

政策因素对农业用地时空变化的影响研究进展

陈学渊¹, 张春英², 吴永常¹, 刘建艺¹, 吴圣¹

(1. 中国农业科学院农业经济与发展研究所, 北京 100081; 2. 农业农村部规划设计研究院, 北京 100026)

摘要 通过梳理、归纳和总结政策因素对农业土地变化影响的重要作用、交互机制以及评估方法, 从理论框架、参数计算和机理认知 3 个层面探讨需要进一步解决的问题和发展方向, 为农业用地变化与政策因素的相关性研究提供参考。

关键词 政策因素; 农业用地; 驱动机制; 模拟模型

中图分类号 F301.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)27-0021-04

Research Progress on Policy Factors Impact on the Temporal and Spatial Changes of Agricultural Land Use

CHEN Xue-yuan¹, ZHANG Chun-ying², WU Yong-chang¹ et al (1. Institute of Agricultural Economics and Development, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081; 2. Chinese Academy of Agricultural Engineering Planning & Design, Beijing 100026)

Abstract Through combing, concluding and summarizing important role, interaction mechanism and assessment methodology for policy factors impacting on agricultural land change, problems to be solved and possible research directions were explored from the three levels of theoretical framework, parameter calculation and cognitive mechanism. It can provide reference for relevant research of agricultural land use change and policy factors.

Key words Policy factor; Agricultural land; Driving mechanism; Model simulation

20 世纪 90 年代以来, 人类对土地利用问题愈发关注, 基于土地利用/土地覆盖变化计划 (land use and land cover change, LUCC)^[1] 与全球土地计划 (global land project, GLP)^[2] 两大科学研究计划的推动, 揭示和探索人类的土地利用活动与其他系统之间 (自然、社会、经济与生态) 的交互影响与作用结果。其中农业土地系统研究的核心目的是揭示农业生产过程中的“人类-自然”综合复杂关系, 而研究的关键科学问题是农业土地系统的时空格局探测、变化过程模拟以及综合效应分析 3 个方面^[3]。近年来, 农业土地系统研究的对象具有高度的多样性、复杂性和综合性, 土地政策与农业土地利用行为及其结果的交互影响和作用引起国内外学者高度的关注, 同时也迫切需要给予政策制定者以土地利用方面的有益信息, 以便能够制定更为有效的政策, 并清楚政策的作用和影响。

1 揭示农业生产过程中的“人类-自然”综合复杂关系是农业土地系统研究的核心目的

土地是人类赖以生存与发展的重要资源和物质保障, 在“人口-资源-环境-发展”复合系统中, 土地资源处于基础地位^[4], 同时土地利用反映了人类与自然界相互影响与交互作用最直接和最密切的关系^[5]。而农业土地系统可以认为是以土地为核心承载的农业系统, 是农业系统与土地系统的结合部分^[3], 作为土地系统的重要组成部分, 农业土地系统研究成为土地系统科学的热点方向^[6]。数量上, 农业用地约占全球陆表面积的 38%, 是全球面积最大的土地利用类型^[7-10], 已替代了全球陆地地表的大部分自然植被^[11]; 作用上, 产出全球作物产量的 62% 供人类食物消费, 35% 作为牲畜饲料间接为人类提供食物^[12], 是保障粮食安全的重要资

源^[13]。人类活动导致的土地覆盖变化已逐渐成为一个伴随地球系统变化产生的“全球”现象^[14]。因而, 理解和解释农业生产过程中的“人类-自然”综合复杂关系是农业土地系统研究的核心目的, 进而为可持续农业发展提供科学服务^[15], 对促进农业土地资源可持续发展具有重要意义。

农业土地资源的开发与利用始终是贯穿人类社会发展的主线^[16-18], 政策颁布与实施客观上会对农业土地利用造成长远影响^[19], 有些政策会直接影响农业土地利用, 比如生态退耕、基本农田保护、基础设施建设等^[20-22]; 也会通过影响其潜在因素造成农业土地利用变化, 比如减免农业税、农产品价格调整、贸易政策等^[23-24]。随着人们居住地的扩张和全球经济的发展, 农业用地扩张的空间格局不断变化^[25], 我国仅在 1988—1995 年期间就失去了近 100 万 hm² 的耕地, 都是由于我国大力推进小城镇发展和城市化建设政策所引起的新建和扩建基础设施 (包括城市和农村) 造成的^[26-27], 充分体现出“人-地”关系中政策效应间接或直接驱动农业土地利用时空变化的强大动力和深刻影响。同时, 单一的政策要素却很罕见, 往往是一系列政策的叠加而形成影响较大的综合效应, 这对土地利用变化具有明显的影响^[19]。

