

# 循环经济视域下栖霞市苹果枝条资源化潜力评估及利用路径研究

王子涵, 丛磊\*

(中国农业大学烟台研究院, 山东 烟台 264670)

**摘要:**为评估县域苹果枝条的资源化潜力,以循环经济视域下的栖霞市为例,根据2014—2023年栖霞市苹果园种植面积测算出苹果枝条的修剪量,评估其肥料化、能源化潜力。结果表明,栖霞市苹果枝条资源化潜力巨大,经济效益显著。据测算,2023年栖霞市苹果枝条的最高经济效益达21.72亿元。调研发现栖霞市苹果枝条资源化利用不平衡、不充分,结合现状比较分析,构建多元循环利用路径,以期为县域苹果枝条资源化综合利用和循环经济发展提供参考。

**关键词:**循环经济;栖霞市;苹果枝条;资源化;利用路径

中图分类号:F304.4

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2025)06-0116-07

## Evaluation of Resource Utilization Potential and Utilization Paths of Qixia City's Apple Branches from the Perspective of Circular Economy

WANG Zihan, CONG Lei\*

(Yantai Research Institute, China Agricultural University, Yantai 264670, China)

**Abstract:** To evaluate the resource utilization potential of apple branches at the county level, taking Qixia City from the perspective of circular economy as an example, the pruning amount of apple branches was calculated based on the planting area of apple orchards in Qixia City from 2014 to 2023, and its potential for utilization as fertilizer and energy was evaluated. The results showed that there was enormous potential for resource utilization of apple branches in Qixia City, with significant economic benefits. According to estimates, the maximum economic benefit of apple branches in Qixia City reached 2.172 billion yuan in 2023. This study found that the resource utilization of apple branches in Qixia City was unbalanced and inadequate. Based on a comparative analysis of the current situation, a multifaceted recycling utilization path was constructed, aiming to provide a reference for the comprehensive resource utilization of apple branches and the development of circular economy at the county level.

**Key words:** Circular economy; Qixia City; Apple branches; Resourceization; Utilization path

循环经济是以减量化、资源化、再利用为原则的一种新型经济发展模式<sup>[1]</sup>,可有效促进资源集约利用<sup>[2]</sup>。农业循环经济强调将一些无公害的废弃物转化为可利用资源,实现“资源-产品-废弃物-再生资源”的循环路径<sup>[3]</sup>。为此,国务院印发《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》大力推动循环农业示范项目,有效提升农业废弃物循环利用效率。

国家推动一县一特及农业产业化快速发展,县域单一性的种养产业集聚化发展,出现产业过剩、废弃物累积、土地质量下降,造成农业废弃物资源循环利用率不高、农民积极性不强、政策支持连续性不强等现实问题<sup>[4]</sup>。当下,国内对农业废弃物循环利用的相关研究主要集中在利用路径、种养废弃物构成、循环模式和现状等<sup>[5-10]</sup>方面,基于县域产业化背景的农作物秸秆、畜禽粪污等废弃物循环利用的研究较多<sup>[11-15]</sup>,但果树枝条循环利用研究较少。因此,本研究以栖霞市苹果产业化发展作为研究对象,对苹果枝条的资源化利用潜力进行评估、对循环利用路径进行分析,为果树产业化背景下如何提高枝条循环利用率提供可借鉴的思路与参考。

收稿日期:2025-08-01

基金项目:烟台市教育局校地融合项目(2022XDRHXMOT24);2025年度山东省重点研发计划(软科学)项目(2025RZB0604)

