

中图分类号: R95 文献标志码: A 文章编号: 1006-4931(2023)18-0007-08
doi:10.3969/j.issn.1006-4931.2023.18.002



辽宁省生物医药产业创新生态系统发展现状及优化路径研究*

赵燕琳, 张 烁, 杨 莉[△]

(沈阳药科大学工商管理学院, 辽宁 沈阳 110016)

摘要:目的 为辽宁省生物医药产业创新生态系统的优化提供参考。方法 构建包含4个准则层(创新主体、创新投入力度、创新产出能力、创新环境)及24个指标层(企业数量、研发经费、当年专利申请数、公路密度等)的生物医药产业创新生态系统评价指标体系。基于我国29个省级行政区(未纳入西藏、青海及香港、澳门、台湾)2011年至2021年的相关统计数据,采用全局熵值法及障碍度模型,分析辽宁省生物医药产业创新生态系统发展现状及障碍因素,并探讨其优化路径。结果 辽宁省生物医药创新生态系统整体水平在纳入省级行政区中处于中下游,主要障碍因素为创新投入力度与创新环境,存在创新投入力度不足、创新环境较差、创新效率低、创新主体规模较小等问题。结论 可通过加大产业研发投入和技术创新型人才引进的力度,优化产业布局加强科技创新环境建设和科技创新成果转化能力等路径优化辽宁省生物医药产业创新生态系统。

关键词: 辽宁省; 生物医药产业; 创新生态系统; 发展现状; 障碍因素; 评价体系; 优化路径

Development Status and Optimal Path of Biopharmaceutical Industry Innovation Ecosystem in Liaoning Province

ZHAO Yanlin, ZHANG Shuo, YANG Li

(School of Business Administration, Shenyang Pharmaceutical University, Shenyang, Liaoning, China 110016)

Abstract: Objective To provide a reference for the optimization of biopharmaceutical industry innovation ecosystem in Liaoning province. **Methods** An evaluation indicator system of biopharmaceutical industry innovation ecosystem consisting of four criteria (innovation subject, innovation investment intensity, innovation output capacity, innovation environment) and 24 indicators (number of enterprise, research and development fund, number of patent application the same year, highway density) was constructed. Based on the relevant statistical data of 29 provincial - level administrative regions in China (excluding Tibet, Qinghai, Hong Kong, Macao and Taiwan) from 2011 to 2021, the development status and obstacle factors of biopharmaceutical industry innovation ecosystem in Liaoning province were analyzed by the overall entropy method and obstacle degree model, and the optimal path was explored. **Results** The overall level of the biopharmaceutical industry innovation ecosystem in Liaoning province was medium or lower in the included provincial - level administrative regions. The main obstacle factors were innovation investment intensity and innovation environment. There were problems such as insufficient innovation investment, poor innovation environment, low innovation efficiency and small scale of innovation subject. **Conclusion** We can optimize the biopharmaceutical industry innovation ecosystem in Liaoning province by increasing the investment in industrial research and development, increasing the introduction of technological innovation talents, optimizing the industrial layout, strengthening the construction of technological innovation environment and transformation of technological innovation achievements.

Key words: Liaoning province; biopharmaceutical industry; innovation ecosystem; development status; obstacle factor; evaluation system; optimal path

生物医药产业作为国家七大战略新兴产业之一,属国家重点扶持产业,随着生物技术的快速发展,生物医药市场在我国表现出强劲的增长态势。2019年、2020年、2021年,全国规模以上的生物医药制造企业营业收入分别为2 465亿元、2 811亿元、5 802亿元,较上一年分别增长3.89%、14.04%、106.40%,增速较快,是促进我国经济高质量发展的新引擎。在生物医药产业高速发

展的背景下,辽宁省积极响应国家政策,相继出台《辽宁省促进医药产业健康发展实施方案》《服务医药产业高质量发展若干措施》等多项相关政策,支持省内生物医药产业创新发展,推动辽宁省医药产业升级。但受到经济、科技创新能力的制约,辽宁省医药产业的发展速度十分有限,且未能保持连续增长趋势。2019年、2020年、2021年,辽宁省省级规模以上的医药制造企业

* 基金项目:2022年度辽宁省科学事业公益研究基金(软科学研究计划)[2022JH4/10100068];2021年度辽宁省社会科学规划基金[L21BGL054];2022年度辽宁省教育厅基本科研项目[LJKFR20220260]。

第一作者:赵燕琳,女,在读硕士研究生,研究方向为医药产业政策,(电子信箱)1403972732@qq.com。

[△]通信作者:杨莉,女,博士,副教授,研究方向为医药产业政策、药品监管科学,(电子信箱)yanglishanxi@126.com。

营业收入分别为550亿元、493亿元、566亿元。创新生态系统相较传统创新系统更关注创新要素与创新环境之间的物质、信息交流,为推动产业高质量发展提供了新的方向和思路^[1]。本研究在现有创新生态系统研究的基础上,结合生物医药产业特点,构建相应评价指标体系,结合全局熵值法与障碍度模型,分析辽宁省生物医药产业创新生态系统的发展现状及存在的问题,并提出针对性的优化建议。

