农业资源与环境学报 CSCD核心期刊 中文核心期刊 中国科技核心期刊
JOURNAL OF AGRICULTURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT
欢迎投稿 http://www.aed.org.cn

基于粮食安全贡献度的新疆耕地与粮食供求格局变化及影响研究

刘淑欣, 帕茹克·吾斯曼江, 阿依吐尔逊·沙木西, 车丽丽, 龚敏, 周红涛

引用本文:
刘淑欣, 帕茹克·吾斯曼江, 阿依吐尔逊·沙木西, 等. 基于粮食安全贡献度的新疆耕地与粮食供求格局变化及影响研究[J]. 农业资源与环境学报, 2025, 42(6): 1648–1657.

在线阅读 View online: https://doi.org/10.13254/j.jare.2024.0706

刘淑欣, 帕茹克·吾斯曼江, 阿依吐尔逊·沙木西, 等. 基于粮食安全贡献度的新疆耕地与粮食供求格局变化及影响研究[J]. 农业资源与环境学报, 2025, 42(6): 1648-1657.

LIU S X, WUSIMANJIANG P R K, SHAMUXI A Y T E X, et al. Changes and impacts of cultivated land and grain supply and demand pattern in Xinjiang based on the degree of food security contribution[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2025, 42(6): 1648-1657.

开放科学 OSID

基于粮食安全贡献度的新疆耕地与粮食供求格局变化及影响研究

刘淑欣[1], 帕茹克·吾斯曼江[1,2], 阿依吐尔逊·沙木西[1,2*], 车丽丽[1], 龚敏[1], 周红涛[1]

(1. 新疆农业大学公共管理学院(法学院), 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆农业大学自然资源管理创新发展研究中心, 乌鲁木齐 830052)

摘　要: 为探究新疆耕地与粮食供求格局变化以及耕地变化对粮食生产的影响,本研究采用土地利用动态度模型分析2000—2020新疆耕地和粮食种植面积时空变化,结合消费统计法和粮食安全贡献度(FSP)模型测算新疆对国家以及各地州对新疆粮食安全的贡献,进一步厘清新疆粮食供求时空格局变化,利用敏感度模型探究耕地面积变化对粮食生产的影响。结果表明:耕地面积和粮食播种面积整体稳步增加,分别增加2.877×10^6 hm^{2}和8.070×10^5 hm^2;小麦和玉米种植面积约占80%,20 a间玉米种植面积增加近1倍,小麦种植面积小幅减少;粮食供给始终大于需求,供求由紧平衡逐渐过渡为有一定盈余空间;新疆对国家粮食安全贡献度均为正值,均值为2.3%,做出一定的贡献;各地州对新疆的粮食安全贡献度空间上差异显著,重心由南疆向北疆转移;合理的耕地保护和土地规划的积极影响促使耕地面积的提升与粮食生产量的增加互相促进。研究表明,基于粮食安全贡献度科学测度地区粮食供求状况,对推动地区粮食工作和相关政策的制定具有重要参考意义。

关键词: 耕地变化;粮食供求格局;消费统计法;粮食安全贡献度;新疆

中图分类号: F326.11;F323.211　**文献标志码:** A　**文章编号:** 2095-6819(2025)06-1648-10　**doi:** 10.13254/j.jare.2024.0706

Changes and impacts of cultivated land and grain supply and demand pattern in Xinjiang based on the degree of food security contribution

LIU Shuxin[1], WUSIMANJIANG Paruke[1,2], SHAMUXI Ayituerxun[1,2*], CHE Lili[1], GONG Min[1], ZHOU Hongtao[1]

(1. School of Public Administration (Law), Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 2. Natural Resource Management Innovation and Development Research Center of Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract: To explore Xinjiang cultivated land and grain supply and demand structure changes and its contribution to national food security, and the effects of cultivated land change on food production, this study used land use dynamics to analyze the spatial and temporal changes of cultivated land and grain planting area in Xinjiang, combined with the consumption statistics method and the contribution degree of food security (FSP) model to estimate the contribution of Xinjiang to the national and regional grain security in Xinjiang, and further clarified the spatio-temporal changes of grain supply and demand in Xinjiang, used sensitivity model to describe the impact of cultivated land area change on grain production from 2000 to 2020. The results showed that, first, the overall cultivated land and grain sown area increased steadily, respectively increasing 2.877×10^6 hm^2 and 8.070×10^5 hm^2; wheat and corn account for about 80% of the area, and the corn planted area increased by nearly one handred percent during 20 years, while the wheat planted area decreased slightly. Second, the grain supply

收稿日期: 2024-09-05　**录用日期:** 2024-11-12

作者简介: 刘淑欣(2001—),女,河南洛阳人,硕士研究生,从事土地利用与土地生态研究。E-mail:2427862394@qq.com

***通信作者:** 阿依吐尔逊·沙木西　E-mail:15099114886@163.com

基金项目: 新疆维吾尔自治区高校基本科研业务费科研项目(XJEDU2023J018);新疆维吾尔自治区自然科学基金面上项目(2021D01A82);新疆维吾尔自治区地方公派出国留学项目

Project supported: Scientific Research Projects of Basic Scientific Research Funds for Colleges and Universities in Xinjiang Uygur Autonomous Region, China (XJEDU2023J018); Natural Science Foundation of Xinjiang Uygur Autonomous Region, China (2021D01A82); Local Government-Sponsored Study Abroad Program in Xinjiang Uygur Autonomous Region, China

was always greater than demand, and supply and demand gradually transition from a tight balance to a certain surplus space; Third, the contribution of Xinjiang to national food security was always positive, and the average was 2.3%, making a certain contribution. Forth, the contribution of different states to Xinjiang′s food security varied significantly in space, and the center of gravity shifted from south to north. Reasonable protection of cultivated land and the positive influence of land planning led to an augment between cultivated land area and grain production. The research shows that scientifically measuring regional grain supply and demand based on the contribution degree of food security is of great significance for promoting regional grain work and formulating relevant policies for ensuring national food security.

Keywords: cultivated land change; grain supply and demand pattern; statistical method of consumption; contribution to food security; Xinjiang

耕地是保障国家及地区粮食安全的重要根基，守住18亿亩（1亩=1/15 hm^2）耕地红线是保障粮食安全的底线[1]。随着我国城镇化、工业化加快，大量优质耕地资源被扩张的建设用地占用，导致耕地数量、质量双重下降[2-3]。通过实行最严格的耕地保护制度、采取“占补平衡”、遏止耕地“非粮化”“非农化”等切实保护耕地措施，耕地减少趋势有效减缓[4-5]。耕地数量的增减影响空间格局变化，面积重心逐渐由南方向东北、中西部地区转移[6-7]。耕地数量、质量与粮食生产消费的空间不匹配使得我国粮食供求长期处于“紧平衡”态势[8]。新疆城镇化加快与人口增加，人地关系、粮食生产量不足与需求量不断扩大的矛盾愈发凸显[9]。因此，剖析新疆耕地、粮食供求格局及耕地面积对粮食生产的影响对调整粮食种植结构、合理利用耕地资源具有重要作用。