因此, 迫切需要从“人-地”关系的复杂系统中, 从政策的视角出发对农业土地利用进行研究, 科学解释和揭示不同政策组合效应对农业土地利用变化的内在原因、过程特点和引发结果, 从而完善和创新政策因素影响农业土地系统的研究理论和方法, 为政策的制定者和实施者优化政策结构提供科学的方法和依据。

2 农业土地利用与政策的颁布实施的相互关系

政策调控是导致土地利用变化及其时空差异的主要原因^[28]。特别是政府政策, 以直接方式或者是以调节方式广泛地影响土地变化^[29-32]。比如, 《基本农田保护条例》的颁布和《土地管理法》的修订与生效, 对于保护耕地资源发挥重要的作用, 在 20 世纪 90 年代后期我国耕地面积的减少得到

基金项目 国家自然科学基金青年基金项目 (41601603), 中央级公益性科研院所基本科研业务费 (161005201801-7); 中国农业科学院科技创新工程 (ASTIP-IAED-2018-08)。

作者简介 陈学渊 (1983—), 男, 四川大竹人, 副研究员, 博士, 从事农业土地资源管理与利用研究。

收稿日期 2018-04-25; **修回日期** 2018-06-04

遏制;西部大开发战略的推动,使西部地区城镇化快速发展,城乡建设用地面积扩展的趋势得到进一步加大。

经济政策是所有政策中对土地动态影响中最受关注的一项,通过经济和金融政策,政府对土地利用决策施加巨大的影响。具体的政策(图1),包括提供信贷、价格支持和补贴以及实行关税和税款,在1/3的农业集约化实践中发现,施行国家政策,包括土地整理、退耕还林、资源商业化等,都会影响土地利用的变化^[33-36]。外资的大量涌入、固定资产投资的逐年增加和旅游事业带动的第三产业发展也成为土地

利用大规模、多样化转变的人文驱动^[37]。有效的政策在土地利用变化互相影响的因素中占据主要地位,生活方式的选择和对粮食、服务等消费方式的转变都正在影响土地利用的选择,比如美国黄石生态系统的土地使用者正在由经营大牧场向建设休闲家庭转变^[38],非洲和中亚的半游牧牧民正在选择到有学校和医疗条件较好的地区居住^[39-40]。尤其是在人口稠密的国家(比如美国、中国和印度),国家土地政策的变化、经济一体化和全球化都在极大地影响人们利用土地的方式和路径。

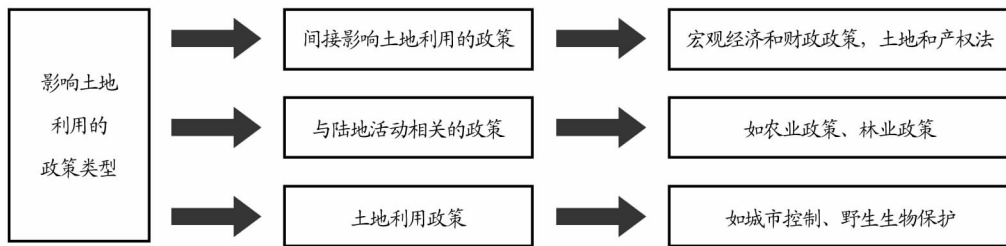


图1 影响土地利用的政策类型^[41]

Fig. 1 Impact of policy types on land utilization

3 土地利用动态变化模型的应用是政策效应差异性评估的重要手段

LUC模型研究始终是土地变化科学研究的重点^[42],建立土地系统格局与其影响因素之间的关系,并将这种关系在时间维度进行扩展,实现农业土地系统变化过程和机制的动态表达。因此,农业土地系统模拟逐步发展成为土地系统科学研究的一个核心研究内容^[43-45]。它是建立在明确空间定位基础上的、综合集成的多尺度动态模型,是分析土地利用变化的原因和过程的工具,能够部分地揭示土地利用系统的复杂性,以便更好地理解土地利用系统的功能,是深入了解土地利用/土地覆被变化复杂性的重要手段,是理解和认识区域土地利用/土地覆被变化的某些关键过程并进行定量描述,从而对未来的土地利用变化格局和影像进行研究评价的重要工具^[46-47],并可为编制土地利用规划和制定土地利用政策提供支持^[48]。

