

【区域高质量发展】

# 基于熵权TOPSIS模型的区域农业碳中和能力 评价研究\*

李铜山 王艳蕊

**摘要:**区域农业碳中和能力的评价和提升,是实现碳中和目标的重要组成部分。基于碳中和能力评价指标体系,运用熵权TOPSIS法对我国各个省(区、市)2008—2020年农业碳中和能力进行研究分析,结果显示:对我国农业碳中和能力影响最大的因素是草地与农地的固碳能力,特别是内蒙古等草原地区以及山东、河南等农业大省;省(区、市)间发展不平衡问题较多,碳源方面的地区差异显著。为提升区域农业碳中和能力,应提高已有资源效率、加大清洁能源使用、构建完善的绿色产业链、因地制宜地加强科技支撑、制定并完善与农业碳中和相关的法规制度和技术标准,全力推进不同区域碳中和能力的协调发展。

**关键词:**区域农业;碳中和;评价指标体系;熵权TOPSIS法

**中图分类号:**F302.5 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-5766(2022)03-0092-07 **收稿日期:**2022-01-25

\***基金项目:**国家社会科学基金项目“新发展阶段中国农业压舱石作用的应然体现、实然考察及强化策略研究”(21BJY023);河南省高等学校哲学社会科学基础研究重大项目“农业压舱石作用的理论诠释、实证透析与践行策略研究”(2021-JCZD-24);河南工业大学教育科学“十四五”规划2021年度重点项目“河南省高校服务黄河流域高质量发展政策支持体系研究”(2021JKZD01)。

**作者简介:**李铜山,男,河南工业大学粮食产业经济研究院博士生导师(郑州 450001)。

王艳蕊,女,河南工业大学经济贸易学院硕士生(郑州 450001)。

2021年3月,国家召开的中央财经政策委员会第九次会议提出,我国的目标是到2030年实现碳排放峰值,到2060年实现碳中和,这是中共中央经过深思熟虑作出的重大战略决策,事关中华民族永续发展和人类命运共同体建设。2021年,在全国政协十三届四次会议上,碳中和首次被写入政府工作报告。2022年1月,国家发展和改革委员会资源节约和环境保护司的专题会议指出,要处理好多方面多维度关系,多方协调不断进行碳中和工作。在我国政府的重视下,我国农业也迎来了低碳化可持续发展阶段,其中,区域农业碳中和能力的持续提升,是我国实现碳中和目标的关键环节之一。

## 一、文献综述

农业碳中和是指农业系统在一定区域内,不断提高其固碳能力,从而抵消自身产生的碳排放,并达到一种相对“零排放”的状态。从宏观视角讲,农业碳中和既是过程,也是方法,还是目标。农业碳中和是我国总体碳中和的重要组成部分,区域农业碳中和能力直接关系到我国农业碳中和的总体水平。

近年来,对不同区域农业系统碳中和的测算和评价研究主要有:以1995—2008年为研究时序,从

4个方面综合分析湖南省碳源与碳汇的变化情况(陈秋红,2012);构建对农业体系碳源、碳汇的水平测度体系,并利用该体系对浙江省农业体系进行实证分析,从而提出主要的影响因素和趋势变化(张大东、张社梅,2012);构建属于当地的碳中和测度体系,并对南通地区90多户村民走访问卷获得农村能源消费的实际调研数据,研究其碳中和情况(姚晓曼、邢红,2018);对2019年黑龙江省农业碳排放与碳固定情况进行估算,分析黑龙江省农业碳中和现状以及碳中和的优势和不足,并提出实现碳中和的建议(董文军、孟英等,2021)。