近年来，随着国家重视粮食安全程度的逐渐加深，粮食供求关系已成为目前研究热点。粮食供求根本上是粮食生产和消费水平二者的关系，粮食供给保障是居民“吃得饱”向“吃得好”转变的底气。粮食安全贡献度是指某一区域粮食供给满足需求，且有一定的剩余量，对该区域以外的地区粮食安全保障能力，可评估区域粮食持续性供给的能力[10]。国内外研究者们对粮食产量和需求的研究主要聚焦格局变化[11]、影响因素[12]、预测[13-14]、政策启示[15]等，尺度方面包括国家[15]、区域[11]和省际[12]三个方面。粮食生产量一般从统计年鉴或公报上获取，主要受经济发展水平差距[12]、物质投入差异[16]、自然资源地域分异[17]、政策调整[15]等因素影响；对产量的预测有两个重点方面：结合未来气候情景利用作物模型进行产量模拟[13]和借助统计模型拟合预测未来粮食产量[14]。粮食需求量一般采用消费统计法[18]、流向统计法[19]、定额统计法[20]、膳食热量当量法[21]测算，收入水平[16]、人口结构[22]、食物消费结构[23]、食物可达性[22]是影响粮食消费的主要因素；粮食需求量预测通常采用收入和作物消费结合的一般回归分析模型[23]以及考虑经济、环境、人口、文化的复杂回归模型[24]。以往对粮食安全贡献度的研究主要从内涵[10]、粮食总量贡献度[25]、不同品种粮食作物的贡献度[16]等几个方面展开。

综上，以往研究对粮食产量和需求较为丰富，且大多研究选择全国或粮食主产区，而对粮食产销平衡区的相关研究较为鲜见。新疆作为我国西北地区最大的农耕区和主要粮仓，应为国家粮食安全做出贡献。但新疆距离内地粮食主产区远，粮食首先要自给自足。因此，本研究选择新疆为研究区域，采用土地利用动态度模型剖析耕地面积、各粮食作物种植面积，运用消费统计法测算粮食消费状况；基于新疆各地州的粮食产量，从粮食安全贡献度角度测算各地州对新疆、国家的贡献和供求格局变化，在此基础上探讨耕地面积变化对粮食生产的影响，以期通过科学测度，为政府促进自治区国家粮食安全相关政策制定提供参考。

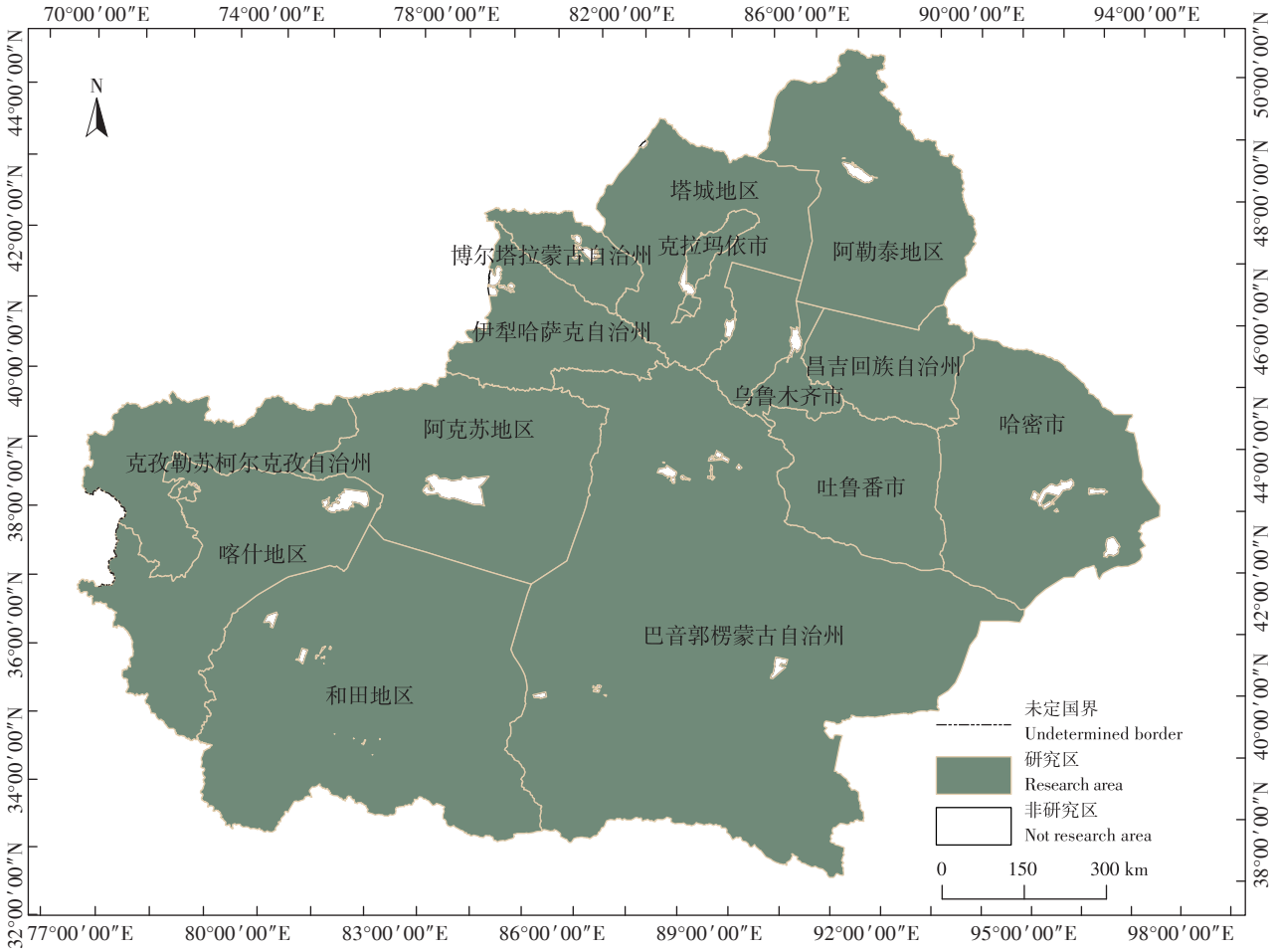
1 材料与方法

1.1 研究区概况

新疆维吾尔自治区（34°25′~48°10′N，73°40′~96°18′E）是我国粮食产销平衡区之一，下辖5个自治州、5个地区、4个地级市和11个自治区直辖县级市，土地总面积约166.48万 km^2，占国家总面积的1/6（图1）。《新疆统计年鉴（2021年）》显示，2020年，新疆人口达到2.523×10^7人，人均生产总值为53 593元；耕地面积约为7.04×10^6 hm^2，粮食播种面积2.23×10^6 hm^2，约占耕地面积的31.67%，粮食总生产量为1.58×10^7 t；以小麦、玉米种植为主，辅以豆类、薯类和其他杂粮。新疆属典型的温带大陆性气候，是我国西部大开发重点区域，具有丰富的后备耕地资源，具有较大的粮食生产潜力，研究其粮食供求状况对保障国家和新疆粮食安全能力的提升、农业的高质量发展有重要意义。

1.2 数据来源

本研究主要涉及新疆14个地州的社会经济数



底图采用自然资源部标准地图制作，审图号为GS(2024)0650号，对底图边界无修改，下同。
The base map is made with the standard map of the Ministry of Natural Resources, the approval number is GS(2024) 0650, and the boundary of the base map is not modified. The same below.