1 创新生态系统研究概述

2004年,创新生态系统概念由美国竞争力委员会提出^[2],此后,许多学者开始研究并从不同角度赋予其更丰富的内涵。目前,学界对创新生态系统的研究主要分为理论与实践评价两方面。

理论研究:黄鲁成^[3]从技术角度入手,认为其是指在一定时空内,创新主体在创新环境中通过创新物质、信息和能力相互交流而形成的系统;刘雪芹等^[4]提出,其由创新组织、创新环境、创新主体之间的要素交流构成;杨荣^[5]将其定义为一个由创新个体、创新组织、创新环境等要素组成的动态开放性系统。上述研究均表明,创新主体与创新环境是创新生态系统的关键要素。

实践评价:学者根据研究对象的特点,构建相应的评价指标体系,提出的模型也是多种多样,形式不一。目前,关于生物医药产业创新生态系统发展状况综合评价研究较少,但关于区域或高技术产业技术创新生态系统评价的文献大量涌现。吴菲菲等^[6]以高技术产业为评价对象,结合创新四螺旋研究,基于产业运营、研发创新、创新支持及政策驱动4个子系统构建高技术产业创新生态系统有机性评价模型;孙琪^[7]基于熵值法和优劣解距离(TOPSIS)法构建的区域产业技术创新生态系统评价模型包含企业、高校、科研机构、经济环境及技术环境5个一级指标和20个二级指标,并以浙江省为例进行了实证分析;张贵等^[8]从创新主体、创新资源及创新环境3个方面构建区域创新生态系统生态位适宜度评价指标体系,对我国30个省级行政区(未纳入西藏及香港、澳门、台湾)的创新生态系统适宜度水平进行检测。

2 方法与结果

2.1 评价指标体系构建

综合前述研究结果,可认为创新生态系统是一个在一定时空范围内,创新主体之间及创新主体与创新环境之间通过信息交流、物质循环等方式进行相互作用所形成的动态系统,包括而不同于传统创新系统中从创新投入到创新产出的过程。本研究中借鉴现有关于创新与创新生态系统的评价指标体系^[7-10],结合生物医药产业,从创新主体、创新投入力度、创新产出能

力、创新环境4个方面构建区域生物医药产业创新生态系统评价指标体系(该体系的目标层即“生物医药产业创新生态系统综合评价”),并遵循科学、可及与稳健的指标遴选原则,共纳入24个具体指标(见表1,其中正表示指标与创新生态系统发展呈正相关)。

表1 生物医药产业创新生态系统评价指标体系

Tab. 1 Evaluation indicator system of biopharmaceutical industry innovation ecosystem			
准则层	指标层	标号	指标方向
创新主体(A)	企业数量	A ₁	正
	有研发活动企业数量	A ₂	正
	研发机构数量	A ₃	正
	高等学校数量	A ₄	正
	医疗机构数量	A ₅	正
	临床试验机构数量	A ₆	正
创新投入力度(B)	研发经费	B ₁	正
	研发经费占营业收入的比重	B ₂	正
	新产品研发经费投入	B ₃	正
	技术改造经费支出	B ₄	正
	研发人员	B ₅	正
	研发活动人员折合全时当量	B ₆	正
创新产出能力(C)	当年专利申请数	C ₁	正
	有效发明专利数	C ₂	正
	新产品销售收入	C ₃	正
	产业销售利润	C ₄	正
创新环境(D)	公路密度	D ₁	正
	互联网宽带接入端口量	D ₂	正
	教育支出/地区财政支出	D ₃	正
	每10万人高等学校平均在校生数	D ₄	正
	按目的地和货源地划分进出口总额	D ₅	正
	技术市场成交额	D ₆	正
	银行业金融机构各项存款余额	D ₇	正
	银行业金融机构各项贷款余额	D ₈	正

创新主体:与传统制造业不同,生物医药产业非常重视创新主体的形成与规模。该产业由生物技术产业与医药制造业构成,属技术密集型和创新驱动型产业,创新是其高质量发展的核心推动力。其产业创新均直接或间接来源于高等学校、科技企业、研发机构、政府等创新主体。因此,评价区域生物医药产业创新生态系统需考虑地区创新主体的数量与规模。

创新投入力度:创新是一个需要创新主体消耗大量物力、财力及人力的过程,投入力度的大小能体现产业开展创新活动的意愿与能力以及区域生物医药产业创新资源投入情况。创新活动的充分投入是其开展的条件和基础。

创新产出能力:该指标能反映一个区域创新活动

取得的研究成果和经济效益的能力,体现创新活动在一定时期内实现的创新量。创新产出的增加会提高企业效益,创新收益会激励企业参与新一轮的创新投资,从而产生新的创新成果^[11]。在我国,一般用专利相关数据、新产品销售收入、净资产收入等指标衡量高科技产业。

