

长江经济带种植业碳源/汇空间特征及公平性研究

曹俊文 谢雨欣

江西财经大学统计学院

摘要：推进长江经济带种植业碳排放公平性研究，对于推动区域经济可持续发展有重要的现实意义。以长江经济带 11 省市为研究区域，利用 2020 年长江经济带种植业相关数据，分析长江经济带种植业碳源碳汇及空间特征，并运用生态承载系数和经济效率系数对长江经济带碳排放进行公平性研究。结果表明：（1）区域间呈现出下游>中游>上游的空间格局。（2）省际间碳收支平衡存在明显差异。（3）根据生态承载系数、经济效率系数将长江经济带省域划分为四种不同类型区。基于以上研究结论，从公平性保护、因地制宜、产出结构优化等方面提出相关建议。

关键词：长江经济带；种植业；碳排放；公平性

作者简介：曹俊文，博士，教授，博士研究生导师，研究方向为环境与经济统计。E-mail:cjw6207@163.com；

长江经济带是我国经济发展循环的主动脉和重要支撑地带。2016 年 6 月发布的《长江经济带发展规划纲要》将长江经济带战略定位为“坚持生态优先、绿色发展，共抓大保护，不搞大开发”。长江经济带横跨我国东中西三大板块，覆盖沿江 11 省市，占我国国土面积的 21.4%，人口和经济总量占比都在 40%以上，生态地位重要，综合实力强，发展潜力巨大。长江经济带也是我国重要的农产品主产区，作为我国重要的生态屏障，长江经济带中下游地区的良好生态环境为碳吸收提供巨大空间^[1]。在该地区，种植业的碳吸收能力不可低估。同时，种植业碳排放量大，碳排放增长速度高，区域之间存在差异性^[2,3]。因此加快形成流域统筹、省际协调管理的新发展理念，基于种植业空间演化格局分析，研究平衡上中下游省际间的发展，对于实现长江“共抓大保护”的目标以及促进长江经济带低碳、协调的高质量发展有着重要的现实意义。

农业是国民经济的支柱，是国家的重要战略性产业，农业经济产值在持续增长的同时也呈现出“三高”现象，其中种植业碳排放占比高达 34.29%^[4]。因此，农业碳减排对国家碳减排目标的实现有着举足轻重的作用^[5]。发展绿色低碳农业既是党中央的明确要求，也是新时代农业自身发展的内在需求，更是促进农业供给侧结构性改革和实现现代化绿色农业发展的关键和紧迫任务。种植业作为农业重要的组成部分，种植业农用物资投入所产生的碳排放，由此引发生态环境问题，如温室气体排放过量、生物多样性减少、土壤酸化等，需加以重视^[6,7,8,9]。因此，深入研究我国种植业碳排放与碳吸收现状，对于碳中和目标的实现具有重要的研究价值。

碳中和目标的顺利实现关键问题是保障区域碳排放公平性，一些学者对此进行了研究。邱俊永等^[10]从全球视角的碳排放量出发，选取各指标结合基尼系数进行分析，评估多视角下碳排放的公平性。万伦来等^[11]用基尼系数分解方法对我国省域碳排放公平性进行测度与分解。宋德勇等^[12]基于基尼系数测算我国省际地区间碳排放公平性，对区域碳排放进行空间分配。许晨阳等^[13]借以基尼系数构建流域间排污权优化测算补偿模型，探讨各流域行政区之间生态环境的公平性。卢俊宇等^[14]通过对基尼系数内涵的扩展，构建碳排放公平性评价模型，探讨省级区域能源消费碳排放的公平性。钟晓青等^[15]利用基尼系数的定义，分析广东省内各区域生态容量，评价其资源环境的公平性。田云等^[16]构建农业碳排放公平性评价模型，考察了各省级行政区域农业碳排放的公平性与差异性。

在对碳排放公平性的研究中，不同的学者，由于采用研究方法不同，所得出的结果有时也会有所差异，甚至出现完全相反

的结论。这就要求我们在对碳排放公平性的研究中，需要综合考虑多方面因素，才能较为真实地反映出碳排放的公平程度。因此，本文将在全面测算长江经济带种植业碳排放、碳吸收的基础上，从生态承载系数、农业经济贡献系数两方面考察长江经济带省域种植业碳排放的公平性与差异性，以期制定差异化的长江经济带农业碳排放政策及碳减排指标提供依据。

