

经济林产品生产的微观规模效率

孟冬

中国自然资源经济研究院, 战略与规划所, 北京

收稿日期: 2023年11月2日; 录用日期: 2023年12月1日; 发布日期: 2023年12月11日

摘要

本文主要就山东省农户干果类经济林生产的规模效率进行分析。探究农户经济林由于规模经营所带来的投入产出效率的变化, 即在农户经济林生产经营过程中各种生产要素(如林地、资本、劳动力)的规模投入而带来的产量的增加或减少及其投入产出比例的变化, 以检验山东省农户经济林的生产规模效益状况。在微观层次上采用生产函数对农户干果类经济林产品的规模效率进行测度, 以便为相关经营管理提供参考。

关键词

经济林, 规模效率, 投入产出

Micro-Scale Efficiency in the Production of Economic Forest Products

Dong Meng

Institute of Strategy and Planning, Chinese Academy of Natural Resources Economics, Beijing

Received: Nov. 2nd, 2023; accepted: Dec. 1st, 2023; published: Dec. 11th, 2023

Abstract

This paper focuses on analyzing the scale efficiency of farmers' dry fruit economic forest production in Shandong Province. It explores the changes in input-output efficiency of farmers' economic forests due to scale operation, that is, the increase or decrease of production and the changes in their input-output ratios caused by the scale inputs of various production factors (e.g. forest land, capital, and labor) in the process of production and operation of farmers' economic forests, in order to test the status of scale efficiency of the production of farmers' economic forests in Shandong Province. The production function is used to measure the scale efficiency of farmers' dry fruit economic forest products at the micro level, so as to provide a reference for relevant management.

文章引用: 孟冬. 经济林产品生产的微观规模效率[J]. 农业科学, 2023, 13(12): 1108-1116.

DOI: 10.12677/hjas.2023.1312151

Keywords

Economic Forests, Scale Efficiency, Inputs and Outputs

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

规模效率是由于规模的变化引起的生产效率的变化。规模效益一般是指在生产过程中由于规模的增加而带来的经济效益的提高, 又称“规模经济”。但是在生产过程中, 也可能由于规模过大导致信息失真、管理水平低下等弊端, 反而产生“规模不经济”。因此, 相关研究者提出了适度规模经营理论。根据农业适度规模经营理论, 适度规模经营是在一定的技术和社会经济条件下, 土地和其他生产要素实现合理配比以达到最优经营效益的活动。

2. 模型的构建

2.1. 投入产出生产函数模型

根据经济学生产理论的概念, 生产函数是指在特定条件下, 投入要素与产出要素所对应的最大产出之间的关系。目前, 在经济学分析中, 常用的生产函数主要有柯布道格拉斯(C-D 生产函数)、替代弹性恒定生产函数(CES)和超越对数(Translog)生产函数等。其中, C-D 生产函数具有可线性化、参数估计方便、计算分析结论准确等特性, 在农业技术经济分析中得到广泛应用[1] [2]。因此, 本研究选择了常规的 C-D 生产函数, 基本形式如下:

$$Y = \alpha_0 X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} \cdots X_k^{\beta_k} \quad (1)$$

式中, Y 代表产出, X_1, X_2, \dots, X_k 代表一组影响产出的要素投入。

由于 C-D 生产函数是指数形式, 在计算时比较麻烦, 可对其变形处理, 两边同时对数化, 得到:

$$\ln Y = \ln \alpha_0 + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \cdots + \beta_k \ln X_k \quad (2)$$

式中, $\beta_i (i=1, 2, 3, \dots, k)$ 为第 i 个投入要素的生产弹性, $\sum \beta_i$ 为规模弹性。

2.2. 纳入林地细碎化指标的投入产出生产函数模型

集体林权改革之后, 农户经营林地的面积较小、不同地块林地之间距离较远, 细碎化程度较高, 不能发挥规模效益。因此, 分析农户经济林地规模效益的影响因素时, 首先考虑纳入林地细碎化指标[3] [4] [5]。但是, 根据经济学投入产出理论, 林地细碎化不能单独作为一个投入变量, 需要通过函数将林地细碎化指标与规模弹性联系起来, 假设 $\beta_i = \alpha_i + \gamma_i \ln Q$, 其中 Q 为农户经济林地块均面积, 代表林地细碎化程度。

