

黑龙江省农业水土资源匹配格局与区域调控

侯淑涛¹, 袁伟豪¹, 陈建龙², 王烁¹, 陈瑜琦³, 李全峰¹

(1.东北农业大学 公共管理与法学院, 黑龙江 哈尔滨 150030;

2.黑龙江省国土空间规划研究院, 黑龙江 哈尔滨 150090; 3.中国国土勘测规划院, 北京 100035)

摘要: [目的] 揭示黑龙江省市域尺度农业水土资源匹配协调水平及区域差异性, 为区域农业水土资源优化配置及农业生产格局提升提供科学指导。[方法] 基于2009—2019年黑龙江省13个地市农业水土资源数据, 采用基尼系数及农业水土资源匹配系数法, 分析农业水土资源空间分布特征及其匹配时空演变格局。依据农业水土资源匹配系数多年平均值划分水源涵养调蓄、水土优化调控与引水节水灌溉3个调控区。[结果] ①2009—2019年间, 黑龙江农业水土资源匹配基尼系数由0.4886降低到0.3751, 整体呈小幅波动下降的向好趋势; ②农业水土资源匹配系数呈降低—增加—再降低—再增加的态势, 波动范围为0.22~0.69。③各市域农业水土资源分布不均衡, 呈现出西北及中部地区“水多地少”, 东部及西部地区“地多水少”的特征。④全省农业水土资源匹配协调水平整体上有一定提高, 且区域分异显著; 东部与西部地区匹配协调水平较低, 中部相对合理, 西北部较高。[结论] 受气候变化和人工调控影响, 全省农业水土资源匹配协调水平尚处于较不均衡状态, 但通过划分不同类型调控区以及制定差异化调控措施, 仍具有一定的调整空间。

关键词: 基尼系数; 农业水土资源匹配; 匹配格局; 区域调控; 黑龙江省

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2022)01-0150-08

中图分类号: F323.1, F323.2

文献参数: 侯淑涛, 袁伟豪, 陈建龙, 等. 黑龙江省农业水土资源匹配格局与区域调控[J]. 水土保持通报, 2022, 42(1): 150-157. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.20211126.005; Hou Shutao, Yuan Weihao, Chen Jianlong, et al. Matching pattern and regional regulation of agricultural water and land resources in Heilongjiang Province [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2022, 42(1): 150-157.

Matching Pattern and Regional Regulation of Agricultural Water and Land Resources in Heilongjiang Province

Hou Shutao¹, Yuan Weihao¹, Chen Jianlong², Wang Shuo¹, Chen Yuqi³, Li Quanfeng¹

(1.College of Public Administration and Law, Northeast Agricultural University, Harbin,

Heilongjiang 150030, China; 2.Heilongjiang Research Institute of Territory's Spatial Planning,

Harbin, Heilongjiang 150090, China; 3.Chinese Land Surveying and Planning Institute, Beijing 100035, China)

Abstract: [Objective] The matching coordination level and regional differences of agricultural water and land resources at the city scale in Heilongjiang Province was analyzed in order to provide scientific guidance for the optimal allocation of regional agricultural water and land resources and the improvement of agricultural production pattern. [Methods] Using agricultural water and land resource data from 13 cities of Heilongjiang Province from 2009 to 2019, the Gini coefficient and the matching coefficient method were used to analyze the spatial distribution characteristics of agricultural water and land resources and their matching temporal and spatial evolution patterns. According to the average value of agricultural water and land resources matching coefficient for many years, three control areas were determined: water conservation and storage, water and

收稿日期: 2021-07-03

修回日期: 2021-09-22

资助项目: 国家自然科学基金青年项目“多元经营主体参与下黑土区耕地利用转型过程与形成机制研究: 以海伦市为例”(41901208); 国家重点研发计划资助项目(2018YFD1100103); 自然资源部专项业务项目(JCQQ191504-06)

第一作者: 侯淑涛(1965—), 女(汉族), 黑龙江省哈尔滨市人, 硕士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事土地利用与管理研究。Email: houst129@126.com。

通信作者: 陈建龙(1973—), 男(汉族), 黑龙江省哈尔滨市人, 硕士, 研究员级高级工程师, 主要从事土地利用与规划工作。Email: cj1360@126.com。

land optimization control, and water-saving irrigation. [Results] ① From 2009 to 2019, the Gini coefficient of agricultural water and land resources matching in Heilongjiang decreased from 0.488 6 to 0.375 1, showing a good trend with small fluctuations. ② The matching coefficient of agricultural water and soil resources showed a pattern of decrease-increase-decrease-increase, and a fluctuation range of 0.22—0.69. ③ The distribution of agricultural water and land resources in each city was not balanced, showing the characteristics of “more water and less land” in the northwest and central regions and “more land and less water” in the eastern and western regions. ④ The overall coordination level of agricultural water and land resources was improved, and regional differences were significant. The matching coordination level between the eastern and western regions was lower, the central region was relatively reasonable, and the northwest region was higher. [Conclusion] Because of climate change and artificial regulation, the coordination level of agricultural water and land resources in the province is still in a relatively unbalanced state, but there is still an opportunity for adjustment by designating different types of regulation areas, and by formulating targeted regulation measures.