创新环境:良好的创新环境往往能形成创造性的氛围,更有助于创新活动、创新思想的实施与产生。还能在一定程度上吸引人才、资金等创新资源,从而减少企业或其他主体的创新成本。本研究中借鉴《中国区域创新能力报告》中的区域创新环境指标体系,结合产业特点,将区域创新环境划分为基础设施环境、人文教育环境、市场环境及金融环境4个子环境,以表1中8个指标综合评价区域创新环境情况。

2.2 体系指标权重设置

在现有高技术产业创新生态系统及区域创新能力评价等相关文献中,多数学者对高技术产业/区域的评价方法大致可包括主观赋权法和客观赋权法。为保证指标权重值的客观性,选择客观赋权法中的熵值法计算区域生物医药产业创新生态系统综合得分,并结合障碍度模型,分析辽宁省生物医药产业创新生态系统发展情况,探索主要障碍因子。

全局熵值法:该法结合了全局思想和传统熵值法,将截面数据与历史数据相结合,构建评价模型,计算综合得分,评价我国区域生物医药产业创新水平。具体计算步骤如下。

1)若需 n 个评价指标对 T 年中的 m 个地区进行综合评价,通过数据收集可知,每年均会得到1张截面数据表^[12],将 T 年形成的 T 张截面数据表按时间顺序从上到下依次排列,从而构成一个全局熵值法评价矩阵: $X = (X_1, X_2, X_3, \dots, X_t)$, $X_T = X_{ij}(t)$,其中 $X_{ij}(t)$ 表示第 t 年第 i 个地区的第 j 项指标(下同), $1 \leq t \leq T, 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n$ 。

2)由于全局熵值评价矩阵中的数据在量纲、计算单位等方面存在较大差异,为确保评价结果的准确性,不能直接计算。本研究中的评价指标均为正向指标,根据下列公式对数据进行归一化处理, $X'_{ij}(t) = (x_{ij} - \min x_{ij}) / (\max x_{ij} - \min x_{ij}) \times 99 + 1$ 。

3)所占比重、信息熵、客观权重及综合评价得分的计算。计算第 t 年第 j 个指标下第 i 个地区在该指标中所占的比重 $f_{ij}(t)$, $f_{ij}(t) = x'_{ij}(t) / \sum_{i=1}^m x'_{ij}(t)$;计算第 j 个指标的信息熵(E_j), $E_j = -k \sum_{i=1}^m f_{ij}(t) \times \ln f_{ij}(t)$ (其中 $k = 1 / \ln m$);计算各指标的客观权重(w_j), $w_j = (1 - E_j) / (n -$

$\sum_{i=1}^n E_j)$ [其中 $(1 - E_j)$ 是第 j 个指标的差异性系数,该值越大表示第 j 个指标越重要];计算综合评价得分(Z_i),

$$Z_i = \sum_{j=1}^n w_j x'_{ij}(t)。$$

障碍度模型:利用该模型可计算特定区域生物医药产业创新生态系统影响指标的障碍度大小,其中障碍度的大小与制约生物医药产业创新生态系统发展的阻力大小呈正相关。根据下列公式进行计算。因子贡献度(F_i) = $w_i \times P_{ij}$;指标偏离度(I_i) = $1 - x_{ij}$ 。其中, w_i 为第 i 个指标的权重; P_{ij} 为第 i 个指标所属的第 j 个准则层的权重; x_{ij} 为数据归一化后的指标数值。 $O_i = (F_i \times I_i) / \sum_{i=1}^m (F_i \times I_i)$, $U_j = \sum O_{ij}$ (O_i, U_j 分别为指标 i 、准则层 j 对区域生物医药产业创新生态系统发展的障碍度)。

2.3 数据来源与处理

本研究中选择我国境内29个省级行政区(未纳入西藏、青海及香港、澳门、台湾)2011年至2021年面板数据(主要各年度的《中国统计年鉴》《中国高科技产业统计年鉴》《中国火炬统计年鉴》及国家统计局资料等官方统计文件)为研究对象,结合全局熵值法、聚类分析及障碍度模型多种方法,采用SPSSAU软件处理数据,全面评价生物医药产业创新生态系统发展情况。

2.4 综合评价结果

2.4.1 全局熵值法结果分析

24个具体指标中,所占权重超过5.0%的指标有8个,均对区域生物医药产业创新生态系统影响较显著。此外,评价指标体系准则层权重由大至小依次为创新环境、创新投入力度、创新产出能力、创新主体。详见表2。

表2 评价体系各指标的信息熵和权重

Tab. 2 Information entropy and weight of various indicators in evaluation system							
指标	信息熵	指标权重	准则层权重	指标	信息熵	指标权重	准则层权重
A ₁	0.954	0.028 7	0.183 3	C ₁	0.922	0.048 4	0.222 1
A ₂	0.945	0.034 3		C ₂	0.917	0.051 6	
A ₃	0.922	0.048 3		C ₃	0.890	0.068 2	
A ₄	0.975	0.015 5		C ₄	0.913	0.053 9	
A ₅	0.966	0.021 1		D ₁	0.972	0.017 6	0.300 7
A ₆	0.943	0.035 4		D ₂	0.952	0.029 7	
B ₁	0.904	0.059 5	0.293 9	D ₃	0.985	0.009 5	
B ₂	0.976	0.015 0		D ₄	0.979	0.013 1	
B ₃	0.900	0.061 8		D ₅	0.871	0.080 1	
B ₄	0.882	0.073 5		D ₆	0.869	0.081 2	
B ₅	0.935	0.040 1		D ₇	0.942	0.036 0	
B ₆	0.929	0.044 0		D ₈	0.946	0.033 5	

