

谈明洪, 闫紫艳, 李秀彬, 等. 试论中国耕地增减的地理分界线: 40°N[J]. 地理科学, 2025, 45(5): 941-949. [Tan Minghong, Yan Ziyang, Li Xiubin et al. Analysis of geographical dividing line of cropland changes in China: 40°N. Geographical Science, 2025, 45(5): 941-949.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.20231034; cstr: 32176.14.geoscience.20231034

试论中国耕地增减的地理分界线: 40°N

谈明洪, 闫紫艳, 李秀彬, 徐晓凡, 黄振宇

(中国科学院地理科学与资源研究所陆地表层格局与模拟重点实验室, 北京 100101;
中国科学院大学资源与环境学院, 北京 100049)

摘要: 随着社会经济的迅猛发展, 中国耕地变化呈现出显著的区域分异特征, 研究此分异特征对把握未来耕地变化趋势、因地制宜制定耕地保护政策和提高政策的实施效果都非常重要。利用遥感影像解译的土地利用图、全国国土调查成果等多种数据源, 分析了 1990—2020 年中国耕地的空间格局变化, 并提出中国耕地增减的地理分界线: 40°N 线, 即古代的农牧业分界线。在过去 30 a, 耕地变化在此线南北两侧呈现出截然相反的趋势: 北侧(古代牧区)呈快速增长的态势, 南侧则相反, 呈减少趋势。耕地减少最快的地区主要分布在由东南沿海和(中国地势)二级阶梯的南段共同构成的“马蹄形”区域。最后, 系统分析了引起 40°N 线南北两侧耕地变化的驱动因素, 并提出相应的政策建议。

关键词: 耕地后备资源; 耕地变化; 地理分界线

中图分类号: K921 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2025)05-0941-09

联合国粮农组织最新数据显示: 2020 年中国耕地占比不到全球的 9%, 但人口占全球 18% 以上, 中国的耕地保护对本国乃至世界的粮食安全都具有重大意义^[1-2]。为此, 中国制定了极为严格的耕地保护政策, 最具代表性的是, 1997 年颁布的《关于进一步加强土地管理切实保护耕地的通知》^[3]强调“以省、自治区、直辖市为单位实行耕地总量平衡”。

耕地总量平衡政策的实施对遏制耕地快速减少、保障粮食安全产生了巨大影响。然而, 中国地域辽阔, 不同行政单元的自然资源禀赋、人地关系明显不同, 耕地总量平衡政策的实施效果存在显著的空间差异^[3-6]。诸多研究显示^[7-8], 中国一些区域耕地减少难以避免, 耕地总量平衡难以实现, 耕地减少很快。第二次、三次全国国土调查数据(<https://gtcd.mnr.gov.cn/shareportal/#/special/statisticalReport>)显示: 除港澳台地区以外, 受多种因素的影响, 2009—2019 年中国耕地面积下降的省份达到 26 个, 部分省份的耕地减少了 20% 以上, 耕地总量平衡实现难度大。由此可见, 中国的耕地变化远超预期, 如何有效保护耕地成为学术界和管理部门长期面临的重大课题, 而研究耕地变化的地域分异规律是制定耕地保护政策的基础。

针对耕地变化的地域分异特征, 已有学者对此进行了归纳和研究, 地域的选择或划分多沿袭已有的地理分区和农业区划的概念, 主要包括以下几个方面。首先, 借用传统的中

收稿日期: 2023-11-02; **修订日期:** 2024-03-24

基金项目: 国家自然科学基金项目(42361144881, 42271273)、新疆第三次科学考察计划(2021xjkk0900)资助。
[Foundation: National Natural Science Foundation of China (42361144881, 42271273), the Third Xinjiang Scientific Expedition Program (2021xjkk0900).]

作者简介: 谈明洪(1970—), 男, 江苏涟水人, 研究员, 博导, 主要从事土地利用变化研究。E-mail: tanmh@igsnr.ac.cn

① <https://ilss.gdufs.edu.cn/info/1123/6674.htm> [2024-08-27].

国地理分区概念,分析东、中、西部和东北(https://www.stats.gov.cn/zt_18555/zthd/sjtjr/de-jtkfr/tjzp/202302/t20230216_1909741.htm)4大区域的土地和耕地利用变化^[9]。其次,分析中国南方和北方的耕地变化、及其引起的耕地重心转移^[10]。南、北方划分多沿用地理学界传统的概念:以秦岭—淮河为界把中国划分为南、北方。第三,借用农业区划的研究成果,分析中国耕地和粮食生产的空间差异特征^[11-12]。

先前的地理分区和农业区划研究全面考虑了自然地理要素和相关社会经济因子,为我们认识耕地变化的地域分异规律提供了参考。然而,这些分区或区划的研究对象并不是耕地利用,它们不能充分表达中国耕地空间格局的快速变化。本文综合利用来自遥感解译的土地利用图、全国国土调查成果等多种数据源,分析过去 30 a 中国耕地的空间格局变化,归纳其空间差异性,提出耕地增减的地理分界线,并结合地理学和经济学的理论与方法,分析产生这些空间差异的原因,最后提出相应的政策建议。

