

肖 蓉,刘雪莲,刘志凌. 农业产业集聚区生态系统内部种群间协同演化机理及均衡分析[J]. 江苏农业科学,2017,45(24):298-301.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.24.078

# 农业产业集聚区生态系统内部种群间 协同演化机理及均衡分析

肖 蓉<sup>1</sup>, 刘雪莲<sup>2</sup>, 刘志凌<sup>1</sup>

(1. 江苏省农业科学院, 江苏南京 210014; 2. 南京林业大学, 江苏南京 210037)

**摘要:**农业产业集聚生态系统是农业产业相关企业及支撑机构在一定空间聚集,耦合共生形成的一类具有自组织、自调节、自适应功能的产业生态系统。借鉴生态学中的 Lotka - Volterra 模型,建立了基于效益增长趋势的农业产业集聚生态系统内部种群间的协同演化模型,对农业产业集聚生态系统内部种群间的协同演化的模型进行均衡分析,得到农业产业集聚生态系统内部种群间的一般演化规律。希望能够为认识农业产业集聚区生态系统发展规律、科学制定调控政策等提供了新的思路。

**关键词:**农业;产业集聚区;生态系统;协同演化;均衡分析

**中图分类号:** F321 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)24-0298-04

伴随着经济全球化和世界贸易自由化的浪潮,我国农业农村发展不断迈上新台阶,目前我国农业发展迎来重要战略机遇。在新型城镇化战略快速推进中,农业迎来蓬勃发展的黄金时期。近几年,我国在农业转方式、调结构、促改革等方面进行积极探索,为进一步推进农业转型升级、最大限度释放

农业市场主体活力、打造农业发展的良好生态环境奠定了基础。

由此可见,适应国家新型城镇化及产业结构布局调整、居民消费结构升级需要,加快农业发展,是我国城镇化发展战略的重要内容。然而,当前农业发展面临一些现实难题:一是传统农业粗放式扩张,对生态环境的影响加大;二是农业产业集聚化水平低、成本高、效率低等问题突出,需要深入推进农业供给侧结构性改革,创建良好的农业产业生态秩序。农业产业集聚区作为城市新兴的服务类产业集群,有其独特的运行方式和创新模式,集聚区内部环境在其发展过程中起着至关重要的作用。所以探寻农业产业集聚区生态系统的协同演化机理,揭示农业产业集聚区的发展规律对于提升集聚区企业

收稿日期:2017-08-19

基金项目:中央高校基本科研业务专项(编号:LG YB201708);江苏省农业科学院科研基本业务专项[编号:ZX(17)4003]。

作者简介:肖 蓉(1982—),女,江苏泰兴人,硕士,助理研究员,主要从事农业科研管理工作。E-mail:461484429@qq.com。

通信作者:刘志凌,硕士,副研究员,主要从事农业科研管理工作。E-mail:Jslizl@163.com。

[2] 韩 松. 论农村集体经营性建设用地使用权[J]. 苏州大学学报(哲学社会科学版),2014,35(3):70-75.

[3] 韩 松. 城镇化进程中入市集体经营性建设用地所有权归属及其与土地征收制度的协调[J]. 当代法学,2016,30(6):69-80.

[4] 伍振军,林倩茹. 农村集体经营性建设用地的政策演进与学术论争[J]. 改革,2014(2):113-119.

[5] 于建嵘. 集体经营性建设用地入市的思考[J]. 探索与争鸣,2015(4):55-58.

[6] 蔡继明. 关于当前土地制度改革的争论[J]. 河北经贸大学学报,2015,36(2):1-5.

[7] 王小映. 论农村集体经营性建设用地入市流转收益的分配[J]. 农村经济,2014(10):3-7.

[8] 杨雅婷. 农村集体经营性建设用地流转收益分配机制的法经济学分析[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版),2015,15(2):15-21.

[9] 石小石,白中科. 集体经营性建设用地入市收益分配研究[J]. 中国土地,2016(1):28-30.

[10] 梁 燕. 农村集体经营性建设用地入市路径选择[J]. 农业科学,2014(3):62-66.

[11] 黄发儒. 集体经营性建设用地入市路径思考[J]. 中国土地,

2015(2):19-21.