熵权TOPSIS法的研究方面:使用熵权TOPSIS法对区域工业绿色制造水平做出评价(王鸣涛、叶春明,2020);采用熵权TOPSIS法对人工智能概念股数据进行研究,衡量和评价其差异性和变化趋势(禹春霞、满茹等,2020);通过建立熵权TOPSIS多因子选股模型对所选因子进行客观赋权,进行综合投资价值评价,决策出最佳投资方案(张业涌、刘育林,2021);运用熵权TOPSIS法对西南地区农业经济发展的整体状况进行赋权,然后从农业经济总体、农业经济、农业生态、农业社会4个不同的维度,对西南地区5个省(区、市)农业经济发展水平进行评价(梁晏铭、赵佳丽,2021)。

由上可知,国内关于农业碳中和的相关研究取得了一些成果,但还有许多可以改进的地方。大多

数已有文献对于农业碳中和的测算主要聚焦在某个农村地区,或对于我国省(区、市)的具体碳源碳汇进行测算,利用农业碳中和综合研究各个省(区、市)的还较为缺乏。已有的文献大多是定性研究,定量层面的实证研究以及数理分析比较缺乏,实证分析研究还处于初步发展阶段。综合评价方法的熵权TOPSIS法虽然在各个领域应用广泛,但在农业碳中和的应用较为缺乏。因此,本文首先构建农业碳中和能力的评价指标体系,然后运用熵权TOPSIS法对我国31个省(区、市)2008—2020年农业碳中和能力进行研究分析,发现存在的问题并提出具体的对策建议。

## 二、指标体系的构建及数据来源

本文基于构建的农业系统碳中和能力评价指标体系对我国31个省(区、市)农业碳中和能力进行评价测度,碳中和能力评价指标选取和数据来源如下。

### 1. 农业系统碳中和能力测算

从碳源碳汇两大方面考虑对各地区农业碳中和综合能力构成评价指标体系(共14个细分指标),如表1所示。碳汇方面分别是农地(2个指标)、园地(1个指标)、草原(1个指标)、湿地(1个指标),碳源方面分别是农业能源(2个指标)、农业投入品(3个指标)、农作物生产(1个指标)、畜禽饲养(2个指

表1 农业系统碳中和能力评价指标体系

一级	二级	三级	核算公式	指标属性
碳汇	农地	农地土壤固碳潜力	耕地面积 $\times 892.07\text{kg}(\text{hm}^2)^{-1}\text{y}^{-1}$	正向
		农地植被固碳潜力	碳吸收率 $\times$ 产量/经济系数 作物主要包括稻谷、小麦、玉米、大豆、薯类、其他豆类、高粱、谷子、棉花、油菜籽、花生、蔬菜、糖料、芝麻、麻类、烟叶	正向
	园地	果园	$7.262\text{t}(\text{hm}^2)^{-1}\text{y}^{-1}\times$ 园地面积	正向
	草原	草原	草原面积 $\times 1.3\text{t}(\text{hm}^2)^{-1}\text{y}^{-1}$	正向
	湿地	湿地	湿地面积 $\times 3.95\text{t}(\text{hm}^2)^{-1}\text{y}^{-1}$	正向
碳源	农业能源	农用柴油	柴油使用量 $\times 2.73\text{kgL}^{-1}/0.84\text{kgL}^{-1}$	负向
		农业用电	总电量 $\times 0.785\text{kgkw}^{-1}\text{h}^{-1}$	负向
	农业投入品	农药	$(4.4+4.6+4.8)\times$ 总使用量	负向
		化肥	$(6.44+0.08+5.33)\times$ 总使用量	负向
		农膜	$(0.4+4.6+4.8)\times$ 总使用量	负向
	农作物生产	稻田	$1.8\text{kg}(\text{hm}^2)^{-1}\text{d}^{-1}\cdot\text{t}\cdot$ 年收获面积 $\cdot 10^{-6}\cdot 21\text{t}$ ;早稻为105天、中稻和一季晚稻为122天、双季晚稻为110天	负向
	畜禽饲养	畜禽废弃物	$(\text{猪数量}\times 5+\text{牛数量}\times 4+\text{羊数量}\times 0.20)\times 21$	负向
		牲畜肠道	猪数量 $+ \text{牛数量}\times 53.2+\text{羊数量}\times 5$	负向
秸秆燃烧	秸秆燃烧	水稻产量 $\times 40\times 83\times 41+$ 小麦产量 $\times 40\times 83\times 49+$ 玉米产量 $\times 2\times 40\times 40\times 47+$ 薯类产量 $\times 40\times 45\times 42+$ 油料产量 $\times 2\times 40\times 45\times 45+$ 糖类产量 $\times 40\times 15\times 45)\times 44/12$	负向	