1 研究数据和方法

1.1 研究数据

主要研究数据包括遥感解译的土地利用图、全国国土调查数据和人口栅格图,另外,还包括地形数据和植被指数数据等(不含西藏、青海、港澳台数据)。

1) 土地利用栅格数据。当前遥感解译的覆盖本文研究时段的全国土地利用图主要包括:中国土地覆被/土地利用数据库(CLUCC)、中国土地覆盖数据集(CLCD)和全球地表覆盖数据集(GLC_FCS30)等。CLUCC 数据来自中国科学院资源环境科学数据平台^①,一级分类的总体精度超过 93%^[13-14]。CLCD 数据^②涵盖了 1990—2020 年逐年的中国土地覆盖数据,数据总体精度达 80%^[15]。GLC_FCS30^③包含了 1985—2020 年地表覆盖动态监测产品,数据总体精度为 83%^[16]。上述 3 种数据都是主要基于 Landsat 遥感影像解译而来的,空间精度皆为 30 m。

2) 全国国土调查数据。第二、三次全国国土调查数据是由中国政府组织和构建的高精度全国土地利用数据库,如第三次全国国土调查全面采用高于 1 m 分辨率的卫星遥感影像。本研究使用的调查数据来自国土调查成果共享应用服务平台,此平台公布了全国第二、三次国土调查的省级和地级行政单元的汇总数据(<https://gtdc.mnr.gov.cn/shareportal#/special/statisticalReport>)。

3) 其他数据。全国数字高程数据(DEM)是由美国国家航空航天局和国家地理空间情报局通过雷达干涉测量法生成的高程数据^④,数据分辨率为 90 m。

归一化植被指数(NDVI)来自 MOD13A2 V 产品^⑤,该产品提供了基于 16 d 周期内的最优观测值,空间分辨率为 1 km。

人口栅格数据来源文献[17],该研究基于空间协变量的多元线性回归模型,结合夜间灯光影像和土地利用图等数据,研制了空间精度为 1 km 的全国人口数据集。

1.2 研究方法

1) 不同纬度的设置。为了分析不同纬度耕地和 NDVI 的变化,本文设立覆盖全国的横向条带,每个条带的高度是 1 个纬度,宽度覆盖全国,如 40°N 纬度带为 39°30′~40°30′N 的条带。

① CLUCC. <https://www.resdc.cn/> [2023-03-29]

② CLCD. <https://zenodo.org/record/5816591> [2023-03-20]

③ GEE 云计算平台. <https://data.casearth.cn> [2023-06-26]

④ DEM. https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/USGS_SRTMGL1_003 [2023-03-20]

⑤ NDVI data. https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/MODIS_061_MOD13A2 [2023-06-30]

2)不同纬度带耕地面积和 NDVI 的计算。为了减少单一数据源带来的不确定性,利用 3 种土地利用数据源(CLUCC、CLCD 和 GLC_FCS30), 计算不同时期每个纬度带耕地面积的平均值, 进而分析不同纬度带耕地面积的变化。类似地, 由于不同年份 NDVI 值随气候变化波动明显, 本文利用每个格点过去 20 a(2000—2020 年)生长季(4—10 月份)的平均值来计算不同纬度 NDVI 值。

2 40°N 线及其地理意义

2.1 40°N 线的自然地理意义

40°N 线西端为天山山脉和昆仑山脉交汇地带, 东端为丹东市, 中部经过青藏高原和黄土高原北缘。该线全长约 4 140 km, 沿线近 90% 的区域位于干旱和半干旱区, 由西向东穿过中国 5 个主要沙漠: 塔克拉玛干、库木塔格、巴丹吉林、乌兰布和及库布齐沙漠(图 1)。

由于 40°N 线穿过 5 大沙漠, 该线成为中国植被随纬度变化的重要“分水岭”。NDVI 值随纬度的变化总体呈现“V”型, 40°N 纬度带是中国 NDVI 的低值区域, 平均值仅为 0.18, 由此线向南、向北, NDVI 值都呈逐渐增加的趋势。

