

Review and Prospect of Matching Patterns of Agricultural Water and Arable Land Resources under the Background of Climate Change in Northeast China

Yu Zhang

School of Geographical Science, Northeast Normal University, Changchun Jilin
Email: zhangy221@nenu.edu.cn

Received: Sep. 15th, 2016; accepted: Oct. 9th, 2016; published: Oct. 12th, 2016

Copyright © 2016 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Northeast China is both an important grain producing area and the commodity grain base, which takes up the heavy responsibility of keeping national grain security. The matching patterns of agricultural water and arable land resources relate to the evolutionary direction of regional food production pattern. With the trend of global warming, the matching patterns of agricultural water and arable land resources from the prospects of spatial and temporal distribution in Northeast China have changed, whose rain fed agriculture features are obvious. Studies on the matching patterns of agricultural water and arable land resources are abundant based on national and regional scale now, but we still need further research from the longer time series and the higher grid scale, which will help decision-makers to achieve spatial balance and systematic management on better matching the agricultural water and arable land resources, and it also has important practical significance on agricultural water and arable land resources evaluation and planting structure adjustment under the background of climate change.

Keywords

Climate Change, Matching Pattern of Agricultural Water and Arable Land Resources, The Coefficient of Matching Pattern of Agricultural Water and Arable Land Resources, Northeast China

气候变化背景下东北地区农业水土资源配置研究动态与展望

张 郁

东北师范大学地理科学学院, 吉林 长春
Email: zhangy221@nenu.edu.cn

收稿日期: 2016年9月15日; 录用日期: 2016年10月9日; 发布日期: 2016年10月12日

摘 要

东北地区是国家重要的粮食主产区和商品粮基地, 肩负着保障国家粮食安全的重任。农业水土资源配置问题关系到粮食生产格局的演变方向。在全球气候变暖的背景下, 雨养农业特征明显的东北地区水土资源时空耦合状况也发生了改变。目前, 国家或区域尺度上农业水土资源配置的研究成果较多, 还需应用最新研究成果丰富农业水土资源配置的基本内涵, 从长时间序列和栅格尺度上深入开展农业水土资源的时空耦合研究, 这既有助于实现水土资源空间均衡、系统治理的目标, 也是进一步开展气候变化背景下东北地区农业水土资源评价、种植结构调整的现实需求。

关键词

气候变化, 水土资源配置, 农业水土匹配系数, 东北地区

1. 研究背景

据联合国 2012 年人口预测结果显示, 2030 年中国人口峰值将达到 14.5 亿人左右。尽管中国已实现粮食生产“十二连增”(截止到 2015 年), 但粮食缺口仍逐年扩大, 尤其是人口增加、居民食物消费水平和结构的显著变化, 畜产品需求量增加引发玉米需求的快速增长, 中国已从玉米净出口国转变为净进口国[1]。未来 20 年内, 中国的农产品需求持续刚性增长, 但由于农业资源长期透支、过度开发, 农业生产能力增速下降, 三大主粮进口常态化的局面在短期甚至长期内可能均处于“不可逆”状态。为此, 2015 年中央 1 号文件指出, 在农业资源短缺、开发过度、污染加重的资源环境硬约束下, 保障农产品有效供给和质量安全、提升农业可持续发展能力, 是我们必须应对的一个重大挑战。

东北地区是我国粮食主产区和最大的商品粮基地, 其粮食商品率已由 80 年代初的 53% 提高到 2013 年的 70%, 成为国家粮食安全的“稳压器”。过去 50 年来, 气候变化导致东北地区热量资源持续增加, 粮食种植品种增多, 种植范围明显扩大; 与此同时, 东北地区降水减少 12%, 干旱趋势明显[2]-[6]。农业生产对水土资源具有强烈的依赖性, 水土资源的时空耦合是农业生产的先决条件[7]。东北地区耕地面积占全国耕地面积的 20% 左右, 但耕地有效灌溉面积不足 26%, 全区近 75% 的耕地属于旱地, 雨养农业特征明显, 且水资源与耕地资源之间存在着空间错位现象: 水资源“北丰南欠、东多西少”、“边缘多、腹地少”, 耕地以中部平原居多[8]。自 20 世纪 90 年代以来, 受比较利益的驱动, 在引进新的耐寒稻种、薄膜覆盖等技术支撑下, 东北地区农民在条件适宜的地区实行旱改水工程, 将旱地转为水田; 局部区域因降水变率大或劳动力不足的因素影响, 出现改水田为旱地的现象, 水旱互换是东北地区耕地变化较明

