

## バイオチャー施用が植物の根に与える影響



実施担当者 東京農業大学第三高等学校  
教諭 棚澤 由実菜

### 1 はじめに

バイオチャーとは、生物由来の有機物を炭化させたものであり、土壌改良効果を有すること (Jeffery, S. et al. 2011) から、植物の生育を促進する効果があると報告されている (Azim, R. et al. 2024)。そのため、農地での施用は農作物の収量増加、森林での施用は地球温暖の緩和が期待されている。しかしそのメカニズムは十分に解明されておらず、特に地下での変化はほとんど明らかになっていない。本校の生徒たちは、植物の根の形態的特徴に関心を持っていることも踏まえて、本研究はバイオチャーが植物の根に与える影響とそのメカニズムの解明を目的とする。研究対象は農作物と木本植物で、以下の 4 つの実験を行った。①農業や森林での実用に焦点をあて、野外の圃場を用いた栽培実験を行い、バイオチャーが植物の生育に与える影響の全体像を把握した。②透明培地での根の伸長観察を室内で行った。特に、根の重量や長さ、太さ、分岐数など、植物の栄養吸収において重要な形態的な特徴を測定した。バイオチャーを通した水を用いて透明培地を作成することで、バイオチャーの化学的な影響を明らかにすることができた。③室内環境でのポット栽培にて土壌へのバイオチャー施用を行い、植物体と土壌環境の変化を経時的に観察した。④①～③の結果から土壌改良効果は有機物分解促進によってもたらされると仮説を立て、土壌動物、土壌微生物の動態に着目したバイオチャーの有機物分解への影響を解明した。

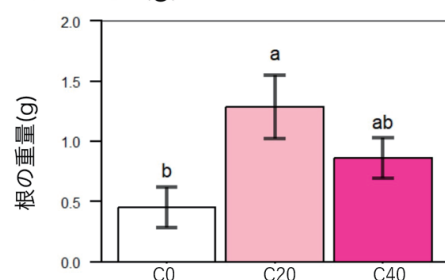
### 2 実験

#### 2-1 野外圃場での栽培実験

校舎の南側にある圃場にて、ホウレンソウを対象とした栽培実験を行った。2.8 m×1.95 m の区画を 3 つ準備し、バイオチャーを施用しない区 (C0) と 20、40 t ha<sup>-1</sup> 施用した区 (C20、C40) とした。バイオチャーは農地利用を想定して土壌表層 30 cm に混ぜ込んだ。

根の生重量は、C0 と比較し C20 で有意に増加、C40 でも増加傾向が見られた。根の形態においては主根の最大直径、主根の長さ、側根の本数は C20 で増加傾向が見られたことから、C20 では C0 と比較し、根全体が大きくなったことが示唆された。一方で、C40 は主根は長くなったものの、主根の最大直径、側根の本数は C0 と差がなかったことから、根

根の重量(g)



の広がりよりも長さを伸ばすことが優先された形態に変化したと考えられる。これらの変化はバイオチャーの施用による土壌の電気伝導度 (EC) の低下に起因すると考えられる。

以上より、野外におけるバイオチャーの施用により土壌中の EC が低下し、根が栄養塩を探すために増加したと考えられる。

## 2-2 透明培地での栽培

2-1 の野外栽培では、根の生重量の増加はバイオチャー施用による EC の低下によるものだと考察された。先行研究においても多孔質なバイオチャーが土壌中の栄養塩を吸着するため土壌中の栄養塩量が低下したと述べている (Yoshitake, S. et al. 2025) が、一方で本実験で使用している市販のバイオチャーには

から栄養塩が流出し増加すると述べている。このように、バイオチャーの土壌への効能は複数あることから、どの効果が根の伸長、形態に変化をもたらしているのかを明らかにする必要がある。そこで今回は透明培地での栽培により、バイオチャーの栄養塩流出のみに着目した。培地のゲルは Sky Gel (メビオール株式会社) を使用し、ゲル作成時の水を超純水 (N 区)、超純水にバイオチャーを入れ攪拌した後のろ液 (B 区)、超純水に表示量の液肥を加えた水 (F 区) の 3 区画を準備した。対象は成長の早いハツカダイコンを用いた。