图1 研究区域位置

Figure 1 Location of the study area

据，耕地面积、各类粮食作物播种面积、各类粮食作物产量数据、各类畜产品消费量以及味精、酒精、啤酒和白酒的产量来自《新疆统计年鉴(2001—2021年)》；城乡人口数量及人均食品消费支出主要来自《新疆统计年鉴》《新疆调查年鉴》及各地州统计公报。

1.3 研究方法

1.3.1 土地利用动态度

土地利用动态度指研究区某类土地在一段时间内的数量变化状况，可定量表达研究该类土地变化速度[26]。这里采用单一土地利用动态度来分析新疆耕地数量变化速度。公式如下：

$$K = \frac{L_b - L_a}{L_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中：K表示研究时间段某类土地变化率；L_a、L_b表示研究时间段初期、末期该类土地面积，10^6 hm^2；T表示研究时段的长度，a。

1.3.2 粮食需求量测算

本研究采用消费统计法测算新疆粮食需求量，粮食需求主要由口粮、饲料用粮、工业用粮、种子用粮、粮食损耗五部分构成[25]。

(1)口粮消费

口粮消费又称居民基本粮食需求量，是城镇和农村口粮需求量之和，城镇(农村)口粮需求量由城镇(农村)居民家庭中平均每个人的粮食需求量与全国(各省市)城镇(农村)人口数相乘获取。但个别年份的居民口粮需求量统计基于购买成品粮量，参照以往研究，设定成品粮折算为原粮的系数为1.4；2005年前后(包括2005年)城镇居民外出用粮率分别为12%和20%，农村居民在家庭之外的用粮率为4%[27]。计算公式如下：

$$C_{ti}^{Food\,G} = (PFC_{tj}^{city} \times P_{tj}^{city}) / (1-\omega) + (PFC_{tj}^{rural} \times P_{tj}^{rural}) / 0.96 \quad (2)$$

式中：$C_{ti}^{Food\,G}$为口粮消费总量，10^6 t；PFC_{tj}^{city}为城镇人均粮食需求量，t·人$^{-1}$；P_{tj}^{city}为城镇人口数量；PFC_{tj}^{rural}为农村人均粮食需求量，t·人$^{-1}$；P_{tj}^{rural}为农村人口数量；ω为居民外出用粮率，%。

（2）饲料用粮消费

主要指满足畜牧业饲料所需消耗的粮食量，通过新疆各类畜产品消费量与其粮食转化系数的乘积得到。目前大多数研究采用的粮食转化系数停留在全国尺度，由于各省份的自然条件和畜牧生产方式差别较大，各类畜产品消耗的粮食量差别明显。本研究采用《全国农产品成本收益资料汇编2021》进行新疆粮食转化系数的计算。计算公式如下：

$$C_{ti}^{feed\,G}=\sum_{j=1}^{6}P_j\times\delta_j \tag{3}$$

式中：$C_{ti}^{feed\,G}$为第i类畜产品饲料用粮的总量，10^6 t；P_j为第j类水产品畜蛋奶的产量，10^6 t；δ_j为第j类水产品畜蛋奶粮食转化系数；j为畜蛋奶水产品种类，包括猪肉、牛肉、羊肉、禽蛋、奶类和畜产品6种，粮食转化系数分别为2.4、1.7、1.9、1.81、0.3和0.98。

（3）工业用粮消费

主要计算味精、酒精、啤酒和白酒的耗粮量，参考以往研究，这几类工业产品的耗粮量占工业用粮的总量约75%[27]，计算公式为：

$$C_{ti}^{factory\,G}=\left(\frac{C_a}{\rho_a}+\frac{C_b}{\rho_b}+\frac{C_d}{\rho_d}+\frac{C_e}{\rho_e}\right)/0.75 \tag{4}$$

式中：$C_{ti}^{factory\,G}$为工业用粮总量，10^6 t；C_a、C_b、C_d、C_e分别为啤酒、白酒、酒精和味精的产量，10^6 t；ρ_e、ρ_d、ρ_a、ρ_b分别为味精、酒精、啤酒和白酒的耗粮系数，取值为5、3、0.17和2.3。

（4）种子用粮消费

种植粮食作物所需的播种量，以种植面积来折算。计算公式如下：

$$C_{ti}^{seed\,G}=\sum_{i=1}^{6}S_i\times A_i \tag{5}$$

式中：$C_{ti}^{seed\,G}$为种子用粮消费总量，10^6 t；S_i为耗粮系数，kg·hm^{-2}，其中小麦为150 kg·hm^{-2}，玉米、豆类和稻谷均为75 kg·hm^{-2}，其他粮食作物为225 kg·hm^{-2}[25]；A_i为粮食作物的面积，hm^2。

（5）粮食损耗

目前关于粮食生产、储存、运输以及加工等损耗的粮食消费测算，尚未有一致标准，根据以往研究设定总产量的2%为损耗用粮[28]。

将以上5项加和，即可得到新疆粮食需求总量。

1.3.3 粮食安全贡献度模型

粮食安全贡献度指某区域在满足其粮食需求基础上对以外区域粮食安全的保障能力。根据李福夺[10]提出的FSP模型，测算新疆粮食安全贡献度。公式如下：

$$T_j=\sum_{i=1}^{n}(Y_{ij}-F_{ij}) \tag{6}$$

$$D_{ij}=\frac{Y_{ij}-F_{ij}}{T_j}\times 100 \tag{7}$$

式中：i为可调出余粮的地区；n为可调出余粮地区总数；T_j为j年度各地区调出粮食总量，10^6 t；Y_{ij}为j年度i地区粮食产量，10^6 t；F_{ij}为j年度i地区粮食需求总量，10^6 t；D_{ij}为j年度i地区的粮食安全贡献度，%，值越大，表明对国家或区域粮食安全的贡献度越大。

1.3.4 敏感度模型

敏感性指系统响应外部条件变化的程度，参考已有研究[29]，将粮食产量对耕地面积的敏感性定义为：某一研究时段内粮食产量变化率与耕地面积变化率之比，引入刘彦随等[30]提出的粮耕敏感度分析模型量化粮食产量对耕地变化的敏感性，公式如下：

$$\beta=\frac{(G_{t+1}-G_t)/G_t}{(L_{t+1}-L_t)/L_t} \tag{8}$$

式中：β为某地州粮食产量对耕地面积变化的敏感度系数；G_t和G_{t+1}分别为该地州初期、末期粮食产量，10^6 t；L_t和L_{t+1}分别为该地州初期、末期耕地面积，10^6 hm^2。当β<0时，表示研究期内粮食产量对耕地面积变化不敏感；当β>0，表示粮食产量对耕地面积变化较为敏感，随β增大而增强。

