

Reduction of Nitrate Concentrations in Komatsuna (*Brassica campestris* L.) by Application of Broad-Leaved Tree Bark Charcoal

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-03-22 キーワード (Ja): キーワード (En): tree bark charcoal, Komatsuna (<i>Brassica campestris</i> L.), reduction of nitrate concentration, leaf vegetables, soil culture, batch test 作成者: 池田, 順一, 堀, 兼明, 須賀, 有子, 福永, 亜矢子 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/00001736

広葉樹樹皮炭の施用がコマツナの硝酸イオン含有率を低減する効果

池田順一¹・堀 兼明・須賀有子・福永亜矢子

キーワード：樹皮炭，コマツナ，硝酸イオン低減，葉菜，土耕栽培，バッチ試験

目 次

I 緒 言	1	2 栽培後土壤中の無機態窒素含有率	3
II 材料および方法	2	3 樹皮炭の硝酸イオン低減能	3
1 材料	2	4 栽培試験とバッチ試験の窒素収支の比較	4
2 栽培方法	2	5 総括	4
3 植物体および土壌の分析	2	IV 摘 要	4
4 樹皮炭の硝酸イオン低減能	2	引用文献	5
III 結果および考察	2	Summary	6
1 コマツナの生育と窒素および硝酸イオン含有率	2		

I 緒 言

葉菜類に多く含まれている硝酸イオンは、健康のためには摂取を控えたほうがよいとされている⁶⁾。しかし、葉菜類の生育にとっては重要な窒素栄養源であり、ハウレンソウのように硝酸態の窒素を主要な窒素源として利用している葉菜もある¹⁶⁾。また、葉菜類は、ミネラル、ビタミン、食物繊維の給源として重要であるので、摂取量を減らすのは望ましくない。そこで、生育に必要な窒素分を与えながらも、葉菜類の硝酸イオン含有率を減らす方法が必要となる。

水耕栽培においては培養液組成の変更が、葉菜類の硝酸イオン含有率低減のために有効であることが示されている¹⁷⁾。一方、土耕栽培においても、養液土耕栽培、局所施肥、肥効調節型肥料の利用などさまざまな方法が提案されている¹⁹⁾。葉菜類の硝酸イオン含有率は窒素施用量と関係している^{8, 18)}。なので、土壌中の過剰な無機態窒素、特に硝酸態窒素を減らすことも有力な方法の一つである(これ以降、土壌中の養分を指す場合は「硝酸態窒素」とする)。近年、多くの圃場で硝酸態窒素およびその供給源である有機態窒素の蓄積が、堆肥など有機物の過剰施用により進んでいる³⁾ことから考えて、土壌中に

既に存在する吸収可能な硝酸態窒素を減らす方法は施肥量の適正化とともに重要と考えられる。そこで、硝酸イオンを吸着するとされており、最近、土壌改良などの目的で使用が広まっている炭の施用を試みた。

炭の施用の効果については、野菜類の生育や養分吸収⁹⁾、サツマイモの収量⁵⁾、に対する報告はあるが、これらの研究は、土壌微生物性や土壌環境の改善を目的としたものであるため、硝酸イオン含有率への影響については調べられていない。また、平田ら¹⁾や森ら^{11, 12)}は炭の硝酸イオンの吸着についてバッチ試験などにより研究しているが、そこでは栽培へ適用した実験は行っていない。伊藤・山崎⁴⁾は、米ヌカ炭化資材が砂丘未熟土からの硝酸態窒素の溶脱抑制効果とそこで栽培したメロン・ダイコンによる窒素吸収への影響について調べている。また、平田ら²⁾は、炭を施用した場合のハウレンソウの生育および窒素吸収量について調べている。しかし、どちらの研究においても野菜中の硝酸イオン含有率については測定していない。このように、野菜の硝酸イオン含有率を低減させる目的で、炭施用が葉菜類の硝酸イオン含有率に及ぼす影響について調べた研究は少ない。

