47亿、16.57亿亩耕地; 基础应保量要求至少保住18.49亿、17.72亿、17.78亿、16.12亿亩耕地; 底线必保量要求至少保住17.80亿、17.09亿、17.09亿、15.51亿亩耕地。其中基础应保量可作为理性的策略选择。②目前划定15.51亿亩永久基本农田基本能保障2035年粮食自给, 但今后若放弃严控政策, 则难以满足2030、2035年粮食完全自给的耕地需求。未来应全面细化并继续严格实施耕地保护政策, 保障国家粮食安全。

关键词:耕地保护; 耕地保有量; 粮食安全; 预测; 情景模拟

DOI: 10.18402/resci.2021.06.13

1 引言

粮食是关系各国国计民生的战略物资, 防范粮食危机事关社会稳定^[1,2]。工业化、城市化侵占了大量的优质耕地^[3], 2020年全球有8.2亿人食不果腹, 20亿人处于“隐性饥饿”^[4]。新冠疫情引发的贸易保护主义进一步威胁全球粮食供应链安全, 2020年53个国家正经历严重的粮食危机^[5]。此外, 联合国预测2050年全球人口将突破98亿^[6], 粮食需求增幅将超过50%^[7], 粮食安全已成为21世纪人类面临最紧迫的挑战之一^[5]。粮食安全归根结底取决于耕地是否安全, 特别是在粮食单产难以快速增长^[8]的情况下, 保护耕地对粮食安全意义十分重大。

耕地保护向来是政府关注重点、研究热点与政策难点^[9]。多个国家已意识到耕地保护刻不容

缓, 并采取了以立法和规划为主、辅以行政经济等措施^[10]。美国耕地面积居全球首位, 宜耕后备资源充足, 但仍率先开展了耕地保护; 英国、德国、荷兰等国家通过限制侵占耕地, 严控城市无序蔓延^[7,8]; 瑞典、匈牙利等通过立法与经济手段, 扭转耕地锐减的势头^[11]; 日本通过有效的制度设计^[12], 促进耕地保护、乡村振兴与城市发展间的协调^[13]。据统计, 中国耕地面积约 $1.35 \times 10^6 \text{ km}^2$ ^[14], 但人均耕地少、优质耕地少、后备资源少^[15,16]。尽管耕地保护政策愈加严格, 但耕地面临压力和粮食安全问题愈发严峻, 亟需更为积极有效的政策激励各方守好耕地。

20世纪末, 中国实施以“占补平衡”为核心的耕地保护制度^[17], 取得了不错的成就。但城市扩张与工业活动损毁、侵占耕地仍屡禁不止^[18], 加之矿产开

收稿日期: 2020-11-01; 修订日期: 2021-01-03

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2015BAD06B02); 中国国土勘测规划院外协科技项目(2018041); 江苏省研究生科研与实践创新计划资助项目(KYCX21_2111)。

作者简介: 于昊辰, 男, 山东青岛人, 博士生, 研究方向为土地资源管理。E-mail: haochen.yu@cumt.edu.cn

通讯作者: 陈浮, 男, 江苏射阳人, 研究员、博导, 研究方向为国土空间规划与整治。E-mail: chenfu@cumt.edu.cn

2021年6月

发、化肥农药污染等问题突出^[19,20],已造成40%的耕地肥力减退^[21],且耕地流失形势严峻^[22],仅1996—2016年耕地便减少 $8.78 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ^[23]。随着经济发展,人民对高水平生活的追求导致粮食安全问题愈发迫切^[24]。如何缓解耕地数量不足、质量差、生态环境退化等危机已迫在眉睫^[25]。当前,中国已经实施全球最严格的耕地保护制度,划定了15.51亿亩永久基本农田,并死守18亿亩耕地保护红线。然而,中国粮食一直处于“紧平衡”的态势仍不可避免。那么18亿亩耕地与15.51亿亩永久基本农田能否实现未来粮食自给?新时代到底守住多少耕地才能保障国家粮食安全?当前保护制度能否满足未来中国对粮食的需求?这些问题亟待回答。

习近平总书记强调“让中国人的饭碗牢牢端在自己手中”,确立了“以我为主、立足国内、确保产能、适度进口、科技支撑”的国家粮食安全战略^[1]。对粮食安全的研判主要有2种方法:①基于未来生产需求变化假设,预测未来粮食供需变化,如粮食需求法^[26]、预留法^[27]、数学模型法^[28]等。但囿于模型局限、条件假设和参数设置等不同,取得的结论往往差异较大;②基于过去粮食供需变化预测耕地需求^[29,30],但因分析视角不同,结论更是大相径庭。为此,本文立足新时代耕地保护底线这个命题,构建兼顾人口、人均粮食、粮食单产的耕地需求量预测模型,模拟未来不同自给目标下的耕地最低需求

量,并结合耕地未来可能的变化趋势预测,判定耕地保护的理想能保量、基础应保量、底线必保量,以期为新时期耕地保护政策制定与调整提供科学依据。

2 研究框架与方法

2.1 研究框架

建立预测模型 Q 探讨未来高峰年粮食自给的耕地保护底线。模型 Q 包括4个子模块:人口子模块(P)、人均粮食需求子模块(D)、粮食单产子模块(G)及耕地变化子模块(C),见图1。其中, P 子模块要素包括自然增长率、出生性别比、老龄化、迁移等要素; D 子模块包括人均口粮、种子粮、工业用粮、饲料粮、膳食结构以及非耕地来源食物等要素; G 子模块需考虑生产条件、农业科技水平、自然灾害、农业政策等要素; C 子模块则包括土地整理、建设占用、土地开发、农业水利建设、农业结构调整、生态退耕、政策等要素。

P 与 D 两个子模块决定了粮食需求, G 子模块与粮作比(R)、复种指数(I)决定了粮食生产能力。粮食需求与粮食生产能力共同决定了耕地需求量,预测模型见公式(1):

$$Q_{x+t} = \frac{D_{x+t} \times P_{x+t}}{G_{x+t} \times R_{x+t} \times I_{x+t}} \quad (1)$$