2　结果与分析

2.1　新疆耕地面积与粮食种植面积变化

2.1.1 时序变化

2000—2020年，新疆耕地面积和粮食播种面积整体稳步增加，分别增加2.877×10^6 hm^{2}和8.070×10^5 hm^2（图2）。其中，耕地面积在2009年和2019年有明显的陡增，是由于全国第二次和第三次土地调查（以下简称“二调”“三调”）采用的土地利用分类标准不同，作为调查底图的遥感影像的分辨率也有所差距，使得开展二调和三调后的耕地面积数据比之前会有较大增加。粮食作物播种面积占耕地面积的百分比呈先上升后下降趋势，存在耕地“非粮化”风险。小麦和玉米是主要种植粮食作物，共占80%左右。研究期内，玉米种植面积增加近1倍，其他四种粮食作物

都呈不同幅度的下降趋势，主要由于居民食物膳食需求由单一的口粮保障逐渐转变为以动物性食品消费为主，饲料用粮增加，对玉米的需求增加（图3）。

2.1.2 空间格局变化

利用ArcGIS 10.8软件对新疆14个地州耕地与粮食播种面积及其动态度变化可视化分析。柱状图高度越高代表动态度越大，反之则越小。

2000—2020年新疆耕地面积与粮食播种面积空间变化具有相似性，主要分布在塔里木河流域、天山北坡等水资源丰富地区，如伊犁州、喀什地区、塔城地区、昌吉州等，而乌鲁木齐市、克拉玛依市、吐鲁番地区和克州受城市定位和自然地理格局影响，耕地面积和粮食播种面积较少。耕地面积动态度2000—2005年普遍较小，表明这一阶段变化较小；吐鲁番、阿克苏地区、克州、和田地区动态度小于0，说明耕地减少。2005—2010年，各地州动态度较大。2010—2015、2015—2020年两个阶段各地州耕地面积动态未有较大幅度变化。在四个阶段内，各地州粮食播种面积动态度除克拉玛依市以外均未有较大幅度变化（图4）。

2.2 新疆粮食供需形势变化

2000—2020年新疆粮食生产量总体呈增加趋势，年均增长率3.17%，表现为波动变化-稳步增长-缓慢增加的变化过程（图5）。2000年粮食产量7.84×10^6 t，占全国产量的1.7%。2000—2003年新疆农业内部结构调整，粮食播种面积减少，直接导致粮食产量下降；2004—2020年人口结构的变化和数量的增长使得粮食需求量也不断增加，国家出台关于粮食生产与补贴的政策以及增加新疆农区的投入极大提高农民种粮积极性，这一阶段粮食产量稳步增长，人均粮食占有量也随之不断增加。但2016年和2017年连续两年产量下降，到2020年粮食产量达到1.583×10^7 t，相比2000年增加近1倍。

2000—2020年新疆粮食需求量逐年稳定上升（图5），口粮消费和饲料用粮消费占粮食总需求量的80%以上，且呈现口粮消费被饲料用粮逐渐替代的趋势。2000年新疆口粮消费和饲料用粮分别占粮食总需求的56.30%和32.93%，到2020年这两项分别占38.98%和41.14%，表现为口粮消费逐渐减少，饲料用粮逐渐增加，这主要由于居民膳食结构随着生活水平的提高而更加平衡、科学。种子用粮消费与耕地面积呈正比，变化趋势也与耕地面积变化趋势一致，呈现波动型变化。新疆工业用粮在2000—2014年基本稳定，但2014—2020年呈增加趋势（表1）。

根据当年的粮食生产量与需求量得到粮食调出量，结合粮食安全贡献度模型得出2000—2020年新疆对国家粮食安全贡献度在0.88%~3.54%浮动，均值

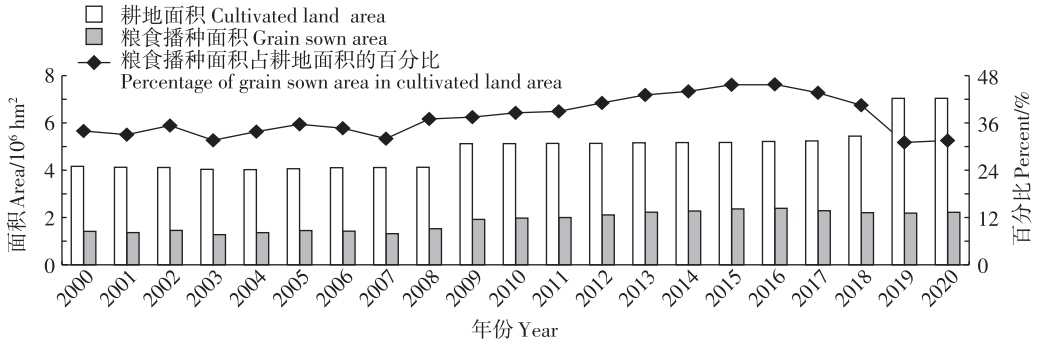


图2 2000—2020年新疆耕地面积与粮食种植面积变化

Figure 2 Changes of cultivated land area and grain sown area in Xinjiang from 2000 to 2020