将 β_i 代入式(2)得:

$$\begin{aligned} \ln Y &= \ln \alpha_0 + (\alpha_1 + \gamma_1 \ln Q) \ln X_1 + (\alpha_2 + \gamma_2 \ln Q) \ln X_2 + \cdots + (\alpha_k + \gamma_k \ln Q) \ln X_k \\ &= \ln \alpha_0 + \sum \alpha_k \ln X_k + \sum \gamma_k \ln Q \ln X_k \end{aligned} \quad (3)$$

此时规模弹性为:

$$\sum \beta_i = \sum \alpha_i + \sum \gamma_i \ln Q_i \quad (4)$$

比较(2)式与(3)式及规模弹性系数可知:经济林林地细碎化对经济林生产规模效应产生的影响为 $\sum \gamma_i$ 。所以,如果用农户数据实证分析得到的 $\sum \gamma_i > 0$,则说明林地细碎化指标对规模经济及经济林生产影响为正,如果 $\sum \gamma_i < 0$,则认为林地细碎化指标对规模经济及经济林生产影响为负[6]。

结合上述理论分析模型,加入随机误差项,构建本研究采用的C-D生产函数,具体形式如下:

$$\ln Y_i = a_0 + a_1 \ln X_1 + a_2 \ln X_2 + a_3 \ln X_3 + \beta_1 \ln Q_i \ln X_1 + \beta_2 \ln Q_i \ln X_2 + \beta_3 \ln Q_i \ln X_3 + \gamma_i Z_i + \mu_i \quad (5)$$

其中, Y_i 表示第*i*个农户经营经济林地每年的平均产量(kg); X_1 表示劳动力投入,即农户经济林种植生产过程中除草用工、灌溉用工、采摘用工、喷药用工和施肥用工的平均劳动力投工量(工); X_2 表示资本投入,即大枣、核桃、板栗等经济林生产过程中所有的资金费用之和,包括苗木费用、农药化肥费用、机械化操作费用、灌溉费用等(元); X_3 表示农户家庭实际挂果经营的经济林地地块的种植面积(hm^2); Q_i 为第*i*个农户经营经济林林地地块均面积,代表经济林地细碎化程度; Z_i 为其他影响农户经济林产出的变量,如户主年龄、受教育程度、林地条件等; μ_i 为随机残差项。

本研究在上述研究的基础上,进一步对上述公式进行了扩展,假设 y_{it} 为本期农户经济林由于加入林地细碎化指标等引起的平均年产量; y_{it-1} 为上一期农户经济林由于加入林地细碎化指标等引起的平均年产量, t 为时间。根据孟庆军、许莲艳等人的研究,在C-D生产函数投入产出中,本期产出与上一期产出效率存在下列关系式(孟庆军、许莲艳,2015)[7]:

$$y_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 k_{it} + \alpha_2 l_{it} + \alpha_3 y_{it-1} \quad (6)$$

式中, α_0 为常数项; α_1 、 α_2 分别为资本、劳动力投入的弹性系数; α_3 为上一期产出的系数。如果求由于某种生产要素投入变化引起的产出效率,则可根据上式求出 y_{it}/y_{it-1} 即可。该比值即为某种生产要素投入变化引起的效率。本研究用林地细碎化指标反映林地规模的变化引起的不同经济林产出规模的变化。因而,其比值也是其他生产要素投入不变和科技水平不变条件下的规模效率,这也是本研究的一个创新点。

3. 模型变量的描述统计分析

3.1. 指标选择

对山东省农户经济林产品生产规模效益进行分析时,本研究选择农户大枣、核桃、板栗每年的户均总产量作为产出变量,以农户每年在大枣、核桃、板栗等生产经营过程中的劳动用工量、资本费用、种植面积(土地)等生产要素作为投入变量,得到山东省农户大枣、核桃、板栗等经济林生产的具体投入产出指标体系[8][9][10]。

3.2. 主要变量的统计分析

经济林挂果前后投入产出不一致,为了反映投入产出之间的对应关系,本研究主要以农户挂果后的大枣、核桃、板栗的投入产出为研究对象,在510个调查样本中,有效样本为502户,具体的调查统计数据如下所示。