1 研究方法数据来源

1.1 种植业碳吸收与碳排放测算

1.1.1 碳吸收测算方法

碳吸收主要理解为生态系统把植物通过光合作用吸收大气中的 CO₂ 固定在植被和土壤中。针对种植业碳吸收分析，本文主要计算长江经济带生态系统中农作物的光合作用的固碳效应，而土壤固碳效应、稻秆固碳效应并没有纳入种植业的碳吸收中。其中结合数据的完整性，选取稻谷、小麦、玉米、豆类、薯类、棉花、花生和油菜籽这 8 种农作物计算农作物的碳吸收，计算公式如下：

$$C_W = \sum Y_i C_i / E_i \quad (1)$$

式中：CW 指农作物碳吸收总量（万吨），Y_i 指各种农作物产量（万吨），C_i 为农作物碳吸收系数，E_i 为农作物经济系数；i=1, 2, ..., 8 代表农作物种类。各种农作物的碳吸收系数和经济系数主要引自杨光春^[17]、谢永浩等^[18]，详见表 1。

1.1.2 碳排放测算方法

碳排放测算主要是指向大气中释放碳的过程或活动，自然界、生活等都会产生 CO₂ 等温室气体。针对种植业的碳排放分析，本文主要采用碳排放系数法来进行计算，选取化肥使用量、农药使用量、农膜使用量、农用柴油使用量以及有效灌溉面积等 5 个方面作为种植业碳排放的主要来源，计算公式如下：

表 1 主要农作物碳吸收系数和经济系数

农作物	碳吸收系数	经济系数
稻谷	0.414	0.450
小麦	0.485	0.400
玉米	0.471	0.400
豆类	0.450	0.340
薯类	0.423	0.700

棉花	0.450	0.100
花生	0.450	0.430
油菜籽	0.450	0.250

$$C_N = \sum P_i A_i \quad (2)$$

式中：CN 为农用物资碳排放总量（万吨），Pi 为各种农用物资使用量，Ai 为这 5 种农用物资的碳排放系数，i=1, 2, ..., 5 代表农用物资的种类，各类农用物资的碳排放系数引自杨光春[17]、谢永浩等[18]，详见表 2。

表 2 主要农用物资排放系数

农用物资	碳排放系数
化肥	0.896
农药	4.934
农用塑料薄膜	5.180
柴油	0.593
农田灌溉	0.267

1.1.3 净碳汇测算方法

种植业净碳汇量是指种植业生产活动所引发的碳汇量与碳排放量的差值，计算公式如下：

$$C_{\text{净}} = C_W - C_N \quad (3)$$

式中：C 净为种植业净碳汇量（万吨）。

1.2 种植业碳排放公平性测算

种植业碳排放公平性的评价通常采用碳排放生态承载系数和碳排放经济效率系数这两个指标来表示。

1.2.1 碳排放生态承载系数测算方法

碳排放生态承载系数：各省市一定比例的种植业碳排放需对应相应比例的种植业碳吸收。测算方法如下所示：

$$ECM_i = S_i / T_i = (C_{Wi} / \sum C_{Wi}) / (C_{Ni} / \sum C_{Ni}) \quad (4)$$

式中：ECM_i 为 i 省份的种植业碳排放生态承载系数；S_i 为 i 省份碳吸收量占长江经济带碳吸收量的占比，T_i 为 i 省份碳排放量占长江经济带碳排放量的占比；C_{Wi} 为 i 省份的种植业碳吸收量(万吨)，C_{Ni} 为 i 省份的种植业碳排放量(万吨)，i=1, 2, …, 11。

一个地区的种植业碳排放生态承载系数反映该地区生态承载力状况，生态承载系数值越大，生态承载力越强。若 ECM_i>1，则代表 i 省份具有较高的种植业碳排放生态承载力，能为该地区带来正效应，为降低长江经济带中的碳排放压力作出了贡献；反之，i 省份的种植业碳排放生态承载状况较弱，带来负的外部效应。

1.2.2 碳排放经济效率系数测算方法

碳排放经济效率系数：各省市一定比例的种植业碳排放需对应相应比例的种植业生产总值。测算方法如下所示：

$$EEM_i = F_i / T_i = (G_i / \sum G_i) / (C_{Ni} / \sum C_{Ni}) \quad (5)$$

式中：EEM_i 为 i 省份的种植业碳排放经济效率系数；F_i 为 i 省份种植业增加值占长江经济带种植业增加值的占比；G_i 为 i 省份的种植业增加值（亿元），ΣG_i 为长江经济带种植业增加值（亿元），i=1, 2, …, 11。

一个地区的种植业碳排放经济效率系数反映该地区种植业经济效率状况，经济效率系数值越大，经济效率越强。若 EEM_i>1，则代表 i 省份具有较高的种植业碳排放经济效率，属于低耗高效率类型；反之，EEM_i<1，i 省份的种植业碳排放经济效率低下，种植业经济属于高耗低效率类型，由此导致的高排放损害了其他地区利益。

1.3 数据来源

种植业碳吸收测算所涉及的 11 省市农作物产量（稻谷、小麦、玉米等）的原始数据，种植业碳排放测算所涉及的 11 省市农用物资使用量（化肥、农药、农用塑料薄膜等）的原始数据，均出自《2021 年中国统计年鉴》《2021 年中国农村统计年鉴》和 11 省市统计年鉴。而公平性测算所涉及的 11 省市种植业增加值原始数据，均出自《2021 年中国农村统计年鉴》。其中模型中参数来源于相关研究文献。