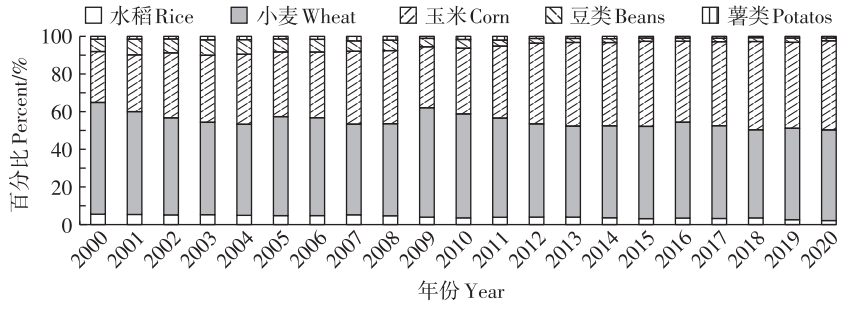


图3 2000—2020年新疆粮食作物种植面积比例变化

Figure 3 Changes of grain planting area proportion in Xinjiang from 2000 to 2020

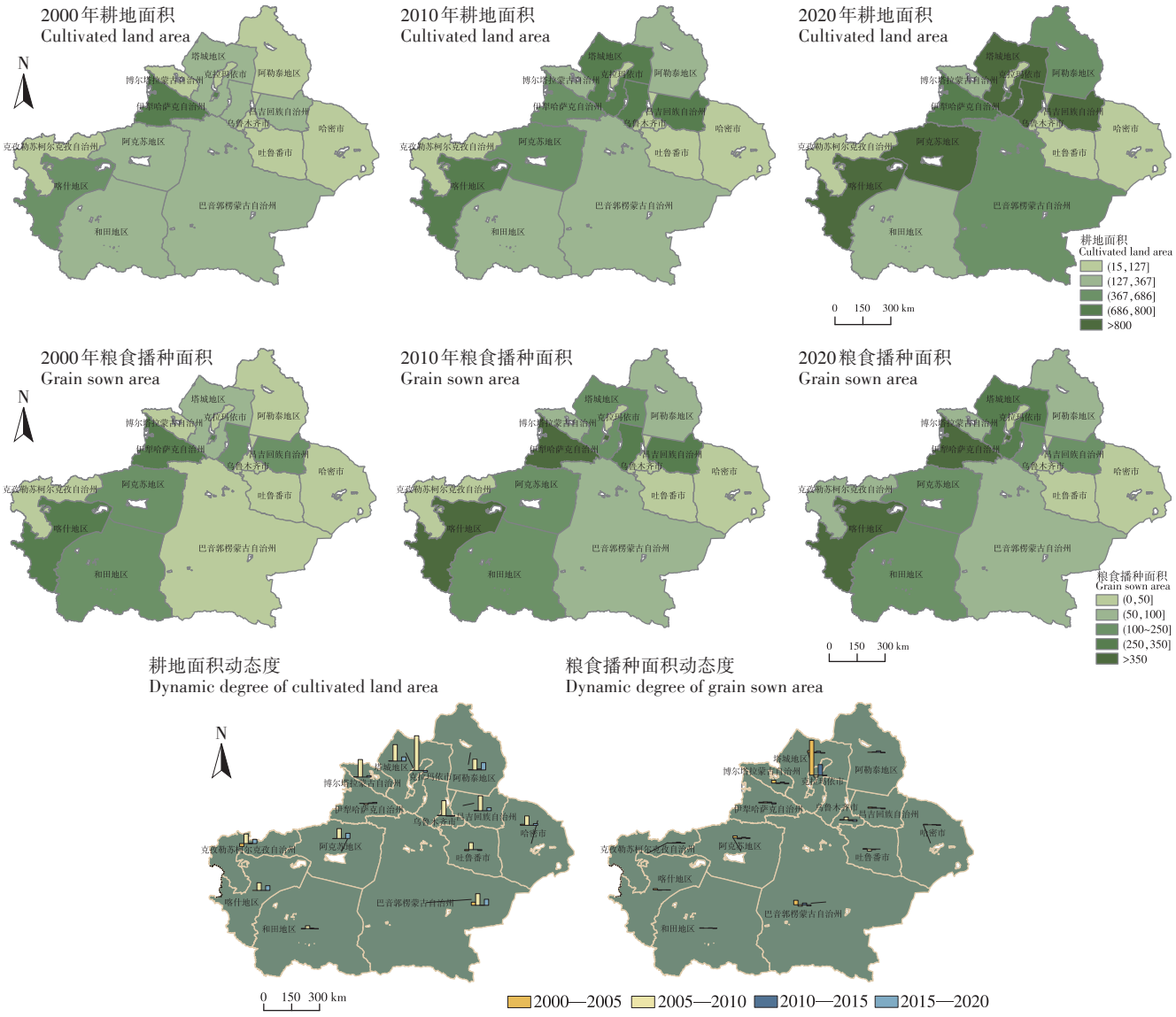


图4　2000—2020年新疆耕地、粮食播种面积及其动态度变化

Figure 4　Changes of cultivated land, grain sown area and their dynamic degree in Xinjiang from 2000 to 2020

为2.3%，始终为正值，作为粮食产销区为国家粮食安全做出了贡献（图5）。2000—2008年呈波动变化，总体降低，粮食调出量在8.0×10^5~1.6×10^6 t之间浮动。2008—2009年由0.88%增加到3.54%，总体呈增加趋势，粮食生产和需求量展示出绝对增长和相对下降的特征，粮食供需有一定的盈余空间。2015—2020年由3.54%减少至2.21%，粮食安全贡献度有所下降，粮食消费量增长速度快于生产量增长速度，粮食安全存在风险；2015年和2016年较高，调出量达到了将近4.5×10^6 t。

2.3　新疆粮食安全贡献度变化分析

2000—2020年新疆粮食安全贡献度在各地州有明显的差异性，粮食贡献重心由南疆向北疆转移，符合新疆粮食生产重心“由南向北”偏移的规律，打破了“北牧南耕”传统格局。伊犁州、塔城地区和昌吉州是主要粮食调出区，总粮食安全贡献度逐年提高，由53.22%提高到81.11%；其次是喀什地区、阿克苏地区；和田地区和克州，粮食供需由供大于需逐渐转为供小于需；乌鲁木齐市、克拉玛依市、吐鲁番地区、哈密市、巴州等几个地区在2000、2010年和2020年均需要从其他的地州调入粮食；博州和阿勒泰地区粮食安全贡献度逐渐提高，基本实现粮食自给（图6）。柱状图的高低表示粮食安全贡献度的大小，柱状图越高，粮食安全贡献度越大，反之，则越小；无柱状图代表该地区粮食安全贡献度为0。依据新疆14个地州粮食安全贡献度的大小划分为粮食调入区、粮食

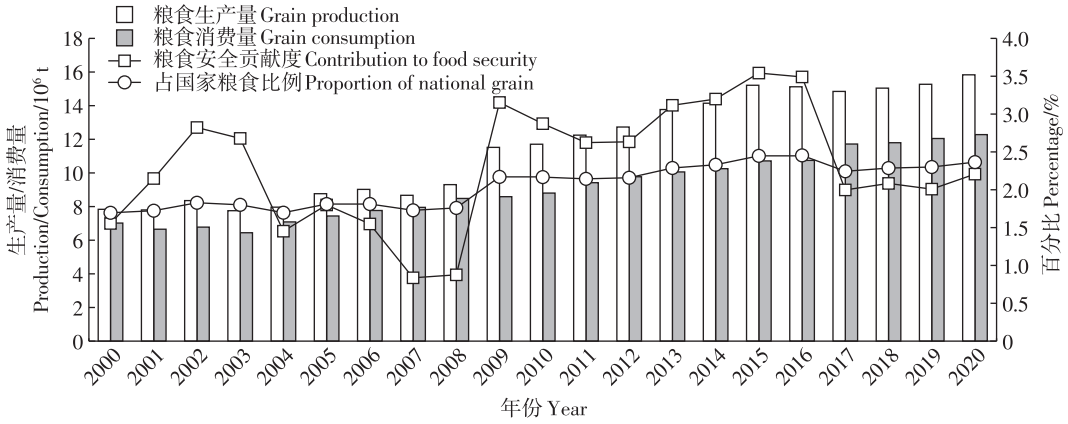


图5 2000—2020年新疆粮食生产量、消费量与粮食安全贡献度变化

Figure 5 Changes of contribution degree of grain production, consumption and food security in Xinjiang from 2000 to 2020

表1 2000—2020年新疆粮食需求结构(%)

Table 1 Grain demand structure in Xinjiang from 2000 to 2020(%)

