

### 3-2 バイオ炭の土壌施用が作物生育と栄養塩溶脱に及ぼす影響

岡山大学大学院環境生命科学研究科・社会基盤環境学専攻  
前田 守弘, 宮本 一機, アズハ ウッディン  
(株)日本植生グループ本社・研究開発事業部・岡山研究所  
林 聡, 横山 理英

#### 1. 研究概要

アジア太平洋諸国では農業の近代化に伴って廃棄物が増大している。そこで本研究では、農業系廃棄物を利用したバイオ炭が作物生育や栄養塩溶脱に与える影響を調査した。モミガラとヤシガラを材料として、500°C、60分で炭化したバイオ炭を供試した。2012年4月～5月にワグネルポットにマサ土を充填し、コマツナを栽培した。ポットの上層にモミガラ炭、ヤシガラ炭を1.5 kg m<sup>-2</sup>混合した。また、対照としてバイオ炭無施用区を設けた。施肥量については標準施肥区、2倍施肥区を設けた。

バイオ炭を施用すると土壌水分保持量が高まるため、バイオ炭施用によって、コマツナの窒素、リン吸収量が増大した。ヤシガラ炭を施用するとリン溶脱量が低下したが、窒素溶脱量が増加した。これは、ヤシガラ炭に施用によって、硝化能が高まったか、あるいは脱窒が生じにくかったためと考えられる。以上のように、バイオ炭は土壌改良資材として大きな可能性を持つことが示された。

#### 2. 交流報告

##### 2.1 ベトナム国フエにおけるバイオチャー施用試験のため視察1 (2012年7月)

###### 2.1.1 目的

ベトナム国フエ大学の資源環境バイオテクノロジー研究所 (IREB) において、バイオチャー施用効果を調べるポット試験をH24年6月から実施した。今回の出張の目的は、ポット栽培試験における土壌採取、化学分析、データ収集などの方法を指導することである。

###### 2.2.2 行程

7月18日	IREB農場にてバイオチャー試験指導
7月19日	フエ市近郊における農地調査・分析指導
7月20日	IREBにて研究およびワークショップに関する打合せ

###### 2.2.3 現地対応者

フエ大学 IREB 所長	Le Van Thang
フエ大学 IREB 研究員	Tran Thi Tu
フエ大学	Ngyuen Van Huy

###### 2.2.4 実施内容

フエ省における最大農業地域はタムジャンラグーン周辺の Quan Dien 地区である。同

**Table 1 Experimental design of pot experiments for biochar effects in Hue**

Treatment	Biochar	Soil	Fertilizer
No Bichar/Poor sand	0	Sandy soil	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
Bichar/Poor sand	1.5 kg m <sup>-2</sup> (30 g/pot)		
No Bichar/Paddy soil	0	Clay soil	
Bichar/Paddy soil	1.5 kg m <sup>-2</sup> (30 g/pot)		
No Bichar/Fertile sand	0	Organic	
Bichar/Fertile sand	1.5 kg m <sup>-2</sup> (30 g/pot)	sandy soil	

地区は地下水位が浅く、水資源を得やすいため、水田、野菜畑、養殖池が広がっている。

本地区において次の3種類の土壌を選定し、土壌タイプの違いがバイオチャーの施用効果（栽培、窒素、リン溶脱）に与える影響について IREB と共同研究した。

- ①砂質土壌（高有機物含有量、葉菜類、有機質資源活用型農業組合）
- ②粘土質土壌（水田）
- ③砂質土壌（低有機物含有量、落花生、一般農家）

1/5000 a ワグネルポット（200 cm<sup>2</sup>）に、最下層（2 cm）に砂利 1000 g、中間層（7 cm）に土壌 1350 g、最上層（7 cm）にバイオチャーを混合した土壌 1350 g を充填する。コマツナを6月から1ヶ月間栽培し、浸透水、植物、土壌などを分析している。試験設計を Table 1 に示す。

### 2.2.5 視察のようす



コマツナの生育状況



フエ市近郊における畜産の視察

## 2.2 ワークショップの開催およびベトナム国フエにおけるバイオチャー施用試験のため視察 2 (2012 年 11 月)

### 2.2.1 目的

ベトナム国フエ大学の資源環境バイオテクノロジー研究所 (IREB) において、Japan-Vietnam Joint Workshop on Environmental Management of River Basins and Solid Wastes を開催した。また、環境問題 (水質、土壌、廃棄物など) に関する現地視察を行った。

### 2.2.2 行程

- 11 月 10 日 フエ市近郊における農地調査
- 11 月 11 日 IREB において、ワークショップ開催
- 11 月 12 日 フエ市近郊における現地調査 (水道水源、工場視察)
- 11 月 13 日 帰国

