

ボカシ肥料を用いた有機栽培が水稻の根系、溢泌液量、収量、 収量構成要素および玄米の品質に及ぼす影響

鯨 幸夫*・山田優也・佐藤 匠・高橋利征
(金沢大学教育学部)

Effect of Organic Farming of Rice with Bokashi-Fertilizer on the Root System, Bleeding Sap, Yield, Yield Components and Grain Quality

Yukio KUJIRA, Yuya YAMADA, Takumi SATO and Toshiyuki TAKAHASHI
(Faculty of Education, Kanazawa University, Kanazawa 920-1192, Japan)

有機栽培を行ったコシヒカリと塩粳48号の根系生育、溢泌液量、収量、収量構成要素および玄米品質について検討した。対照区として、慣行栽培のコシヒカリを用いた。有機栽培を行った場合には根量が増加する傾向が認められ、根からの溢泌液量も有機栽培区で大きい傾向を示した。収量は有機栽培区の方が高く、選別後の玄米外観品質も優れていたが、良質粒歩合は有機栽培区の方が低く、玄米のタンパク質含量も高かったため、食味計による食味値は低かった。しかし、官能検査を行うと高い食味評価が示され、玄米中のタンパク質含量に重点が置かれた現在の食味評価基準では評価できない要因が、有機栽培にあることが示唆された。

Effects of organic farming of rice cv. Koshihikari and Enkou 48 with Bokashi-fertilizer on the root system, bleeding sap, yield, yield components and grain quality were discussed. Koshihikari grown with the organic (Bokashi-Fertilizer) fertilizers showed a tendency to have a larger root dry weight rather than control. The values of grain eating quality in case of the organic farming system was lower than in control because of high protein content of the grains. Organic farming rice showed a good evaluation in the results of the sensory test after cooking. There may be other factors affecting the eating quality in case of the organic farming rice except protein content or other known factors in rice grains.

キーワード：溢泌液、根系、収量、水稻、ボカシ肥料

Key words : Bleeding sap, Bokashi fertilizer, Rice, Root system, Yield

環境問題が広範囲で討議されている現在、農業生産における化学肥料重点主義の考え方が再考の必要性に迫られている。著者らは、これまでEM菌を用いた有機ボカシ肥料を用いて栽培したコシヒカリの根系形態について報告してきたが(鯨ら, 1998), 本研究ではカルス菌を利用して調製したボカシ肥料を用いて有機栽培を行ったコシヒカリと塩粳48号(中国品種)の根系生育、収量および玄米品質に関して、化学肥料を用いて慣行栽培したコシヒカリを対照として考察した。

材料および方法

実験は、1998年に石川県輪島市町野町の農家水田にて実施した。カルス菌を用いて調製したボカシ肥料を施用して有機栽培を行ったコシヒカリと塩粳48号(中国品種)の、根系生育および収量構成要素と玄米品質について検討した。

1) 有機コシヒカリの栽培圃場

1998年10月15日にケイカル200kg/10aおよび米糠20kg, 硫安5kgおよびアイデンカルス10kgを水田に施用して秋耕を行った。ボカシ肥料は、米糠：油粕：骨粉：魚粕：アイデンカルス：水を20kg-20kg-20kg-20kg-5kg-

30lの比率で混ぜ、約20日間切り返しを行いながら発酵させて調製した。基肥としてボカシ肥料を80kg/10a施用し、本田への移植は1998年5月4日に行い、栽植密度は45株/坪(1株2本植え)とした。5月8日に活着肥として市販の有機肥料(JT666)を20kg/10a施用した。穂肥は、7月25日にJT666を40kg/10a施用した。光合成細菌は、5月10日、6月11日および7月10日に各30g/10aずつ施用した。

株間における根系調査は、8月1日および9月23日実施し、コアサンプル法(φ53mm, 400mmD)を用いて各3個ずつのサンプルを採取した。採取した根系コアは、表層から10cm間隔に分割し、Root Washing Unit (G VF 13000, Gillison's Co. Ltd, U. S. A., Primary Sieve 410nm)を用いて洗浄した。土を洗い流した根系サンプルは、水を入れたローリーのバットに移し、手作業にてゴミ等の混入物を取り除いたのち、根系測定用のサンプルとした。根は80℃の通風乾燥器にて24時間乾燥させた後、乾物重を測定した。根からのいっ泌液量の測定は8月1日に実施した。平均的な生育をしている5株について、地際から10cmの高さで茎葉部を切除し、前もって重量を測定しておいた綿で茎葉切除部を覆い、その上をサララップで覆って輪ゴムで固定