式中: Q_{x+t} 为 $(x+t)$ 年耕地最低需求面积,其中 x 为基年, t 为研究年份与基年之差; D_{x+t} 为 $(x+t)$ 年人均粮

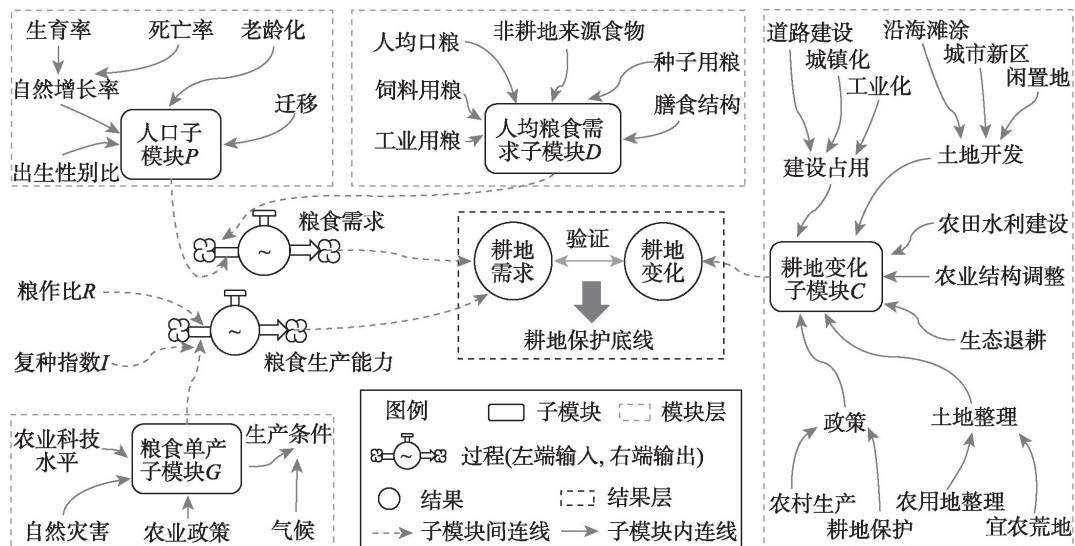


图1 耕地保护底线预测框架

Figure 1 Prediction framework of the baseline for cultivated land protection

食需求量; P_{x+t} 为 $(x+t)$ 年人口总数; G_{x+t} 为 $(x+t)$ 年粮食单产; R_{x+t} 为 $(x+t)$ 年粮作比; I_{x+t} 为 $(x+t)$ 年复种指数。

粮食自给率准确判定是保障粮食安全必须谨慎对待的科学问题^[31],现有研究对中国粮食安全自给水平设定目标尚未统一^[32]。有研究认为,中国合理粮食自给率目标宜设定为90%^[32,33],否则粮食供求风险会大幅增加^[34]。《国家粮食安全中长期规划纲要(2008—2020年)》则提出,中国粮食自给率需稳定在95%以上^[31]。本文按“谷物基本自给、口粮绝对安全”战略需求,将合理粮食自给率界定为3种情景,即在口粮100%自给基础上,其他用粮自给率设定为完全自给(100%)、高度自给[95%, 100%)、适度自给[90%, 95%)。根据上述情景,预测2020、2025、2030、2035年的耕地需求量。

结合C子模块判定未来耕地变化,并结合耕地需求量 Q_{x+t} 综合判定未来耕地保护底线。当前划定15.51亿亩永久基本农田红线,假定2035年不变化,则 $x+t$ 年的耕地需求量 Q_{x+t} 与耕地预测值 C_{x+t} 的关系辨析为:①当 $C_{x+t} < 15.51$ 亿亩,说明其耕地预测假设条件不成立,不予考虑;②当 15.51 亿亩 $\leq Q_{x+t} < C_{x+t}$,表明当前划定的永久基本农田尚不能保证未来粮食自给,但耕地总量可满足未来粮食需求,耕地保护底线为 Q_{x+t} ;③当 $Q_{x+t} \leq 15.51$ 亿亩 $\leq C_{x+t}$,说明中国未来能够实现粮食耕地双保,当前划定的永久基本农田能够保障未来粮食安全,耕地保护底线为 Q_{x+t} ;④当 15.51 亿亩 $< C_{x+t} \leq Q_{x+t}$,表明当前耕地保护政策尚不能实现粮食自给,亟需调整现行耕地保护政策。

2.2 数据来源与研究方法

2.2.1 数据来源

人口数据来源于1979—2017年全国人口普查数据库、《“十三五”全国计划生育事业发展规划》《中国统计年鉴》和《中国卫生健康统计年鉴》;GDP数据来源于历年《中国统计年鉴》;耕地数据来源于《中国国土资源公报》《中国国土资源统计年鉴》和《中国农村统计年鉴》;粮食数据来源于《中国粮食发展报告》《全国农产品成本收益资料汇编2017》《全国草原监测报告》和《中国粮食问题白皮书》。

2.2.2 研究方法

(1)人口P预测采用队列组元法模型

综合考虑人口年龄、性别、出生率、死亡率和人口迁移等要素,可较好实现未来不同时期人口总量预测^[11]。基于1979—2015年人口数据,以2015年为基期预测未来20年的人口规模与趋势。结合国家卫计委《“十三五”全国计划生育事业发展规划》,相关参数设定:①生育水平从2016年的1.7开始上升,2020年达到1.8并将稳定于该值不变;②平均寿命预期从2015年到2020年按0.10岁/年增长,此后按0.05岁/年增长;③出生人口性别比保持112不变;④未来2020—2035年生育模式与2015年一致;⑤按性别划分的原始净迁移率,按性别与年龄划分的净移民比例。兼顾人口现状与未来变化构建队列组元法模型(CCM)^[35],根据相关参数设定^[36]并参考曾思燕等^[11]的研究,按年龄5岁组距划分,依据不同年龄组出生、死亡、迁移等多要素,预测2020、2025、2030、2035年人口数量。

(2)粮食单产G预测采用指数衰减模型

根据指数衰减模型 $G = e^{-kn+b}$,利用全国1979—2017年近40年粮食平均单产数据,测算1979—2017年单产提升潜力并对结果取对数,见公式(2)。

$$G_n = \ln(V_a - V_n) = -kn + b \quad (2)$$

式中: V_a 为平均单产潜力值, V_n 为第 n 年粮食单产, $V_a - V_n$ 为单产提升潜力; k 与 b 分别为待定系数。

对1979—2017年全国 G_n 与 n 进行线性回归,测算 k 与 b ,再代入公式(2)预测未来某年平均单产。该模型优势在于其预测单产逐渐趋近单产潜力上限,但不会超越上限,且增幅逐渐减缓^[37],可较好刻画单产提升潜力这一变化趋势。

(3)人均粮食需求D预测采用自回归滑动平均模型(ARMA)

ARMA适用于复杂时间序列预测^[38],可较为准确地预测未来经济发展水平。参照经济发达国家过去30年粮食消费结构以及人均食品消费变化,比照原粮转化标准换算^[39],预测2020、2025、2030、2035年食品消费变化,综合确定中国未来食品消费结构。以粮食、肉蛋奶水产品的消费量估算口粮及饲料用粮,判断中国未来膳食消费结构变化及其对粮食安全的影响。此外,仅考虑口粮与饲料用粮尚不能体现中国粮食消费的总体水平,还要兼顾工业用粮、种子用粮及过程损耗。工业用粮、种子用粮、

2021年6月

过程损耗测算如下:①工业用粮:设定保持150万t/年的增长速度。②种子用粮:参照《全国农产品成本收益资料汇编2017》^[40],2016年水稻、小麦、玉米3种作物种子用粮平均为6.46 kg/亩。③过程损耗:当前谷物类产后损耗率高达 $5.34 \times 10^8 \sim 7.26 \times 10^8$ t,损耗率约10.8%~14.5%^[41]。按平均损耗率12.65%测算,中国目前人均损耗粮食48.46 kg;随着未来农业管理水平提高,可减少仓储、运输、加工等过程的损耗,拟按当前平均损耗率的50%计算,即损耗粮食为24.23 kg/人。此外,天然草地载畜与渔业捕捞可在一定程度缓解粮食消费压力,应纳入测算范围。中国草原载畜能力约23178万个标准羊单位(出肉率按40%测算,可出肉20 kg),按“1 kg肉=5 kg粮食”换算,中国主要产草省份(蒙、藏、疆)天然草地粮食当量为 1.16×10^8 t。中国2015年海水捕捞 1.33×10^8 t、内陆捕捞 2.33×10^7 t,按水产养殖单位产品消耗粮食0.77 kg测算,天然捕捞粮食当量 2.02×10^8 t。二者折算粮食当量合计 3.18×10^8 t。

