TNChE Asia 2024 Conference

## BioLight: Tailor-made Torrefaction Technology for Transforming Renewable Biomass to Sustainable Biocoal

#### Dr. Sanchai Kuboon

#### **Senior Researcher**

Catalyst Research Team Nanocatalysis and Molecular Simulation Research Group National Nanotechnology Center, NSTDA **TNChE Asia 2024 Conference** 

## Content



Background and Justification
 Biomass Potential in Thailand
 Torrefaction Technology

## **Global electricity generation by source**

3



Source: Ember's Yearly Electricity Data; Ember's European Electricity Review; Energy Institute Statistical

## **Global electricity generation by source**



Source: mber's Yearly Electricity Data; Ember's European Electricity Review; Energy Institute Statistical Review of World Energy

## **Electricity generation from fossil fuels**

5



Source: Yearly Electricity Data; Ember's European Electricity Review; Energy Institute Statistical

VANOTEC

## **Electricity generation from renewables**

6



Source: Ember's Yearly Electricity Data; Ember's European Electricity Review; Energy Institute Statistical

NOTEC



**Energy security** 



#### The seeking of fossil fuel replacing materials has been attended.



### **Global renewable electricity generation**

8



## **Global energy generation from biofuel**





## <sup>10</sup> Energy generation from biofuel, Thailand





## **Agricultural biomass**



Thailand has rich resources of agricultural biomass that can be utilized in various applications.

# Thailand is known as an agricultural country.

cultural wast

### "Agricultural residual biomass"

## **Major compositions of biomass**



#### **TNChE Asia 2024 Conference**



# Biomass Potential in Thailand

## **Biomass potential in Thailand**





Source: Energy for Environment Foundation 2016

14

### Top 5 of agricultural potential in Thailand



## Top 5 of agricultural potential in Thailand

16





## Top 5 of agricultural residues in Thailand



The amounts of agricultural biomass residues were assessed with "**Residue Product Ratio (RPR)**" from major agricultural products.

| Agricultural product | Total (ton/year) |             |             | Agricultural residue | DDD         | Total (ton/year) |            |            |
|----------------------|------------------|-------------|-------------|----------------------|-------------|------------------|------------|------------|
| Agricultural product | 2020             | 2021        | 2022        | Agricultural residue | KPK         | 2020             | 2021       | 2022       |
| Curarcano            | 79 605 546       | 105 044 254 | 112 024 061 | Leaf                 | 0.17        | 13,378,243       | 18,010,540 | 19,214,090 |
| Sugarcane            | /8,095,540       | 105,944,554 | 115,024,061 | Bagasse              | 0.28        | 22,034,753       | 29,664,419 | 31,646,737 |
| Pico                 | 20.077.000       | 22 117 024  | 22 002 022  | Straw                | 0.49        | 15,179,024       | 15,737,342 | 16,112,637 |
| RICE                 | 30,977,000       | 52,117,024  | 32,002,932  | Husk                 | 0.21        | 6,505,296        | 6,744,575  | 6,905,416  |
|                      |                  |             | 34,068,005  | Rhizome              | 0.2         | 5,799,824        | 7,018,897  | 6,813,601  |
| Cassava root         | 28,999,122       | 35,094,485  |             | Pulp                 | 0.06        | 1,739,947        | 2,105,669  | 2,044,080  |
|                      |                  |             |             | Peel                 | 0.28        | 8,119,754        | 9,826,456  | 9,539,041  |
|                      | 16,221,974       | 16,903,728  | 18,588,120  | Tree                 | 1           | 16,221,974       | 16,903,728 | 18,588,120 |
|                      |                  |             |             | Leaf                 | 1.41        | 22,872,983       | 23,834,256 | 26,209,249 |
| Oil palm             |                  |             |             | Fiber                | 0.19        | 3,082,175        | 3,211,708  | 3,531,743  |
|                      |                  |             |             | Shell                | 0.04        | 648,879          | 676,149    | 743,525    |
|                      | '                |             | []          | Empty fruit bunch    | 0.32        | 5,191,032        | 5,409,193  | 5,948,198  |
| Maizo                | 4 000 207        | 1 017 015   | On process  | Stalk                | 1.84        | 9,181,981        | 8,920,035  | On process |
| waize                | 4,990,207        | 4,847,845   | On process  | Cob                  | 0.24        | 1,197,650        | 1,163,483  | On process |
|                      |                  |             |             | Total                | 131,153,515 | 149,226,450      | On process |            |