した。1時間経過後、綿を外しラップで覆ったままクーラーボックス内で保存し、実験室に持ち帰った後すみやかに重量を測定して吸水重量を求めた。また、茎葉部を切除して1時間いっ泌液量を測定した後の同一株を用いて、再度1時間経過後の溢泌液量を測定した。溢泌液量の測定は、1株あたりと1分けつ茎あたりの量として求めた。収量調査は、平均的な生育をしている10株を刈り取り、各株の平均的な3本の穂について収量構成要素を調査した。登熟歩合は比重選 ($d=1.06$) により実施した。玄米の外観品質および食味関連成分は、近赤外食味分析計 (GS-2000, 静岡製機) を用いて行った。

2) 塩粳48号の栽培圃場

コシヒカリと同一のボカシ有機肥料を用いて塩粳48号の栽培を行った。1997年秋にアイデンカルス菌 (7kg), 米糠 (20kg) および尿素 (3kg) を施用して水田の秋耕を行った。播種 (95g 播き) は3月25日に行い、本田への移植は5月13日に行った。基肥としてボカシ肥料80kg/10aを施用し、活着肥として5月18日にJT666を20kg/10a施用した。穂肥は7月25日に行い、JT666を40kg/10a施用した。5月下旬、6月中旬および7月中旬に光合成細菌を各30g/10a ずつ散布した。8月1日および9月23日にコアサンプル法を用いて根系調査を実施した。また、両品種における根からの溢泌液量の測定は8月1日に実施し、根の生理活性を示す指標として考察した。収穫後のサンプルは収量構成要素を調査したのち上記コシヒカリと同様に玄米の食味成分含量を測定した。

3) 対照区

金沢大学教育学部角間農場において化学肥料を施用して慣行栽培したコシヒカリの各種生育データを、上記2品種の対照区の値とした。播種 (催芽初60g 播き/育苗箱) は4月14日に実施した。手植えによる移植は5月15日に実施し、栽植密度は16株/m² (1株2~3本植え) とした。基肥として、いしかわ有機056号 (有機20%を含む; N-P₂O₅-K=10-25-16%) を30kg/10a 施用した。7月17日に追肥として、日の本2号を10kg/10a 施用した。水は常時湛水状態で管理し、中干しは実施しなかった。生育調査は上記と同様である。溢泌液量の調査は8月日に実施し、根系調査は8月8日および9月30日に実施した。

結果および考察

1) 根系生育

8月1日 (対照区は、8月8日) および9月23日 (対照区は、9月30日) における根乾物重の土壌中階層構造 (株間) の変化を第1表に示した。ボカシ肥料を施用して有機栽培を行ったコシヒカリの根系構造と対照区 (角間) との間に統計的な有意差は認められなかったが、有機栽培を行った場合には根量が増加する傾向があるように考えられた。堆肥連用水田において、穂ばらみ期の葉身窒素濃度がほぼ等しいイネの調査では、葉色、茎数、草丈など地上部の生育には大差はないが、根群の形態と機能に明らかに違

第1表 根乾物重の土壌中階層構造

(1998.8.1)

処理区	根 乾 物 重 (mg)		
	0~10cm	10~40cm	総根重
角間コシヒカリ*	56 ± 22a	86 ± 36 a (60.6%)	142 ± 35 a
塩粳48号	47 ± 18a	100 ± 4 a (68.0%)	147 ± 36 a
輪島コシヒカリ	71 ± 5 a	147 ± 2 a (83.5%)	176 ± 31 a
LSD(p=0.05)	33	81	68

*平均値±標準誤差 (n=3)
*8月8日に調査

(1998.9.23)

処理区	根 乾 物 重 (mg)		
	0~10cm	10~40cm	総根重
角間コシヒカリ*	46 ± 29 a	40 ± 26 b (46.5%)	86 ± 53a
塩粳48号	69 ± 1 a	53 ± 24 ab (43.4%)	122 ± 43a
輪島コシヒカリ	141 ± 53 a	122 ± 43 a (59.8%)	204 ± 186a
LSD(p=0.05)	192	65	229

*平均値±標準誤差 (n=3)
*9月30日に調査
輪島コシー角間コシ: *(10~40cmの階層)

