

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 7 日現在

機関番号：11101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25850168

研究課題名(和文)次世代の循環型施設園芸を目指した竹破砕物による養液栽培培地の開発

研究課題名(英文)Evaluation of the crushed bamboo as an agricultural organic material

研究代表者

丸居 篤(MARUI, ATSUSHI)

弘前大学・農学生命科学部・准教授

研究者番号：80412451

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：竹破砕物の養液栽培培地利用の実現を目指し、土壌物理試験および作物栽培実験を行った。土壌物理試験の結果、竹破砕物は培地として高い保水性を示し、飽和透水係数はロックウールと同等のオーダーの値を示したことから、竹破砕物は培地として利用できる可能性が十分にあると考えられた。トマト栽培実験の結果、竹培地においてもRW培地と同様の水分消費を示し、さらに茎・葉・果実においても生育への影響は見られなかった。また、カリウムの肥料効果により竹培地において果実の品質が向上したと推測された。この結果は竹破砕物の養液栽培培地利用の実現に貢献し、放置竹林の解消、さらには循環型社会へ寄与できると考えられる。

研究成果の概要(英文)：The crushed bamboo (CB) was made by mashing with high pressure. It has been used to cover the soil surface as the mulching stuff and soil improving materials. The objective of this study is to clarify the water saving effect of crushed bamboo mulching and to develop the new agricultural organic material like a rock wool (RW) medium. Two type of pot cultivation experiments were conducted. One was to evaluate the effect of covering the soil surface with the crushed bamboo. The other was to evaluate the possibility as the agricultural medium. As a result, the crushed bamboo reduced the total amount of the irrigated water 20% less than no mulching. Second, crushed bamboo medium showed high water retention close to rock wool and also showed high water permeability. As the result of the pot cultivation of tomato, there were no significant differences in the growth between crushed bamboo and rock wool medium. The use of bamboo will lead to conserve the rural environment.

研究分野：灌漑利水

キーワード：竹破砕物 保水性 消費水量 環境負荷 循環型農業

1. 研究開始当初の背景

1960年以降、化学製品の発達や輸入品による国産の竹の需要減少、高齢化による竹林管理者不足に伴い放置竹林が増加している。その結果、竹林の農地侵入や里山生態系の単一化などの問題が発生している。放置竹林の増加を解決するため、多くの竹を利用する取り組みがすすみ、従来の土木資材や工芸品としての利用に加え、舗装資材、飼料、敷材、竹炭やバイオマス燃料など新たな利用法が開発されている。竹の農業活用に関する研究では、チップ状の竹チップ、粉状の竹粉、すり潰した綿状の破砕物(以下、竹破砕物)等が堆肥利用や土壌改良材、マルチ資材として使用されている。その中でも、竹破砕物はマルチ資材として大豆の増収効果、20%の節水効果、豊富に含まれるカリウムの肥料効果があることが報告されている。既往の研究を基に、本研究では竹破砕物の新たな農業利用法として養液栽培培地利用を提案した。

2. 研究の目的

放置竹林を解消あるいは利用するために、竹を高圧で破砕し、繊維質を残したスポンジ状の試料(以下、竹破砕物)を養液栽培の培地として利用し、竹材活用の新たな方法を開発する。

竹破砕物は養液栽培培地として必要な保水性と透水性に優れ、廃棄物として処理しなければならないロックウールに対し、利用後には農地に投入できるため環境負荷の低減に貢献し、畑地への炭素貯留効果も期待できる。竹を利用した物質循環型の養液栽培は、地域資源利用と課題解決ができる次世代の施設園芸となる可能性を持つと考え、本研究では培地としての性能評価、問題点の解明および改善、使用後の土壌有機物動態を調査することで、新しいシステムの提案を行う。

3. 研究の方法

(1) 竹破砕物培地の作成 乾燥密度別および固化試験により培地を作成し、水分特性曲線の作成、透水試験により、保水性、透水性を評価する。また、培地の化学性の調査を行った。具体的には、竹破砕物(乾燥密度: 0.139g/cm³)、ロックウール(乾燥密度: 0.098g/cm³)および比較のため真砂土(乾燥密度: 1.384g/cm³)をそれぞれ3サンプル、内径5.0cm、高さ5.1cmの採土円筒に充填し、吸引法及び遠心法により水分特性曲線を作成した。さらに、同様の採土円筒を用いて定水位透水試験を行い、飽和透水係数を測定した。