2 结果与分析

2.1 长江经济带种植业碳源碳汇空间特征分析

2.1.1 碳源碳汇总体特征分析

基于公式(1)~(3)，测算出2020年长江经济带11省市种植业碳吸收量、碳排放量及净碳汇量，如图1所示。

测算结果显示，2020年长江经济带种植业碳吸收总量为26409.83万吨。分省市来看，安徽种植业碳吸收量最高，而同为下游地区的上海种植业碳吸收量却是最低。这是因为受区域气候差异、地势差异、土壤资源等多重因素影响的结果，11省市碳吸收量也因此差异性较大。从长江经济带地区来看，上中下游碳吸收量呈现了明显的区域性特征。下游地区的碳吸收量为长江经济带种植业碳吸收总量的最主要组成部分，高于中游地区，而中游地区又高于上游地区。下游地区作为碳吸收量最高，原因主要是下游地区作为我国重要的粮食主产区，一个巨大的种植业生态系统，优质的气候条件有利于种植业的发展。

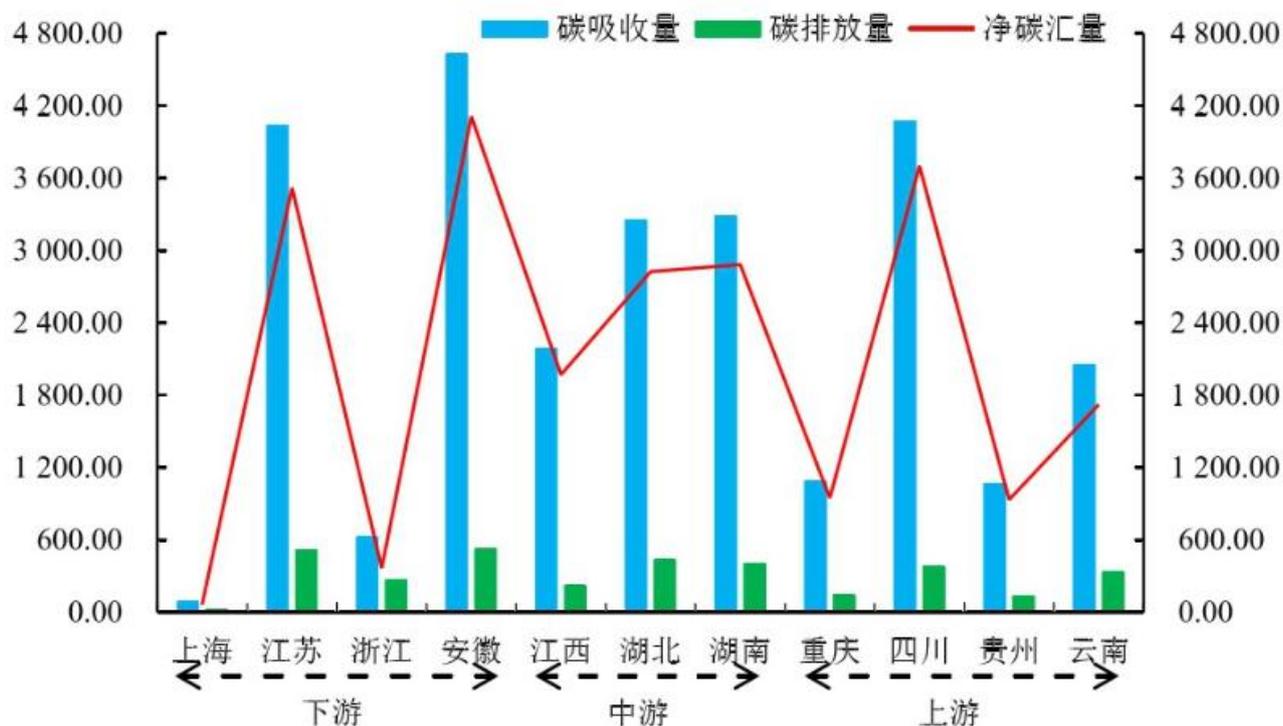


图1 长江经济带11省市种植业碳收支情况(万吨)

2020年长江经济带的种植业碳排放总量为3384.24万吨。分省市来看，下游地区的安徽与上海种植业碳排放量分别位于最高位、最低位，这与当地经济社会发展水平、环境承载力、资源禀赋等多重因素密切相关。从长江经济带地区来看，上中下游的碳排放空间表现出显著的区域性特征。长江经济带的碳排放总量最主要部分是下游地区的碳排放量，其次是中游地区，而中游地区又高于上游地区。上游地区作为碳排放量低，与其合理运用生态资源发展低碳种植业有关。2020年长江经济带种植业净碳汇总量为23025.60万吨。就各个省市来看，净碳汇最高值的安徽与最低值的上海出现的不同，是受国家相关惠农政策推行差异性的影响结果。而对于整体而言，长江经济带11省市在2020年的净碳汇处于良好态势，这正是因为国家对碳排放量的宏观调控政策，促使长江经济带种植业碳吸收量以其优势，减缓了种植业带来的碳排放量对长江经济带的污染。从地区来看，中、下游地区具有优质的自然条件和环境气候，种植技术历史悠久，种植业技术发达，具有足够的碳吸收量来抵消碳排放量带来的损害。