(4)耕地变化C预测采用灰色-马尔柯夫链模型

它既能反映信息贫乏、规律不明、影响因素众多的变化,又能克服随机波动性问题。该方法较好地规避了外界因素对预测结果的影响,又兼顾了不同年份耕地的状态和数量^[42],可较科学地实现耕地面积变化趋势预测。分4步:①结合灰色-马尔柯夫链模型,建立灰色GM(1,1)模型,求出预测曲线 $Y(q)$ ^[28];②以 $Y(q)$ 为基准,划分出若干动态状态区间^[43];③依据落入各状态区间的点测算马尔柯夫 P_{ij} 矩阵,预测未来状态并测得预测值区间^[44];④取区间中点,最终获取精度较高的 $(x+t)$ 年耕地变化预测值 C_{x+t} ^[42],其中 x 为基准期(2015年), t 为预测期与基准期的差值。

(5)其他参数设定方法

①粮作比 R 主要通过分析历年粮作比变化,结合相关产业规划、农业结构调整、市场需求等预测;人均粮食需求量、人口总数、粮食单产等均分别建立模型进行预测。 R 从2000年的0.69降低至2003年的0.65,再增长至2006年的0.69,此后基本稳定于0.68。随着对非粮食化耕地的重视与农业税费减免,未来农民种粮积极性将有所增加,但粮作比回升速度会随农业结构合理化调整而逐渐缩小。因

此,2020—2035年粮作比设定稳定在0.68。②复种指数 I 主要通过分析历年复种指数变化,并结合气候、农业结构调整、种植制度、生产技术等因素变化预测。其中,2000—2006年 I 一直在1.20上下波动,呈缓慢上升趋势,2007—2013年稳定在1.30上下,2015年下降为1.23。兼顾各项政策及轮作休耕实施,未来复种指数将长期稳定在1.20。

3 结果与讨论

3.1 不同情景下中国耕地需求

3.1.1 粮食需求预测

与中国2020—2035年相近人均GDP水平下,不同发达国家粮食消费结构见图2。从粮食种类来看,蔬果所占比重最高,约29.99%~46.80%;肉类次之,约19.78%~28.55%;谷物约在14.21%~28.50%;奶类约在6.52%~26.58%;蛋类所占比重最低,约0.86%~4.43%。从不同国家来看,日本的谷物消费比重远高于其他发达国家,而奶类则远低于其他发达国家。从变化趋势上看,不同国家的蔬果与肉类有增有减,但基本保持稳定;而随着经济的发展,日本对谷物的消费逐渐降低,对蛋类、奶类消费有所提升,与其他发达国家呈现出相反趋势,这是由于饮食结构基础的差异所决定。美国、澳大利亚、德国、加拿大等发达国家经过长期发展,膳食结构相对稳定,但与东亚国家或地区的饮食习惯差异较大。因此,本文重点参考日本膳食结构,并参考中国膳食结构演变规律^[39]与《中国居民膳食指南》推荐的食物消费水平^[45]进行综合分析,重构中国居民人均膳食消费结构区间(图3)。

考虑中国大部分肉蛋奶和副食产品消费均由粮食转化而来,需将上述消费品转化为原粮。经测算,人均粮食需求组成见表1。中国2020、2025、2030、2035年由人均口粮直接消费和肉蛋奶间接消费粮食量为360.12、359.58、375.49和356.86 kg/a,其中人均口粮直接消费为130.12、126.58、120.49和114.86 kg/a。根据人均粮食需求子模块测算,来源于天然草地载畜和捕捞等非耕地供给的分别为22.34、22.12、22.09和22.20 kg/a。扣除来源于非耕地供给后,肉蛋奶等间接饲料用粮为207.66、210.88、232.91和219.80 kg/a。虽然未来中国居民口粮直接消费不断减少,但更多地转化为蔬果、肉

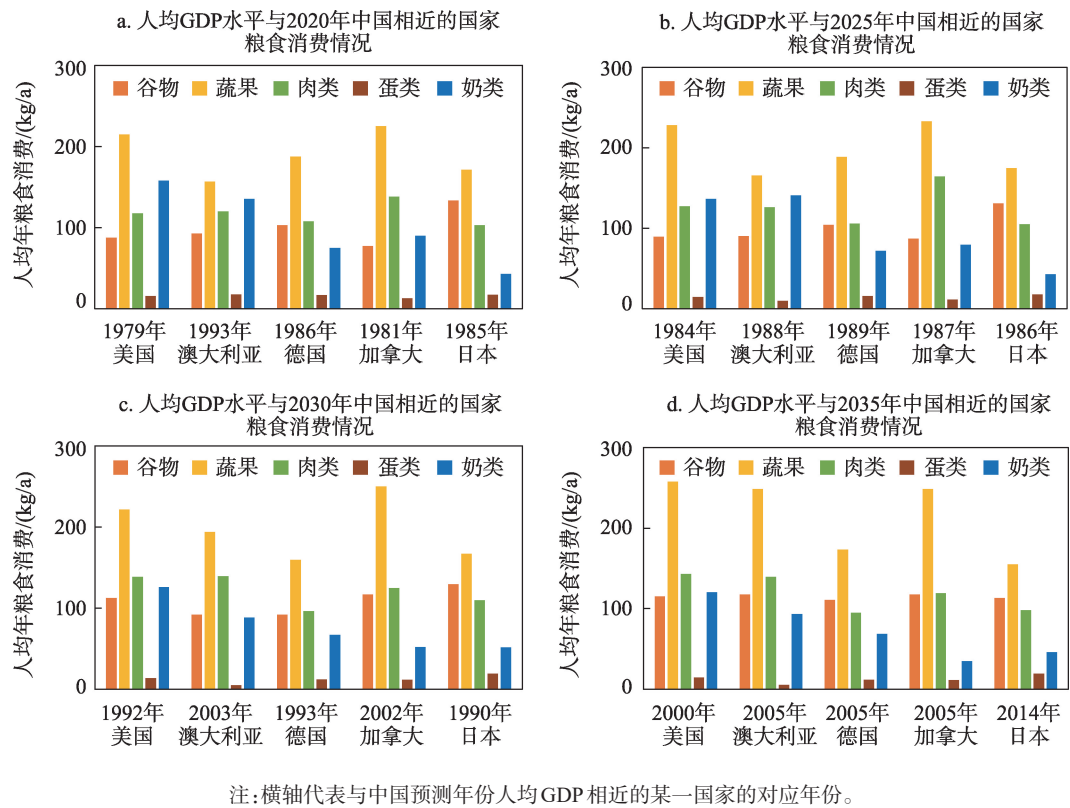


图2 2020—2035年与中国相近人均GDP的发达国家粮食消费结构

Figure 2 Grain consumption structure of developed countries with per capita GDP similar to that of China, 2020-2035

