

【研究報告】

土壌への木竹炭混入が葉菜類の生育に及ぼす影響

浦田光雅*、武永順次**、及川洋征**、神田修平**、

石川駿二**、福田清春**

概要：伝統的炭窯で炭化した木竹炭を実験に用いた。炭の吸着性能を市販活性炭と比較して調べるとともに、これらの炭を土壌に混入し、ビタミン菜を植え付け、その生育について調べた。供試木竹炭は市販活性炭の1/6~1/4程度の吸着性能を持っていた。ビタミン菜の葉の収穫量は、炭混入土壌で無混入土壌に於けるよりも多くなった。また、根の生育量やクロロフィル量も炭混入区の方が無混入土壌に於けるよりも多くなる傾向が見られた。しかし、炭の種類がビタミン菜生育に及ぼす影響については、明確な結果が得られなかった。以上の結果より、炭の土壌への混入は、ビタミン菜の収穫に好影響をもたらすと考えられた。

ビタミン菜(つけ菜、コマツナ)
でせうくり栽培試験

キーワード：木炭 竹炭 土壌への炭混入 ビタミン菜栽培

Effect of wood and bamboo charcoals incorporated in soil on the growth of *Brassica campestris* cv. Bitaminna

Mitsumasa Urata*, Junji Takenaga**, Yosei Oikawa**

Shuhei Kanda**, Syunji Ishikawa** and Kiyoharu Fukuda**

Abstract: Wood and bamboo charcoals carbonized with traditional charcoal kiln were compared with commercially available activated carbon for adsorption properties when incorporated into soil. The results obtained were as follows.

- 1) The charcoals used had almost 1/6-1/4 adsorption ability of the commercial activated carbon.
- 2) Incorporation of charcoal into soil increased the leaf and root freshweight of planted Bitamin-na.
- 3) Charcoal incorporation into soil also increased the chlorophyll content of Bitamin-na.
- 4) Relation between the type of charcoal and its effect on the growth of Bitamin-na was not yet clear.

It was concluded that incorporating charcoals into soil favors growth of *Brassica campestris* cv. Bitamin-na.

Key words: Wood and bamboo charcoal, Charcoal incorporation into soil, Bitamin-na cultivation

東京農工大学知財センター Center for Innovation and Intellectual Property, Tokyo Univ. of Agric. and Tech (Tokyo Noko Univ.)

東京農工大学農学部 Faculty of Agriculture, Tokyo Univ. of Agric. and Tech (Tokyo Noko Univ.)

**連絡先：〒182-0013 東京都調布市深大寺南町 2-6-6 email: urata_sumi@ybb.ne.jp

corresponding author : 2-6-6 Minami-chou, Choufu, Tokyo 182-0013, Japan

1. 緒言

木竹炭には汚染された水界・土壌・大気環境を改善するための環境修復材料としての役割が期待されている。この様な環境修復材料としての効果発現の結果、例えば酸性土壌や重金属汚染土壌における、農業生産性の回復ないしは向上が想定されている。しかし、現状ではこれらの想定に対して、科学的根拠が十分にあるとは言い難い。そこで、われわれは木竹炭の畑土壌への混入が植物生育環境の改善に及ぼす効果について見極めるために、一連の研究を行っており、すでにメロン栽培に対する結果を報告してきた¹⁾。本報において、土壌への木竹炭混入が葉菜類のポット栽培に及ぼす影響に関して研究を行ったので報告する。

2. 実験材料と方法

2.1 供試木竹炭と吸着性能

日本各地の伝統的な黒炭窯及び白炭窯で炭化した表1に示す種々木竹炭を入手し、本実験に用いた。これらの炭は、粒度5mm篩通過程度にまで粉砕した後、実験に用いた。炭の添加量については、後述する様な予備実験を行い約4g/ポットとした。

表1 供試木竹炭の種類

黒 炭	白 炭
竹(静岡県南伊豆町)、 ヒノキ(滋賀県茗荷村)、 広葉樹混合(群馬県東村)	ウバメガシ(高知県)、 竹(静岡県南伊豆町)、 ナラ(岩手県山形村)