2.1.2 碳收支种植业结构特征分析

碳吸收碳排放的空间特征与其农作物结果密切相关，分析农作物结构特征，有利于了解碳吸收碳排放空间差异的原因。测算结果见图2。从碳吸收角度分析，长江经济带上中下游地区农作物碳吸收的主要来源为稻谷，并且经济产物碳吸收占比均较低，但上中下游地区农作物碳吸收结构各有其特点：中下游地区的稻谷在碳吸收占比十分突出，其次为小麦、玉米、豆类与其他的主要经济产物。上游地区的稻谷和玉米在碳吸收总量占比较大，其次为薯类、油菜籽与其余的主要经济产物等。这主要是由于各自的地理、气候条件和社会经济发展水平所决定：中下游地区地势平缓，土壤肥沃，更是有5个省市属于我国粮食主产区，因此粮食产物能成为长江经济带碳吸收结构的主要构成。而上游地区的四川、云南、贵州虽然海拔高，但是降水充沛，作为我国的玉米主产区，也大大为长江经济带的碳吸收结构发挥着作用。

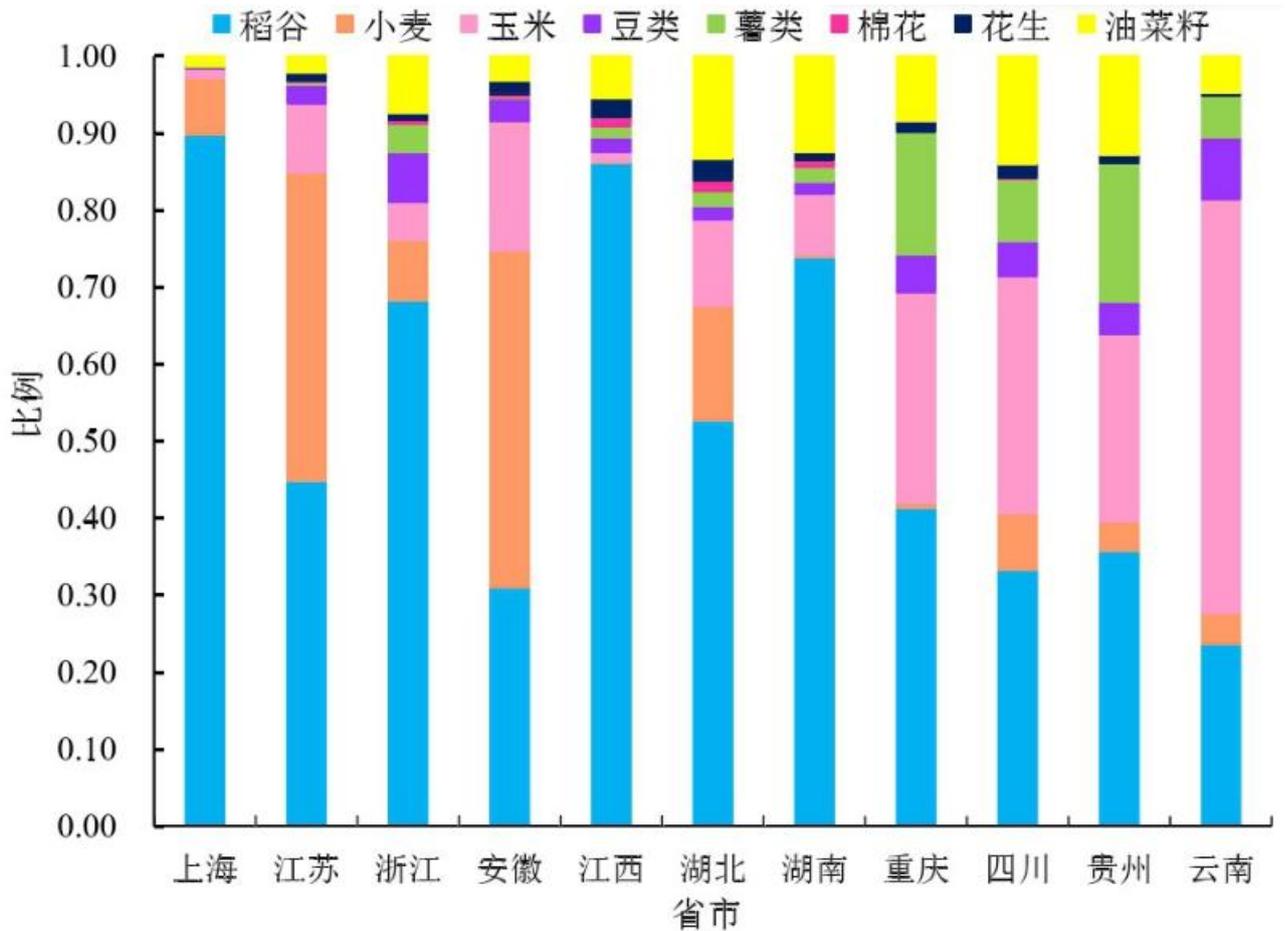


图2 2020年长江经济带种植业碳吸收结构

分析农用物资结构特征，测算结果如图3所示。从碳排放量角度来看，长江经济带的上中下游地区的农用物资的碳排放以化肥为主，而农药和农用塑料薄膜产生的碳排放量占比较小，而长江经济带的上中下游地区的碳排放结构则各有特点：下游地区的化肥、柴油投入在碳排放占比较显著；中游地区的化肥、农田灌溉投入在碳排放占比较大；上游地区的化肥、农用塑料薄膜与农田灌溉投入在碳排放占比较显著。这是由于各自的地理、环境气候和社会经济发展水平决定：下游地区以平原为主，适合推进农业机械化，所以柴油投入量多；中游地区以丘陵山地为主，受季候影响，需要引入灌溉农业，因此灌溉投入量多；上游地区由于海拔较高、气温较低，农业使用广泛的是大棚种植，农用塑料薄膜和农田灌溉因此投入量大。

