

水田転換畑におけるモミ殻施用がエダマメの 生育、収量および品質に与える効果*1

高橋能彦*2・佐藤 孝*3・星野 卓*2
土田 徹*2・大山卓爾*4

キーワード エダマメ、転換畑、モミ殻、根粒、食味

1. はじめに

近年、稲作適地である新潟県でも3割に及ぶ稲作の生産調整が科せられている。水田転換作物としてはムギ・ダイズが一般的であるが収益性が低いため、一部の農家では高い収益性が見込まれる野菜・花卉等園芸作物の作付けが試みられている。しかし、新潟県の平野部は沖積の粘質土壌が多く、排水性や通気性が不良なため、野菜等の栽培には不適な地域が広範囲に分布している。著者らはこれらの地域の土壌物理性を改善するため安価で大量に入手できるモミ殻の施用効果を検討している。ただし、モミ殻はC/N比が高いため投入後1, 2年目までは無機態窒素の有機化、つまり窒素飢餓が生じる可能性が懸念される。そこで、本試験では土壌や肥料からの窒素供給量が少なくても根粒による窒素固定により一定の生育が期待できるエダマメを畑転換初期の作物として検討した。

エダマメは新潟県内で約1,500 ha栽培されており、面積では全国1位である。新潟県内の生産は新潟市、西蒲原郡黒埼町や白根市などで多く「にいがたえだまめ」などのブランド名で県内外に出荷され、高い評価を得ている。新潟県ではエダマメを園芸重点品目の一つとして生産の拡大を進めている。

2. 試験方法

1) 供試品種および栽培管理

1997年と1998年に新潟県農業総合研究所内の10 a,

50 m×20 m圃場を25 m×20 mに2分し、エダマメとソバを交互に栽培した。ただし、ソバはエダマメの連作障害防止のために無肥料で栽培したものであり、収穫せずに開花期前に鍍込んだ。当該圃場の土壌は細粒灰色低地土の東和統である。

1997年は水田からの畑転換初年目の圃場に酸度矯正のため消石灰を0.1 kg m⁻²施用後、モミ殻無施用区を対照として6月7日にモミ殻を2 kg m⁻²あるいは4 kg m⁻²作土15 cmに全層混和した。6月8日にそれぞれのモミ殻施用区に硫酸を2 g N m⁻²あるいは5 g N m⁻²基肥として全層施肥した。他の肥料成分はP₂O₅ 6 g m⁻², K₂O 8 g m⁻²を各区に同量施用した。同一モミ殻施用区内の各施肥処理は3反復で実施した。6月9日に中晩生で白毛大粒のエダマメ品種「錦秋」を畦幅0.75 m株間0.3 m, 播種密度4.4粒 m⁻²の1畦1条で播種した。出芽始めは6月16日, 開花期は7月23日で9月3日に収穫した。

1998年は前年6月7日にモミ殻0, 2, 4 kg m⁻²施用した区(1997年は無肥料でソバを栽培)の中にそれぞれ前年同様(モミ殻0 kg 5 g N区を除く)の施肥区を設定し, 5月6日に基肥を施用した。5月15日に中生のエダマメ品種「新小平方茶豆」のセル苗を定植した。畦幅1.2 m, 正方0.3 mの2条植えて5.6株 m⁻²の栽植密度とした。6月19日に開花期となり7月30日に収穫した。

両年で栽培品種が異なったのは, 1997年は畑転換初年目であり, モミ殻施用や営農補助暗渠等の作業上の都合で播種時期が6月になるため, 生育量が確保できる中晩生の「錦秋」, 1998年は良食味で市場評価の高い「新小平方茶豆」を選定したためである。

2) 土壌分析

両年とも栽培跡地土壌のpHと三相分布を定法¹⁾により, 全炭素と全窒素はCNコーダ(Perkin Elmer Series II CHNS/O Analyzer 2400)で分析した。

1997年はモミ殻を0, 2, 4 kg m⁻²施用して基肥2 g

*1 本報告の一部は1998年4月, 日本土壌肥料学会大阪大会で発表した。本研究は農林水産省の補助事業, 地域基幹研究の一部で実施した。

*2 新潟県農業総合研究所 (940-0826 長岡市長倉町 857)

*3 新潟大学農学部 (現在, 秋田県立大学 010-0195 秋田市下新城中野字街道端西 241-7)

*4 同上 (950-2102 新潟市五十嵐 2-8050)

2000年2月16日受付・受理

日本土壌肥料学雑誌 第71巻 第6号 p. 801~808 (2000)

N m⁻² 施用後の作土を採取し、畑状態 30°C で 4 週間培養した。1998 年は前年にモミ殻を施用し、当年施肥前の土壤に硫酸を 30 mg N kg⁻¹ 添加して同じく畑状態で 4 週間培養し、それぞれ硝酸-N とアンモニア-N を分析した。尚、当該圃場の土壤水分は通常 25~30% の範囲であるので培養時の土壤水分は 30% に調整した。1997 年は開花期に表層下 2~20 cm 深の立毛中の土壤を採取し、含有する硝酸-N とアンモニア-N も分析した。