そこで、土壌中に存在する硝酸態窒素を減らすこ

とで、葉菜類の硝酸イオン含有率を低減することを目的に、炭の中でも比較的安価な樹皮炭を施用してコマツナを栽培し、その硝酸イオン含有率低減効果について調べた。さらに、その効果とバッチ試験から見積もった樹皮炭による硝酸イオンの低減量を比較した。

II 材料および方法

1 材料

実験には市販の樹皮炭を用いた。これはナラ、クリなどの広葉樹の樹皮を7～10日間、200～450℃で炭化したもので、5mm篩を通過した画分である。仮比重は約 0.2Mg m^{-3} 、C/N比は82.3、1:5水浸出液のpHは8.4、ECは 0.732 dS m^{-1} であった。コマツナの品種は「楽天」を用いた。

栽培には、近畿中国四国農業研究センター綾部研究拠点青野圃場（京都府綾部市）の土壌（細粒褐色低地土；土性SiCL）と位田圃場の土壌（中粗粒灰色低地土；土性SL）を容積比1：1で混合した土壌を用いた。この土壌の硝酸態窒素含有率は、 37.3mg kg^{-1} であった。

2 栽培方法

13L容のプランター底部に土壌下部の過湿を防ぐためイソライト2号を3cmの厚さで敷き、その上に、対照区では、上述の栽培試験用土壌12Lを、樹皮炭施用区では、この土壌12Lに平田²⁾に準じて全容積の10%（1.3L）の樹皮炭を均一に混合したものを充填した。混合した土壌と樹皮炭の重量比はおおよそ65：1である。土壌pH（H₂O）は対照区で6.2、樹皮炭施用区で6.3であった。基肥としては硝酸系化成肥料S604（窒素（N）：16%（うちアンモニア態窒素：6.5%、硝酸態窒素：9.5%）、リン酸（P₂O₅）：10%、カリ（K₂O）：14%）をプランターあたりNとして1.92gとなるよう充填前に土壌に混和した。2004年10月1日に、うねを8cm間隔で2列とし、株間6cm、プランターあたり10本となるよう播種してガラス室内で栽培し、40日後に収穫・分析した。かん水は溶脱水が出ないようにプランター下部から土壌表面の乾燥状態を見ながら適宜行った。反復数は4とした。

3 植物体および土壌の分析

収穫したコマツナは、新鮮重を測定し、70℃で24時間乾燥した後、乾物重を測定してから粉碎した。植物体の硝酸イオン含有率は、松本ら¹⁰⁾に準じて、粉碎試料70～80mgを水40mLとともに1時間振盪して抽出し、3000rpmで5分間遠心分離した後、上清を適宜希釈してメンブレンフィルターで濾過し、イオンクロマトグラフィ（DX-120, ダイオネクス社, カラム：Ionpac AS12A）を用いて測定した。

また、全窒素については、粉碎試料を窒素炭素分析装置（Vario-Max CN, エレメンタル社）を用いて乾式燃焼法により測定した。

土壌中の硝酸イオンについては、アンモニア態窒素と比較するため、硝酸態窒素として記載した。栽培終了後、土壌を採取し、生土の状態を試料の10倍量の10%塩化カリウム溶液を加えて30分間振盪し、遠心分離した後、上清を無機態窒素含有率の測定に供試した。抽出された無機態窒素は、植物に吸収可能な形態と考えられる。上清中のアンモニア態窒素は、インドフェノール法により、硝酸態窒素は、ブルシン硫酸法¹³⁾により定量した。

4 樹皮炭の硝酸イオン低減能

栽培試験に用いた樹皮炭の硝酸イオン低減能については、森ら¹¹⁾のバッチ試験法を改変して評価した。すなわち、 1 mol L^{-1} の硝酸カリウム溶液50mLに105℃で一晩乾燥した樹皮炭を0, 0.5, 1, 2.5, 5g加えて1時間振盪後、25℃の恒温器の中に静置し、24時間後と120時間後に、液中の硝酸イオン濃度を上述のイオンクロマトグラフィにより測定した。樹皮炭による硝酸イオンの減少は、予備実験の結果、静置120時間後と168時間後で溶液中硝酸イオン濃度にほとんど差がみられなかったため、120時間後に平衡に達したと考えられた。硝酸イオン低減量は、各時間における樹皮炭無添加溶液との濃度差より求めた。試験は2反復で行った。

