

芋製焼酎粕施用農耕地における硝酸態窒素濃度の経時的变化 —第Ⅱ報. 圃場試験—

佐伯雄一・中村扶沙恵・三重野 愛・下入佐克志・赤尾勝一郎・杉本安寛¹⁾・長友由隆

宮崎大学農学部生物機能科学講座, ¹⁾地域農林システム学講座

(2004年1月26日受理)

Investigation of Concentration of Nitrate in the Crop Field Fertilized with Shochu Distiller's By-product

II. Experimental field research

Yuichi SAEKI, Fusae NAKAMURA, Ai MIENO, Katsushi SHIMOIRISA, Shoichiro AKAO, Yasuhiro SUGIMOTO¹⁾, Yoshitaka NAGATOMO

Division of Biotechnology and Biochemistry, ¹⁾Division of Regional Agriculture and Forestry System, Faculty of Agriculture, University of Miyazaki

Summary: Field plots fertilized with shochu distiller's by-product at rate of 0 and 23 kg/m² were grown with corn, and changes in some chemical properties of soil (0-210 cm depth) were monitored to evaluate the impact of the by-product on the environment. Fungi appearing in the soil after the by-product application were also identified to determine their origin. The by-product contained 94.4 % moisture, 2.44 % total carbon and 0.17 % total nitrogen, with a C/N ratio of 14.33 and pH 3.9. The liquid portion of the by-product contained 0.90 % total carbon and 0.07 % total nitrogen, with a C/N ratio of 12.54. The fertilizer rate for the application plot was thus equivalent to 390 kg N/ha, which was almost twice the rate recommended by Miyazaki prefecture. Changes in soil pH were similar between the nil-application and the application plots. Nitrate-N concentration and electric conductivity (EC) of the top soil in the application plot remained higher than those in the nil-application plot, peaking 14 days after application (8.33 mg/100 g dry soil and 0.33 dS/m, respectively) and gradually decreasing thereafter. In contrast, the subsoil of the 2 plots showed similar nitrate-N concentrations and EC values. The nitrogen content of the corn used for the cultivation test was 1.5 % in the application plot and was 0.8 % in the nil-application plot. The recovery rate of nitrogen by the corn was 21.2 %. Three types of fungi were observed in the soil after the by-product application, and they were identified to belong to genera different from that of the fungus used for shochu production. The results show that application of shochu distiller's by-product to a crop field at a conventional rate by farms in Miyazaki prefecture (10 kg/m²) does not accumulate nitrate-N in subsoil.

Key words: Fungi, Material cycling, Nitrate-N, Shochu distiller's by-product, Utilization as fertilizer.

緒言

サツマイモを原料とした焼酎は特に南九州でその生産量が多く、それに伴う焼酎の蒸留廃液（焼酎粕）の処理が課題となっている。宮崎県では芋製焼酎製造の副産物として、年間10万トンの焼酎粕が生じており、約4万トンを農地還元によって処理してきた。しかしながら、昨今の環境保全に関する意識の高まりから、焼酎粕施用による環境への負荷が懸念されている。特に畜産の盛んな地域では家畜糞尿の処理問題と相まって硝酸態窒素による地下水の汚染が懸念されている（杉本他 1998）。このような地域は内陸部にある場合が多く、河川などからの水源確保が困難なことなどから、飲料水、農業用水の地下水への依存度が高く、メトヘモグロビン血症など健康への被害も懸念されている。したがって環境に対する負荷の低い環境保全型農業の確立が急務となっている。宮崎県の場合、農地還元禁止前には、焼酎粕は特殊肥料登録をして農耕地へ還元が認められており、 10 kg/m^2 ($10 \text{ t}/10 \text{ a}$) までの施用と決められていた。しかしながら、宮崎県では焼酎粕の特殊肥料としての農地還元が禁止される方向にあり、平成15年から、原則的に農地還元は禁止となっている。一方では焼酎粕に焼酎粕以外の原料を加えて加工し、家畜の飼料として再利用しようとする動きが高まっている（小野寺他 1997, 1998, 2000, 中尾他 2001a, 2001b, 2001c, 2003a, 2003b, 2003c）。この場合、固体と液体を分離するため、それぞれを処理する必要があるため、飼料製造に焼酎粕以外の原料も用いているため、地下水汚染が問題になっている地域で消費されるのであれば、最終的に家畜糞尿の処理の問題が残る。