Keywords: Gini coefficient; agricultural water and land resources matching; matching pattern; regional regulation; Heilongjiang Province

土地资源具有有限性,水资源则有丰枯之分,一种资源的余缺会不同程度地影响另一种资源的利用方式及水平^[1],二者之间相互制约。由此看来,综合考虑区域内水土资源的供求关系,即协调水资源供应能力下的土地资源利用方式是实现区域农业水土资源协调匹配的关键所在。

改革开放 40 a 多以来,中国农业发展迅猛,粮食连年增产增值^[2]。黑龙江省作为中国农业大省,耕地面积居全国之首,是最重要的粮食主产区与商品粮基地,在保障国家粮食安全方面发挥了“压舱石”的关键作用。

水土资源短缺及其匹配错位是该区农业发展中长期、根本的制约因素。由于缺乏对水土资源统一的管理,全省农业水土资源匹配不协调的矛盾突出。一方面,随着全省“五大规划、八大经济区、十大重点产业”等宏观战略规划的实施,伴随新型城镇化和现代农业建设的不断推进,全省水土资源利用构成、空间分布发生了较大的变化,不均衡现象更加凸显。另一方面,全省农业用水中超过 90% 为水田用水,其中山丘区耕地面积占比 20%,其水资源占比高达 75%;而平原区耕地占比 80%,水资源占比仅有 25%,水土资源区域匹配极其不均衡,一定程度上严重影响了水土资源的综合利用效率。加之三江平原等地区为解决缺水问题,常年过度开采地下水,水土资源质量下降,水土流失、土壤侵蚀退化与土地生态环境恶化^[3-5]成为了黑龙江省农业可持续发展的主要制约因素。

稳定粮食生产、确保粮食安全是治国理政的头等大事^[6]，“十四五”期间是推进高标准农田建设与水利

现代化工程建设、实现农业高质量发展的关键时期。在此背景下,农业水土资源高效利用与协调匹配无疑是缓解资源短缺、保障区域粮食生产与促进农业可持续发展的有效路径,而解决该矛盾的重点在于掌握区域农业水土资源的匹配协调水平、演变特征以及调控方向。

当前,国内外学者针对水土资源匹配研究已取得较为丰硕的成果,为本文提供了坚实的理论基础与方法借鉴。现有研究内容主要涉及水土资源利用方式^[7-8]、利用强度^[9]及其匹配程度^[10],研究范围主要涉及山区^[11-12]、平原^[13-14]、流域^[15-16]以及区域^[17-18]等水土资源要素的匹配与优化配置,研究方法则常见匹配系数法^[19]、基尼系数法^[20-21]、DEA 模型法^[22-23]等。其中,水土资源匹配系数法因其能直观反映区域农业水土资源禀赋的匹配程度而得到广泛应用。总体而言,多数研究主要侧重水土资源现状匹配的测度与分析评价,对农业水土资源匹配时空演变格局研究较少,且针对不同区域间农业水土资源匹配协调水平与调控方向的研究尚待深入。

本文通过分析黑龙江省农业水土资源空间分布现状,采用农业水土资源匹配系数与基尼系数方法,分析农业水土资源匹配的时空演变格局,揭示市域尺度农业水土资源匹配协调度及其分异特征,划分不同类型农业水土资源调控区及制定差异化调控措施,以期为区域农业水土资源优化配置及农业生产格局提升提供科学指导。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

黑龙江省位于中国东北部,地处东北亚区域腹

地、三大黑土带之一的东北黑土区。地理坐标为北纬 $43^{\circ}26' - 53^{\circ}34'$, 东经 $121^{\circ}10' - 135^{\circ}05'$, 气候地域性差异大, 呈明显的大陆性季风气候特征。土地总面积为 $4.71 \times 10^7 \text{ hm}^2$, 约占全国土地总面积的 4.9%, 耕地面积为 $1.75 \times 10^7 \text{ hm}^2$, 占全省土地总面积的 37.2%; 水资源总量为 $1.51 \times 10^{11} \text{ m}^3$ 。

1.2 数据来源

研究数据主要包括 2009—2019 年黑龙江省 13 个地市的土地利用面积、耕地面积、水资源总量、农业用水比例以及农业资源利用相关数据。其中, 2009—2018 年各地市的土地利用总面积、耕地面积来自于第二次土地调查及年度变更数据, 2019 年各地市的土地总面积、耕地面积来自于第三次土地调查数据; 2009—2019 年各地市水资源总量、农业用水占比来自于《黑龙江省水资源公报》; 农业资源利用相关数据来自于《中国统计年鉴》与《黑龙江省统计年鉴》。

2 研究方法

2.1 土地垦殖率与平均水资源量

为了直观地表征研究单元农业水土资源丰欠程度, 本文采用土地垦殖率来反映研究区耕地资源空间分布状况^[24]。由于研究区地表水资源受气候等因素影响, 年际间常呈现连丰、连枯、丰枯交替变化的特点, 因此采用单位土地面积上的平均水资源量(以下简称平均水资源量)来反映研究区水资源空间分布状况^[25]。

土地垦殖率计算公式为:

$$C_K = L/C \times 100\% \quad (1)$$

式中: C_K 为土地垦殖率(%); L 为耕地面积(10^4 hm^2); C 为土地总面积(10^4 hm^2)。

平均水资源量计算公式为:

$$\bar{W}_i = (\sum_{j=1}^n V_{ij}/C_i)/n \quad (2)$$

式中: \bar{W}_i 为 i 地区平均水资源量(m^3/hm^2); V_{ij} 为 i 地区第 j 年水资源总量(10^4 m^3); C_i 为 i 地区土地总面积(10^4 hm^2); n 为序列数, 本文为 11。

2.2 基尼系数

鉴于耕地资源与水资源在空间分布上具有与“人口—收入”相似的不均衡性, 因此, 本文参考洛伦兹曲线计算基尼系数的方法^[26]测度整个研究区农业水土资源匹配协调水平。其定义为, 当两种资源所计算得基尼系数 G 越接近 1, 表明两种资源极不匹配, 反之亦然。若 $G \in [0, 0.2]$, 表明区域农业水土资源匹配协调水平极好; 若 $G \in (0.2, 0.3]$, 表明区域农业水土资源匹配协调水平良好; 若 $G \in (0.3, 0.4]$, 表明区域农业水土资源匹配协调水平相对合理; 若 $G \in (0.4,$