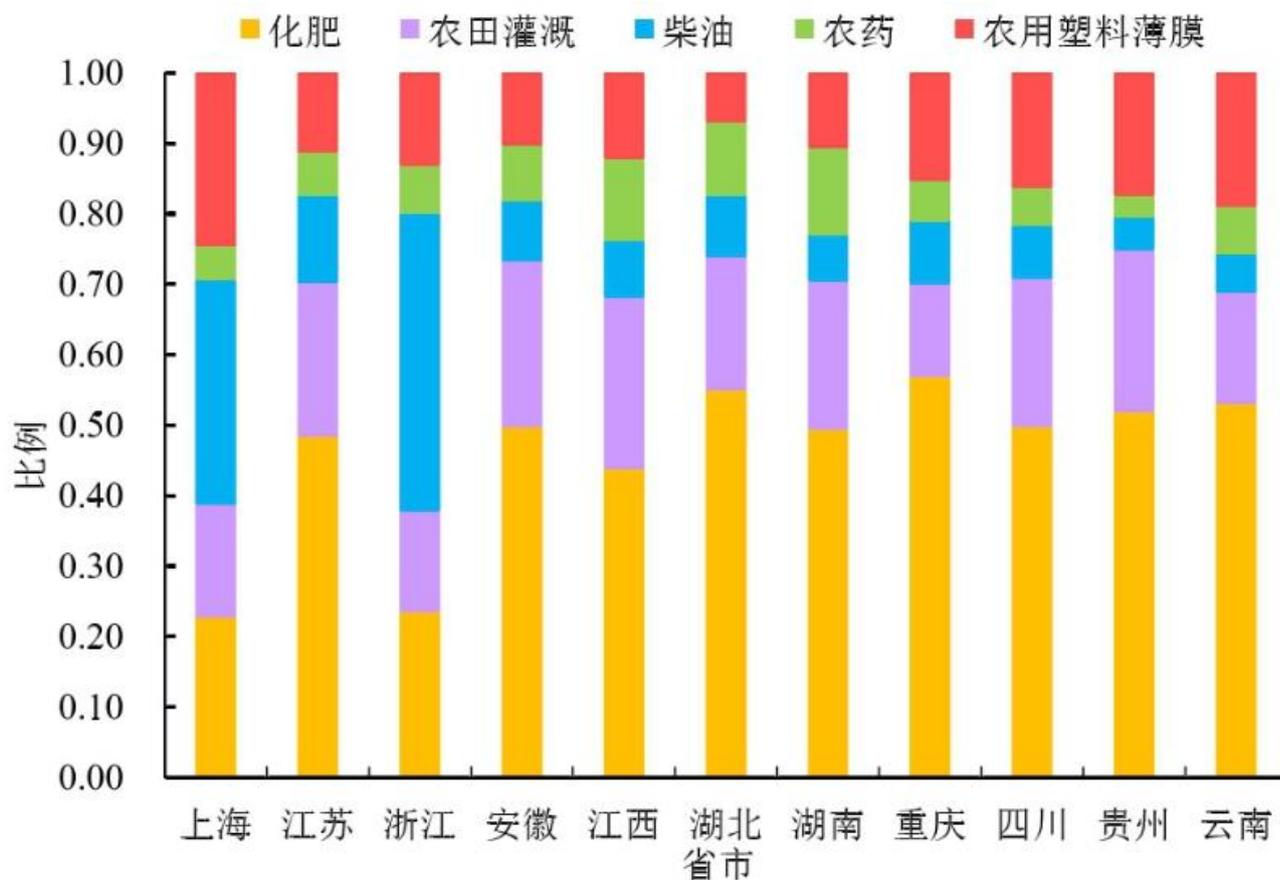


图 3 2020 年长江经济带种植业碳排放结构

2.2 长江经济带种植业碳排放公平性分析

2.2.1 种植业碳排放生态承载系数与经济效率系数分析

通过计算，得到 2020 年长江经济带 11 省市种植业碳排放生态承载系数和经济效率系数，如表 3 所示。由表 3 可知，四川省系数值位于长江经济带第一位，在长江经济带内，该省农作物生产的碳吸收总量所占的比例比其农用物资生产的碳排放总量所占比例高出 1.38 倍，显示出高水平的生态环境承载量，在某种意义上承担了其他省市农用物资的碳排放量；紧随其后的是江西（1.26）、安徽（1.14）、湖南（1.04）、贵州（1.01）和江苏（1.00），这些省生态承载系数都大于 1，减缓了其他省市的种植业碳排放压力。而浙江是生态承载力最低的地方，系数值只有 0.30，该省碳排放量占长江经济带的比重相当于其碳吸收量占长江经济带比重的 3.29 倍，生态承载十分低，损害了其他省市的利益。另外，11 省市生态承载系数大于 1 的分布比较均匀，上中下游地区可以通过促进省市间种植业技术交流，减少该地区的碳排放量，提高该地区的生态承载容量。

表 3 长江经济带 11 省市种植业碳排放生态承载系数以与经济效率系数

地区	生态承载系数 (ECMi)	经济效率系数 (ECMi)

		%	%	%	数值	排序	数值	排序
下游	上海	0.008	0.003	0.005	0.41	10	0.59	10
	江苏	0.153	0.153	0.142	1.00	6	0.93	7
	浙江	0.078	0.024	0.055	0.30	11	0.71	9
	安徽	0.154	0.175	0.087	1.14	3	0.57	11
合计		0.394	0.355	0.289	0.90		0.73	
中游	江西	0.066	0.083	0.058	1.26	2	0.89	8
	湖北	0.129	0.123	0.121	0.96	8	0.94	6
	湖南	0.120	0.125	0.116	1.04	4	0.97	5
合计		0.314	0.331	0.296	1.05		0.94	
上游	重庆	0.042	0.041	0.055	0.99	7	1.32	3