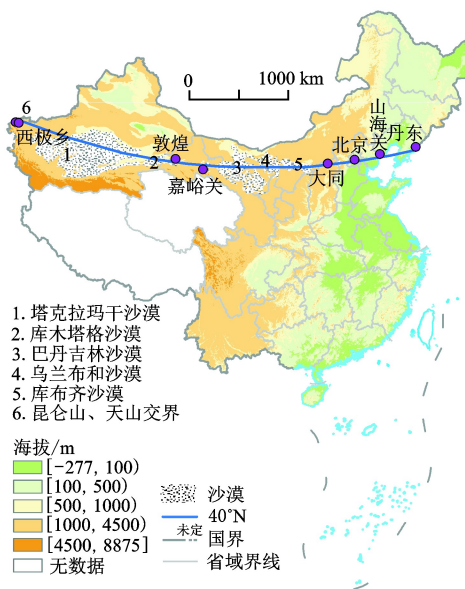
40°N 线南、北两侧地形差异很大。线以北区域地形主要以盆地、高原和平原为主, 坡度相对和缓, 其中, 坡度小于 6°的土地面积占比达到 55%; 相反, 在 40°N 线以南区域, 这个比例仅为 32%。北方坡度和缓的土地为大型农业机械的使用提供了基础, 为规模农业的发展提供了更大可能。

2.2 40°N 线的人文地理意义

40°N 线东端位于中国和朝鲜陆上交界线的南端, 西端为中国新疆乌恰县吉根乡(被称为西极乡)。中间由东向西依次经过的古代战略要地包括山海关、北京、大同和嘉峪关等。山海关和嘉峪关是万里长城的起点和终点。山海关是连接东北与华北的咽喉要道^[18]; 嘉峪关既是古代的军事要塞, 也是古丝绸之路的要冲; 北京和大同是多个朝代的都城, 也是历史上的边陲重地。

40°N 线是中国古代游牧文明和农耕文明的分界线, 和万里长城紧密相依^[19]。秦朝统一后, 为了屯垦戍边, 长城修建到河套平原, 汉朝的长城则继续向西扩建到河西走廊一带。由于气候等因素的影响, 明代长城的位置向南后退^[19]。在不同朝代长城位置有所变动, 但大体都在 40°N 线附近。在古代这条线以北地区主要以畜牧业为主, 如明代以前的官府把东北列为“禁垦之区”^[20], 以游牧渔猎为主; 西北地区尽管农业生产历史悠久, 但是农业占比低, 也以畜牧业为主。

相对于农区, 牧区人口承载力小, 人口密度低。时至今日, 这种人口分布特征依然保持。根据计算得出, 40°N 线以北的国土面积占全国 30.4%, 2020 年人口占全国 10.4%, 人口密度约为 40°N 线以南区域的 1/4。



基于审图号: GS(2020)4619 号(自然资源部监制)
制图, 底图无修改; 西藏、青海、港澳台数据暂缺

图 1 40°N 沿线的重要地理标志

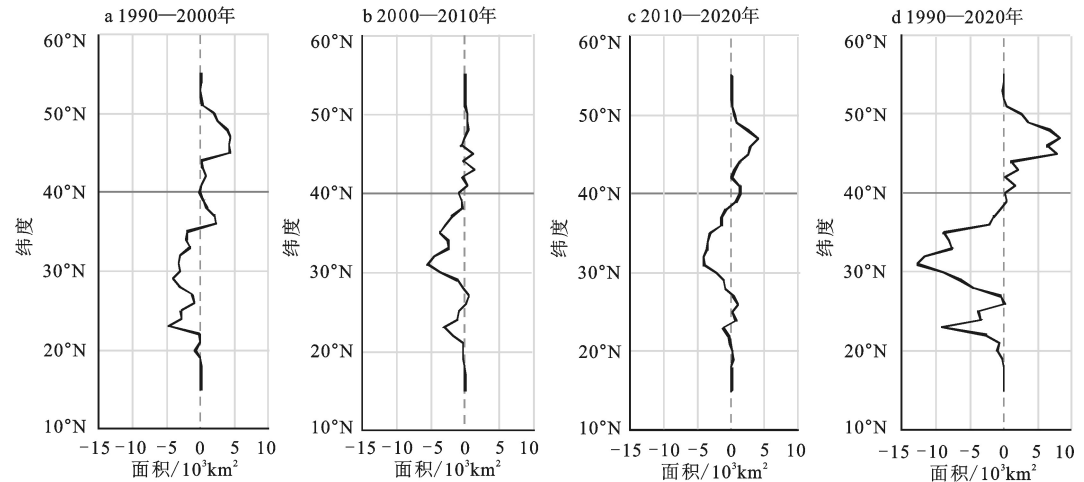
Fig.1 Important geographical features around the 40°N line

3 研究结果

本文利用多种数据源,分析此线两侧耕地变化的差异。结果显示:在过去 30 a, 40°N 线是中国耕地增减的分界线,此线南侧耕地普遍减少,北侧耕地普遍增加。

3.1 40°N 线两侧耕地变化:基于栅格数据

利用 CLUCC、CLCD 和 GLC_FCS30 数据源,本文在栅格尺度上分析 1990—2020 年 40°N 线两侧的耕地变化,结果显示:40°N 成为中国耕地增减的分界线(图 2)。在 1990—2020 年,40°N 以北地区耕地呈增长趋势,其中在 44°N~47°N 区域耕地增长面积最大。相反,40°N 以南区域耕地呈减少趋势,在 30°N 附近耕地减少最快。然而此数据可能被低估,因为 3 种数据源都是基于空间精度为 30 m 的 Landsat 遥感影像,而山区耕地地块过于破碎,耕地转出(如撂荒和退耕)地块难以识别。下文全国国土调查数据可证实这一点。



