

南京都市农业发展与资源环境承载力协调性研究^{*1}

黎孔清^{1, 2} 孙晓玲^{1, 2}

(1. 南京农业大学人文与社会发展学院, 江苏南京 210095;

2. 南京农业大学区域农业研究院, 江苏南京 210095)

【摘要】:探讨都市农业发展与资源环境承载力之间相互作用规律,对推进都市农业发展、解决城市发展中的资源环境问题和促进区域可持续发展都具有重要意义。在科学构建都市农业发展与资源环境承载力评价指标体系基础上,借助耦合度模型,以南京市为例,对两者耦合协调关系进行实证研究。结果表明:2000~2015年南京市都市农业发展与资源环境承载力总体均呈上升态势,两者呈正相关,资源环境承载力每提高1%,南京都市农业发展水平相应增加0.746%;两者耦合协调度在2000~2007年处于失调阶段,2008~2015年转变为协调阶段,2015年协调度为0.673,处于初级协调,目前耦合协调度处于资源环境承载力滞后型。南京市应该立足资源环境基础,科学规划都市农业发展格局;转变资源开发与环境保护模式,确保都市农业可持续发展;加大政策扶持力度,促进都市农业发展与资源环境承载力协同优化。

【关键词】:都市农业;资源环境承载力;耦合协调;南京市

【中图分类号】:F329.9 **【文献标识码】**:A **【文章编号】**:1004-8227(2018)06-1242-09

DOI:10.11870/cjlyzyyhj201806007

随着社会经济的发展和城市化水平的提高,都市农业产生并得到发展。作为现代农业和城市化的产物,都市农业的发展以城市、郊区甚至乡村地区的资源、环境和生态系统为依托,同时对这些地区的经济、社会和生态系统的可持续发展构成影响,因此,建立与资源环境承载力相匹配、与生产生活生态相协调的都市农业发展格局成为研究热点。党的十九大也提出了“坚持节约资源和保护环境的基本国策,像对待生命一样对待生态环境”和“建立健全城乡融合发展体制机制和政策体系,加快推进农业农村现代化。”目前,我国都市农业得到了前所未有的发展,但是如何突破资源约束日益趋紧和环境承载超负荷的双重制约,同时肩负起推动现代农业发展和城乡融合的重任成为重要议题。

“都市农业”的概念由20世纪70年代美国经济学家正式提出,它是指地处都市及其延伸地带,紧密依托城市区位优势,进行集约化农业生产,为城市提供优质农副产品和良好生态环境,并具有休闲娱乐、旅游观光、教育和创新等多功能的现代农业^[1]。都市农业包括自然和经济活动,与资源环境承载力密切相关。一方面都市农业的发展受区域社会经济和资源环境的影响。都市农业的发展要依赖城市及其周边提供的土地、资本和劳动力等生产要素和环境才得以生存和发展,区域资源环境的变化决定了都市农业发展的规模、结构和发展水平。另一方面,都市农业的发展不仅将资源整合为城市提供农副产品,也具有调节城

¹ 收稿日期:2017-11-28;修回日期:2018-01-15

基金项目:国家自然科学基金青年基金(71704081);中国博士后科学基金面上项目(2017M621767);江苏省自然科学基金(BK20150681);江苏高校哲学社会科学项目(2014SJD072);南京农业大学基金项目(SKYC2017019、SKTS2017015、KJQN201850)

作者简介:黎孔清(1985~),女,博士,讲师,研究方向为资源与环境管理。E-mail:likq@njau.edu.cn

市气候、涵养水土、固氮释氧和科教观光等多种功能，对区域资源合理利用和环境改善起到了重要作用。城市及周边资源环境的破坏，会限制都市农业的发展，反之都市农业的无序发展也会对资源环境造成压力，都市农业发展与资源环境承载力相互依赖又相互作用不断协同演进。因此，揭示二者之间的耦合协同作用规律，对于城市化过程中合理调整和布局都市农业发展，解决城市的资源环境问题和统筹城乡发展都具有重要战略意义。

国内外学者对都市农业发展及资源环境承载力都进行了相关研究。关于都市农业的研究主要集中于都市农业的内涵、功能、发展方向和模式等定性研究。国外对都市农业的研究主要从粮食安全的角度进行，Dieleman^[2]构建了都市农业政策框架，从经济、生态、社会和象征维度分析了墨西哥都市农业发展。Miccoli等^[3]从食物供应的角度对都市农业的规划进行了分析。Campbell^[4]通过对政策文件分析和半结构式访谈，探讨了都市农业被纳入纽约粮食政策和可持续发展计划的原因。Matthew^[5]研究了城市农业如何应对城市的社会、生态和空间系统产生的重大影响。国内定量研究主要聚焦于都市农业发展水平和影响因素。徐慧慧^[6]采用综合分析法研究得出南京市都市农业发展水平一直处于上升状态。邓楚雄等^[7]利用层次分析法对上海都市农业可持续发展进行了综合研究，冯海建等^[8]应用灰色关联和耦合度模型研究了都市农业与城市化之间的关系。王岱等^[9]通过构建DSR评价模型分析了北京市都市农业影响因素的共栖关系和相互效应，说明了资源环境是制约北京都市农业发展的重要因素。关于资源环境承载力的研究近年来逐渐成熟，相关研究重点集中在资源环境承载力的内涵概念、评价指标体系、评价方法和不同区域和研究对象的评价实践等，主要评价方法有FAO的农业生态区域法、系统动力学法、生态足迹法、能值分析法等^[10-14]。但针对都市农业发展与资源环境承载力之间的定量关系和影响机制的研究还未见报道，本文拟科学构建都市农业发展与资源环境承载力评价指标体系，以南京市为例，通过测算2000~2015年南京市都市农业发展和资源环境承载力，并分析两者之间的耦合协调关系，探讨都市农业发展与资源环境承载力之间的相互作用规律，对推进都市农业的发展、解决城市发展中的资源和环境问题及促进区域可持续发展都具有重要的理论和实践意义。