(2) 殺菌、固化させることでくずれにくく、利用しやすくするために熱処理した竹破砕物(以下 DB)の保水性と透水性を明らかにするために加圧板法、土柱法、変水位透水試験を行い、竹破砕物の水分特性曲線及び飽和透水係数を求めた。試料は、ロックウール(以

下 RW)、竹破砕物(以下 CB)、DBを用いた。

(3) 養液栽培によるトマト栽培実験

竹破砕物を養液栽培培地として利用する際の作物への影響を評価するために、96日間、トマトを用いた栽培実験を行った。実験には栽培ポット(縦×横×高さ: 120mm×70mm×90mm)と栽培ベッド(180mm×105mm×70mm)を3サンプルずつ用意し、栽培ベッドの上に栽培ポットを設置し栽培を行うこととした。また、蒸発を防止するため、栽培培地は発泡スチロール(268mm×178mm×111mm)により作成した閉鎖型養液栽培装置内に設置した。竹破砕物は、抽出されるカリウムの初期濃度を下げるために蒸留水で2度洗浄した。竹破砕物とロックウールは飽和させた後、24時間重力排水させ、播種後2週間育苗した「桃太郎」(タキイ種苗(株))を定植した。定植から2日後に地表面からの蒸発を防ぐためプラスチックフィルムで表面被覆処理を行った。それぞれ1サンプルは電子天秤の上に乗せ質量の変化を測定した。栽培環境はガラス室で、灌水条件は1日に1回もしくは2回質量の減少量を補う灌水を行った。施肥は大塚1号・2号を生育に応じて、栽培開始から8日目までをEC1.0dS/m、栽培9日目から39日目までをEC1.5dS/m、栽培40日目から終了までをEC2.0dS/mの養液となるように施用した。以上の条件をもとに、竹破砕物培地(以後「竹培地」と表記)とロックウール培地(以後「RW培地」と表記)におけるトマトの生育差を比較することにより、竹培地のトマトに対する影響評価を行った。

(4) 養液栽培によるイチゴの栽培実験

11月15日から3月3日の109日間、イチゴ(章姫)の栽培実験を行った。栽培培地にはRW、CB、DBそれぞれ栽培ポットを3つずつ計9個用意した。測定項目として栽培期間中は質量、気温、日射量、葉面積、蒸散量、排水の成分分析、実験終了後は果実、葉、茎、根の生体質量、乾燥質量を測定した。果実に関しては、収量を測定した。ここでは実験期間中の評価項目は、葉面積指数と総蒸散量の関係、水収支、成分分析とし、実験終了後は果実、葉、茎、根の質量、果実の収量を評価項目として報告する。

(5) 竹破砕物を投入したポットにおけるイネの栽培実験

2015年6月17日から2015年10月8日までの114日間、弘前大学水利実験室前の圃場の一部で飼料用米(みなゆたか)の栽培実験を行った。栽培ポットは1/2,000aワグネルポットを使用し、施肥量と灌漑方式の組み合わせを湛水、間断、通常施肥、多量施肥の8通り設定した。それぞれの設定について3個のポットずつ合計24個のポットを使用した。化成肥料は「プライム高度444(N:14, P14, K:14)」を使用し、10kg/10aを通常の元肥

とし、その1.5倍に量を多肥とした 施肥は、田植え前と中干後の2回行い、どちらも同量を施用した。また、循環型農業と倒伏防止を念頭に竹破砕物を5g(溶出量N:4.1mg, P:3.4mg, K:33.8mg)を施用した。湛水区、間断灌漑区はどちらも2週間中干を行い、その後間断灌漑区では酸化還元電位(Eh)の値より湛水・落水の期間を決定した。ただし、出穂期は酸化還元電位の値に関わらず1週間湛水をした。ポットの排水は湛水区で中干前と収穫前の2回、間断灌漑区では中干前、間断灌漑期の間、収穫前の3回行い採水をした。これらの実験条件下で生育調査、収量調査、玄米成分分析、ポット排水の水質分析、酸化還元電位、気温、湿度、日射量の測定を行った。また、イネの成分組成ケイ素含有率を400で4時間の灰化処理後、蛍光X線を用いて分析した。