西藏、青海、港澳台数据暂缺

图 2 1990—2020 年不同纬度的耕地变化

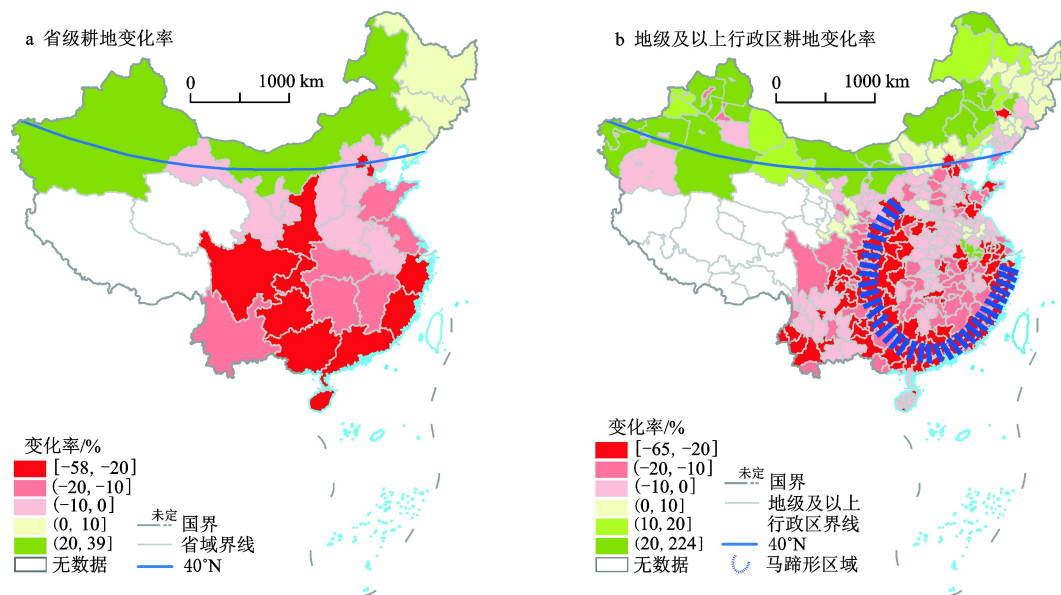
Fig.2 Changes in cropland across latitudes in China, 1990—2020

3.2 40°N 线两侧耕地变化:全国国土调查数据

本文进一步利用第二、三次全国国土调查数据,在省、地市级 2 个尺度上分析和验证 40°N 线两侧的耕地变化。省级尺度的研究结果显示:中国东北三省、内蒙古和新疆的绝大部分耕地都位于 40°N 线北侧,这个区域耕地扩展迅速,尤其是内蒙古和新疆,2009—2019 年 2 区的耕地分别增长了 25.1% 和 37.4%(图 3a)。除了上述 5 省区外,中国其余各省份的耕地面积都在减少;其中,11 个省份的耕地减少超过 20%。耕地减少的省份都位于 40°N 线南侧。

在绝对数量方面,内蒙古耕地增长面积最大,2009—2019 年耕地增长了 231 万 hm^2 ,其次为新疆和黑龙江。耕地减少最多的省份为四川,2009—2019 年减少了 149 万 hm^2 ;全国有 8 个省份耕地减少量超过 67 万 hm^2 ,共减少 820 万 hm^2 耕地。

地级市尺度的研究结果也显示:耕地增加的地级市主要分布在 40°N 以北,包括内蒙古、新疆、东北三省和甘肃西北部。对于 40°N 线穿过的行政单元,若其耕地主要位于此线北部,则被划为 40°N 以北区域,相反,被划为 40°N 线以南区域。2009—2019 年,40°N 线



基于审图号: GS(2020)4619 号(自然资源部监制)制图, 底图无修改; 西藏、青海、港澳台数据暂缺

图 3 2009—2019 年中国耕地面积变化

Fig.3 Changes of cropland area in China, 2009—2019

南、北两侧耕地分别减少和增加 14.5% 和 14.0%。耕地减少最快的地级市主要分布在东南沿海和中国地势二级阶梯南段(包括陕西南部、四川东部、重庆、贵州和广西等), 这些地级市耕地减少的幅度都超过 20%, 它们在空间分布上构成一个“马蹄形”区域(图 3b)。40°N 线以北耕地占全国的比重由 2009 年的 31.5% 增加到 2019 年的 38.1%。

4 讨论

研究结果显示: 中国 40°N 线南北两侧耕地变化趋势相反。40°N 线以北区域耕地扩展可能和耕地后备资源丰富、耕地规模效益、社会经济等多种因素有关。耕地后备资源和自然禀赋能够综合反映耕地扩展的资源潜力; 规模效益的增加又为耕地扩展提供了强劲的驱动力。40°N 线以南地区耕地减少则和比较效益等因素有关。