1 研究方法数据来源

1.1 研究区域概况

江苏省作为我国经济大省和十大农业大省，其省会南京市一直在发展都市农业和生态农业上探索创新。南京市位于长江下游中部地区，是“一带一路”战略与长江经济带战略交汇的节点城市，也是重要的农业和商品粮基地。南京市地貌特征以低山缓岗为主，全市土地面积6587km²，截止2016年，乡村人口201.22万人，全市实现农业生产总值451亿元。南京市农业产业经过几十年的发展，逐渐从农区型农业、城郊型农业向都市农业过渡，农业发展已被纳入整个城市发展进程，并不断推动结构调整和功能完善，形成了以资源、环境、生态、经济和科技相协调发展为宗旨的可持续农业体系。

南京市依托现代化城市资源，形成了以生产功能为基础，服务和生态功能为拓展的可持续发展格局，积极发展科技型农业、生态景观型农业、体验参与型农业、旅游度假型农业和特色精品型农业等现代都市农业形态。目前，南京市都市农业主要分布在江宁、栖霞、浦口、雨花、大厂、高淳、六合、溧水，以及沿江的桥林、乌江、江心洲和八卦洲等区域。建成“菜篮子”基地1.33万hm²，叶菜自给率达到80%以上，花卉苗木交易额年均5亿多元。打造休闲农业景区250多个，国家级景区12个，包括高淳国际慢城、江宁台湾农民创业园、六合茉莉花村、溧水傅家边农业科技园等特色景区，2016年南京市休闲农业综合收入超过50亿元。

在南京市都市农业高速发展过程中也存在人地矛盾、农业科技含量低、资金投入不足、资源短缺和农业面源污染等一系列问题，成为制约南京都市农业持续发展和转型升级的瓶颈所在。因此，建立以资源环境承载力为基准，节约利用资源，保护产地环境，提升生态服务功能，构建人与自然和谐共生的都市农业发展新格局成为急需解决的问题。

1.2 体系构建

本文主要研究南京市都市农业发展与资源环境承载相互协调的关系，涉及到对都市农业发展和资源环境承载力两个体系的系统评价。都市农业具有生产、生活、生态三大功能，而其发展水平与都市社会经济环境以及农民的生活水平密切相关。在已有的研究中，指标体系的建立也主要围绕这些方面进行。张瑜^[15]从农业综合生产指标、农业社会服务指标、农业生态环境指标以及农业保障水平指标4个方面进行。果雅静等^[16]则从经济发展水平、社会发展水平、生态可持续发展水平3个方面对都市农业进行综合考量。综合前人研究和南京市发展特征，根据层次分析法，本文从农业生产性、社会性和生态性3个方面构建10个指标进行测算。

国内学者很早就开始了对资源环境承载力的研究，这一评价体系已经比较成熟，对其评价主要从资源和环境两个方面进行。资源承载力指区域的自然资源与社会资源对该区域人口基本生存及生产活动的支撑能力。从自然资源系统看，主要包括水、生物、气候、土地、矿产及自然旅游资源。从社会资源系统看，主要包括经济发展水平、社会教育资源、医疗保险资源及社会保障^[17]。环境承载力是指研究区域在一定时期内，在维持环境相对稳定的情况下，环境能够容纳的人口规模与经济规模的大小^[18]。结合相关资料和前人研究，根据南京市的现实状况，从资源和环境两个方面共选取14个指标进行测算(表1)。各指标权重由熵值法确定，熵值法是一种客观赋权方法^[19]，计算过程如下：

表1 都市农业发展与资源环境承载力指标体系

项目	一级指标	权重	二项指标	权重	方向
都市农业发 展水平 x	生产性指标 x_1	0.5154	农业总产值 x_{11} (万元)	0.1840	+
			农民人均纯收入 x_{12} (元)	0.1981	+
			单位面积农业机械总动力数 x_{13} ($10^4 \text{ kW} \cdot \text{h} / 10^3 \text{ hm}^2$)	0.0772	+
			有效灌溉率 x_{14} (%)	0.0561	+
	社会性指标 x_2	0.1604	农业服务业产值 x_{21} (万元)	0.1046	+
			城乡收入差距 x_{22}	0.0558	-
			人均公共绿地面积 x_{31} (m^2)	0.0955	+
	生态性指标 x_3	0.3242	农药使用强度 x_{32} ($\text{t}/10^3 \text{ hm}^2$)	0.0794	-
			化肥使用强度 x_{33} ($\text{t}/10^3 \text{ hm}^2$)	0.1121	-
			环境保护投资占GDP比重 x_{34} (%)	0.0372	+
			人口密度 y_{11} ($\text{人}/\text{km}^2$)	0.0049	-
	资源承载力 y_1	0.6225	全年供气(液化石油气)总量 y_{12} (t)	0.1407	+
			人均城乡居民生活用电 y_{13} ($\text{kW} \cdot \text{h}$)	0.0939	+
			人均地区生产总值 y_{14} (元)	0.1137	+
城市居民人均可支配收入 y_{15} (元)			0.1269	+	