标)、秸秆燃烧(1个指标)。本文用表1所示的评价指标体系评价我国各省(区、市)的碳中和能力,并阐述测算方法及基础数据。

2.数据来源

将我国31个省(区、市)作为研究对象,选取时去除香港、澳门和台湾3个地区。本文各项基础统计数据来自于2008—2020年中国农业部、国家林业局、中国国家统计局、水利部、中国气象局、中国海关、中国国家粮食局等部门的统计数据。

三、基于熵权TOPSIS方法的农业碳中和能力评价指标体系

1.熵值法确定指标权重

熵被用于计算系统中的无序程度,熵值可以用于表示该碳中和能力指标体系的各项指标的有效性和重要程度。熵值与指标的有效性、重要程度成反比,因此,可以利用熵值法计算指标权重,然后进行TOPSIS法分析。由于农业系统碳中和能力评价指标中有负向指标,所以需要先对其进行逆向化处理。

一是标准化处理。

$$正向指标 X_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}} \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

$$逆向指标 X_{ij} = \frac{\max x_{ij} - x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}} \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

二是计算指标比重。

$$P_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^n X_{ij}} \quad (j=1, 2, \dots, m)$$

三是计算指标熵值。

$$E_{ij} = -\frac{1}{\ln m} \left( \sum_{j=1}^m P_{ij} \ln P_{ij} \right) \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

四是计算差异系数。

$$D_{ij} = 1 - E_{ij} \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

五是计算熵权。

$$W_{ij} = \frac{D_j}{\sum_{j=1}^m D_j} \quad (j=1, 2, \dots, m)$$

从碳中和的碳汇方面看,表2的三级指标中排名第一的是草原,总权重为28.60%,主要分布在北方、东北及西南等地区,对于提升我国的碳中和能

力起到关键作用。农地总权重为20.13%,占比较大,各个省(区、市)要不断改善农地的使用效率,既要满足粮食作物的基本供给,又要发展有地理标志性的特色产品,从而实现帕累托改进。此外,还有一部分主要分布在沿河流域、沿海地区的湿地。

从碳中和的碳源方面看,主要体现在两方面:农业投入品和畜禽饲养。一方面,农药、化肥以及农膜排名分别是第7位、第13位和第12位,说明农业系统已依赖于农药、化肥以及农膜的使用,进一步加剧了碳排放。另一方面,畜禽废弃物占2.76%,排名第8位,牲畜肠道占比4.14%,排名第6位,说明畜禽碳排放量是农业碳源的主要途径,为减少碳源、提高碳中和能力,饲养应努力实现规模化、标准化、机械化。农业能源方面占比较小,说明目前农业系统机械化、数字化水平较低。以数字农业助推我国农业高质量发展,是现代农业发展的重大战略性工程,未来农业发展应与数字、高科技相挂钩,加大农业科技的研发和应用,特别是低碳技术的使用,在此基础上进行生产标准化、程序化处理,使生产效率大大提高、生产质量大大改善。

表2 熵值法计算权重结果汇总

一级	二级	三级	权重(%)	排名
碳汇	农地	农地土壤固碳潜力	9.82	5
		农地植被固碳潜力	10.31	4
	园地	果园	12.25	3
	草原	草原	28.60	1
	湿地	湿地	16.14	2
碳源	农业能源	农用柴油	1.93	11
		农业用电	1.64	14
	农业投入品	农药	3.54	7
		化肥	1.80	13
		农膜	1.82	12
	农作物生产	稻田	2.72	9
	畜禽饲养	畜禽废弃物	2.76	8
		牲畜肠道	4.14	6
秸秆燃烧	秸秆燃烧	2.54	10	

