



水田転換畑へのモミ殻施用がエダマメの 生育・収量に対する効果の持続性

高橋能彦*・星野 卓**

キーワード 水田転換畑, モミ殻, エダマメ, 窒素固定

1. はじめに

水稻の生産調整のために全国で3割に及ぶ水田転作が実施されている。著者らはこの転作に対応した野菜作のために本県平野部特有の重粘土水田転換畑でも栽培が容易と思われるエダマメの栽培試験を実施し、土壌改良的視点からモミ殻施用の効果を検討してきた。その結果、本質的な土壌改良効果は確認できなかったが、モミ殻施用後2年間はエダマメの開花期頃の根粒窒素固定活性が向上し、窒素固定活性と比例的に一節に着生する莢数が多くなり増収するという効果を確認し、報告した¹⁾。本レポートでは転換初年目のモミ殻施用がエダマメの生育・収量に及ぼす効果の経年的持続性について報告する。

2. 試験方法

1) 供試品種および栽培管理

1997年から2000年の4年間、新潟県農業総合研究所の一筆10a圃場を25m×20mにそれぞれ2等分し、エダマメとソバを交互に栽培した。畑転換後1年目の1997年6月7日に2等分したそれぞれを更に3分割し、モミ殻無施用区、2kg m⁻²区、4kg m⁻²区を設け、作土全層に混和した。モミ殻施用は1997年のみである。1997年はモミ殻施用に伴う窒素飢餓に対応するためにモミ殻施用区に基肥窒素として硫酸を2g N m⁻²施用する標準施肥区と5g N m⁻²施用する増施肥区を3反復で設置した。各区ともリン酸はP₂O₅ 6g m⁻²、カリはK₂O 8g m⁻²施用した。1998年はモミ殻無施用区で5g N m⁻²区は設置しなかったがそれ以外は前年と同様に実施した。1999、2000年はモミ殻の分解が進行したと見なし、すべて2g N m⁻²を施用した。

Yoshihiko Takahashi and Takashi Hoshino: Continuation of Rice Hull Application on the Effects to the Growth and Yield of Vegetable Soybean in Upland Field Converted from a Paddy Field

*新潟県農業総合研究所作物研究センター (940-0826 長岡市長倉町 857)

**新潟県農業総合研究所基盤研究部 (940-0826 長岡市長倉町 857)

2002年12月2日 受付・受理

日本土壌肥科学雑誌 第74巻 第4号 p.525~528 (2003)

1997年は中晩生種で白毛大粒の「錦秋」を6月9日に直播し、その他の年は中生種の「新小平方茶豆」の苗を5月中旬に定植した。

その他、詳細な管理方法は前報¹⁾に記述したとおりである。

2) 土壌分析

各年、栽培跡土壌の水中沈定容積を青峰法²⁾、全炭素と全窒素はCN コーダ (Perkin Elmer Series II CHNS/O Analyzer2400) で分析した。土壌窒素の発現量は水分30%、30°C 4週間の室内培養法で定量した。1997、1998年の土壌窒素発現量分析の詳細は前報¹⁾に示したが、1999、2000年は1998年と同様に実施した。

畑地土壌化指数は北田らの報告³⁾に準じたが、非転換水田土壌の値を0、永年畑土壌の代わりに1997年時点で畑転換後8年経過した近隣の圃場を1とした。すなわち、畑地土壌化指数は次式で示される。

$$\text{畑地土壌化指数} = (V_p - V_s) / (V_p - V_u)$$

ここで、 V_p 、 V_s 、 V_u はそれぞれ、非転換水田土壌の生土、試験転換畑土壌の生土、転換熟畑土壌の生土の水中沈定容積 (L kg⁻¹ 乾土) を表している。

3) 導管液分析

土壌や肥料からの無機態窒素の吸収や根粒の窒素固定活性を調査するために各年の開花期頃に導管液を採取し、硝酸態N、アミノ酸態N、ウレイド (アラントインおよびアラントイン酸) 態Nを分析した。1997年と1998年は比色法⁴⁾、1999年と2000年はSatoらの方法⁵⁾によりキャピラリー電気泳動 (Beckman P/ACE System MDQ) で分析した。

4) 収量および地上部形質

収穫期に各試験区から生育中庸な10株を3連で採取し、それぞれ平均重に近い6株を選んで地上部形質と収量および収量構成要素を調査した。

3. 結果および考察

1) 土壌の理化学性の変化

表1に土壌の理化学性の経年変化を示す。各試験区とも水中沈定容積は畑転換4年目で転換熟畑圃場と同等となったが、モミ殻施用による畑地化促進効果は明確でなかった。同様に畑地土壌化指数も4年目で各試験区とも比較の