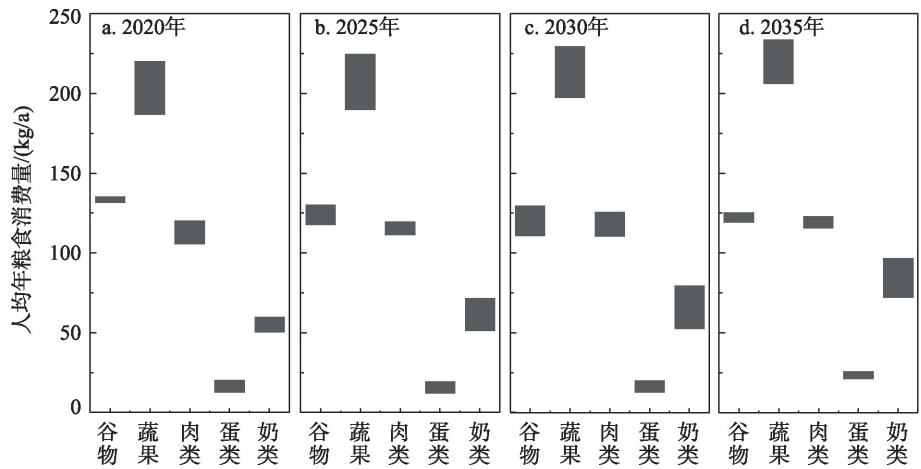


图3 2020—2035年中国居民人均膳食消费结构区间

Figure 3 Range of per capita dietary consumption of the residents of China, 2020-2035

表1 2020—2035年中国人均粮食需求

Table 1 China's per capita grain demand, 2020-2035

(kg/a)

年份	口粮	其他用粮				合计
		饲料用粮(耕地部分)	工业用粮	种子用粮	过程损耗	
2020	130.12	207.66	64.20	6.45	24.23	432.66
2025	126.58	210.88	68.80	6.39	24.23	436.88
2030	120.49	232.91	73.90	6.38	24.23	457.91
2035	114.86	219.80	79.50	6.41	24.23	444.80

2021年6月

类、奶类的摄入,这种膳食结构变化最终导致了人均粮食需求的增加。工业用粮、种子用粮、过程损耗三者也来源于耕地的粮食供给。中国2020、2025、2030、2035年三者合计分别为94.88、99.45、104.51和110.14 kg/a(表1),基本按照1 kg/a的增长速度稳定增长。其中,种子用粮基本稳定于6.38~6.49 kg/a;过程损耗在本文中假设不变,因此三者的增长主要是由于工业用粮的增长导致。

综上,中国2020、2025、2030、2035年来源于耕地的人均粮食需求分别为432.66、436.88、457.91、444.80 kg/a,其中口粮与肉蛋奶消费的饲料用粮占据粮食需求的75%以上,表明粮食需求主要是由膳食结构所决定。此外,人均粮食需求呈先增长、后减少的趋势,并于2030年前后达到峰值。

结合人口子模块的预测结果,2020、2025、2030、2035年中国人口数分别为14.25亿、14.39亿、14.41亿、14.34亿,则来源于耕地供给的耗粮分别为 6.17×10^8 t、 6.29×10^8 t、 6.60×10^8 t、 6.38×10^8 t。不难发现,无论粮食人均需求或总需求,预测结果均呈现先上升后下降的趋势,且均于2030年前后达到峰值,这种变化趋势与不同经济发展水平下居民粮食消费结构变化密切相关。

3.1.2 粮食单产预测

1979—2017年间,中国粮食单产以年均72 kg/hm²的速度持续增长(图4a)。可分为3个阶段:①快速增长阶段(1979—1984年):平均增速为164.6 kg/(hm²·a),其中1984年粮食单产达到3608 kg/hm²。②起伏增长阶段(1985—1996年):1984—1990年持续5年粮食单产徘徊,直到1989年才恢复至1984年的水平。③平稳增长阶段(1997—2017年):平均粮食单产增速约56.82 kg/(hm²·a)。同样地,稻谷、玉米、小麦基本与历年粮食增长趋势相近(图4b)。依据衰减性指数衰减模型,预测2020年、2025年、2030年和2035年粮食单产分别为5914、6284、6570、6922 kg/hm²,该结果拟合优度高($R^2 > 0.9$),且回归结果在0.01置信水平上显著。

3.1.3 耕地需求预测与分析

基于粮食安全视角,并结合粮食生产能力与来源于耕地供给的粮食需求,预测2020—2035年完全自给、高度自给、适度自给3种情景下耕地需求(表2)。①完全自给:18亿亩耕地可满足2035年耕地需求,但不能保证2020年、2025年、2030年完全自给。②高度自给:2020年耕地需求量为18.49亿亩,大于18亿亩耕地红线;2025、2030年的耕地需求量

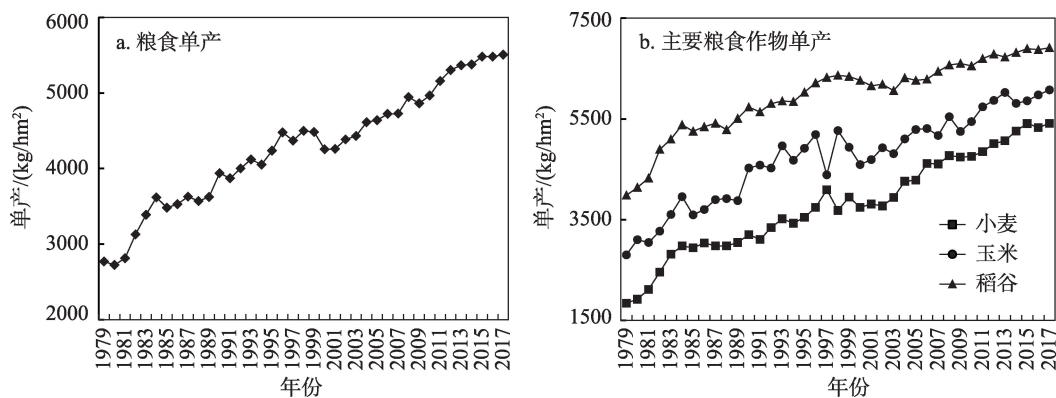


图4 1979—2017年中国粮食及主要粮食作物单产趋势

Figure 4 Trend of per unit yield of grain and main grain crops in China, 1979-2017

表2 不同粮食自给情景下2020—2035年中国耕地需求量

Table 2 Cultivated land demand in China under different grain self-sufficient scenarios, 2020-2035

方案	情景设定	耕地需求量/亿亩			
		2020年	2025年	2030年	2035年
完全自给	口粮100%,其他用粮100%	19.20	18.39	18.47	16.75
高度自给	口粮100%,其他用粮95%	18.49	17.72	17.78	16.12
适度自给	口粮100%,其他用粮90%	17.80	17.09	17.09	15.48

为17.72亿、17.78亿亩,已逼近18亿亩耕地红线,未来中国耕地保护仍需面临较大压力。③适度自给:耕地需求量均维持在18亿亩耕地红线之下;但此情景对国际粮食贸易的依存度较高,一旦国际形势出现异动将威胁粮食安全。

按适度自给底线测算,中国2020—2035年耕地需求量由17.80亿降至15.48亿亩,守住18亿亩耕地红线足以满足粮食适度自给目标。此前漆信贤等^[16]提出2020年耕地需求量为15.59亿~18.92亿亩,略低于本文结果;同时,提出2035年耕地需求量14.32亿~18.03亿亩,本文结果位于这个区间,但结果存在小的差异,原因是本文不仅考虑了人均食物消费总量,更依据发达国家膳食结构变化,并区分谷物、蔬果、肉类、蛋类、奶类等不同膳食需求。新时代粮食安全关注的不仅是吃饱问题,更需要关注吃好与膳食结构的均衡。