元来、芋製焼酎の原料である甘藷の作付け畑からの産物である焼酎粕は、環境への負荷を物質循環の流れにのせることができれば、生産の場である元の農地に還元されるのが望ましいと考えられる。したがって、適正な農地還元技術が確立されるのであれば、堆肥としての有機物投与による土壌改良効果が期待でき、さらに含有成分の肥効により、地下水汚染の原因となりやすい化学肥料の節減が期待できる（柯他 1988；古江, 永田 1994；上村他 1993）。前報では芋製焼酎粕施用農耕地土壌の窒素負荷量と硝酸態窒素濃度の経時的変化について調査を行った。しかしながら、芋製焼酎

粕以外の肥料や堆肥、家畜糞尿の投入による影響の影響が極めて大きく、実際の畑での焼酎粕の影響を正確に把握するのは困難であるため、引き続き圃場試験を行う必要があると考えられた。さらに、焼酎粕施用後に糸状菌の発生が認められたため、焼酎粕により麹菌が環境中に混入した可能性が否定できず、糸状菌を同定する必要性が生じた。そこで本研究では芋製焼酎粕の農地還元による土壌中の硝酸態窒素濃度の調査と、粕施用後に発生する糸状菌の同定を目的として、以前から芋製焼酎粕を特殊肥料として農地還元を行ってきた霧島酒造株式会社の協力を得て、2000年4月から8月にかけて、宮崎大学農学部圃場で調査を行った。

材料および方法

焼酎粕：芋製焼酎粕にはO焼酎製造会社の冷凍芋製焼酎蒸留粕を用いた。焼酎粕の組成に関しては、pHをガラス電極法、全炭素をチューリン法、全窒素をケルダール分解・水蒸気蒸留法で測定した。また、焼酎粕を濾過して得られた液体部分の全炭素、全窒素、アンモニア態窒素、硝酸態窒素をそれぞれチューリン法、ケルダール分解法、MgO法およびデバルダ合金法で分析した。

圃場および作物栽培：試験圃場には宮崎大学農学部の畑（クロボク土壌、 200 m^2 ）を用いた。圃場を 100 m^2 ずつ2区画に分け、一方を焼酎粕施用区、他方を無施用区とした。焼酎粕の施用前にいったん耕耘し、土壌表面をなだらかにした（2000年4月10日：以下日付は4/10の形で表記する）。焼酎粕施用は焼酎粕を積載したタンク車から散布する方法で行い（4/14）、焼酎粕の施用量はタンク車の重量の差し引きによって求めた。焼酎粕施用後、約2週間で糸状菌の発生が認められ、その後、再度耕耘した（4/27）。植物はトウモロコシ（ピーターコーン）を用いた。播種は5/2に栽植密度 $30 \times 70 \text{ cm}$ で行い、子実収穫期まで栽培を行った。試験期間中の降水量は宮崎地方気象台のデータをもとに各土壌採取日間の積算降水量として求めた。**土壌採取と硝酸態窒素分析：**焼酎粕施用前にソイルオーガーを用いて30 cm毎に210 cmの深さまで7点の土壌を採取した（4/11）。焼酎粕施用後、最初の土壌採取は4/18に行い、地表面から30 cm毎に210 cmの深さまで7点の土壌を採取した。この際、一度の土壌採取で施用区、無施用区から各

一ヶ所, ソイルオーガーによって採取を行うこととした. 以後, 原則として10日毎に同様の方法で土壌を採取した. 採取した土壌は混合し, その一部を分析に供試した. 硝酸態窒素の分析は水蒸気蒸留・デバルダ合金法で行った. 同時に1:5水抽出法による土壌pHとECの測定を行った.

植物による窒素の吸収: 植物体はそれぞれの区から3個体ずつ7/2の子実収穫時に採取し, 植物の部位毎に分け, 縮分した後に乾燥粉碎した. その後, 全窒素含量の分析をケルダール分解・水蒸気蒸留法で行った. 植物体当たりの窒素含量に換算し, 単位面積当たりの作付け本数から窒素吸収量を計算し, 焼酎粕からの窒素利用率を算出した.