表 1 水田転換畑のモミ殻施用による土壤理化学性的変化*

	水中沈定容積 (L kg ⁻¹)				畑地土壌化指数				土壤全炭素 (g kg ⁻¹)				土壤全窒素 (g kg ⁻¹)			
	'97	'98	'99	'00	'97	'98	'99	'00	'97	'98	'99	'00	'97	'98	'99	'00
モミ殻 0 kg m ⁻²	1.82	1.71	1.69	1.63	0.60	0.80	0.80	0.81	14.1	15.4	12.3	12.9	1.90	1.69	1.21	1.43
〃 2 kg m ⁻²	1.83	1.74	1.77	1.50	0.58	0.75	0.67	1.00	19.1	17.5	13.7	14.4	2.12	1.73	1.38	1.56
〃 4 kg m ⁻²	1.88	1.74	1.79	1.47	0.51	0.75	0.64	1.04	23.7	20.8	14.0	15.0	2.53	1.71	1.28	1.48
転換熟畑**	1.56	1.59	1.56	1.50	1	1	1	1								
水田	2.21	2.19	2.20	2.20	0	0	0	0								

* 各年, エダマメ栽培後に土壤採取・分析.

** 1997年時点で畑転換8年経過した近接圃場.

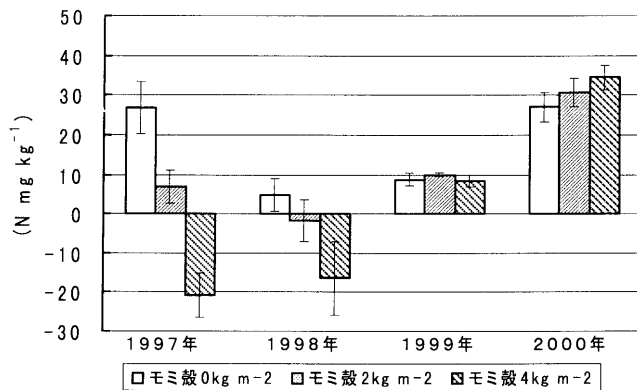


図 1 モミ殻施用土壤の窒素発現量の推移 (アンモニア態 N と硝酸態 N の合計)

播種・定植前に土壤を採取し水分 30%, 30°C 4 週間培養液の N 発現量. 縦棒は標準偏差を示す.

熟畑と同程度となった。畑転換後 1 年目および 2 年目の土壤全炭素と全窒素含有量はモミ殻施用量に応じて多い傾向であったが、転換後 3 年目ではモミ殻処理区間の差が小さくなった。転換後 4 年目で各区とも土壤全炭素と全窒素含有量の値が前年より高くなったのは前作のソバ栽培の影響があったものと思われる。いずれにしても施用モミ殻は 3 作目頃に可分解性の成分は分解が終了し、畑地化も 4 年目ではほぼ完了したと考えられる。

2) 土壤窒素無機化量の変化

図 1 に播種・定植前の土壤を室内培養し、無機化した硝酸態 N とアンモニア態 N の含量を示す。畑転換後 1 年目の 1997 年はモミ殻無施用区の窒素無機化量、特にアンモニア態 N の発現が多かったが、モミ殻施用量に応じて無機態窒素の取り込みがあり、モミ殻 4 kg m⁻² 施用区では 21 mg N kg⁻¹ の無機態窒素の有機化が認められた。この傾向は翌 1998 年も認められたがモミ殻による取り込み量は低下した。畑転換後 3 年目ではモミ殻処理による無機態窒素の取り込みが認められず、畑転換後 4 年目では全区とも無機化量が増加し、発現する窒素も大半が硝酸態で検出された。

以上、培養試験の結果、モミ殻の無機態窒素の取り込みは畑転換後 2 年目までは強く認められたが 3 年目以降は認められなかった。4 年目では畑地化の進行に伴う硝酸化成

の活性化で無機化する窒素の多くが硝酸態に変化した。

3) 根系による窒素吸収と根粒の窒素固定

表 2 にエダマメ導管液の窒素組成を分析した結果を示す。導管液は各年とも開花期頃の採取であり生育期間を通じた追跡ではないが硝酸態 N は採取時期の土壤や肥料由来の吸収窒素、ウレイド態 N は根粒による固定窒素を反映すると考えられる⁶⁾。