() : 産地を示す。

供試炭の吸着性能に関しては、微粉砕した炭試料を用い、ヨウ素吸着量²⁾、窒素吸着によるBET比表面積³⁾、および酢酸吸着による比表面積⁴⁾の測定を行うとともにpHの測定⁵⁾を行った。また、比較のために市販活性炭(和光純薬)についても同様な測定を行った。

2.2 供試葉菜と栽培法

供試葉菜類として、市販のビタミン菜の種子を実験に用いた。なお、ビタミン菜は1954年に島

根県農業試験場で開発・育成されたツケナ(*Brassica campestris*)の一種である⁶⁾。

ビタミン菜の種子は、井戸水を用い光遮断下に発芽させたのち、発芽状況が良好なものを選び出し、1ポット当たり3本植えた。使用したポットは、内径約11cm、深さ6cmのノイバウエル型ポットであり、これに東京農工大学府中農場の畑土を乾燥重量で250g入れ、前述の如くさらに供試炭試料を4g添加し、良く混合して使用した。¹⁶⁹

苗植え付け終了後、ポットは東京農工大学府中農場内のビニールハウスに入れ、すべて同じ温度・湿度条件下で栽培・管理を行った。栽培の間に、蒸発による水分の減少を補うために脱イオン水を添加した。その際、2週間間隔で水分含量調整時の使用水に対して、市販のハイポネックス液(ハイポネックスジャパン製: 窒素6%、水溶性リン酸10%、水溶性カリ5%)を250倍希釈となるように調製した液肥を用いた。

栽培開始3週間及び5週間後に、各ポット中で生育状態の悪い苗の間引きを行い、最終的には、1ポット当たり苗が1本となる様に調節した。

2.3 ビタミン菜収穫に関する測定

種子を植え付けて栽培を開始してから8週間後、各ポット中に生育したビタミン菜を取り出し、土壌表面より上の部分を葉とし、下部を根として、葉の長さや枚数、全葉の生重量、根の生重量を測定するとともに、葉のクロロフィル量を葉緑素計KONICA MINOLTA SPAD-502を用いて測定した。

3. 結果と考察

3.1 供試木竹炭の性質

本実験に用いた各種木竹炭試料の吸着性能に関する測定結果を表2に示す。

なお、表2の結果は168時間後の吸着量を表したものである。この結果より、供試木竹炭は市販活性炭の1/6~1/3程度のヨウ素吸着能を持つことが分かる。また、白炭窯で炭化した試料と黒炭窯による試料を比べると、白炭窯による炭の方がヨウ素に対する吸着能力が劣る結果となった。

表2 供試炭試料の吸着性能

試料	ヨウ素吸着 mg/g	BET 比表面積 m ² /g	酢酸吸着による比表面積 m ² /g	pH
竹黒炭	165.9	89.3	126	8.2
ヒノキ黒炭	186.2	177.2	268	7.8
広葉樹混合黒炭	229.1	125.5	215	8.2
竹白炭	147.9	3.49	96	8.8
ウバメガシ白炭	154.8	13.94	196	8.6
ナラ白炭	115.8	16.4	113	9.6
市販活性炭	616.6	1040	417	8.3

窒素吸着から求めた BET 比表面積を見ると、各種供試炭は、市販活性炭に比べて、最大でヒノキ黒炭の 1/6 とかなり小さい BET 比表面積を有して持っていた。そして、黒炭窯で炭化した炭よりも白炭窯で炭化したものの方が小さい比表面積を持っていた。これは、炭化温度が高くなると、細孔が消失したためであると考えられる。そしてこれには、炭中の微量灰分の融解が関与する可能性があると考えている。

表2の結果より、酢酸溶液の吸着等温曲線から求めた比表面積は、市販活性炭の 2/3~1/4 程度である。この値は、BET 比表面積に比べて、各種供試木竹炭が比較的大きくなっている。これは、吸着される物質、窒素(断面積 16×10^{-20})³⁾ と酢酸分子(断面積 21×10^{-20})⁴⁾ の大きさの違いによってもたらされたものと考えている。