年份 Year	口粮 Ration	饲料用粮 Feed grain	工业用粮 Industrial grain	种子用粮 Seed grain	损耗 Loss rate
2000	56.30	32.93	5.86	2.56	2.34
2001	54.92	34.86	5.64	2.35	2.25
2002	53.14	36.60	5.54	2.36	2.37
2003	51.15	39.61	5.05	2.04	2.15
2004	48.81	42.41	4.63	2.03	2.13
2005	48.64	42.90	4.32	2.05	2.09
2006	50.26	40.49	4.91	2.14	2.20
2007	46.80	43.89	5.06	2.08	2.17
2008	49.44	40.29	5.47	2.30	2.49
2009	49.17	38.71	6.08	2.89	3.14
2010	50.10	37.39	6.76	2.67	3.08
2011	50.90	36.41	7.11	2.55	3.02
2012	49.67	37.39	7.27	2.53	3.15
2013	42.93	42.41	7.93	2.85	3.88
2014	46.64	41.06	6.07	2.66	3.57
2015	43.22	37.31	13.66	2.42	3.39
2016	40.17	39.11	15.51	2.45	2.76
2017	40.44	41.62	12.79	2.40	2.74
2018	40.03	41.15	13.87	2.23	2.72
2019	35.73	43.43	15.75	2.28	2.81
2020	38.98	41.14	14.99	2.16	2.73

调出区、粮食基本自给区。

粮食调入区指地区生产的粮食难以满足自身需求,需要其他地区调入粮食,包括乌鲁木齐市、克拉玛依市、哈密市、吐鲁番地区和巴州。乌鲁木齐市作为新疆首府,是经济中心和人口聚集中心,以二三产业为主。克拉玛依市是典型的重工业城市,农业发展相对有所滞后。吐鲁番地区气候恶劣,不适宜种植粮食作物,以种植果蔬和发展旅游业为主。哈密市以农产品加工和特色瓜果种植为主,粮食种植面积少。巴州以经济作物种植为主,粮食播种面积小,产量低。

粮食调出区指地区生产的粮食可满足自身需求,并能够向其他地区调入粮食,包括伊犁州、塔城地区、昌吉州、阿克苏地区和喀什地区。这几个地区耕地总体相对较平整,农场种植实现规模化的比例大,水利农机设施较为完善,耕地面积和粮食播种面积在新疆排名较靠前,粮食产量高。

粮食基本自给区指地区生产的粮食基本足够自身需求,包括和田地区、克州、博州和阿勒泰地区。这几个地区粮食供给稍大于需求,基本自给自足。但自然环境脆弱,易受风沙侵蚀,导致耕地面积和粮食播种面积都在减少。

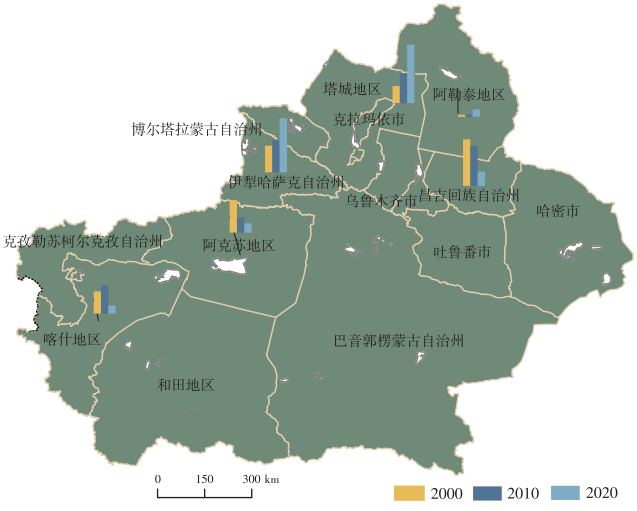


图6 2000—2020年各地州对新疆粮食安全贡献度

Figure 6 Contribution of each prefecture to Xinjiang's food security from 2000 to 2020

2.4 新疆耕地面积对粮食生产影响

本研究采用敏感度模型分析新疆耕地面积对粮食生产的影响。

2.4.1 敏感度总体时空特征

根据敏感度分析模型分别计算各地州的敏感度系数,将粮食产量对耕地面积变化的敏感程度划分为无敏感性、低度敏感性、中度敏感性和高度敏感性4个级别(表2)。2000—2010年,粮食生产对耕地面积变化敏感度中度和高度的均无,无敏感性的有2个,低度敏感性的有12个;2010—2020年,粮食生产对耕地面积变化敏感度中度和高度的各1个地州,无敏感性的增加为4个地州,低度敏感性的减少为8个地州。2000—2010年和2010—2020年两个阶段6个地州粮食生产对耕地面积变化敏感度发生变化,分别是乌鲁木齐市、克拉玛依市、吐鲁番地区、昌吉、喀什地区、和田地区。

2.4.2 敏感度时空特征差异性

由图7可知,2000—2010年,粮食生产对耕地面积变化无敏感性的有吐鲁番市和伊犁州,这两个地区相对于其他地州气候上具有两种极端。吐鲁番市气候干旱,降水量少,蒸发量大,不利于作物生长,以果蔬种植为主;伊犁州自然条件优越,水资源丰富,是新疆重要的农业灌溉区,粮食生产受耕地面积变化影响较小。其他地州均为低敏感度,在社会快速发展过程中,城市化和工业化进程的加快以耕地减少为代价。

2010—2020年,粮食生产对耕地面积变化无敏感度的有昌吉、伊犁州、喀什地区和克拉玛依市。其中昌吉、伊犁州和喀什地区随着农机设备的更新换代以及农田水利投入力度的增加,耕地粮食生产能力也不断提高。克拉玛依市以石油工业为主,耕地资源有限,气候条件恶劣,粮食产量随耕地面积变化波动不大。低敏感度地区主要呈现出集中连片分布的特点。中敏感度的地区为乌鲁木齐市,与其城市建设用地扩张而占用高质量耕地有很大关系。高敏感度地区为和田地区,这一时期和田地区耕地面积变化不大,但粮食产量却大幅减少,是由于人类活动加剧导致耕地生态环境质量下降。

表2 粮食生产对耕地面积变化敏感性等级划分

Table 2 Grain production on the cultivated land area changes sensitivity hierarchy

敏感度 Sensitivity	等级 Level	数量 Quantity	
		2000—2010	2010—2020
≤0	无敏感性	2	4
(0,5]	低度敏感性	12	8
(5,10]	中度敏感性	0	1
>10	高度敏感性	0	1

3 讨论

粮食产销平衡区是保障国家粮食安全的后备力量。作为粮食产销平衡区之一的新疆具有丰富的后备耕地资源,2000—2020年新疆对国家粮食安全贡献度均为正值,在满足自身粮食需求的前提下,能为国家调出一定量的粮食,但表现为急增后波动下降-曲折上升-骤降后趋于稳定的特征。各地州市也经历了差异变化,贡献重心由南疆逐渐向北疆转移,表现为北疆>南疆>东疆;这与我国粮食主产区的粮食安全贡献度逐渐向依托土地资源禀赋的东北和华北地区转移有异曲同工之妙[31]。新疆粮食安全贡献度