口粮一般指小麦、玉米、稻谷,本文对口粮的界定也是参照此标准。然而,当前针对大豆等农产品是否纳入自给目标存有争议。一方面,中国大豆单产水平低(2020年中国大豆单产约132 kg/亩、美国约223 kg/亩,美国几乎是中国的1.69倍),2006—2015年间单产也仅提高10 kg/亩^[46];另一方面,中国大豆主要用于榨油、兼用豆粕提供饲料蛋白,将其纳入口粮可能误导对粮食供求形势的研判,甚至夸大危机的严重性^[31]。如2019年进口大豆8851万t、食用油953万t,以出油率18.5%计算,食用油需大豆5151万t,两项相加共需进口大豆14002万t。按2019年大豆单产129.0 kg/亩测算,需耕地10.8亿亩,这也意味着大豆国产化势必将威胁主粮的正常生产。因此,本文未将大豆纳入粮食范畴,但并非否认大豆的重要性。建议应开发木本油料,注重海外拓展,强化境外投资,未来依托全球市场有利条件与“一带一路”国际合作,以双循环主动构建“粮食安全命运共同体”^[47],深化农产品领域贸易合作,适度进口缺口大、需求多、产量低的农产品,缓解国内耕地生产的压力。

3.2 不同情景下中国耕地变化

不同时期耕地数量与保护政策之间的作用存在显著差异(图5)。运用多时段线性回归分析模

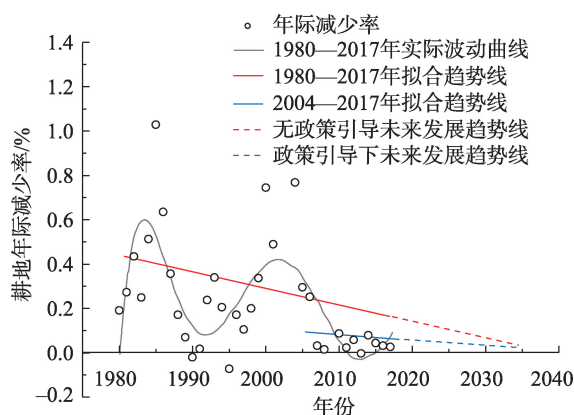


图5 1980—2017年中国耕地减少率波动与拟合趋势及2018—2035年预测趋势

Figure 5 Fluctuation and fitting trend of cultivated land reduction rate from 1980 to 2017, and the forecast trend of cultivated land reduction rate from 2018 to 2035 in China

型,从宏观角度量化耕地数量变化与耕地保护政策之间相互关系,并基于灰色-马尔柯夫链预测未来耕地数量变化。结果发现,严格保护政策下未来耕地减少率明显降低。①若无政策引导,耕地变化率按1980年^①以来耕地年际减少率的线性拟合趋势测算,2020、2025、2030和2035年中国耕地数量分别为19.89亿、19.00亿、17.90亿、16.50亿亩。②在严格耕地保护政策下,耕地变化率参照2004年以来耕地年际减少率的线性拟合趋势测算,2020、2025、2030和2035年耕地数量分别为20.21亿、20.17亿、20.13亿、20.09亿亩。上述结果小概率误差为0.95,预测结果可靠。

自2004年以来,随着永久基本农田保护、耕地占补平衡、土地开发整理复垦等制度的实施,保护政策逐步完善,耕地年际减少率大幅降低,显示耕地保护政策取得了较好的成效。现实国情要求严格实施耕地总量动态平衡与耕地保护制度^[24],但长期以来占补平衡存在“占优补劣、以次充好”的弊端^[48],难以实现保护耕地的初衷。面对资源环境承载力均已逼近极限的现实^[32],亟待健全耕地休养生息制度,凸显守住高质量耕地的重要性。

3.3 不同情景下中国耕地保护底线

将适度自给、高度自给、完全自给3种情景下耕地需求量,同政策引导与无政策引导2种耕地变化

① 此处是指1980年的耕地年际减少率,即=(1980耕地面积-1979年耕地面积)/1979年耕地面积。研究起点为1979年的情况下,耕地变化率从研究起点的次年(1980年)开始计算。

2021年6月

趋势进行对比,结果见图6。①若无政策引导,即不严格地实施耕地保护政策,2020、2025年耕地保有量可实现完全自给;但之后粮食自给问题逐渐凸显,2030年、2035年距完全自给分别缺口0.57亿、0.25亿亩耕地。②在政策引导下,即严格实施耕地保护政策,2020—2035年耕地保有量结果均高于完全自给所需耕地面积,粮食安全基本保证。

可以看出,15.51亿亩永久基本农田不能完全保障2020—2030年的粮食适度自给目标,但耕地总量可满足未来粮食需求。此外,15.51亿亩永久基本农田可落入2035年耕地需求区间内,揭示了当前划定的永久基本农田保护红线对保障未来粮食安全底线的科学性。然而,现实中仍有诸多不确定性因素,如:近年粮食主产区旱情频发,给粮食生产供应平添压力;新冠疫情、病虫害对全球经济秩序造成了巨大冲击^[49],国际粮食价格有所上涨,多国紧急出台限制粮食出口的政策^[50];2020年中国南方洪涝对水稻产量造成负面影响^[51]。假如考虑休耕轮作、退耕还林还草、耕地撂荒等现实,那么未来耕地需求量会更高。

鉴于此,新时代中国耕地保有量可分为3种情景。①理想能保量:取完全自给耕地需求量至中国政策引导下耕地保有量的区间。2020、2025、2030、2035年分别为19.20亿~20.21亿、18.39亿~20.17亿、18.47亿~20.13亿、16.57亿~20.09亿亩。该情景可保障粮食完全自给,又兼顾了生态休耕与耕地保护政策严格实施,其中超出完全自给范畴的可作为战略储备耕地(约1亿~4亿亩)。②基础应保量:保障

粮食高度自给到完全自给的耕地需求量区间。2020、2025、2030、2035年分别为18.49亿~19.20亿、17.72亿~18.39亿、17.78亿~18.47亿、16.12亿~16.75亿亩。虽需要进口最高5%的其他用粮,但契合“适度进口”的国家粮食安全战略需求。这种次优情景在满足新时代经济发展合理用地需求的同时,并未过多牺牲耕地,对中国粮食耕地双保意义重大。③底线必保量:取永久基本农田与适度自给耕地需求量二者的较大值至高度自给耕地需求量之间的值。2020、2025、2030、2035年分别为17.80亿~18.49亿、17.09亿~17.72亿、17.09亿~17.78亿、15.51亿~16.12亿亩。虽也基本满足“适度进口”的要求,但牺牲了粮食安全部分主动权、威胁到人民基本生存权底线,一旦全球贸易争端加剧极易造成粮食危机。