[12] 张四梅. 集体经营性建设用地流转制度建设研究——基于优化资源配置方式的视角[J]. 湖南师范大学社会科学学报,2014,43(3):114-119.

[13] 张 鹏. 当前农村集体经营性建设用地制度改革若干构想[J]. 苏州大学学报(哲学社会科学版),2014,35(3):76-84.

[14] 袁堂钢,赵 栩. 集体经营性建设用地入市制度思考[J]. 中国土地,2016(11):19-20.

[15] 温世扬. 集体经营性建设用地“同等入市”的法制革新[J]. 中国法学,2015(4):66-83.

[16] 陆 剑. 集体经营性建设用地入市的实证解析与立法回应[J]. 法商研究,2015,32(3):16-25.

[17] 于 潇,吴克宁,阮松涛. 集体经营性建设用地入市[J]. 中国土地,2014(2):35-37.

[18] 毕宝德. 土地经济学[M]. 6版. 北京:中国人民大学出版社,2010:338.

[19] 喻月英,陈建华. 对我国农村集体经营性建设用地入市的探析[J]. 现代经济信息,2014(22):399-400.

[20] 祝天智. 集体经营性建设用地入市与征地制度改革的突破口[J]. 现代经济探讨,2014(4):8-12.

核心竞争力和区域经济发展水平具有重要的意义。本研究借鉴生态学中的 Lotka - Volterra 模型,建立了基于效益增长趋势的农业产业集群区生态系统的协同演化模型,并分析得出了农业产业集群区生态系统内部种群间的均衡稳态,为农业规划布局、产业结构调整、政策制定等提供理论依据。

## 1 农业产业集群区生态系统的内部种群间关系分析

农业产业集群区生态系统的种间关系是指农业产业集群区生态系统内部不同产业种群之间相互作用所形成的关系。农业产业集群区生态系统内部种群之间的关系分析可以作为分析产业种群在演进过程中相互适应并且协同演化机制的理论基础。根据生态学理论可知自然种群之间的相互作用关系(表 1)。

表 1 种群之间相互作用关系

种间关系类型	种群		主要特征
	X	Y	
竞争关系	-	-	彼此相互抑制
捕食关系	+	-	种群 X 兼并种群 Y 中的一些个体
寄生关系	+	-	种群 X 寄生于种群 Y 并有害于后者
中性关系	o	o	彼此互不影响
共生关系	+	+	彼此相互有利,分开后不能生存
互利关系	+	+	彼此相互有利,分开后也能生存
偏利关系	+	o	对种群 X 有利,对种群 Y 无影响
偏害关系	-	o	对种群 X 有害,对种群 Y 无影响

注“+”表示对生长或其他种群特征有益;“-”表示种群生长或其他特征有害;“o”表示 2 个种群之间没有相互的影响。

表 1 表述的相互作用类型,可以划分为中性、正相互、负相互这 3 种作用关系。一般来说每种作用都包含了不同的关系,共生关系、互利关系以及偏利关系被包含在正相互作用当中。负相互作用关系包括竞争关系、捕食关系、寄生关系和偏害关系。种群之间没有作用,即实质上是中性作用。一般来说,彼此相互依存、相互依赖、双方只能同时存在,若缺了任何一方,另一方都无法生存下去,我们都称之为共生关系(symbiotic)。共生关系实际上是拥有紧密关系并且共同生存的不同物种间的关系。除了共生关系外,双方有共同利益关系称作互利关系(reciprotic)。互利关系实际上是仅存在共同利益,2 个生物种群中没有紧密的关系,若是不存在共同利益,双方均可继续生存。种群之间没有相互作用则是中性关系(neutralism)。总的来说,各种生物之间都是存在普遍联系的,没有绝对相互作用而是有相对相互作用。除了互利关系外,还存在偏利关系(commensalism)。偏利关系则是指种群之间对一方没有任何影响的相互作用,即为不存在任何的利益与伤害,而对另一方有利的种间关系,则被统称为偏利。捕食关系(predation)是 2 个生物种群间,一方以另一方为食物,从另一方汲取生存能量的相互作用。密切生活在一起的 2 个种群,除互利关系外,一种群对另一种群会造成损害,则称为寄生(parasitism)。偏害(amensalism)是指种群之间发生相互作用后对一方没有影响,没有利益关联也没有任何伤害,而对另一方有害的种间关系。竞争(competition)是指 2 个种群相互比赛、为争夺同一资源而相互干扰的种间关系。