いがみられ、堆肥区の根は無堆肥のものと比較してより広く、より深層に分布し、一次根は太く、より多くの二次根を形成していた (天野, 1979)。堆肥施用のコシヒカリでは、根系生育が促進されること (鯨ら, 1997)、また、根の α -ナフチルアミン酸化力も堆肥区で高く、根の活力も高い (天野, 1979) との報告がある。堆肥と有機リン酸肥料を施用した場合には、堆肥単用の場合よりも更に根系の発達が促進される (鯨, 1990, 1994) ことも報告されている。

本実験では、水稻根系根系コアの採取は株間の3箇所について実施し、有機栽培区における根量が対照区よりも大きい傾向を示していたが、根乾物重に処理間の有意差が認められなかった。これは、根乾物重の採取サンプル間の偏差が大きかったためことが原因の一つと考えられた。地上部の生育が平均的であると判断できても、根系生育が必ずしも均一な生育をしているとは限らず、この点が圃場レベルでの根系研究の進展を若干難しくしているものと考えられた。

2) 根からの溢泌液量

8月1日 (対照区は、8月8日) における根からの溢泌液量の測定値を第2表に示した。1株あたりおよび1分けつ茎あたりの泌液量に、有意な品種間差異は認められなかった。茎葉部を切除して1時間あたりの溢泌液量を測定したのち、再度継続して1時間あたりのいっ泌液量を測定した場合、溢泌液量の絶対値は減少し、角間コシヒカリは有機栽培した場合よりも溢泌液量が多かった。また、溢泌液量の減少率には有意な差が認められ、有機栽培区での減少率が大きかった。溢泌液量は、圃場管理の違い、特に水管理の違いによっても異なる。水田土壌が乾燥状態 (例えば、中干し期間中) にあると、飽水状態よりも泌液量は減

第2表 根からの溢泌液量の変化

処理区	泌液量g/株	泌液量g/1茎	切除1時間後の泌液量g/株	1時間後の泌液量g/1茎
角間コシヒカリ*	6.89±0.81a	0.30±0.02 a	5.65±0.55a (82.0%)	0.25±0.03a(83%)
塩粳48号	8.29±5.77a	0.37±0.04 a	1.29±0.30b (15.5%)	0.06±0.02a(16%)
輪島コシヒカリ	10.02±1.58a	0.40±0.03 a	3.05±0.88 ab (30.4%)	0.12±0.04a(30%)
LSD(p=0.05)	4.47	0.92	2.81	0.50

*1998年8月1日に測定 (n=5)

*8月8日に調査

第3表 栽培条件の違いによる収量構成要素の変異

処理区	株数/坪	収量/10a	穂数/株	1穂粒数	登熟歩合	1,000粒重
角間コシヒカリ	53本	420.7 kg	21.8	127	62%	18.7g
塩粳48号	40	570.0	22.0	107	93	23.5
輪島コシヒカリ	45	599.9	24.8	146	73	19.3

第4表 外観品質および食味成分

(外観品質)

処理区	良質粒	未熟粒	被害粒	死米	着色粒	胴割粒	格付け
角間コシヒカリ	67.4%	14.6%	10.4%	5.8%	1.8%	0.5%	C
塩粳48号	73.2	11.1	14.7	0.4	0.6	3.1	C
輪島コシヒカリ	67.9	20.7	10.5	0.8	0.1	0.9	B

(食味品質*)

処理区	水分	タンパク質	アミロース	脂肪酸度	老化性	スコア値 (評価)
角間コシヒカリ	14.5%	8.6%	18.4%	21	75	70 (A)
塩粳48号	14.0	9.3	18.7	10	77	64
輪島コシヒカリ	14.5	9.1	18.3	16	73	66 (B)

少する。8月1および8日は、調査対照のコシヒカリ圃場はいずれも湛水状態であったが、有機栽培を行ったコシヒカリで溢泌液量が多い傾向があるものと考えられた。溢泌液量を根の生理機能を示す1つの指標と考えた場合、有機栽培区で根系機能が強く維持されていると判断できる。コシヒカリやヒトメボレの1株あたりの溢泌液量は生育の進行に伴ってゆるやかに増加し、出穂期ごろに最高値を示して急激に減少する時期的な変化をすることが知られている(森田, 1998)。根系からの溢泌液量は、水田の水管理の違いによっても異なり、中干しの時期には急激に減少する(森田, 1998)ことを考えると、溢泌液を測定する際には土壌の水分状態に十分注意を払う必要がある。本実験では、水田が湛水状態であることを確認した上で測定した。溢液(出液)量を乳苗と稚苗で比較した場合、生育に伴う出液速度は同じパターンで推移するが登熟期における減少程度は、乳苗の方がやや穏やかである。生長後期における出液中のサイトカニン含量は稚苗の場合より乳苗で多いことから、登熟期の葉色退化との関係が示唆されている(森田ら, 1997)。今後は溢泌液の量的変異に加えて、溢泌液中に含まれる各種成分含量について検討し、根の形態と機能を有機的に説明するための研究の必要性が示唆される。