導管液の硝酸態 N は畑転換後 3 年目までモミ殻無施用区で多い傾向がみられ、それとは逆にウレイド態 N はモミ殻施用区で多くなった。相対的なウレイド態 N 割合も 3 年目までモミ殻施用区で有意に高い場合が多かった。しかし、4 年目では硝酸やウレイド態窒素について処理区間で有意な差は認められなかった。

4) 収量および収穫期の地上部形質

表 3 に収量 (AB 莢重) と収穫期の地上部形質を示す。前報¹⁾ではモミ殻施用後 2 年目までのエダマメの生育や収量に与える効果を報告した。2 年目まではモミ殻による無機態窒素の取り込みを想定して基肥窒素を増施した。1 年目の 1997 年は全処理区とも有意な差はなかったが、モミ殻施用によって増収する傾向は認められた。しかし、モミ殻の施用量が増加するにつれて主莖長や総節数等が抑制される傾向があり、基肥窒素を増施する必要性を認めた。2 年目の 1998 年も同様の傾向であり、モミ殻 4 kg m⁻² 基肥 2 g N m⁻² 区では主莖長や総節数等が低下し他区より有意に減収したが、モミ殻 4 kg m⁻² 基肥 5 g N m⁻² 区は総節数が多くなり増収した。

3 年目では土壤培養試験の結果、無機態窒素の取り込みが認められなかったために基肥を増施しなかったが、主莖長等の値をみればモミ殻施用区で若干の栄養生長抑制があったと思われる。しかし、モミ殻を施用した場合は根粒活性の増大により落花・落莢が減少し節当りの莢数が増加することで総莢数や収量 (AB 莢重) が有意に増加した。この結果は 1997 年および 1998 年と同様の理由¹⁾によると思われる。しかし、4 年目の 2000 年では逆にモミ殻 2 kg m⁻² 区で栄養生長が増大する傾向がみられた。収量 (AB 莢重) は反復間の変動が大きく試験区による有意な差は認められなかった。節当り莢数もモミ殻施用による増加効果は認められなかった。

以上のように、モミ殻施用によるエダマメの増収効果は

表2 エダマメの開花期頃の導管液窒素組成

試験年 採取月日	モミ殻 (kg m ⁻²)	基肥 N (g m ⁻²)	NO ₃ -N アミノ酸-N ウレイド-N (μg N mL ⁻¹)			合計	RU-N* (%)
			NO ₃ -N	アミノ酸-N	ウレイド-N		
1997 7/23	0	2	18.2 a	51.7	166.9 abc	236.8	70.5 cd
	0	5	21.4 a	48.1	146.2 c	215.7	67.4 d
	2	2	6.4 b	53.9	217.2 ab	277.5	78.3 abc
	2	5	5.9 b	52.8	218.7 ab	277.4	78.3 abc
	4	2	2.4 b	54.6	236.4 a	293.4	80.6 ab
	4	5	2.0 b	41.9	212.1 abc	256.0	82.4 a
1998 7/15	0	2	72.2	102.4 b	111.0 c	290.3 b	38.2 c
	2	2	55.1	89.2 b	162.8 c	307.1 b	53.0 b
	2	5	53.6	93.3 b	160.3 c	307.3 b	52.1 b
	4	2	50.5	165.0 a	567.6 a	783.1 a	72.6 a
	4	5	108.4	187.2 a	392.5 b	699.5 a	54.4 b
1999 6/23	0	2	29.8 a	24.1 a	65.6 b	119.5	54.9 b
	2	2	24.5 b	10.9 b	101.9 ab	137.3	74.2 a
	4	2	21.7 c	8.2 b	121.5 a	151.4	80.3 a
2000 6/30	0	2	27.2	31.4	32.0	90.6	35.3
	2	2	30.5	33.2	50.1	113.8	44.0
	4	2	26.2	25.6	47.1	98.9	47.6