各種供試木竹炭の pH はいずれも弱アルカリ性を示し、白炭窯で炭化した試料の方が黒炭窯で炭化したものより幾分高い pH 値を有していた。炭を土壤に混ぜ作物栽培を行う場合、炭中の無機物が水溶性となり作物生育に好影響をもたらす可能性がある反面、混入量が多すぎると土壤をアルカリ性に変え、作物生育に悪影響を及ぼすことが考えられる。そこで、あらかじめ供試木竹炭の混入量と土壤 pH を調べた結果を基に、ビタミン菜の生育に悪影響を及ぼさない程度の混入量を決めた。この結果、実際にビタミン菜栽培実験に使用した炭混入土壤の pH は、表3のごとくとなっ

た。

表3 炭混入土壤の pH

試料	pH
無混入	6.5
竹黒炭混入	6.6
ヒノキ黒炭混入	6.6
広葉樹混合黒炭混入	6.6
竹白炭混入	6.7
ウバメガシ白炭混入	6.7
ナラ白炭混入	6.7

添加直後に
推察

1.6% 添加
(w/w)
Δ pH 0.1~0.2

白炭は pH が白炭よりも高い。
黒炭は pH が黒炭よりも低い。

各種供試木竹炭混入土壤の pH は、すべて 6.6-6.7 の範囲にあり、未混入土壤と比較して、大差無いと判断した。この pH 領域では、ビタミン菜と類縁の葉菜類の生育は阻害されないと考えられた⁷⁾。

3.2 ビタミン菜の生育

土壤へ炭を混入することで、炭のアルカリ性により過度の酸性土壤を適度の pH 環境に変える効果や、炭の吸着力により過度の農薬や重金属などの汚染物質を除去する効果が期待できる。さらに、炭中に存在する微量無機酸化物の施肥効果も期待できよう。これは、草木灰が植物の生育に良いことに通ずるものであろう。本研究では、この植物生育能向上に期待して実験を行った。なお測定結果について、一元配置実験計画、繰り返し3回として分散分析を行い、解析した。

各ポットに生育したビタミン菜の葉の数を調べると、無処理区では 11-13 枚の葉が得られたのに対して、ヒノキ黒炭区では 11-13 枚、竹黒炭区 11-14 枚、雑広葉樹黒炭区 10-11 枚、備長炭区 10-11 枚、竹白炭区 10-12 枚、ナラ白炭区 10-11 枚であった。これらについて、分散分析を行ったところ、各処理区間に統計学的な有意さを見いだすことは出来なかった。したがって、これらの結果はビタミン菜の葉数について、土壤への炭混入は殆ど影響を及ぼさないことを意味するものである。

また、葉の長さについても同様に各処理区と無処理区の間に統計的有意差を見いだすことは出

来なかった。

3.2.1 葉の収穫量

実験終了直後に収穫した葉の生重量に関して、収穫した葉の水分含量が等しいと仮定して実施した分散分析結果を表4に示す。

表4 ビタミン菜の葉収穫量に関する分散分析

要因	s. s.	d. f.	m. s.	F
級間	487.6	6	81.3	2.18*
誤差	521.3	14	37.2	
合計	1009.0	20		

* : 90%信頼度で有意

分析結果から、土壌への炭試料添加が収穫量に及ぼす影響について、90%信頼度⁸⁾で有意差を認めた。

次に、各種供試木竹炭添加ポットに於ける収穫量について図1に示す。この結果を見ると、炭無添加ポットにおいて、ビタミン菜の葉の収穫量は最も少なくなっている。また、各処理区間のどれとどれに差があったのかを Duncan の多重比較法⁹⁾で調べてみた。その結果、危険率5%の確率で無添加処理区に対して有意差を示した処理区は、ウバメガシ白炭、竹黒炭、ヒノキ黒炭の各添加処理であったが、その他の各処理区間には、この確率では有意差が認められなかった。

しかし、Duncan の検定値に対して90%以上の数値を示した処理区間には、白竹炭—無処理間、白ウバメガシ—白ナラ炭間があった。これらの結果から、多くの炭処理区で炭の添加によりビタミン菜の葉の収穫量が増加する結果を得た。