硝酸-N は湿潤土 40 g に水 180 mL 添加し、30 分間振とう後ろ過した液を濃縮シカトル法²⁾ で分析した。アンモニア-N は 10% 塩化カリ液で振とう抽出したろ液をインドフェノール法³⁾ で比色定量した。

3) 作物体の調査および分析

1997 年は着莢始期 7 月 29 日、1998 年は定植 19 日後の 6 月 3 日と着莢始期 6 月 25 日に地上部の生育調査を実施した。生育ステージは Fehr and Caviness の方法⁴⁾ に準じた。

根粒活性と肥料および土壤由来窒素の吸収特性を把握するため、1997 年は開花期の 7 月 23 日と莢肥大始期の 8 月 6 日、1998 年は定植 32 日後 (6 月 18 日)、着莢始期 (6 月 25 日) と莢肥大期の 7 月 8 日に各試験区 2~3 株から導管液を採取し、硝酸-N とアミノ酸-N およびウレイド (アラントインおよびアラントイン酸)-N 濃度を分析した⁵⁾。

収穫時には各試験区から生育中庸な 10 株のうち平均新鮮重に近い 6 株を抽出し、地上部の形質と収量および収量構成要素を調査した。収量は商品となる 2~3 粒莢の全粒入りを A 品、3 粒莢の 2 粒入りを B 品とし、新鮮 AB 合計莢重を収量とした。

4) 食味および食味関連成分

1997 年は開花 24 日後の 8 月 16 日と 33 日後の 8 月 25 日に各試験区から生育中庸な 4 株を採取し、子実に含まれる 80% エタノール可溶性糖 (スクロースが主成分)

および凍結乾燥試料から抽出した遊離アミノ酸を分析した。糖はフェノール硫酸法⁶⁾、遊離アミノ酸はニンヒドリン法⁵⁾ で分析した。収穫時の 9 月 3 日採取試料についても前記と同様、子実の糖および遊離アミノ酸量を分析した。

1998 年は収穫した新鮮 AB 莢 500 g を 3% 食塩水 2 L で 5 分間茹でて室内放冷後、モミ殻無施用で基肥 2 g N m⁻² 区を比較対照とした食味試験 (パネラー 21 名) を実施した。同時に新鮮子実 20 g を水 500 mL で 10 分間茹でて、ミキサーで 30 秒間摩砕、10 倍量に希釈・ろ過した液について高速液体クロマトグラフ (日本分光) を用いて子実中のスクロースを定量した。

3. 結果および考察

1) 土壤の理化学性および窒素動態

表 1 に収穫直後の土壤の理化学性を示す。1997 年、1998 年ともモミ殻施用によって pH が若干低下する傾向があった。1997 年はモミ殻施用で全炭素、全窒素および C/N 比とも増加したが 1998 年の全窒素はモミ殻処理の差が認められず、C/N 比は全体的に前年より高くなった。これは窒素の分解が炭素の分解を上回った結果と考えられるが、前年のソバの畝込みなど圃場管理の違いも影響したものと思われる。

三相分布については両年ともモミ殻施用で気相が増加し、液相は低下する傾向があり、通気性の改良に対する効果が示唆された。

供試したモミ殻は現物当り窒素 0.38%、炭素 29.9% のため、モミ殻 1 kg m⁻² 施用は窒素 3.8 g m⁻²、炭素 299 g m⁻² の投入に相当する。C/N 比は約 80 であり、施用量に応じて無機態窒素が有機化するために窒素施肥量を増加させる必要がある。表 2 に室内培養での培養前窒素および施肥窒素量を差し引いた窒素無機化量を示す。1997 年は対照のモミ殻無施用に対してモミ殻 2 kg

表 1 栽培跡地*土壤の理化学性

試験年	モミ殻** (kg m ⁻²)	pH		T-C (g kg ⁻¹)	T-N (g kg ⁻¹)	C/N	気相 (10 ⁻² m ³ m ⁻³)	液相	固相
		H ₂ O	KCl						
1997	0	6.8	5.1	14.1	1.9	7.4	13.9	44.0	42.1
	2	6.7	5.1	19.1	2.1	9.1	15.0	42.2	42.8
	4	6.6	5.0	23.7	2.5	9.5	27.0	36.8	36.2
1998	0	6.8	5.3	15.4	1.7	9.1	6.4	50.5	43.1
	2	6.7	5.1	17.5	1.7	10.3	11.9	49.3	38.8
	4	6.6	4.9	20.8	1.7	12.2	12.9	46.4	40.7