作者简介:王子涵(2003-),男,在读本科,从事循环经济及公共事业管理研究。

通信作者:丛磊, E-mail: 1393276730@qq.com

# 1 材料与方 法

## 1.1 研究区域概况

栖霞市地处山东省烟台市中部,位于胶东半岛腹地,介于东经 120°33'~121°15'、北纬 37°05'~37°32',东西 63 km,南北 46 km,总面积约 1 793 km<sup>2</sup>。栖霞市为丘陵山区,有“胶东屋脊”之称,属暖温带东亚大陆性季风型半湿润气候,年均气温 11.4 ℃,年均降雨量 740 mm,四季分明,光照充足。栖霞市被誉为“中国苹果之都”和“世界苹果之城”,近十年的统计年鉴数据显示,栖霞市第一产业 GDP 比重稳定在 20% 以上,农林牧渔业中农业占比最高,可见种植业是栖霞市农业的支柱产业。2023 年苹果园种植面积 43 906.9 hm<sup>2</sup>,是烟台苹果种植面积最多的地区,全年苹果总产量 220.6 万 t;而粮食播种总面积 13 182.9 hm<sup>2</sup>,总产量仅 8.0 万 t,其他水果总产量 10.8 万 t,可见苹果是其农业的主导产业。陈炆等<sup>[6]</sup>研究发现,烟台市果树枝条修剪量位居山东省首位。栖霞市以苹果为优势的农业种植模式,产生了大量的苹果枝条资源。苹果枝条的修剪量与苹果种植结构和面积直接相关,根据《栖霞市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五远景目标纲要》,未来栖霞市扩大矮化密植苹果种植面积,苹果枝条资源量还会继续增加,而修剪后的大量苹果枝条面临抛弃、焚烧等资源浪费现象,如何对其进行恰当处理已成为当下亟待解决的问题。

## 1.2 数据来源

以山东省栖霞市苹果枝条为研究对象。苹果园种植面积和工业能源消费量数据来源于 2015—2024 年《栖霞统计年鉴》。苹果枝条的修剪系数、枝条的养分含量及有机质含量参照常小箭等<sup>[17]</sup>的方法,其中苹果枝条的修剪量用鲜重计算,用干物质测算苹果枝条全氮、全磷、全钾的含量及有机质含量。选取常镇等<sup>[18]</sup>的研究结果作为苹果枝条标准煤系数的参考。具体数值如表 1 所示。

## 1.3 研究方法

### 1.3.1 苹果枝条修剪量估算模型

$$M_i = S_i \times \alpha \dots\dots\dots (1)$$

式中:*i* 为年份,*i*=2014, 2015, …, *n*; *M<sub>i</sub>* 表示 *i* 年苹果枝条的修剪总量; *S<sub>i</sub>* 表示 *i* 年栖霞市苹果的种植面积;  $\alpha=6\ 750\ \text{kg}/\text{hm}^2$ , 表示苹果枝条的修剪系数。

### 1.3.2 苹果枝条肥料化利用价值估算模型

$$D_i = M_i \times (1 - \beta) \times F \dots\dots\dots (2)$$

表 1 苹果枝条修剪系数及可利用资源转换系数  
Table 1 Pruning coefficient of apple branches and conversion factor of available resources

系数 Coefficient	苹果枝条 Apple branch
枝条含水率/%	44.95
公顷枝条修剪系数/kg·hm <sup>-2</sup>	6 750.00
全氮含量/%	0.95
全磷含量/%	0.42
全钾含量/%	0.10
有机质含量/%	86.70
标准煤系数	0.59

式中:*D<sub>i</sub>* 表示 *i* 年苹果枝条的肥料化(N、P、K、有机质)总效益;  $\beta$  表示苹果枝条的含水率; *F* 代表苹果枝条的单位养分(N、P、K、有机质)含量。

为方便评估,测算出苹果枝条的肥料化利用经济效益,将苹果枝条中的氮、磷、钾分别换算为尿素(46-0-0)、过磷酸钙(0-12-0)、硫酸钾(0-0-50),按照尿素价格约 1 600 元/t、过磷酸钙价格约 1 000 元/t、硫酸钾价格约 3 000 元/t 进行估算;并根据 NY 525-2012 中有机质含量≥45%、水分含量≤30% 的相关规定<sup>[17]</sup>折算出苹果枝条的有机肥量,通过计算苹果枝条肥料化所替代的化肥和有机肥的量分析得出其利用价值。

### 1.3.3 苹果枝条能源化利用价值估算模型

$$C_{1i} = M_i \times \gamma \dots\dots\dots (3)$$

式中:*C<sub>1i</sub>* 表示 *i* 年苹果枝条的标准煤折算量;  $\gamma$  表示苹果枝条的标准煤系数。

研究表明 1 t 标准煤可以折算为 7 520 m<sup>3</sup> 天然气和 8 140 kW·h 电能<sup>[14]</sup>, 所以

$$C_{2i} = C_{1i} \times 7\ 520 \dots\dots\dots (4)$$

式中:*C<sub>2i</sub>* 表示 *i* 年苹果枝条的天然气折算量。

$$C_{3i} = C_{1i} \times 8\ 140 \dots\dots\dots (5)$$

式中:*C<sub>3i</sub>* 表示 *i* 年苹果枝条的电能折算量。

$$W_{1i} = \frac{C_{1i}}{Z_{1i}} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