本文认为耕地保护底线落于基础应保量范畴内是更为科学与现实的策略选择,虽然会牺牲一定的耕地面积,但更有利于经济社会的高质量发展。因此,2030年前坚守18亿亩耕地保护红线不动摇,2035年前严守15.51亿亩永久基本农田红线是保障粮食安全的底线。为提高粮食安全自给度,未来不仅要对现有15.51亿亩永久基本农田采取充分保护措施,甚至需要划定大于15.51亿亩的永久基本农田保护红线。这要求的保护率仍然超过90%,因此“摊大饼”无差异化的耕地保护策略已难以满足新时代需求。当前“非粮化”现象呈蔓延趋势,忽视“非粮化”行为极易高估谷物产量前景^[52],影响对国家粮食安全战略的研判。此外,即便耕地守住了,若无人种植,粮食安全也终将是空谈,“谁来种地”的难题日益凸显^[53]。因此解决农民种粮积极性也是保障粮食安全的关键^[54]。

4 结论与政策建议

4.1 结论

严格保护耕地是保障粮食安全的必要手段,经济发展应尽量避免占用优质耕地资源,以保障未来人民最基本的粮食需求。当前中国社会经济正向高质量发展换挡,粮食安全作为国家可持续发展的底线之一,要求各界必须认清满足未来高峰年粮食自给的耕地保护底线的重大意义。为此,本文构建了包括人口、粮食单产、人均粮食需求、耕地变化4个子模块的耕地保护底线预测框架,采用队列组元法模型、指数衰减模型、自回归滑动平均模型分别

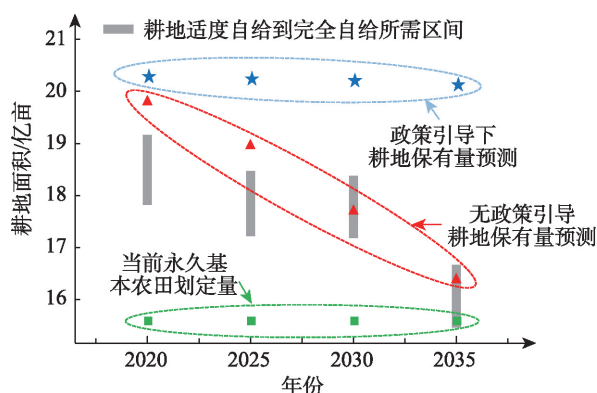


图6 不同情景下中国耕地需求量与耕地变化趋势结果对比
Figure 6 Comparison between the demand and the change trend of cultivated land under different scenarios

预测人口、粮食单产、人均粮食需求,进而判定耕地需求。结合1979—2017年耕地变化趋势,运用灰色-马尔柯夫链模型预测耕地变化。模拟完全自给、高度自给、适度自给3种情境下的耕地需求,并结合政策引导与无政策引导2种耕地变化,综合判定未来耕地保护底线。

(1)目前划定15.51亿亩永久基本农田可基本保障2035年粮食适度自给,但今后若放弃严控政策,则难以满足2030、2035年粮食完全自给。

(2)界定了耕地保护的理想能保量、基础应保量、底线必保量,并建议将基础应保量作为理性的策略选择,即2020、2025、2030、2035年至少守住18.49亿、17.72亿、17.78亿、16.12亿亩耕地。

(3)未来应继续严控耕地保护政策,2030年前中国应严守18亿亩耕地红线、2035年前严守15.51亿亩永久基本农田底线,甚至需要划定大于15.51亿亩的永久基本农田保护红线。

目前对未来耕地需求预测更多关注可预见的数量变化,尚未充分考虑耕地质量提升、空间异质性与农业科技进步等因素,有待在后续研究中不断补充完善。

4.2 政策建议

随着经济社会发展、食物消费转型和耕地保护形势变化,建议今后从如下3个方面着手:

(1)全面细化耕地保护政策,兼顾耕地数量、质量、生态三重需求,摒弃“摊大饼”无差异化的耕地保护策略,科学划定耕地重点优先保护区,对全国耕地实施分区管控、分类保护、分级修复、分步施策。

(2)理性对待耕地非农化、非粮化对经济发展、粮食安全、生态环境的效应差异,坚决遏制耕地非农化行为,从严管控耕地非粮化行为,并严格限制优质农田转化为建设用地,加大“良田粮用”全天候立体化监管,保障粮食播种面积不减少、耕地产粮主体功能不动摇。

(3)强调奖励耕地保护主体,挖掘粮食生产新动能,稳妥推进农地流转与耕地规模化种植、完善粮食良种等多元化补贴政策,强化政府粮食收储调控能力,提高农民种植农作物特别是种粮的积极性,确保农民守住耕地、人民端牢饭碗。此外,推动农业保险服务高质量发展,逐步提高种粮保险覆盖

面与保障水平,提高农民自身抵御风险的能力。

参考文献(References):

- [1] 魏泳安. 习近平新时代粮食安全观研究[J]. 上海经济研究, 2020, (6): 14-23. [Wei Y A. Research on Xi Jinping's thoughts on food security in the new era[J]. Shanghai Journal of Economics, 2020, (6): 14-23.]
- [2] Kong X B. China must protect high-quality arable land[J]. Nature, 2014, 506(7486): 7-7.
- [3] Abass K, Adanu S K, Agyemang S. Peri-urbanisation and loss of arable land in Kumasi Metropolis in three decades: Evidence from remote sensing image analysis[J]. Land Use Policy, 2018, 72: 470-479.
- [4] 于昊辰, 卞正富. 耕地的适度对外依存及其应对策略[J]. 土地科学动态, 2020, (4): 36-39. [Yu H C, Bian Z F. Moderate external dependence of cultivated land and its countermeasures[J]. Land Science Developments, 2020, (4): 36-39.]
- [5] Skaf L, Buonocore E, Dumontet S, et al. Applying network analysis to explore the global scientific literature on food security[J]. Ecological Informatics, 2020, DOI: 10.1016/j.ecoinf.2020.101062.
- [6] Department of Economic and Social Affairs, United Nations. World Population Prospects: The 2017 Revision[R/OL]. (2017-06-21) [2020-11-01]. <https://www.un.org/zh/node/89760>.
- [7] Schiefer J, Lair G J, Blum W E H. Potential and limits of land and soil for sustainable intensification of European agriculture[J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2016, 230: 283-293.
- [8] Skog K L, Steinnes M. How do centrality, population growth and urban sprawl impact farmland conversion in Norway?[J]. Land Use Policy, 2016, 59: 185-196.
- [9] 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.]
- [10] 苏越. 耕地非粮化时空演变与管控研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2020. [Su Y. Study on the Spatiotemporal Evolution and Control of Non-grain Production within Cultivated Land[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2020.]
- [11] 曾思燕, 于昊辰, 马静, 等. 中国耕地表层土壤重金属污染状况评判及休耕空间权衡[J/OL]. 土壤学报, (2021-04-01) [2021-04-02]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1119.P.20210331.1104.006.html>. [Zeng S Y, Yu H C, Ma J, et al. Identifying the status of heavy metal pollution of cultivated land for tradeoff spatial fallow in China[J/OL]. Acta Pedologica Sinica, (2021-04-01) [2021-04-02]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1119.P.20210331.1104.006.html>.]