$0.5]$, 表明区域农业水土资源匹配协调水平较差; 若 $G \in (0.5, 1.0]$, 表明区域农业水土资源匹配协调水平极差。其计算公式为:

$$G = \frac{S_A}{S_A + S_B} \quad (3)$$

式中: G 为基尼系数; S_A 为洛伦兹曲线与绝对平等线所包围区域面积的值; S_B 为洛伦兹曲线与横坐标所包围区域面积的值。

2.3 农业水土资源匹配系数

农业水土资源匹配系数^[27]可描述农业水资源与耕地资源在时空匹配的量比关系, 本文用此反映不同区域的农业水资源与耕地资源匹配协调水平, 若农业水土资源匹配系数越大, 则某一时期的农业水资源与耕地资源在空间上具有越高的协调性, 反之亦然。为反映整个研究期内区域农业水资源与耕地资源匹配协调水平的高低, 则通过计算其多年平均值来表征。其计算公式为:

$$R_{ij} = \alpha_{ij} W_{ij} / L_{ij} \quad (4)$$

$$\bar{R}_i = \sum_{j=1}^n R_{ij} / n \quad (5)$$

式中: R_{ij} 为 i 地区第 j 年农业水土资源匹配系数($10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$); W_{ij} 为 i 地区第 j 年水资源可利用量(10^8 m^3); α_{ij} 为 i 地区第 j 年农业用水比例(%); L_{ij} 为 i 地区第 j 年耕地面积(10^4 hm^2); \bar{R}_i 为 i 地区农业水土资源匹配系数平均值($10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$); n 为序列数, 本文为 11。

3 结果与分析

3.1 农业水土资源空间分布特征

通过计算黑龙江省 13 个地市 2009—2019 年间土地垦殖率与平均水资源量得到农业水土资源空间分布特征(图 1)。

全省耕地资源主要集中在西部的松嫩平原和东部的三江平原, 中部和西北部有一定的分布。其中, 齐齐哈尔、绥化、双鸭山和佳木斯等市土地垦殖率均处于 50% 以上, 耕地资源较为丰富; 哈尔滨、大庆、鸡西、黑河、鹤岗和七台河等市土地垦殖率介于 30%~50% 之间, 耕地资源相对丰富; 牡丹江市土地垦殖率介于 10%~30% 之间, 耕地资源相对不丰富; 而伊春市和大兴安岭地区土地垦殖率小于 10%, 耕地资源相对缺乏。水资源主要呈中部和西北部分布, 东、西两侧较为匮乏。其中, 哈尔滨、牡丹江、伊春和鹤岗等市平均水资源量大于 $2000 \text{ m}^3/\text{hm}^2$, 水资源较为丰富; 鸡西、绥化、双鸭山、佳木斯、黑河等市以及大兴安岭地区平均水资源量介于 $1500 \sim 2000 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 之

间,水资源相对丰富;齐齐哈尔和七台河市平均水资源量介于 $1\ 000\sim 1\ 500\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ 之间,水资源相对不丰富;而大庆市平均水资源量小于 $1\ 000\ \text{m}^3/\text{hm}^2$,水资源相对匮乏。

对比综合分析全省耕地资源与水资源的空间分布状况可知,西部的齐齐哈尔、大庆与东部的佳木斯、双鸭山等市农业水土资源在空间上表现为“地多水

少”,其中齐齐哈尔和大庆市更为明显,该地区地处平原,耕地面积广,多年降水较少;中部伊春市与西北部大兴安岭地区农业水土资源在空间上表现为“水多地少”,该地区地处林区,森林覆盖率高,水源丰富,但耕地面积较少;哈尔滨、绥化、鸡西、牡丹江、七台河、鹤岗、黑河等市农业水土资源的空间分布也表现为一定程度的不协调。

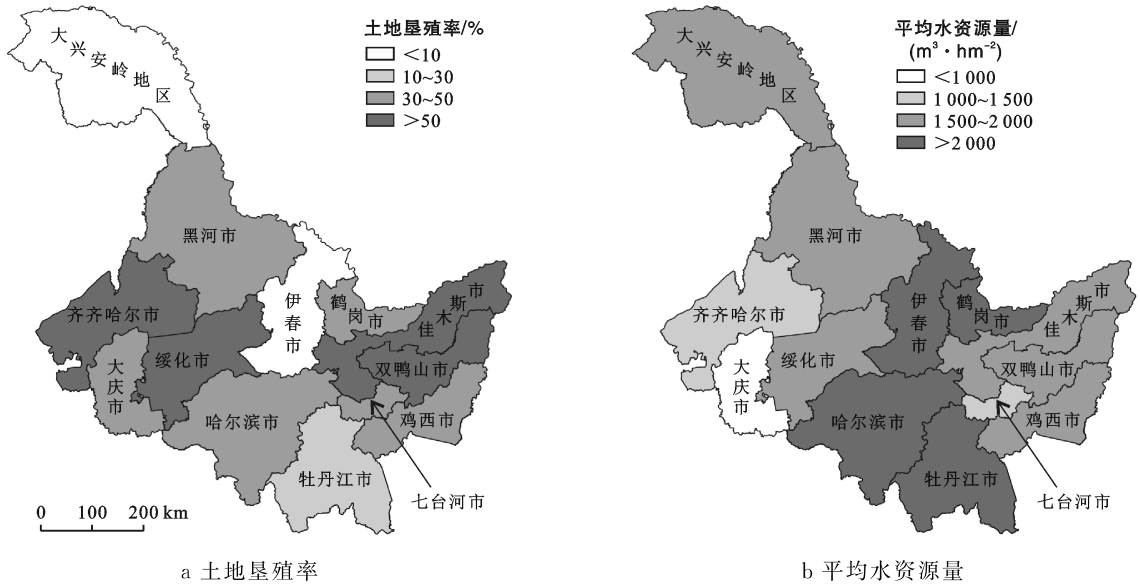


图 1 黑龙江省农业水土资源空间分布格局

3.2 农业水土资源匹配的基尼系数

黑龙江省 2009—2019 年农业水土资源匹配洛伦兹曲线总体较为相似,弯曲程度均较大,表明多年来农业水土资源匹配协调程度一直不高。不同年份农业水土资源匹配基尼系数呈一定波动性,但波动不大,最小值与最大值分别为 0.375 1, 0.502 5, 相差仅为 0.127 4, 平均值为 0.456 9。其中,仅有 2019 年农业水土资源匹配基尼系数 $G \in (0.3, 0.4]$, 表明该年农业水土资源匹配协调水平相对合理;2017 年农业水土资源匹配基尼系数 $G \in (0.5, 1.0]$, 表明该年农业水土资源匹配协调水平极差;其余各年份农业水土资源匹配基尼系数 $G \in (0.4, 0.5]$, 表明这些年份区域农业水土资源匹配协调水平较差(图 2)。