糸状菌の同定: 焼酎粕施用後に発生する糸状菌の分析は菌糸の色の異なる三種類の糸状菌について行った. 白色, 橙色, 緑色の菌糸を持つ糸状菌を土壌から100 ppmストレプトマイシンを含むポテトデキストロース培地で純化し, 菌糸をBLバッファー中でホモジナイズし, フェノール抽出後, エタノール沈殿をおこない, TEバッファーに溶解しテンプレートとした (Saeki et al. 2000). 18S rRNA遺伝子の増幅は18S rDNAのユニバーサルプライマー (EUK18S-F: 5'-CTGGTTGATCCTGCCAGT-3', EUK18S-R: 5'-GATCCTTCCGCAGGTTCCACC-3') を用いて18S rDNAをPCR増幅 (94℃ 5分, 94℃ 1分, 55℃ 1分, 72℃ 1分, 30サイクル, 72℃ 10分) し, 一次増幅産物を得た. 得られたPCR産物をTEバッファーで100倍に希釈し, これをテンプレートとして, nested PCR (EUK18S-F: 5'-CTGGTTGATCCTGCCAGT-3', EUK570-R: 5'-ATTACCGCGGCTGCTGGC-3') を行った (94℃ 5分, 94℃ 1分, 55℃ 1分, 72℃ 1分, 30サイクル, 72℃ 10分). 得られたPCR産物の精製は, 1%アガロースゲル (1xTAE) 電気泳動後, ゲルの切り出しによって行った. 精製したPCR産物のダイレクトシーケンスを行い, ABIPRISM 310 Genetic Analyzer (Applied Biosystems, CA, USA)を用いて塩基配列を解読した. また, 焼酎製造時に使用される麴かびである *Aspergillus kawachi* を霧島酒造株式会社から分譲していただき, 同様に18S rDNAの部分塩基配列を解読した. 得られたシーケンスはデータベースに対してホモロジーサーチを行い, 系統樹を作成して糸状菌の属レベルの同定を行った.

結 果

焼酎粕: 試験に用いた焼酎粕の現物当たりの組成を表1に示した. 焼酎粕全体の組成はpH 3.9, EC 4.27 dS/m, 水分94.4%, 全炭素2.44%, 全窒素0.17%でC/N比が14.33であった. 本試験での焼酎粕の施用量は約23 kg/m² (23 t/10 a) で, 窒素に換算すると39 g/m² (39 kg/10 a) となり, 通常, 特殊肥料として農地に施用している芋製焼酎粕の施用窒素量の約2倍であった. 一方, 焼酎粕の液体部分の成分は全炭素0.90%, 全窒素0.07%, C/N比12.54であり, アンモニア態窒素0.006%, 硝酸態窒素0.002%であった.

土壌pH, ECおよび硝酸態窒素: 焼酎粕散布前の土壌のpH, ECおよび硝酸態窒素はそれぞれ焼酎粕施用区が6.42, 0.054 dS/m, 1.14 mg/100 g乾土, 無施用区が6.19, 0.051 dS/m, 1.14 mg/100 g乾土であった. 図1に焼酎粕施用後のpHの変化を示した. 焼酎粕施用後, 一時的にpHが下がったが, 糸状菌が認められた時点 (粕施用後約2週間) では無施用区と差は認められなかった. それ以後は雨期の期間の全層にわたってのpHの低下, その後のpHの上昇と, 変化が認められたが, 施用区, 無施用区共に同様な推移を示した. 図2にECの変化を示した. ECに関しては焼酎粕施用区で大きな変化が見られ, 糸状菌が認められた時期に最大0.33 dS/mのEC値を示した. その後ECは低下したが, 表土から60 cmまでは試験期間を通じて無施用区よりも高い値を示した. 下層土においては試験期間を通じて両処理区でほぼ等しい値を示

表1. 芋製焼酎粕の組成 (現物当たり)

部分	組 成	%
全体	pH	3.9
	EC	4.27 dS/m
	水分	94.40
	全炭素	2.44
	全窒素	0.17
液体	C/N比	14.33
	全炭素	0.90
	全窒素	0.07
	NH ₄ -N	0.006
	NO ₃ -N	0.002
	C/N比	12.54