在农业产业集群生态系统中,产业种群之间也存在着相

互的作用关系。将目光聚焦在产业集群当中,企业间建立的关系均为竞争与合作关系,并不存在偏利、偏害、寄生关系。企业间关系也并不存在协同演化,彼此相互独立、互不影响,所以企业间并不存在中性关系。综上分析,本研究认为,互利共生关系和竞争共生关系两大类关系是农业产业集群生态系统内部产业种群之间的主要关系。

## 2 农业产业集群区生态系统的种群间协同演化模型

假设:产业集群区生态系统内部中,存在某一个产业种群(产业种群 A),即具有相似特征的企业(若干数量、规模大致相同)组成 A 产业种群,与环境产生物质、能量和信息的交流,并经历诞生、成长、成熟、衰退、死亡的成长进化过程,在生态系统中种群个体数量达到一个最终均衡状态。在一个有限的空间(产业集群区生态系统)当中,受多种影响(有限空间资源和其他条件),在其系统内部呈现出单一一种群所表现出的一种阻滞增长形态,可以将其成长进化进行模型化描述。即:种群在  $t$  时间的变化率 = 种群瞬时增长率  $\times$  种群密度  $\times$  密度制约因子。

用数学模型描述如下:

$$\frac{dN}{dt} = rN \left[ 1 - \frac{N}{K} \right]$$

式中: $N$  表示种群的个体数量, $r$  表示种群的自然增长率, $t$  表示时间, $K$  表示环境容纳量,即表示生态系统所能容纳的该种群的最大数量,而这一数量取决于该物种对环境的适应能力、环境中的资源水平等因素。

该种群成长模型基于以下 3 个假设:

(1) 假设环境容纳量有一个最大值,这是生态系统的环境条件所决定的,当该生态系统的种群数量达到  $K$  值时,该种群将不再增长。

(2) 种群中密度的增加对其增长率的降低作用是立即发生的。

(3) 迁出和迁入现象及年龄结构在此种群中并没有发现。

此时,Logistic 模型表明,种群在一个有限空间内的进化是非线性的,种群数量随着时间呈现“S”形增长曲线(图 1),其增长过程可分为 4 个阶段:

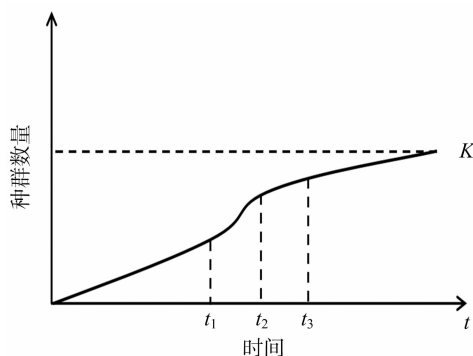


图1 资源约束下的种群“S”形增长曲线

第 1 阶段( $0 < t_n < t_1$ ),为种群成长的发育初期,在这个阶段,系统内的种群数量很少,密度低而且增长较慢,此时种群之间的竞争并不激烈,种群随时间推移将进一步增长。第 2 阶段( $t_1 < t_n < t_2$ ),产业种群成长青春期也叫作快速发育

期,此阶段个体数量与密度发展也越来越快,当种群的数量达到  $K/2$  时,成长速度达到巅峰,种群的成长发育完备。第 3 阶段( $t_2 < t_n < t_3$ ),是系统内产业种群成长的成熟期,此时种群的成长速度与增长的动力均开始呈现疲软态势,但是种群的数量仍有增无减,此阶段整体的市场居于稳定。第 4 阶段( $t_3 < t_n < +\infty$ ),是系统内产业种群成长的衰老期,此阶段当中成长速度与成长密度变化微乎其微,几乎处于停滞增长阶段,逐渐接近市场饱和水平,此阶段内市场始终保持在稳定状态。Logistic 模型的种群成长曲线描述了系统内部单一种群的增长规律,是研究农业产业集聚区生态系统内部种群间协同演化的基础模型。