III 結果および考察

1 コマツナの生育と窒素および硝酸イオン含有率

コマツナの個体重および草丈を第1表に示す。それらは、炭の施用によってほとんど影響を受けなかった。また、葉色についても差異は観察されなかった。

植物体地上部の硝酸イオン含有率および全窒素含有率を第2表に示した。収穫したコマツナを、外葉およびそれを除いた内側部分である調製株に分け、硝酸イオン含有率を測定してみると、どちらの部位においても硝酸イオン含有率は、樹皮炭の施用により対照区に比べ約20～30%有意に低減した（第2表）。また、外葉の硝酸イオン含有率は、調製株のその約1.4～1.6倍高く、有意差がみられた。全窒素含有率も、調製株、外葉ともに樹皮炭施用区で有意に低下していた。このことは、樹皮炭施用区では窒素吸収が抑制されたことを示している。平田²⁾は炭施用によりハウレンソウの窒素含有量が低下することを報告しており、その結果と一致した。しかし、株あたりの全窒素量でみると樹皮炭施用によりやや低下したが、有意ではなかった。全窒素含有率は、硝酸イオン含有率と異なり、調製株と外葉ではほとんど差がみられなかった。硝酸還元酵素活性は若い葉のほうが高い^{14, 15)}ことから、外葉では硝酸同化が遅いため硝酸イオンが蓄積したと考えられる。

なお、本試験におけるコマツナの硝酸イオン含有率は、五訂食品成分表⁷⁾に示された100gあたり0.5gという値と比べて大きく異なるものではなかった。

第1表 樹皮炭施用がコマツナの新鮮重と草丈に及ぼす影響

	地上部新鮮重 (g 株 ⁻¹)	地上部乾物重 (g 株 ⁻¹)	草丈 (cm)
対照	15.5 (1.40)	1.06 (0.06)	24.8 (0.88)
樹皮炭施用	16.8 (1.40)	1.14 (0.06)	26.8 (1.05)

かっこ内は標準誤差 (n=4)。

t-検定 (5%水準) で有意差は見られなかった。

第2表 樹皮炭施用がコマツナ地上部の硝酸イオンおよび全窒素含有率に及ぼす影響

		硝酸イオン* (mg kg 新鮮重 ⁻¹)	乾物重あたり 全窒素含有率* (%)	株あたり 全窒素量** (mg)
対照	調製株	4480 b	5.4 a	57.6
	外葉	6240 a	5.3 a	
樹皮炭施用	調製株	3200 c	4.4 b	51.1
	外葉	5130 b	4.7 b	
LSD		1097.3	0.6	

* 異なるアルファベットは Fisher の LSD 法により 5%水準 (n=4) で有意差があることを示す。

** 株あたり全窒素量は調製株と外葉の全窒素量を合計したものである。t-検定 (5%水準) で有意差は見られなかった。

2 栽培後土壤中の無機態窒素含有率

栽培後の土壤中無機態窒素量を第1図に示す。樹皮炭施用により栽培後の土壤中の無機態窒素は約50%に減少した。内訳で見ると、アンモニア態窒素はほとんど差がなかったが、硝酸態窒素は約40%に減少していた。

このことから、樹皮炭施用により土壤中の硝酸態窒素が減少し、コマツナの硝酸態窒素の吸収が抑制されたためコマツナの硝酸イオン含有率が低減したと推察された。

ただし、このことはまた、窒素含有率が低い土壤に多量に炭を施用すれば植物が窒素不足になるおそれがあることを示している。土壤中硝酸態窒素低減のための炭の適用は、主として富栄養化した土壤に対して行うべきであろう。