29个省级行政区的生物医药产业创新生态系统综合评价得分见表3(其中排名为2021年排名)、图1、图2;根据2019年至2021年的综合得分进行K-均值聚类划分为5类(见表4)。整体来看,10年间,各省级行政区的生物医药创新生态系统综合评价得分均不同程度升高,表明参评省域相应系统整体水平有所提升,但省域间综合得分存在差异。东部地区的生物医药产业创新生态系统整体发展水平一直较高,中部地区次之,而西部地区最低,东北地区则略高于西部地区大部分省域;此外,东部地区和其他地区的得分差距均较大。其中,江苏、广东、山东三省的生物医药产业创新生态系统

发展较好,而新疆、内蒙古、宁夏三地较差,与东部沿海省域差距悬殊。辽宁省尽管在东北地区的得分最高,但在纳入的省级行政区中排第17位。被划分为第Ⅳ类,且10年间的综合得分均低于平均值,表明其整体水平长期处于我国中下游,生物医药产业创新生态系统水平有待提高,其4个准则层均有较大的提升空间,应重点关注权重较大的指标及准则层的成长情况。

2.4.2 障碍度模型结果分析

指标层障碍因子:10年间,辽宁省生物医药产业创新生态系统排名前5的指标层主要障碍因子及其障碍度结果见表5(均从左到右降序排列)。

表3 29个省级行政区生物医药产业创新生态系统综合得分及排名(分)

Tab.3 Comprehensive score and ranking of biopharmaceutical industry innovation ecosystem in 29 provincial – level administrative regions (point)																									
地区	年份											排名	地区	年份											排名
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021			2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
江苏	26.69	33.28	35.18	40.68	42.04	44.48	44.95	45.64	51.40	58.53	74.30	1	重庆	6.83	8.55	9.46	10.17	10.53	10.92	11.46	12.16	12.95	13.98	15.92	16
广东	23.08	27.26	29.61	31.28	32.62	34.46	36.77	40.07	45.54	52.18	62.92	2	辽宁	8.06	9.53	9.71	10.51	10.12	10.78	11.39	11.80	12.59	13.30	15.84	17
山东	22.54	28.56	32.11	35.32	37.54	39.80	40.18	41.07	41.60	48.86	62.02	3	陕西	6.74	8.02	8.52	9.17	9.77	10.40	10.57	11.09	12.28	14.05	15.80	18
浙江	21.21	27.37	26.94	28.80	30.55	30.71	30.95	31.11	35.30	39.97	49.06	4	吉林	7.16	9.40	9.36	8.48	9.38	9.64	9.37	9.24	9.36	10.34	11.93	19
北京	14.26	16.20	17.72	19.23	19.79	21.38	22.76	23.89	26.47	28.70	44.26	5	云南	5.61	6.77	7.30	7.83	8.10	8.48	8.88	9.15	9.45	10.23	11.36	20
四川	7.83	11.40	12.27	15.17	16.29	16.94	18.61	20.92	23.90	28.40	31.25	6	广西	6.5	6.96	6.83	6.87	7.06	7.41	7.42	7.46	8.09	9.03	11.24	21
湖北	10.4	13.25	14.08	16.74	17.04	17.28	18.39	18.99	21.07	24.38	28.48	7	贵州	4.53	5.15	5.59	6.34	6.82	8.11	8.67	9.20	10.34	10.49	10.73	22
河南	10.99	12.42	13.58	14.66	15.81	17.23	17.98	18.78	20.57	23.16	27.73	8	山西	6.23	6.70	6.98	7.79	7.83	7.91	8.34	8.74	9.17	9.86	10.51	23
上海	13.72	17.99	15.51	16.75	16.84	17.60	18.46	19.36	21.26	22.71	27.59	9	黑龙江	7.28	8.00	7.89	7.84	7.39	7.17	7.27	7.30	7.57	8.04	9.54	24
安徽	8.86	11.16	11.98	13.02	14.11	15.94	17.01	18.67	20.25	22.66	26.89	10	甘肃	3.69	4.47	4.58	5.04	5.07	5.66	5.82	5.97	6.16	6.78	7.42	25
湖南	10.27	13.39	15.20	16.02	17.00	16.35	16.92	17.25	18.22	20.04	23.50	11	海南	3.69	5.55	5.41	5.15	5.32	5.57	5.45	5.53	5.58	6.06	7.14	26
河北	9.71	11.31	12.03	13.26	14.14	14.95	16.03	16.68	17.13	19.31	22.56	12	新疆	3.01	3.90	3.95	4.26	4.46	4.20	4.81	5.43	5.82	5.66	6.02	27
江西	6.89	8.24	8.76	9.61	10.31	12.16	13.51	14.94	16.48	18.74	22.10	13	内蒙古	3.36	3.52	3.97	4.53	4.76	4.66	4.85	4.91	5.03	5.74	5.79	28
福建	7.75	9.55	10.03	10.13	10.48	10.80	11.36	11.86	13.21	14.76	17.68	14	宁夏	2.46	2.87	3.24	3.71	3.60	3.27	3.42	3.32	3.89	4.05	4.17	29
天津	10.8	11.69	12.77	13.31	12.34	13.20	12.59	12.46	12.55	14.19	16.79	15	̄	9.66	11.81	12.43	13.51	14.04	14.74	15.32	15.97	17.35	19.45	23.47	