2.TOPSIS法综合评价各个省份碳中和能力

TOPSIS法是利用上面熵权法得出的具有具体权重的指标体系对我国31个省(区、市)的碳中和能力进行排序,具体操作过程如下:

一是确定理想解。

$$X_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}} \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

$f_j^+ = \max f_{ij}$ , 故正理想解为  $f^+ = (f^{1+}, f^{2+}, f^{3+}, \dots, f^{m+})$   
 $f_j^- = \min f_{ij}$ , 故负理想解为  $f^- = (f^{1-}, f^{2-}, f^{3-}, \dots, f^{m-})$   
 二是计算欧氏距离。

$$\text{正理想解 } S_j^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^m (f_{ij} - f_j^+)^2} \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

$$\text{负理想解 } S_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^m (f_{ij} - f_j^-)^2} \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

三是计算各种指标与理想解的贴近程度C值。

$$C_j = \frac{S_j^-}{S_j^+ + S_j^-} \quad (j=1, 2, \dots, m)$$

通过上述实证分析,对我国31个省(区、市)的碳中和能力计算相对接近度C(2008—2020年的平均值)并进行排名。从总体上看,内蒙古自治区在31个省(区、市)中碳中和能力最高,其次是西藏藏族自治州、新疆维吾尔自治区和青海省;而排名倒数的地区依次为宁夏回族自治区、海南省、天津市、上海市,北京市碳中和能力最低。由表3可知,内蒙古自治区、西藏藏族自治州、新疆维吾尔自治区、青海省、河南省和山东省是我国碳中和能力排名前6位的省级区域,究其原因是因为内蒙古自治区、新疆维吾尔自治区、青海省和西藏藏族自治州是我国

的草原大省,地广人稀,草原碳汇在我国对于减少温室气体总量以及发展碳中和有十分重要的作用,而河南省和山东省是我国的农业大省,得分排名倒数后5位的基本为东部经济发达地区,如天津市、上海市和北京市;碳中和能力最强的为内蒙古自治区,最弱的为北京市,两者相对接近度C相差约104倍,我国省份间农业碳中和能力具有不均衡性。

从相对接近度C看,农业碳中和能力一共可以分为5个阶段,相对接近度C大于等于0.5为深绿阶段,相对接近度C在0.4到0.5之间的为中绿阶段,相对接近度C在0.3到0.4之间的为浅绿阶段,相对接近度C在0.2到0.3之间的为微绿阶段,相对接近度C在0.2以下为初绿。从表3可以看出,内蒙古自治区、西藏藏族自治州和新疆维吾尔自治区的碳中和能力最强,处于深绿阶段;青海省、河南省、山东省和四川省碳中和能力较强,处在浅绿阶段;江苏省、湖南省、甘肃省等6个地区处在微绿阶段;其他地区在低碳农业发展方面有很大的提升空间,处于最后的初绿阶段,具体内容见表3。由表3可知,各地区的农业碳中和能力有明显的地区不均衡特征。处于微绿及以下的地区农业碳中和能力较差,在技术支撑结合政策扶持下,农业绿色发展会更快更好。

表3 熵权TOPSIS法计算各地区C值、排名及阶段

省份	C值	排名	阶段	省份	C值	排名	阶段	省份	C值	排名	阶段
内蒙古	0.729	1	深绿	江苏	0.228	11	微绿	江西	0.11	21	初绿
西藏	0.664	2	深绿	湖南	0.225	12	微绿	陕西	0.106	22	初绿
新疆	0.604	3	深绿	甘肃	0.208	13	微绿	山西	0.09	23	初绿
青海	0.385	4	浅绿	湖北	0.199	14	初绿	重庆	0.082	24	初绿
河南	0.345	5	浅绿	云南	0.198	15	初绿	浙江	0.081	25	初绿
山东	0.341	6	浅绿	安徽	0.174	16	初绿	福建	0.067	26	初绿
四川	0.312	7	浅绿	广西	0.16	17	初绿	宁夏	0.039	27	初绿
广东	0.28	8	微绿	吉林	0.148	18	初绿	海南	0.02	28	初绿
河北	0.277	9	微绿	辽宁	0.14	19	初绿	天津	0.016	29	初绿
黑龙江	0.232	10	微绿	贵州	0.137	20	初绿	上海	0.012	30	初绿
								北京	0.007	31	初绿