### 2.2.3 主な現地対応者

フエ大学 IREB 所長	Le Van Thang
フエ大学 IREB 研究員	Tran Thi Tu
フエ大学	Nguyen Van Huy

### 2.2.4 招へい研究者

ハノイ科学大学	Tran Ngoc Anh
ハノイ工科大学	Nguyen Kim Thai
南ベトナム水文環境研究所	Nguyen Thi Thuy Hang

### 2.2.5 実施内容

#### 2.2.5.1 ワークショップの開催

Japan-Vietnam Joint Workshop on Environmental Management of River Basins and Solid Wastes を開催した。これについては、関連箇所を参照。

#### 2.2.5.2 現地調査 (Quang Dien 地区)

フエ省における最大農業地域はタムジャンラグーン周辺の Quang Dien 地区である。同地区は地下水位が浅く、水資源を得やすいため、水田、野菜畑、養殖池が広がっている。本地区の土壌を用いてバイオチャーの施用効果 (栽培、窒素、リン溶脱) について IREB と共同研究を実施した (今回のワークショップで一部発表)。今回は、雨季における同地区の農業について視察した。今年は、雨季に入るのが遅く、乾季と同様の作付けが継続されていた。「安全野菜栽培」のリーダー Dinh Dinh さんによれば、今の栽培が終われば休憩するそうである。



「安全野菜」はオゾン発生器で殺菌された後に専用の袋に詰めて販売される



安全野菜の畑で地下水調査

### 2.3 年度末報告会への研究者招へい（2013年1,2月）

ベトナム国フエ大学資源環境バイオテクノロジー研究所の Tran Thi Tu 氏が来日し、招待講演を行った。また、研究成果のとりまとめおよび今後の研究等について討議を行った。招へい期間中の具体的な交流は以下の通りである。

- 1月31日 Debrief Session of the Project Researches on “Environmental Rehabilitation in Asia” およびセミナー参加・意見交換
- 2月1日 International Symposium on Environmental Science and Technology 参加・意見交換、笠岡湾干拓地農業に関する研究フィールドの視察
- 2月2日 FY 2012 Final Meeting of Practical Research and Education of Solid Waste Management Based on the Partnership among Universities and Governments in Asia and Pacific Countries に参加・意見交換
- 2月3日 研究成果のとりまとめおよび今後の研究等について討議

### 3. 研究報告

アジア太平洋諸国において、農業系廃棄物を原材料としたバイオ炭の農業利用効果を検証する。現地で廃棄物とされる作物残渣等を炭化したものを土壤に施用し、土壤や作物生育の改善効果を調査する。昨年度は、モミガラとベトナムから入手したヤシガラで異なる焼成温度のバイオ炭を作成し、栄養塩溶出、陽イオン交換容量などの理化学性を調べた。

従来の研究をみても、バイオ炭が作物生育や栄養塩溶脱に与える影響は明確ではない (Clough and Condon, 2010; Nelson et al., 2011)。そこで本年度は、岡山大学構内において、異なるバイオ炭（ヤシガラ 500 度焼成、モミガラ 500 度焼成）がコマツナの生育と窒素、リン動態に与える影響を調査した。また、ベトナムフエ市内において、異なる土壤タイプ（高有機物砂質土壤、低有機物砂質土壤、粘土質土壤）がコマツナの生育と窒素、リン動態に与える影響についてフエ大学と共同研究を行った。後者についてはフエ大学資源環境バイオテクノロジー研究所の Tran Thi Tu の報告を参照されたい。

### 3.1 実験方法

2012年4月25日～5月30日に岡山大学構内のビニールハウス(幅122 cm×奥行186 cm×高さ190 cm)2棟で、1/5000 a ワグネルポットにマサ土を充填し、コマツナを栽培した。バイオ炭の原材料としてモミガラとヤシガラを用い、500°Cで60分炭化した。試験区の構成をTable 2に示す。土層を上層7 cm、下層7 cmに分け、上層にバイオ炭を1.5 kg m<sup>-2</sup>混合した。モミガラ炭施用(Rice)、ヤシガラ炭施用(Coconut)、無施用(No char)に対して、標準施肥区(N:12 g m<sup>-2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:10 g m<sup>-2</sup>, K<sub>2</sub>O:12 g m<sup>-2</sup>, ×1)と2倍施肥区(N:24 g m<sup>-2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:20 g m<sup>-2</sup>, K<sub>2</sub>O:24 g m<sup>-2</sup>, ×2)を設け、3連で実験を行った。灌水は4/25, 4/28は20 mm、5/1～16は3日おきに12.5 mm、5/19～28は3日おきに20 mm、5/30, 31は50 mm行い、浸透水のN、P濃度を分析した。収穫したコマツナは乾燥後、窒素、リン含有量を測定した。また、収穫後の土壌における無機態窒素、トルオーグリン酸を分析した。統計解析についてはR (R Development Core Team, 2008)を用いた。