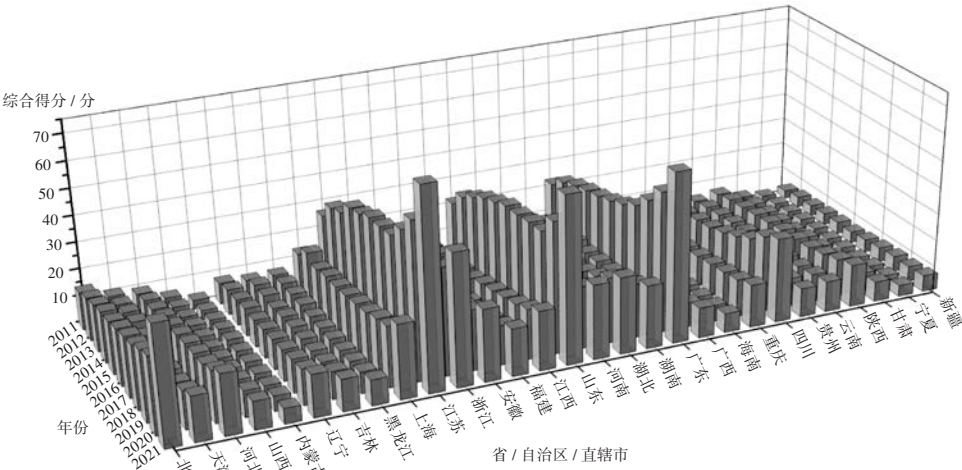


图1 2011年至2021年我国29个省级行政区生物医药产业创新生态系统综合得分

Fig.1 Comprehensive score of biopharmaceutical industry innovation ecosystem in 29 provincial – level administrative regions in China from 2011 to 2021

