

北京市农业发展与资源环境的耦合过程与解耦分析

刘玉^{1,2} 唐林楠^{1,2} 潘瑜春^{1,2,†}

1. 北京农业信息技术研究中心, 北京 100097; 2. 国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100097; † E-mail: liuyu@nercita.org.cn

摘要 基于农业可持续发展视角, 系统探讨2005年以来北京市农业发展与资源环境的时空演化特征及其耦合、解耦过程, 得到如下结论。1) 2005—2017年, 北京市农业发展水平先增强后减弱。经济产出特征与农业发展特征相似; 农业社会发展水平指数先快速减小后缓慢提升, 但总体减弱; 产业现代化水平持续提升。2) 农业资源环境压力先增强后减弱。资源承载及消耗指数与压力指数的变化趋势相同, 且对农业资源环境压力指数的影响明显; 环境污染指数逐年下降。3) 全市资源环境压力与农业发展之间经历了“最不利状态→理想状态→相对乐观状态”的动态演变, 解耦和耦合状态并存, 并以解耦状态为主。在未来农业转型升级进程中, 仍需注重农业生态化发展及其多功能价值的挖掘, 促进农业发展与资源环境的有序平衡。

关键词 北京; 农业发展; 资源环境; 耦合过程; 解耦模型

Coupling Process and Decoupling Analysis of Agricultural Development and Resource-environment in Beijing

LIU Yu^{1,2}, TANG Linnan^{1,2}, PAN Yuchun^{1,2,†}

1. Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097; 2. National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097; † E-mail: liuyu@nercita.org.cn

Abstract Based on the perspective of sustainable agricultural development, this study systematically discusses the spatial-temporal evolution characteristics, coupling and decoupling process of agricultural development and resource-environment in Beijing since 2005. The results are as follows. 1) From 2005 to 2017, Beijing's agricultural development first strengthens and then weakens. The development characteristics of economic output are similar to those of agricultural development; the indexes of agricultural social development first decreases rapidly and then slowly increases, but generally showing a weakening trend; the industrial modernization continues to improve. 2) The pressure of agricultural resources and environment strengthens first and then abates. The change trend of the resource carrying and consumption indexes are the same as that of the pressure index, and the influence on the pressure index of agricultural resources and environment is obvious; the environmental pollution index decreases year by year. 3) There has been a dynamic evolution from “the most unfavorable state→the ideal state→the relatively optimistic state” between the pressure of resources and environment and the development of agriculture in the city, with coexistence of decoupling and coupling states and the decoupling state as the main one. In the process of agricultural sustainable transformation and upgrading in future, it is necessary to emphasize the ecological development of agriculture and its multi-functional value excavation and to promote its orderly balance with resources and environment.

Key words Beijing; agricultural development; resources and environment; coupling process; decoupling model

在城乡转型发展过程中, 大都市的农业发展日益呈现现代化和功能多样化特征, 并对区域资源环境产生影响^[1-2]。在资源环境约束趋紧的背景下,

探讨并梳理农业发展与资源环境间的耦合及解耦关系, 是构建与资源环境相匹配的农业发展格局、促进农业健康持续发展的重要前提。

北京市农林科学院青年科研基金(QNJJ201902)、北京市自然科学基金(9192010)和北京市农林科学院科研创新平台建设项目(PT2020-29)资助

收稿日期: 2019-04-18; 修回日期: 2019-05-29

一些学者对农业发展、资源环境及二者的耦合关系进行了研究。在农业发展方面,侧重探讨时空格局及驱动机制等^[3-5]。在资源环境方面,侧重分析时空分布和适宜性等^[6-9]。在二者耦合关系方面,借助关联分析、协调度模型和空间自相关分析等方法,定量地测度农业发展与水、土等资源的耦合协调关系^[10-13],结果表明农业发展与资源环境之间相互影响,相互作用,并随着政策和技术等的变化,在不同时期表现出差异化的耦合效应。但是,对政策响应后农业发展与资源环境间耦合及解耦关系的梳理较少,亦缺乏对二者耦合关系的阐释,不利于政策的有效性测度及后续制定。