4. 研究成果

(1) 土壌物理試験の結果

図1に竹破砕物、ロックウール、真砂土の水分特性曲線を示す。水分飽和状態における体積含水率は、真砂土に比べ竹破砕物は2倍、ロックウールは2.5倍の値を示し、竹破砕物はロックウールに近い飽和体積含水率を示した。また、容易有効水分量(pF1.8-3.0)で比較すると竹破砕物が27%と最も高い保水性を有することが明らかになった。竹破砕物の飽和透水係数は平均で $1.02 \times 10^{-1} \text{cm/s}$ で、真砂土の $2.69 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ と比べ2オーダー高い透水性を示し、ロックウールの $2.51 \times 10^{-1} \text{cm/s}$ とほぼ同等の透水性を示し、水分管理は比較的容易と考えられた。

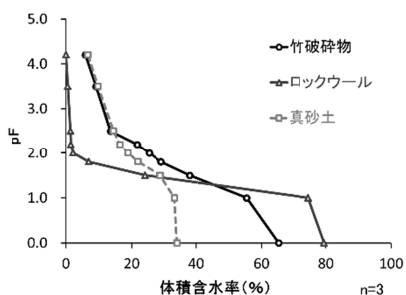


図1：竹破砕物，ロックウール，真砂土の水分特性

(2) 加圧板法では pF0.0 から 3.0，土柱法では pF0.0 から 2.0 の範囲の体積含水率を求めた。その結果、竹破砕物と RW の飽和透水係数は 0.08 から 0.29 の範囲にありとほぼ同等の透水性であることが分かった。図2は土柱法により求めた水分特性曲線である。飽和状態での体積含水率は CB が最も高かったが、有効水分量(pF1.5 から 2.0)の水分は、RW が 21%、DB が 17%、CB が 7% となり、RW が最も大きい値を示した。

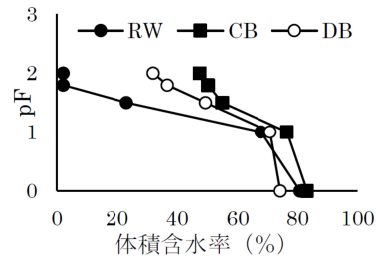


図2 DB, CB, RW の水分特性曲線

(3) トマト栽培実験の結果

トマトは竹培地においても RW 培地と同様の水分消費を示し、さらに茎・葉・果実においても生育への影響は見られなかった。またカリウムの肥料効果により竹培地において可販果の品質が向上したと推測された。図3に栽培15日目、34日目、88日目のトマトの茎長を示す(n=3)。栽培15日目ではRW培地におけるトマトの茎長が竹培地を上回っているが、成長するにつれ、竹培地におけるトマトの茎長がRW培地より大きくなった。ただし、どちらの培地間にも有意差は認められなかった。栽培終了後、第4花房までの赤熟果及び緑熟果を収穫し、収穫果数、生体質量、乾燥質量、糖度、カリウム濃度を測定した。本研究では収穫果数に関して、形状に異常がなく生体質量36g以上のものを「可販果」と分類し、それ以外を「異常果」(尻腐れ果、空洞果、斑点果、裂果)に分類した。表1にそれぞれ3サンプルの収穫果数を示す。全体の収穫果数は竹培地とRW培地に差は見られなかった。また竹培地における可販果数は、RW培地における可販果数を上回った。竹培地では尻腐れ果数が多くなり、特に第3花房に多かった。RW培地では斑点果数が多くなったが、竹培地では斑点果はあまり見られなかった。

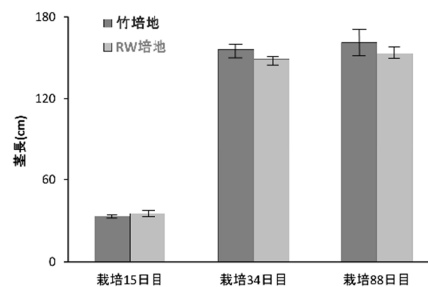


図3：栽培15日目、34日目、88日目の茎長

表1：収穫果数

	竹培地				RW培地			
	①	②	③	合計	①	②	③	合計
全体	16	20	16	52	15	18	17	50
可販果	8	12	7	27	8	6	7	21
尻腐れ果	4	4	2	10	1	2	2	5
空洞果	1	2	5	8	3	5	3	11
裂果	2	2	2	6	2	0	3	5
斑点果	1	0	0	1	1	5	2	8