20世纪90年代以来,土地利用/土地覆被变化模型的发展呈现3种趋势^[49]。一是时间动态模拟和空间格局分析与地理信息系统结合,是分析和解释地区内空间现象、过程和机制的重要因素。二是遥感数据的广泛应用,在一定程度上弥补了传统数据的不足。三是对自然要素和社会、经济与人文要素的综合。人类的社会和经济活动是近代和现代土地利用和土地覆被变化的最根本的推动力,因此,要模拟土地利用和土地覆被变化的动力和原因,就必须将政策要素、社会经济要素和过程纳入模型之中。近年来,在土地利用/土地覆被研究中,模型的研究和应用日益受到重视,影响较大和应用广泛的相关模型见表1。

通过对国内外土地利用/土地覆被变化模型的研究实践发现,建立在系统论基础之上的CLUE-S模型,是在深刻了解土地利用系统内土地利用变化特征的基础上构建,在小区域土地利用/土地覆被空间格局变化模拟预测方面较其他模

型具有较强的针对性,并能解析出研究区域土地利用变化的内部特征,能较好地拟合出变化的时空规律,深刻揭示政策要素对农业土地利用时空变化的影响效果和机制。

4 政策因素对农业土地系统时空变化影响的机制及其差异性根源

土地利用变化的发生受多种因素的驱动。驱动力系统是土地利用变化的动力系统,是由各种驱动力组成的具有一定新功能的有机整体,具有单独驱动力所不具有的性质和功能^[68],日益受到研究者的高度重视^[69]。土地利用变化的驱动力主要取决于政治、经济、技术以及社会等方面的变化^[70],其中政策要素是引起土地利用和土地覆被变化的重要驱动力之一^[71-72]。

HDP计划指出,影响土地利用变化的社会经济因素主要包括直接因素和间接因素。其中,直接因素包括对土地产品的需求、对土地的投入、城市化程度、土地利用的集约化程度、土地权属、土地利用政策以及对土地资源保护的态度等。间接因素包括人口变化、技术发展、经济增长、政经政策、富裕程度和价值取向,它们通过直接因素作用于土地利用^[73]。史培军等^[49]认为土地利用变化驱动力主要有土地利用的决策失误;外界自然环境(气温、降雨等)的变化,例如降雨量减少,农田变成沙漠;社会经济的变化;人类价值观的改变。人类方面的驱动力因素主要有人口、技术水平、富裕程度、政治经济结构、信任与态度。通过利用遥感对地观测技术和地理信息系统,揭示土地利用的空间变化规律,分析引起变化的驱动力,已经成为当前国际上开展土地利用和土地覆被变化研究的最新动向^[74]。

政策要素是影响土地利用/土地覆被变化的一个独特因素,也是主要因素之一。政策制定实施与土地利用变化之间的关系已经成为土地利用变化机制研究关注的重点。驱动土地利用/土地覆被变化的政策要素看似都为外生因素,但

是随着分析的时间尺度扩大,政策要素带来的各方面变化都内源于“人类-环境”系统,而且不断地影响土地动态变化,这种影响进程就是我们所需要去关注和揭示的内生机制。比如,人口政策改变区域人口数量的变化,然而人口增长和收入状况对居住用地变化的作用,是一种非线性关系,而不是两者作用的简单相加^[75]。但是人口的流动和转移,改变了

不同地域上的人口分布格局,进而对原有用地需求和用地格局产生影响,是土地利用方式发生相应的变化。如果将土地作为一种生产要素或经济资源,需要从土地使用者个体行为和群体行为 2 个角度进行综合分析,在人口迁移率较低的情况下,人口自然增长和土地质量的下降往往造成农用地面积的不断扩张^[77]。

表 1 国内外主要土地利用模拟模型对比
Table 1 Comparison of simulation model of main land utilization at home and abroad