* 各区とも基肥 2 g N m⁻² 施用。

** モミ殻は 1997 年に施用し、1998 年は無施用。

m⁻² 施用で 20 mg kg⁻¹, 4 kg m⁻² 施用では 48 mg kg⁻¹ の窒素が取り込まれた。1998 年も施肥窒素の有機化があり、モミ殻 2 kg m⁻² 施用で 8 mg N kg⁻¹, 4 kg m⁻² で 22 mg N kg⁻¹ それぞれ取り込まれた。有効温度を 15°C とすると、30°C 4 週間の培養は圃場 5 cm 深の有効積算地温で 1997 年は施肥～8 月 3 日（開花期の 11 日後）、1998 年は施肥～7 月 21 日（収穫の 9 日前）に相当した。この前後の期間に上記の窒素動態があると想定され、不足する窒素量を基肥の増施で補う必要があった。

2) 生育状況

表 3 に生育の状況を示す。1997 年 7 月 29 日の着莢始期ではモミ殻を施用し基肥を対照と同量 2 g N m⁻² 施用した区は他の処理区より生育ステージが遅れ、主茎長も短くなる傾向であった。これに対してモミ殻を施用し、基肥窒素を 3 g N m⁻² 増施した 5 g N m⁻² 区では主茎長はやや短くなる傾向であったが生育ステージには有意な差がなく、表 2 に示された施肥窒素の取り込み分を補完

表 2 モミ殻施用による土壌無機態窒素の動態

試験年	モミ殻* (kg m ⁻²)	培養前	培養後	無機化量** (mg N kg ⁻¹)
		(mg N kg ⁻¹)		
1997	0	23.1	49.9	26.8(3.7)***
	2	25.1	32.0	6.9(3.4)
	4	29.3	8.5	-20.8(3.3)
1998	0	33.4	40.4	7.0(2.1)
	2	33.0	32.6	-0.5(2.9)
	4	32.3	17.7	-14.7(4.7)

* モミ殻は 1997 年のみ施用。

** 培養前の無機態 N と施肥 N を差引いた培養中の窒素無機化量 (NH₄-N + NO₃-N)。

*** 標準誤差。

1997 年は基肥 2 g N m⁻² 施用後の土壌を培養した。1998 年は施肥前の土壌に硫酸 30 mg N kg⁻¹ 添加して培養した。

表 3 生育状況

モミ殻 (kg m ⁻²)	施肥 N (g m ⁻²)	1997 年着莢始期		1998 年定植 19 日後		1998 年着莢始期	
		V ステージ*	主茎長 (cm)	V ステージ*	主茎長 (cm)	V ステージ*	主茎長 (cm)
0	2	12.2 bcde	40.9 e	4.9 d	13.4 cd	11.8 dc	38.2 d
2	2	11.8 ab	36.7 abc	4.2 ab	11.2 ab	11.5 dc	29.7 bc
4	2	11.6 a	34.4 a	3.9 a	10.7 a	9.8 a	24.0 a
0	5	12.4 de	40.5 de				
2	5	12.4 e	38.5 cde	4.9 d	14.2 d	12.1 d	38.1 d
4	5	12.3 cde	37.4 bc	4.4 bc	12.4 c	10.7 b	29.0 b

* Fehr and Caviness⁴⁾ の表示。

英異文字間は LSD 5% の有意差を示す。

することができたと考えられる。

1998 年もモミ殻施用による窒素の取り込みがあり、生育が抑制された。ただし、モミ殻 2 kg m⁻² 施用し基肥窒素を 3 g m⁻² 増施した 5 g N m⁻² は 2 回の調査時のいずれも対照と同等の生育量を確保できた。しかし、モミ殻 4 kg m⁻² 施用した場合は窒素 3 g m⁻² 増施しても定植 20 日後の主茎長以外は対照区より生育が抑制された。両年ともモミ殻による窒素の取り込みは主茎長の伸長に強く反映した。

表 2 はモミ殻施用 2 年目では 1 年目より窒素の取り込みが緩和されることを示しているが、表 3 で示される生育の差からはむしろ 2 年目の方が初期生育の阻害が強く現れた。この理由として、根系の窒素吸収能や窒素固定活性などの品種間差や畑転換後年数を含む年次間変動、あるいは前作のソバの鋤込みの影響等が考えられるが詳細は不明である。

3) 土壌窒素含有量および窒素栄養特性

図 1 に 1997 年の開花期 7 月 23 日に立毛中の土壌を採取して硝酸-N とアンモニア-N を分析した結果を示す。硝酸-N の含有量はモミ殻無施用区で多く、逆にアンモニア-N はモミ殻施用区で多い傾向であった。モミ殻施