(4) イチゴの栽培実験結果

図4は各培地における葉面積指数と総蒸散量の関係を示したものである。どの培地においても葉面積指数と総蒸散量は高い相関を有し、総蒸散量が大きくなるに従って、葉面積も比例的に増加した。RW 培地と DB 培地での総蒸散量が大きく、葉面積も同様な結果となった。また、灌漑と排水量から計算した各培地での水量は DB 培地が最も大きかったが RW 培地との差はなかった。一方、成長速度を表す傾きには差が見られ、RW 培地の成長率が最も高かった。図5は実験終了後の果実・葉・茎・根の総質量を示している。こちらも DB 培地の総質量が最も大きくなったが培地間に有意差はみられなかった。図6はイチゴの果実の総質量と個数を示している。果実1個あたりの生体質量に関しては RW 培地と DB 培地間に有意差がなかったが、CB 培地と他の培地との間では有意差がみられた ($p < 0.05$)。果実の質量に関しては竹破砕物の影響を受けたと考えられる。図7は各培地における EC の変化である。DB 培地と CB 培地は初期の排水の EC が高く、日が経つにつれて低下していった。これは T-N, T-P, K+などの成分でも同様な変化がみられた。竹破砕物の有効水分量は乾燥させたほうが高い値を示した。ポット栽培実験では、乾燥させた竹破砕物は、葉面積、蒸散量ともに RW 培地と DB 培地が大きく、これらは培地内の水分量が多いからだと考えられる。果実・葉・茎・根の総質量に関しては、DB 培地が最も高くなったが培地間での有意差はみられなかった。しかし、果実の質量では CB 培地と他の培地では有意差がみられた。よって竹破砕物を培地として利用する場合、熱処理を行って乾燥させてから培地に利用すると高い効果が得られると考えられる。また、培地として利用する場合は、初期に高濃度の成分が流出するため、水で何度か洗浄してから利用するのがよいと考えられる。

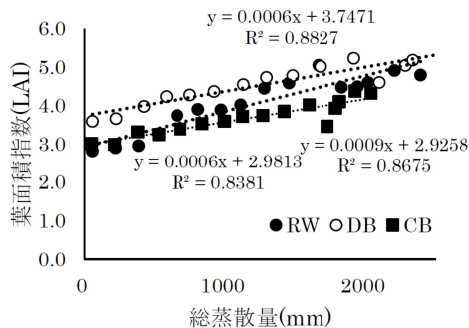


図4 各培地の葉面積指数と総蒸散量の関係

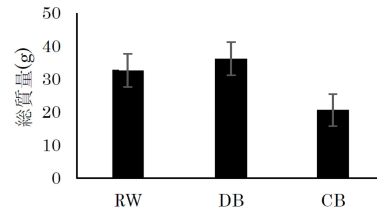


図5 実験終了後の果実・葉・茎・根の総質量

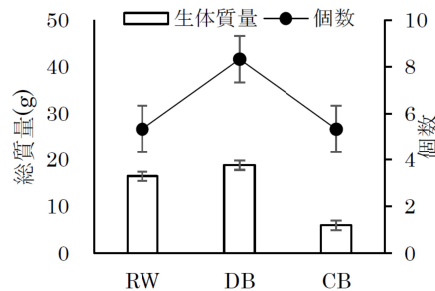


図6 イチゴの果実の総質量と個数

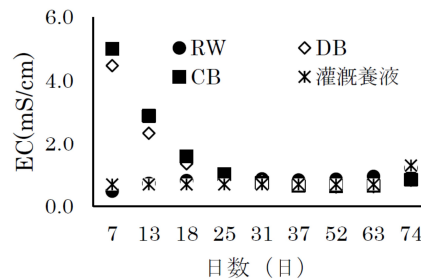


図7 各培地排水における EC の変化

(5) イネのポット栽培実験結果

表2は生育調査及び収量調査の結果である。竹破砕物の投入による差は特に見られなかった。草丈は多肥・湛水区で一番生育が良く、全体的に湛水区で生育が良い傾向にあった。有効分げつ数は通常区より多肥区のほうが多く、それに伴い穂数も多肥区のほうが多い。このことより水管理方法に関わらず多肥のほうが多収に有利な状況であったと考えられる。しかし、一穂粒数や10aあたりの精玄米重では施肥量に関わらず湛水区が多く、間断灌漑区が少ない結果になった。その中でも、多肥・湛水区の収量が多くなった。表3はCODの流入・流出負荷量を求めた結果である。竹破砕物の投入による差は特に見られず、総差し引き負荷量が多い傾向のある通常区は多肥区より有機汚濁物質が流出することが分かった。

