

## ハウレンソウ栽培における竹炭の利用

朝木 隆行\*

〔キーワード〕：竹炭、ハウレンソウ、収量、品質関連成分

### 1. はじめに

近年、竹林の拡大による森林の荒廃が全国的な問題になっている。島根県でもここ10年間に約1,000ha増加し、総面積は約1万haに及んでいる。この対策の一つとして、竹の伐採と炭焼きが行われ、中山間地域を中心に40基余りの窯で約80tの竹炭が生産されている。

炭は土壌の透水性改善に効果があり、地力増進法における政令土壌改良資材に指定されている。また、このほかにもカリウム等のミネラル分の補給、有用微生物の活性を高める効果や窒素の流亡

削減効果等も報告されており、総合的な土壌改良効果が期待される。

一方、農作物の栽培現場では、農産物の安全性や品質の高さを求める消費者ニーズに応えるため、土づくりの重要性が再認識されている。

そこで、竹炭の施用がハウレンソウの収量や品質に及ぼす効果についての検討結果と、併せて県内の栽培農家で行った実証栽培について報告する。

### 2. 材料および方法

#### (1) 栽培試験

農業技術センター内のビニールハウス(間口4.6m、奥行き7m、砂丘未熟土、出雲市)で合計4作の栽培試験を行った(表1)。長さ2.5m、幅1mの畝を1つの試験区とし、竹炭施用の有無および肥料の種類とを組み合わせる試験区を設定した(表2)。肥料は化成肥料と有機質肥料(基肥として発酵鶏糞、追肥として菜種油かす)を供試した。竹炭は、モウソウチクを約650℃で炭化したもので1から4cmの小片を使用し(図1)、1作目の基肥施用前に1a当たり100kgを土壌表面に均一に散布した後、約15cmの深さに混和した(図2)。竹炭のpHは約10であり、植物の必須多量要素の中ではカリウムおよびカルシウムが多く、それぞれ1.3%であった(表3)。

#### (2) 現地実証栽培

1.8aのビニールハウス(間口7.2m、奥行き25m、厚層多腐植質黒ボク土、雲南市)内の播種期の異なる3畝において竹炭の効果を調査した。栽培期間は、2005年6月27日から7月28日(品

表1 ハウレンソウ4作の耕種概要

| 作付回数 | 品種    | 基肥施用      | 播種        | 追肥        | 収穫       |
|------|-------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 1作目  | アクティブ | H16.10.12 | H16.10.18 | H16.11.8  | H16.12.6 |
| 2作目  | アクティブ | -         | H16.12.9  | H17.1.24  | H17.3.7  |
| 3作目  | アクティブ | H17.4.13  | H17.4.19  | H17.5.10  | H17.5.23 |
| 4作目  | オーライ  | H17.10.5  | H17.10.7  | H17.10.25 | H17.11.9 |

表2 試験区と処理内容

| 試験区名   | 供試肥料および資材名 |       |       |         |
|--------|------------|-------|-------|---------|
|        | 基肥         |       | 追肥    | 竹炭      |
|        | 1作目        | 3・4作目 | 1~4作目 |         |
| 化成区    | 燐硝安加里      | 有機化成  | 燐硝安加里 | 無施用     |
| 化成+竹炭区 | 燐硝安加里      | 有機化成  | 燐硝安加里 | 100kg/a |
| 有機+竹炭区 | 発酵鶏糞       | 発酵鶏糞  | 菜種油かす | 100kg/a |

注) 2作目は不耕起栽培を行い、追肥のみ実施。

表3 供試竹炭の性質

| pH (1:10) | EC (1:10) (mS/cm) | N (%) | P (%) | K (%) | Ca (%) | Mg (%) | Na (%) |
|-----------|-------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 10.2      | 1.57              | 0.22  | 0.07  | 1.36  | 1.32   | 0.15   | 0.03   |

\* 島根県農業技術センター (Takayuki Asaki)