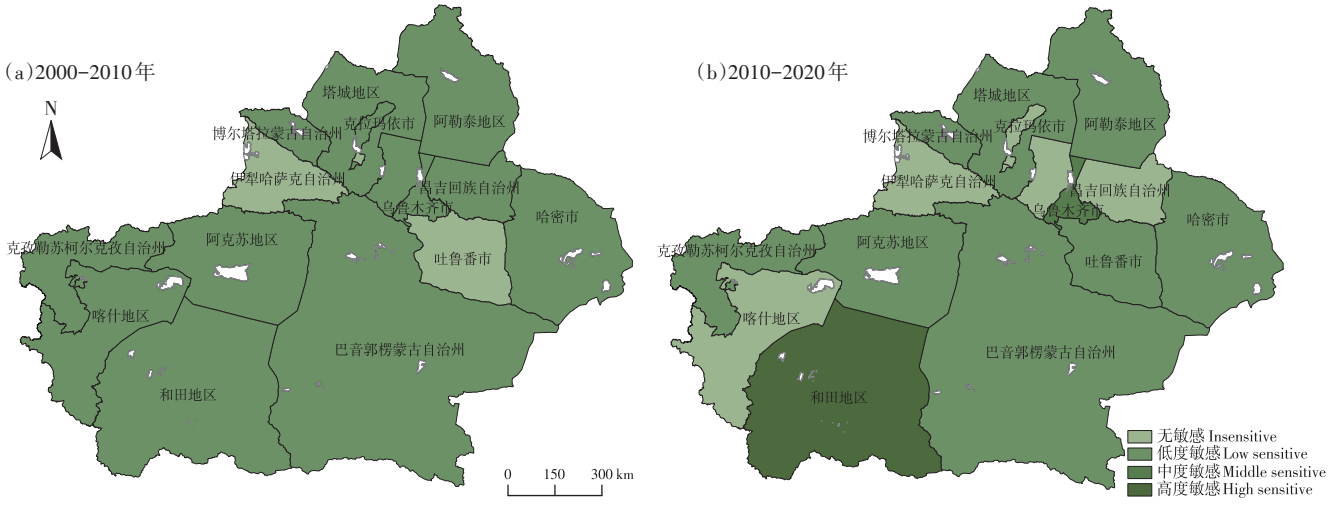


图7 2000—2020年新疆粮食生产对耕地面积敏感度变化

Figure 7 Sensitivity to cultivated land area changes of grain production in Xinjiang during 2000—2020

第一个拐点处于2002年，变化特点与粮食供给量有相似性。这一阶段虽然在国家粮食补贴和取消农业税等的政策帮扶下，耕地和粮食播种面积都有所增加，但自从西部大开发战略实施，人口增加，对粮食需求增加。第二个拐点处于2009年，一直到2015年整体为增加状态，达到最大值，为3.54%，主要得益于耕地相关配套设施的大规模修建、生产要素加大投入、土地整治工程的开展，保证了“区内平衡，略有结余”的政策。第三个拐点处于2016年，这一阶段国家颁布的耕地占补平衡和保护等相关政策保证粮食安全的需求，但由于新疆生态环境脆弱，各种保护生态措施的实施改变了土地用途，耕地质量受到影响；加上人类活动范围和强度的扩张，人地矛盾导致粮食供求关系改变。

本研究仍存在不足之处：①在计算粮食需求量时粮食转化系数与耗粮系数等的设定因生产技术不同有所变化，会对计算结果产生一定的影响；②主要聚焦以谷物为重心的“狭义”粮食贡献上，但目前我国正处于食物需求升级新时期，居民的膳食要求已随着社会发展、居民收入提高发生改变，从单一的保证“吃得饱”（保证口粮安全）转变为多元的注重营养平衡[32]。未来将从食物安全角度探讨新疆食物供求格局变化，且在计算粮食需求量时需进一步核算各类粮食转化系数。

4 结论

（1）2000—2020年新疆耕地面积与粮食播种面积稳定增加，以种植小麦和玉米为主，呈现小麦面积略微减少、玉米面积稳定增加的特点，粮食供给侧结构发生变化。

（2）2000—2020年新疆粮食供求展示出绝对增长、相对下降的特征，供始终大于求，表明新疆为国家粮食安全做出贡献；需求增加趋势体现在饲料用粮消费代替口粮消费的逐渐增加，居民消费结构改变，新疆粮食安全仍不容忽视。

（3）2000—2020年新疆对国家的粮食安全贡献度都为正值，但呈波动变化，表明新疆为国家粮食安全贡献力仍存在粮食供不应求的挑战。根据各地州对新疆粮食安全贡献度划分为粮食调入区、粮食调出区、粮食基本自给区三个类型。

（4）新疆粮食生产对耕地面积变化具有敏感度的地州减少，表明受农业技术和社会发展的影响，粮食产量对耕地面积变化的敏感度会随之变化。

参考文献：

[1] 于法稳，代明慧，林珊. 基于粮食安全底线思维的耕地保护：现状、困境及对策[J]. 经济纵横，2022(12)：9-16. YU F W，DAI M H，LIN S. Cultivated land protection based on bottom line thinking of food security：current situation，difficulties and countermeasures[J]. *Economic Review Journal*，2022(12)：9-16.

[2] 王静怡，李晓明. 近20年中国耕地数量变化趋势及其驱动因子分析[J]. 中国农业资源与区划，2019，40(8)：171-176. WANG J Y，LI X M. Research on the change trend of farmland quantity in China for recent 20 years and its driving factors[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*，2019，40(8)：171-176.

[3] 李懿芸，毛晓红，黄祖辉. 国家粮食安全背景下耕地数量、质量、生态“三位一体”保护评价与对策研究[J]. 农村经济，2023(6)：21-31. LI Y Y，MAO X H，HUANG Z H. Evaluation and countermeasure research on the "Trinity" protection of quantity，quality and ecology of cultivated land under the background of national food security[J]. *Rural Economy*，2023(6)：21-31.

[4] 马永欢，许憬秋，郭瑞雪，等. 我国的粮食生产态势与耕地保护[J]. 宏观经济管理，2023(9)：61-70. MA Y H，XU J Q，GUO R X，et al. China’s grain production and farmland protection[J]. *Macroeconomic Management*，2023(9)：61-70.

[5] 牛金枫，马艳杰，晋鹏飞，等. 粮食产销平衡区耕地非粮化时空分异及驱动类型[J]. 农业资源与环境学报，2024，41(4)：769-779. NIU J F，MA Y J，JIN P F，et al. Spatio-temporal differentiation and types of drivers of non-grain of arable land in food production and marketing balance areas[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*，2024，41(4)：769-779.

[6] 祝培甜，马永欢，陈霈弦，等. 中国耕地重心迁移特征及气候适宜性评价[J]. 北京师范大学学报(自然科学版)，2024，60(3)：397-404. ZHU P T，MA Y H，CHEN P X，et al. Migration characteristics of cultivated land gravity center and climate suitability evaluation in China[J]. *Journal of Beijing Normal University*(*Natural Science*)，2024，60(3)：397-404.

[7] 孙立，朱西存，王介勇，等. 中国北方十二省份耕地变化与粮食增产时空耦合关系研究[J]. 地域研究与开发，2022，41(5)：139-145. SUN L，ZHU X C，WANG J Y，et al. Study of spatial-temporal coupling relationship between cultivated land change and grain output increase in 12 provinces of northern China[J]. *Areal Research and Development*，2022，41(5)：139-145.