显的区域特征之一。除气候变化的影响，政策调控和经济驱动也是导致东北地区粮食生产格局变化的主要原因[9] [10]。经过短时期、大规模的高强度开发，东北地区粮食生产格局与其水土资源配置的不协调性耦合现象已经凸显：中部地区黑土肥力逐年减退，西部地区土地“三化”面积增加，三江平原地区地下水超采现象普遍，生态环境压力加大，自然灾害频发，维系东北地区“稳定性增长”的粮食安全目标绝非易事。

伴随着气候变暖，东北地区的农业水土资源配置也出现了新的变化。因此，梳理农业水土资源配置研究的相关成果，对进一步开展气候变化背景下东北地区农业水土资源评价、种植结构调整具有重要的现实意义。

2. 东北地区农业水土资源配置的研究动态

2.1. 农业水土资源配置的基本内涵

从理论上讲，农业水土资源合理配置模式主要包括以水定土、以土定水和水土综合平衡三种类型。“以水定土”是指根据本地区水资源的状况，确定其最大的可供水量，进而决定投入农业生产的土地面积数量。该方法一般适用于区域水资源相对比较匮乏、不能满足将全部土地投入农业生产的地区，这类地区的农业土地资源不能得到充分利用。“以土定水”是指依据本地区的土地资源状况，确定其最大使用量，进而决定水资源的使用量。该方法一般适用于区域土地资源相对水资源比较匮乏，这类地区的水资源不能得到充分利用。“水土综合平衡”适用于区域农业水土资源状况介于前两种情况之间的地区，这类地区的农业水土资源都能得到较充分的使用[11]。

农业水土资源配置的测度指标包括水土比和水土匹配系数等。其中，水土比是以全国的水资源总量与耕地面积总量的比值做为参考依据(假定全国尺度上的水土比数值为 100%)，将其他任意区域的水资源量与全国水资源量的占比(%)、耕地面积与全国耕地面积的占比(%)进行比较，得到相对意义上的水土资源配置测度结果。该指标简单明了，不足之处是其水资源量采用全国或区域的水资源总量(包含农业用水、工业用水及生活用水的总量)，并非明确针对农业用水量。

农业水土匹配系数是指单位面积耕地可拥有的农业水资源量，能够直观地反映农业生产的水资源量与耕地面积之间时空匹配的量比关系，揭示一定区域尺度水资源和耕地资源时空分配的均衡状况与满足程度。区域水资源与耕地资源分布的量比水平越高，其匹配程度越高，农业生产的基础条件就越好[7]。

2.2. 东北地区农业水土资源配置的相关研究

水土资源平衡关系的定量分析与模拟预测是粮食安全领域的研究热点[12]。章光新等(2000)、罗其友等(2001)、鲁奇等(2002)、姚治君等(2002)、甘红等(2005)、李丽娟等(2007)、姜文来(2010)、杨艳昭等(2013)从水资源可持续利用、区域水土资源的空间匹配、水土保持等视角开展了农业水、土资源的相关研究[13]-[20]；封志明等(2007)研究建立了基于 GIS 的农业气候 - 土地生产潜力模型和区域水土资源平衡模型，在区域水土资源平衡模拟等方面取得了重要进展[21]。目前，围绕农业水土资源时空匹配的量化研究工作还十分有限。

伴随着全球气候变暖，气候要素的变化引发水热格局的改变，水分蒸发量增大，土壤有效水分减少，水土资源的利用效率降低，雨养农业的水分供应难以与热量资源匹配，增产潜力受限[22]。关于东北地区雨养农业生产中水土资源配置状况的测度研究，我国已取得一些代表性研究成果。石玉林等(2007)以 2002 年统计数据为依据，测算出东北地区水资源量占全国水资源总量的 4.86%、耕地面积占全国耕地面积总量的 19.94%，进而测算出该区域水土比仅为 0.24 (理论上，同期全国尺度的水土比为 1)。其中，辽、吉、黑、蒙东的水土比分别为 0.15、0.29、0.24、0.27 [23]。