4.1 耕地后备资源对耕地变化的影响

2000 年中国土地勘测规划院等单位对中国耕地后备资源进行了新一轮评估, 评估结果公布于 2005 年^[21], 结果表明: 新疆、甘肃、山东、江西和黑龙江等 5 省区的耕地后备资源最为丰富(图 4)。然而, 本研究显示: 新增耕地面积和耕地后备资源数量之间存在很大偏差: 在耕地后备资源最为丰富的 5 个省区中, 在 2009—2019 年 3 个省份耕地减少, 其中山东减少量最大(图 4, 耕地后备资源源于文献^[21])。另外, 在耕地增加的 5 个省区中, 除新疆外, 其余 4 个省份在 2009—2019 年耕地增加面积远远超过其后备资源。之所以出现这样的不匹配, 可能和耕地规模效益、技术进步等因素密切相关。

4.2 规模效益是引起 40°N 以北区域耕地增加的根本因素

规模效益主要源自生产规模增加而使单位产品的生产成本降低, 从而提高经济效益。40°N 线北侧耕地的增长和耕地规模效益有关。耕地规模化经营有利于降低劳动力、运输和销售成本等^[22]。且规模化经营者多为青壮年劳动力, 他们更易于接纳先进的理念和使用

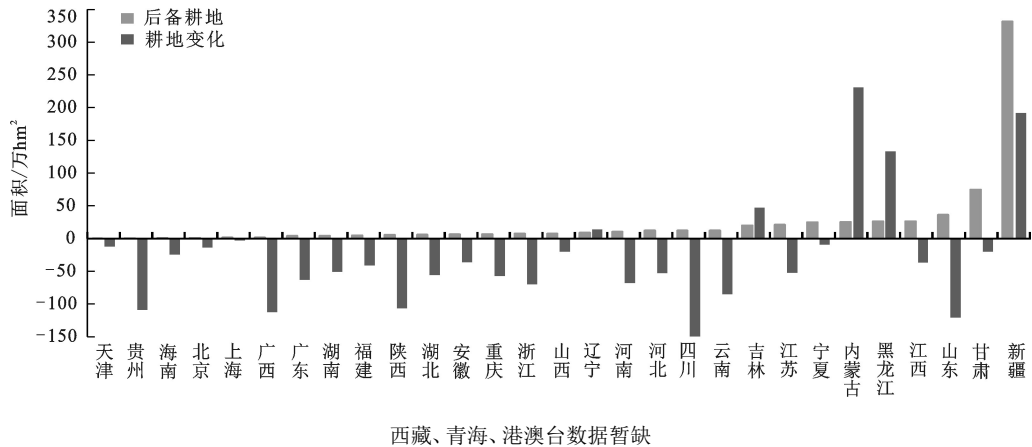


图 4 中国耕地后备资源和 2009—2019 年耕地变化对比

Fig.4 Comparison of cropland reserve resources and cultivated land change in China, 2009—2019

先进技术^[23-24]。比如利用大型农业机械极大地提高了耕作效率和劳动效率；又如推广节水灌溉推动了中国北方水肥一体化，节省了劳动力成本，提高了化肥、农药和水资源的利用效率。

4.3 比较利益是引起 40°N 以南区域耕地减少的主要因素

比较利益对耕地变化的影响主要包括 3 个方面。首先，耕地转化为建设用地。相比耕地，建设用地的经济效益非常高，因此地方政府与耕地的所有者与承包者都有将耕地转为建设用地的冲动。中国新增建设用地主要来自耕地，这个比例约为 70%^[10, 25-26]。全国国土调查数据(<https://gtdc.mnr.gov.cn/shareportal#/special/statisticalReport>)则显示：2009—2019 年中国建设用地增长了 24.5%，约为 540 万 hm^2 ，建设用地增长主要位于 40°N 线以南地区。其次，耕地转化为园地，一般后者比前者收益更高。2009—2019 年中国园地增长 36.2%，总增长面积达到 893 万 hm^2 ，其中 94% 的园地增长位于 40°N 线以南区域。位于“马蹄形”左支的广西、四川和贵州等省区园地增长较快，2009—2019 年增长幅度都超过 50%。第三，山区耕地撂荒也是耕地减少的重要原因。2014—2015 年大规模农户调查数据显示：中国山区县耕地撂荒率为 14.3%，且南方耕地撂荒率高于北方，长江流域的山区耕地撂荒率最高^[27-28]。耕地转化为建设用地和园地是利益相关者为了获取更高经济效益带来的耕地转出，撂荒则是农民为了追求更好的就业机会，退出农业而造成的耕地退出。因此，比较利益是引起 40°N 以南区域耕地变化的主要因素。