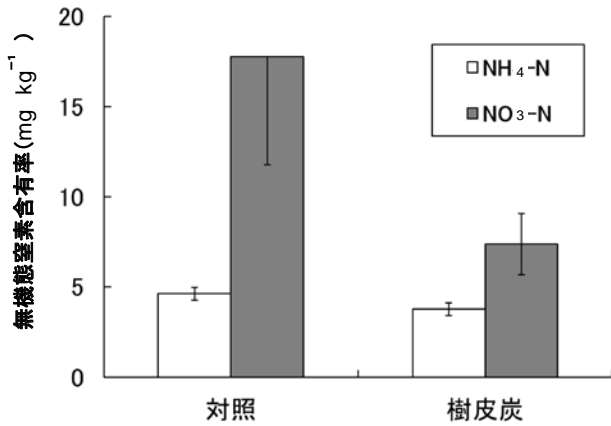
3 樹皮炭の硝酸イオン低減能

樹皮炭による硝酸イオンの低減を評価するための

バッチ試験の結果を第2図に示す。静置24時間後では、50mL中5gの炭添加でも約10%しか硝酸イオン濃度の減少はみられなかったが、120時間後では、5gの炭によって90%近くの硝酸イオンが減少していた。培養24~120時間で樹皮炭無添加および0.5g添加において、硝酸イオン濃度は1 mmol L⁻¹よりやや高くなったが、低減能の測定に影響するほどではないと考えられた。

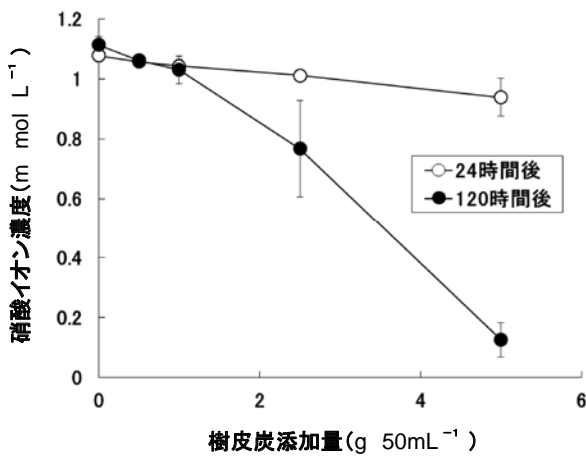
森ら¹¹⁾は、木炭を塩化鉄(III)で処理すれば硝酸イオン吸着能が発現するが、無処理では吸着能はないとしている。一方、今野・西川⁹⁾は、無処理でも硝酸イオン吸着能を示すとしている。今回用いた樹皮炭は、無処理であったが、水溶液中の硝酸イオンの減少がみられた。また、減少が十分検出できるためには24時間以上の培養が必要であることが示された。無処理の樹皮炭は、森らの報告¹¹⁾にある塩化鉄処理した炭が1gあたり約5.8mgの硝酸イオンを溶液中から減少させたのと比較して、約

0.6 mg を減少させることしかできず、硝酸イオン減少量は大幅に低かった。そのため、本実験に比べて硝酸カリウム濃度が 10 m mol L^{-1} と高く、培養時間も短い森ら¹⁾の試験法では、無処理の炭における硝酸イオンの減少が検出できなかったものと考えられる。



第1図 土壌中の無機態窒素含有率

棒線は標準誤差 (n = 4)。



第2図 樹皮炭による溶液中硝酸イオンの低減

棒線は最大値・最小値を表す。

4 栽培試験とバッチ試験の窒素収支の比較

栽培試験終了後における土壌中硝酸態窒素の対照区と樹皮炭施用区の差およびコマツナの窒素吸収量の両区の差をバッチ試験で得られた樹皮炭による硝酸イオン減少量と比較した。

プランターあたりの硝酸態窒素を乾燥土壌の仮比重 1.3 Mg m^{-3} および樹皮炭の仮比重 0.2 Mg m^{-3} を基に計算すると、対照区ではおよそ 277.1 mg 、

樹皮炭処理区では 117.0 mg であった。また、コマツナのプランターあたり窒素吸収量は、対照区では 576.5 mg 、樹皮炭処理区では 510.6 mg であった。プランターごとの両者の和の平均値は、対照区では 853.6 mg 、樹皮炭処理区では 627.6 mg であり、その差は 226.0 mg であった。