模型名称 Model name	主要研究内容 Main research contents		典型应用 Typical application	备注 Note
CA	一组数学模型,研究城镇用地的动态变化过程。	国内	史培军构建基于 CA 和经验模型的模拟框架,对深圳市 1980—1988 年期间土地动态变化进行模拟 ^[49]	基于专家知识,缺乏定量的理解
		国外	运用 CA 模型对城镇用地的动态变化过程进行大量模拟 ^[50-57]	
GEOMOD	基于地理的土地利用变化模拟模型,预测“开发土地”与“开发土地”间的变化。	国内	Taweekuk 运用模型对泰国北部清迈省的土地利用/覆被变化进行模拟 ^[58]	主要用来预测“已开发土地”与“未开发土地”之间的变化,具有一定的局限性
		国外	运用模型对土地利用变化及其对碳循环影响进行了模拟 ^[49]	
IMAGE	模拟大气中温室气体的动态变化,解释地球系统中的主要相互作用,把全球能源和农业系统中的人类活动与气候和生物圈的变化联系起来。	国外	运用模型对经济因素与气候条件影响下的全球土地覆被变化进行模拟研究 ^[59-61]	主要用于大尺度区域研究
CENTURY	综合了气候、土壤和耕作活动的农业生态系统模型,将土地利用变化的社会过程和生态过程很好的联系起来。	国外	Parton 等运用模型主要研究了半干旱地区草地的利用变化 ^[62-63]	主要用于森林、草地覆盖的研究
GTR	传统社能模型的扩展,将城市化作为土地利用变化的主要驱动因子。	国内	龙花楼等 ^[64] 通过修订后的 GTR 模型,对长江沿线样带未来 30 年的土地利用变化进行了模拟	主要用于大尺度区域研究
		国外	Konagaya 等 ^[65] 运用模型预测了中国的三大土地利用类型:城市用地、农业用地和其他用地	
CLUE-S	定量分析土地利用变化与社会、经济、技术及自然环境的关系,模拟土地利用时空演变的基本规律和变化,并进行预测。	国内	《中国土地利用/土地覆盖变化研究》 ^[66] 。	主要针对较小尺度的区域,并对驱动因子进行量化分析
		国外	Engelsman 运用模型对 Selangor 河谷碰地的土地利用变化进行模拟 ^[67]	

5 讨论

随着国内外学者对土地系统科学研究的不断深入,围绕农业土地系统的研究也在不断细化和深入,其中政策因素对农业土地系统的影响研究是这一领域的重点研究内容之一,旨在回答 3 个方面的问题:政策因素影响农业土地变化的驱动机制、影响结果以及不同政策要素的影响差异性根源。因此,在以下 3 个方面还需要进一步探讨。

(1)明确政策作用下农业土地利用时空变化的过程特征和结构分异。为了深刻理解和解释农业用地变化受政策因素的作用机制,需要提出基于变化过程的参数计算方法,进而围绕政策要素构建农业用地时空动态变化模拟模型,模拟和对比政策叠加情景下农业用地时空分布和差异,因此明确农业用地动态变化的过程特征和结构分异,是揭示政策作用下农业用地动态变化过程机理的基础,需要进一步探讨围绕政策因素构建的理论依据和可行方法。

(2)解析以政策叠加为核心的农业土地利用时空动态变化驱动机制和模拟模型。农业土地利用时空动态变化过程是一项复杂的系统工程,涉及“人-环境”系统中自然、社会、经济和人等多个利益主体,主体之间相互影响和多方影响驱动

农业土地利用时空动态变化,通过叠加涵盖不同主体的政策要素,使得解析的驱动机制和模型模拟结果更趋近农业土地利用实践,对指导政策结构的优化和调整更具有现实意义。

(3)从机理层面理解和解释政策叠加影响农业土地利用时空分布的差异性根源。政策因素作为农业土地利用动态变化过程中的限制性条件,持续影响区域农业土地利用时空变化,对比不同政策组合对农业土地利用时空分布的影响和差异,通过耦合“外部环境—驱动机制—政策因素—模拟结果”的关键过程,解析政策叠加影响农业土地利用时空分布的差异性根源是研究的最终目的。