4.4 政策对耕地变化的影响

中国制定了严格的耕地保护政策，其中，耕地总量平衡政策在一定程度上遏制了耕地的过快流失。但结果也显示，在 40°N 线两侧耕地保护政策实施效果差异很大，该线南侧耕地呈现快速下降趋势，没达到政策实施的预期效果；40°N 线以北耕地扩展较快。另外，退耕还林还草政策的实施对耕地变化影响较大，但不是造成不同区域耕地变化差异的主要原因，因为退耕还林还草政策是在全国层面上展开，40°N 线两侧并无明显差异^[29]。

4.5 主要政策建议

基于上述研究结果，研究认为在 40°N 线两侧应该采取不同的耕地保护政策。

1) 依据“以水定地”原则，确定 40°N 线以北区域耕地规模。本区域地形坡度小，土地资源丰富，相比其他区域更适合规模化经营，耕地可能会继续扩展。然而，此区域土地开垦可能会带来巨大的生态风险^[30]，如地下水位下降、河流断流等。未来，应将水资源作为主

要约束性指标, 依据“以水定地”的原则, 确定耕地规模。在灌溉条件较好的干旱和半干旱地区, 应推广滴灌等技术, 实行水肥一体化, 提高水肥利用效率, 促进粮食稳产高产, 而不能过度开垦土地。

2) 40°N 线以南区域, 应严格保护优质农田。这一区域中的平原地区是中国重要的粮食主产区。该区域人口密度大, 应该严格控制建设用地过快增长、防止耕地过度破碎化; 保护集中连片、适合规模经营的优质农田, 对提高劳动生产率, 增加农民种粮积极性非常重要。

东南沿海(“马蹄形”右支)由于人口快速集聚, 建设用地增长趋势可能还会继续。该区域在保护优质耕地基础上, 可能需要适当调整耕地总量平衡政策。在二级阶梯南部(“马蹄形”左支)区域, 由于地形条件限制, 一些耕地不适合大型农业机械耕作, 但这些地区自然地理环境复杂多样, 有发展特色农业的优势, 可为耕地“非粮化”留有余地。

5 结论

在快速的社会经济发展背景下, 中国耕地的空间格局发生了巨大变化。本文结合地形、植被和人口等地理要素, 对 40°N 线的地理意义进行了阐述, 对此线南北两侧耕地变化及其影响因素进行了分析, 主要结论如下:

40°N 线由西向东穿过中国 8 大沙漠中的 5 个, 是中国古代游牧文明和农耕文明的分界线, 此线两侧地形特征、植被状况、人地关系差异明显。过去 30 a, 40°N 线成为中国耕地增减的分界线, 此线北侧耕地呈增加趋势, 南侧呈减少趋势。

规模效益是引起 40°N 以北区域耕地增加的主要因素。耕地经营规模的增加使得大型农业机械和水肥一体化等技术得以广泛使用, 有利于降低劳动力、运输和销售成本等, 极大地提高了经营效益。效益的提高又刺激了土地开垦。较为平坦的地形为该区域土地开垦提供了资源基础。

比较利益是造成 40°N 线以南区域耕地减少的主要因素。耕地转化为建设用地和园地是利益攸关者为了获取更高经济效益而带来的耕地转出, 撂荒则是农民为了追求更好的工作机会而造成的耕地退出。

未来, 应依据“以水定地”原则确定 40°N 线以北区域耕地利用规模, 防止耕地过度扩张。“马蹄形”区域耕地减少较快, 此区域耕地总量平衡政策实现的难度较大, 可能需要适当调整耕地保护政策。在“马蹄形”内部和华北平原, 应严格保护集中连片的优质农田。

参考文献(References):

- [1] Fukase E, Martin W. Who will feed China in the 21st century? Income growth and food demand and supply in China[J]. *Journal of Agricultural Economics*, 2016, 67(1): 3-23.
- [2] Brown L R. Who will feed China?[M]. New York: W. W. Norton & Company, 1995.
- [3] 李丹, 周嘉, 战大庆. 黑龙江省耕地时空变化及驱动因素分析[J]. 地理科学, 2021, 41(7): 1266-1275. [Li Dan, Zhou Jia, Zhan Daqing. Spatial and temporal changes and driving factors of cultivated land in Heilongjiang Province. *Scientia Geographica Sinica*, 2021, 41(7): 1266-1275.]
- [4] 王俊枝, 薛志忠, 张弛, 等. 内蒙古河套平原耕地盐碱化时空演变及其对产能的影响[J]. 地理科学, 2019, 39(5): 827-835. [Wang Junzhi, Xue Zhizhong, Zhang Chi et al. Spatio-temporal evolution of saline-alkali cultivated land and its impact on productivity in Hetao Plain of Inner Mongolia. *Scientia Geographica Sinica*, 2019, 39(5): 827-835.]
- [5] 魏慧, 吕昌河, 尹旭. 青藏高原耕地的空间分异及其影响因素[J]. 地理科学, 2023, 43(3): 379-387. [Wei Hui, Lyu Changhe, Yin Xu. Spatial differentiation of farmland and influencing factors on the Qinghai-Tibet Plateau. *Scientia Geographica Sinica*, 2023, 43(3): 379-387.]
- [6] 安悦, 谭雪兰, 李印齐, 等. 洞庭湖地区耕地功能时空演变特征及影响因素研究[J]. 地理科学, 2022, 42(7): 1272-1282. [An Yue, Tan Xuelan, Li Yinqi et al. Spatio-temporal evolution characteristics and influencing factors of cultivated land