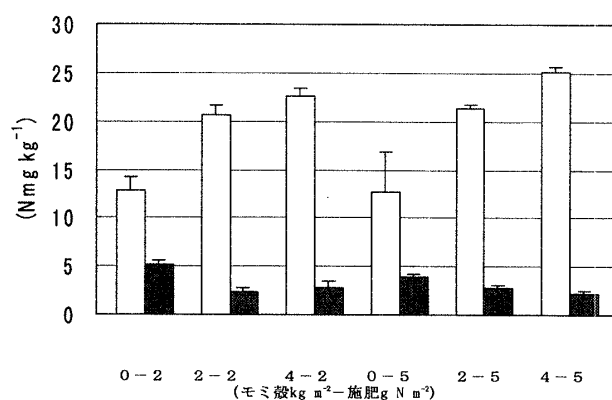


図 1 立毛土壌の無機態窒素含有量 (1997 年開花期)
□: NH₄-N, ■: NO₃-N, 縦棒は標準誤差を示す。

用区でアンモニア-N が多く残存し、無施用区で少ない
 という事はモミ殻施用により施肥アンモニアの一定量

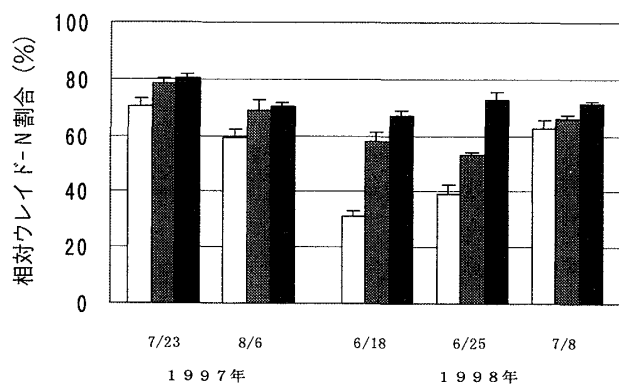


図2 エダマメ導管液の相対ウレイド-N割合(基肥2g N m⁻²区)
 □:モミ殻0 kg m⁻², ▨:モミ殻2 kg m⁻², ▩:モミ殻4 kg m⁻². 縦棒は標準誤差を示す。

について硝酸化成が抑制されたという推定が成り立つ。
 高橋らは有機物によるアンモニア酸化菌の生育阻害を報告⁷⁾しているが、モミ殻の分解産物が同様にアンモニア酸化菌の生育を阻害した可能性がある。

著者らはダイズの根系で吸収された肥料および土壌由来の窒素は主に硝酸の形態、根粒で固定された窒素はウレイド態(アラントインおよびアラントイン酸)で導管を上昇する現象を利用し、導管液の窒素組成分析でダイズの窒素栄養特性を判断できることを報告している⁸⁾。基肥2g N m⁻²の各区の相対ウレイド-N割合を図2に示す。窒素固定に依存する割合の推定値である相対ウレイド-N割合は、栽培年次、生育時期にかかわらずモミ殻施用量が多いほど高くなり、モミ殻施用によって窒素固定活性あるいは固定窒素寄与率の向上効果が認められた。

表4に導管液組成の解析から窒素栄養特性を検討した

表4 導管液の窒素組成

	モミ殻 (kg m ⁻²)	施肥 N (g m ⁻²)	NO ₃ -N アミノ酸-N ウレイド-N 計			
			(μg N mL ⁻¹)			
1997年	0	2	18.2 c	51.8	166.9 abcd	236.8 ab
7月23日	2	2	6.4 ab	53.9	217.2 bcd	277.5 ab
	4	2	2.4 a	54.6	236.5 d	293.5 b
	0	5	12.4 c	48.1	146.2 a	215.7 a
	2	5	5.9 a	52.8	218.7 cd	285.9 ab
	4	5	2.0 a	41.9	212.1 abcd	256.0 ab
8月6日	0	2	24.0 c	155.8	262.2	442.0
	2	2	6.4 ab	169.6	404.6	580.6
	4	2	4.1 a	203.3	471.8	679.2
	0	5	27.8 c	146.7	285.8	460.4
	2	5	5.7 a	129.6	330.5	466.1
	4	5	3.2 a	208.2	410.5	621.9
	1998年	0	2	90.5 c	169.4 e	117.2 bcd
6月18日	2	2	41.9 abc	73.0 abc	138.1 d	253.0 ab
	4	2	11.9 a	50.7 a	127.5 cd	190.1 a
	2	5	57.9 abc	106.6 cd	109.3 abcd	273.8 bc
	4	5	62.2 bc	105.0 bc	76.9 a	244.1 ab
	6月25日	0	2	72.2	102.4 ab	111.0 a
2		2	55.1	89.2 a	162.8 ab	307.1 a
4		2	50.5	165.0 c	567.6 d	783.1 c
2		5	53.6	93.3 a	160.3 a	307.3 ab
4		5	119.7	187.2 c	392.5 c	699.5 c
7月8日	0	2	14.1 c	178.3	322.8 a	515.1 a
	2	2	6.8 ab	179.5	363.5 a	549.7 a
	4	2	2.2 a	152.9	385.8 ab	540.9 a
	2	5	5.8 a	184.9	602.4 c	793.1 b
	4	5	5.5 a	175.1	374.0 a	554.6 ab