资源环境承载力 y	人均执业(助理) 医师人数 y ₁₆ (人)	0. 101 0	+
	高等学校在校生人数 y ₁₇ (万人)	0. 041 4	+
	人均拥有道路面积 y ₂₁ (m ²)	0. 043 4	+
	人均拥有公共图书馆藏书量 y ₂₂ (册)	0. 141 9	+
	建成区绿化覆盖率 y ₂₃ (%)	0. 017 6	+
	人均拥有公共交通工具 y ₂₄ (标台)	0. 069 8	+
	工业固体废物综合利用率 y ₂₅ (%)	0. 014 1	+
	污水日处理能力 y ₂₆ (10 ⁴ t)	0. 040 9	+
环境承载力 y ₂ 0. 377 5	工业水复用率 y ₂₇ (%)	0. 049 9	+

(1)定义标准化。

$$Y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (1)$$

(2)指标信息熵值 e 和信息效用值 d。

$$e_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m (Y_{ij} \times \ln Y_{ij}), \quad d_j = 1 - e_j \quad (2)$$

(3)评价指标的权重 W。

$$W_j = d_j / \sum_{j=1}^n d_j \quad (3)$$

1.3 协调性模型

1.3.1 耦合度函数

耦合源自于物理学概念，指的是两个及以下的系统(或运动形式)通过某种途径而相互作用，相互影响的现象。耦合度就是

这种作用和影响程度的横梁标尺^[20]，其具体耦合公式如下：

$$C_n = \left\{ (u_1 \times u_2 \times \cdots u_n) / \prod (u_i + u_j) \right\}^{1/n} \quad (4)$$

根据耦合度函数推出都市农业发展与资源环境承载力耦合度模型如下：

$$C = \left\{ (f(x) \times g(y)) / \prod (f(x) + g(y)) \right\}^{1/2} \quad (5)$$

式中:C是耦合度,取值在[0, 1]之间,且随着数值的增大而使得耦合达到良性。f(x), g(y)分别代表都市农业发展和资源环境承载力两个系统。

1.3.2 协调发展函数

虽然耦合度C可以表示都市农业发展和资源环境之间的协调程度,但是单纯靠耦合度来分析判别可能会使得结论和实际情况不符合。当都市农业和资源环境承载力发展水平都较低时,两者协调度却很高,这显然不符合要求。因而构建都市农业发展与资源环境承载力的耦合协调度模型,即:

$$D = (C \times T)^{1/2}, \text{ 其中 } T = \alpha f(x) + \beta g(y) \quad (6)$$

式中:D为耦合协调度;T为都市农业发展和资源环境承载力综合协调指数,反映两者的整体水平对协调度的贡献;α、β为待定系数,分别表示都市农业发展和资源环境承载力的贡献系数。在实际计算中将α和β均赋值为0.5。

1.3.3 耦合协调度等级划分标准

按照廖重斌学者的研究^[21],耦合协调度等级将耦合协调度0~1划分为10个等级区间,每个区间代表一个协调等级,每个等级对应一类协调状态,形成连续的阶梯,更为直观地反映两个系统间的耦合发展程度。具体标准分类见表2。

表2 协调度等级划分

协调度	0~0.09	0.10~0.19	0.20~0.29	0.30~0.39	0.40~0.49
协调等级	极度失调	严重失调	中度失调	轻度失调	濒临失调
协调度	0.50~0.59	0.60~0.69	0.70~0.79	0.80~0.89	0.90~1.00
协调等级	勉强协调	初级协调	中级协调	良好协调	优质协调

1.4 数据来源及处理

本研究中的数据主要来源于江苏省统计年鉴(2001—2016)、南京市统计年鉴(2001—2016)，以及统计公报与各区县统计年鉴整理得出，选取 2000 年到 2015 年数据作为基础数据，并对数据进行无量纲标准化处理，公式如下：

$$x'_{ij} = \begin{cases} (x_{ij} - \min(x_{ij})) / (\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})), & x_{ij} \text{ 为正向指标} \\ (\max(x_{ij}) - x_{ij}) / (\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})), & x_{ij} \text{ 为负向指标} \end{cases} \quad (7)$$

最后得出都市农业发展与资源环境承载力的综合评价价值，计算公式如下：

$$P = \sum_{i=1}^n x'_{ij} W_j \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