农业水土资源匹配基尼系数的时间变化整体呈现出小幅度波动下降的向好趋势。由 2009 年的 0.488 6 下降至 2019 年的 0.375 1, 表明农业水土资源匹配协调水平由极差提高为相对合理, 该阶段黑龙江耕地资源利用结构与方式逐步趋于合理方向变化。整体上全省农业水土资源匹配协调水平有一定的提高, 但仍处于较不均衡的状态(图 3)。

3.3 农业水土资源匹配区域特征及空间差异

根据农业水土资源匹配系数的计算公式, 黑龙江省农业水土资源匹配系数及其时间变化情况如表 1 和图 4 所示。

由表 1 和图 4 可知, 2009—2019 年全省农业水土资源匹配系数呈降低—增加—再降低—再增加的变化趋势, 其中 2019 年达最大值 0.69, 2011 年为最小值 0.22。

4 个变化阶段为: ①2009—2011 年, 农业水土资源匹配系数降低幅度较大, 主要原因是黑龙江处于粮食增产期, 耕地面积的增加以及水资源承载力的降低; ②2011—2013 年, 农业水土资源匹配系数略有增加, 主要原因是全省农业种植结构的调整; ③2013—2017 年, 农业水土资源匹配系数稍有降低, 但变化相对平稳, 主要原因是国家在粮食主产区大力发展种植业, 这一时期水田面积大幅度扩张, 农业用水压力不断增大; ④2017—2019 年, 农业水土资源匹配系数增加相对明显, 主要原因是随着农田水利基础设施建设增加了水资源总量供给, 提升了区域水量调节能力; 同时, 加强了对重点流域的水土流失治理。

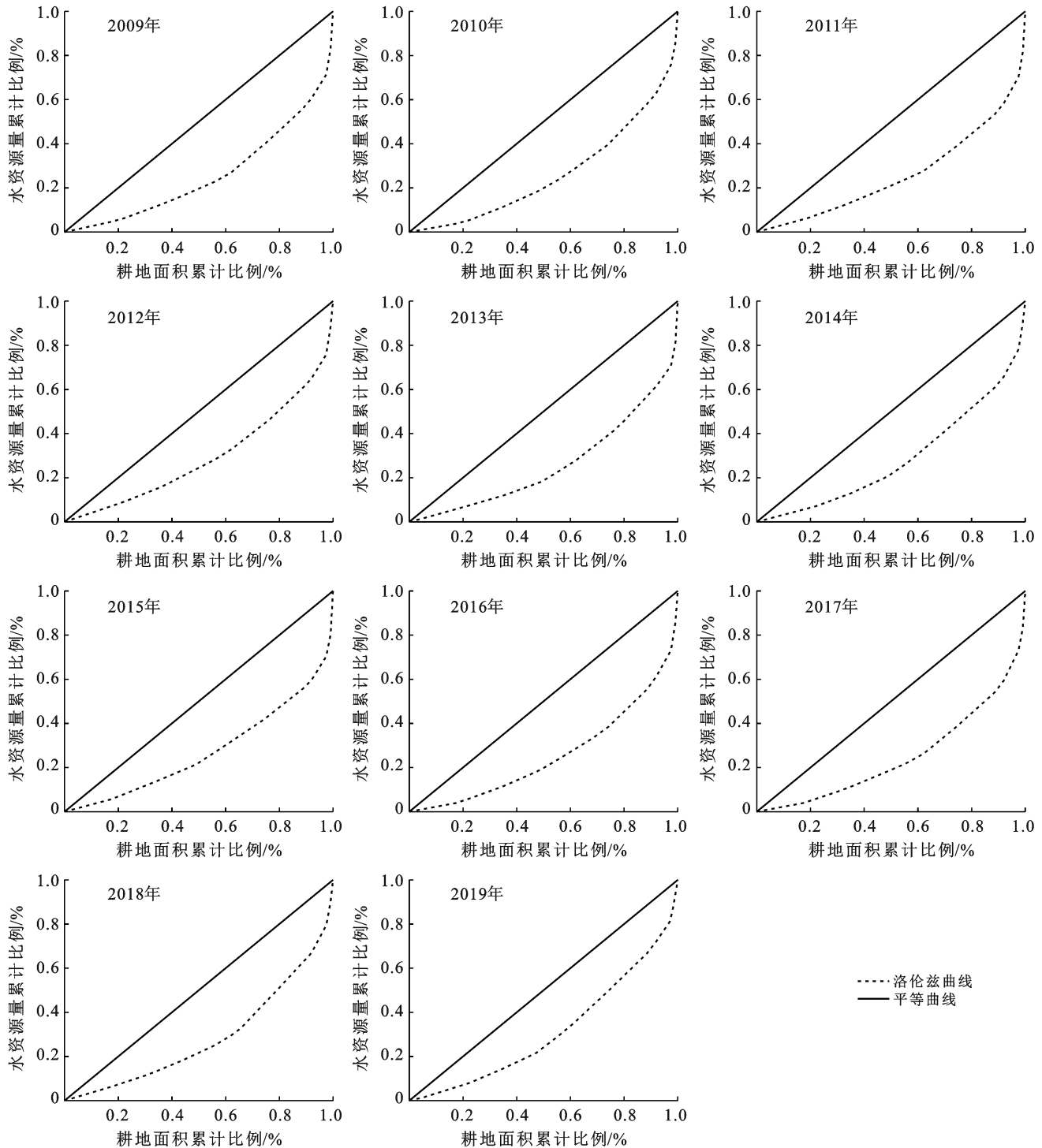


图 2 黑龙江省农业水土资源匹配洛伦兹曲线

如表 1 所示,由于水资源总量年际变化差异大,黑龙江省各地市不同年份农业水土资源匹配系数变化差异显著。其中,齐齐哈尔、大庆、佳木斯和绥化等市的农业水土资源匹配系数变化相对平稳,极差低于 0.3,标准差低于 0.08;大兴安岭地区和伊春市的农业水土资源匹配系数变化差异大,极差高于 2.7,标准差高于 0.9。