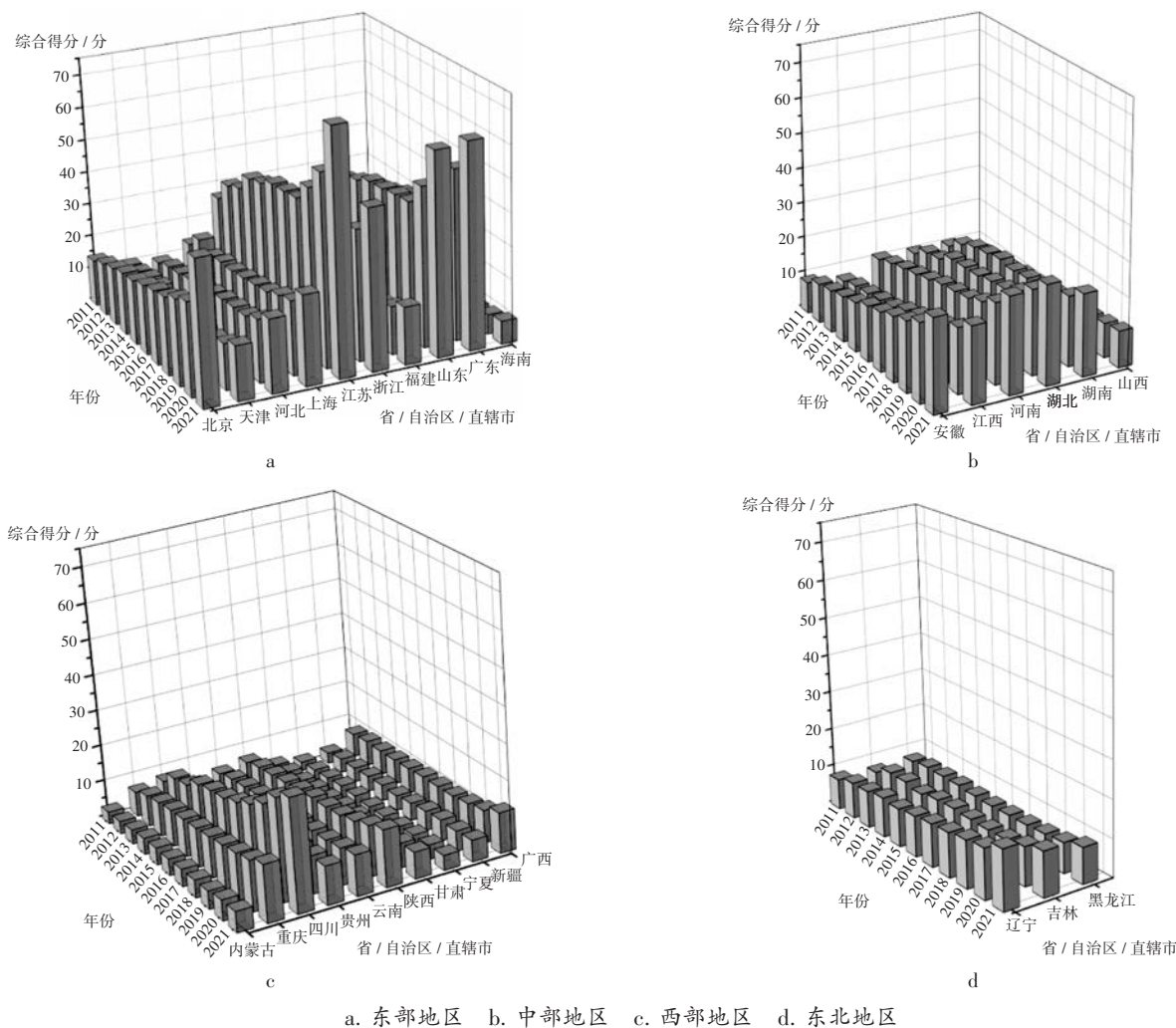


图2 2011年至2021年各地区生物医药产业创新生态系统综合得分
a. Eastern region b. Central region c. Western region d. Northeast region

Fig. 2 Comprehensive score of biopharmaceutical industry innovation ecosystem in various regions from 2011 to 2021

表4 29个省级行政区生物医药产业创新生态系统评价分类
Tab. 4 Classification of biopharmaceutical industry innovation ecosystem evaluation in 29 provincial – level administrative regions

分类	省 / 自治区 / 直辖市	分类	省 / 自治区 / 直辖市
I类	江苏、山东	IV类	天津、河北、辽宁、福建、江西、重庆、陕西
II类	浙江、广东	V类	山西、内蒙古、吉林、黑龙江、广西、海南、
III类	北京、上海、安徽、河南、 湖北、湖南、四川		贵州、云南、甘肃、宁夏、新疆

10年间,阻碍辽宁省生物医药产业创新生态系统发展的指标主要集中在创新投入力度和创新环境,包括技术市场成交额、地区进出口总额、技术改造经费支出、新产品研发经费投入等。10年间,辽宁省指标层的主要障碍因子的障碍度和排名未发生大幅变化,仅技术改造经费支出项指标微弱下降,排名从第3降至第4。准则层障碍因子分析:结果见表6。可知,4个准则层障碍度变化波动均不大,但创新投入力度障碍度出现微弱降低趋势,创新产出能力障碍度出现微弱升高

表5 2011年至2021年辽宁省生物医药产业创新生态系统指标层
主要障碍因子及其障碍度

年份	障碍因子[障碍度(%)]				
2011	D ₆ (8.98)	D ₅ (8.60)	B ₄ (8.58)	C ₃ (7.53)	B ₃ (6.92)
2012	D ₆ (8.90)	D ₅ (8.68)	B ₄ (8.43)	C ₃ (7.80)	B ₃ (6.93)
2013	D ₆ (9.16)	D ₅ (8.72)	B ₄ (8.58)	C ₃ (7.66)	B ₃ (6.74)
2014	D ₆ (9.10)	D ₅ (8.70)	B ₄ (8.52)	C ₃ (7.73)	B ₃ (6.72)
2015	D ₆ (8.76)	D ₅ (8.53)	B ₄ (8.46)	C ₃ (7.68)	B ₃ (6.82)
2016	D ₆ (8.72)	D ₅ (8.54)	B ₄ (8.25)	C ₃ (7.58)	B ₃ (6.85)
2017	D ₆ (8.72)	D ₅ (8.48)	B ₄ (8.18)	C ₃ (7.54)	B ₃ (6.88)
2018	D ₆ (8.62)	D ₅ (8.37)	B ₄ (8.03)	C ₃ (7.47)	B ₃ (6.87)
2019	D ₆ (8.56)	D ₅ (8.33)	B ₄ (8.27)	C ₃ (7.29)	B ₃ (6.83)
2020	D ₆ (8.47)	D ₅ (8.38)	B ₄ (8.19)	C ₃ (7.45)	B ₃ (6.78)
2021	D ₆ (8.45)	D ₅ (8.38)	C ₃ (7.60)	B ₄ (7.49)	B ₃ (6.85)

表 6 2011 年至 2021 年辽宁省生物医药产业创新生态系统准则层障碍度(%)

Tab. 6 Obstacle degree of criteria of biopharmaceutical industry innovation ecosystem in Liaoning province from 2011 to 2021 (%)

排名	障碍因子	年份										
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	创新投入力度	32.92	32.45	32.31	32.01	32.38	31.72	31.92	31.72	31.92	31.61	31.06
2	创新环境	28.80	28.63	28.84	28.58	27.79	28.10	28.40	28.57	28.48	28.32	28.71
3	创新产出能力	22.73	23.22	22.84	23.27	23.55	23.81	23.54	23.38	23.31	23.90	24.29
4	创新主体	15.55	15.70	16.00	16.14	16.28	16.37	16.14	16.33	16.29	16.17	15.94