### 3.2 結果および考察

- 1) コマツナによる窒素吸収量は、バイオ炭施用によって増加し ( $p < 0.01$ )、2倍施肥で Rice×2 (6.2 g/m<sup>2</sup>) > Coconut ×2 (6.0) > No char×2 (4.4)と顕著であった (Fig. 1)。また、リン吸収量もバイオ炭施用によって増加し ( $p < 0.05$ )、2倍施肥では Rice×2 (2.0 g/m<sup>2</sup>) > No char×2 (1.5) > Coconut×2 (1.4)で、モミガラ炭でより明確な差が認められた (Fig. 2)。一方、乾物生産量には有意差が認められなかった ( $p > 0.05$ )。
- 2) 全窒素および硝酸態窒素の積算溶脱量はヤシガラ炭施用区で有意に増加した ( $p < 0.01$ )。特に2倍施肥で、Coconut×2 (5.2 g/m<sup>2</sup>) > Rice×2 = No char×2 (1.3)と明確な違いが認められた (Fig. 3)。これはヤシガラ炭施用によって土壌の空隙が増加し、硝化能が高まるとともに、脱窒が生じにくい条件が形成され、土壌硝酸態窒素含有量が高く保持されたためと考えられる。アンモニア態窒素の溶脱もバイオ炭施用により低減した ( $p < 0.01$ ) が、溶脱窒素の大半は硝酸態であった。
- 3) 全リンの積算溶脱量はバイオ炭の施用によって低減し ( $p < 0.01$ )、その傾向はヤシガラ炭施用でより顕著であった。2倍施肥では、No char×2 (0.4 g/m<sup>2</sup>) > Rice×2 (0.3) > Coconut×2 (0.2)であった (Fig. 4)。
- 4) リン回収率は87%以上であった。一方、窒素回収率は25～52%で脱窒による損失が考えられる (Table 3)。窒素回収率はヤシガラで高かった。このことから、ヤシガラ炭施用区で脱窒量が少なかったことが推測される。
- 5) 以上のように、バイオ炭施用には作物の窒素、リン吸収能を高める効果があり、全リンおよびアンモニア態窒素の溶脱を低減する効果が認められた。

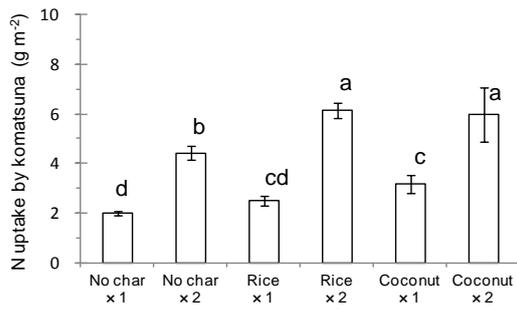
**Table 2 Experimental design of the study**

Treatment	Biochar*	N input g m <sup>-2</sup>	P input g m <sup>-2</sup>	K input g m <sup>-2</sup>
No char (NPK×1)	No addition	12	4.4	10
No char (NPK×2)	No addition	24	8.8	20
Rice (NPK×1)	Rice husks	12	4.4	10
Rice (NPK×2)	Rice husks	24	8.8	20
Coconut (NPK×1)	Coconut shells	12	4.4	10
Coconut (NPK×2)	Coconut shells	24	8.8	20

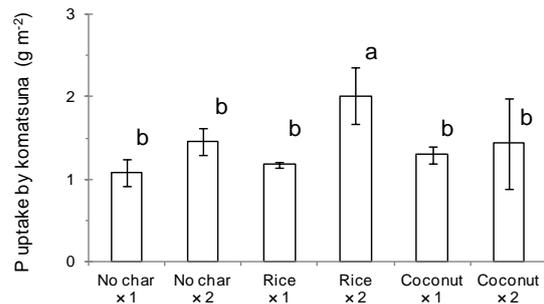
\* The application rate of biochar materials was at 1500 g m<sup>-2</sup>.