	四川	0.112	0.154	0.163	1.38	1	1.45	2
	贵州	0.040	0.041	0.096	1.01	5	2.40	1
	云南	0.098	0.078	0.100	0.79	9	1.02	4
合计		0.292	0.314	0.415	1.07		1.42	

分析种植业碳排放经济效率系数，贵州种植业碳排放经济效率系数位于长江经济带第一位，该省对于长江经济带种植业增加值的贡献率是其种植业碳排放贡献率的2.40倍，以绝对优势超过四川（1.45）。紧随其后的是重庆（1.32）和云南（1.02）。其余7省市的经济效率系数都小于1，特别是安徽经济效率系数最低，为0.57，该省在长江经济带碳排放贡献率相当于其在长江经济带种植业增加值贡献率的1.76倍，种植业产量值较低。另外，11省市经济效率系数大于1的主要分布在上游地区，特别是贵州的突出优势，这正是“十三五”期间，贵州省以特殊优势产业为主要抓手，积极开发种植业等，实现了其种植业的根本性转型，经济效率得到提升。

从生态尺度分析，生态承载系数大于1的6个省市种植业碳排放量占据长江经济带的64.53%，但产出了73.07%的碳吸收量；而生态承载系数小于1的5个省市，仅仅产出了26.93%的种植业碳吸收量，竟生产出35.47%的种植业碳排放量。从经济尺度分析，其中4个省市经济效率系数大于1，虽然这些省市的种植业碳排放量占据了长江经济带的29.21%，但贡献了41.48%的种植业增加值；而经济效率系数低于1的7个省市，虽然贡献了长江经济带58.52%的种植业增加值，可是生产出70.79%的碳排

放量。总的来说，不管“碳吸收—碳排放”分配，或者是“经济水平—碳排放”分配，长江经济带都处于一种“不公平”现象。因此，我们不可以忽略那些处于相对低值的省市，却相对高排放的地区，要想真正实现长江经济带种植业的“减排固碳”，这些省市应顺应时代，优化种植业生产结构，以实现长江经济带高质量发展。

2.2.2 种植业碳排放公平性区域类型分析

以2020年11省市生态承载系数和经济效率系数为分析因子，将生态承载系数和经济效率系数组距中心作为坐标原点，把长江经济带划分为四类。如表4所示，即高承载高效区、高承载低效区、低承载高效区、低效低承载区。各类省区特点如下。