2021年6月

- [12] 孙强,蔡运龙. 日本耕地保护与土地管理的历史经验及其对中国的启示[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2008, 44(2): 249–256. [Sun Q, Cai Y L. Historical experiences of cropland conservation and land management in Japan[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2008, 44(2): 249–256.]
- [13] Lee C M, Chou H H. Green growth in Taiwan: An application of the OECD green growth monitoring indicators[J]. The Singapore Economic Review, 2018, 63(2): 249–274.
- [14] Jin J J, He R, Wang W Y, et al. Valuing cultivated land protection: A contingent valuation and choice experiment study in China[J]. Land Use Policy, 2018, 74: 214–219.
- [15] 牛善栋,方斌. 中国耕地保护制度70年: 历史嬗变、现实探源及路径优化[J]. 中国土地科学, 2019, 33(10): 1–12. [Niu S D, Fang B. Cultivated land protection system in China from 1949 to 2019: Historical evolution, realistic origin exploration and path optimization[J]. China Land Science, 2019, 33(10): 1–12.]
- [16] 漆信贤,张志宏,黄贤金. 面向新时代的耕地保护矛盾与创新应对[J]. 中国土地科学, 2018, 32(8): 9–15. [Qi X X, Zhang Z H, Huang X J. The contradiction of cultivated land protection in the new era and its innovative countermeasures[J]. China Land Science, 2018, 32(8): 9–15.]
- [17] 汤怀志,桑玲玲,郎文聚. 中国耕地占补平衡政策实施困境及科技创新方向[J]. 中国科学院院刊, 2020, 35(5): 637–644. [Tang H Z, Sang L L, Yun W J. China's cultivated land balance policy implementation dilemma and direction of scientific and technological innovation[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2020, 35(5): 637–644.]
- [18] Li W, Feng T T, Hao J M. The evolving concepts of land administration in China: Cultivated land protection perspective[J]. Land Use Policy, 2009, 26(2): 262–272.
- [19] Zeng S Y, Ma J, Yang Y J, et al. Spatial assessment of farmland soil pollution and its potential human health risks in China[J]. Science of the Total Environment, 2019, 687: 642–653.
- [20] 于昊辰,卞正富,陈浮. 矿山土地生态动态恢复机制: 基于LDN框架的分析[J]. 中国土地科学, 2020, 34(9): 79–88. [Yu H C, Bian Z F, Chen F. Dynamic mechanism of land ecological restoration in mining area: Based on land degradation neutrality framework[J]. China Land Science, 2020, 34(9): 79–88.]
- [21] 任玉霜,孙灵柱,吕康银. 中国粮食虚拟土地进口效应分析: 基于2000–2018年的贸易数据[J]. 世界农业, 2020, (8): 78–85. [Ren Y S, Sun L Z, Lv K Y. Analysis on the effect of grain virtual land import in China: Based on trade data from 2000 to 2018[J]. World Agriculture, 2020, (8): 78–85.]
- [22] Deng X Z, Huang J K, Rozelle S, et al. Impact of urbanization on cultivated land changes in China[J]. Land Use Policy, 2015, 45: 1–7.
- [23] 王文旭,曹银贵,苏锐清,等. 基于政策量化的中国耕地保护政策演进过程[J]. 中国土地科学, 2020, 34(7): 69–78. [Wang W X, Cao Y G, Su R Q, et al. Evolution characteristics and laws of cultivated land protection policy in China based on policy quantification[J]. China Land Science, 2020, 34(7): 69–78.]
- [24] Wu Y Z, Shan L P, Guo Z, et al. Cultivated land protection policies in China facing 2030: Dynamic balance system versus basic farmland zoning[J]. Habitat International, 2017, 69: 126–138.
- [25] 吴宇哲,许智钊. 休养生息制度背景下的耕地保护转型研究[J]. 资源科学, 2019, 41(1): 9–22. [Wu Y Z, Xu Z Y. Study on the transformation of cropland protection under the background of rehabilitation system[J]. Resources Science, 2019, 41(1): 9–22.]
- [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, 57(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 resource allocation[J]. Acta Geographica Sinica, 2002, 57(2): 127–134.]
- [27] 赵姚阳,王洁,张莉,等. 粮食安全新政背景下保障中国谷物基本自给的耕地需求研究[J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(8): 1–6. [Zhao Y Y, Wang J, Zhang L, et al. Analysis of arable land requirement for protecting the self-supply of grains under new food security policy[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2015, 29(8): 1–6.]
- [28] 马云倩,郭燕枝,王秀丽,等. 基于LASSO与GM(1, N)模型的中国粮食产量预测[J]. 干旱区资源与环境, 2018, 32(7): 30–35. [Ma Y Q, Guo Y Z, Wang X L, et al. Forecast of China's grain production based on LASSO and GM(1, N) models[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2018, 32(7): 30–35.]
- [29] 梁姝娜,张友祥,王学祺. 基于BP神经网络和Logistic模型的中国人均粮食产量预测研究[J]. 华南师范大学学报(社会科学版), 2015, (5): 102–106. [Liang S N, Zhang Y X, Wang X Z. Forecast of per capita grain output in China based on BP neural network and Logistic model[J]. Journal of South China Normal University (Social Science Edition), 2015, (5): 102–106.]
- [30] 肖丽群,吴群. 基于脱钩指数的2020年江苏省耕地保有量目标分析[J]. 资源科学, 2012, 34(3): 442–448. [Xiao L Q, Wu Q. Target analysis of cultivated land protection area in Jiangsu Province in 2020 based on decoupling index[J]. Resources Science, 2012, 34(3): 442–448.]
- [31] 杨明智,裴源生,李旭东. 中国粮食自给率研究: 粮食、谷物和口粮自给率分析[J]. 自然资源学报, 2019, 34(4): 881–889. [Yang M Z, Pei Y S, Li X D. Study on grain self-sufficiency rate in China: An analysis of grain, cereal grain and edible grain[J]. Journal of Natural Resources, 2019, 34(4): 881–889.]
- [32] 辛翔飞,王济民. 中国粮食自给率目标设定: 研究综述与政策启示[J]. 自然资源学报, 2019, 34(11): 2257–2269. [Xin X F, Wang J M. Target setting of food self-sufficiency level in China: Literature review and policy enlightenment[J]. Journal of Natural