英異文字間はLSD5%で有意差を示す。

結果を示す。1997年の開花期7月23日はモミ殻施用区の導管液の硝酸濃度はモミ殻無施用区より少なく、根粒の窒素固定活性（ウレイド-N量）が高い傾向であった。この傾向は莢肥大期の8月6日でも同様であり、有意差はなかったが導管液中のウレイド-Nおよび全窒素量はモミ殻施用区で多くなる傾向が伺えた。1998年の6月18日（定植19日後）に採取したモミ殻無施用区の導管液には硝酸-Nとアミノ酸-Nの含有量が多く、ウレイド-Nも低下せず全窒素量は多くなった。しかし、着莢始期の6月25日は前年モミ殻を4kg施用した区でウレイド-Nが増加し全窒素量も有意に増加した。莢肥大期の7月8日は処理によって一定の傾向はなかったが、モミ殻無施用区で硝酸-Nが多く前年にモミ殻2kg

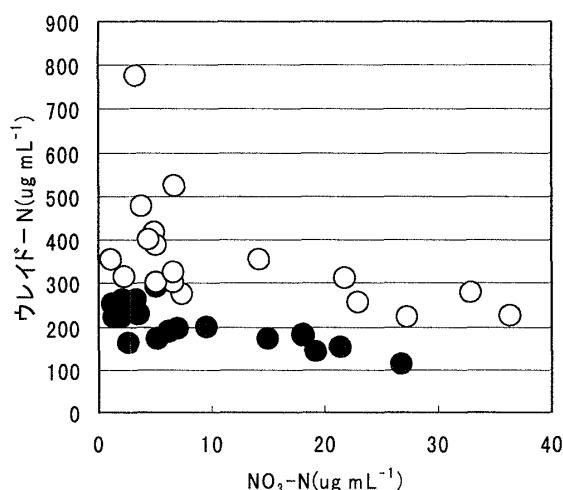


図3 導管液の硝酸-Nとウレイド-N含有量の関係（1997年）
●：開花期7/23，○：莢肥大期8/6。

施用し基肥5g N m⁻²施用した区では有意にウレイド-Nが多くなった。

図3に導管液の硝酸-Nとウレイド-Nの関係を示すが、両者の間には負の相関関係が認められる。従来から根粒着生部位周辺に硝酸が多いと窒素固定が抑制されることは多数の報告がある⁹⁻¹¹⁾。モミ殻施用区で窒素固定活性が高まる（図2，表4）理由としてはモミ殻による無機態窒素の取り込み（表2）や硝酸化成の抑制（図1）で根粒の着生や活性が向上したものと考えられる。ただし、モミ殻施用による土壤通気性を中心とした物理性の改善が寄与したという可能性も否定できない。

4) 収量および収量構成要素

表5に収穫時の地上部形質を示す。1997年は全処理区とも有意な差はなかったが、モミ殻の施用量が増加するにつれて茎重や主茎長、主茎節数等が抑制される傾向があった。1998年も概ね同様の傾向であり、モミ殻4kg 2g N区では全形質とも有意に低下したが、モミ殻2kg施用で基肥を増施した区は葉身重以外対照と同等の生育形質を得ることができた。

表6に収量とその構成要素を示す。1997年の収量は有意な差がなかったが、モミ殻4kg 2g N区以外のモミ殻施用区では増収する傾向があった。この要因としては一節に着生する莢数や商品となるAB莢数の増加があげられる。節当りの莢数は開花期から着莢始期ころの水分ストレスや栄養ストレスの強度に左右される形質であり¹²⁾、本試験でも、この時期の窒素を中心とした栄養状態が上記の収量構成要素に影響したと考えられる。1998年でも、モミ殻4kg 2g N区は有意に減収したが、他のモミ殻施用区は増収する傾向であった。この増収要

表5 収穫時の地上部形質

試験年	モミ殻 (kg m ⁻²)	施肥 N (g m ⁻²)	茎重		葉柄重 (g m ⁻²)	主茎長 (cm)	茎太 (mm)	分枝数 主茎節数	
			葉身重 (g m ⁻²)	1株当り				1株当り	1株当り
1997	0	2	237	261	161	39.4	9.1	4.9	13.0
	2	2	227	286	158	38.7	9.0	4.7	12.9
	4	2	227	310	167	37.0	9.0	4.8	12.7
	0	5	230	295	147	39.1	9.1	4.7	13.0
	2	5	223	267	156	38.7	8.8	4.8	12.9
	4	5	219	268	149	37.8	8.9	4.6	12.6
1998	0	2	295 d	345 d	212 d	46.0 d	10.4 d	5.9 cd	12.9 d
	2	2	244 bc	298 bc	201 bcd	38.3 bc	9.8 bcd	5.5 bcd	12.6 bcd
	4	2	125 a	214 a	92 a	28.7 a	7.7 a	4.0 a	10.7 a
	2	5	278 cd	287 bc	209 cd	45.6 d	9.8 cd	6.1 d	12.8 cd
	4	5	228 b	316 cd	170 b	37.6 b	8.9 b	5.6 bcd	12.2 bcd