式中:P 为综合评价价值; x'_{ij} 为指标因子第 i 年第 j 项指标标准化后属性值; W_j 为指标因子层第 j 项指标的最终权重值。

2 都市农业与资源环境承载力综合发展水平

2.1 南京市都市农业发展水平

根据前文构建的都市农业发展水平评价指标体系以及测算公式得出南京市都市农业发展总体水平与增长速度，各一级指标得分及占总评分比重。2000~2015 年南京市都市农业得分由 0.058 增长到 0.990，年均增长率为 20.84%，在因子层指标中生产性指标、社会性指标和生态性指标得分逐年增加，其中生产性指标和社会性指标占比逐年增加，生态性指标占比逐年降低。

根据表 3 和图 1 可知，2000~2015 年南京市都市农业发展水平一直处于上升态势。自 2000~2008 年南京市都市农业一直处于起步阶段，2013 年开始南京市都市农业才发展到较高水平。其中 2000~2006 年增长速度波动较大，2007~2015 年增长速度放缓，增长较为平稳。南京市在 1996 年“九五”计划中提出了发展都市农业，2001 年提出大力开发农业的“生产、生活、生态、服务”功能，着力推进都市农业多样化发展，南京市都市农业开始起步。2003 年国家全面推进农村税费改革，逐步废除农业税，恢复农民农业生产积极性，南京市都市农业发展水平增速达到最高。2004 年，南京市提出城市发展农业理念，二三产带动一产发展，都市农业得到持续推进。从 2005 年开始，南京市不断调整农业产业结构，稳步推进都市型现代农业快速发展。2010 年，南京市提出以改革创新为动力，释放都市现代农业发展活力。一方面农业生产效益和产业结构不断优化，农业生产总值由 2000 年的 106.34 亿元增加到 2015 年的 415.27 亿元，渔业产值占农业总产值的比重由 2000 年的 15.95% 增加到 2015 年的 21.02%，提高了 31.79%。另外高效设施农业和农业产业化发展步伐加快，农业技术和装备水平得到提高，农业生态和休闲功能全方位拓展。南京市都市农业发展总体空间布局优化，农业经营效益显著，优质农产品竞争力不断增强，农业可持续发展水平全面提升，都市休闲农业和生态农业发展逐渐成熟的基本特征。

表 3 2000 ~ 2015 年南京市都市农业发展水平

年份	生产性指标		社会性指标		生态性指标		都市农业 发展水平	增长速度
	综合得分	占比	综合得分	占比	综合得分	占比		

2000	0.004	0.069	0.003	0.052	0.051	0.879	0.058	-
2001	0.014	0.161	0.028	0.322	0.045	0.517	0.087	0.502
2002	0.050	0.515	0.014	0.144	0.034	0.351	0.097	0.119
2003	0.078	0.459	0.022	0.129	0.071	0.418	0.170	1.066
2004	0.092	0.434	0.037	0.175	0.084	0.396	0.212	0.054
2005	0.104	0.424	0.049	0.200	0.092	0.376	0.245	0.156
2006	0.139	0.384	0.060	0.166	0.162	0.448	0.362	0.477
2007	0.153	0.370	0.083	0.201	0.177	0.429	0.413	0.140
2008	0.172	0.366	0.093	0.198	0.205	0.436	0.470	0.139
2009	0.195	0.335	0.165	0.284	0.222	0.381	0.582	0.237
2010	0.223	0.353	0.171	0.271	0.236	0.374	0.631	0.084
2011	0.256	0.373	0.184	0.268	0.246	0.359	0.686	0.088
2012	0.307	0.394	0.204	0.262	0.268	0.344	0.779	0.135
2013	0.335	0.404	0.221	0.266	0.274	0.330	0.830	0.066
2014	0.391	0.425	0.242	0.263	0.287	0.312	0.920	0.109
2015	0.427	0.431	0.262	0.265	0.301	0.304	0.990	0.076

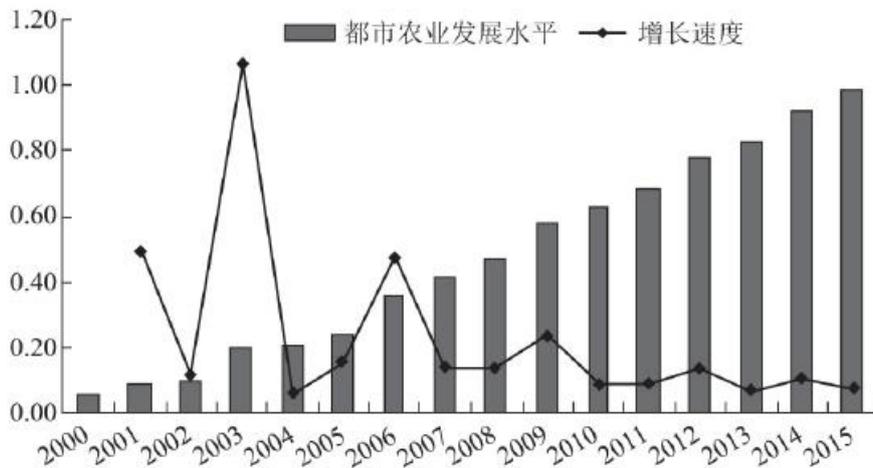


图1 2000~2015年南京市都市农业发展水平
Fig. 1 Development level of urban agriculture of Nanjing City from 2000 to 2015