Tapio^[14]提出弹性脱钩理论。该理论较好地阐释了工业化、城镇化进程中经济发展与环境污染的解耦状况^[15-17],为探讨农业发展与资源环境的耦合及解耦过程提供思路。由经济合作与发展组织(Organization for Economic Co-operation and Development, OECD)以及联合国环境规划署(United Nations Environment Programme, UNEP)共同建立的“压力-状态-响应”(pressure-state-response, PSR)模型强调环境压力的来源和影响,为分析人类活动与资源环境的相互影响提供了新路径,并在探索系统指标间的反馈机制、寻找“原因-效应-反应”等方面具有明显优势^[9,12,18]。据此,集成应用弹性脱钩理论模型与PSR模型,有助于深入研究农业发展与资源环境的耦合过程,并为农业可持续发展以及降低资源环境风险提供借鉴。

自2005年北京出台《关于加快发展都市型现代农业的指导意见》以来,区域城郊型农业逐渐转型为都市型现代农业。新常态下,北京农业发展面临经济增速放缓和资源环境约束加大等多重压力,其结构和功能日渐复杂多元,并向生态化方向发展。本文借鉴PSR模型的思路,构建农业发展与农业资源环境耦合分析模型,基于农业可持续发展视角,系统地分析北京市农业发展与资源环境的时空特征及系统间的耦合与解耦过程,并探讨实现农业健康持续发展的有效路径,以期为区域农业发展与资源环境系统良性演化提供科学参考。

1 农业发展与资源环境的耦合分析框架

根据PSR模型的内涵,“压力”指对自然环境直

接产生影响的各类因素,对于农业来说,主要指农业资源消耗和环境污染等;“状态”指问题的当前情形,如农业发展现状等;“响应”指在应承“压力”及“状态”下,为促进系统良性循环发展采取的对策。农业发展面临耕地占用、面源污染以及工业和生活用水对农业用水资源的争夺等问题^[19],驱使农业发展及资源环境系统发生一定程度的响应,并通过二者间的耦合关系得以体现,从而形成有利于农业发展与资源环境良性运行的外部环境(如产业经营方式、生态要求和功能维度的转变),制定相应的农业发展和资源环境保护政策。因此,为促进农业可持续发展,既要考虑农业发展对资源环境的影响,也要考虑资源承载和消耗以及环境污染对农业发展的制约(图1)。

2 研究方法 with 数据来源

2.1 数据来源与处理

2005—2017年北京市农业发展和资源环境指标数据来自《北京统计年鉴》(2006—2018年)、《北京区域经济统计年鉴》(2006—2017年)和《中国农村统计年鉴》(2006—2018年)等。为保持数据的完整性,对2017年数据缺省的相关指标用相邻年份的数值代替。2005—2008年全市园地面积基于相应的比例插值得到。采用极值法对指标进行标准化,并借助熵权法计算权重^[20]。

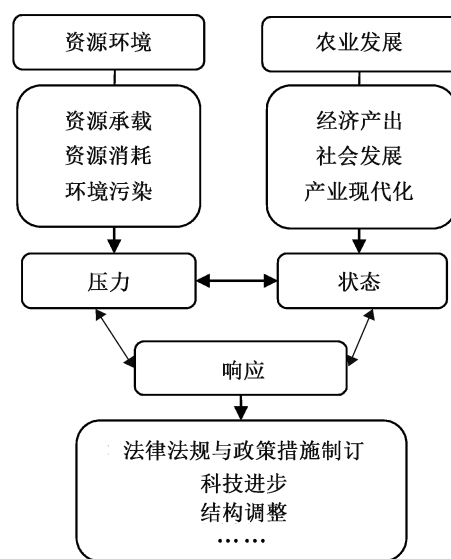


图1 农业发展与资源环境系统的耦合框架
Fig. 1 Coupling framework between agricultural development and resource-environment