**Table 3 Inputs and outputs of nutrients during the experiment (g m<sup>-2</sup>)**

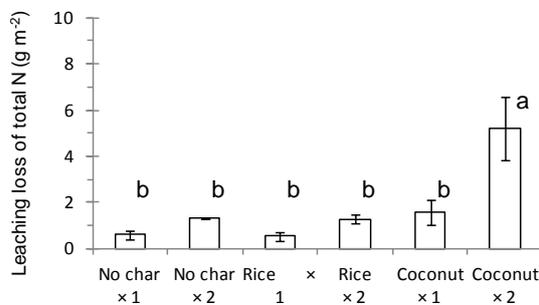
	Treatment					
	No char×1	No char×2	Rice×1	Rice×2	Coconut× 1	Coconut× 2
<b>N inputs</b>						
Fertilizer	12.0	24.0	12.0	24.0	12.0	24.0
Soil (mineral N)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Biochar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	12.0	24.0	12.0	24.0	12.0	24.0
<b>N outputs</b>						
Plant uptake	2.2	4.7	2.8	6.5	3.5	6.3
Leaching	0.6	1.3	0.5	1.3	1.6	5.2
Soil (mineral N)	0.2	0.9	0.1	0.9	0.1	0.9
Total	3.0	6.8	3.4	8.7	5.1	12.4
Unkown N	9.0	17.2	8.6	15.3	6.9	11.6
<b>P inputs</b>						
Fertilizer	4.4	8.7	4.4	8.7	4.4	8.7
Soil (Truog-P)	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1
Biochar	0.0	0.0	0.2	0.2	0.9	0.9
Total	10.4	14.8	10.7	15.1	11.4	15.7
<b>P outputs</b>						
Plant uptake	1.2	1.6	1.4	2.1	1.4	1.6
Leaching	0.1	0.4	0.1	0.3	0.0	0.2
Soil (Truog-P)	8.4	11.0	8.9	11.3	10.2	13.5
Total	9.7	12.9	10.4	13.7	11.6	15.2
Unkown P	0.7	1.9	0.3	1.4	-0.3	0.5



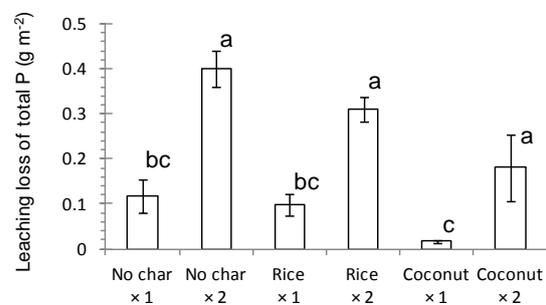
**Fig. 1 Nitrogen in leaves absorbed by Komatsuna.** ANOVA: Biochar at  $p < 0.01$ , fertilizer at  $p < 0.01$ , and the interactive effects at  $p < 0.05$  were detected.



**Fig. 2 Phosphorus in leaves absorbed by Komatsuna.** ANOVA: Biochar at  $p < 0.05$ , fertilizer at  $p < 0.01$ , and the interactive effects at  $p < 0.05$  were detected.



**Fig. 3 Leaching loss of total nitrogen during the experiment.** ANOVA: Biochar, fertilizer, and the interactive effects were detected at  $p < 0.01$ .



**Fig. 4 Leaching loss of total phosphorus during the experiment.** ANOVA: Biochar, fertilizer, and the interactive effects were detected at  $p < 0.01$ .

#### 参考文献

- Clough, T.J. and L.M. Condon, Biochar and the nitrogen cycle: Introduction. *J. Environ. Qual.* 39(4), 1218-1223 (2010)
- Nelson, N.O., S.C. Agudelo, W. Yuan, and J. Gan, Nitrogen and phosphorus availability in biochar-amended soils. *Soil Sci.* 176(5), 218-226 (2011)
- R Development Core Team, R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org>. (accessed 20 April 2011) (2008).

#### 4. 今後の計画

バイオ炭研究を中心に今後もベトナムフエ大学との研究協力を継続する。微生物活性の変化などに着眼し、バイオ炭が土壌窒素の動態に及ぼす影響について研究を進展させる予定である。

## 5. 活動資料

Miyamoto, K., Morihiko Maeda, Uddin Md. Azhar, Satoshi Hayashi, Riei Yokoyama: Influence of the application of biochar made from rice husks and coconut shells on komatsuna growth and nutrient leaching, Japan–Vietnam Joint Workshop on Environmental Management of River Basins and Solid Wastes, 11-Nov-12

Tran Thi Tu, Morihiko Maeda, Le Van Thang, Nguyen Dang Hai, Tran Dang Bao Thuyen: Application of Biochar from Coconut Shells to Different Soils in Thua Thien Hue Province, Vietnam, Central Vietnam, Japan–Vietnam Joint Workshop on Environmental Management of River Basins and Solid Wastes, 11-Nov-12

宮本一機, 前田守弘, アズハ・ウッディン, 林聡, 横山理英: モミガラおよびヤシガラバイオ炭の施用が コマツナ生育と窒素・リン動態に及ぼす影響, 日本土壌肥料学会 2012 年度鳥取大会, 日土肥学会講演要旨集 (第 58 集) ,6 (2012)