2.2 南京市资源环境承载力综合水平

根据前文构建的南京市资源环境承载力指标体系以及测算公式，得出南京市资源承载力、环境承载力和资源环境承载力综合水平。2000~2015年南京市资源承载力由0.087上升至0.40，环境承载力由0.064上升至0.41，资源环境承载力综合水平由0.151上升至0.811，其中资源承载力和资源环境承载力综合水平近两年有所降低。

从表4和图2可以看出，2000~2015年南京市资源承载力、环境承载力和资源环境承载力综合水平均呈上升态势，年均增长率为12.83%。2000~2006年南京市资源环境承载力处于较低水平，2007~2012年有所提高，但综合承载力较为一般，2013~2015年综合承载力虽有所波动，但处于较高水平。其中资源承载力在波动中持续上升，2014和2015年有所回落。环境承载力呈稳定上升趋势，在2011年有所下降，随后持续稳定增长。总体来说，南京市作为长三角都市圈特大型城市，经济发展和城市化的推进伴随着资源约束和环境压力，但南京市资源环境系统所能承受人类各种社会经济活动的的能力在逐步提高。从2000~2015年南京市年末户籍人口由289.52万人增加到653.40万人，年增长率为5.58%。人均生产总值由2000年的1.85万元增加到2015年的11.82万元，人均可支配收入由0.82万元增加到4.61万元，居民社会经济水平逐步提高。人均耕地面积由2000年的0.071hm²降低到2015年的0.036hm²，人均水资源由2000年的390.72m³增加到2015年的707.07m³，资源压力较大但能够维持社会经济发展需求。生态环境方面，面临节能减排和环境改善压力，但绿色转型发展和生态文明建设成效显著。

表4 2000 ~ 2015年南京市资源环境承载力水平

年份	资源承载力	环境承载力	综合水平	年份	资源承载力	环境承载力	综合水平
2000	0.087	0.064	0.151	2008	0.256	0.288	0.544
2001	0.118	0.067	0.185	2009	0.296	0.302	0.598

2002	0.126	0.074	0.199	2010	0.334	0.327	0.661
2003	0.150	0.112	0.262	2011	0.378	0.292	0.670
2004	0.177	0.139	0.316	2012	0.434	0.318	0.751
2005	0.165	0.173	0.337	2013	0.498	0.328	0.826
2006	0.202	0.228	0.430	2014	0.375	0.378	0.754
2007	0.234	0.261	0.495	2015	0.400	0.410	0.811

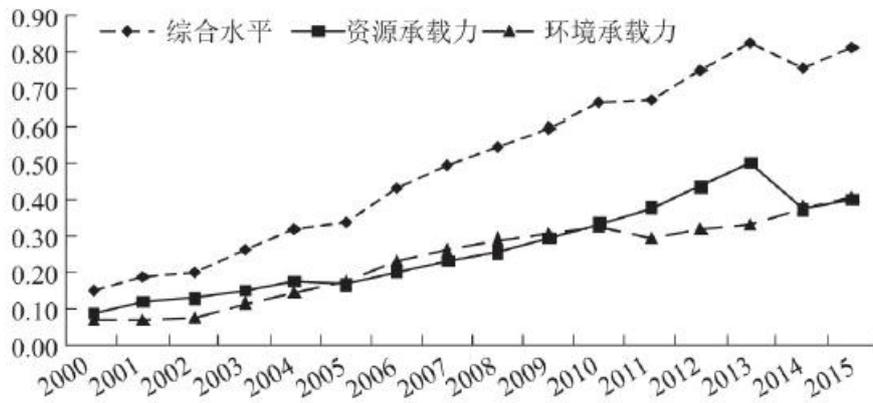


图 2 2000~2015 年南京市资源环境承载力水平

Fig. 2 Resources and environment carrying capacity of Nanjing City from 2000 to 2015

3 都市农业发展与资源环境承载力耦合协调性分析

3.1 耦合度及耦合协调度时序演变

根据表 5 可知, 2000~2015 年南京市都市农业发展和资源环境承载力在整体上均呈上升的趋势, 对两者的综合评价值进行相关性分析, Person 相关性系数高达 0.984, 存在显著相关性。从两者的线性拟合结果来看: 在拟合度精度高达 0.968 的情况下, 都市农业发展与资源环境承载力呈正相关, 资源环境承载力每提高 1 个百分点, 南京市都市农业综合评价值相应增加 0.746 个百分点。根据前文构建模型, 对 2000~2015 年南京市都市农业发展与资源环境承载力进行耦合度和耦合协调度测算, 结果如表 5。

表 5 2000 ~ 2015 年南京市都市农业发展与资源环境承载力耦合度及耦合协调度

年度	U_1	U_2	C	D	协调度等级
----	-------	-------	-----	-----	-------

2000	0.058	0.135	0.458	0.210	中度失调
2001	0.087	0.181	0.468	0.251	中度失调
2002	0.097	0.177	0.479	0.256	中度失调
2003	0.201	0.243	0.498	0.332	轻度失调
2004	0.212	0.298	0.493	0.355	轻度失调
2005	0.245	0.323	0.495	0.375	轻度失调
2006	0.362	0.450	0.497	0.449	濒临失调
2007	0.413	0.521	0.497	0.482	濒临失调
2008	0.470	0.556	0.498	0.506	勉强协调
2009	0.582	0.613	0.500	0.546	勉强协调
2010	0.631	0.678	0.500	0.572	勉强协调
2011	0.686	0.684	0.500	0.585	勉强协调
2012	0.779	0.763	0.500	0.621	初级协调
2013	0.830	0.840	0.500	0.646	初级协调
2014	0.920	0.767	0.498	0.648	初级协调
2015	0.990	0.826	0.498	0.673	初级协调