2.2 研究方法

2.2.1 农业发展指数

学者们往往从生产投入、经济产出、社会发展和产业现代化程度等方面测度农业发展水平^[21-26]。为避免与资源环境压力指标体系重复,本文仅从经济产出、社会发展和产业现代化水平3个方面评价北京市农业发展水平,侧重反映区域农业的产业特征和社会性(表1)。各项指标的数值越大,表示农业发展程度越好。

$$ADI_i = (AEPI_i + ASDI_i + AIMI_i),$$

$$AEPI_i = \sum_{j=1}^n AEPI'_{ij} \cdot \omega_j,$$

$$ASDI_i = \sum_{j=1}^n ASDI'_{ij} \cdot \omega_j,$$

$$AIMI_i = \sum_{j=1}^n AIMI'_{ij} \cdot \omega_j,$$

其中, ADI_i 为第 i 年农业发展指数, $AEPI_i$, $ASDI_i$ 和 $AIMI_i$ 分别表示第 i 年经济产出指数、社会发展指数和产业现代化指数, $AEPI'_{ij}$, $ASDI'_{ij}$, $AIMI'_{ij}$ 分别表示经济产出、社会发展和产业现代化第 i 年第 j 项指标的标准化值, n 为农业发展相应维度的指标个数。

2.2.2 资源环境压力指数

从资源承载及消耗和环境污染两个方面评析资源环境压力,选取总量指标来反映资源环境压力的

总体状态和趋势^[27],资源环境压力越大,对农业发展的约束就越大。耕(园)地面积反映区域的资源承载能力,面积越大,资源承载能力越大,资源环境面临的压力就越小;农业用水量和第一产业能源消费量反映资源消耗情况,指标数值越大,资源消耗越多,资源环境压力就越大;化肥、农药、农用塑料薄膜使用量越大,对环境污染程度越大,资源环境压力就越大。由于农业面源污染氮(磷)污染物排放量和化学需氧量等数据较难获取,本研究未将其考虑在内。

$$REI_i = RECI_i + REPI_i,$$

$$RECI_i = \sum_{j=1}^n RECI'_{ij} \cdot \omega_j,$$

$$REPI_i = \sum_{j=1}^n REPI'_{ij} \cdot \omega_j,$$

其中, REI_i 为第 i 年资源环境压力指数, $RECI_i$ 和 $REPI_i$ 分别为第 i 年的资源承载及消耗指数和环境污染指数, $RECI'_{ij}$ 和 $REPI'_{ij}$ 分别为资源承载及消耗和环境污染第 i 年第 j 项指标的标准化值, n 为资源环境压力相应维度的指标个数。

2.2.3 解耦模型

“解耦”通常用于形容物理量之间相互影响关系的消失。20世纪90年代,OECD^[28]首次提出经济学

表1 农业发展与资源环境评价指标体系

Table 1 Index system for the evaluation of agricultural development and resource-environment

指数	分项指数	指标名称	指标权重	指标效应
农业发展指数(ADI_i)	$AEPI_i$ (经济产出)	农林牧渔业增加值/万元	0.176	+
		主要农产品产量/吨 ^①	0.204	+
	$ASDI_i$ (社会发展)	乡镇及行政村农林牧渔从业人员数/万人	0.162	+
		人均第一产业经营净收入/(元/人)	0.184	+
	$AIMI_i$ (产业现代化)	农林牧渔服务业增加值占比/%	0.078	+
		都市型现代农业收入/(10 ⁸ 元) ^②	0.196	+
资源环境压力指数(REI_i)	$RECI_i$ (资源承载及消耗)	年末实有耕地面积/公顷	0.173	-
		年末实有园地面积/公顷	0.161	-
		农业用水量/亿 m ³	0.137	+
		第一产业能源消费量/(万吨标准煤) ^③	0.163	+
	$REPI_i$ (环境污染)	化肥施用量(折纯)/吨	0.116	+
		农药使用量/吨	0.154	+
		农用塑料薄膜使用量/吨	0.095	+

注: ①主要农产品产量指粮食、果品、蔬菜和肉类的产量。为避免量纲影响,分别对4种农产品产量进行标准化,然后求均值作为该项指标的标准化值; ②都市型现代农业收入包括观光农业园、民俗旅游、设施农业和种业的收入,其标准化处理方式同①; ③第一产业能源消费量指一定时期内一定行政区域第一产业相关行业和居民家庭所消费的各种煤炭、石油、天然气、一次电力及其他能源的总和。