英異文字間はLSD 5%有意差を示す。

表 6 収量および収量構成要素

試験年	モミ殻 (kg m ⁻²)	施肥 N (g m ⁻²)	総節数 (×10 ³ m ⁻²)	莢/節	総莢数		AB 一莢重 (g FM)	AB 莢重 (g FM m ⁻²)
					AB 莢数 (数 m ⁻²)	AB 莢数 (数 m ⁻²)		
1997	0	2	156 c	1.65 a	258 ab	141 ab	3.45 abcd	488(100)*
	2	2	153 bc	1.84 ab	285 b	164 b	3.26 a	534(109)
	4	2	150 abc	1.66 a	240 a	133 a	3.58 d	477(98)
	0	5	152 abc	1.68 ab	256 ab	135 ab	3.54 bcd	477(98)
	2	5	150 abc	1.65 a	249 ab	143 ab	3.56 cd	510(105)
	4	5	143 a	1.88 b	268 ab	158 ab	3.49 abcd	550(113)
1998	0	2	26.9 d	1.40 ab	377 d	294 bcd	2.44 a	716 b(100)
	2	2	24.3 bcd	1.53 cd	371 cd	314 cd	2.50 a	783 bcd(109)
	4	2	18.1 a	1.56 d	282 a	233 a	2.61 ab	608 a(85)
	2	5	25.4 cd	1.40 a	355 bcd	321 d	2.56 ab	821 d(115)
	4	5	23.9 bc	1.53 cd	364 bcd	301 bcd	2.72 b	819 cd(114)

* () はモミ殻 0 kg 2 g N 区を 100 とした収量比を示す。

英異文字間は LSD 5% 有意差を示す。

表 7 子実の糖および遊離アミノ酸含有量 (1997 年)

モミ殻 (kg m ⁻²)	施肥 N (g m ⁻²)	糖 (mg g DM ⁻¹)			遊離アミノ酸 (μmol g DM ⁻¹)		
		8/18	8/25	9/3	8/18	8/25	9/3
0	2	50.1	86.2 abc	79.9 e	177	153	111
2	2	47.1	112.7 c	64.5 bc	183	160	125
4	2	46.6	79.8 a	73.7 e	125	148	117
0	5	63.0	75.9 a	65.6 cd	203	161	132
2	5	60.5	108.9 bc	64.9 bc	208	144	142
4	5	49.5	73.1 a	53.9 a	187	176	97

英異文字間は LSD 5% 有意差を示す。

因は節当り莢数の増加と一莢重の増大であった。つまり、開花期以降の窒素固定の安定した活性維持が花あるいは莢の落下を抑制し、更に莢の肥大を促進した結果と考えられる。石塚¹³⁾ はマメ科作物の窒素代謝に関して栄養生長での NO₃-N および生殖生長でのアラントイン-N の優位性を論じているが同時にこれを生育の途中で任意にコントロールする技術がないことも認めている。土壤にモミ殻を施用するという単純な作業が石塚の求める生育制御技術に発展する可能性がある。

5) 子実の品質および食味

1997 年は莢肥大期間に食味関連成分である子実の糖と遊離アミノ酸含有量を追跡した (表 7)。糖は事前に薄層クロマトで展開したところスクロース画分のみが検出されたために組成分析は行わず、フェノール硫酸法で全糖を分析した。各処理区とも糖含有量は開花 33 日後の 8 月 25 日に最高値を示し、エダマメとして収穫した 9 月 3 日では減少していた。Masuda¹⁴⁾ もエダマメの子実糖含有率は開花 35 日後に最大となり、以降減少する

と報告しており、今回の結果と一致する。処理区間では 8 月 25 日のモミ殻 2 kg m⁻² 施用区で糖が多くなる傾向があったが 9 月 3 日ではモミ殻や窒素施用量とで一定の傾向は認められなかった。遊離アミノ酸は開花 26 日後の 8 月 18 日以降減少する傾向であり、処理区間における違いは認められなかった。