### 3 农业产业集聚区生态系统种群间协同演化模型及均衡分析

#### 3.1 农业产业集聚区生态系统种群间协同演化模型的建立

大量的实践证明,集群中的表现是多种不同产业的集聚。与生态系统中多种群关系类似,农业产业集聚区生态系统中  $M$  种种群间也存在着竞争、合作以及竞争合作型等多种协同演化关系,下面以 2 个种群为例对各种关系分别进行详细分析。在外部环境及其他因素一定,内部环境不同的条件下,对农业集聚区分为种群 1 和种群 2 进行模型分析。设:

(1)  $r_1(t)$ 、 $r_2(t)$  分别表示物流种群 1 和物流种群 2 的产出水平自然增长率;

(2)  $M_1(t)$ 、 $M_2(t)$  为物流种群 1 和物流种群 2 的产出水平,它们是时间  $t$  的函数;

(3)  $K_1$ 、 $K_2$  分别表示在要素总量一定的条件下物流种群 1 和物流种群 2 的市场容量极限,即最大产出水平;

(4)  $\alpha$ 、 $\beta$  表示物流种群 1 和物流种群 2 的相互影响系数;

(5) 设资源总量为 1。

#### 3.2 农业产业集聚区生态系统相互竞争型模型及平衡分析

根据 Lotka - Volterra 种群进化模型,构建农业产业集聚区 2 种群竞争型演化模型:

$$\frac{dM_1(t)}{dt} = r_1(t)M_1(t) \left[ 1 - \frac{M_1(t)}{K_1} - \alpha \frac{M_2(t)}{K_2} \right];$$

$$\frac{dM_2(t)}{dt} = r_2(t)M_2(t) \left[ 1 - \frac{M_2(t)}{K_2} - \beta \frac{M_1(t)}{K_1} \right]。$$

采用线性化方法对方程的平衡点进行分析,另  $\frac{dM_1(t)}{dt} = \frac{dM_2(t)}{dt} = 0$ , 当  $\alpha\beta \neq 1$  时,由此可得到模型的 4 个解,分别为

$$O(0,0), A(K_1,0), B(0,K_2), C\left[\frac{(\alpha-1)K_1}{\alpha\beta-1}, \frac{(\beta-1)K_2}{\alpha\beta-1}\right]。$$

对于 2 个种群的相互竞争模型进行稳定性分析,可得出如下结论:

(1)  $\alpha < 1, \beta > 1$ 。  $\alpha < 1$  意味着在对供养种群 1 资源的竞争中,种群 2 弱于种群 1,  $\beta > 1$  意味着在对供养种群 2 资源的竞争中,种群 1 强于种群 2, 于是种群 2 终将灭绝,种群 1 趋于饱和水平(图 2)。

(2)  $\alpha > 1, \beta < 1$ 。  $\alpha > 1$  意味着在对供养种群 1 资源的竞争中,种群 1 弱于种群 2,  $\beta < 1$  意味着在对供养种群 2 资源的竞争中,种群 2 强于种群 1, 于是种群 1 终将灭绝,种群 2 趋于

饱和水平(图 3)。

(3)  $\alpha < 1, \beta < 1$ 。因为在竞争种群 1 资源中种群 2 较弱,而在竞争种群 2 资源中种群 1 较弱,于是可以达到一个双方共存的稳定的平衡状态,这是种群竞争中很少出现的现象(图 4)。

(4)  $\alpha > 1, \beta > 1$ 。在竞争种群 1 资源中种群 1 较弱,在竞争种群 2 资源中种群 2 较弱,这种情况下必有一个种群要灭绝,而另一个种群将继续生存。至于哪一个灭绝,哪一个继续生存,不仅取决于模型中各系数之间的关系,还取决于 2 个种群竞争开始时刻数量的大小(图 5)。

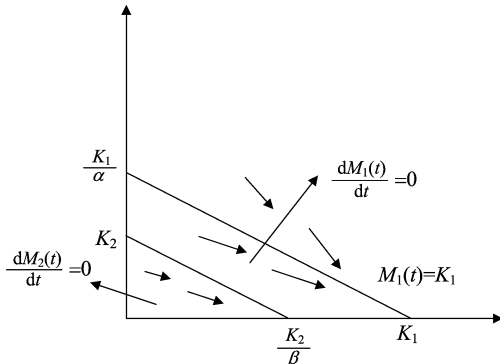


图2 2个种群竞争可能产生的结果(1)