意义的“解耦”概念,试图通过构建相对解耦和绝对解耦指数来描述如何切断环境消耗与经济发展之间的关联。Tapio^[14]在 OECD 提出的解耦理论基础上引入弹性系数,通过分析某地区某一时段资源环境变化弹性系数与经济增长弹性系数的比值来判断是否解耦。本研究在构建区域农业发展指数和资源环境压力指数的基础上,进一步构建区域资源环境与农业发展的解耦模型,计算公式如下:

$$\xi_t = \frac{\Delta REI_t}{\Delta ADI_t} = \frac{(REI_t - REI_{t-1}) / REI_{t-1}}{(ADI_t - ADI_{t-1}) / ADI_{t-1}},$$

其中, ξ_t 为第 t 时期的解耦指数, ΔREI_t 为第 t 时期资源环境压力变化弹性系数, REI_t 和 REI_{t-1} 分别为第 t 年和 $t-1$ 年的资源环境压力指数, ΔADI_t 为第 t 时段农业发展变化弹性系数, ADI_t 和 ADI_{t-1} 分别为第 t 年和第 $t-1$ 年的农业发展指数。根据 Tapio^[14]的解耦理论,以 $\xi=0.8$ 和 $\xi=1.2$ 为分界线,将解耦状态划分为 8 种类型(图 2)。其中,强解耦是资源环境压力在农业发展的同时而减小($\Delta ADI>0$ 且 $\Delta REI<0$)的最理想状态;弱解耦指资源环境压力与农业发展同时增大($\Delta ADI>0$ 且 $\Delta REI>0$),但其增速小于农业增长速度($0<\xi\leq 0.8$),状态相对理想;强负解耦是二者耦合的最不利状态,指资源环境压力随着农业发展水平下降($\Delta ADI<0$)而增大($\Delta REI>0$);弱负解耦指农业发展和资源环境压力同时下降($\Delta ADI<0$, $\Delta REI<0$),但资源环境压力下降速度相对较小($0<\xi\leq 0.8$);扩张性负解耦表现为资源环境压力在农业发展($\Delta ADI>0$)的同时持续加大($\Delta REI>0$),且增速大于农业增长($\xi>1.2$);衰退性解耦指农业发

展和资源环境压力均衰减($\Delta ADI<0$, $\Delta REI<0$),但资源环境压力衰减速度相对较小($\xi>1.2$);扩张性耦合指资源环境压力和农业发展水平同时增大($\Delta ADI>0$, $\Delta REI>0$),增幅大致相同($0.8<\xi\leq 1.2$);衰退性耦合指资源环境压力和农业发展水平均衰减($\Delta ADI<0$, $\Delta REI<0$),减幅大致相同($0.8<\xi\leq 1.2$)。

3 农业发展与资源环境的耦合与解耦分析

3.1 农业发展特征

如图 3 所示,2005—2017 年北京市农业发展水平总体上呈现先增强后减弱的特征。其中,2005—2012 年,全市以农业多功能性开发为重点,运用现代高新技术改造传统农业,使都市农业日益向资本密集和技术密集的方向发展,农业发展态势良好,发展指数由 0.5558 增至 0.6113,年均增长 1.37%。在农业资源短缺因素制约以及实施百万亩平原造林工程的综合影响下,2013 年后,全市传统农业生产规模快速收缩,农林牧渔业内部构成发生显著地变化^[29],农业发展指数由 0.4950 降至 0.3417,年均减少 8.95%。

1) 经济产出水平与农业发展水平的变化趋势相似,总体上呈现先增强后减弱的特征。2013 年前,农林牧渔业发展迅速,增加值由 108.6×10^8 元增至 161.8×10^8 元,年均增长 5.11%。2014 年《关于调结构转方式发展高效节水农业的意见》出台以来,全市结合首都功能定位,坚持以农业绿色发展为主线,深入落实农业“调转节”措施。在此过程中,