なお、白炭と黒炭という炭の種類の影響については、白ウバメガシ—白ナラ炭間以外では、差が認められなかったことから、土壌へ混入した炭の種類は黒炭間ではビタミン菜の葉の生育量に差を生じなかったと考えられよう。また、なぜ炭を土壌に添加するとビタミン菜の収穫量が増加するのかについては、炭中に存在する微量無機元素の酸化物が草木灰を施肥したときと同じように

影響することを想定している。

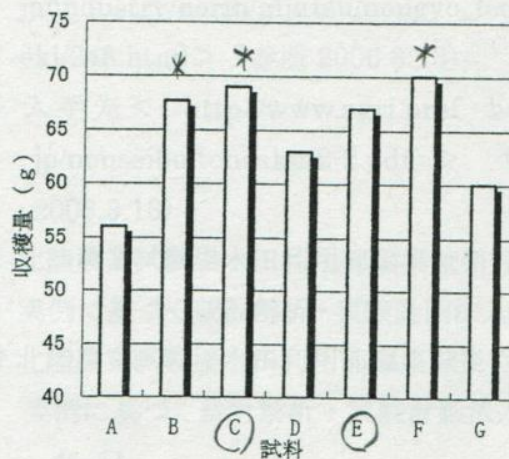


図1 炭混入がビタミン菜の収穫量に及ぼす影響

A : 無添加、B : ヒノキ黒炭
C : 竹黒炭、D : 広葉樹混合黒炭
E : 竹白炭、F : ウバメガシ白炭
G : ナラ白炭; 95%

信頼限界=±8.5g

*はA区に比べて5%水準で有意
(Duncanの検定)

つまり、炭中に存在する K や Mg、Ca 等の酸化物が土壌水分の影響により水酸化物へと変化し、土壌中へ OH⁻イオンを放出し、残った K⁺ や Mg⁺⁺、Ca⁺⁺等の陽イオンが植物に吸収され、その結果植物の生育量が増加するのではないかと考えている。

なお、石田らは都市から出る剪定枝の炭化物を混入した土壌で、コマツナとカブのプランタ栽培を行い、本実験結果と同様に生育の良好化を認めており、炭添加の効果が土壌の水はけ効果によることを推定している¹⁰⁾。

先に示した葉長や葉数に関する結果と本結果を総合して考えると、土壌への炭混入は、苗の分蘖よりは1枚1枚の葉の質量を増加させる効果を生じたと考えらる。

3.2.2 根の生育量

木竹炭を土壌に混入した場合、直接影響を受けるのは根であり、根の生育の良し悪しは作物収穫量に関係することが考えられる。そこで、各種供試木竹炭混入がビタミン菜の根の生育に及ぼす影響について検討してみた。分散分析の結果を表5に示す。また、各種炭試料の土壌への混入がビ

炭施用
FW(g)は
ただし葉
長さにか

タミン菜の根部分の生育量に及ぼす影響について、図2に示す。

表5 ビタミン菜根の生育量に関する分散分析

要因	s. s.	d. f.	m. s.	F
級間	1718.5	6	286.4	13.9**
誤差	289.3	14	20.7	
合計	2007.8	20		

** : 99%信頼度で有意

これらの分散分析結果から根の場合、信頼度99%で木竹炭混入の影響を受けたことが明らかであり、葉の収穫量よりもなお一層炭添加の影響を受けることが分かる。

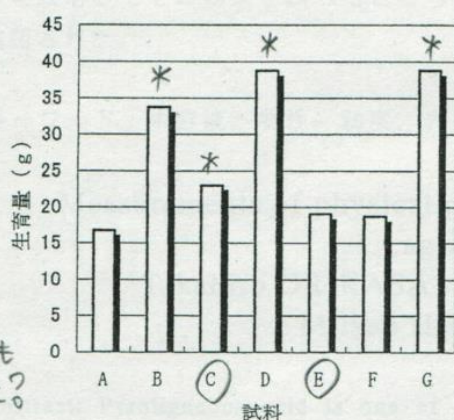


図2 木竹炭がビタミン菜の根の生育に及ぼす影響
A~G: 図1参照
95%信頼限界=±6.3g

次に、各種木竹炭間の差違について、Duncanの多重比較法⁹⁾にて調べたところ、根の質量を増加させた効果の大きい順に並べると、雑広葉樹黒炭=ナラ白炭>ヒノキ黒炭>竹黒炭>竹白炭=白ウマメガシ炭=無処理区となる。根の生育に及ぼす影響は、葉の生育に及ぼす影響と幾分異なるが、土壌への炭混入は、本実験の範囲内であれば、根の生育に好影響を及ぼしたことが推定され、この点に関しては、葉の生育に関する結果とほぼ同じであるといえよう。ただし、例えばナラ白炭の場合、葉の生育にはあまり効果がないが、根の生育には効果を発揮するなど、同一炭試料でも葉と根の生育に及ぼす影響の差が生ずる原因について