1) 大枣投入产出统计

大枣投入产出调查统计数据如表1所示。

Table 1. Jujube input-output statistics
表 1. 大枣投入产出统计^①

变量	单位	均值	标准差	最小值	最大值
大枣产量(Y)	kg	8015.7	7572.7	0	50,000
劳动力平均投入(X ₁)	工	74.6	60.9	1	494.0
资本年平均投入(X ₂)	元	14718.8	70228.4	1	1,013,000
土地面积(X ₃)	hm ²	0.35	42.1	0.067	40
林地细碎化(Q)	hm ² /块	0.07	0.4	0.067	0.45

从表 1 可以看出,在当前生产技术与市场条件下,户均大枣挂果后年均大枣总产量为 8015.7 kg。挂果后大枣种植劳动力平均投入为 74.6 工,年平均资本投入金额为 14718.8 元,户均种植面积为 0.35 hm²。从因变量和自变量的标准差来看,二者之间的差距较大,变异性较高。

2) 核桃投入产出统计

核桃投入产出调查统计数据如表 2 所示。

Table 2. Walnut input-output statistics
表 2. 核桃投入产出统计^①

变量名	单位	均值	标准差	最小值	最大值
核桃产量(Y)	kg	10079.7	24879.7	5	150,000
劳动力平均投入(X ₁)	工	47.8	39.2	7	240
资本年平均投入(X ₂)	元	11504.9	19635.8	59	150,000
土地面积(X ₃)	hm ²	27.57	652.2	0.1	240
林地细碎化(Q)	hm ² /块	0.13	2.3	0.067	1.07
立地条件(Z ₁)	1 = 好; 2 = 中; 3 = 差	2.3	0.6	1	3
户主年龄(Z ₂)	岁	43.4	9.9	29	67
户主受教育程度(Z ₃)	1 = 小学; 2 = 初中; 3 = 高中; 4 = 大专; 5 = 大学及以上学历	2.6	1.0	1	5

从表 2 的统计结果可以看出,在当前生产技术与市场条件下,核桃户均挂果后年均总产量为 10079.7 kg。挂果后核桃种植劳动力平均投入 47.8 工,年平均资本投入金额为 11504.9 元,户均种植面积为 27.57 hm²。

3) 板栗投入产出统计

板栗投入产出调查统计数据如表 3 所示。

Table 3. Chestnut input-output statistics
表 3. 板栗投入产出统计^①

变量名	单位	均值	标准差	最小值	最大值
板栗产量(Y)	kg	1905.3	2302	1.0	15,000
劳动力平均投入(X ₁)	工	19.6	15.9	1.0	120

Continued

资本年平均投入(X_2)	元	2656.0	3038	1	17,000
土地面积(X_3)	hm ²	13.77	200.3	0.067	60
林地细碎化(Q)	hm ² /块	0.067	0	0.067	0.067
立地条件(Z_1)	1 = 好; 2 = 中; 3 = 差	1.9	0.6	1	3
户主年龄(Z_1)	岁	47.8	12.6	22	70
户主受教育程度(Z_3)	1 = 小学; 2 = 初中; 3 = 高中; 4 = 大专; 5 = 大学及以上学历	1.8	0.7	1	3

从表 3 的统计结果可以看出, 在当前生产技术与市场条件下, 板栗户均挂果后年均总产量为 1905.3 kg。挂果后板栗种植劳动力平均投入 19.6 工, 年平均资本投入金额为 2656 元, 户均种植面积为 13.77 hm²。

4. 模型的结果与分析

采用 Stata 14.0 对模型进行回归分析, 则得到的 $\ln X_1$ 、 $\ln X_2$ 、 $\ln X_3$ 的系数为农户生产经营过程中劳动力、资本和土地的产出弹性; $\ln Q_i \ln X_1$ 、 $\ln Q_i \ln X_2$ 、 $\ln Q_i \ln X_3$ 所对应的系数是由于林地细碎化对规模经济及经济林生产影响的系数, 即农户林地细碎化指数 $\sum \gamma_i$ 。如果 $\sum \gamma_i > 0$, 则说明该指标对规模经济及农户经济林生产影响为正, 反之, 如果 $\sum \gamma_i < 0$, 则认为该指标对规模经济及农户经济林生产影响为负[11][12]。