式中:*W<sub>1i</sub>* 表示 *i* 年的标准煤替代倍数; *Z<sub>1i</sub>* 表示 *i* 年区域工业能源消费量。

$$W_{2i} = \frac{C_{2i}}{Z_{2i}} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

式中:*W<sub>2i</sub>* 表示 *i* 年的天然气替代倍数; *Z<sub>2i</sub>* 表示 *i* 年的区域工业天然气消费量。

$$W_{3i} = \frac{C_{3i}}{Z_{3i}} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

式中： $W_{3i}$ 表示*i*年的电能替代倍数； $Z_{3i}$ 表示*i*年的区域工业电能消费量。为便于评估，按照标准煤1 300元/t、天然气3元/m<sup>3</sup>进行折算，民用电能价格0.56元/(kW·h)计算<sup>[18]</sup>，从而折算出苹果枝条能源化带来的经济效益。

## 2 结果与分析

### 2.1 苹果枝条修剪量统计分析

根据表2中栖霞市每年苹果园的种植面积，参照表1中苹果枝条的修剪系数和含水率，计算出每年苹果枝条的修剪总量和干物质含量。由表2可知，2023年栖霞市苹果枝条的修剪量为29.64万t，干物质含量为16.32万t，整体上十年间呈平稳上升的趋势。

### 2.2 苹果枝条肥料化价值分析

评估肥料肥力的重要指标包括氮、磷、钾等养分的含量，所以可通过测算苹果枝条中全氮、全磷、全钾和有机质含量来评估其肥料化利用潜力。由表2得出的苹果枝条的干物质折算量，参照表1中的养分含量百分比，分别测算出苹果枝条中全氮、全磷、全钾的含量，并分别折算为尿素、过磷酸钙、硫酸钾的量，计算其替代化肥的经济效益；再测算出有机质含量折算成有机肥，进而评估苹果枝条肥料化利用价值。

由表3可知，栖霞市苹果枝条养分主要以氮和

表2 2014—2023年栖霞市苹果种植面积及枝条修剪量

Table 2 Apple cultivation area and branch pruning amounts in Qixia City, 2014–2023

年份 Year	种植面积/hm <sup>2</sup> Planting area	枝条修剪量/万t Pruning amount	干物质折算量/万t Dry matter equivalent
2014	42 430.60	28.64	15.77
2015	44 693.07	30.17	16.61
2016	44 678.27	30.16	16.60
2017	44 664.80	30.15	16.60
2018	45 469.67	30.69	16.90
2019	44 197.13	29.83	16.42
2020	44 181.40	29.82	16.42
2021	44 701.40	30.17	16.61
2022	44 015.13	29.71	16.36
2023	43 906.87	29.64	16.32

磷为主，共计约占养分总含量的93%左右，钾含量最低，只占养分总含量的7%左右。根据2014—2023年栖霞市苹果枝条中的有机质含量，测算出有机肥折算量43.40万~46.50万t，整体呈平稳上升趋势。2023年栖霞市苹果枝条的全氮、全磷、全钾含量分别为1 549.95、685.24、163.15 t，折算成尿素、过磷酸钙、硫酸钾的量分别为3 369.45、5 710.33、326.30 t，替代化肥后，经济效益约1 208.04万元。

表3 2014—2023年栖霞市苹果枝条养分含量及肥料化利用效益

Table 3 Nutrient content and fertilizer utilization benefits of apple branches in Qixia City, 2014–2023

年份 Year	全氮 含量/t Total nitro- gen content	尿素折算 量/t Urea equiva- lent	全磷含量/t Total phos- phorus con- tent	过磷酸钙 折算量/t Calcium su- perphos- phate equivalent	全钾含量/t Total potas- sium content	硫酸钾 折算量/t Potassium sulfate equivalent	有机质 含量/万t Organic mat- ter content	有机肥折算 量/万t Organic fer- tilizer equivalent	替代化肥经 济效益/万元 Economic benefits of fertilizer sub- stitutes
2014	1 497.83	3 256.16	662.20	5 518.34	157.67	315.33	13.67	43.40	1 167.42
2015	1 577.70	3 429.79	697.51	5 812.58	166.07	332.15	14.40	45.71	1 229.67
2016	1 577.18	3 428.65	697.28	5 810.66	166.02	332.04	14.39	45.69	1 229.26
2017	1 576.70	3 427.62	697.07	5 808.91	165.97	331.94	14.39	45.68	1 228.89
2018	1 605.12	3 489.38	709.63	5 913.59	168.96	337.92	14.65	46.50	1 251.04
2019	1 560.19	3 391.73	689.77	5 748.09	164.23	328.46	14.24	45.20	1 216.02
2020	1 559.64	3 390.52	689.52	5 746.04	164.17	328.35	14.23	45.19	1 215.59
2021	1 578.00	3 430.43	697.64	5 813.67	166.10	332.21	14.40	45.72	1 229.90
2022	1 553.77	3 377.76	686.93	5 724.42	163.55	327.11	14.18	45.02	1 211.02
2023	1 549.95	3 369.45	685.24	5 710.33	163.15	326.30	14.15	44.91	1 208.04