从表 5 和图 3 可知, 2000~2002 年耦合度从 0.458 增长到 0.479, 2003 年耦合度为 0.498 一直保持到 2008 年均高于 0.49, 2009~2013 年耦合度均为 0.50, 2014~2015 年耦合度保持在 0.498, 长期来看耦合度变化率非常小, 仅为 0.31%, 但并非逐年增加或者下降, 而是存在一些波动变化。表明都市农业发展与资源环境承载力相互耦合非常紧密, 但在不同时间段耦合强度和重点存在一定差异。

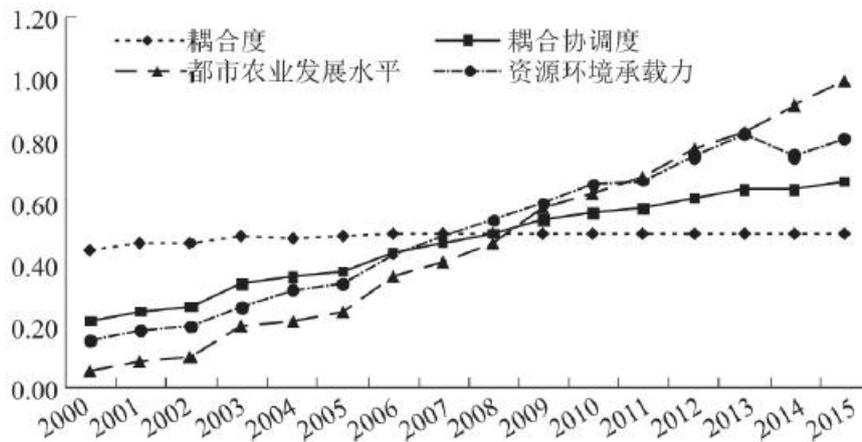


图3 2000~2015年南京市都市农业发展与资源环境承载力耦合度及耦合协调度

Fig. 3 Coupling and coupling coordination degree of urban agriculture development and resources and environment carrying capacity of Nanjing City from 2000 to 2015

根据测算结果显示,2000~2015年南京市都市农业发展与资源环境承载力耦合协调度处在0.210~0.673之间,整体呈上升态势,其耦合协调等级由中度失调转变为初步协调阶段:2000~2007年处于失调阶段,2008~2015年进入协调阶段。2008年是两系统耦合协调度转折点,2008年之前都市农业发展与资源环境承载力之间相互作用较弱,协调程度不高,主要是2008年以前都市农业发展处于起步阶段,资源环境承载力也较为一般,两者之间不能起到很好的促进作用,因而处于失调阶段;2008年之后由于受金融危机的影响,江苏省和南京市不断下发加快推进都市农业发展和资源节约与环境友好型社会建设等相关文件,加强了都市农业的支持力度、结构调整和发展规模,都市农业向市场化改革转型并得以迅速发展,其对城市发展和资源环境承载力的促进作用得到增强。同时,南京市严格实行资源节约集约利用政策,严格保护和修复生态环境,提高基础设施和社会公共服务水平,对都市农业的发展起到支撑作用。南京市经济发展指数、固定资产投资、居民生活水平、生态环境质量逐年攀升,在资源环境承载力得到提高的同时,也推动了都市农业的发展,两者协同效应增强并不断优化。2015年两者的系统耦合协调度达到0.673,进入初级协调水平,要达到优质协调还有极大的潜力可挖掘,南京市在促进都市农业发展与资源环境承载力协调上需持续努力。

3.2 耦合协调度类型

通过比较 U_1 与 U_2 ,可将南京市2000~2015年都市农业发展系统与资源环境承载力系统的耦合协调度分为3种类型: $U_1 < U_2$,都市农业发展滞后型,说明都市农业的发展对资源环境承载力的贡献小于资源环境承载力对都市农业发展的推动作用; $U_1 = U_2$,都市农业发展与资源环境承载力同步,这种状态比较少见; $U_1 > U_2$,资源环境承载力滞后型,说明资源环境承载力对都市农业发展的促进作用大于资源环境承载力对都市农业发展的贡献。由图3可知,2000~2010年,以及2013年, $U_1 < U_2$,这12a为都市农业发展滞后型,2011~2012年,2014~2015年这4a都市农业发展水平要高于同期资源环境承载力。这说明,目前南京市资源环境承载力与都市农业发展水平协调度不高,一定程度上限制了南京市都市农业的发展。这主要是因为都市农业发展早期,资源环境能够承载并促进都市农业的发展,但是当都市农业发展到较高水平时,出现资源约束日益趋紧和环境承载超负荷等问题,会限制都市农业的发展。南京市应该走创新型和生态型都市农业发展道路,通过科学规划、科技创新和绿色转型推动农业产业优化升级,提高都市农业对经济社会发展的支撑作用,保障资源环境可持续发展,因地制宜,统筹生产、生态和生活空间配置,重点打造“一环一带四区”农业格局,以绕越高速为环,向环内及环外区域辐射,打造沿江生态农业保育带、六合北部