由表4和表5可以看出,内蒙古自治区、西藏藏族自治州、青海省和新疆维吾尔自治区的草原碳吸收能力最强,分别为10244.58、10666.75、4728.07和7443.64,是由于这4个省区的面积占总面积前四且拥有广阔的草原;山东省和河南省的指标2即农地植被固碳潜力优势最大,分别为15283.24、16445.07;内蒙古自治区、西藏藏族自治州、青海省、新疆维吾尔自治区和山东省的指标11

即稻田对于碳中和能力的影响最弱,在1以下,甚至西藏藏族自治州和青海省接近于零,这是因为这5个地区地理位置在北方地区,稻田种植相对较少,由此产生的甲烷排放更少,从而对农业碳中和的影响很小。相对接近度C排名后几位的地区大部分位于东部发达地区,天津市、海南省、宁夏回族自治区的农地植被固碳潜力对农业碳中和的影响最大,而农业用电和化肥产生的碳排放有较大

表4 排名前五地区的碳中和能力分项指标

单位:10<sup>4</sup>t

	内蒙古		山东		河南		西藏		青海		新疆
指标 11	0.74	指标 11	0.52	指标 11	2.85	指标 11	0.00	指标 11	0.00	指标 11	0.22
指标 8	32.33	指标 13	25.27	指标 13	34.55	指标 8	0.99	指标 8	1.70	指标 8	30.12
指标 13	66.61	指标 8	157.75	指标 8	141.31	指标 10	1.83	指标 3	5.23	指标 13	49.33
指标 3	71.39	指标 4	212.94	指标 10	148.68	指标 3	3.05	指标 10	7.23	指标 12	101.33
指标 10	93.39	指标 10	260.35	指标 5	248.02	指标 6	12.35	指标 6	21.13	指标 10	254.48
指标 12	137.96	指标 12	337.78	指标 6	316.55	指标 14	17.62	指标 13	41.49	指标 6	276.90
指标 6	253.83	指标 6	410.80	指标 3	328.39	指标 7	22.77	指标 1	52.64	指标 1	467.41
指标 7	731.62	指标 3	438.04	指标 12	449.29	指标 13	38.00	指标 7	58.88	指标 3	659.53
指标 1	827.02	指标 1	676.97	指标 4	576.39	指标 1	39.61	指标 9	65.18	指标 14	917.10
指标 14	1840.77	指标 5	686.31	指标 1	723.67	指标 9	52.14	指标 12	68.01	指标 7	1000.88
指标 5	2374.19	指标 14	3218.40	指标 7	2929.62	指标 12	61.67	指标 14	103.10	指标 5	1559.54
指标 9	2461.25	指标 7	3497.96	指标 14	4215.82	指标 2	141.33	指标 2	708.02	指标 9	2941.17
指标 2	5320.54	指标 9	4513.67	指标 9	7678.80	指标 5	2578.96	指标 5	3216.72	指标 2	5926.76
指标 4	10244.58	指标 2	15283.24	指标 2	16445.07	指标 4	10666.75	指标 4	4728.07	指标 4	7443.64

注:指标 1 到 14 分别代表农地土壤固碳潜力、农地植被固碳潜力、果园、草原、湿地、农用柴油、农业用电、农药、化肥、农膜、稻田、畜禽废弃物、牲畜肠道、秸秆燃烧。