趋势,而创新环境、创新主体障碍度发展较稳定。10年间创新投入力度障碍度始终最大,均超过30%,即对辽宁省生物医药产业创新生态系统制约性最强,创新环境次之,再次为创新产出能力,创新主体影响最小。可见,创新投入力度是制约辽宁省生物医药产业创新生态系统发展最主要的因素。

3 讨论

3.1 存在的问题

创新投入力度不足:本研究结果显示,创新投入力度的障碍度最大,表明其为制约辽宁省生物医药产业创新生态系统发展最主要的系统因素。创新投入是企业或其他主体为开展创新活动而消耗的创新资源数量,与创新产出呈正相关,增加创新投入力度能带来更多的创新产出,从而提高企业的经济效益,在创新收益的激励下,企业会进行新一轮的创新投资,进而再次获得创新收益,如此反复,最后带动产业整体创新水平提高^[11]。创新投入被视为推动创新发展的重要动力源泉。辽宁省在生物医药产业的创新投入力度不足,主要表现为研发和技术改进经费不足,科研人员缺失,制约了生物医药创新的高质量发展。2021年的高技术产业统计结果显示,辽宁省医药制造业新产品开发经费支出为128 756.3万元,居全国中游水平),且仅占居全国之首的江苏省(2 389 693.2万元)的5.39%,且江苏省医药制造业的研发人员数量是辽宁省的7.7倍;辽宁省医药制造业技术改造经费支出为40 823.4万元,仅占山东省(329 368万元,排名第1位)的12.39%。

创新环境整体较差:创新环境障碍度排第2,且其技术市场成交额与进出口总额的障碍度在指标层中较高,可见其重要性。良好的创新环境能吸引创新资源的集聚,降低企业或其他主体的创新成本,因此,创新环境的优劣是企业的重点考察对象。辽宁省创新环境的不足之处主要表现为区域技术市场发展程度较低,市场规模较小,对外开放程度较低,影响了区域科技创新及转化能力,导致生物医药产业发展相对落后。以技术市场为例,江苏省2020年拥有45家国家技术转移机构,约为辽宁省(16家)的2.8倍。较差的创新环境会导

致区域人才、资金、技术、信息等生产要素外溢,产业规模扩张难度高、产业链条缺失,无法形成良好的产业集聚效应,最终限制产业的创新能力。

创新效率不高:10年间,各准则层的障碍度未明显波动,但可以看出,创新投入力度与创新产出能力的障碍度呈相反发展态势(两者理论上应呈正相关),而本研究中的创新投入力度障碍度呈微弱下降态势,创新产出能力障碍度呈微弱上升态势,表明辽宁省生物医药产业的创新效率不高,创新资源投入与创新产出不匹配。创新效率与企业的创新积极性密切相关,较低的创新效率意味着企业可能正面临经济损失,会打击企业创新的积极性与意愿,可能停止或减少新一轮的创新投入,形成恶性循环,最终导致产业创新发展缓慢甚至停滞不前,制约产业高质量发展。

创新主体规模有待提高:创新主体障碍度相对较小,但其发展仍有较大提升空间。据统计,2021年的中国医药工业百强企业榜单中,辽宁省仅有沈阳三生制药有限责任公司(排名第49)与东北制药集团股份有限公司(排名第57)入围。此外,2019年,我国生物药品工业企业主营业务收入前100强中,辽宁省仅有沈阳三生制药有限责任公司(排名第3)、辽宁成大生物股份有限公司(排名第16)、艾美汉信疫苗(大连)有限公司(排名第66)入围;我国生物药品工业企业利润总额前100强中,辽宁省仅有沈阳三生制药有限责任公司(排名第5)、辽宁成大生物股份有限公司(排名第8)、艾美汉信疫苗(大连)有限公司(排名第39)、珍奥集团股份有限公司(排名第68)、科兴(大连)疫苗技术有限公司(排名第91)入围。综上可知,辽宁省生物医药产业集群的规模较小,且以中小企业为主,只有沈阳三生制药有限责任公司、辽宁成大生物股份有限公司等极少数企业进入我国生物医药产业前列,省内缺少综合实力强劲的龙头企业拉动产业发展。

3.2 系统优化路径

加大产业研发投入,加强技术创新型人才引进:生物医药产业的研发创新不仅需要大量的创新型人才,还具有周期长、风险高、资金需求大等特点,因此,

资金支持与高水平人才在生物医药创新中占有举足轻重的地位。而现阶段辽宁省存在明显的研发资金不足、人才流失严重等问题,创新资源无法大量汇聚。一方面,辽宁省应加大科技创新研发投入力度,如增加生物医药专项创新资助基金额度,改进创新资金投入方式,引导金融资金与企业资金的投入,优化科研创新经费的支出结构,提高资金利用率,以缓解创新资金短缺的现象。另一方面,辽宁省应加大人才引进力度,不断完善创新型人才激励机制,政府可与生物医药产业的各大企业联合制订相应的人才战略计划,保障技术创新型人才的住房、落户、医疗、子女入学等现实需求,从而吸引国内外高技术人才的加入。以四川省成都市为例,其出台的《促进成都生物医药产业高质量发展若干政策》采取了根据科研进度分段资助的方式,资助金额为300万元~2 000万元,鼓励生物医药企业勇于创新,此外,“千人计划”“蓉漂计划”等平台为四川省生物医药产业贡献了一大批高端人才,极大地推动了四川省生物医药创新发展。总之,辽宁省应依托国家“振兴东北老工业基地战略”及生物医药产业高速发展的战略机遇,出台更具优势的创新政策及人才引进文件,积极解决创新投入力度不足的问题,推动生物医药产业高质量发展。