4.1. 农户经济林产品生产的要素弹性分析

1) 大枣规模效率及要素弹性分析

通过两种模型来分析大枣的规模效率, 其中, 模型一是简单的 C-D 生产函数, 模型二是加入林地细碎化指标扩展的 C-D 生产函数, 具体模型回归结果见表 4。

Table 4. Comparison of the regression results of two models of jujube
表 4. 大枣两种模型回归结果对比

变量	模型一			变量	模型二		
	系数 coef	标准误 se	t 值 tstat		系数 coef	标准误 se	t 值 tstat
$\ln X_1$	0.074	0.228	0.325	$\ln X_1$	0.555	0.343	1.619
$\ln X_2$	0.785***	0.107	7.333	$\ln X_2$	0.640***	0.165	3.888
$\ln X_3$	0.211	0.227	0.929	$\ln X_3$	0.181	0.333	0.544
				$\ln Q_i \ln X_1$	-6.446***	2.333	-2.763
				$\ln Q_i \ln X_2$	3.120***	1.135	2.749
				$\ln Q_i \ln X_3$	-0.614	1.07	-0.574
常数	0.133	1.026	0.129	常数	-0.042	1.008	-0.042
观察值	209			观察值	209		
R^2	0.264			R^2	0.302		
	规模弹性		1.346	$\sum \gamma_i$			-3.94

注: 括号内为标准误差, ***p < 0.01, **p < 0.05, *p < 0.1。

由表 4 可以看出:

① 劳动力投入的弹性分析。在农户经济林产品生产经营过程中,劳动力的投入产出弹性为正,具体而言,用工投入每增加 1%,大枣产量将增加 0.074%。但是,在模型一和模型二两种形式下,劳动力的投入都并不十分显著。这说明,目前在大枣生产过程中,劳动力的增加对产出的影响并不突出,大枣生产更多的是依靠资本费用投入的增加。

② 资本费用等投入的弹性分析。在大枣生产经营过程中,资本费用等投入产出弹性为正,具体而言,农户经济林资本费用等投资每增加 1%,大枣产量将增加 0.785%,并且资本费用投入对大枣产量的影响是显著的;这说明目前农户经济林生产的资本投入边际收益为正。

③ 土地投入的弹性分析。在大枣生产经营过程中,土地等的投入产出弹性为正,具体而言,土地面积每增加 1%,大枣产量将增加 0.211%,但是这种影响并不明显;也就是说,样本区域农户大枣种植面积的增加并不能使大枣产量增加明显。目前,山东省农户经济林产量的增加更多的是依靠资本费用投入的增加引起的。

④ 大枣规模效率。按照公式(6)的计算方法,假设调查数据当年农户大枣规模效率为 1,则按照规模效率的计算公式和上表的回归结果,计算的上一年农户大枣的规模效率为 0.9998,小于 1,高于山东省大枣规模效率 0.685 和平均规模效率 0.801,也说明农户大枣规模效率有增加的趋势。

2) 核桃规模效率及要素弹性分析

加入林地细碎化指标后,核桃规模效率采用扩展的 C-D 生产函数进行分析,具体模型分析结果见表 5。

Table 5. Estimation results of walnut production function model

表 5. 核桃生产函数模型估计结果

变量	系数	标准误	t 值	p 值
	coef	se	tstat	pval
$\ln X_1$	0.114	0.307	0.372	0.711
$\ln X_2$	0.702**	0.328	2.136	0.035
$\ln X_3$	0.266	0.308	0.865	0.389
$\ln Q_i \ln X_1$	-0.161	0.564	-0.285	0.776
$\ln Q_i \ln X_2$	0.037	0.485	0.077	0.938
$\ln Q_i \ln X_3$	-0.006	0.623	-0.01	0.992
Z_1	0.031	0.223	0.138	0.891
Z_2	-0.019	0.013	-1.428	0.156
Z_3	0.027	0.139	0.191	0.849
常数	0.95	1.513	0.628	0.531
观察值	116			
R^2	0.633			
细碎化指数	-0.130			
规模弹性	1.074			

注: 括号内为标准误差, *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$ 。

由表 5 可以看出：

① 劳动力投入的弹性分析。在农户经济林产品生产经营过程中，劳动的投入产出弹性为正，说明目前农户经济林生产的劳动力投入边际收益为正。具体而言，用工投入每增加 1%，核桃产量将增加 0.114%，但是劳动力对核桃产出的影响并不十分显著。