表5 排名后五地区的碳中和能力分项指标

单位:10<sup>4</sup>t

	北京		天津		上海		海南		宁夏
指标 11	0.00	指标 11	0.25	指标 13	0.43	指标 11	1.98	指标 11	0.28
指标 13	0.55	指标 13	1.89	指标 11	0.48	指标 13	3.20	指标 8	3.00
指标 8	2.97	指标 8	2.76	指标 8	3.65	指标 8	27.25	指标 13	12.54
指标 12	4.14	指标 6	6.50	指标 12	9.20	指标 10	29.97	指标 10	16.06
指标 6	5.53	指标 10	7.37	指标 3	9.51	指标 12	30.51	指标 12	26.91
指标 10	7.41	指标 3	17.43	指标 4	9.53	指标 6	48.75	指标 6	69.55
指标 14	16.54	指标 4	19.06	指标 10	12.61	指标 1	64.44	指标 3	76.03
指标 5	19.00	指标 12	19.60	指标 1	17.09	指标 14	73.24	指标 5	81.84
指标 1	19.06	指标 1	38.97	指标 14	47.11	指标 4	123.47	指标 1	115.07
指标 3	30.86	指标 5	116.76	指标 6	47.45	指标 5	126.40	指标 7	131.88
指标 4	51.33	指标 14	129.83	指标 9	81.77	指标 3	129.55	指标 14	194.09
指标 9	72.29	指标 9	181.31	指标 5	183.52	指标 7	164.85	指标 4	391.83
指标 2	173.71	指标 7	321.85	指标 2	347.32	指标 9	504.81	指标 9	451.49
指标 7	544.01	指标 2	587.22	指标 7	8533.74	指标 2	718.86	指标 2	970.78

注:指标 1 到 14 分别代表农地土壤固碳潜力、农地植被固碳潜力、果园、草原、湿地、农用柴油、农业用电、农药、化肥、农膜、稻田、畜禽废弃物、牲畜肠道、秸秆燃烧。

改善空间,也存在较大的挑战;北京市和上海市的农业用电相对于其他分项指标挑战较大;北京市和上海市的农业用电相对于其他分项指标较高,这是由于这两个地区农业科技含量高、信息化水平高。无论是前 5 名还是后 5 名地区,都存在分项能力发展不平衡的现象,所以在协调各地区发展的同时,也应兼顾各分项能力的均衡发展。

#### 四、结论与建议

基于对 2008—2020 年我国 31 个省(区、市)农业碳中和能力的实证研究,可以得到以下结论。第一,对我国农业碳中和能力碳汇方面影响最大的是草原与农地,其次是分布在沿河流域、沿海地区的

湿地,果园占比最小。第二,影响我国农业碳中和能力碳源方面最大的是农业投入品,其次是畜禽饲养、农业能源的使用、农作物生产和秸秆燃烧。第三,农业碳中和能力高的地区依次是内蒙古自治区、西藏自治区、新疆维吾尔自治区、青海省、河南省、山东省,而农业碳中和能力较弱地区依次是宁夏回族自治区、海南省、天津市、上海市和北京市。各个省(区、市)之间存在的差距说明,我国区域间的农业碳中和能力具有明显的不均衡性。第四,处于农业碳中和能力最强、标识为深绿阶段的地区分别是内蒙古自治区、西藏自治区、新疆维吾尔自治区;处于农业碳中和能力较强、标识为浅绿阶段的地区,分别是青海省、河南省、山东省和四川省;江苏省、湖南省、甘肃省等6个地区处在微绿阶段;其余的地区都处于初绿阶段。第五,无论是排名前5名的或排名倒数5名的地区,由于自然条件不同,在农业碳中和能力方面存在分项不均衡发展特点。草原大省的草原影响最强、农业大省的农地优势较大、北方城市的稻田的甲烷排放较少、发达地区农业用电指标相对较高。