### 2.3 苹果枝条能源化价值分析

根据表2得出的苹果枝条的干物质折算量,参照表1中的标准煤系数,测算出苹果枝条的标准煤折算量,并分别折算为天然气和电能,再根据各自工业能源消费量分别计算出苹果枝条的标准煤替代倍数、天然气替代倍数及电能替代倍数,计

算其替代能源的经济效益,进而评估苹果枝条的能源化利用价值。结果如表4和表5所示。

由表5可知,栖霞市苹果修剪枝条能源化利用潜力巨大。2014—2023年栖霞市苹果枝条的标准煤、天然气以及电能折算量分别为9.30万~9.97万t、69 953.61万~74 963.99万 $m^3$ 、7.57亿~8.11亿 $kW\cdot h$ ,

表4 2014—2023年栖霞市能源消费量  
Table 4 Energy consumption in Qixia City, 2014–2023

年份 Year	标准煤消费量/万t Standard coal consumption	天然气消费量/万 $m^3$ Natural gas consumption	电能消费量/亿 $kW\cdot h$ Electricity consumption
2014	87.54	65.30	9.43
2015	11.01	914.34	9.45
2016	88.83	168.05	8.63
2017	77.06	211.56	8.06
2018	84.98	398.46	9.02
2019	78.53	2 559.00	9.19
2020	10.78	487.49	2.13
2021	12.66	355.28	1.91
2022	9.58	300.35	1.92
2023	11.00	296.10	2.11

表5 2014—2023年栖霞市苹果枝条能源化利用效益  
Table 5 Benefits of energy utilization of apple branches in Qixia City, 2014–2023

年份 Year	标准煤 折算量/万t Standard coal equivalent	天然气 折算 量/万 $m^3$ Natural gas equivalent volume	电能 折算量/ 亿 $kW\cdot h$ Electric power equivalent	标准煤 替代 倍数 Standard coal equivalent ratio	天然气替代 倍数 Natural gas equivalent ratio	电能替 代倍数 Electric power equivalent ratio	替代标准煤 经济效益/ 亿元 Substitute standard coal cost sav- ings	替代天然气 经济效益/ 亿元 Substitute natural gas cost savings	替代电能 经济效益/ 亿元 Substitute electric power cost savings
2014	9.30	69 953.61	7.57	0.11	1 071.18	0.80	1.21	20.99	4.24
2015	9.80	73 683.65	7.98	0.89	80.59	0.84	1.27	22.11	4.47
2016	9.80	73 659.25	7.97	0.11	438.31	0.92	1.27	22.10	4.47
2017	9.79	73 637.04	7.97	0.13	348.07	0.99	1.27	22.09	4.46
2018	9.97	74 963.99	8.11	0.12	188.13	0.90	1.30	22.49	4.54
2019	9.69	72 866.02	7.89	0.12	28.47	0.86	1.26	21.86	4.42
2020	9.69	72 840.08	7.88	0.90	149.42	3.70	1.26	21.85	4.42
2021	9.80	73 697.38	7.98	0.77	207.43	4.18	1.27	22.11	4.47
2022	9.65	72 565.96	7.85	1.01	241.60	4.08	1.25	21.77	4.40
2023	9.63	72 387.47	7.84	0.87	244.47	3.71	1.25	21.72	4.39

均呈整体波动上升的趋势。2023年栖霞市苹果枝条的标准煤、天然气和电能的年均转化经济效益分别为1.25亿元、21.72亿元和4.39亿元。参照2023年《栖霞统计年鉴》规模以上企业能源消费量,2023年标准煤折算量相当于全市规模以上企业总消费量的88%,天然气折算量相当于全市规模以上企业总消费量的244.47倍,电能折算量相当于全市规模以上企业总消费量的3.71倍。