表4 基于生态承载系数和经济效率系数类型划分

分析系数	$EEM < 1$	$EEM > 1$
$ECMi > 1$	安徽、江西、江苏、湖南	四川、贵州
$ECMi < 1$	上海、浙江、湖北	云南、重庆

(1) 高承载高效区。该类地区的总体特征是种植业碳吸收高于碳排放，具有较高的生态容量，同时该类型区具有较高的种植业碳排放经济效率，属于“双高”类型。仅有四川与贵州位于其中，特别指出贵州在2020年的突出经济效率优势，这正是“十三五”期间，贵州省以特殊优势产业为主要抓手，积极开发种植业等，实现了其种植业的根本性转型，经济效率猛增。一方面，这两个省由于高水平的生态承载，在分担了一定程度上其他省市的种植业碳排放，充分净化了大气；另一方面，这两个省的经济效率系数值也较高，种植业生产环境效益较为突出。

(2) 高承载低效区。该类地区的总体特征是种植业碳吸收高于碳排放，具有较高的生态容量，但该类型区种植业碳排放经济效率较低。安徽、江西、江苏、湖南四省位于其中，这四省作为我国粮食主产区，受益于较协调的产业结构类型，有着高于长江经济带平均水平的生态容量。但受限自身经济发展能力、农业现代化水平等多方影响，有着相对较低的种植业碳排放经济效率。

(3) 低承载高效区。该类地区的总体特征是种植业碳吸收低于碳排放，生态容量不高，但该类型区的种植业碳排放经济效率较高。重庆以略微劣势的生态容量与云南一起位于此类，但二者成因却有所差别，生态承载方面，重庆对于稻谷的种植范围普遍偏大，制约了当地生态容量的扩大；而云南是因为较薄弱的生态环境，较差的土地产出水平，种植业生产需要使用繁多的农用物资，碳排放量比较大。经济效率方面，云南农业现代化进程提速，长期处在产业链低端的状况正在改变，经济效益显著增强，因此对经济效率的贡献高于其对于种植业碳排放的贡献率；而重庆受政府政策的扶持，增加了对农作物生产的补助，产业结构的进一步调整，使得经济效益发展较好。

(4) 低承载低效区。该类地区的总体特征是种植业碳吸收低于碳排放，具生态容量不高，同时该类型区具的种植业经济效率也不高，属于“双低”类型。有三个省市位于其中，分别是：上海、浙江和湖北。生态承载方面，在上海，农业生产高度集中，投入大量的农用物资，以增加产量。造成了更多的碳排放；而浙江、湖北省以稻谷粮食作物生产为主，虽略高于小麦、玉米，稻谷的吸碳水平，可远无法分担其引发的过剩碳排放。经济效率方面，湖北由于自身产业结构影响，浙江、上海受产业结构投入比例下降的影响，经济效率系数相对较低。

3 结论与启示

3.1 研究结论

结合前文研究结果与分析，可以得出以下结论。

(1) 2020年长江经济带种植业碳吸收碳排放呈现“上低中中下高”的分布格局。下游地区种植业碳吸收、碳排放量都为三地区最高值，中游地区居于中值，上游地区居于最低值。下游地区作为种植业碳吸收量的高值地区，一个巨大的种植业生态系统，得益于环境、位置等因素，使其种植业碳吸收具有高产出。就碳排放量而言，上游地区的碳排放量最低。这正是受益于在经济高度发展下，对绿色产业的大力重视以实现高质量发展，因此呈现出低排放的区域特征。基于此长江经济带的分布格局，制定区域差异化政策是十分必要的。

(2) 2020年长江经济带省域种植业碳收支平衡存在显著差别。碳排放生态承载力大于1值大多位于流域中游，原因在于中游地区的气候条件相比其他流域更适合农作物生产，其优质的气候条件更有利于种植业的发展。而省域间生态承载力也有所不同，四川系数值位于第一位；江西稍逊一筹但紧随其后；安徽、湖南、贵州、江苏、重庆、湖北、云南与上海分别在3~10位次。浙江种植业碳排放生态承载力最差。碳排放经济效率系数大于1值大多位于流域上游，原因是上游地区得益于国家政策扶持，增加了种植业增加值补助，经济效应发展良好。而省域间经济效率也有所不同，贵州系数值最高；四川、重庆、云南、湖南、湖北、江苏、江西、浙江与上海分别居于2~10位。安徽经济效率贡献值最低。

(3) 长江经济带省域间可依据分析因子划分空间分布类型。基于种植业碳排放生态承载与经济效率二者系数值的差异，可以将长江经济带11省市划分为四类：四川、贵州等2省属于“高一高”型地区；安徽、江西、江苏、湖南等4省属于“高一低”型地区，即生态承载力较高，但是经济效率贡献值较低；云南与重庆属于“低一高”型地区，即生态承载力较低，但经济效率贡献系数值较高；湖北、上海、浙江属于“低一低”型地区。各省市由于地区政策扶持差异、环境条件水平不同、地理区域异同等表现不同生态容量与经济效益。