0369-5247/06/¥500/1論文/JCLS

0.22%  
= 0.22 g/100g  
= 2.2 g/kg  
= 2.2 mg/g

0.7 mg/g 13.6 mg/g

13.2 mg/g

1.5 mg/g 0.3 mg/g

100 kg/a  
1000 kg/11  
1 kg/m<sup>2</sup>

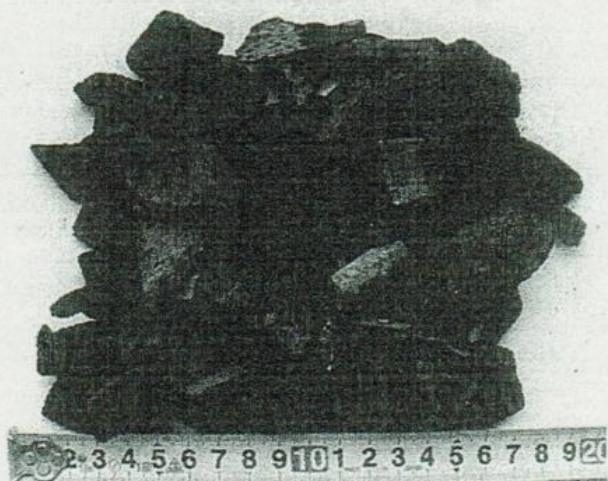


図1 試験に用いた竹炭



図2 100kg/a相当の竹炭の施用状況（耕耘前）

種：パシオン），6月30日から8月3日（品種：パシオン），9月2日から10月6日（品種：トライ）であった。肥料は農家自家製のぼかし肥料（N：5.2%， $P_2O_5$ ：3.4%， $K_2O$ ：1.6%）とカキガラ粉末をそれぞれ1a当たり16kg，パークたい肥を200kg施用した。

### (3) 収量、品質および跡地土壌の分析

ハウレンソウは収穫後新鮮重を測定し、その後すみやかに品質関連成分の分析を行った。ビタミンC（総アスコルビン酸）はヒドラジン比色法で、硝酸および水溶性シュウ酸はイオンクロマトグラフ法で測定した。また、作物体中のカルシウム、マグネシウムおよびカリウムは原子吸光および蛍光光度法で、リンはバナドモリブデン比色法で測定した。

栽培跡地土壌は、常法に従ってpH、EC、陽イ

オン交換容量（CEC）、交換性陽イオン、無機態窒素および可給態リン酸を測定した。さらに、現地試験の跡地圃場から竹炭を回収し、次の方法で竹炭の無機態窒素の保持量を測定した。まず表面を純水で十分に洗浄し風乾した後微粉碎し、重量比で10倍量の10%塩化カリウム溶液を加えて30分振とうし、ろ液中の無機態窒素を蒸留法で測定した。

## 3. 結果

### (1) 栽培試験

#### 1) 竹炭の施用がハウレンソウの収量に及ぼす影響

化成肥料で栽培したハウレンソウの1作目から4作目の収量は、竹炭の施用によって10~27%増加した（図3）。一方、竹炭を施用したうえで肥料の種類が収量に及ぼす影響を比較すると、1作目と2作目は肥料間の差が小さかったのに対し、3作目は化成肥料が、また、4作目は有機質肥料が勝り、一定の傾向は認められなかった。

#### 2) 竹炭の施用がハウレンソウの品質関連成分含量に及ぼす影響

ハウレンソウの品質関連成分のうちビタミンC含量について、化成肥料で栽培した場合についてみると、竹炭の施用によって1作目は大きく増加したが2作目以降は無施用より低い値となった。また、水溶性シュウ酸は1、4作目ともに約10%減少したが、硝酸には明確な差がなかった。一方、肥料の違いについて、ビタミンCは1作目はほぼ同等であったが2作目以降は有機質肥料を使った方が10%以上高い値となった、また、硝酸は減少したが、水溶性シュウ酸には一定の傾向が認められなかった。

### (2) 現地実証栽培

#### 1) 竹炭の施用がハウレンソウの収量および品質関連成分に及ぼす影響

竹炭施用により収量は無施用区に比べて約20~65%増加し、竹炭施用による増収効果が認められた（図4）。また、竹炭施用区ではビタミンCが高く、硝酸および水溶性シュウ酸が低くなる傾向が見られたが、明確な差は認められなかった。