ゲル作成に用いた水の EC は超純水が  $0 \mu\text{S cm}^{-1}$ 、バイオチャー透過水が  $0.13 \text{ mS cm}^{-1}$ 、液肥入り水が  $0.48 \text{ mS cm}^{-1}$  と液肥ほどではないが、バイオチャーからもイオン流出が確認された。これらの水を用いて栽培したところ、F 区では主根・側根ともに短く、栄養塩探索には適さない形態となった。これは根の周囲に十分な栄養塩が存在するため、根を遠くまで伸ばす必要がなくなった保守的な形態といえる。一方で B 区では側根が長くなり、栄養を探る形態となった。これらのことから、バイオチャーから栄養塩は流出するが、液肥のように根の形態を保守的にするほどの流出量はないことが明らかになった。

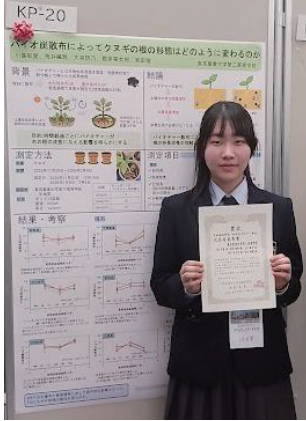
## 2-3 室内ポットでの栽培



バイオチャーの根への影響は 2-1、2-2 で明らかになってきたが、根は地中にあるため変化の途中経過はわからず、いつ頃から差が出るのかは解明されていない。そこで、ハツカダイコンを圃場の土のみ (N 区) とそこにバイオチャーを混ぜ込んだ土 (B 区) でハツカダイコンを栽培し、3 日ごとにポットを解体して根の状態を観察した。また、比較として土壌改良資材の腐葉土 (C 区) と肥料分の液肥 (F 区) も準備した。

栽培開始から 26 日目に B 区、33 日目に N 区と F 区で地下部の重量増加が始まった。35 日目以降は N、B、F 区で地下部重量に有意な差はなかった。一方で C 区では地下部重量の増加が見られず、測定を開始した 17 日目以降ほぼ重量に変化が見られなかった。これは微生物の過剰活性による窒素飢餓により、土壌栄養塩量のバランスがくずれ、ハツカダイコンの成長を抑制したと考えられる。根の形態的变化では、主根の長さ、太さにおいて N、B、F 区の間に有意差は認められなかったが、側根においては N、B 区と比べて F 区で有意に短く本数も少なくなっていた。この差は成長初期から見られた。このことから液肥による栄養塩添加では側根の伸長が抑制されるが、バイオチャー添加では液肥ほど根へ影響を与えないこと、このような影響は成長初期の段階から生じることが明らかとなった。

植物種が変化すればバイオチャーの影響も変化可能性があるため、森林施用を想定してクヌギを対象として同様の実験を行った。森林でバイオチャーを施用する際は、農地と異なり、すでに植物が生えて土壌の層構造が構成されているため、その層構造の上から散布するようになると想定される。そこで今回の実験でもワグネルポットに森林土壌の層構造を再現し、その上にバイオチャーを散布した。区画はバイオチャーを施用しない N 区と、 $20 \text{ t ha}^{-1}$  施用した B 区とし、発芽後から 3 ヶ月後まで 1 か月ごとに根の掘り出しを行った。