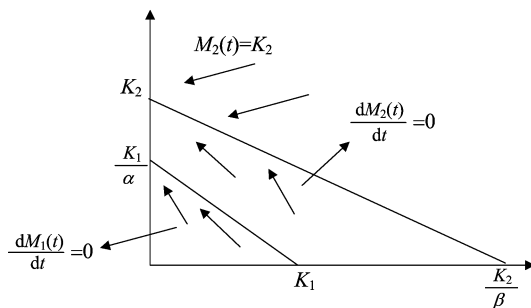


图3 2个种群竞争可能产生的结果(2)

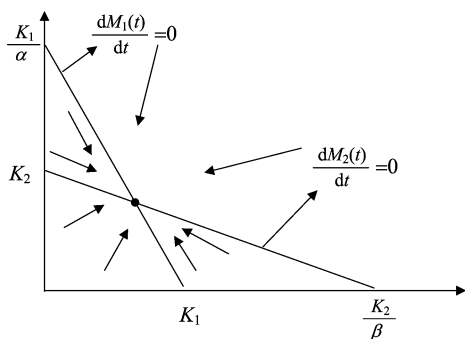


图4 2个种群竞争可能产生的结果(3)

#### 3.3 农业产业集聚区生态系统合作型模型及平衡分析

根据 Lotka - Volterra 种群进化模型,构建农业产业集聚区 2 个种群合作型演化模型:

$$\frac{dM_1(t)}{dt} = r_1(t)M_1(t) \left[ 1 - \frac{M_1(t)}{K_1} + \alpha \frac{M_2(t)}{K_2} \right];$$

$$\frac{dM_2(t)}{dt} = r_2(t)M_2(t) \left[ 1 - \frac{M_2(t)}{K_2} + \beta \frac{M_1(t)}{K_1} \right]。$$

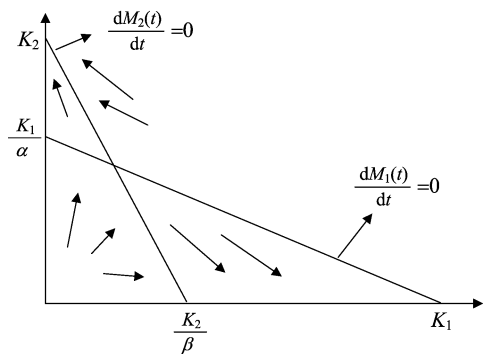


图5 2个种群竞争可能产生的结果(4)

采用线性化对方程的平衡点进行分析,另 $\frac{dM_1(t)}{dt} = \frac{dM_2(t)}{dt} = 0$ ,当 $\alpha\beta < 1$ 时,由此可得到模型的4个解,分别为 $O(0,0), A(K_1,0), B(0,K_2), C[\frac{(1+\alpha)K_1}{1-\alpha\beta}, \frac{(1+\beta)K_2}{1-\alpha\beta}]$ 。

对于2个种群的合作型模型进行稳定性分析,可得出的结论如下:与竞争型模型类似,无法求出上述模型的解析解,只能通过数值解法来求数值解。而且利用微分方程的稳定性理论分析可以得到:只有当 $\alpha < 1, \beta > 1, \alpha\beta < 1$ 时,种群1和种群2可以处于稳定的平衡状态,即2个种群在同一环境里相互依存而共生(图6)。