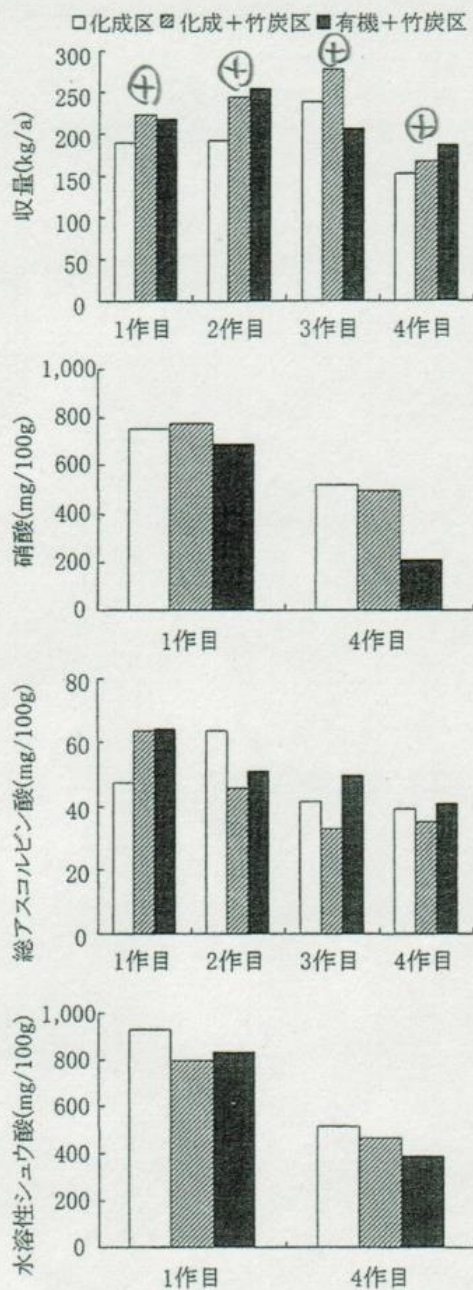


図3 竹炭の施用がハウレンソウの収量, 品質関連成分に及ぼす影響

## 2) 竹炭の施用がハウレンソウの無機成分吸収量および跡地土壌の化学性に及ぼす影響

無機成分吸収量について, カルシウム, マグネシウムおよびリンは試験区間に差はなかったが, カリウムは竹炭区で多い傾向が見られた (表4). 跡地土壌の化学性について, pH, CEC, 交換性塩基および有効態リン酸は試験区間に明確な差は見られなかったが, 硝酸態窒素は無施用区と比べて竹炭施用区で約40%減少し, それに伴いECも低くなった (表5). 一方, 跡地土壌から回収した

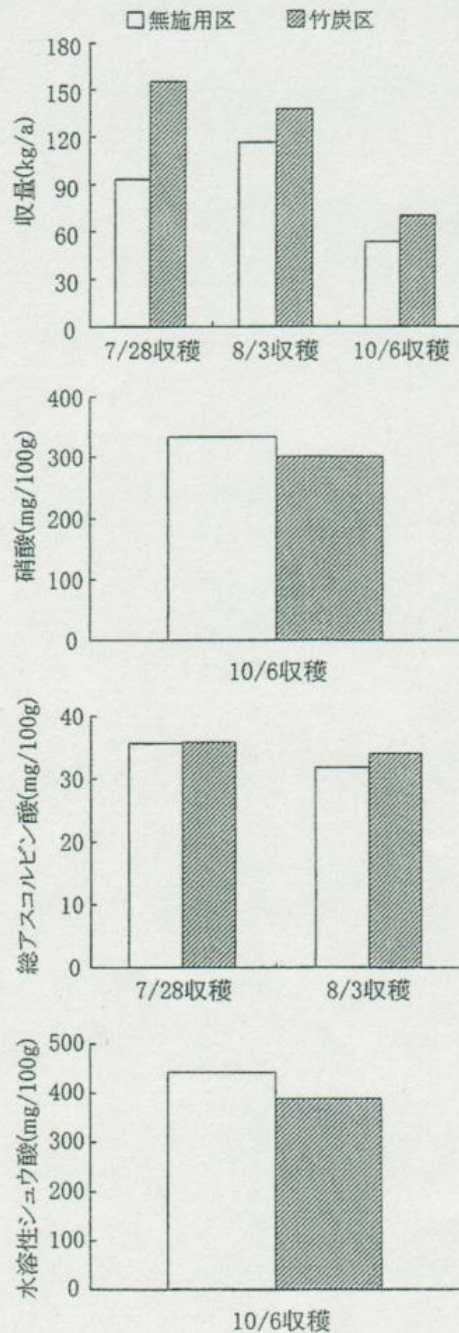


図4 現地実証栽培における竹炭の施用がハウレンソウの収量, 品質関連成分に及ぼす影響

表4 現地実証栽培における無機成分吸収量 (10月6日収穫)

|      | P (kg/a) | K (kg/a) | Ca (kg/a) | Mg (kg/a) |
|------|----------|----------|-----------|-----------|
| 無施用区 | 0.02     | 0.32     | 0.02      | 0.03      |
| 竹炭区  | 0.02     | 0.40     | 0.02      | 0.04      |