#### 2.4 苹果枝条利用价值总体分析

由表2、表3、表4和表5可以看出,2023年栖霞市苹果枝条修剪量为29.64万t,可替代有机肥44.91万t,替代化肥经济效益1208.04万元;折算天然气量为72387.47万 $m^3$ ,远远大于天然气的消费量(296.10万 $m^3$ )。

相较于省域,县域农村人口比重大,经济欠发达。县域作为城市与乡村的结合点,是支撑经济长期稳健发展的关键,也是实现社会共同富裕的根本保障<sup>[9]</sup>。以栖霞市为例,据估算,2023年栖霞市苹果枝条的最高经济效益可达21.72亿元,参照2023年《栖霞统计年鉴》规模以上工业利润和财政收入,其相当于全市规模以上工业利润的6.81倍,全市财政收入的1.07倍,可见县域苹果枝条的资源化利用潜力巨大且经济效益突出。相比于省域,县域构建完备循环体系更有交通成本优势<sup>[11]</sup>。因此,探究县域苹果枝条适地性、经济性、高附加值的循环利用路径,能实现其就地消解,兼具经济价值、环境效益、社会效益,具有极大的现实意义。

### 3 县域苹果枝条循环利用路径

#### 3.1 县域苹果枝条资源化利用现状

目前栖霞市苹果枝条资源化利用有四大方向:能源化、肥料化、材料化和高值化。综合利用方式主要包括:有机肥及液肥生产、生物质发电及能源化、压制板材的原料化和作为香菇的基料。实地问卷调研农户发现,目前35%用户考虑回收大果树枝条,送到中节能(烟台)生物质热电有限公司,但每年有逐渐下滑趋势;90%以上用户使用苹果枝条烧火;72%用户对直径小于3cm枝条直接抛弃;1.5%用户考虑肥料化利用,即苹果树枝条还田。基于栖霞市一县一特、产业集聚的情况,农业废弃物单一化明显、苹果枝条产生量较大,资源化利用问题突出:一是作为生物颗粒的能源化利用发展较快,加工企业主要收购粗大枝条及砍伐树干,苹果枝条成本约0.05~0.06元/条,做成生物颗粒成本价0.1元/条,出售价约0.5~

0.6元/条,因为颗粒便捷无污染,多数被销售到城市门店、工厂、公司,但因为价格高,农民使用较少;二是果树专业村的农民依然保留烧火做饭生活方式,但通常选择粗大枝条或树干,对于直径小于3cm的枝条,因为目前市场上的枝条粉碎机有很多,价格从500元左右到2万元不等,一般农民持有量少且枝条收集、运输不便利,多被随意丢弃;三是苹果枝条废弃物作为有机质价值循环利用率极低;四是苹果专业村的果农通过购买有机肥、发酵粪肥或微生物菌肥提升土壤有机质,增强土壤活力。

#### 3.2 县域苹果枝条资源化利用比较分析

推进肥料化利用,代表性企业是旭瑞生物科技有限公司,其通过枝条加工有机肥模式,每3t枝条可以制成1t苹果有机肥,花费只需要600元/t的加工费。在政府补贴下,果农的需求量较大,但补贴取消后苹果有机肥年销售量从20~40t下降至4t。肥料化运用过程中病虫害防治、粉碎堆肥、碳氮比的调整等关键技术成熟度中等,实施过程需要投入大量劳动力,对栖霞市适用性较好;缺点是粉碎、高温灭菌、混合堆肥等制作成本较高。进行能源化利用,中节能(烟台)生物质热电有限公司是栖霞市首家利用生物质发电并对外集中供热的热电联产企业,每年可利用果木枝条等生物质燃料30万t,清洁供热面积达226.86万 $m^2$ ,供热用户超2.3万户,有效促进了栖霞市城区节能减排与循环经济发展。当地企业对苹果枝条资源化利用的关键技术生物质成型燃料、气化发电应用成熟,且资源化潜力评估中也以天然气转化量最高,适用性高;但需要国家政策补贴,目前公司处于亏损运营状态。用作板业加工材料,北京万华生态板业股份有限公司主要以苹果枝条等作为压制板材的原料,采用新技术和新工艺加工生态环保型无甲醛板材,项目运作良好。进行食用菌生产,苹果枝条碎屑可作为花菇、猴头菇、黑木耳等食用菌的优质原料<sup>[20]</sup>。发展初期栖霞市每吨苹果枝条可以培植香菇1000棒,每个菌棒3元,收益可观,但伴随着人口老龄化和市场经济的影响,目前食用菌生产量锐减,专业村所剩无几。部分苹果枝条材料化和高值化利用产业前期运营良好,但周期性效益变化明显,难以抵御市场风险,又由于较大的人力及机械成本,适合农户进行小规模开发;同时食用菌生产中存在关键技术成熟度较低,目前果菌套作技术还在可行性研究和试点阶段,缺乏规模化生产,对栖霞市适用性具有不稳定性。