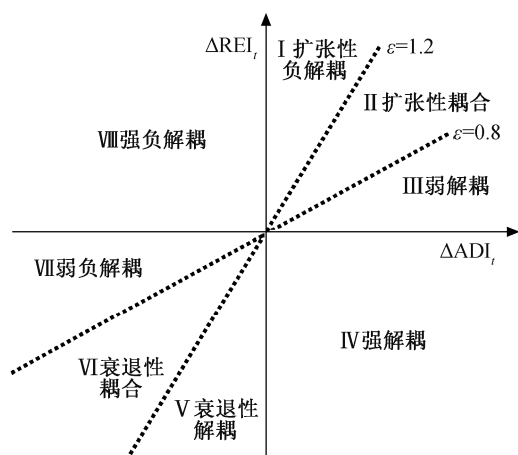


图 2 资源环境压力与农业发展的解耦程度判断标准

Fig. 2 Criteria for the decoupling degree between resource-environment pressure and agricultural development

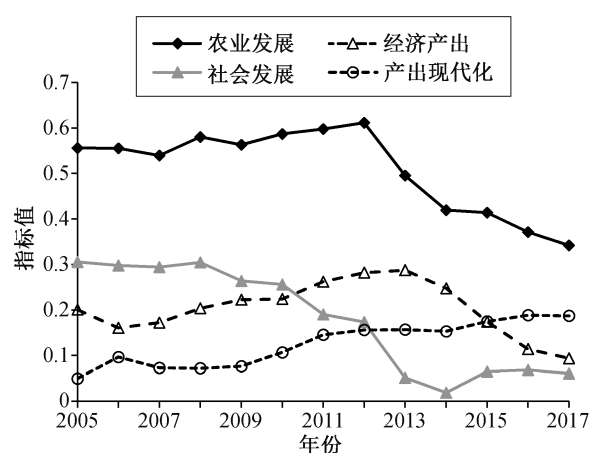


图 3 北京市农业发展指数演化特征

Fig. 3 Evolution characteristics of agricultural development index in Beijing

农业用水量持续减少, 畜禽养殖主动从水源地和人口集中区退出, 养殖规模有序调减, 加上耕地和园地面积连年下降, 肉类、蔬菜、粮食和水果等农产品产量下降明显, 农林牧渔业增加值由 161.3×10^8 元减至 132×10^8 元。

2) 产业现代化水平持续提升。2005年以来, 全市农业生产结构处于转型升级中, 一方面, 注重提升农产品附加值, 形成较为完整的产业延伸链; 另一方面, 依托首都科技资源优势, 积极发展区域设施农业、籽种产业和观光休闲农业等特色产业, 收入分别由 18.62×10^8 元、 5.94×10^8 元和 7.88×10^8 元增至2017年的 54.50×10^8 元、 12.71×10^8 元和 29.92×10^8 元, 成为全市都市型农业发展的重点产业。

3) 与经济产出特征相反, 以提供就业和基本生活保障为重要体现的农业社会发展指数先快速减弱后缓慢提升, 但总体上处于减弱态势。随着第二、三产业尤其是第三产业的发展, 农林牧渔业劳动力逐渐转移, 农户依托农业生产获得的经营性收入也相应减少, 人均第一产业经营纯收入由2005年的899元减至2017年的502.56元, 农业的社会发展功能在弱化。

3.2 资源环境特征

2005—2017年间, 全市资源环境压力呈现先增大后减弱的态势, 如图4所示。其中, 2005—2008年间, 全市对环境保护的要求不断提高, 环境污染得到有效的控制, 加上该期间耕地和园地资源相对丰富, 有效地缓解了人口增长带来的资源消耗压力, 资源环境压力指数上升缓慢, 年均增长3.39%; 2009

—2011年, 作为特大型城市, 人口急剧膨胀, 耕地等资源消耗较快, 资源环境压力迅速上升, 年平均增长6.95%; “十二五”规划实施以来, 市政府提出要合理地调控人口规模, 并注重农业的生态功能。在平原造林等综合措施的带动下, 林业的生态服务价值日益凸显, 林业增加值的比重由2012年的15.65%提高到2017年的18.94%, 资源环境压力指数由0.7293降至0.3290。