参考文献

[1] TURNER II B L,SKOLE D,SANDERSON S,et al. Land-use and land-cover change science, research plan[R]. IHDP Report No. 07, 1995.
[2] Global Land Project. Science plan and implementation strategy[R]. Stockholm; IGBP Secretariat, 2005.
[3] 唐华俊,吴文斌,余强毅,等. 农业土地系统研究及其关键科学问题[J]. 中国农业科学,2015,48(5):900-910.
[4] 刘彦随,陈百明. 中国可持续发展问题与土地利用/覆被变化研究[J]. 地理研究,2002,21(3):324-330.
[5] 蔡运龙. 土地利用/土地覆被变化研究:寻求新的综合途径[J]. 地理研究,2001,20(6):645-652.
[6] VOLK M,EWERT F. Scaling methods in integrated assessment of agricul-

- tural systems-state-of-the-art and future directions[J]. Agriculture, ecosystems and environment, 2011,142(1/2):1-5.
- [7] RAMANKUTTY N, FOLEY J A. Characterizing patterns of global land use: An analysis of global croplands data[J]. Glob biogeochem cycle, 1998, 12(4): 667-685.
 - [8] GOLDEWIJK K. Estimating global land use change over the past 300 years; The HYDE database[J]. Glob biogeochem cycle, 2001, 15(2): 417-433.
 - [9] RAMANKUTTY N, ACHARD F, ALVES D, et al. Global changes in land cover[J]. IHDP Newsllett, 2005, 3: 4-5.
 - [10] RAMANKUTTY N, EVAN A T, MONFREDA C, et al. Farming the planet; 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000 [J]. Global biogeochemical cycles, 2008, 22(1): 1-19.
 - [11] 叶瑜, 方修琦, 任玉玉, 等. 东北地区过去 300 年耕地覆盖变化[J]. 中国科学(D 辑: 地球科学), 2009, 39(3): 340-350.
 - [12] FOLEY J A, RAMANKUTTY N, BRAUMAN K A, et al. Solutions for a cultivated planet[J]. Nature, 2011, 478(7369): 337-342.
 - [13] 罗光杰, 王世杰, 李阳兵, 等. 岩溶地区坡耕地时空动态变化及其生态服务功能评估[J]. 农业工程学报, 2014, 30(11): 233-243.
 - [14] CHHABRA A, HABERL H, BRAIMOH A. Multiple impacts of land-use/cover Change[J]. IHDP Newsllett, 2005, 3: 12.
 - [15] BEZLEPKINA I, REIDSMA P, SIEBER S, et al. Integrated assessment of sustainability of agricultural systems and land use: Methods, tools and applications[J]. Agricultural systems, 2011, 104(2): 105-109.
 - [16] FOLEY J A, DEFRIES R, ASNER G P, et al. Global consequences of land use[J]. Science, 2005, 309(5734): 570-574.
 - [17] 陈百明, 张凤荣. 我国土地利用研究的发展态势与重点领域[J]. 地理研究, 2011, 30(1): 1-9.
 - [18] 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.
 - [19] 兰宾 E F, 盖斯特 H J. 土地利用与土地覆盖变化: 局部变化过程和全球影响研究[M]. 马骏, 刘龙庆, 狄艳艳, 译. 北京: 中国水利水电出版社, 2013.
 - [20] 张军岩, 贾绍凤, 高婷. 石家庄城市化过程中的耕地变化[J]. 地理学报, 2003, 58(4): 620-628.
 - [21] 王兵, 侯君岐, 韩锁昌. 退耕还林地区农户退耕意愿研究: 对陕西省农户的实证研究[J]. 林业经济问题, 2007, 27(2): 185-188.
 - [22] 陈美球, 肖鹤亮, 何维佳, 等. 耕地流转农户行为影响因素的实证分析[J]. 自然资源学报, 2008, 23(3): 369-374.
 - [23] ALVES D S. Space-time dynamics of deforestation in Brazilian Amazonia [J]. Int J Remote Sens, 2002, 23(14): 2903-2908.
 - [24] TOMICH T P, THOMAS D E. Environmental services and land use change in Southeast Asia: From recognition to regulation or reward[J]. Agric Ecosyst Environ, 2004, 104(1): 229-244.
 - [25] RICHARDS J F, MATHEWS J T, MEYER W B. The earth as transformed by human action: Global and regional changes in the biosphere over the past 300 years[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1990: 163-178.
 - [26] HEILIG G K. Can China feed itself? A system for evaluation of policy options[M]. Laxenburg: International Institute for Applied Systems Analysis, 1999.
 - [27] SETO K C, KAUFMANN R K, WOODCOCK C E. Landsat reveals China's farmland reserves, but they're vanishing fast[J]. Nature, 2000, 406: 121.
 - [28] 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): 1-11.
 - [29] AGRAWAL A, YADAMA G N. How do local institutions mediate market and population pressures on resources Forest panchayats in Kumaon, India[J]. Dev Change, 1997, 28(3): 435-465.
 - [30] OSTROM E, BURGER J, FIELD C B, et al. Sustainability: Revisiting the commons. Local lessons, global challenges [J]. Science, 1999, 284(5412): 278-282.
 - [31] YOUNG O R. The institutional dimensions of environmental change[M]. Cambridge: MIT Press, 2002.
 - [32] YOUNG O R. Environmental governance: The role of institutions in causing and confronting environmental problems[J]. International environmental agreements, 2003, 3: 377-393.
 - [33] XU J C, FOX J, XING L, et al. Effects of swidden cultivation, population growth, and state policies on land cover in Yunnan, China[J]. Mt Res Dev, 1999, 19(2): 123-132.