Source: Office of Agricultural Economics

Office of The Cane and Sugar Board

Department of Alternative Energy Development and Efficiency

## Fast growing trees in Thailand









## BECCS Databases Unlocking a Sustainable Future

Welcome to Thailand's leading platform for decarbonization technologies. Whether you're an industry leader, researcher, or simply environmentally conscious, our database provides access to the latest advancements in sustainable practices.

## **Empowering Your Decarbonization Journey**

In the era of climate consciousness, technology plays a pivotal role in spearheading eco-initiatives. The availability of comprehensive databases can be instrumental in making strides towards a greener future

| 0                |   |
|------------------|---|
| 1 million (1997) | 7 |

#### **Biomass Locator**

Discover and access a network of biomass sources, optimizing your eco-initiatives with reliable and sustainable materials.

Get started today

Biomass, primarily derived from plants and organic materials, has been hailed as an ecofriendly alternative to fossil fuels. The Biomass Locator aims to connect industries and individuals with a plethora of biomass sources.

## **Biomass database**



Biomass residues by province 2021 – 2022 (Different types of agricultural production) ---







#### **Installed Capacity**

- 0.0 10.0 : Very Small Power Producer: VSPP
- 10.1 90 : Small Power Producer: SPP

## More than 130 million tons of agricultural residue biomass were annually produced in Thailand.

"More than 50% are wasted."

## **Further problems**

อุสไฟเพาไร่



#### ต้นไม้และสัตว์ไม่มีโอกาสรอด!

เปลวเพลิงลุกลามจากการเผาไร่ ภายหลังการเก็บเกี่ยว ้จนเป็นไฟนรก หวิดย่างสดเผาบ้านเรือนชาวบ้าน สิบกว่าหลังคาเรือน ชาวบ้านขนของหนีตาย ้นับร้อยคน กล่าวเกิดขึ้นทุกปี ไม่ใช่ปีแรก ไทยรัฐออนไลน์ 31 มกราคม 2563 📃

### **Current challenges of biomass as fuel**



#### **TNChE Asia 2024 Conference**







| Furnace types       | Temperature (°C) | Retention time (min) | Feed           |
|---------------------|------------------|----------------------|----------------|
| Tube furnace        | 200 – 300 °C     | 5 - 60               | 5 g/batch      |
| Rotary kiln furnace | 250 – 350 °C     | 30 - 60              | 1 – 2 kg/batch |

## **Biocoal from biomass (Lab scale)**



| Piomocs types                                  | Optima           | l condition                          | Solid viold (%) |      |  |
|--|------------------|--------------------------------------|-----------------|------|--|
| Biolilass types                                | Temperature (°C) | emperature (°C) Retention time (min) |                 |      |  |
| Sugarcane leaves (HHV 18.2 MJ/kg)              | 225              | 30                                   | 55.4            | 21.7 |  |
| Corn stover (HHV 16.5 MJ/kg)                   | 237              | 15                                   | 63.3            | 22.3 |  |
| Corn stover <b>(HHV 16.5 MJ/kg)</b>            | 229              | 51                                   | 55.6            | 21.8 |  |
| Oil palm empty fruit bunch<br>(HHV 15.6 MJ/kg) | 274              | 9                                    | 48.8            | 22.6 |  |

## **Biocoal from biomass (Lab scale)**



| Biomacs types                    | Optima           | l condition          | Solid viold (%)  |      |  |
|----------------------------------|------------------|----------------------|------------------|------|--|
| Biomass types                    | Temperature (°C) | Retention time (min) | Solid yield (76) |      |  |
| Giant Leucaena (HHV 15.6 MJ/kg)  | 274              | 9                    | 51.0             | 24.7 |  |
| Eucalyptus bark (HHV 11.8 MJ/kg) | 274              | 9                    | 56.7             | 19.0 |  |