3) 収量および食味評価

収量および玄米の食味関連成分は、第3表および第4表に示した。玄米収量は、有機栽培コシヒカリで高く、同時に玄米の外観品質も対照区(角間コシヒカリ:慣行化学肥料栽培)より優れていた。しかし、良質粒の割合は相対的に有機栽培コシヒカリで低く、これは、1998年における収穫期の天候不良も大きな原因の一つであると考えられた。有機栽培コシヒカリの食味値(スコア)は対照区のコシヒカリよりも低い値を示したが、これは食味計による玄米中のタンパク質含量(9.1%)が高い値を示したことに由来している。1998の天候は、6月の日照不足と登熟期における極端な日照不足に加え、9月下旬には長雨に遭遇するといった変遷を示した。6月下旬から7月上旬にかけては、土壌からの地力窒素の供給が多くなっている状態であったが、湿田では窒素の吸収制限を行うことが出来ずに総粒数が増加し、登熟期の日照不足が原因となって登熟歩合の低下が大きかった。有機栽培区で良質米の割合が低下した原因は、上記の原因に加え、天候不良による有機物の無機化が遅れたため土壌中の遊離窒素成分の供給が過剰気味となり、生育後半の葉色低下の遅延を引き起こし、刈り取り時期の遅延を引き起こしたためと考えられる。また、収穫期

における長雨の影響により、玄米の外観品質が低下した。土壌中の有機物の無機化速度は、天候によって大きく左右されるため、有機栽培を行う場合には特に注意を払う必要がある。特に有機物の施用量には十分配慮をする必要があるものと考えられる。

水田に有機質肥料を施用した場合、緩効的な肥効効果を示し、無機質肥料を施用した場合よりも窒素の無機化率は緩やかで、肥料や分解条件（土壌の種類）などで多少は変動するものの、効率の平均値は約60%程度とされている（葭田，1994）。有機質肥料で水稻を栽培した場合、収量低下を示す事例がよく見られるが、これは初期生育の停滞に伴う茎数不足が主な要因と考えられる場合が多い。本実験の有機栽培コシヒカリでは、約600kg/10aの収量を示したが、茎数を確保しているにも関わらず1穂あたりの初数が多く、これが登熟歩合の低下と良質米割合の低下に結びついていた。

食味計の分析値を基準にした食味を検討すると、有機栽培区のコシヒカリの食味スコアはBランクと低い評価であり、塩粳48号では更に低い食味評価値が示された。しかし、精白米を炊飯して食味官能検査をすると有機コシヒカリで高い評価が得られ、塩粳48号でも標準的な食味官能評価が得られた。玄米中のタンパク質含有量に重点が置かれた現在の食味評価基準では評価できない要因が、有機栽培

にはあるものと考えられ（鯨ら，1998）、この点に関しては、今後さらに検討する必要がある。

謝 辞

本実験に協力頂いた、穴水町、西出隆一氏、輪島市町野町、向面正一氏と国永剛氏に感謝いたします。また、玄米の食味成分の分析に協力頂いた石川スズエ販売（株）杭田忠三氏に感謝いたします。

引用文献

- 天野高久1994. 農業技術体系，農文協，追録16号：522の29の34-40.
- 鯨 幸夫1990. 日作紀，59，別1： .
- 鯨 幸夫1994. 農業および園芸，69：717-725.
- 鯨 幸夫，安土幸恵 1997. 日作紀，66，別1： .
- 鯨 幸夫ら 1998. 日作紀，67，別2：4-5.
- 鯨 幸夫ら 1999. 根の研究，8：100-104. (条抜き有機コシ)
- 森田茂紀ら 1997. 根研究会・ファイテック研究会合同研究集会要旨：
- 森田茂紀 1998. 第9回根研究集会要旨：5-6.
- 葭田隆治 1994. 農業技術体系，農文協，追録16号：522の32-37.

(1999年12月1日受付，2000年2月10日受理)