は、今後の検討課題としたい。

3.2.3 葉のクロロフィル量

植物の生育は、根における水や肥料成分の吸収とともに、葉における光合成の影響を受ける。そして、光合成は直接的にクロロフィルの量の影響を受けられることから、各種炭混入区と無処理区間でビタミン菜の葉のクロロフィル量に差が生じたか否かを調べてみた。その結果を表6と図3に示す。

表6 ビタミン菜葉のクロロフィル量に関する分散分析

要因	s. s.	d. f.	m. s.	F
級間	310.1	6	51.7	2.43*
誤差	298.3	14	21.3	
合計	608.4	20		

* : 90%信頼度で有意

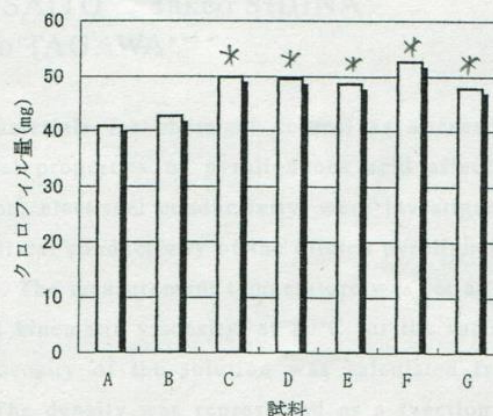


図3 木竹炭がクロロフィル量に及ぼす影響
A~G: 図1参照, 95%信頼限界=±6.4mg

分散分析の結果、処理の違いにより葉のクロロフィル量が信頼度90%で異なることが分かる。また、各処理間で多重比較を行うと、クロロフィル量が大きい順に白ウマメガシ炭=竹黒炭=雑広葉樹黒炭=竹白炭==ナラ白炭>ヒノキ黒炭=無処理区となる。以上の結果より、土壌へ炭を混入してビタミン菜を植えると、葉のクロロフィル量が増加するといえよう。

謝辞

本研究の遂行に当たり、森岡麻衣子、川喜多麻里様のご協力を得ました。また、試料炭の入手に際しては多くの方々や全国炭焼き会と日本木酢液協会のご協力を得ました。これらの協力に対して謝意を表します。

文献

- 1) 浦田光雅他：メロン栽培に及ぼす土壌への木炭混入効果、本誌へ投稿中
- 2) JIS K-1474 活性炭試験方法、1991
- 3) 慶伊富長(1993)、吸着、共立全書、p. 95-107
- 4) 小笠原正明他編(1986)、新しい物理化学実験、三共出版、p. 94-95
- 5) 稲松勝子(1991)、土をはかる、日本規格協会、p. 63-68
- 6) 入手先 < http://www.pref.shimane.lg.jp/industry/norin/gijutsu/nougyo_tech/tokimeki/248.html > (参照 2006.3.13)
- 7) 入手先 < <http://www.agri.pref.hokkaido.jp/nouseibu/tensaku/2-2.pdf> > (参照 2006.3.13)
- 8) 北陸農業試験場水田利用部編集兼発行(1999)、実例に基づく統計解析・実験計画法入門、p. 38
- 9) 北陸農業試験場水田利用部編集兼発行(1999)、実例に基づく統計解析・実験計画法入門、p. 46-64
- 10) 石田哲夫、三澤隆弘、湯川茂夫、川村和弘、飯田雅敏、< <http://www.k-erc.pref.Kanagawa.jp/center/gakkai/knnishi1503.pdf> > (参照 2006.3.13)

(原稿受付2005年12月12日、原稿受理2007年1月29日)