#### "Fast growing trees"

## <sup>30</sup> Biocoal from biomass (Pre-pilot scale)



| Piemass tyraes                        | Optima                                | l condition |                          |              |
|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------|--------------------------|--------------|
| biomass types                         | Temperature (°C) Retention time (min) |             | Solia yiela ( <i>%</i> ) |              |
| Sugarcane bagasse<br>(HHV 15.7 MJ/kg) | 350                                   | 60          | 42.5                     | <b>26</b> .7 |



### **31** Comparison of biomass and biochar properties







| Biomass  | Biocoal  |
|--|--|
| × High moisture content                          | Low moisture content                                       |
| × Moderate moisture absorption                   | Low moisture absorption                                    |
| × Low heating value                              | <ul> <li>High heating value</li> </ul>                     |
| × Low energy density                             | <ul> <li>High energy density</li> </ul>                    |
| <b>X</b> High smoke generation during combustion | <ul> <li>Low smoke generation during combustion</li> </ul> |
| × Difficult to storage and transportation        | <ul> <li>Easy to storage and transportation</li> </ul>     |
| × Easy degradation                               | <ul> <li>Difficult degradation</li> </ul>                  |
| × Sticky and difficult to pulverize              | <ul> <li>Brittle and easy to pulverize</li> </ul>          |



## Upscaling to pilot scale



### Lab scale and Pre-pilot scale





Development of the biocoal production process for "Upscaling to pilot scale"









## **Biocoal production**





**Torrefaction reactor** 200 – 300 °C

## Potential applications of biocoal technology





## **Benefits of Biocoal**











Thailand has produced **more than 130 ton per year** of agricultural waste and **around 50% are still underutilized**.



**Integration of database on biomass availability and power plant location** is necessary for strategic of efficient utilization of agricultural residue.



Torrefaction is a very effective and up–scalable technology for solid biofuel production from agricultural biomass. (Lab to Pilot scale)



The underutilized agricultural waste in Thailand could be employed as potential solid biofuel as a replacement of coal for more than 40% (2,726.96 MW). Reduced more than 10 Million ton CO<sub>2</sub> equivalent (per year).