② 资本费用等投入的弹性分析。在核桃生产经营过程中，资本费用等的投入产出弹性为正，具体而言，资本费用等投资每增加 1%，核桃产量将增加 0.702%；并且十分显著，这说明目前农户经济林生产的资本投入边际收益为正，并且说明目前山东省农户核桃生产主要依靠资本的投入增加。

③ 土地投入的弹性分析。在核桃生产经营过程中，土地等的投入产出弹性为正，具体而言，投资每增加 1%，核桃产量将增加 0.266%；在模型里并不十分显著，这说明目前山东省核桃生产主要依靠资本投入的增加。

④ 按照规模效率的计算公式，假设当年农户核桃生产经营的规模效率为 1，则计算的农户上一年核桃生产经营的规模效率为 0.9997，大于山东省核桃规模效率值 0.956，也说明农户核桃生产经营的规模效率是增加的，这与山东省核桃生产经营的规模效率变化趋势是一致的。

3) 板栗规模效率及要素弹性分析

表 6 为板栗加入林地细碎化指标后扩展的 C-D 生产函数模型估计结果。

Table 6. Estimation results of chestnut production function model

表 6. 板栗生产函数模型估计结果

变量	系数	标准误	t 值	p 值
	coef	se	tstat	pval
$\ln X_1$	0.193	0.176	1.093	0.277
$\ln X_2$	0.272**	0.121	2.248	0.027
$\ln X_3$	0.720***	0.148	4.877	0
$\ln Q_i \ln X_1$	0.048	0.71	0.068	0.946
$\ln Q_i \ln X_2$	-0.234	0.332	-0.704	0.483
$\ln Q_i \ln X_3$	0.274	0.498	0.55	0.583
Z_1	0.095	0.075	1.267	0.208
Z_2	0	0.005	-0.004	0.997
Z_3	0.029	0.078	0.365	0.716
常数	0.800**	0.393	2.034	0.044
观察值	118			
R^2	0.884			
细碎化指数	0.088			
规模弹性	1.214			

注：括号内为标准误差，*** $p < 0.01$ ，** $p < 0.05$ ，* $p < 0.1$ 。

由表 6 可以看出：

① 劳动力投入的弹性分析。在农户经济林产品生产经营过程中，劳动的投入产出弹性为正，具体而言，农户经济林用工投入每增加 1%，板栗产量将增加 0.193%，但是并不十分显著，说明目前农户经济林生产的劳动力投入边际收益为正。

② 资本费用等投入的弹性分析。在板栗生产经营过程中，资本费用等的投入产出弹性为正，具体而言，经济林资本费用等投资每增加 1%，板栗产量将增加 0.272%；且在模型中是显著的，这说明目前农户经济林生产的资本投入边际收益为正。

③ 土地投入的弹性分析。在板栗生产经营过程中，土地等的投入产出弹性为正，具体而言，投资每增加 1%，板栗产量将增加 0.72%；且在模型中十分显著，这也说明目前山东省农户板栗生产除了依靠资本投入外，还主要依靠种植面积的增加。

④ 同样，按照规模效率的计算公式，假设当年农户板栗生产经营的规模效率为 1，则计算的农户上一年板栗生产经营的规模效率为 0.9989，大于山东省板栗规模效率值 0.851，也说明农户板栗生产经营的规模效率是增加的，扩大板栗的种植规模有利于农户的规模效率提高。

4.2. 农户经济林产品生产的规模效率分析

同样，根据上述相关数据进行农户经济林产品生产的规模效率分析，由计算的相关结果来看：

1) 规模弹性系数测度结果。在不考虑农户林地细碎化影响的情况下，大枣、核桃、板栗各生产要素的弹性系数分别为 1.346、1.074、1.214，均大于 1，说明农户大枣、核桃、板栗生产存在明显的规模效益。这说明在现有技术水平和生产制度下，增加农户林地的经营规模可在一定程度上带来更多的经济林产出。

2) 林地细碎化对经济林产品生产的影响。农户大枣、核桃的林地细碎化指数 $\sum \gamma_i$ 均为负，由此可以判定对于大枣、核桃而言，农户林地细碎化降低了其生产中的规模经济效应，影响其生产经营的产量。这也在一定程度上说明，山东省农户大枣和核桃经营可以通过促进连片经营降低土地细碎化，扩大种植规模，增加农户经济林种植经营的产出。