1) 资源承载及消耗指数与资源环境压力指数表现特征相同, 分别在2005—2008年、2009—2011年和2012—2017年3个阶段表现出缓慢增加、快速增加及逐渐减小的特征。具体而言, 第一产业能源消费量在2011年达到峰值, 之后随着各项节能减排政策的推进, 农业发展对能源的依赖程度减弱, 第一产业能源消费量持续减少。农业用水量由2005年的13.2亿 m^3 持续减至2017年的5.1亿 m^3 , 年均减少8.25%。北京市积极落实最严格的耕地保护制度, 而“城乡建设用地减量发展”等政策的实施在一定程度上遏制了耕地和园地的快速下降趋势。从总体上看, 2011年以来农业用水量和第一产业能源消费量的持续减少对资源环境压力具有一定程度的缓解作用, 但耕地和园地等资源的减少对资源环境承载力形成较大压力。

2) 近年来, 市政府日益关注农业生产投入产生的环境问题。按照农业农村部“化肥农药零增长行动计划”, 北京市农业部门围绕“调转节”和首都农业功能定位, 积极开展“双减”工作, 化肥、农药和农用塑料薄膜使用量持续减少, 环境污染程度持续减弱。此外, 全市范围内实施的畜牧业禁养限养政策, 也在一定程度上降低了氨氮等污染物排放。

3.3 农业发展与资源环境的耦合与解耦特征

基于解耦模型, 计算2005—2017年北京市资源环境压力与农业发展的解耦指数。由表2可知, 12年间北京市资源环境压力与农业发展之间呈现强负解耦、强解耦、扩张性负解耦、弱负解耦、衰退性耦合和衰退性解耦等6种状态, 以解耦状态为主。其中, 2005—2007年和2008—2009年呈强负解耦状态, 即处于最不理想的耦合状态; 2007—2008年和2011—2012年处于理想的强解耦状态; 2009—2011年呈扩张性负解耦状态, 表明资源环境压力增速明显高于农业发展增速, 资源环境压力增大; 2012—2013年呈弱负解耦状态, 表现为资源环境压力随着

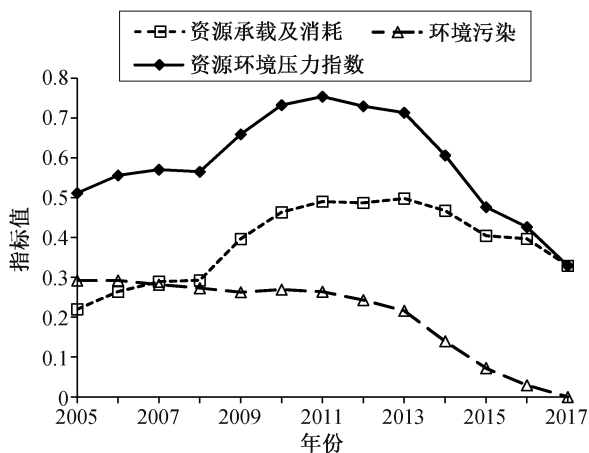


图4 北京农业资源环境压力指数演化特征

Fig. 4 Pressure characteristics of agricultural resource-environment in Beijing

表 2 北京资源环境压力与农业发展之间的耦合解耦过程

Table 2 Coupling-decoupling process between resource-environmental pressure and agriculture development in Beijing

时期	ΔREI	ΔADI	ξ_t	解耦状态
2005—2006 年	0.0866	-0.0014	-62.3008	强负解耦
2006—2007 年	0.0268	-0.0283	-0.9466	强负解耦
2007—2008 年	-0.0094	0.0757	-0.1246	强解耦
2008—2009 年	0.1662	-0.0296	-5.6078	强负解耦
2009—2010 年	0.1114	0.0425	2.6211	扩张性负解耦
2010—2011 年	0.0291	0.0180	1.6206	扩张性负解耦
2011—2012 年	-0.0319	0.0233	-1.3724	强解耦
2012—2013 年	-0.0220	-0.1902	0.1157	弱负解耦
2013—2014 年	-0.1506	-0.1532	0.9834	衰退性耦合
2014—2015 年	-0.2141	-0.0133	16.1463	衰退性解耦
2015—2016 年	-0.1053	-0.1032	1.0201	衰退性耦合
2016—2017 年	-0.2277	-0.0788	2.8887	衰退性解耦