根の乾燥重量は、発芽後 1 か月では N 区より B 区で少なかったが、その後の B 区の増加が大きく、3 ヶ月後には N 区を上回ったことから、バイオチャー施用により、根の成長が遅くなったことが示唆された。根の表面積、平均根直径、分岐頻度（長さ当たりの分岐数）は区画差がなかったが、総根長さは栽培 1 ヶ月後から B 区で短くなっていた。また重量当たりの長さを示す比根長は 2 ヶ月以降に B 区で小さくなっていた。土壌環境は有意に EC が増加していたことから、土壌の栄養塩量が増加したと考えられる。これらのことからバイオチャーの施用により、土壌栄養塩量が増加し、クヌギの根の成長は遅くなり、短く、比根長が小さいという、根での栄養塩吸収に対して保守的な形態に変化したこと、このような変化はハツカダイコンと同様、成長初期から見られることが明らかになった。

## 2-4 有機物分解への影響

2-1~3 の結果から、バイオチャー施用が根に与える影響には、土壌中の栄養塩量の変化が密接に関連していることが示唆された。自然界における土壌中の栄養塩は土壌動物による落葉・落枝の破砕によって有機物が分解されやすくなり、その有機物を土壌微生物が無機化することによって供給される。そこで、追加実験としてバイオチャー施用が土壌中の有機物分解に与える影響を解明した。23 L コンテナを 4 つに森林土壌を充填し、何も処理をしないもの（N 区）、土壌の上からバイオチャー施用をしたもの（B 区）、ミミズ、ダンゴムシといった大型土壌動物を添加したもの（A 区）、バイオチャーと大型土壌動物の両方を添加したもの（AB 区）で 100 日間、室内に放置した。



N 区より処理区で土壌動物量は多くなり、特に AB 区、B 区での増加が顕著であった。この 2 区画では土壌 pH の中性化、地温の上昇が見られたことより、バイオチャー施用による土壌 pH の最適化と地温上昇により土壌動物量が増加したと考えられる。一方で土壌微生物の活性を示す微生物呼吸（BR）は AB 区と A 区で上昇傾向が見られたことから、バイオチャー施用より大型土壌動物の存在の方が微生物活性にはより大きな影響を与えたと考えられる。この結果、土壌 EC も増加しており、微生物の無機化により栄養塩が増加したことが示された。以上より、バイオチャー施用は土壌中の pH を中性化するとともに保温効果も有し、その結果土壌動物量が増加する、それに伴い土壌微生物活性が上昇し、栄養塩量が増加することが明らかとなった。

### 3 まとめ

本研究より、バイオチャー施用による土壌改良や、栄養塩吸着によって、根の成長が変化することが明らかになった。しかし、これは植物種や施用する土壌環境によって異なった。バイオチャー自体からイオンの流出が起こるが、肥料と比較すると少量であり、これは根の成長へ影響しない。農地では微生物による有機物分解よりもバイオチャーの栄養塩吸着作用が大きく働き、土壌中の栄養塩量が減少し、ホウレンソウやハツカダイコンの根の成長が早まり、より栄養塩を求めて長く広範囲に広がる、または未処理区と変わらない形態となった。一方で、森林では土壌動物の活性化により落葉落枝の破碎が促進され、土壌微生物による有機物の無機化が促進、土壌中の栄養塩量が増加した結果、根の成長が遅くなり、短く比根長が小さいという、栄養塩吸収を優先しない形態になった。

### 謝 辞

本研究は公益財団法人中谷財団の科学教育振興助成のもと実施しました。この場をお借りし、深く御礼申し上げます。

### 参考文献

Jeffery, S.; Verheijen, F.G.A.; van der Velde, M.; Bastos, A.C. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2011, 144, 175–187.

Azim, R.; Wang, Q.; Sadiq, M.; Zhou, X.; Zhang, D.; Zhao, X.; Xu, Y.; Sun, Y.; Qi, W.; Zhu, J.; et al. Exploring the potential of straw and biochar application on soil quality indicators and crop yield in semi-arid regions. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* **2024**, 24, 1907–1923.

Yoshitake, S.; Enichi, K.; Tsukimori, Y.; Ohotsuka, T.; Koizumi, H.; Tomotsune, T. Long-Term Effects of Biochar Application on Soil Heterotrophic Respiration in a Warm–Temperate Oak Forest. *Forests.* **2025**, 16, 489.

以上