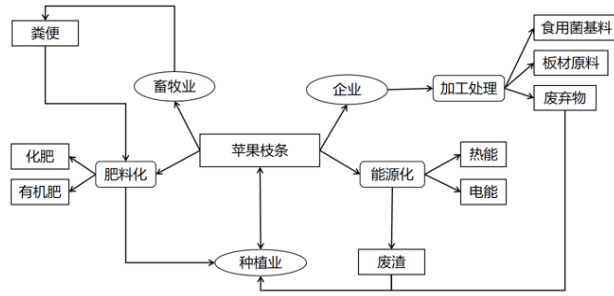


图1 县域苹果枝条多元循环利用体系

Fig. 1 Multi-dimensional recycling system for county apple branches

### 3.3 县域苹果枝条循环利用路径

通过调研及几种循环利用方式比较,对于以苹果为优势产业的栖霞市,应充分利用大量的修剪枝条资源,探索多元循环利用路径。对栖霞市(县域)苹果枝条构建多元循环利用体系,如图1所示。

对于规模生产集中区域或老果树生产区,存在大量堆积的枝条,可以能源化为主,需要辅助相关果树粉碎和炭化处理技术手段<sup>[21]</sup>,能有效快速降低环境污染,并缓解能源供应不足的问题。对于大量的细小枝条,适宜就地粉碎,再集中肥料化;或给予政策支持和补贴,鼓励农户积极将果树枝条粉碎还田。结合利用路径的比较分析和农户调研,目前栖霞市苹果枝条更适宜发展为生物质气化和肥料化利用。能源化中的生物质气化是指将苹果枝条经高温和缺氧处理发生气化反应<sup>[22]</sup>,转化为天然气等可燃气体利用;肥料化是以修剪得到的枝条粉碎物为原料,以人粪尿和碳铵等为辅料,利用微生物经过高温快速发酵形成有机肥还田利用。县域政府应持续强化主导、激励和监管职能,做好对政策的宣传和引导,增加农户对苹果枝条能源化利用与有机肥使用的知晓度<sup>[23]</sup>,改变传统认知观念;建立健全生态补偿机制,坚持对果农进行有机肥利用的长效补贴;加大技术和设备方面的资金投入,开展苹果枝条粉碎机噪声控制、切削效率的专业研究<sup>[24]</sup>,同时培育专业化人才队伍,制作出简便实用的操作手册<sup>[25]</sup>。此外,鼓励企业或地方果树生产者与当地果农联合,推动循环利用,探索一村一品式的材料化、基料化和高值化利用,鼓励企业及服务组织建设,完善产业化的社会分工体系,大力发展循环经济。

## 4 结论

通过对栖霞市苹果枝条的资源价值评估分析,苹果枝条肥料化和能源化潜力巨大,具有很

高的利用价值和经济效益。测算结果表明,2023年栖霞市苹果枝条修剪量29.64万t,可分别折算为有机肥44.91万t和标准煤9.63万t,其中替代天然气的经济效益最高,约为21.72亿元。通过实地调研及综合分析,目前栖霞市适宜将苹果枝条处理转化为天然气和有机肥,开展能源化和肥料化利用,需要长期补贴政策以及技术资金方面的扶持。综上,县域苹果枝条适宜开展多元循环利用路径,不同地域、种类和规模的苹果枝条适合不同的资源化利用方式,县域单元应因地制宜,合理选择利用方式,强化政府的主导职能作用,落实保障苹果枝条分类分级循环利用,构建多元循环利用体系,推动循环经济发展。