 - [34] Tri-Academy Panel. Population and land use in India, China, and the United State; Context, observations, and findings [M]//Indian National Science Academy, Chinese Academy of Sciences, and U.S. National Academy of Sciences. Growing populations, changing landscapes: Studies from India, China, and the United State. Washington DC: National Academy Press, 2001: 9-72.
 - [35] KEYS E. Integrated land-change science and tropical deforestation in the southern Yucatan: Final frontiers [M]. Oxford: Oxford University Press, 2004: 207-219.
 - [36] GEIST H J. The causes and progression of desertification[M]. Aldershot: Ashgate Publishing, 2005: 258.
 - [37] 陈孚, 陈刚, 包浩生, 等. 城市边缘区土地利用变化及人文驱动力机制研究[J]. 自然资源学报, 2001, 16(3): 204-210.
 - [38] HANSEN A J, RASKER R, MAXWELL B, et al. Ecological causes and consequences of demographic change in the New West[J]. BioScience, 2002, 52(2): 151-162.
 - [39] RUTTEN M M E M. Selling wealth to buy poverty: The process of individualization of land ownership among the Maasai pastoralists of Kajiado District, Kenya 1890-1990 [M]. Saarbrücken: Breitenbach Publishers, 1992.
 - [40] BLENCH R. Extensive pastoral livestock systems: Issues and options for the future [R]. Japan-FAO Association, 1999.
 - [41] MATHER A S. Driving forces [M]//GEIST H J. Our earth's changing land: An encyclopedia of land-use and land-cover change, vol. 1(A-K). Westport, London: Greenwood Press, 2006: 375-379.
 - [42] 唐华俊, 吴文斌, 杨鹏, 等. 土地利用/土地覆被变化(LUCC)模型研究进展[J]. 地理学报, 2009, 64(4): 456-468.
 - [43] TURNER II B L, LAMBIN E F, REENBERG A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability [J]. Proceedings of the national academy of sciences of the USA, 2007, 104(52): 20666-20671.
 - [44] HEISTERMANN M, MULDER C, RONNEBERGER K. Land in sight Achievements, deficits and potentials of continental to global scale land-use modeling [J]. Agriculture, ecosystems and environment, 2006, 114(2/4): 141-158.
 - [45] BROWN D G, VERBURG P H, PONTIUS JR R G, et al. Opportunities to improve impact, integration, and evaluation of land change models[J]. Current opinion in environmental sustainability, 2013, 5(5): 452-457.
 - [46] 龙花楼, 李秀彬. 区域土地利用转型分析: 以长江沿线样带为例[J]. 自然资源学报, 2002, 17(2): 144-149.
 - [47] TUAN Y F. Geography, phenomenology and the study of human nature [J]. The Canadian geographer, 1971, 15(3): 181-192.
 - [48] 刘彦随. 区域土地利用优化配置[M]. 北京: 学苑出版社, 1999: 3-4.
 - [49] 史培军, 宫鹏, 李晓兵, 等. 土地利用/覆盖变化研究的方法与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
 - [50] CLARKE K, HOPPEN S, GAYDOS L J. A self-modifying cellular automata model of historical urbanization in the San Francisco Bay area [J]. Environment and planning B, 1997, 24(2): 247-261.
 - [51] WHITE R, ENGELN G, ULJEE I. The use of constrained cellular automata for high-resolution modeling of urban land-use dynamics [J]. Environment and planning, 2008, 24(3): 323-343.
 - [52] BATTY M, LONGLEY P, FOTHERINGHAM S. Urban growth and form: Scaling, fractal geometry, and diffusion-limited aggregation [J]. Environment and planning, 1989, 21(11): 1447-1472.
 - [53] GEOGHEGAN J. The value of open spaces in residential land use [J]. Land use policy, 2002, 19(1): 91-98.
 - [54] THORRENS P M, O'SULLIVAN D. Cellular automata and urban simulation: Where do we go from here [J]. Environment and planning, 2001, 28: 163-168.
 - [55] WAGNER D F. Cellular automata and geographic information systems [J]. Environment and planning, 1997, 24(2): 219-234.
 - [56] YEH A G, LI X. A constrained CA model for the simulation and planning of sustainable urban forms by using GIS [J]. Environment and planning, 2001, 28(5): 733-753.
 - [57] YEH A G O, LI X. A cellular automata model to simulate development density for urban planning [J]. Environment and planning B, 2002, 29: 431-450.
 - [58] TAWESUK S. Dynamic simulation modeling of land use, economy and environment in Chiang Mai, Thailand using GIS and remote sensing [D]. New York: State University of New York College of Environmental Science and Forestry, 2001.