竹炭には硝酸態窒素が100g当たり71.3mg存在した (表6).

3.2g 4.0g/m<sup>2</sup>

と赤土のpHは27照とほぼ同じ。  
理由は不明、

情報が少ないので評価不能

hS

表5 現地実証栽培における跡地土壌の土壌化学性

|      | pH  | EC<br>(mS/cm) | CEC<br>(meq/100g) | NH <sub>4</sub> -N<br>(mg/100g) | NO <sub>3</sub> -N<br>(mg/100g) | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(mg/100g) | K <sub>2</sub> O<br>(mg/100g) | CaO<br>(mg/100g) | MgO<br>(mg/100g) |
|------|-----|---------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------|------------------|------------------|
| 無施用区 | 6.6 | 0.77          | 32.7              | 0.0                             | 26.1                            | 63                                         | 198                           | 864              | 130              |
| 竹炭区  | 6.7 | 0.48          | 31.4              | 0.2                             | 16.0                            | 53                                         | 154                           | 860              | 115              |

⑨ NO<sub>3</sub>吸着によりEC低下を示唆?

表6 竹炭による無機態窒素の吸着

|     | NH <sub>4</sub> -N<br>(mg/100g) | NO <sub>3</sub> -N<br>(mg/100g) |
|-----|---------------------------------|---------------------------------|
| 施用前 | 0.0                             | 0.0                             |
| 施用後 | 0.5                             | 71.3                            |

ごみごみした  
大玉の竹炭  
を工に投入

↓  
回収、洗浄のちN%測定

#### 4. 考 察

大きいぞ。

竹林の荒廃対策としてだけでなく、いわゆる地域おこしの一つとして中山間地域を中心に生産量が増加している竹炭の農業利用を図るため、ホウレンソウを用いて土壌改良効果と収量や品質に対する効果を検討した。

1a当たり100kgの竹炭を作土に混和することによって、ホウレンソウの収量が向上することが明らかになる一方で、機能性成分の一つであるビタミンCや、ヒトの健康にとって好ましくない硝酸態窒素およびシュウ酸含量に対する影響を調べた結果では、一定の傾向が認められなかった。これらのことは農業技術センター所内と現地農家の両圃場にほぼ共通した結果であり、ホウレンソウに対する竹炭の施用効果は主に収量に反映されやすいと言えそうである。竹炭施用した圃場で有機質肥料を用いることによりビタミンCの増加と硝酸の低減効果が見られたが、これは筆者らが別の試験で行った有機質肥料の施用効果と一致するものであり、竹炭の効果というより有機質肥料によるものと考えられる。

ここで本試験でみられた竹炭によるホウレンソウの増収要因について考察する。炭の土壌改良効果とその要因は最初に述べたとおりであるが、このうち透水性の改善効果については、試験圃場の土壌が砂丘未熟土と黒ボク土でありともに透水性や通気性が良好であることから、竹炭の施用がそれほどプラス要因になったとは考えにくい。

次に供試竹炭中の含有率が1.36%と最も多かったカリウムの供給効果をみると、1a当たり100kg

の竹炭施用により1.36kgのカリウムが加わったことになる。これは現地実証栽培におけるぼかし肥料由来成分の約5倍である。ホウレンソウの無機成分吸収量を竹炭の施用と無施用で比較すると、カルシウムなど他の成分ではほとんど差がないのに対しカリウム吸収量には0.08kg/aの差があり、竹炭由来のカリウムが吸収されたことを示唆している。竹炭の含有率に差のないカリウムとカルシウムで吸収量に対する反応が異なったのは竹炭からの溶出率の差によると考えられ、この点については検証が必要であるがカリウムが増収要因の一つであると推察される。