从农业水土资源匹配系数的平均值来看,全省仅哈尔滨、鸡西、鹤岗、黑河、伊春、牡丹江和大兴安岭等

地区农业水土资源匹配系数平均值高于全省平均值 0.41,这些地区农业水土资源利用较为合理,能够满足一定农业生产的需求;伊春市和大兴安岭地区的农业水土资源匹配系数平均值明显高于全省平均值,这些地区耕地资源缺乏,可利用水资源相对过剩,导致农业水土资源匹配系数较大;其余各地市农业水土资源匹配系数平均值均低于全省平均值,而齐齐哈尔、大庆市匹配系数最低,只有全省平均值的 1/3,这些地区农业水土资源匹配情况较差。

表 1 黑龙江省各地区

 $10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$

地区	农业水土资源匹配系数 R											\bar{R}
	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	
哈尔滨市	0.52	0.53	0.31	0.40	0.69	0.51	0.42	0.54	0.44	0.68	0.87	0.54
齐齐哈尔市	0.09	0.07	0.07	0.14	0.23	0.15	0.13	0.10	0.09	0.18	0.27	0.14
鸡西市	0.37	0.39	0.19	0.35	0.61	0.59	0.40	0.45	0.30	0.45	0.85	0.45
鹤岗市	0.72	0.64	0.50	0.60	0.96	0.78	0.57	0.85	0.70	0.54	1.28	0.74
双鸭山市	0.25	0.32	0.18	0.29	0.61	0.42	0.37	0.36	0.23	0.30	0.76	0.37
大庆市	0.10	0.09	0.09	0.11	0.14	0.12	0.18	0.16	0.16	0.21	0.19	0.14
伊春市	2.88	1.93	1.86	2.58	4.16	3.43	2.47	3.43	2.50	3.45	5.33	3.09
佳木斯市	0.24	0.25	0.15	0.23	0.29	0.25	0.24	0.28	0.23	0.24	0.47	0.26
七台河市	0.17	0.18	0.07	0.15	0.23	0.29	0.22	0.24	0.19	0.22	0.59	0.23
牡丹江市	0.42	0.47	0.35	0.57	0.88	0.86	0.71	0.87	0.87	0.94	1.13	0.73
黑河市	0.35	0.24	0.20	0.37	0.67	0.48	0.32	0.31	0.37	0.56	0.70	0.41
绥化市	0.26	0.20	0.15	0.27	0.31	0.30	0.24	0.22	0.17	0.32	0.41	0.26
大兴安岭地区	1.22	1.42	0.52	0.34	2.71	2.06	3.01	2.10	1.14	0.31	0.66	1.41
黑龙江省	0.35	0.32	0.22	0.34	0.56	0.45	0.37	0.41	0.34	0.46	0.69	0.41

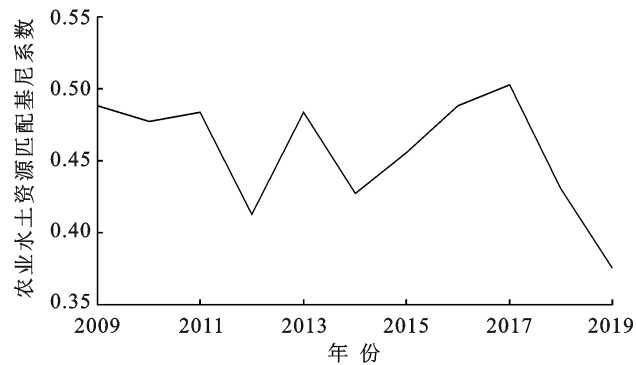


图 3 黑龙江省农业水土资源匹配基尼系数时间变化特征

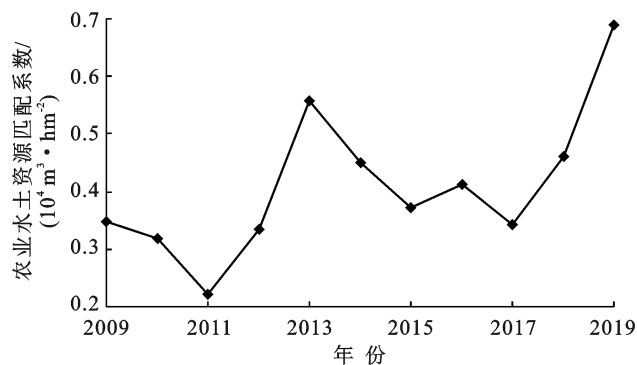


图 4 黑龙江省农业水土资源匹配系数时间变化特征

3.4 农业水土资源匹配时空演变格局

本文选取了 2009, 2012, 2015 年和 2019 年作为农业水土资源匹配系数变化比较显著的 4 个时间节点, 分析各地市农业水土资源匹配系数时空演变格局(图 5)。

伊春市与大兴安岭地区农业水土资源匹配协调水平较高。其中, 大兴安岭地区农业水土资源空间匹配系数不稳定, 在 4 个时间节点内呈现交替增减的状态; 伊春市农业水土资源空间匹配系数常年高于 2,