それに対し、バッチ試験の120時間後、樹皮炭 5 g の結果から計算される樹皮炭の硝酸イオン減少量は、樹皮炭 1 g あたり 0.138 mg であった。プランターあたりの樹皮炭の量を 260 g とすると低減できる硝酸イオン量は 36.0 mg となる。

このバッチ試験の結果から計算される樹皮炭による硝酸イオン低減量は、土壌中硝酸態窒素の減少とコマツナの窒素吸収量の減少との和のおよそ $1/6$ しか説明できなかった。これより、バッチ試験の結果からだけでは、樹皮炭施用栽培時の硝酸イオン含有率の低減量を予測できないことが示された。伊藤・山崎⁴⁾は、バッチ試験では硝酸イオンの吸着が認められなかった米ヌカ炭化物が、カラム浸透法実験では硝酸態窒素の流出を抑制していることを報告しているが、このこともバッチ試験で測定できる以外の機構が土壌中での硝酸態窒素の低減に関与していることを示している。本試験ではすべての窒素収支を測定したわけではないので、バッチ試験の結果で説明できない部分についての機構を明らかにすることはできていない。

しかし、ある種の樹皮炭を施用すると、短期のバッチ試験結果から計算される以上の量の窒素吸収抑制が起こることが明らかとなった。このような炭を用いた際、栽培時の土壌中硝酸態窒素および葉菜類の硝酸イオン含有率の低減量は、バッチ試験の結果を単純に外挿するだけでは、予測できないことに留意する必要があるだろう。

5 総括

以上の実験結果をまとめると次のようになる。樹皮炭は、硝酸カリウム溶液中で培養したバッチ試験の結果、その溶液中の硝酸イオンを減らすことが明らかになった。そして、この樹皮炭をコマツナを栽培したプランターに施用すると、バッチ試験から計算されるよりも多くの硝酸態窒素が、土壌中から減少した。また、そこで栽培したコマツナの硝酸イオン含有率も低下することが示された。

IV 摘 要

コマツナの硝酸イオン含有率の低減を図るため、プランターで樹皮炭を施用し栽培試験を行った。容積比で10%の樹皮炭混合により、コマツナの硝酸イオン含有率は20~30%減少した。また、窒素含有率も10~20%減少した。しかし、生育には影響がなく、樹皮炭施用が葉菜類の硝酸イオン含有率低減に有効であることが示された。栽培後の土壌中におけるアンモニア態窒素は、対照区とほぼ同じであったが、硝酸態窒素は対照区の約40%であった。さらに、 1 m mol L^{-1} 硝酸カリウム溶液に樹皮

炭を投入して培養するバッチ試験により、樹皮炭の硝酸イオンの低減量を求めたところ、樹皮炭 1g あたり 0.138 mg NO₃ であった。この結果を用いて栽培試験における樹皮炭施用による窒素収支を予測したところ、実測値の約 1/6 にしか相当しなかった。これより、バッチ試験の結果から単純に栽培時の硝酸イオン低減量を予測できないことが示された。