- functions in the Dongting Lake area. *Scientia Geographica Sinica*, 2022, 42(7): 1272-1282.]
- [7] 黄贤金, 濮励杰, 尚贵华. 耕地总量动态平衡政策存在问题及改革建议 [J]. *中国土地科学*, 2001, 15(4): 2-6. [Huang Xianjin, Pu Lijie, Shang Guihua. Operational analysis and reform to policy of dynamic overall cultivated land balance in China. *China Land Science*, 2001, 15(4): 2-6.]
- [8] 郑海霞, 封志明. 中国耕地总量动态平衡的数量和质量分析 [J]. *资源科学*, 2003, 25(5): 33-39. [Zheng Haixia, Feng Zhiming. The quantity and quality analysis on dynamic equilibrium of the total cultivated land in China. *Resources Science*, 2003, 25(5): 33-39.]
- [9] Ning J, Liu J Y, Kuang W H et al. Spatiotemporal patterns and characteristics of land-use change in China during 2010—2015[J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2018, 28(5): 547-562.
- [10] 王鸣雷, 史文娇. 中国北方新增耕地的时空变化及驱动因素分区 [J]. *中国农业科学*, 2020, 53(12): 2435-2449. [Wang Minglei, Shi Wenjiao. Spatial-temporal changes of newly cultivated land in northern China and its zoning based on driving factors. *Scientia Agricultura Sinica*, 2020, 53(12): 2435-2449.]
- [11] 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 Li, Zhu Xicun, Wang Jieyong et al. Study of spatial-temporal coupling relationship between cultivated land change and grain output increase in 12 provinces of northern China. *Areal Research and Development*, 2022, 41(5): 139-145.]
- [12] 刘彦随, 张紫雯, 王介勇. 中国农业地域分异与现代农业区划方案 [J]. *地理学报*, 2018, 73(2): 203-218. [Liu Yansui, Zhang Ziwen, Wang Jieyong. Regional differentiation and comprehensive regionalization scheme of modern agriculture in China. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(2): 203-218.]
- [13] 刘纪远, 张增祥, 庄大方, 等. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化时空特征及其成因分析 [J]. *地理研究*, 2003, 22(1): 1-12. [Liu Jiyan, Zhang Zengxiang, Zhuang Dafang et al. A study on the spatial-temporal dynamic changes of land-use and driving forces analyses of China in the 1990s. *Geographical Research*, 2003, 22(1): 1-12.]
- [14] 刘纪远, 宁佳, 匡文慧, 等. 2010—2015 年中国土地利用变化的时空格局与新特征 [J]. *地理学报*, 2018, 73(5): 789-802. [Liu Jiyan, Ning Jia, Kuang Wenhui et al. Spatio-temporal patterns and characteristics of land-use change in China during 2010—2015. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(5): 789-802.]
- [15] Yang J, Huang X. The 30 m annual land cover dataset and its dynamics in China from 1990 to 2019[J]. *Earth System Science Data*, 2021, 13(8): 3907-3925.
- [16] Zhang X, Liu L Y, Chen X D et al. GLC_FCS30: Global land-cover product with fine classification system at 30 m using time-series landsat imagery[J]. *Earth System Science Data*, 2021, 13(6): 2753-2776.
- [17] Xu X F, Tan M H, Liu X Y et al. Stability and changes in the spatial distribution of China's population in the past 30 years based on census data spatialization[J]. *Remote Sensing*, 2023, 15(6): 1674.
- [18] 龚胜生, 陈云. 中国人口疏密区分界线的历史变迁及数学拟合与地理意义 [J]. *地理学报*, 2019, 74(10): 2147-2162. [Gong Shengsheng, Chen Yun. The historical change, mathematical fitting and geographical significance of demographic borderlines in China. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(10): 2147-2162.]
- [19] 冯嘉莘, 程连生, 徐振甫. 万里长城的地理界线意义 [J]. *人文地理*, 1995, 10(1): 50-55. [Feng Jiaping, Cheng Liansheng, Xu Zhenfu. The significance of the Great Wall as a geographic boundary. *Human Geography*, 1995, 10(1): 50-55.]
- [20] 何凡能, 杨帆, 赵彩杉, 等. 过去千年中国耕地网格化重建与时空特征分析 [J]. *中国科学: 地球科学*, 2023, 53(1): 115-131. [He Fanneng, Yang Fan, Zhao Caishan et al. Spatially explicit reconstruction of cropland cover for China over the past millennium. *Scientia Sinica (Terra)*, 2023, 53(1): 115-131.]
- [21] 温明炬, 唐程杰. 中国耕地后备资源 [M]. 北京: 中国大地出版社, 2005. [Wen Mingju, Tang Chengjie. Cultivated land reserve resources in China. Beijing: China Land Press, 2005.]
- [22] Yu X M, Schweikert K, Li Y J et al. Farm size, farmers' perceptions and chemical fertilizer overuse in grain production: Evidence from maize farmers in northern China[J]. *Journal of Environmental Management*, 2023, 325: 116347.
- [23] Song W, Pijanowski B C. The effects of China's cultivated land balance program on potential land productivity at a national scale[J]. *Applied Geography*, 2014, 46: 158-170.
- [24] 刘世薇, 张平宇, 宋凤斌, 等. 黑龙江垦区农业现代化水平评价 [J]. *地理科学*, 2018, 38(7): 1051-1060. [Liu Shiwei, Zhang Pingyu, Song Fengbin et al. Measuring the agricultural modernization level of Heilongjiang reclamation areas in China. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(7): 1051-1060.]
- [25] 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.
- [26] Tan M H, Li X B, Xie H et al. Urban land expansion and arable land loss in China: A case study of Beijing-Tianjin-Hebei region[J]. *Land Use Policy*, 2005, 22(2): 187-196.
- [27] 李升发, 李秀彬, 辛良杰, 等. 中国山区耕地撂荒程度及空间分布——基于全国山区抽样调查结果 [J]. *资源科学*, 2017, 39(10): 1801-1811. [Li Shengfa, Li Xiubin, Xin Liangjie et al. Extent and distribution of cropland abandonment in Chinese mountainous areas. *Resources Science*, 2017, 39(10): 1801-1811.]