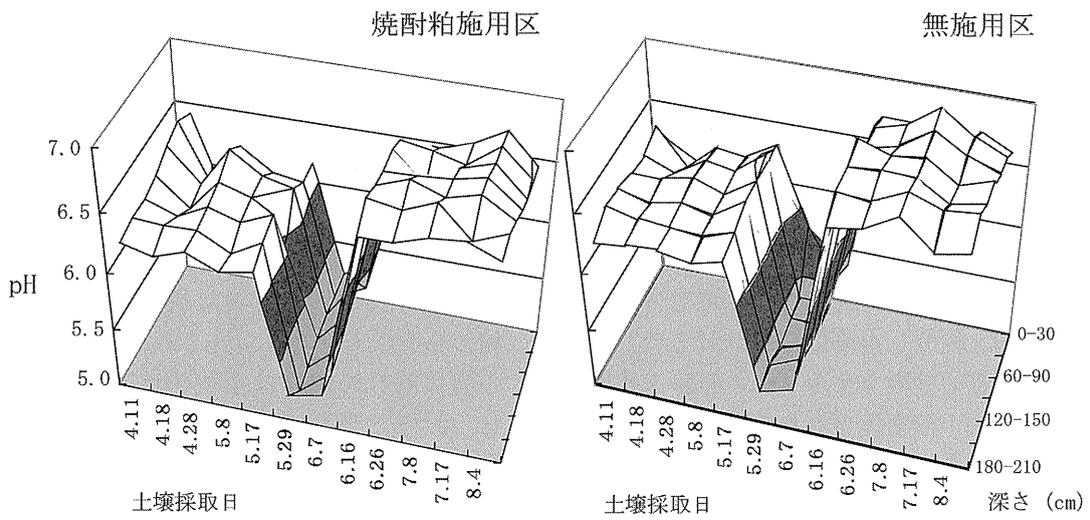


図1. 焼酎粕施用区と無施用区の土壤pHの推移

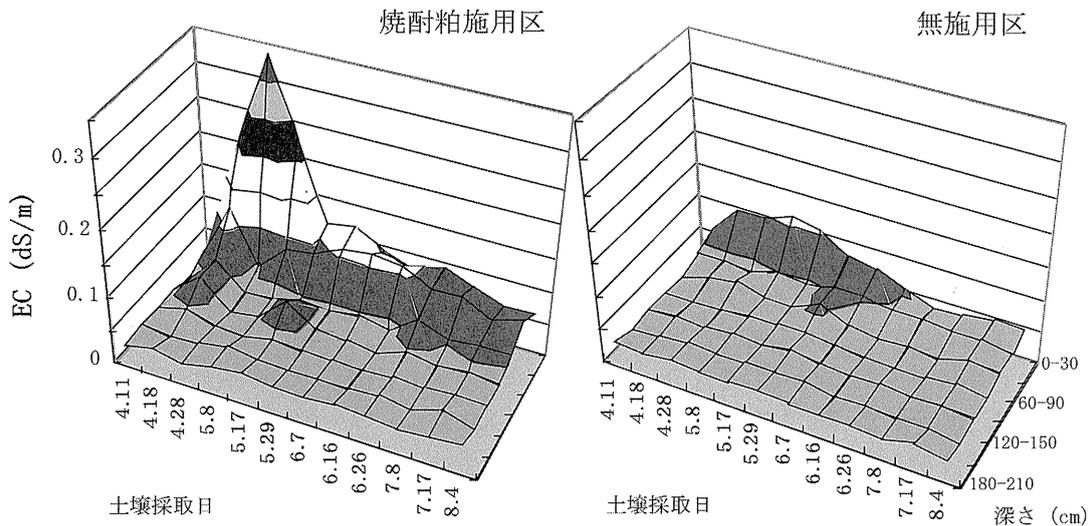


図2. 焼酎粕施用区と無施用区の土壤ECの推移

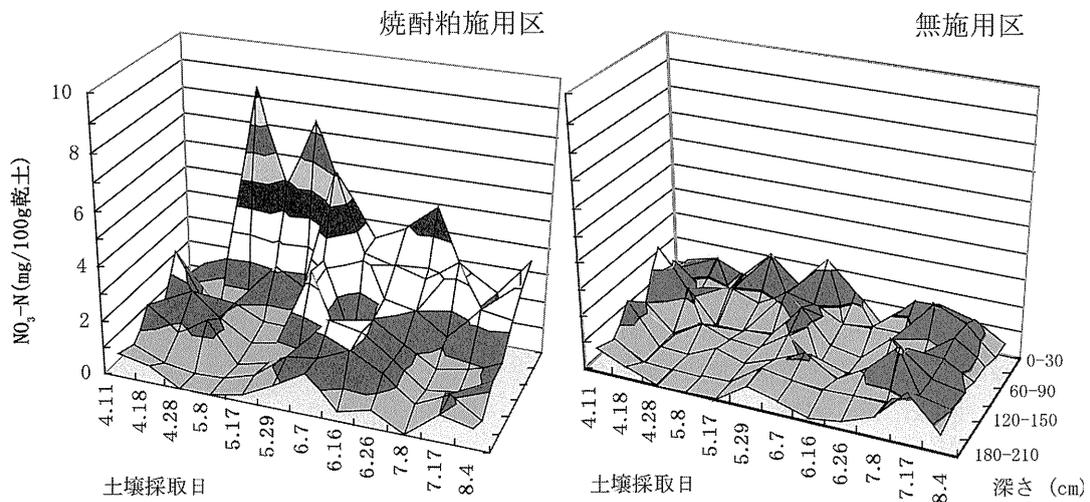


図3. 焼酎粕施用区と無施用区の硝酸態窒素濃度の推移

した。硝酸態窒素濃度の経時的変化を図3に示した。測定値に増減があるものの傾向としてはECと同様の変化であり、糸状菌の発生時期に最大値を示し、その値は8.33 mg/100 g乾土であった。その後、徐々に減少していく傾向が認められたが、試験期間の終わりにおいても施用区で2-3.5 mgの硝酸態窒素が検出された。試験期間の降水量(図4)と比較すると、梅雨の期間に硝酸態窒素の下層土への浸透が認められ、調査した最下層土で1-2 mgの硝酸態窒素を検出した。一方で、無施用区の下層土で検出された硝酸態窒素濃度も高い場合で、1-2 mgであった。

植物による窒素の吸収：焼酎粕施用区のトウモロコシの窒素含有率は1.5%，無施用区の窒素含有率は0.8%であった。窒素利用率は21.2%であった。

糸状菌の同定：焼酎粕を施用した土壤に発生した3種類の糸状菌のうち土壤表面に発生した糸状菌は菌糸が白色で最も発生量が多く、焼酎粕施用後、焼酎粕が土壌と混合して乾燥して形成された膜の裏に緑色の菌糸と橙色の菌糸の糸状菌が少量発生していた。得られた塩基配列(図5)から、白色の糸状菌は接合菌である*Mucor*属、緑色の糸状菌は不完全菌の*Hypocrea*属、橙色の糸状菌は不完全菌の*Neurospora*属の糸状菌で、これらの糸状菌は18S rDNAの塩基配列が麴菌(*Aspergillus kawachi*)の配列とは明らかに異なっていた(図6)。