引用文献

- 1) 平田 滋・宮井春夫・川口博史 1994. 木炭の施用が土壤中無機態窒素に及ぼす影響. 土肥要旨集, 40:178.
- 2) 平田 滋 1995. 木炭施用土壌の硝酸態窒素保持とハウレンソウの生育. 土肥要旨集, 41, 180.
- 3) 堀 兼明・福永亜矢子・浦嶋泰文・須賀有子・池田順一 2002. 有機栽培農家圃場の土壌の実態. 近中四農研報, 1:77-94.
- 4) 伊藤政憲・山崎紀子 2008. 脱脂米ぬか炭化資材とその塩化鉄(Ⅲ)処理資材が硝酸態窒素の吸着保持とメロン, ダイコンの生育に及ぼす影響. 土肥誌, 79:155-161.
- 5) 磯部勝孝・藤井秀昭・坪木良雄 1996. 木炭の施用がサツマイモの収量に及ぼす影響. 日作紀, 65:453-459.
- 6) 香川 彰 1997. 高品質ハウレンソウの栽培生理, 84-85. いしづえ, 東京.
- 7) 香川芳子監修 2002. 五訂食品成分表. 72-73. 女子栄養大学出版部, 東京.
- 8) 亀野 貞・木下隆雄・楠原 操・野口正樹 1990. ハウレンソウの栽培条件及び品種と品質関連成分の変動. 中国農研報, 6:157-178.
- 9) 今野一男・西川介二 1993. 炭化条件の異なる各種木炭粉の施用が畑作物の生育・養分吸収に及ぼす影響. 土肥誌, 64:190-193.
- 10) 松本真悟・阿江教治・山縣真人 1999. 有機質肥料の施用がハウレンソウの生育および硝酸, シュウ酸, アスコルビン酸含量に及ぼす影響. 土肥誌, 70:31-38.
- 11) 森 昭憲・小野信一 1995. 木炭の塩化鉄処理による硝酸イオン吸着能の発現. 土肥誌, 66:415-417.
- 12) 森 昭憲・藤野雅丈・竹崎あかね 2001. 木炭の孔隙特性が硝酸イオンの保持機能に及ぼす影響. 土肥誌, 72:642-648.
- 13) Official Methods of Analysis of A.O.A.C. 1980. 13th ed., 554. Association of Official Analytical Chemists Inc., Washington.
- 14) 王子善清 1984. 硝酸還元, 主要無機元素の生理作用. 植物栄養土壌肥料大辞典編集委員会編 植物栄養土壌肥料大辞典, 51-55, 養賢堂, 東京.
- 15) Pierson, D.R. and Elliott, R. 1981. *In vivo* nitrate reduction in leaf tissue of *Phaseolus vulgaris* L. Plant Physiol. 68:1068-1072.
- 16) 嶋田永生 1976. 3. 葉菜類の養分吸収. 野菜の栄養生理と土壌, 183-197. 農文協, 東京.
- 17) 須賀有子・福永亜矢子・浦嶋泰文・堀 兼明・池田順一 2003. 培養液窒素形態の変更がハウレンソウの硝酸, シュウ酸, アスコルビン酸含量に及ぼす影響. 近畿中国四国農研, 3:3-8.
- 18) 建部雅子・石原俊幸・松野宏治・藤本順子・米山忠克 1995. 窒素施用がハウレンソウとコマツナの生育と糖, アスコルビン酸, 硝酸, シュウ酸含有率に与える影響. 土肥誌, 66:238-246.
- 19) 野菜茶業研究所 2006. 野菜の硝酸イオン低減化マニュアル. <http://vegetea.naro.affrc.go.jp/joho/manual/shousan/index.html>

Reduction of Nitrate Concentrations in Komatsuna (*Brassica campestris* L.) by Application of Broad-Leaved Tree Bark Charcoal.

Jun-ichi IKEDA¹, Kaneaki HORI, Yuko SUGA and Ayako FUKUNAGA

Key words : tree bark charcoal, Komatsuna (*Brassica campestris* L.), reduction of nitrate concentration, leaf vegetables, soil culture, batch test

Summary

Komatsuna plants were grown in the soil mixed with 10% (v/v) of broad-leaved tree bark charcoal. The growth, nitrate and total nitrogen concentrations of the plants and inorganic nitrogen concentrations of the soils were measured after harvest.

Application of the bark charcoal reduced the nitrate and total nitrogen concentrations by 20-30% and 10-20% of those of the control plants, respectively, without affecting the plant growth.

Ammonium-nitrogen concentration in the charcoal applied soil was approximately the same level as that in the control soil. However, nitrate-nitrogen concentration was reduced to about 40% of that in the control soil by the charcoal application.

In incubation test, 5 g of the charcoal was incubated with 50 mL of 1 m mol KNO₃ solution for 120 hours. The charcoal decreased nitrate ion concentration to about 0.1 m mol after the incubation. This result means that 1 g of the charcoal eliminated 0.138 mg of nitrate ion from the solution. However, this value accounts for only 1/6 of the sum of the decrease of nitrogen uptake by Komatsuna plants and of inorganic nitrogen concentration in the soil. This fact suggests that the incubation test is not sufficient for evaluating the ability of eliminating nitrate ion from plant and soil by charcoal.