以政府为引导,加强科技创新环境建设:创新活动离不开良好的创新环境,后者是生物医药产业创新生态系统发展的重要保障,而政府的支持是建设创新环境的必要条件。政府是促进生物医药产业创新发展的重要主体之一,负责协调资源配置,为产业发展提供各种政策服务。生物医药产业属战略新兴产业,对政府的依赖度较高,需要政府发挥引导作用。2022年,江苏省为优化产业创新环境出台了《关于持续优化营商环境促进生物医药产业提速畅通高质量发展的若干措施》,包含政务服务、规范市场、鼓励创新等多个方面的内容^[13],进一步加强科技环境建设,为江苏省生物医药产业发展保驾护航。建议辽宁省政府充分发挥引导作用,主要通过出台相应的产业规划及政策文件,优化产业结构,进一步加强市场监管力度,营造规范化的市场环境 with 法制环境;还应加强知识产权保护力度,健全科研诚信体系,重视科技创新和自主研发,建立多元化创新平台,优化产业营商环境与创新氛围,激发企业的创新热情。

优化产业布局,加强科技创新成果转化能力:创新效率是阻碍辽宁省生物医药产业创新生态系统发展的重要因素之一,专业的生物医药产业园区能汇聚产业发展所需的资金、人才、技术等创新资源,是提高产业创新效率,加强科技创新成果转化能力的重要方式。但现阶段辽宁省生物医药产业园区存在规模较小、企业

结构重复、凝聚力较弱、产学研结合度不高等问题,无法满足生物医药技术研发需求^[14]。建议辽宁省从政府层面统筹规划生物医药产业布局,发挥地方优势,形成各具特色的生物医药产业园区,同时,还应重视品牌建设,完善相应的配套设施,实现产业升级,进而扩大生物医药产业规模。辽宁省应继续保持以沈阳、大连、本溪、锦州生物医药产业基地为重点产业集聚区,鼓励周边城市参与生物医药产业链,实现多点支撑的产业发展格局,以提高辽宁省生物医药产业的稳定性与竞争力;此外,还应建立健全产学研合作平台,鼓励企业与医药高校、科研机构开展学科合作,实现优势互补,从而加强生物医药创新成果转化能力。

制订产业专项政策,壮大中小企业规模:生物医药的创新过程耗资巨大,且时间漫长,往往由综合实力较强的医药企业完成,而辽宁省生物医药企业规模较小,以中小型企业为主,创新能力偏弱,一定程度上制约了生物医药产业的创新发展。因此,壮大和培育医药企业成为推动省内生物医药产业高质量发展的必经之路。近年来,江苏、上海、福建、广东、四川等地相继出台有关生物医药产业的专项政策,对产业发展有着明确的目标与规划,随着政策的实施,产业规模得到进一步扩大,而辽宁省生物医药产业在制订有关专项政策方面仍处于落后阶段。辽宁省生物医药产业要实现规模扩大可借鉴其他省份的发展经验,建议政府因地制宜地制订生物医药产业专项政策,加大财税、人才、金融等政策向生物医药产业的倾斜度,如关于生物医药产业的税收优惠政策、生物医药产业营商环境优化政策、生物医药科技创新成果转化的激励政策等,加大金融支持力度,降低中小企业的经营成本,提高运营效率,引导中小型企业转型升级,同时鼓励省内较大规模的企业通过兼并重组等方式进一步扩大企业规模。

参考文献

- [1] 王宏起,汪英华,武建龙,等. 新能源汽车创新生态系统演进机理——基于比亚迪新能源汽车的案例研究[J]. 中国软科学,2016(4):81-94.
- [2] 李万,常静,王敏杰,等. 创新3.0与创新生态系统[J]. 科学学研究,2014,32(12):1761-1770.
- [3] 黄鲁成. 区域技术创新生态系统的特征[J]. 中国科技论坛,2003(1):23-26.
- [4] 刘雪芹,张贵. 创新生态系统:创新驱动的本质探源与范式转换[J]. 科技进步与对策,2016,33(20):1-6.
- [5] 杨荣. 创新生态系统的界定、特征及其构建[J]. 科学与管理,2014,34(3):12-17.
- [6] 吴菲菲,童奕铭,黄鲁成. 中国高技术产业创新生态系统有机性评价——创新四螺旋视角[J]. 科技进步与对策,2020,37(5):67-76.