3) 由改进后的 C-D 生产函数的规模效率计算结果可以看出，农户大枣、核桃、板栗的规模效率均呈现增加的趋势，这与规模弹性系数测度结果的分析结论是一致的，只不过不同干果经济林的规模效率的变化幅度不同，也说明了改进后的效率计算方法有一定的合理性。

5. 结论

1) 从 DEA 模型结果可以看出，山东省大枣、核桃、板栗的投入产出的综合效率值都较低，未达到最优状态，资源配置效率不高，投入产出规模有待提高，综合效率总体波动幅度较大，可通过调整投入产出结构使其趋于平稳。

2) 劳动力的投入对农户经济林生产起重要作用，但是在农户大枣、核桃、板栗等经济林的生产中影响并不显著。而资本对大枣、核桃、板栗等的生产影响为正，且影响程度比较显著。也就是说，样本区域农户经济林产量增加更多的是依靠资本费用投入的增加引起的，因此，可以通过增加投资来提升经济林产量。

3) 从农户大枣、核桃、板栗生产的规模弹性系数来看，其值均大于 1，说明目前山东省农户经济林生产存在一定的规模经济。

4) 从相关模型分析的结果可以看出，目前农户林地细碎化对大枣种植生产有重要影响，降低了农户大枣的规模经济效益，并影响其产量，可以通过林地流转或承包的形式，推进集中连片经营，提高农户大枣的生产规模效益。但是对于农户核桃和板栗来说，林地细碎化的影响并不明显，是否推进连片经营有待进一步研究。

本文把林地细碎化指标纳入常规的 C-D 生产函数之中，对生产函数方法进行了改进，并与经济林投入产出规模弹性联系起来，是对常规 C-D 生产函数测度规模效率方法的改进，这在研究方法上有一定的创新。在 C-D 生产函数的基础上，提出改进的规模效率的计算方法，并进行了实证研究，这也是本研究的一个创新。

注 释

①表 1~3 来源：农户问卷整理

参考文献

- [1] 敖贵艳, 刘强, 续竞秦, 吴伟光. 采收技术、销售模式与非木质林产品生产效率[J]. 农业技术经济, 2020(1): 120-129.
- [2] 柴发熹, 邓煜. 陇南山地经济林适度规模经营的定量研究[J]. 资源科学, 1991, 13(6): 58-65.
- [3] 刘强. 中国水稻种植农户土地经营规模与绩效研究[D]: [博士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2017.
- [4] 张珑晶, 张晓梅, 王偲. 东北国有林区林业循环经济运行效率评价研究[J]. 林业经济问题, 2013, 33(5): 427-432.
- [5] 魏玉君, 慕运动, 郭朝兰. 河南省太行山区经济林适度经营规模模糊综合评判研究[J]. 河南林业科技, 2001, 21(3): 4-5+41.
- [6] 朱吉雨, 沈月琴, 朱臻, 等. 农户扩大经济林种植规模意愿及规模水平影响因素分析——以浙江省为例[J]. 林业经济问题, 2016, 36(2): 176-181.
- [7] 孟庆军, 许莲艳. 基于 C-D 函数的高新技术产业科技投入产出效率分析[J]. 河北工业科技, 2015, 32(1): 17-21.
- [8] Lee, J.Y. (2005) Using DEA to Measure Efficiency in Forest and Paper Companies. *Forest Products Journal*, **55**, 58-66.
- [9] Moreira, E.D.S., Neto, M.M.G., et al. (2018) Production Efficiency and Agronomic Attributes of Corn in an Integrated Crop-Livestock-Forestry System. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **53**, 419-426. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2018000400003>
- [10] Susaeta, A., Sancewich, B., Adams, D. and Moreno, P.C. (2019) Ecosystem Services Production Efficiency of Longleaf Pine under Changing Weather Conditions. *Ecological Economics*, **156**, 24-34. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.09.007>
- [11] Haight, R.G. (1987) Evaluating the Efficiency of Even-Aged and Uneven-Aged Stand Management. *Forest Science*, **33**, 116-134.
- [12] Kuosmanen, T. and Kortelainen, M. (2005) Measuring Eco-Efficiency of Production with Data Envelopment Analysis. *Journal of Industrial Ecology*, **9**, 59-72. <https://doi.org/10.1162/108819805775247846>