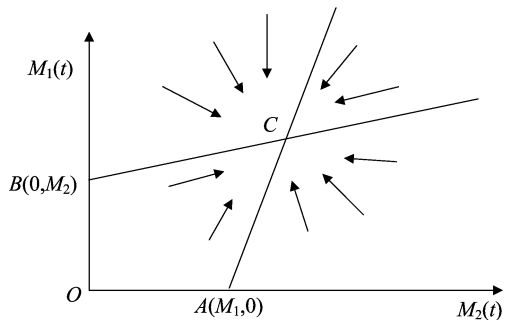


图6 2个种群互惠共生可能产生的结果

### 3.4 农业产业集聚区生态系统竞争合作型模型及平衡分析

假设在用一区域内生存的农业产业集聚区种群1和种群2,它们相互之间的关系是竞争合作,那么整个系统的演化也可能表现为竞争合作型,这会造成产业之间既因资源争夺而生产相互阻碍作用,又因资源共享而产生相互促进作用。根据 Lotka - Volterra 种群进化模型,构建农业产业集聚区2种群竞争合作型演化模型:

$$\begin{aligned} \frac{dM_1(t)}{dt} &= r_1(t)M_1(t) \left[ 1 - \frac{M_1(t)}{K_1} - \frac{\alpha_{12}M_2(t)}{K_1} + \alpha \frac{\beta_{12}M_2(t)}{K_1} \right]; \\ \frac{dM_2(t)}{dt} &= r_2(t)M_2(t) \left[ 1 - \frac{M_2(t)}{K_2} - \frac{\alpha_{21}M_1(t)}{K_2} + \beta \frac{\beta_{21}M_1(t)}{K_2} \right]. \end{aligned}$$

由上述 Logistic 模型进行推导,可以得到农业产业集聚区生态系统  $M$  个种群间的竞争合作型演化模型:

$$\frac{dM_i(t)}{dt} = r_i(t)M_i(t) \left[ \frac{K_i - \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}M_j(t) + \sum_{j=1}^n \beta_{ij}M_j(t)}{K_j} \right].$$

式中: $\alpha_{ij}$ 为种群间竞争演化系数,当 $i=j$ 时, $\alpha_{ij}=1$ ;  $\beta_{ij}$ 为种群间合作演化系数,当 $i=j$ 时, $\beta_{ij}=1$ 。

## 4 结论

农业产业种群间的关系,是农业产业集聚区生态系统内部种群间协同演化过程中的决定性因素。若是当产业种群之间处于竞争关系,双方竭尽全力在争夺有限资源的同时均无法实现其自身的规模最大化,占有的资源数目与各种群的竞争能力呈正相关;如果产业种群之间存在合作共生关系,由于合作所产生的共生协同效应可以使得合作种群实现收益最大化,从而不断地扩大自身的种群规模。综上所述,建立一种健康均衡的农业产业集聚区生态系统可以发挥以下功能:推动产业集聚区内部企业广泛合作,创造出更多的剩余价值,优化其相关产业结构,从而产生最大的效益;排除协同演化过程中的恶性竞争,鼓励适当的合理竞争,降低因恶性竞争所造成的企业整体利益损失的风险;具备对外界变化良好的敏感性和优化能力,协调产业集聚区内部各企业之间的关系,使得在产业集聚区中的各企业成为一个协同有机的整体。

## 参考文献:

- [1] 杨春河. 现代物流产业集群形成和演进模式研究[D]. 北京:北京交通大学,2008.
- [2] 芦彩梅. 基于复杂系统视角的产业集群演化研究[M]. 北京:经济科学出版社,2010.
- [3] 方永恒,许 晶. 产业集群系统协同演化动力模型研究[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版),2011,43(1):113-118.
- [4] 汤国生. 农业产业集群的集聚机理[J]. 中国流通经济,2014,28(4):65-69.
- [5] 柳晓玲,张晓芬. 产业集群生态系统演进及平衡分析[J]. 辽宁工业大学学报(社会科学版),2014,16(5):20-23.
- [6] 王 健,刘 荷. 跨国公司嵌入视角下物流产业集群网络结构演化. 中国流通经济,2015(8):26-32.
- [7] 黄丽丽. 物流产业集群形成机理与空间结构演化研究[D]. 成都:西南交通大学,2016(9):28-32.
- [8] 付东明. 物流产业集群与城镇化融合发展研究[D]. 沈阳:沈阳工业大学,2016(13):28-32.
- [9] Kabashkin I. Freight transport logistics in the Baltic Sea region. regional aspects[J]. Transport & Telecommunication,2012,13(1):33-50.
- [10] Pateman H, Cahoon S, Chen S L. The role and value of collaboration in the logistics industry:an empirical study in Australia [J]. Asian Journal of Shipping & Logistics,2016,32(1):33-40.