别为 4 743.33、4 346.67 和 4 573.33 kg/hm²,比常规移栽油菜产量分别增加了 28.43%、19.96%和 21.31%。由此可见,3 种不同配比复合肥施肥量相同的情况下,稀植移栽较常规移栽能增加油菜产量,其中施用复合肥 I 的增产效果最明显,增产 28.43%。

表 4 不同配比复合肥和移栽密度对油菜产量的影响
Table 4 Effects of different ratios of compound fertilizers and transplanting density on yield of rapeseed

复合肥 Compound fertilizer	CK		T 处理 T treatment		增幅 Increase %
	平均产量 Average yield kg/小区	折合产量 Converted yield kg/hm ²	平均产量 Average yield kg/小区	折合产量 Converted yield kg/hm ²	
I	11.08	3 693.33	14.23	4 743.33	28.43
II	10.87	3 623.33	13.04	4 346.67	19.96
III	11.31	3 770.00	13.72	4 573.33	21.31

3 结论与讨论

由于我国化肥资源贫乏,因此提高肥料利用效率对农业的可持续发展极为重要,根据作物生产特性及对养分需求的特点,开发、选择适合于特定作物的肥料是未来作物生产发展的方向^[11-12]。

该试验研究结果表明,在施用 3 种不同配比复合肥条件下,稀植移栽比常规移栽的油菜根系发达、植株高大、分枝数多、有效角果数多,尤其是在施用复合肥 I 时,其根数、有效分枝数和有效角果数的增幅最大,分别达到了 44.27%、56.83%、170.29%,而菌核病病株率和病情指数下降了 50.47%和 29.73%,产量增加 1 050 kg/hm²,增幅 28.43%,说明稀植能让油菜有充足的光、肥、水等资源,促进油菜根、茎的生长以及分枝数和有效角果数的增加;稀植还能增加通风

透气性,减少菌核病的发生,从而达到高产。
山区地陡坡多,不适合大规模的机械种植,再加上农村劳动力缺乏,因此开展合理施肥和稀植移栽为基础的山区轻简化高产高效栽培技术是实现油菜增产增收的有效途径。笔者通过稀植移栽和常规移栽,验证 3 种不同配比复合肥在油菜上的应用效果,结果表明,稀植移栽(2 万株/hm²)施用复合肥 I(总养分≥48%,N:P₂O₅:K₂O=16%:16%:16%)更有利于发挥油菜的生长潜力,产量最大,因此适合在山区推广种植。