表2 生育調査及び収量調査，玄米成分分析結果

	通常施肥				多肥			
	湛水	間断	湛水	間断	湛水	間断	湛水	間断
全長(最大)	87.4	82.4	86.8	81.9	87.5	83.5	87.8	82.1
有効分げつ数(本)	36.7	32.7	37.3	33.3	39.0	39.0	41.0	38.7
全重(g)	128.9	104.2	128.5	107.0	148.1	111.1	151.8	122.4
1株全粒穂数	2509	1850	2603	2045	2934	2113	3083	2197
粒穂重(g)	65.8	47.4	66.8	50.6	74.8	47.8	78.0	52.2
稈歩合(%)	94.0	93.6	93.5	92.8	92.8	92.7	94.9	89.9
粗玄米重(g)	53.2	38.1	54.0	41.0	60.9	38.1	63.7	41.5
精玄米重(g)	51.7	36.5	51.9	38.9	58.3	32.4	60.7	38.5
玄米千粒重(g)	23.5	22.9	23.1	22.6	23.4	20.8	23.0	21.6
稻タンパク質(%)	6.4	6.1	5.9	5.4	5.8	5.9	5.6	6.1
粗脂肪(%)	2.2	2.3	2.2	2.2	2	2.3	2.2	2.2

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

丸居 篤 (MARUI, Atsushi)

弘前大学・農学生命科学部・准教授

研究者番号：80412451

表3 CODの各期間の流入・流出負荷量と流出率

	期間	流入負荷量	流出負荷量	差し引き負荷量	流出率(%)
通常	中干前	2.2	0.00		
	収穫前	18.6	38.76	18.0	186.9
湛水区	中干前	2.2	12.93		
	間断灌漑期	5.1	20.30	12.49	160.2
通常	中干前	2.2	0.00		
	収穫前	13.4	0.00		
間断灌漑区	中干前	2.2	7.15	4.2	120.1
	収穫前	18.6	17.77		
通常+有機物	中干前	2.2	9.24		
	収穫前	5.1	9.06	2.71	113.1
間断灌漑区	中干前	2.2	5.15		
	収穫前	13.4	5.15		
多肥	中干前	2.2	0.00	-16.1	22.5
	収穫前	18.6	4.68		
湛水区	中干前	2.2	0.00		
	間断灌漑期	5.1	5.47	-10.79	48.0
多肥	中干前	2.2	4.49		
	収穫前	13.4	4.49		
通常+有機物	中干前	2.2	5.53	-15.2	26.7
	収穫前	18.6	0.00		
湛水区	中干前	2.2	3.47		
	間断灌漑期	5.1	10.42	2.13	110.2
多肥+有機物	中干前	2.2	8.98		
	収穫前	13.4	8.98		

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 5 件)

Masahiro Ogiwara, Atsushi Marui, Mattashi Izumi: Experimental study of water management for increasing the feed rice yield, The 2nd World Irrigation Forum, ICID. 2016.11 (タイ国)

荻原雅周, 丸居 篤, 綿引友香, 泉 完: 飼料用米のポット栽培における水管理が収量と負荷量に与える影響. 2016.8 (仙台市)

荻原 雅周・丸居 篤・工藤 明・泉 完: イチゴのポット栽培実験による竹破砕物養液地として評価. 平成 27 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集:344-345, 2015.9.(岡山市)

A. Marui and S. Omoto: Water consumption and retention of crushed bamboo as an agricultural organic material. proceedings of 2014 ASABE and CSBE/SCGAB Annual International Meeting, Paper Number: 1899086, 2014.7 (カナダ国)

丸居 篤・尾本翔次郎: 竹破砕物の養液栽培培地利用を目指した基礎的研究. 農業農村工学会大会東北支部第 55 回研究発表会要