3.2 建议

基于上述结论，提出以下几点建议。

(1) 碳排放权交易制度的公平性保护。基于控制种植业碳排放量，国家根据一定分配标准把碳排放限额分发到各个省市，构建区域内补偿的核算机制。初分配标准为：①种植业增加值在长江经济带的所占比重；②种植业碳吸收所占长江经济带的比重；方案需“因地制宜”制定。初分配后，对于那些超过排放限额的省市需要支付未达排放限额省市的“碳排放权”费用，以此来进行更优化的配置。使得区域减排从“要我减”转变为“我要减”，大力推行区域公平性保护制度建设。

(2) 产出结构优化与高效利用农用物资协同进行。①国家应该继续坚持“低碳农业、绿色发展”的政策理念，积极鼓励社会组织以及科研机构去提升低碳种植技术，在种植业生产过程中，引导农户积极使用环保技术，形成“上层鼓励+基层落实”的模式，推进长江经济带低碳发展。②明确种植业碳排放标准，制订短期和长期碳排放规划，减少贡献率最大的碳排放源（化肥）为碳减排的重点，在保障粮食安全与产出的前提下，根据区域特点不断优化种植业投入结构。必要时可以将二者实施协同运作。

(3) 不同地区采取区别化政策。从长江经济带区域角度来看：①下游地区应该承担较高的碳减排责任，必须大力推进低碳型种植业建设，政府管理者也需要在推动种植业现代化建设走向低碳化建设；②中游地区，需要合理提高种植业机械化水平，发展适度规模种植业，推进种植业产业化进程；③上游地区经济发展水平对于落后，地理位置存在劣势，但自然资源丰富的特

点,应充分利用生态环境优势达到种植业高质量发展的效果。总之,各地区要协同治理,推动长江经济带达到碳减排和经济增长双赢的局面。

参考文献:

- [1] 刘振中.促进长江经济带生态保护与建设[J].宏观经济管理,2016(9):30-33.
- [2] 丁宝根,杨树旺,赵玉.长江经济带种植业碳排放时空特征及驱动因素研究[J].生态与农村环境学报,2019,35(10):1252-1258.
- [3] 彭静,何蒲明.农业环境效率及其影响因素研究:基于长江经济带的实证分析[J].生态经济,2020,36(2):118-121.
- [4] 田云,张俊飏,李波.中国农业碳排放研究:测算、时空比较及脱钩效应[J].资源科学,2012,34(11):2097-2105.
- [5] 胡婉玲,张金鑫,王红玲.中国种植业碳排放时空分异研究[J].统计与决策,2020,36(15):92-95.
- [6] 曹俊文,曾康.低碳视角下长江经济带农业生态效率及影响因素研究[J].生态经济,2019,35(8):115-119.
- [7] 李裕瑞,杨乾龙,曹智.长江经济带农业发展的现状特征与模式转型[J].地理科学进展,2015,34(11):1458-1469.
- [8] 陆大道.长江大保护与长江经济带的可持续发展:关于落实习总书记重要指示,实现长江经济带可持续发展的认识与建议[J].地理学报,2018,73(10):1829-1836.
- [9] 吴传清,宋子逸.长江经济带农业绿色全要素生产率测度及影响因素研究[J].科技进步与对策,2018,35(17):35-41.
- [10] 邱俊永,钟定胜,俞俏翠,等.基于基尼系数法的全球CO₂排放公平性分析[J].中国软科学,2011(4):14-21.
- [11] 万伦来,孙博,任雪萍.中国省际碳排放公平性的测度与分解[J].经济学动态,2014(12):53-60.
- [12] 宋德勇,刘习平.中国省际碳排放空间分配研究[J].中国人口·资源与环境,2013,23(5):7-13.
- [13] 许晨阳,钱争鸣,李雍容,等.流域生态补偿的环境责任界定模型研究[J].自然资源学报,2009,24(8):1488-1496.
- [14] 卢俊宇,黄贤金,戴靓,等.基于时空尺度的中国省级区域能源消费碳排放公平性分析[J].自然资源学报,2012,27(12):2006-2017.
- [15] 钟晓青,张万明,李萌萌.基于生态容量的广东省资源环境基尼系数计算与分析:与张音波等商榷[J].生态学报,2008(9):4486-4493.
- [16] 田云,张俊飏.中国省级区域农业碳排放公平性研究[J].中国人口·资源与环境,2013,23(11):36-44.
- [17] 杨光春.基于理论碳赤字的东北三省碳补偿费用预测[J].东北财经大学学报,2019(1):87-96.

[18] 谢永浩, 刘争. 中国省域种植业碳汇量、碳排放量的时空分异及公平性研究[J]. 世界农业, 2022(2):100-109.