根据上述研究结论,并结合我国31个省(区、市)农业碳中和的实际发展状况,提出以下5点建议。

#### 1.提高已有资源效率并增加清洁能源使用

一方面,改善土壤质量,提高农地固碳潜力。科学合理地开展轮作,进行保护性耕作,做好土壤修复改良。通过使用新肥料以及先进的施肥技术,减少肥料数量的使用,抑制土壤有机质的分解,从而减少碳排放,增强土壤的碳吸收能力,提高农业碳中和能力。例如,黑龙江省农作物种植面积大,秸秆量也大,可将大量的秸秆直接还田或作为有机肥还田,增加土壤有机质来源量,从而增强土壤碳汇。另一方面,对能源结构进行优化升级。逐渐减少农用柴油的使用,优化农业能源结构。增加太阳能、核能、海潮能等清洁能源的替代性使用,加快秸秆沼气、沼气集中供气等新技术的示范推广,积极构建清洁能源与绿色农业相结合的新发展格局。同时,各地还应根据本地优势,选择清洁能源并进行相关政策的规划与落实,真正做到农业能源结构的不断优化升级。

#### 2.构建完善的绿色产业链

一方面,加速绿色产业链构建进程。按照《“十

四五”全国农业发展规划》的要求,加快农业全面绿色转型,构建低碳环保农业产业链。各地应从自身优势出发构建完善绿色产业链,建立健全农业绿色产业链循环体系,促进碳循环。将种植、加工、包装、运输、销售与消费等多个环节统筹考虑,实现产业链条一体化融合,并在产业链各个环节遵守绿色化原则,增强低碳、环保、节约等新要求。另一方面,夯实绿色产业链的保障设施。例如,在农业种植方面,将焚烧农作物秸秆改为回收综合利用;在畜禽养殖方面,将牲畜粪便转化为天然有机肥。构建绿色低碳农业产业链,以资源循环利用实现农业产业链各个环节资源的充分利用,减少碳源增加碳汇,从而实现农业碳中和能力的提升。例如,四川省宜宾市在酿酒专用粮生产基地周围发展生态养殖业,同时为了防止养殖场面源被污染,把猪粪便加工成有机肥,为酿酒专粮生产基地提供肥料,由此形成了“粮食生产—粮食酿酒—酒糟养猪—猪粪肥田—酿酒专用粮”循环往复的以酒产业为主的绿色产业链,实现了自身农业碳中和能力的提升。

#### 3.加强因地制宜的科技支撑

一方面,立足域情农情。各地域情农情不同,提高碳中和能力的方式也可不一样。总原则是,通过利用当地资源优势,提高农业整体碳中和能力。例如,北方草原区应以保护草原为主;东北及西南地区应以保护天然林为主;沿河流域、沿海地区应以保护湿地为主;南方的水稻种植区应注意低碳种植;北京市、上海市等发达地区应增强农业的数字化转型及示范带动作用,增强农业系统的固碳能力。另一方面,将低碳排放的创新技术运用到农业生产活动当中。各省(区、市)应建立科技重大专项,全力开展农业碳中和技术研发和应用研究,尽快围绕地区内的低碳农业发展创新关键技术。例如,打造农业固碳与减排关键技术,增加现代农业、智能农业、规范畜牧业、优质高效存储与运输等重点领域的节能机械设备,对乡村、企业等农业主体进行示范推广。

#### 4.颁布农业碳中和相关的法规制度

一方面,制定并出台相关法规制度。在国家倡导碳中和的政策下,结合各地实际情况,出台低碳和碳中和政策,指导低碳农业发展,建立低碳农业生产管理体系,进行制度化、规范化建设。同时,出台和实施专门的资金支持政策,增强财政支持力

度,完善投融资渠道。例如,各地可学习和借鉴浙江省宁波市的经验做法,逐渐实现农业节能减排和可循环资源利用。另一方面,把相关政策落到实处。各地应增强农民的法律意识,努力形成一支专业技能强、政策知识丰富的高素质农业生产队伍;加强相关培训力度,定期对农业从业人员开展专业知识和技术教育培训,同时农业从业者应加强宣传安全生产知识、违规使用的法律后果等强化法律意识;设立奖惩机制,对先进农户给予政策支持,在紧跟国家政策的同时积极落实行动。