刘彦随等(2006)基于单位面积耕地可拥有的农业水资源量,提出了农业水土匹配系数这一概念,并测算出东北地区农业水土匹配系数为 1.153,低于全国平均水平值(1.441),具有水土资源匹配欠佳且区内差异较大的特征[7];姜秋香等(2011)进一步对三江平原水土资源分布不均衡状况进行了研究,结果表明,自 2000 年以来,伴随着水稻的大规模种植,三江平原呈现出“土地资源丰富,水资源欠缺和利用率低,水土资源匹配程度差”的态势,其水土匹配系数也低于全国均值[24]。

宋凤斌等(2010)测算出 1997~2002 年间辽宁省、吉林省、黑龙江省和东北地区农业水土匹配系数分别为 0.396、1.371、1.693 和 1.153 (全国尺度的农业水土匹配系数为 1.441),即东北地区农业生产的土地资源优势比较明显,但水资源的瓶颈问题相对突出,并非水土资源丰富[11]。

近年来,国际上农业用水研究尤其是虚拟水视角的蓝绿水评价研究日益受到重视[25]-[29],即广义的农业水资源包括农作物生长发育可潜在利用的耕地有效降水——“绿水”资源和耕地灌溉用水——“蓝水”资源两部分。传统的农业水资源测算,大多依据水资源公报中的水资源总量并结合农业用水的比重确定的,仅包括了灌溉水量(蓝水),对作物生长、发育以及生物量形成、经济产量形成具有重要作用的土壤“绿水”资源缺乏足够的认识。正是基于农业用水研究的新成果,李保国等(2010)指出,应构建基于广义农业水资源的水土匹配指标,并应用 SWAT 模型测算出包含东北地区的农业水土匹配系数,结果表明,东北地区用占全国 11.13%的灌溉水量和 12.32%的广义农业水资源量,支撑了占全国 17.63%的耕地[30]。

3. 研究展望

全球气候变化背景下,一个国家或地区的粮食生产格局演变(粮食产量、种植结构、空间布局等)与其农业水土资源配置状况的变化密切相关。未来东北地区干旱的情形是否会进一步加剧?答案不确定,其水土资源配置状况将发生怎样的变化,进而如何引发粮食生产格局的演化,也是未知。毋庸置疑,水将成为未来东北地区粮食产量增加的主要限制因子。

传统的农业水土匹配系数测算方法,多依据区域年度水资源年报和土地利用数据,以市域为基本单元,计算出农业水资源量与耕地面积的匹配系数;在此基础上,进一步加权平均得到省域水土资源的匹配系数。其中,农业水资源量多根据区域多年用水结构(农业用水、工业用水、生活用水)中农业用水的比重来测定。东北地区以雨养农业为主,其灌溉用水中相当大比例的水量用于水稻生产,这种传统的农业水土匹配系数测算方法对于揭示该地区玉米、大豆等旱作对有效降水的利用程度存在明显的不足,也不利于反映气候变化背景下东北地区种植结构调整中水旱转换引起的农业用水变化情况,而应用最新研究成果、基于广义的农业水资源(包含蓝水和绿水)的水土匹配系数测度方法[30],有助于较全面地揭示东北地区水土资源配置状况。

变化的气候对粮食生产格局影响深远,也为过渡性调整、相关政策的制定带来了挑战。目前,东北地区大尺度的农业水土资源配置研究成果较丰富,但还需要能够指导地方决策者制定合理的农业政策、指导农户种植结构调整、可操作性强的科学支撑。因此,进一步开展长时间序列、高空间分辨率的农业水土资源配置研究,可为东北地区水土资源空间均衡、系统治理的实践提供决策依据。

基金项目

本文为国家自然科学基金项目(41571115)的阶段研究成果。

参考文献 (References)

- [1] 黄季焜, 杨军. 玉米科技进步及其对玉米和其他主要农产品的供需影响[J]. 农林经济管理学报, 2014, 13(2): 117-123.
- [2] 廉毅, 高枫亭, 沈柏竹, 等. 吉林省现代气候变化对粮食生产影响的简析[J]. 气候变化研究进展, 2007(1): 46-49.