1998 年は収穫したエダマメ (モミ殻 4 kg 5 g N 区を除く) を用いて食味試験を実施した (表 8)。モミ殻無施用 2 g N m⁻² 区を比較対照として -3 ~ +3 の 7 段階で評価したところ総合評価はモミ殻 2 kg 5 g N > 対照 > モミ殻 2 kg 2 g N > モミ殻 4 kg 2 g N 区の順であった。エダマメの食味に関して、岩田・白幡¹⁵⁾ はアミノ酸の関与もあるとしながら主に糖の甘みを重要視している。1998 年の食味試験に供したサンプルを用いて蒸煮子実のスクロース含有量を分析した。分析は口内での咀嚼を念頭において料理用ミキサーで摩砕した試料を用いた。スクロース含有量は対照区とモミ殻 2 kg 5 g N 区では同等、モミ殻 2 kg 2 g N 区とモミ殻 4 kg 2 g N 区では

表8 食味試験結果と糖含有量 (1998年)

モミ殻 (kg m ⁻²)	施肥 N (g m ⁻²)	官能食味値 ^a					子実糖 ^b (mg g FM ⁻¹)
		見た目	香り	甘み	うま味	総合	
0	2	—比較対照—					38.3
2	2	0.00	-0.38**	-0.24	-0.38	-0.29	29.1
4	2	0.19	-0.33*	-0.60**	-0.52*	-0.48*	35.1
2	5	0.17	-0.05	0.24	0.14	0.29	38.6

^a新鮮莢 500 g を 3%食塩水で 5 分間茹で、室内放冷後 21 名のパネラーで食味した。非常に悪い (-3) から非常に良い (+3) の 7 段階とし、Wilcoxon の順位検定で判定した。

^b新鮮子実 20 g を水 200 mL で 10 分間茹で、ミキサーで 30 秒摩砕し、希釈液をろ過。高速液体クロマトグラフでスクロースを定量した。

*** それぞれ 5, 1%水準での有意差を示す。

対照より低下し、概ね官能食味試験の甘みや総合評価に準じた結果であった。

以上のように、水田転換畑にモミ殻を施用してエダマメを栽培した場合、モミ殻施用区では開花期頃からエダマメの窒素固定を活性化させる効果が認められた。モミ殻施用による窒素飢餓の問題は相当量の基肥窒素を増施することで解決でき、安定的な増収を得ることができた。

4. 要 約

1) 粘土質水田転換畑において高収益野菜の栽培を促進するため、モミ殻を施用して土壌物理性の改善を試みた。モミ殻は C/N 比が高く、施用後に生じる窒素飢餓を回避できる作目としてエダマメを栽培した。

2) 土壌の室内培養試験の結果、対照区と比較してモミ殻施用 1 年目ではモミ殻 2 kg m⁻² 施用で 20 mg N kg⁻¹、4 kg m⁻² では 48 mg N kg⁻¹、モミ殻施用後 2 年目でもそれぞれ 8 mg、22 mg N kg⁻¹ の無機態窒素の取り込みが認められた。

3) モミ殻による生育阻害は概ね基肥窒素 5 g m⁻² の施用で改善できたがモミ殻を 4 kg m⁻² 施用した場合はさらに増施する必要があった。

4) 立毛中の土壌やエダマメ導管液の窒素組成を分析し、モミ殻を施用した区では土壌のアンモニア-N/硝酸-N の比率が高くなり導管液の硝酸-N の量も低下する傾向を認めた。モミ殻施用区では導管液のウレイド-N が多く、根粒の窒素固定が活性化する傾向があった。

5) モミ殻施用区では対照区より増収する傾向があり、特に基肥を増施した場合は増収するケースが多かった。増収の要因は節当りの着莢数の増加等であり、これは開花期から着莢期頃の窒素固定の活性化と関係があることが推察された。

6) 食味関連成分である糖や遊離アミノ酸含有量についてはモミ殻や基肥窒素の施用量と一定の関係は認められなかったがモミ殻を大量施用して明らかに栄養生長量が抑制されて減収する場合は食味も低下した。

以上、モミ殻を施用した転換畑のエダマメ栽培において、モミ殻施用はエダマメの窒素固定活性を向上させ、増収する効果があった。更にモミ殻による施肥窒素の取り込みは基肥窒素の増施で対応できた。