### 参考文献:

- [1] 许凌云. 循环经济运行模式在旅游景区管理中的应用[J]. 经济师, 2021(10): 163-164.  
XU L Y. Application of circular economy operation models in tourism site management[J]. China Economist, 2021(10): 163-164. (in Chinese)
- [2] 赵晓飞. 中国循环经济20年[J]. 中国石油和化工, 2024(12): 21.  
ZHAO X F. Twenty years of China's circular economy[J]. China Petroleum and Chemical Industry, 2024(12): 21. (in Chinese)
- [3] 宋旭韬. 发展农业循环经济促进农业可持续发展[J]. 河北农业, 2025(1): 16-17.  
SONG X T. Developing a circular economy in agriculture to promote sustainable agricultural development[J]. Hebei Agriculture, 2025(1): 16-17. (in Chinese)
- [4] 李俊夫. 双碳背景下循环经济发展的机遇、挑战与策略[J]. 现代管理科学, 2022(4): 15-23.  
LI J F. Opportunities, challenges and strategies for circular economy development in the context of dual carbon goals[J]. Modern Management Science, 2022(4): 15-23. (in Chinese)
- [5] 张德平, 白妙琴, 马文江, 等. 农业废弃物资源利用途径研究[J]. 合作经济与科技, 2024(13): 22-23.  
ZHANG D P, BAI M Q, MA W J, et al. Research on utilization pathways for agricultural waste resources[J]. Co-Operative Economy & Science, 2024(13): 22-23. (in Chinese)
- [6] 周彪. 农村有机废弃物沼肥土壤施用效果及开发潜力研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2024.
- [7] 王健, 张辉, 沈玉君, 等. 中国循环农业发展实践与推进路径探究[J]. 农业工程学报, 2024, 40(22): 12-21.  
WANG J, ZHANG H, SHEN Y J, et al. Development practice and promotion route of circular agriculture in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2024, 40(22): 12-21. (in Chinese)
- [8] 杜艳玲, 周怀平, 程曼, 等. 山西省种养废弃物构成及资源化利用潜力研究[J]. 农业资源与环境学报, 2019, 36(3): 329-336.  
DU Y L, ZHOU H P, CHENG M, et al. Study on composition and utilization potential of waste from planting and breeding in Shanxi Province, China[J]. Journal of Agricultural Resources