- Resources, 2019, 34(11): 2257–2269.]
- [33] 胡鞍钢. 立足国内基本自给适度进口促进交换: 中国 21 世纪粮食战略的基本选择[J]. 经济研究参考, 1997, (67): 24–27. [Hu A G. Based on domestic basic self-sufficiency, moderate import, promote exchange: The basic choice of China's food strategy in the 21st century[J]. Review of Economic Research, 1997, (67): 24–27.]
- [34] 农业部软科学委员会办公室. 粮食安全与重要农产品供给[M]. 北京: 中国财政经济出版社, 2013. [Office of Ministry of Agriculture Soft Science Committee. Food Security and the Supply of Major Agricultural Products[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2013.]
- [35] Vanella P, Deschermeier P. A probabilistic cohort-component model for population forecasting: The case of Germany[J]. Journal of Population Ageing, 2020, (1): 513–545.
- [36] 赵玉峰, 杨宜勇. 中国中长期人口发展趋势及潜在风险[J]. 宏观经济管理, 2019, (8): 11–17. [Zhao Y F, Yang Y Y. China's mid-and long-term population development trend and potential risks [J]. Macroeconomic Management, 2019, (8): 11–17.]
- [37] 朱嘉伟, 周琳琳, 谢晓彤. 单产提升潜力衰减模型法在河南粮食单产中长期预测中的应用研究[J]. 自然资源学报, 2017, 32(9): 1627–1638. [Zhu J W, Zhou L L, Xie X T. Forecasting the promotion potential of grain yield per unit in mid-long term with a decay model: A case study in Henan Province[J]. Journal of Natural Resources, 2017, 32(9): 1627–1638.]
- [38] Lu J W, Peng J, Chen J Y, et al. Prediction method of autoregressive moving average models for uncertain time series[J]. International Journal of General Systems, 2020, DOI: 10.1080/03081079.2020.1748616.
- [39] 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.]
- [40] 国家发展和改革委员会价格司. 全国农产品成本收益资料汇编—2017[M]. 北京: 中国统计出版社, 2017. [Department of Price in National Development and Reform Commission. Compile of Cost-benefit Data of Agricultural Products in 2017[M]. Beijing: Statistics Press in China, 2017.]
- [41] 何安华, 刘同山, 张云华. 中国粮食产后损耗及其对粮食安全的影响[J]. 中国物价, 2013, (6): 79–82. [He A H, Liu T S, Zhang Y H. Postpartum loss of grain in China and its impact on food security[J]. China Price, 2013, (6): 79–82.]
- [42] 黄成毅, 邓良基, 方从刚. 基于灰色-马尔科夫模型的区域耕地变化预测研究: 以四川盆地中部丘陵区为例[J]. 四川师范大学学报(自然科学版), 2009, 32(6): 816–821. [Huang C Y, Deng L J, Fang C G. Study on prediction for the change of cultivated land quantity based on grey-markov model: A case study of the hilly areas in Sichuan Basin[J]. Journal of Sichuan Normal University (Natural Science), 2009, 32(6): 816–821.]
- [43] 张模蕴, 肖国安. 基于优化灰色模型的湖南省粮食产量预测方法改进研究[J]. 湘潭大学学报(哲学社会科学版), 2020, 44(3): 118–122. [Zhang M Y, Xiao G A. Study on the improvement of grain yield prediction method in Hunan Province based on the optimized grey model[J]. Journal of Xiangtan University (Philosophy and Social Sciences), 2020, 44(3): 118–122.]
- [44] 赵素霞, 牛海鹏. 基于灰色马尔科夫模型的河南省耕地压力状况研究[J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(8): 46–51. [Zhao S X, Niu H P. Study on the cropland pressure in Henan Province based on grey markov model[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2015, 29(8): 46–51.]
- [45] 中国营养学会. 中国居民膳食指南[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2018. [Chinese Nutrition Society. Dietary Guidelines for Chinese Residents[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2018.]
- [46] 徐羽, 辛良杰. 中国粮食生产的国际竞争力研究[J]. 生态与农村环境学报, 2020, 36(10): 1243–1250. [Xu Y, Xin L J. Research on the international competitiveness of China's grain production [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2020, 36(10): 1243–1250.]
- [47] 韩璟, 卢新海, 匡兵. 中国海外耕地投资东道国的空间分布及地缘关系因素影响路径分析[J]. 中国土地科学, 2020, 34(10): 79–88. [Han J, Lu X H, Kuang B. Analysis of the spatial distribution and geo-relationship factors influencing paths of host countries for China's overseas farmland investment[J]. China Land Science, 2020, 34(10): 79–88.]
- [48] 蒋瑜, 濮励杰, 朱明, 等. 中国耕地占补平衡研究进展与述评[J]. 资源科学, 2019, 41(12): 2342–2355. [Jiang Y, Pu L J, Zhu M, et al. Progress and review of the research of farmland requisition-compensation balance in China[J]. Resources Science, 2019, 41 (12): 2342–2355.]
- [49] Laborde D, Martin W, Swinnen J, et al. COVID-19 risks to global food security[J]. Science, 2020, 369(6503): 500–502.
- [50] 严金明, 赵哲, 夏方舟. 后疫情时代中国“自然资源安全之治”的战略思考[J]. 中国土地科学, 2020, 34(7): 1–8. [Yan J M, Zhao Z, Xia F Z. Strategic consideration on China's "natural resources security governance" in the post-epidemic era[J]. China Land Science, 2020, 34(7): 1–8.]
- [51] 王晓君, 何亚萍, 蒋和平. “十四五”时期的中国粮食安全: 形势、问题与对策[J]. 改革, 2020, (9): 27–39. [Wang X J, He Y P, Jiang H P. China's food security during the 14th Five-Year Plan period: Situation, problems and countermeasures[J]. Reform, 2020, (9): 27–39.]
- [52] Su Y, Qian K, Lin L, et al. Identifying the driving forces of non-grain production expansion in rural China and its implications for

- policies on cultivated land protection[J]. Land Use Policy, 2020, 92: 104435.
- [53] 张全景, 吕晓, 于伟. 农地流转的障碍因素与政策创新研究: 新型城镇化背景下山东省的实证[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2018. [Zhang Q J, Lv X, Yu W. Obstacle Factors and Policy Innovation of Farmland Transfer: An Empirical Study of Shandong Province under the Background of New Urbanization[M]. Beijing: Beijing Normal University Publishing Group, 2018.]
- [54] 宋小青, 欧阳竹. 1999–2007年中国粮食安全的关键影响因素[J]. 地理学报, 2012, 67(6): 793–803. [Song X Q, Ouyang Z. Key influencing factors of food security guarantee in China during 1999–2007[J]. Acta Geographica Sinica, 2012, 67(6): 793–803.]

Forecast on China's cultivated land protection baseline in the new era by multi-scenario simulations

YU Haochen¹, ZENG Siyan², WANG Qingbin³, DAI Jin³, BIAN Zhengfu¹, CHEN Fu^{1,4}

(1. School of Public Policy and Management, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China; 2. School of Engineering, Westlake University, Hangzhou 310024, China; 3. China Land Surveying and Planning Institute, Beijing 100035, China; 4. Low Carbon Energy Institute, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China)

Abstract: Cultivated land is the cornerstone of national food security. However, there have been debates about how much cultivated land should be preserved to meet the bottom line of China's food demand in the new era. Therefore, this study started from clarifying the minimum demand of cultivated land under different scenarios. A prediction model was constructed, which considered population, grain consumption per capita, and grain yield per unit cultivated area. Then, the cultivated land demand was simulated under three scenarios completely self-sufficient, highly self-sufficient, and moderately self-sufficient. Combining with the prediction of the cultivated land change, cultivated land protection was proposed at three levels, including the ideal amount that could be protected (IACP), the basic amount that should be protected (BASP), and the minimum amount that must be protected (MAMP). The results show that: in 2020, 2025, 2030, and 2035, the IACP requires to preserve at least 1.920 billion, 1.839 billion, 1.847 billion and 1.657 billion mu, respectively; the BASP requires to preserve at least 1.849 billion, 1.772 billion, 1.778 billion and 1.612 billion mu, respectively; the MAMP requires to preserve at least 1.780 billion, 1.709 billion, 1.709 billion and 1.551 billion mu, respectively. There into, the BASP of cultivated land may be chosen as a rational strategy of protection. However, if the strict control policy is abandoned in the future, it will be difficult to meet the demand of completely self-sufficient in grain production in 2030 and 2035. Therefore, differentiated, continuous and strict policy of land protection should be implemented to ensure food security in China.

Key words: cultivated land protection; total cultivated land demand; food security; prediction; scenario simulation