英異文字間はLSD 5%で有意差を示す。

*ウレイド-N/(NO₃-N+アミノ酸-N+ウレイド-N)×100。

表3 エダマメの収量 (AB 莢重) および収穫時の形質

試験年	モミ殻 (kg m ⁻²)	基肥 N (g m ⁻²)	主茎長 (cm)	茎太 (mm)	総節数 (数 m ⁻²)	莢/節	総莢数 (数 m ⁻²)	AB 莢数 (数 m ⁻²)	AB一莢重 (g FM)	AB 莢重 (g FM m ⁻²)
1997	0	2	39.4	9.1	156 c	1.65 a	258 ab	141 ab	3.45 abcd	488 (100)
	0	5	39.1	9.1	152 abc	1.68 ab	256 ab	135 ab	3.54 bcd	477 (98)
	2	2	38.7	9.0	153 bc	1.84 ab	285 b	164 b	3.26 a	534 (109)
	2	5	38.7	8.8	150 abc	1.65 a	249 ab	143 ab	3.56 cd	510 (105)
	4	2	37.0	9.0	150 abc	1.66 a	240 a	133 a	3.58 d	477 (98)
	4	5	37.8	8.9	143 a	1.88 b	268 ab	158 ab	3.49 abcd	550 (113)
1998	0	2	46.0 d	10.4 d	269 d	1.40 ab	377 d	294 bcd	2.44 a	716 b (100)
	2	2	38.3 bc	9.8 bcd	243 bcd	1.53 cd	371 cd	314 cd	2.50 a	783 bcd (109)
	2	5	45.6 d	9.8 cd	254 cd	1.40 a	355 bcd	321 d	2.56 ab	821 d (115)
	4	2	28.7 a	7.7 a	181 a	1.56 d	282 a	233 a	2.61 ab	608 a (85)
	4	5	37.6 b	8.9 b	239 bc	1.53 cd	364 bcd	301 bcd	2.72 b	819 cd (114)
1999*	0	2	46.8	9.6	230	1.55 a	357	246 a	2.35	578 a (100)
	2	2	39.7	9.2	206	1.84 b	380	282 b	2.21	624 b (108)
	4	2	40.7	8.9	210	1.83	385	273	2.21	604 (104)
2000	0	2	43.0 ab	10.0 a	225	2.16	487	338	2.22	750 (100)
	2	2	45.9 b	11.0 b	249	2.08	517	375	2.24	841 (112)
	4	2	41.2 a	10.1 a	221	2.04	450	321	2.18	699 (93)

英異文字間はLSD 5%の有意差を示す。

AB 莢：一莢2粒以上の商品莢。

*1999年のモミ殻4、基肥N2区は無反復のため、統計処理をしていない。

土壌が還元的で畑地化が完全に進行していない畑転換後2～3年目まで認められるが、4年目では畑地化が進行し増収効果が認められなくなると考えられる。前報¹⁾ではモミ殻施用区で窒素固定活性が高まる理由として、モミ殻による無機態窒素の取り込みや硝酸化成の抑制を推論した。逆に言えば畑転換後4年目では、モミ殻の分解により無機態窒素の取り込み自体がなくなること、あるいは硝酸化成

能の増大により相対的にアンモニア態Nの有機化速度より硝酸化成速度が優り、硝酸吸収抑制による根粒活性の向上がなくなると考えられる。

今後の課題としてはモミ殻の施用量と肥料窒素の増施割合やモミ殻の実用的な施用方法を明らかにする必要がある。また、転作ダイズでの効果やモミ殻施用後、水田に還元した場合の水稲生育に与える影響も別途検討中である。

4. まとめ

1) モミ殻を2ないし4 kg m⁻² 施用した水田転換畑でのエダマメ栽培は、畑転換3年目まで増収効果が認められた。ただし、2年目までは基肥窒素を増施すると収量が安定した。4年目ではモミ殻による増収効果は認められなかった。

2) モミ殻施用による増収効果は土壤中の無機態窒素の取り込み等でエダマメの硝酸吸収が抑制され、開花期頃の根粒窒素固定活性が向上し、節当り莢数を増加させることによると判断された。

3) モミ殻施用量1 kg m⁻² 当りの無機態窒素の取り込み量は施用後1年目で約10 mg N kg⁻¹、2年目では約5 mg N kg⁻¹であった。無機態窒素の取り込みは培養試験では3年目以降認められなかったが、生育状況からみて3年目でも若干あると推定された。

文 献

- 1) 高橋能彦・佐藤 孝・星野 卓・土田 徹・大山卓爾：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，土肥誌，**71**，801～808 (2000)
- 2) 土壤物理性測定委員会編：土壤物理性測定法，p. 385～391，養賢堂，東京 (1972)
- 3) 北田敬宇・亀川健一・秋山 豊・下田英雄・山縣真人：畑地土壤化指数による輪換田土壤の養分動態の評価，土肥誌，**63**，349～351 (1992)
- 4) 植物栄養実験法編集委員会編：植物栄養実験法，p. 177～187，博友社，東京 (1990)
- 5) Sato, T., Yashima, H., Ohtake, N., Sueyoshi, K., Akao, S., Harper, J. E. and Ohyama, T.: Determination of leghemoglobin components and xylem sap composition by capillary electrophoresis in hypernodulation soybean mutants cultivated in the field. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **44**, 635～646 (1998)
- 6) 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年の冷害年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)