参考文献

[1] 王汉中.我国油菜产业发展的历史回顾与展望[J].中国油料作物学报,2010,32(2):300-302.
[2] 王继玥,宋海星,官春云,等.不同种植密度和施肥量对湘杂油 763 产量及养分吸收的影响[J].西北农业学报,2010,19(4):62-65,76.
[3] 王继玥,宋海星,官春云,等.不同种植密度下油菜产量与茎叶性状对施肥水平的反应[J].中国农学通报,2011,27(5):259-264.
[4] 王继玥,宋海星,官春云,等.不同种植密度和施肥量对杂交油菜叶片叶绿素含量和产量的影响[J].江西农业大学学报,2011,33(1):13-17.
[5] 刘荣,晋晨,朱庆洋,等.稻茬直播油菜适宜种植密度和施氮量研究[J].安徽农业科学,2014,42(5):1319-1320,1334.
[6] 徐洪志,曾川,黄涌,等.追施氮肥对夏播菜用油菜营养生长及菜用品质的影响[J].安徽农业科学,2013,41(3):1069-1070.
[7] 朱珊,李银水,余常兵,等.密度和氮肥用量对油菜产量及氮肥利用率的影响[J].中国油料作物学报,2013,35(2):179-184.
[8] 曾宇,雷雅丽,李京,等.氮、磷、钾用量与种植密度对油菜产量和品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2012,18(1):146-153.
[9] 李银水,余常兵,廖星,等.施肥对油菜菌核病发生的影响[J].中国油料作物学报,2013,35(3):290-294.
[10] 侯再芬,谢启强,邓其英,等.不同施氮量对优质杂交油菜菌核病的影响[J].安徽农业科学,2006,34(21):5576-5577.
[11] 彭志红,余崇祥.我国复合肥生产现状及发展建议[J].磷肥与复肥,2015,30(11):25-26.
[12] 郭夏宇,苏卓,黄思娣,等.不同类型复合肥在超级杂交稻中的应用效果[J].中国稻米,2018,24(3):79-82.

(上接第 24 页)

[59] ALCAMO J. IMAGE 2.0: Integrated modeling of global climate change [M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1994.
[60] LEEMANS R, ZUIDEMA G. Evaluating changes in land cover and their importance for global change [J]. Trends in ecology, evolution, 1995, 10(2): 76-81.
[61] ZUIDEMA G. Simulation of global land cover changes as affected by economic factors and climate [M]//ALCAMO J. IMAGE 2.0: Integrated modeling of global climate change. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1994.
[62] PARTON W J, SCURLOCK J M O, OJIMA D S, et al. Observations and modeling of biomass and soil organic matter dynamics for the grassland biome worldwide [J]. Global biogeochemical cycles, 1993, 7: 785-809.
[63] PARTON W J, SCURLOCK J M O. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in great plains grasslands in Semi-arid Regions [M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1987.
[64] 龙花楼, 李秀彬. 长江沿线样带土地利用变化时空模拟及其对策 [J]. 地理研究, 2001, 20(6): 660-668.
[65] KONAGAYA K, MORITA H. Chinese land use predicted by the GTR-Model [C]//Discussion paper in the 1999 open meeting of the human dimensions of global environmental change research community. Tokyo: [s. n.], 1999.
[66] 唐华俊, 陈佑启. 中国土地利用/土地覆盖变化研究 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2004.

[67] ENGELSMAN W. Simulating land use changes in an urbanizing area in Malaysia [R]. 2002.
[68] 魏宏森, 曾国屏. 系统论: 系统科学哲学 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1995.
[69] TURNER II B L, SKOLE D L, SANDERSON S, et al. Land-use and land-cover change: Science/research plan, 31393 [R]. Stockholm: IGBP Secretariat, 1995.
[70] TURNER II B L. Socializing the pixel in [R]. LUCC Newsletter, 1997; 10-11.
[71] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 等. 景观生态学原理及应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.
[72] BÜRG M, HERSPORG A M, SCHNEEBERGER N. Driving forces of landscape change—current and new directions [J]. Landscape ecology, 2004, 19(8): 857-868.
[73] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域——土地利用/土地覆被变化的国际研究动向 [J]. 地理学报, 1996, 51(6): 553-558.
[74] IIASA. Modeling land use and land cover changes in Europe and Northern Asia 1999 [R]. Research Plan, 1998.
[75] 摆万奇, 赵士洞. 土地利用变化驱动力系统分析 [J]. 资源科学, 2001, 23(3): 39-41.
[76] 张军岩, 王国霞, 李娟, 等. 湖北省随州城市化进程中人口变动及其对土地利用的影响 [J]. 地理科学进展, 2004, 23(4): 87-95.
[77] 李平, 李秀彬, 刘学军. 我国现阶段土地利用变化驱动力的宏观分析 [J]. 地理研究, 2001, 20(2): 129-138.