绿色生态农业区、江宁南部高效设施农业区、丘陵特色农业区、两湖特色农业区等，加快要素资源集聚，优化农业产业结构调整，从而推动南京市都市农业向更高水平和质量迈进，促使都市农业发展与资源环境承载力耦合协调度向更高等级发展。

4 主要结论与政策建议

4.1 主要结论

(1) 2000~2015年南京市都市农业发展水平提升显著，从2000年的0.058增长到2015年的0.990，年均增长率为20.84%，2000~2008年南京市都市农业一直处于起步阶段，2013年开始南京市都市农业才发展到较高水平。2000~2015年南京市资源承载力、环境承载力和资源环境承载力综合水平均呈上升态势，年均增长率为12.83%。2000~2006年南京市资源环境承载力处于较低水平，2013~2015年综合承载力虽有所波动但处于较高水平。2000~2015年南京市都市农业发展与资源环境承载力呈正相关，资源环境承载力每提高1%，南京市都市农业综合评价价值相应增加0.746%。

(2) 2000~2015年南京市都市农业发展与资源环境承载力耦合度在0.458到0.50之间，耦合度变化率仅为0.31%，而耦合协调度以2008年为分界点，2000~2007年处于失调阶段，2008~2015年处于协调阶段，2015年南京市都市农业发展与资源环境承载力达到0.673，处于初级协调阶段，要达到优质协调还有很大潜力挖掘。2000~2010年，以及2013年，这12a为都市农业发展滞后型，2011~2012年，2014~2015年这4a都市农业发展水平要高于同期资源环境承载力，都市农业发展资源环境压力较大仍需转型升级。

4.2 政策建议

结合以上研究结论及南京市发展特点，提出以下几点建议：

(1) 立足资源环境基础，科学规划南京都市农业发展格局。

根据南京市资源环境承载力水平和社会经济发展规律，科学规划南京都市农业发展，建立与资源环境承载力相匹配、与生产生活生态相协调的现代都市农业发展格局。统筹生产、生态和生活空间配置，重点打造“一环一带四区”农业格局，并建立南京城东农业高科技孵化园区集群，合理布局绿色农业主导产业，开发生态旅游农业线路，从源头协调和优化南京都市农业与资源环境承载力关系，提高两者发展质量和协调度。

(2) 转变资源开发与环境保护模式，确保都市农业可持续发展。南京市资源环境承载力每提高1%，都市农业水平相应增加0.746%，近两年南京市资源环境承载力滞后于都市农业发展，迫切需要转变资源开发与环境保护模式，确保都市农业可持续发展。南京市应大力推进绿色转型发展和生态文明建设，节约集约利用土地和水资源，同时注重绿地、湿地和湖泊等生态功能区保护。基于自然资源和人文环境，建立城市林业、绿地和农业生态系统，发展多种形式生态休闲农业。

(3) 加大政策扶持力度，促进都市农业发展与资源环境承载力协同优化。

为解决南京市发展中的资源环境和都市农业发展问题，首先，必须建立最严格的资源节约集约利用和环境保护政策和监管措施，同时加大政策扶持力度提高南京市基础设施和公共服务水平。其次，加大政策导向力度，对于资源节约、环境友好、生态安全的农业生产技术和农业园区给予政策鼓励和经济补偿。最后，建立涉及生产生活绿色节能的管理考核责任制度，促进都市农业发展与资源环境承载力协同优化。

参考文献：

-
- [1] 陈旭铭. 广州发展建设城市垂直农场的前景探讨 [J]. 广东农业科学, 2012(17) : 229—232.
- CHEN X M. Prospect of the development and construction of urban vertical farm in Guangzhou [J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2012(17) : 229—232.
- [2] DIELEMAN H. Urban agriculture in Mexico City; balancing between ecological, economic, social and symbolic value [J]. Journal of Cleaner Production, 2017, 1: 156—163.
- [3] MICCOLI S, FINUCCI F, MURRO R. Feeding the cities through urban agriculture the community esteem value [J]. Agriculture & Agricultural Science Procedia, 2016, 8: 128 —134.
- [4] CAMPBELL L K. Getting farming on the agenda: planning, policymaking, and governance practices of urban agriculture in New York City [J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2016, 19: 295—305.
- [5] MATTHEW P. Scaling-up: an overview of urban agriculture in North America [J]. Sustainable Landscape Planning in Selected Urban Regions. Springer Japan, 2017, 1: 199—213.
- [6] 徐慧慧. 南京都市农业发展的实证研究 [D]. 南京农业大学, 2010.
- XU H H. Empirical studies on the development of nanjing urban agriculture [D]. Nanjing Agriculture University. 2010.
- [7] 邓楚雄, 谢炳庚, 吴永兴, 等. 上海都市农业可持续发展的定量综合评价 [J]. 自然资源学报, 2010, 25 (09) :1577—1588.
- DENG C X, XIE B G, WU Y X, et al. The quantitative & comprehensive appraisal of urban agricultural sustainable development in Shanghai [J]. Journal of Natural Resources, 2010, 25(09) : 1577—1588.
- [8] 冯海建, 周忠学. 城市化与都市农业功能交互耦合关系及时空特征分析 [J]. 地理与地理信息科学, 2014, 30 (06) :57—63.
- FENG H J, ZHOU Z X. Study on the relationship and spatialtemporal characteristics of interactive coupling between urbanization and urban agriculture function [J]. Geography and Geo-Information Science, 2014, 30(06) : 57—63.
- [9] 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 [J]. 地理研究, 2014, 33(09) : 1706—1715.
- WANG D, LIN X Q, LIU X, et al. Dynamic variation assessment and improvement strategies of urban agricultural sustainable development in Beijing at the County Level [J]. Geographical Research, 2014, 33(09) : 1706—1715.