- [28] 项骁野, 王佑汉, 李谦, 等. 基于 CiteSpace 软件国内外撂荒地研究进展与述评 [J]. 地理科学, 2022, 42(4): 670-681. [Xiang Xiaoye, Wang Youhan, Li Qian et al. Research progress and review of abandoned land based on CiteSpace. *Scientia Geographica Sinica*, 2022, 42(4): 670-681.]
- [29] 自然资源部. 中国国土资源统计年鉴 [M]. 2000—2010. 北京: 地质出版社, 2000—2010. [Ministry of Tural Resources. *China land and resources statistical yearbook. 2000—2010*. Beijing: Geological Publishing House, 2000—2010.]
- [30] Zhao X, Liu J G, Liu Q Y et al. Physical and virtual water transfers for regional water stress alleviation in China[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2015, 112(4): 1031-1035.

Analysis of geographical dividing line of cropland changes in China: 40°N

Tan Minghong, Yan Ziyan, Li Xiubin, Xu Xiaofan, Huang Zhenyu

(*Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*)

Abstract: Changes in cropland are affected or restricted by natural resource endowment, economy, society, technology and other factors, and are a comprehensive index reflecting the change of human-land relationship. With the rapid development of society and economy, the changes of cropland in China present significant regional differentiation characteristics. Studying the characteristics is very important for grasping the future development trend of cropland, formulating cropland protection policies according to local conditions, and improving the implementation effect of policies. Based on land use maps interpreted by remote sensing images and national land survey data, this paper analyzes the spatial changes of cropland in China in the past 30 years, and proposes the geographical dividing line of cropland increase and decrease in China: 40°N. In the north and south sides of this line, the changes of cropland showed an opposite trend. According to the national Land survey, from 2009 to 2019, cropland in the south decreased by 14.5% and increased by 14.0% in the north. And the proportion of cropland in the north of the total cropland area in the whole country increased from 31.5% in 2009 to 38.1% in 2019, which significantly increased its importance in China's agricultural production. The fastest reduction of cropland in the south is mainly distributed in the southeast coast and the southern section of the second stage, which is a "horseshoe" area. Finally, this paper systematically analyzes the causes of cropland change on both sides of the north and south, and puts forward the corresponding policy suggestions on cropland use. In arid and semi-arid areas of China with better irrigation conditions, drip irrigation technology should be widely adopted, and water-fertilizer integration should be implemented to tap the potential of existing cropland. In the "horseshoe" area, due to the occupation of construction land and the adjustment of agricultural structure, the speed of the reduction of cultivated land is fast, and the policy aim of balancing the total cropland in this area has been difficult to achieve, so the policy of protecting cropland should be adjusted correspondingly. In the south of the 40°N line, especially in the north China Plain and inside the "horseshoe" area, priority should be given to protecting high-quality, flat farmland suitable for large-scale operations for grain production, strictly controlling the expansion and occupation of construction land and non-grain agricultural land, and preventing the fragmentation of cropland.

Key words: cropland reserve resource; cropland change; geographical dividing line