謝 辞 セル苗を提供していただいた新潟県園芸研究センターの井浦 悟氏、ご助言いただいた北陸農業試験場の各位に感謝します。

文 献

- 1) 農林水産省農蚕園芸局農産課 編：土壌、水質及び作物体分析法、土壌保全調査事業全国協議会、東京 (1979)
- 2) 伊丹勝彦・北川靖夫・森 善輝：CATALDO らによる硝酸態窒素定量法の水質分析への応用、土肥誌、**68**、59~60 (1997)
- 3) 中谷省三：アンモニア窒素 (NH₄-N)、日本分析化学会北海道支部 編、水の分析第 3 版、p. 210~214、化学同人、京都 (1981)
- 4) Fehr, W. R. and Caviness, C. E.: Stages of soybean development. *Spec. Rep. Coop. Ext. Serv. Agric. Home Econ. Exp. Stn., Iowa State Univ.*, **80**, 1~12 (1977)
- 5) 大山卓爾：植物栄養実験法、p. 177~188、博友社、東京 (1990)
- 6) 大山卓爾・五十嵐太郎・馬場 昂：秋植え球根植物りん片中の貯蔵炭水化合物の分析、土肥誌、**57**、119~125 (1986)
- 7) 高橋令二・立石浩一・竹村亜希子・徳山龍明：アンモニア酸化菌 *Nitrosomonas europaea* ATCC 25978 のグルタミン酸脱水酵素活性に及ぼす糖-アミノ酸加熱反応生成物の影響、土と微生物、**43**、17~27 (1994)
- 8) 高橋能彦・池主俊昭・大山卓爾：ルビジウム/カリウム比法および相対ウレイド法による 1993 年の冷害におけるダイズの生育と窒素栄養の特徴、土肥誌、**66**、127~132 (1995)
- 9) Harper, J. E. and Cooper, R. L.: Nodulation response of soybeans (*Glycine max* L. Merr) to application rate and

- placement of combined nitrogen. *Crop Sci.*, **11**, 438~440 (1971)
- 10) 金山喜則：ダイズの生育における窒素固定と窒素施肥のかかり—根粒窒素固定の硝酸態窒素による阻害のメカニズム—, *農及園*, **65**, 16~22 (1990)
- 11) 吉田重方・谷田沢道彦：培地中化合態窒素の形態がダイズの根粒形成に及ぼす影響についての一考察, *土肥誌*, **38**, 21~24 (1967)
- 12) Takahashi, Y., Chinushi, T., Nakano, T. and Ohyama, T.: Yield components of soybean plant with deep placement of N fertilizer, related to high productivity. *J. Niigata Agric. Exp. Stn.*, **40**, 7~15 (1994)
- 13) 石塚潤爾：荳科作物の窒素代謝, *農及園*, **45**, 1053~1057 (1970)
- 14) Masuda, R.: Quality requirement and improvement of vegetable soybean. Vegetable soybean research needs for production and quality improvement; in Proceedings of a Workshop Held at Kenting, Taiwan, Asian Vegetable Research and Development Center, Publication, p. 92~102 (1991)
- 15) 岩田 隆・白幡啓一：エダマメ収穫後の品質変化とその防止 (第1報), *園学雑*, **48**, 106~113 (1979)

Effect of Rice Hull Application on Vegetable Soybean Growth, Yield and Quality in Upland Field Converted from a Paddy Field

Yoshihiko Takahashi, Takashi Sato^{*1}, Takashi Hoshino,
Toru Tsuchida and Takuji Ohyama*

(*Niigata Agric. Res. Inst.*, **Niigata Univ.*; ¹*present address: Akita Prefect. Univ.*)

We tried to improve the soil physical conditions of a clayey upland field converted from a drained paddy field by the application of rice hulls.

Nitrogen starvation occurred with rice hull application due to the high C/N ratio. Vegetable soybean is able to grow under N starvation conditions because of N₂ fixing activity. Rice hulls (2 kg m⁻² or 4 kg m⁻²) were applied in 1997, and vegetable soybean was cultivated in 1997 and 1998.

1) As a result of a soil incubation examination, in the first year, 20 mg N kg⁻¹ and 48 mg N kg⁻¹ were immobilized with rice hull treatments of 2 kg m⁻² and 4 kg m⁻², respectively. In the second year, 8 mg N kg⁻¹ and 22 mg N kg⁻¹ were immobilized.

2) With the immobilization of N in the rice hull treatment of 2 kg m⁻², it was possible to correspond by increasing the amount of fertilizer-N (3 g m⁻²). However, in the 4 kg m⁻² rice hull application treatment, fertilizer-N must be increased more.

3) Analysis of the field soil and bleeding xylem sap indicated that the soil NH₄-N/NO₃-N ratio was high, while the NO₃-N amount was low in the xylem sap from the rice hull plot. A large quantity of ureide-N in xylem sap was detected in the plants of the rice hull plot, which suggests the promotion of N₂ fixation in rice hull treatment.

4) The rice hull treatment increased the yield more than conventional treatment. Especially, when basal fertilizer-N was increased, the degree of yield increase became high. The yield increase was due to an increase in the number of pods per node. The factor was related to N₂ fixation activity during the flowering stage.

5) The sugar and free amino acid concentrations in the seed, which are related to taste, didn't have a consistent relationship between the rice hull and fertilizer-N treatments. But it was clear that when vegetative growth was suppressed and yield decreased, the taste became bad.

In conclusion, rice hull application affected the growth and yield of vegetable soybean. The problem of nitrogen starvation after the rice hull application could be alleviated by increasing fertilizer-N. Moreover, the rice hull treatment increased the N₂ fixation activity of root nodules and increased the yield.

Key words rice hull, root nodule, rotational upland field, taste, vegetable soybean

(*Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr.*, **71**, 801-808, 2000)