[8] 张金懿，郝晋珉，帕茹克·吾斯曼江，等. 中国耕地保护的困境与路径探索[J]. 农业经济，2023(11)：117-119. ZHANG J Y，HAO J M，WUSIMANJIANG P，et al. The dilemma and path exploration of cultivated land protection in China[J]. *Agricultural Economy*，2023(11)：117-119.

[9] 孙德华，刘维忠，盛洋. 干旱区耕地安全压力测试及时空演变特征研究：以新疆为例[J]. 资源开发与市场，2022，38(7)：792-800. SUN D H，LIU W Z，SHENG Y. Pressure test and spatial-temporal evolution characteristics of cultivated land safety in arid areas:a case study of Xinjiang[J]. *Resource Development & Market*，2022，38(7)：792-800.

[10] 李福夺. 粮食安全贡献度的测算实证[J]. 统计与决策，2016，32(12)：50-52. LI F D. Empirical study on the contribution of food

security[J]. *Statistics & Decision*, 2016, 32(12): 50-52.

[11] 于元赫, 王越, 宫大卫. 山东省粮食生产效率时空演变及影响因素研究[J]. 农业资源与环境学报, 2023, 40(3): 728-738. YU Y H, WANG Y, GONG D W. Spatial-temporal evolution and influencing factors of grain production efficiency in Shandong Province, China[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2023, 40(3): 728-738.

[12] 刘苇航, 叶涛, 史培军, 等. 气候变化对粮食生产风险的影响研究进展[J]. 自然灾害学报, 2022, 31(4): 1-11. LIU W H, YE T, SHI P J, et al. Advances in the study of climate change impact on crop producing risk[J]. *Journal of Natural Disasters*, 2022, 31(4): 1-11.

[13] 陈莉莉, 彭继权. 中国高标准农田建设政策对粮食生产能力的影响及其机制[J]. 资源科学, 2024, 46(1): 145-159. CHEN L L, PENG J Q. Influence of high-standard farmland construction policy on grain production capacity and mechanism[J]. *Resources Science*, 2024, 46(1): 145-159.

[14] TIAN X Y, ENGEL B A, QIAN H Y, et al. Will reaching the maximum achievable yield potential meet future global food demand? [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 294: 126285.

[15] CHEN L, CHANG J X, WANG Y M, et al. Disclosing the future food security risk of China based on crop production and water scarcity under diverse socioeconomic and climate scenarios[J]. *Science of the Total Environment*, 2021, 790: 148110.

[16] 丁丽芳. 山西省粮食生产时空变化及供求现状分析[J]. 中国农业资源与区划, 2022, 43(12): 18-26. DING L F. Analysis of temporal and spatial change of grain production and current situation of supply and demand in Shanxi Province[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2022, 43(12): 18-26.

[17] 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.

[18] 段健, 徐勇, 孙晓一. 青藏高原粮食生产、消费及安全风险格局变化[J]. 自然资源学报, 2019, 34(4): 673-688. DUAN J, XU Y, SUN X Y. Spatial patterns and their changes of grain production, grain consumption and grain security in the Tibetan Plateau[J]. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(4): 673-688.

[19] 王玮, 闫慧敏, 杨艳昭, 等. 基于膳食营养需求的西藏县域土地资源承载力评价[J]. 自然资源学报, 2019, 34(5): 921-933. WANG W, YAN H M, YANG Y Z, et al. Evaluation of land resources carrying capacity of Tibetan counties based on dietary nutritional demand[J]. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(5): 921-933.

[20] 段健, 王维婷, 徐勇, 等. 近30年来青藏高原粮食供需平衡格局演变及驱动因素[J]. 生态学报, 2024, 44(22): 1-16. DUAN J, WANG W T, XU Y, et al. Evolution and driving factors of grain supply and demand balance in the Qinghai-Tibet Plateau in recent 30 years[J]. *Acta Ecological Sinica*, 2024, 44(22): 1-16.

[21] 张志新, 王迪, 唐海云. 中国粮食安全保障程度：基于粮食消费结构变化的分析[J]. 消费经济, 2022, 38(5): 38-49. ZHANG Z X, WANG D, TANG H Y. China's grain security guarantee: an analysis based on the change of grain consumption structure[J]. *Consumer Economics*, 2022, 38(5): 38-49.

[22] 曾靖, 汪晓银, 王雅鹏. 我国城镇居民粮食消费状况分析与安全对策研究[J]. 农业现代化研究, 2009, 30(5): 539-542. ZENG J, WANG X Y, WANG Y P. Analysis of Chinese urban residents' grain consumption situation and grain safety measures[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2009, 30(5): 539-542.

[23] TILMAN D, BALZER C, HILL J, et al. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture[J]. *PNAS*, 2011, 108(50): 20260-20264.

[24] VALIN H, SANDS R D, VAN DER MENSBRUGGHE D, et al. The future of food demand: understanding differences in global economic models[J]. *Agricultural Economics*, 2014, 45(1): 51-67.

[25] 薛平平, 张为付. 江苏粮食消费变化及其对我国粮食安全的贡献度分析[J]. 农业现代化研究, 2019, 40(2): 206-214. XUE P P, ZHANG W F. Change of grain consumption in Jiangsu Province and its contribution index to China's grain security[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2019, 40(2): 206-214.

[26] 雷文韬, 古杰, 谢宏坤. 基于"三生"空间的湖南省土地利用格局及多功能演变[J]. 农业工程学报, 2024, 40(17): 283-293. LEI W T, GU J, XIE H K. Land use pattern and multifunctional evolution in Hunan Province using "production-living-ecosystem" space[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2024, 40(17): 283-293.

[27] 姚成胜, 黄琳, 吕晞. 河南省粮食消费结构变化及其对我国粮食安全的贡献率分析[J]. 农业现代化研究, 2014, 35(2): 163-167. YAO C S, HUANG L, LV X. Grain demand structure change in Henan and its contribution rate to China's food security[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2014, 35(2): 163-167.

[28] 肖国安. 未来十年中国粮食供求预测[J]. 中国农村经济, 2002(7): 9-14. XIAO G A. Forecast of China's grain supply and demand in the next decade[J]. *Chinese Rural Economy*, 2002(7): 9-14.

[29] SOLOMON S. Climate change 2007: the physical science basis: contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

[30] 刘彦随, 王介勇, 郭丽英. 中国粮食生产与耕地变化的时空动态[J]. 中国农业科学, 2009, 42(12): 4269-4274. LIU Y S, WANG J Y, GUO L Y. The spatial-temporal changes of grain production and arable land in China[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2009, 42(12): 4269-4274.

[31] 罗海平, 潘柳欣, 余兆鹏. 基于粮食安全贡献度的中国粮食主产区粮食供求格局演变[J]. 浙江农业学报, 2020, 32(11): 2077-2087. LUO H P, PAN L X, YU Z P. Evolution of grain supply and demand pattern in major grain-producing areas in China based on contribution rate to food security[J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2020, 32(11): 2077-2087.

[32] 王芳, 贾晋. 大食物观视角下的食物安全：理论内涵、指数测度与远景模拟[J]. 农业经济问题, 2024, 45(10): 68-83. WANG F, JIA J. Food security in the greater food approach: theoretical connotation, index measurement and long-range simulation[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2024, 45(10): 68-83.