-
- [10] 焦晓东, 尹庆民. 基于 PSO-PP 模型的江苏城市资源环境承载力评价 [J]. 水利经济, 2015, 33(02) : 19—23.
- JIAO X D, YIN Q M, Evaluation of carrying capacity of resources and environment in Cities of Jiangsu Province Based on PSO-PP Model [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2015, 33(02) : 19—23.
- [11] 封志明, 杨艳昭, 闫慧敏, 等. 百年来的资源环境承载力研究: 从理论到实践 [J]. 资源科学, 2017, 39 (3) : 379—395.
- FENG Z M, YANG Y Z, YAN H M, et al. A review of resources and environment carrying capacity research since the 20th century: from theory to practice [J]. Resources Science, 2017, 39(3) : 379—395.
- [12] 刘文政, 朱瑾. 资源环境承载力研究进展: 基于地理学综合研究的视角 [J]. 中国人口·资源与环境, 2017, 27(6) : 75—86.
- LIU W Z, ZHU J. Research progress of resources and environmental carrying capacity: from the perspective of the comprehensive study of geography [J]. China Population, Resources and Environment, 2017, 27(6) : 75—86.
- [13] 刘凯, 任建兰, 程钰, 等. 中国城镇化的资源环境承载力响应演变与驱动因素 [J]. 城市发展研究, 2016, 23(1) : 27—33.
- LIU K, REN J L, CHENG Y, at el. The evolution and driving factor of urbanization and resource environmental bearing capacity' s response in China [J]. Urban Development Studies, 2016, 23(1) : 27—33.
- [14] 杨潇. 湖北省各市(州)资源环境承载力评价与时空差异研究 [J]. 中国科技论坛, 2017, (4) : 148—156.
- YANG X. The evaluation of resource and environment carrying capacity in Hubei Province and temporal-spatial Differences [J]. Forum on Science and Technology in China, 2017, (4) : 148—156.
- [15] 张瑜, 苍巍巍, 李玉. 中国都市型现代农业发展水平评价研究 [J]. 商业经济, 2012, (17) : 1—2, 20.
- ZHANG Y, CANG W W, LI Y. The evaluation study of the development level of Chinese urban modern agriculture [J]. Business Economy, 2012, (17) : 1—2, 20.
- [16] 果雅静, 高尚宾, 吴华杰, 等. 都市型现代农业综合发展水平评价方法研究 [J]. 中国生态农业学报, 2008(02) : 495—501.
- GUO Y J, GAO S B, WU H J, at el. Evaluation method of integrated development of urban modern agriculture [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2008(02) : 495—501.
- [17] 王毅, 丁正山, 余茂军, 等. 基于耦合模型的现代服务业与城市化协调关系量化分析——以江苏省常熟市为例 [J]. 地理研究, 2015, 34(01) : 97—108.
- WANG Y, DING Z S, YU M J, at el. Quantitative analysis of the coordination relation between modern service

industry and urbanization based on coupling model: a case study of Changshu [J]. *Geographical Research*, 2015, 34(01) : 97-108.

[18] 孙平军, 丁四保, 修春亮. 北京市人口-经济-空间城市化耦合协调性分析 [J]. *城市规划*, 2012, 36(05) : 38-45.

SUN P J, DING S B, XIU C L. Analysis of the coordination of population-economy-space in Beijing [J]. *City Planning Review*, 2012, 36(05) : 38-45.

[19] 袁久和, 祁春节. 基于熵值法的湖南省农业可持续发展能力动态评价[J]. *长江流域资源与环境*, 2013, 22(02) : 152-157.

YUAN J H, QI C J. Dynamic assessment of regional agricultural sustainability of Hunan Province based on entropy method [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2013, 22(02) : 152-157.

[20] 姜磊, 周海峰, 柏玲. 长江中游城市群经济-城市-社会-环境耦合度空间差异分析 [J]. *长江流域资源与环境*, 2017, 26(5) : 649-656.

JIANG L, ZHOU H F, BAI L. Spatial differences in coupling degrees of economy, urbanization, social security and ecoenvironment in the Middle Reaches of Yangtze River [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2017, 26(5) : 649-656.

[21] 廖重斌. 环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系——以珠江三角洲城市群为例[J]. *热带地理*, 1999(02) : 76-82.

LIAO C B. Quantitative judgment and classification system for coordinated development of environment and economy—a case study of the city group in the Pearl River Delta [J]. *Tropical Geography*, 1999(02) : 76-82.