## Academic paper





## Academic paper





## Patent



|  |   | แบบ สป/สผ/อสป/001-ก<br>หน้า 1 ของจำนวน 2 หน้า |   |  |  |
|--|---|---|---|--|--|
| Ar A V   | สำหรับเจ้าหน้าที่                                     |   | 4. สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร  |  |  |
|  | วันรับคำขอ เลขที่คำขอ<br>27/09/2566                   |   | 🔲 ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ 🗹 ผู้รับโอน 🔲 ผู้ขอรับสิทธิโดยเหตุอื่น  |  |  |
|  | วันยื่นคำขอ   | 2301006208                                    | 5. ตัวแทน (ถ้ามี)   | 5.1 ตัวแทนเลขที่ 2180  |  |
| "๙๙เมษา<br>คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร   | สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประ                   | เทศ   | ขอ นางรชดา เรองสน<br>ที่อยู่ 11 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย  | 5.3 โทรสาร   |  |
| 🛛 การประติษฐ์  | ใช้กับแบบผลิตภัณฑ์<br>ประเภทผลิตภัณฑ์                 |   | ตำบล/แขวง คลองหนึ่ง อำเภอ/เขต คลองหลวง จังหวัด ปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 1212<br>อีเมล<br>  | 20_ประเทศไทย   |  |
| <ul> <li>การออกแบบผลตกณฑ</li> <li>อนุสิทธิบัตร</li> </ul>  | วันประกาศโฆษณา  | เลขที่ประกาศโฆษณา                             |   | 🗹 เพิ่มเติม (ดังแนบ)   |  |
| ข้าพเจ้าผู้ลงลายมือชื่อในคำขอรับสิทธิบัตร/อบุสิทธิบัตรนี<br>ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522  | วันออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร                          | เลขที่สิทธิบัดร/อนุสิทธิบัดร                  | 6. ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ 🔲 ชื่อและที่อยู่เดียวกันกับผู้ขอ<br>ชื่อ นายสัญชัย คูบูรณ์  |  |  |
| แก้ไขเพิ่มเดิมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2535<br>และ พระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2542  | ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่                                 |   | ที่อยู่ 111 ศูนย์น้ำในเทคโนโลยีแห่งชาติ อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถ.พหลโยธิน<br>ตำบล/แขวง คลองหนึ่ง อำเภอ/เขต คลองหลวง จังหวัด ปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 121:<br>อีเนล   | 20_ประเทศไทย   |  |
| 1. ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์ <u>กรรมวิธีการผลิตถ่านชีวภาพด<sup>้</sup>วยกระบวนการไฮโดรเ</u>   |   | แฟคชันแบบแห้ง                                 | เลขประจำตัวประชาชน 1 8 0 0 1 0 0 0 2 1 6 4 7  | 🗹 เพิ่มเติม (ดังแนบ)   |  |
| <ol> <li>คำขอรับสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์นี้เป็นคำขอสำหรับแบบผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกันและเป็นคำขอสำดับ<br/>ในจำนวน คำขอ ที่ยื่นในคราวเดียวกัน</li> </ol>  | ที่   |   | <ol> <li>7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิม<br/>ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้ถือว่าได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ในวันเดียวกับคำขอรับสิทธิบัตร<br/>เลขที่</li></ol>  | บคำขอเดิมเพราะ   |  |
| <ol> <li>สู่ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร □ บุคคลธรรมดา □ บิดิบุคคล ☑ หน่วยงานรัฐ □ มูลนิธิ □ อื่นๆ.</li> <li>ส่ว สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเพคโบโลยีแห่งชาวติ</li> </ol>                             | 3.1   | สัญชาติ ไทย<br>โพรสัมหร์ 025647000 ต่อ 1316   | พมายเพล ใบกรณีที่ไม่อาจระบรายละเอียดได้คราเก้าน ให้จัดทำเป็นเอกสารแบกท้ายแบกเพิ่มทั่นี้โดยระบงบายเลขกำกักข้อและท้าข้อที่แสดงรายละเอียด  | เพิ่มเติมดังกล่าวด้วย  |  |
| ที่อยู่ 111 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ณพหลโยธิน 3.3 โทรสาร  |   |   | สำหรับเจ้าหน้าที่   |  |  |
| ตำบล/แขวง คลองหนึ่ง อำเภอ/เขต คลองหลวง จังหวัด ปทุมธานี<br>อีเมล tlo-ipm@nstda.or.th<br>☐ เลขประจำดัวมู้เสียภาษีอากร 09<br>ในกรณีที่กรมฯ สื่อสารกับท่าน ท่านสะดวกใช้ทาง 12 อีเมลผู้ขอ 12 อีเมลดัวแทน | รพัสไปรษณีย์ <u>12120</u> ประเทศ<br>9 4 0 0 0 1 6 5 6 | ไทย<br>5 6 8 [⊄] เพิ่มเดิม (ดังแบบ)           | จำแนกประเภทสิทธิบัตร/อบุสิทธิบัตร<br>☐ กลุ่มวิศวกรรม ☐ กลุ่มเคมี สิทธิบัตรการออกแบบ<br>สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (วิศวกรรม) สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เคมีเทคนิค) ☐ สิทธิบัตรการออกแบบ (ออกแบบผลิต<br>สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (ไฟฟ้า) สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เทคโนโลยีชีวภาพ) ☐ สิทธิบัตรการออกแบบ (ออกแบบผลิต<br>สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (พิสิกส์) สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เทคโนโลยีชีวภาพ) ☐ สิทธิบัตรการออกแบบ (ออกแบบผลิต<br>สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (พิสิกส์) สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เทลีชภัณฑ์) | อนุสิทธิบัตร<br>ภัณฑ์ 1) — อนุสิทธิบัตร (วิศวกรรม)<br>ภัณฑ์ 2) — อนุสิทธิบัตร (เคมี)<br>ภัณฑ์ 3) |  |

#### Combined wet and dry torrefactions for biocoal production

#### **TNChE Asia 2024 Conference**



Tel. 025647100 ext. 6332 sanchai@nanotec.or.th



# THANK YOU

#### Dr. Sanchai Kuboon

(Senior Researcher)

Catalyst Research Team Nanocatalysis and Molecular Simulation Research Group National Nanotechnology Center