- and Environment, 2019, 36(3): 329-336. (in Chinese)
- [ 9 ] 王英杰, 宋怡玮, 宋康宁, 等. 生态补偿与价值感知对畜禽废弃物循环利用的影响效应研究—基于莱阳市生猪养殖户的实证分析[J]. 东北农业科学, 2024, 49(4): 105-112.  
WANG Y J, SONG Y W, SONG K N, et al. Research on the impact effects of ecological compensation and value perception on the circular utilization of livestock and poultry waste—empirical analysis of pig farmers in Laiyang City[J]. Journal of Northeast Agricultural Sciences, 2024, 49(4): 105-112. (in Chinese)
- [ 10 ] 田增强, 郭侠军. 农作物秸秆及果树枝条利用情况调研思考—基于晋中市调查情况[J]. 山西农经, 2019(14): 48, 50.  
TIAN Z Q, GUO X J. Reflections on the utilization of crop straw and fruit tree branches: insights from a survey in Jinzhong City [J]. Shanxi Agricultural Economy, 2019(14): 48, 50. (in Chinese)
- [ 11 ] 宗志琪, 史永昌, 麻鑫宇, 等. 县域农作物秸秆处理资源化价值评估及循环利用路径—以山东省栖霞市为例[J]. 农业工程, 2025, 15(3): 94-99.  
ZONG Z Q, SHI Y C, MA X Y, et al. Resource value evaluation and recycling utilization path of crop straw treatment in county area: Taking Qixia City of Shandong Province as an example[J]. Agricultural Engineering, 2025, 15(3): 94-99. (in Chinese)
- [ 12 ] 吕智超, 孙日丹, 洪小丽, 等. 吉林省农作物秸秆资源现状及利用对策[J]. 东北农业科学, 2024, 49(4): 62-65.  
LYU Z C, SUN R D, HONG X L, et al. Present situation and utilization countermeasures of maize straw resources in Jilin Province[J]. Journal of Northeast Agricultural Sciences, 2024, 49(4): 62-65. (in Chinese)
- [ 13 ] 王斯文, 柏程瀚, 吉林爽, 等. 秸秆还田条件下水分调控对水稻生长发育和稻田生态系统的影响研究[J]. 东北农业科学, 2024, 49(6): 1-6.  
WANG S W, BAI C H, JI L S, et al. A review of the effects of water regulation under straw returning to fields on rice growth, yield and field Ecosystem[J]. Journal of Northeast Agricultural Sciences, 2024, 49(6): 1-6. (in Chinese)
- [ 14 ] 周永馨, 王圣伟, 何书朋, 等. 烟台市种植业有机废弃物还田对畜禽粪污土壤消纳量的影响研究[J]. 中国土壤与肥料, 2021(6): 336-345.  
ZHOU Y X, WANG S W, HE S P, et al. Effect of planting organic waste returning to field on soil intake of livestock manure in Yantai City[J]. Soil and Fertilizer Sciences in China, 2021(6): 336-345. (in Chinese)
- [ 15 ] 张羽飞, 邵蕾, 冷淞凝, 等. 山东省畜禽粪便资源评估及肥料化与能源化利用潜力分析[J]. 中国沼气, 2019, 37(3): 93-99.  
ZHANG Y F, SHAO L, LENG S N, et al. Assessment of livestock and poultry excrement resources in Shandong and its fertilizer and energy utilization potential[J]. China Biogas, 2019, 37(3): 93-99. (in Chinese)
- [ 16 ] 陈扬, 王丽霞, 杨毅, 等. 山东省果树修剪枝条资源评估及肥料化利用潜力分析[J]. 中国果树, 2020(4): 92-95.  
CHEN Y, WANG L X, YANG Y, et al. Assessment of pruned branch resources from fruit trees in Shandong Province and analysis of their potential for fertilizer utilization[J]. China Fruits, 2020(4): 92-95. (in Chinese)
- [ 17 ] 常小箭, 李方向, 王涛, 等. 西安果树修剪枝条资源评估及肥料化利用潜力分析[J]. 西北园艺, 2022(6): 52-55.  
CHANG X J, LI F X, WANG T, et al. Assessment of pruned branch resources from Xi'an fruit trees and analysis of their potential for fertilizer utilization[J]. Northwest Horticulture, 2022(6): 52-55. (in Chinese)
- [ 18 ] 常镇, 赵兴玲, 吴凯, 等. 云南省果林修剪枝条资源评估及生物质能潜力分析[J]. 安徽农业科学, 2024, 52(14): 47-51.  
CHANG Z, ZHAO X L, WU K, et al. Evaluation of pruning branch resources and analysis of biomass energy potential in fruit forests in Yunnan Province[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2024, 52(14): 47-51. (in Chinese)
- [ 19 ] 张学良, 周泽林, 汤新云. 推动我国县域经济高质量发展的几个理论问题[J]. 财贸研究, 2023, 34(6): 1-8.  
ZHANG X L, ZHOU Z L, TANG X Y. Several theoretical problems on promoting high-quality development of county economy in China[J]. Finance and Trade Research, 2023, 34(6): 1-8. (in Chinese)
- [ 20 ] 舒斌, 曹格妮, 祁香宁, 等. 果树修剪枝条资源化利用途径研究进展[J]. 中国果菜, 2023, 43(3): 75-79.  
SHU B, CAO G N, QI X N, et al. Research progress on resource utilization of pruned branches[J]. China Fruit & Vegetable, 2023, 43(3): 75-79. (in Chinese)
- [ 21 ] 李婧骅, 孙一丹, 梁嘉宜, 等. 果树废弃枝条资源化处理研究现状[J]. 农学学报, 2023, 13(10): 31-36.  
LI J H, SUN Y D, LIANG J Y, et al. Research status of resource treatment of fruit trees discarded branches[J]. Journal of Agriculture, 2023, 13(10): 31-36. (in Chinese)
- [ 22 ] 何承静, 刘庆华, 詹娟, 等. 我国主要果园残枝资源化利用现状研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2025, 31(7): 1173-1186.  
HE C J, LIU Q H, ZHAN J, et al. Research progress on the utilization of stump branches in major orchards in China[J]. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2025, 31(7): 1173-1186. (in Chinese)
- [ 23 ] 吕东唯. 陕西渭北高原果树修剪枝条资源调查分析[D]. 北京: 北京林业大学, 2022.
- [ 24 ] 曾锦, 祈雁楠, 徐陶, 等. 我国规模化果园有机废弃物资源化利用研究现状[J]. 江苏农业科学, 2023, 51(4): 1-8.  
ZENG J, QI Y N, XU T, et al. Current status of research on resource utilization of organic waste from large-scale orchards in China[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2023, 51(4): 1-8. (in Chinese)
- [ 25 ] 刘春荣, 刘丽丽, 孙建城, 等. 果树废弃物资源化利用研究进展[J]. 东南园艺, 2022, 10(1): 70-77.  
LIU C R, LIU L L, SUN J C, et al. Research advances on the resource utilization of orchard waste[J]. Southeast Horticulture, 2022, 10(1): 70-77. (in Chinese)

(责任编辑:范杰英)