农业发展水平的下降而减小,但减速慢;2013—2014 年和 2015—2016 年呈衰退性耦合状态,表示农业发展水平和资源环境压力均减小,且减小速度相当;2014—2015 年和 2016—2017 年呈衰退性解耦状态,表示农业发展水平和资源环境压力均减小,但资源环境压力衰减速度较快,状态相对乐观。总体而言,全市资源环境压力与农业发展之间耦合与解耦关系交错出现,且 2012 年以来的状态相对乐观,但并不稳定。

3.4 政策建议

作为一个资源环境约束型城市,发展高效节水型和生态型的现代化农业是确保北京资源环境与区域农业发展相匹配,总体占符合城市战略定位的必然选择。现阶段,籽种业和观光旅游业等特色产业发展与传统农业规模收缩并存,全市农业处于快速转型发展期。未来,可结合乡村振兴战略,以振兴产业为切入点,整合人口和土地等要素,加快发展现代化农业,促使农业发展与农业资源环境达到理想的解耦状态。

1) 人口要素整合方面,以培育种植大户、龙头企业、专业合作社和家庭农场等新型经营主体为契机,吸引资金和劳动力流入乡村,增加乡村发展活力,形成有文化、懂技术的新型职业化农民队伍,进行科学生产和经营管理,实现技术增效增产。

2) 在土地要素整合过程中,一方面根据《北京城市总体规划(2016—2035 年)》,遵循以水定人和以水定地原则,坚守建设用地规模底线,严格落实土地用途管制制度,禁止占用耕地等行为,实现城

乡建设用地规模减量发展;另一方面,配合城乡建设用地减量规划,借助土地综合整治技术,归并零散地块,并结合高标准农田建设配套高效节水灌溉设施,改善农业生产条件,提升资源环境承载力。

3) 在产业要素整合过程中,依托首都科技优势,积极培育产业新业态。借助土地整治措施,盘活土地资源,为特色产业的发展提供场所和空间。同时,结合城镇居民对农业生态和景观文化功能的需求以及菜地租赁、农业观光园和民俗旅游等特色产业发展的需要,着重挖掘农业的生态服务价值,实现农业发展与资源环境的耦合协调发展。

4 结论与讨论

本研究集成弹性脱钩理论模型与“PSR”模型,根据农业发展与资源环境压力的表现特征,系统地梳理北京市 2005 年以来两系统响应相关政策后的耦合与解耦状态,得到如下结论。

1) 2005—2017 年,北京市农业发展水平总体上呈现先增强后减弱的演化特征。其中,经济产出水平与农业发展水平保持一致;产业现代化水平持续提升;农业社会发展水平指数先快速减弱后缓慢提升,但总体上呈减弱态势。

2) 北京市农业资源环境压力指数呈现先增强后减弱的态势。随着政府积极的环境治理以及政策响应,农药、化肥等生产投入对区域资源环境形成的压力正在减弱,而耕地和园地等资源减少是区域农业资源环境压力加大的重要因素。

3) 2005—2017 年间,北京市资源环境压力与农

业发展之间经历“最不利状态→理想状态→相对乐观状态”的动态演变过程,解耦和耦合状态并存。未来一段时期内,全市农业发展还将处于持续转型中。

本文研究结果可为制定农业绿色发展政策提供参考。随着北京市农业供给侧结构性改革与“调转节”进程的深入,可结合分区数据进一步探讨各区两系统间的差异化耦合解耦特征,以便制定更精准的农业发展政策,促进系统间良性协调运行。