#### 5.推进碳中和能力的协调发展

一方面,各地不仅要带动农业经济的全面发展,同时更要带动农业经济的绿色发展。处于微绿及以下的省(区、市)碳中和能力较差,还有很大的提升空间,要加快赶超步伐;处于深绿、排名靠前的省(区、市),要继续发扬光大自身优势,并积极发挥引领带动作用。另一方面,在政策制定上,应重视资源配置,充分利用好各省(区、市)的地域优势,推动各省(区、市)间资源的优势互补,实现互补式发展。创新设立并大力发展碳中和示范区,激励其他落后地区效仿学习,以实现新发展格局下国家碳中和的宏伟目标。

#### 参考文献

- [1]于伟咏,漆雁斌,明辉,等.中国农业系统碳汇和碳源的省域差异及影响因素[J].西部林业科学,2016(5).
- [2]余碧莹,赵光普,安润颖,等.碳中和目标下中国碳排放路径研究[J].北京理工大学学报(社会科学版),2021(2).
- [3]董文军,孟英,张俊,等.黑龙江省农业实现碳中和的主要途径及建议[J].黑龙江农业科学,2021(11).
- [4]姚晓曼,邢红.南通市农村能源消费的碳中和能力评价[J].能源与环境,2018(6).
- [5]王鸣涛,叶春明.基于熵权TOPSIS的区域工业绿色制造水平评价研究[J].科技管理研究,2020(17).
- [6]禹春霞,满茹,邹志琴.基于熵权TOPSIS的人工智能行业上市公司投资价值动态评价研究[J].工业技术经济,2020(12).
- [7]张业涌,刘育林,邹敏科,等.基于熵权TOPSIS模型的股票投资策略与实证研究[J].技术与市场,2021(12).
- [8]梁晏铭,赵佳丽.中国西南地区农业经济综合评价研究:基于熵权TOPSIS法[J].科技和产业,2021(11).
- [9]李春花,孙振清.碳达峰目标下区域绿色设计能力评价研究[J].科技管理研究,2021(19).
- [10]陈松文,刘天奇,曹凑贵,等.水稻生产碳中和现状及低碳稻作技术策略[J].华中农业大学学报,2021(3).
- [11]张云飞.构建绿色全产业链,实现绿色高质量发展[J].国家治理,2019(44).
- [12]梁颖慧,蒋志华.国外人工智能技术在现代农业中的应用及其对中国的启示[J].安徽农业科学,2019(17).

## Evaluation of Regional Agricultural Carbon Neutralization Capacity Based on Entropy Weight TOPSIS Model

Li Tongshan Wang Yanrui

**Abstract:** The evaluation and improvement of regional agricultural carbon neutral ability is an important part of realizing carbon neutral goal. Based on the evaluation index system of carbon neutralization capacity, the agricultural carbon neutralization capacity of each province (autonomous region, municipality) in China from 2008 to 2020 was analyzed by using entropy weight TOPSIS method. The results show that the carbon sequestration capacity of grassland and farmland is the most important factor affecting the carbon neutralization ability of agriculture in China, especially in Inner Mongolia and other grassland provinces, Shandong and Henan provinces. There are many problems of unbalanced development between provinces and cities, and there are significant regional differences in carbon sources. In order to enhance regional agricultural carbon neutrality capacity, it is necessary to improve the efficiency of existing resources, increase the use of clean energy, build a sound green industrial chain, strengthen scientific and technological support according to local conditions, formulate and improve regulations and technical standards related to agricultural carbon neutrality, and promote the coordinated development of carbon neutrality capacity in different regions.

**Key Words:** Regional Agriculture; Carbon Neutralization; Evaluation Index System; Entropy Weight TOPSIS Method

(责任编辑:齐 双)