- [3] 石淑芹, 陈估启, 姚艳敏, 等. 东北地区耕地变化对粮食生产能力的的影响评价[J]. 地理学报, 2008,63(6): 574-586.
- [4] 纪瑞鹏, 张玉书, 姜丽霞, 等. 气候变化对东北地区玉米生产的影响[J]. 地理研究, 2012, 31(2): 290-298.
- [5] Piao, S., Ciais, P., Huang, Y., et al. (2010) The Impacts of Climate Change on Water Resources and Agriculture in China. *Nature*, **467**, 43-51. <http://dx.doi.org/10.1038/nature09364>
- [6] 谢立勇, 李悦, 徐玉秀, 等. 气候变化对粮食生产与粮食安全影响的最新认知[J]. 气候变化研究进展, 2014, 10(4): 235-239.
- [7] 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.
- [8] 李鹤, 张平宇, 程叶青, 等. 东北地区水土资源承载力区域差异及空间组合[J]. 农业系统科学与综合研究, 2008, 24(1): 26-31.
- [9] 张树文. 东北地区土地利用/覆被时空特征分析[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 2.
- [10] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥, 等. 20 世纪 80 年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报, 2014, 69(1): 3-14.
- [11] 宋凤斌, 赵兰坡, 等. 东北农业水土资源优化调控理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 8.
- [12] 贾绍凤, 封志明, 李丽娟, 等. 资源地理与水土资源研究成果与展望[J]. 自然资源学报, 2010, 25(9): 1445-1456.
- [13] 章光新, 邓伟, 王志春. 中国 21 世纪水资源与农业可持续发展[J]. 农业现代化研究, 2000, 21(6): 321-324.
- [14] 罗其友, 唐华俊, 姜文来. 农业水土资源高效持续配置战略[J]. 资源科学, 2001(2): 42-45.
- [15] 鲁奇, 任国柱. 农业资源态势分析与优化配置[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [16] 姚治君, 王建华, 江东, 等. 区域水资源承载力的研究进展及其理论探析[J]. 水科学进展, 2002, 13(1): 111-115.
- [17] 李丽娟, 姜德娟, 李九一, 等. 土地利用/覆被变化的水文效应研究进展[J]. 自然资源学报, 2007, 22(2): 211-224.
- [18] 甘红, 刘彦随. 中国东北农业灌溉水资源保障及空间差异分析[J]. 农业工程学报, 2005, 21(10): 10-16.
- [19] 姜文来. 支撑粮食安全的农业水资源阈值研究与展望[J]. 农业展望, 2010(9): 23-25.
- [20] 杨艳昭, 张伟科, 封志明, 等. 土地利用变化的水土资源平衡效应研究——以西辽河流域为例[J]. 自然资源学报, 2013, 28(3): 437-449.
- [21] 封志明, 杨艳昭, 张晶, 等. 从栅格到县域: 中国粮食生产的资源潜力区域差异分析[J]. 自然资源学报, 2007, 22(5): 747-755.
- [22] Wang, J., Mendelsohn, R., Dinar, A., Huang, J., Rozelle, S. and Zhang, L. (2009) The Impact of Climate Change on China's Agriculture. *Agricultural Economics*, **40**, 323-337. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1574-0862.2009.00379.x>
- [23] 石玉林, 戴景瑞. 东北地区有关水土资源配置、生态与环境保护和可持续发展的若干战略问题研究——农业卷: 东北地区农业发展战略研究[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 2.
- [24] 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.
- [25] Allan, J.A. (1998) Virtual Water: A Strategic Resource Global Solutions to Regional Deficits. *Ground Water*, **36**, 545-546. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-6584.1998.tb02825.x>
- [26] Hoekstra, A.Y. and Hung, P.Q. (2002) Virtual Water Trade: A Quantification of Virtual Water Flows between Nations in Relation to International Crop Trade. Delft: UNESCO-IHE 1-65.
- [27] Falkenmark, M. and Rockstroem, J. (2006) The New Blue and Green Water Paradigm: Breaking New Ground for Water Resources Planning and Management. *Journal of Water Resources Planning and Management*, **132**, 129-132. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(2006\)132:3\(129\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(2006)132:3(129))
- [28] Zeng, Z., Liu, J., Koeneman, P.H., et al. (2012) Assessing Water Footprint at River Basin Level: A Case Study for the Heihe River Basin in Northwest China. *Hydrology and Earth System Sciences*, **16**, 2771-2781. <http://dx.doi.org/10.5194/hess-16-2771-2012>
- [29] Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y. (2010) The Green, Blue and Gray Water Footprint of Rice from Both a Production and Consumption Perspective. Value of Water Research Report Series No.40. UNESCO-IHE, Netherlands. www.waterfootprint.org/Reports/Report40-WaterFootprintRice.pdf
- [30] 李保国, 黄峰. 1998-2007 年中国农业用水分析[J]. 水科学进展, 2010, 21(4): 575-583.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：hjas@hanspub.org