次に、増収効果に対して微生物が関与した可能性について考察する。小川(1986)は、炭がアルカリ性であり有機物をほとんど含まないため一般微生物を寄せ付けず、VA菌根菌等の有用微生物の住処となることを明らかにしている。また、今野(1993)は木炭施用効果がVA菌根菌や根粒菌の共生植物である大豆で大きく、非共生植物のコマツナや大根では小さいことを報告している。ホウレンソウは非共生植物であるので、本試験の増収効果が有用微生物の働きによるものとは考えにくい。しかし一方で、竹炭の施用がホウレンソウの連作障害回避に大きな効果があることが報告されている(野田 2005)。それによると、4作目頃から発生し連作が進むにつれて激しくなる収量低下が、竹炭を深さ10cmに条状に埋め込んだ圃場では連続11作してもみられず、その理由の一つとして根圏土壌の微生物的性質の改善があると推定されている。有用微生物の効果や微生物活性の評価は検証が難しいが、竹炭の施用効果を考えるうえで重要な視点であるので今後さらに検討を続けたい。

最後に作物生育にとって重要な因子である窒素の動きについて考えてみたい。現地栽培跡地では、竹炭施用区の硝酸態窒素が無施用区より明ら

かに少なかった。また、収穫後に回収した竹炭の硝酸態窒素量が栽培前より100g当たり71.3mg増加した。跡地土壌の分析には2mm以下の細土を供試したので竹炭は含まれていない。作物吸収量に差があるにしても跡地土壌の硝酸態窒素残存量の差は大きく、竹炭施用土壌では作土からの流出量が大きかったと推察される。灌水等の栽培条件は同様に行ったので、竹炭の施用によって生じた孔隙が流出を助長したのであろう。一方で、圃場から回収した竹炭の硝酸態窒素含量が増加したことは興味深い。森ら(2001)は木炭を添加した土壌カラム試験で木炭の添加によって硝酸イオンが吸着されることを明らかにしており、平田(1995)も、硝酸カルシウムを施用したハウレンソウのポット栽培実験において、木炭の添加量が多いほど硝酸イオンの流亡を抑制されたと報告している。本試験では窒素の収支について調査していないので、孔隙の増加による硝酸態窒素の流出量と竹炭による吸着量について大小を論ずることはできず、竹炭に吸着された窒素がハウレンソウに吸収され生育を増進したかどうか不明である。しかし、池田ら(2004)が、コマツナのプランター栽培において容積比10%の樹皮炭を培養土に混合することで、生育に悪影響を与えることなしに硝酸塩含量を30%低減できたことを報告しているように、炭に吸着された窒素は作物に対して濃度負荷をかけることなく緩効的に利用されている可能性がある。

## 5. おわりに

以上、竹炭の施用によりカリウムの吸収量が増加したことなどによりハウレンソウが増収したことを中心に報告した。しかし、増収要因の検討は十分ではなく、品質関連成分に対する影響についてもたとえば生育期間の長い作物で調査すれば異なる結果が得られたかもしれない。また、窒素の動態に関して環境への影響の解析も残された課題である。

炭は天然物を素材とするため安全、安心志向の消費者に受け入れられやすい資材であり、それを使って栽培することにより農作物の付加価値をつけることも可能と考えられる。試験に用いた竹炭は1a当たり100kg施用すると21,600円となり高価である。今後、竹炭の施用効果とそのメカニズムを明らかにするとともに、竹炭の施用量と効果の大きさや持続性との関係を検討し、コストが安く普及しやすい技術の確立に努めたい。

## 引用文献

- 平田茂・宮井春男 1995. 木炭施用土壌における無機態窒素の流亡特性. 土肥要旨集 41:373.
- 池田順一・堀兼明・須賀有子・福永亜矢子 2005. 樹皮炭施用によるコマツナの硝酸塩含量低減. 平成16年度近畿中国四国農業研究成果情報:169-170.
- 今野一男・西川介二 1993. 炭化条件の異なる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.
- 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(5):642-648.
- 野田滋 2005. 竹炭利用によるハウレンソウの11作連続栽培. 島根県中山間地域研究センター研究報告 1:1-10.
- 小川真 1987. 作物と土をつなぐ共生微生物 菌根の生態学. 農山漁村文化協会, 東京. 1-241.