这些地区以林地为主, 可耕种土地较少, 区域内有呼玛河、汤旺河等大型河流, 水资源总量丰富, 但受年降水影响, 不同年份农业水土资源匹配系数波动较大。哈尔滨、鹤岗、牡丹江等市农业水土资源匹配协调水平相对合理。其中, 哈尔滨市农业水土资源空间匹配系数呈现先减后增的变化趋势, 2019 年达到最高 0.87。牡丹江、鹤岗两市农业水土资源空间匹配系数总体呈上升趋势, 分别由 2009 年的 0.42 和 0.72 上升至 2019 年的 1.13 和 1.28。黑龙江省东部与西部地区农业水土资源匹配协调水平较低。其中, 大庆、齐齐哈尔市的匹配系数多年低于 0.25; 黑河市农业水土资源空间匹配系数出现不稳定现象, 2019 年达到最高 0.7; 2009—2019 年鸡西与双鸭山市农业水土资源空间匹配系数总体呈上升趋势, 七台河市呈现出先减后增的变化趋势, 这些地区土地资源丰富、水资源相对较少, 农业水土资源匹配不协调。

3.5 农业水土资源分区调控

农业水土资源优化调控具有区域性、动态性和综合性的特点^[28]。由于篇幅有限, 本研究只探讨因地制宜的农业水土资源区域调控。区域调控主要是指根据区域农业水土资源禀赋及开发利用特点, 有针对性地解决其匹配不协调的主要矛盾。因此, 结合黑龙江省农业水土资源匹配区域特征与“三区五带”农业战略格局(以松嫩平原、三江平原和中部山区等主产区为主体的水稻产业带、玉米产业带, 大豆产业带、畜牧产品产业带以及马铃薯产业带), 依据农业水土资源匹配系数的多年平均值〔较高($\bar{R} \geq 1$)、相对合理($0.5 \leq \bar{R} < 1$)、较低($\bar{R} < 0.5$)〕, 将全省 13 个地市划分为水源涵养调蓄区、水土优化调控区与引水节水灌溉区(图 6)。

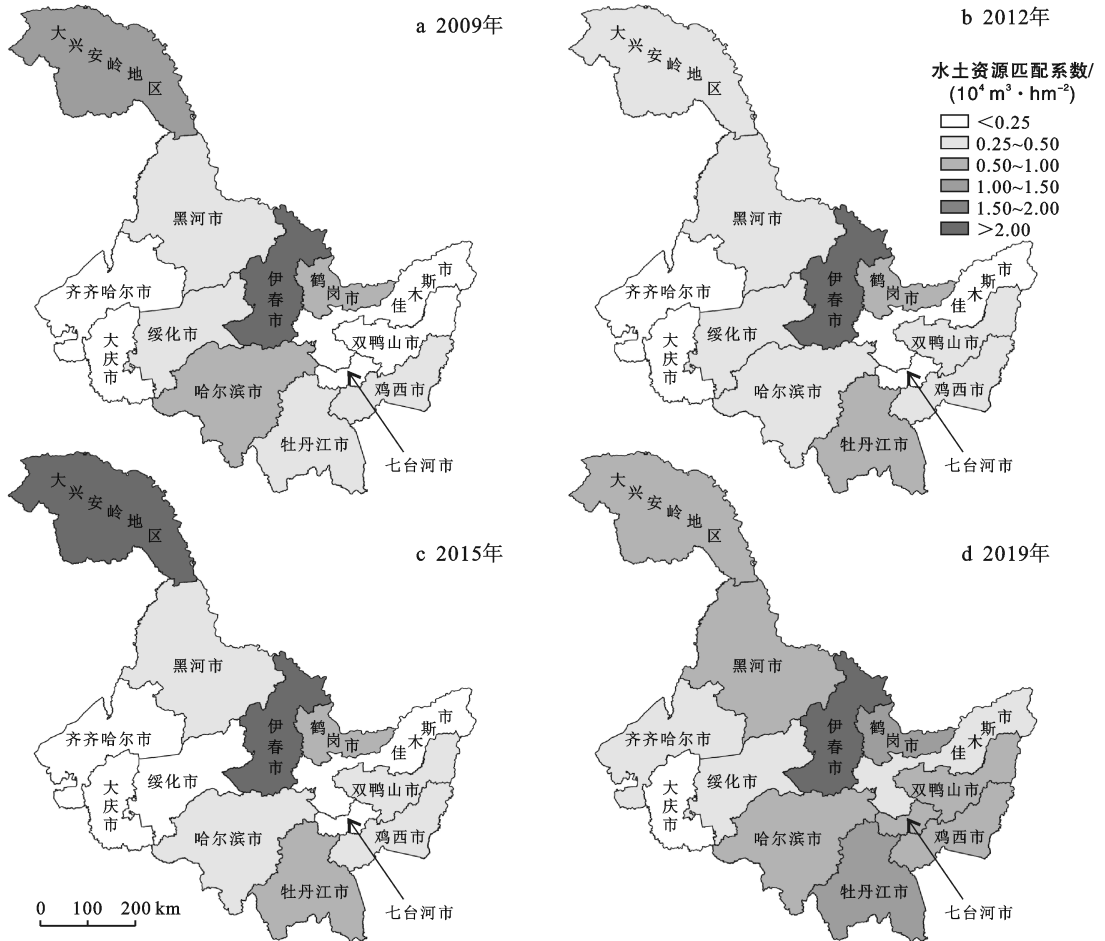


图 5 黑龙江省农业水土资源匹配时空演变格局



图 6 黑龙江省农业水土资源调控分区

(1) 水源涵养调蓄区:包括伊春市与大兴安岭地区。这些地区农业水土资源匹配协调水平较高,从调控重点上要适度退耕还林,加大森林植被保护力度,提高林地水源涵养能力,防止水土流失;在中下游地区科学合理地建立水利控制骨干性工程,进行全流域及年季调控,加强岸坡整治和排灌工程建设,保障河道行洪、排涝、灌溉、供水等功能,使其满足水土优化

调控区与引水节水灌溉区的用水需求。

(2) 水土优化调控区:包括哈尔滨、鹤岗、牡丹江等市。这些地区农业水土资源匹配协调水平相对合理,但不稳定。从调控重点上要强化农田水利建设,充分利用地表水、合理开采地下水,提高农业用水效率;要继续加强基本农田建设,强化耕地保护,提高耕地质量,发挥大豆、玉米、水稻等农产品种植优势,提高耕地产能和利用效益;要提高土地肥力,限制与规范农药的使用,以改善土地生态环境与水质状况,从而全面提升耕地的综合生产能力。