参考文献

- [1] 冷艳杰. 北京市现代农业功能演变与水资源的关系[D]. 北京: 中国农业大学, 2005
- [2] 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. 地理学报, 2018, 73(2): 203–218
- [3] 林正雨, 何鹏, 李晓, 等. 四川省农业地理集聚格局及演化机制研究. 中国农业资源与区划, 2017, 38(1): 207–215
- [4] 刘玉, 潘瑜春, 唐林楠. 基于 Esteban-Marquillas 拓展模型的中国农业增长的演进特征. 自然资源学报, 2017, 32(11): 1869–1882
- [5] 杜宇能, 潘驰宇, 宋淑芳. 中国分地区农业现代化发展程度评价——基于各省份农业统计数据. 农业技术经济, 2018(3): 79–89
- [6] 黎孔清, 孙晓玲. 南京都市农业发展与资源环境承载力协调性研究. 长江流域资源与环境, 2018, 27(6): 1242–1250
- [7] 周笑, 王鹏飞. 中国工业发展的资源环境压力空间分异演化及影响因素. 地理研究, 2018, 37(8): 1541–1557
- [8] 张雷, 杨波. 中国资源环境基础的空间结构特征分析. 地理研究, 2018, 37(8): 1485–1494
- [9] 罗其友, 马力阳, 高明杰, 等. 县域农业资源承载力评价预警系统构建初探. 中国农业资源与区划, 2018, 39(2): 1–7
- [10] 尤飞, 胡韵菲. 区域农业现代化及其对资源环境胁迫评价研究. 中国软科学, 2016(增刊 1): 97–104
- [11] 赵雪雁, 高志玉, 马艳艳, 等. 2005—2014 年中国农村水贫困与农业现代化的时空耦合研究. 地理科学, 2018, 38(5): 717–726
- [12] 陈锋正. 河南省农业生态环境与农业经济耦合系统协同发展研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2016
- [13] 戈大专, 龙花楼, 屠爽爽, 等. 黄淮海地区土地利用转型与粮食产量耦合关系研究. 农业资源与环境学报, 2017, 34(4): 319–327
- [14] Tapio P. Towards a theory of decoupling: degrees of decoupling in the EU and case of road traffic in Finland between 1970 and 2001. Transport Policy, 2005, 12(2): 137–151
- [15] 杨建辉. 农业化学投入与农业经济增长脱钩关系研究——基于华东 6 省 1 市数据. 自然资源学报, 2017, 32(9): 1517–1527
- [16] 何则, 杨宇, 宋周莺, 等. 中国能源消费与经济增长的相互演进态势及驱动因素. 地理研究, 2018, 37(8): 1528–1540
- [17] 郭莎莎, 陈明星, 刘慧. 城镇化与资源环境的耦合过程与解耦分析——以北京为例. 地理研究, 2018, 37(8): 1599–1608
- [18] 程兰花, 杨德刚, 张新焕, 等. 基于 PSR 模型的新疆县域耕地集约利用时空演化特征. 干旱区研究, 2018, 35(2): 493–502
- [19] 秦腾, 章恒全. 农业发展进程中的水环境约束效应及影响因素研究——以长江流域为例. 南京农业大学学报(社会科学版), 2017, 17(2): 134–142
- [20] 郭艳, 张成才, 康鸳鸯. 河南省经济发展的国土空间评价分区研究. 地理研究, 2015, 34(12): 2320–2328
- [21] 夏四友, 文琦, 赵媛, 等. 榆林市农业现代化发展水平与效率的时空演变. 经济地理, 2017, 37(10): 173–180
- [22] 胡韵菲, 尤飞, 栗欣如. 淮河流域农业生产水平与资源环境协调度评价研究. 农业现代化研究, 2016, 37(3): 437–443
- [23] 陈仁安. 重庆市农业资源环境与区域经济的协调性评价. 中国农业资源与区划, 2018, 39(4): 188–192
- [24] 辛岭, 蒋和平. 我国农业现代化发展水平评价指标体系的构建和测算. 农业现代化研究, 2010, 31(6): 646–650
- [25] 刘玉, 冯健. 城乡结合部农业地域功能实现程度及变化趋势——以北京为例. 地理研究, 2017, 36(4): 673–683
- [26] 王岱, 蔺雪芹, 刘旭, 等. 北京市县域都市农业可持续发展水平动态分异与提升路径. 地理研究, 2014, 33(9): 1706–1715
- [27] 徐福留, 赵珊珊, 杜婷婷, 等. 区域经济发展对生态环境压力的定量评价. 中国人口·资源与环境, 2004, 14(4): 32–38
- [28] Organisation for economic co-operation and development. OECD environmental indicators development, measurement, and use [R]. Paris: OECD, 2003
- [29] 江晶, 史亚军. 北京都市型现代农业发展的现状、问题及对策. 农业现代化研究, 2015, 36(2): 168–173