(3) 引水节水灌溉区:包括东部的佳木斯、双鸭山、七台河、鸡西与西部的黑河、齐齐哈尔、大庆、绥化等地市。这些地区土地垦殖率高、农业水土资源匹配协调水平较低,在调控时要注意耕地保护与生态开发,适度控制水田面积无序扩张;要强化水利设施建设及各流域间引水调水措施,缓解农业用水短缺的问题,增强抗旱减灾能力,提高农业水土资源承载水平;在保障粮食产量的前提下,各农产品主产区应合理调整农业种植结构,推广高效节水灌溉技术及发展节水灌溉型农业,严格控制高耗水作物的种植面积,节约灌溉用水量,提高水资源利用效率。

4 讨论与结论

4.1 讨论

农业水土资源匹配程度直接关系到耕地粮食产能和水资源利用效率^[29],本文采用基尼系数及农业水土资源匹配系数法定量刻画了黑龙江省与各地市农业水土资源匹配的时空变化特征,依据农业水土资源匹配系数值划分了不同类型农业水土资源调控区,研究结果可为黑龙江省农业生产格局提升和水资源高效利用提供指导。

随着近几年开展的农业与水利现代化建设,尤其是“十三五”时期以来,加大了对耕地资源与水资源的合理利用程度,黑龙江省农业水土资源匹配协调水平由极差提高为相对合理,但区域农业水土资源匹配情况却不尽合理。研究发现,全省农业水土资源的综合利用效率还存在一定的调整潜力,区域农业水土资源匹配协调水平还具有较大的提升空间。因此,为有效构建“三区五代”农业战略格局与适应农业高质量发展要求,亟需改进现有水土资源的单一管理模式,提升统筹水土资源管理的能力,完善水土资源的管理措施与制度。从全局高度,应以保障和提升农业生产能力为目标,实现农业水土资源利用规模、结构、时序安排的调控,短期内将农业水土资源匹配协调水平提升至良好。各调控区域上,应建立部门联动的长效机制,发挥空间协同作用,最大限度消除不同区域间的差异。在新时期国土空间规划实施过程中,各部门应进一步提升耕地资源与水资源的协调水平,以实现区域农业水土资源的综合管理与优化配置。

从农业水土资源匹配与区域调控的结果来看,本文尚存在一定的局限性,未来研究应进一步深入探讨农业水土资源调控的动态性和综合性,即农业水土资源匹配的未来趋势和系统的多要素与多机制优化调控方向,进而得到兼顾全要素可持续发展的综合优化方案。

4.2 结论

(1) 黑龙江省市域尺度农业水土资源空间分布不均衡,受地形、耕地资源数量和降水量等因素影响,呈现出西北及中部地区“水多地少”,东部及西部地区“地多水少”的特征,其余各地市的农业水土资源在空间分布上也表现为一定程度的不协调,农业水土资源综合利用效率整体不高。

(2) 研究期内,全省农业水土资源匹配协调水平整体有一定的提高,且区域差异显著;东部与西部地区匹配协调水平较低,中部相对合理,西北部较高。2009—2019 年间,黑龙江全省农业水土资源匹配基尼系数呈小幅波动下降的向好趋势,耕地资源利用结

构与方式逐步趋于合理;全省农业水土资源匹配系数呈降低—增加—再降低—再增加的变化趋势,各区域农业水土资源匹配系数均存在不同程度的波动,伊春市与大兴安岭地区波动较大,齐齐哈尔、大庆、佳木斯和绥化等市相对平稳。

(3) 受气候变化和人工调控影响,黑龙江全省农业水土资源匹配协调水平尚处于较不均衡的状态,但通过划分不同类型调控区以及制定差异化调控措施,仍具有一定的调整空间。

[参 考 文 献]

- [1] 彭立,邓伟,谭静,等.横断山区水土资源利用与经济生长的匹配关系[J].地理学报,2020,75(9):1996-2008.
- [2] 刘蒙罢,张安录,文高辉.长江中下游粮食主产区耕地利用生态效率时空格局与演变趋势[J].中国土地科学,2021,35(2):50-60.
- [3] 王美玉,戴长雷,张凯文,等.区域水土保持水土流失预测分析及实例研究[J].中国农学通报,2021,37(14):72-77.
- [4] 汤怀志,呵护耕地健康筑牢优质粮仓:耕地质量安全大家谈[N].中国自然资源报,2020-05-29(3).
- [5] 路中,雷国平,郭晶鹏,等.松嫩平原北部黑土区水土资源平衡效应研究[J].中国土地科学,2018,32(3):59-67.
- [6] 陈秧分,王介勇.农稳社稷,粮安天下:“新时期国家粮食安全与农业对外开放”专辑发刊词[J].自然资源学报,2021,36(6):1359-1361.
- [7] Deng Chuxiong, Li Rongrong, Xie Binggeng, et al. Impacts of the integrated pattern of water and land resources use on agricultural greenhouse gas emissions in China during 2006—2017: A water-land-energy-emissions nexus analysis [J]. Journal of Cleaner Production, 2021, 308:e127221.
- [8] 谭琨,赵祖军,赵俊青,等.喀斯特山区文山市水土资源利用变化特征及耦合研究[J].水土保持研究,2021,28(4):324-332.
- [9] 张永勋,李先德.水土资源匹配视角下中国省域农产品供需平衡分析及其政策启示[J].自然资源学报,2021,36(6):1573-1587.
- [10] 姜秋香,巩书鑫,仇志强,等.粮食增产期黑龙江省农业水土资源时空匹配格局研究[J].南水北调与水利科技,2018,16(4):160-168.
- [11] 王佳月,辛良杰,戴尔阜.中国典型山区农业水土资源匹配格局变化:以太行山区、横断山区、黔桂喀斯特山区为例[J].地理研究,2020,39(8):1879-1891.
- [12] 周鹏,邓伟,彭立,等.典型山地水土要素时空耦合特征及其成因[J].地理学报,2019,74(11):2273-2287.
- [13] 姜秋香,付强,王子龙,等.三江平原水土资源空间匹配格局[J].自然资源学报,2011,26(2):270-277.
- [14] 栾福超,张郁,刘岳琪.水足迹视角下三江平原地区农业水土资源配置效率研究[J].中国农业资源与区划,2018,39(4):30-35,82.

- 甸土的母质成因及其成土模式[J].山地学报,2012,30(6):709-720.
- [23] Bhatia M R, Crook K A W. Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins [J]. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 1986,92(2):181-193.
- [24] 鹿化煜,安芷生.前处理方法对黄土沉积物粒度测量影响的试验研究[J].科学通报,1997,42(23):2535-2538.
- [25] Guérin G, Mercier N, Nathan R, et al. On the use of the infinite matrix assumption and associated concepts: A critical review [J]. *Radiation Measurements*, 2012, 47(9):778-785.
- [26] Murray A S, Wintle A G. Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol [J]. *Radiation Measurements*, 2000, 32(1):57-73.
- [27] E Chongyi, Sohbat R, Murray A S, et al. Hebei loess section in the Anyemaqen Mountains, Northeast Tibetan Plateau: A high-resolution luminescence chronology [J]. *Boreas*, 2018,47(4):1170-1183.
- [28] 杨龙.黄河源区河北(HB)黄土剖面高密度光释光年代学及其环境意义[D].青海 西宁:青海师范大学,2017.
- [29] Hao Qingzhen, Guo Zhengtang, Qiao Yansong, et al. Geochemical evidence for the provenance of Middle Pleistocene loess deposits in Southern China [J]. *Quaternary Science Reviews*, 2010,29(23/24):3317-3326.
- [30] 李萍,鄂崇毅,吴成永,等.黄河源区土壤风成母质年代学研究[J].水土保持通报,2018,38(5):115-121.
- [31] 闫文亭,鄂崇毅,姜莹莹,等.基于光释光测年的共和盆地风沙活动历史研究[J].盐湖研究,2019,27(1):28-38.
- [32] 张晶,鄂崇毅,赵亚娟.青海湖黑马河黄土的高密度光释光测年[J].地球环境学报,2018,9(6):557-568.
- [33] Stauch G, Lai Zhongping, Lehmkuhl F, et al. Environmental changes during the Late Pleistocene and the Holocene in the Gonghe Basin, North-eastern Tibetan Plateau [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2018,509:144-155.
- [34] Chen Fahu, Zhang Jifeng, Liu Jianbao, et al. Climate change, vegetation history, and landscape responses on the Tibetan Plateau during the Holocene: A comprehensive review [J]. *Quaternary Science Reviews*, 2020,243:106444.
- [35] Zhang Pengxi, Zhang Baozhen, Qian Guimin, et al. The study of paleoclimatic parameter of Qinghai Lake since Holocene [J]. *Quaternary Sciences*, 1994,14(3):225-238.
- [36] Qiang Mingrui, Chen Fahu, Song Lei, et al. Late Quaternary aeolian activity in Gonghe Basin, Northeastern Qinghai-Tibetan Plateau, China [J]. *Quaternary Research*, 2013,79(3):403-412.

(上接第 157 页)

- [15] 高芸,齐学斌,李平,等.黄河流域农业水土资源时空匹配特征分析[J].灌溉排水学报,2021,40(6):113-118.
- [16] 李文静,许文强,包安明,等.阿姆河流域耕地变化及水土匹配特征分析[J].水资源保护,2021,37(3):80-86,107.
- [17] 李慧,周维博,庄妍,等.延安市农业水土资源匹配及承载力[J].农业工程学报,2016,32(5):156-162.
- [18] 孙侦,贾绍凤,严家宝,等.中国水土资源本底匹配状况研究[J].自然资源学报,2018,33(12):2057-2066.
- [19] 文倩,孟天醒,邸雨旱.河南省农业水土资源时空分异与匹配格局[J].水土保持研究,2017,24(5):233-239.
- [20] Nelson E, Sander H, Hawthorne P, et al. Projecting global land-use change and its effect on ecosystem service provision and biodiversity with simple models [J]. *PLoS One*, 2010, 5(12):e14327. DOI:10.1371/journal.pone.0014327.
- [21] Shen Yanjun, Zhang Yucui, Bridget R S, et al. Energy/water budgets and productivity of the typical croplands irrigated with groundwater and surface water in the North China Plain [J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2013,181:133-142.
- [22] 黄克威,袁鹏,刘刚.基于 DEA 的四川省水土资源匹配研究[J].中国农村水利水电,2015(10):58-61,65.
- [23] 徐娜,张军,张仁陟,等.基于 DEA 的农业水土资源匹配特征研究:以甘肃省 5 流域为例[J].中国农业资源与区划,2020,41(6):277-285.
- [24] 王亚迪,左其亭,刘欢,等.河南省水土资源匹配特征及均衡性分析[J].人民黄河,2018,40(4):55-59,64.
- [25] 李天霄,付强,孟凡香.黑龙江省农业水土资源时空匹配格局研究[J].东北农业大学学报,2017,48(6):51-58.
- [26] 姜宁,付强.基于基尼系数的黑龙江省水资源空间匹配分析[J].东北农业大学学报,2010,41(5):56-60.
- [27] 刘彦随,甘红,张富刚.中国东北地区农业水土资源匹配格局[J].地理学报,2006,61(8):847-854.
- [28] 杜捷.农业水土资源利用评价与均衡优化调控研究:以宁夏为例[D].北京:北京林业大学,2020.
- [29] 张莹,雷国平,张弘强,等.三江平原典型流域耕地利用水土资源匹配时空演变:以挠力河流域为例[J/OL].中国农业资源与区划:1-11(2021-08-03)[2021-09-22].http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3513.S.20210802.1710.021.html.