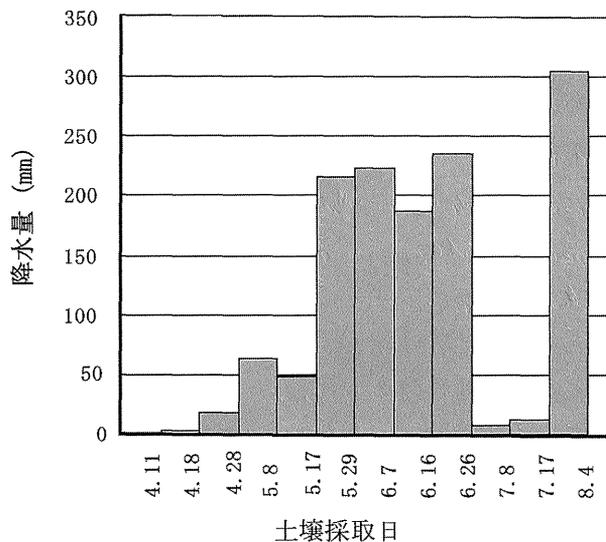


図4. 各試料採取日間の積算降水量

Aspergillus Kawachi	1	CAAAGATTAAGCCATGCATGTCTAAGTATAAGCACT-TTATACTGTGAACTGCGAATGGCTCATTAAATCAGTTATCGTTTATTTGATAGTACCT-TACTACATGGATACCTGTGGTAA	118
Green fungi	1	CAAAGATTAAGCCATGCATGTCTAAGTATAAGCAAT-T-ATACCGCGAACTGCGAATGGCTCATTATATAAGTTATCGTTTATTTGATAAATCTT-TACTACTTGGATAACCGTGGTAA	117
Orange fungi	1	CAAAGATTAAGCCATGCATGTCTAAGTTTAAGCAAT-T-AAACCGCGAACTGCGAATGGCTCATTAAATCAGTTATAGTTTATTTGATAGTACCT-TACTACATGGATAACCGTGGTAA	117
White fungi	1	CAAAGATTAAGCCATGCATGTCTAAGTATAAATAAATTTATTTGTGAACTGCGAATGGCTCATTAAATCAGTTATGATCTACGTGACATATTCCTTACTACTTGGATAACCGTGGTAA	120
Aspergillus Kawachi	119	TTCTAGAGCTAATACATGCTGAAAACCTCGA-CTTCGGAAGGGGTGATTTATTAGATAAAAA-ACCAAT--GCCCTTCGGGGCTC-CTTGGTGAATCATAATAACTTAACGAATCGCAT	233
Green fungi	118	TTCTAGAGCTAATACATGCTGAAAATCCCGA-CTTCGGAAGGGGTGATTTATTAGATAAAAA-ACCAAT--GCCCTTCGGGGCTC-CTTGGTGAATCATAATAACTTAACGAATCGACA	232
Orange fungi	118	TTCTAGAGCTAATACATGCTAATAAACCCCGA-CTTCGGAAGGGGTGATTTATTAGATAAAAA-ACCAAT--GCCCTTCGGGGCTAAC-TGGTGAATCATAATAACTTCTCGAATCGCAT	232
White fungi	121	TTCTAGAGCTAATACATGCAAAAAACCCAACTTACGAATGGGTGCACTTATTAGATAAAGCCAACTGGGTAAACAGTTTCCCTTGGTGAATCATAATAATTNAGCGGATCGCAT	240
Aspergillus Kawachi	234	GGCCTTGCCTGGCGATGGTTCAATTTCTGCCCTATCACTTTC-GATGTTAGGATAGTGGCTACCATTGGTGGCAACGGGTAACGGGGAATAGGGTTCGATTCCGGAGAGGGA	352
Green fungi	233	GGCCTTGGCGCGATGGCTCATTCAAATTTCTCCCTATCACTTTC-GATGTTGGTATTGGCCAACTGGTGGCAACGGGTAACGGGGAATAGGGTTCGACCCCGGAGAGGA	351
Orange fungi	233	GGCCTTGGCGCGATGGTTCAATTTCTGCCCTATCACTTTC-GACGGCTGGGTCTTGGCCAGCCATGGTGACAACGGGTAACGGGGAATAGGGTTCGACCCCGGAGAGGA	351
White fungi	241	GGCCTTGGCTAGCGACAGTCCACTCGATTTTCTGCCCTATCACTGGTTGAGATTGTAAGATAGAGGCTTACAATGCCTACAACGGGTAACGGGGAATAGGGTTCGATTCCGGAGAGGGA	360
Aspergillus Kawachi	353	GCCTGAGAAACGGCTACCATCCAAGGAAGGCAGCAGGCGCGCAAATACCAATCCCGACACGGGGGAGG	423
Green fungi	352	GCCTGAGAAACGGCTACTACATCCAAGGAAGGCAGCAGGCGCGCAAATACCAATCCCGACACGGGGGAGG	422
Orange fungi	352	GCCTGAGAAACGGCTACTACATCCAAGGAAGGCAGCAGGCGCGCAAATACCAATCCCGACACGGGGGAGG	422
White fungi	361	GCCTGAGAAACGGCTACCATCCAAGGAAGGCAGCAGGCGCGCAAATACCAATCCCGACACGGGGGAGG	431

図5. 芋製焼酎粕施用後に発生した糸状菌と麴菌*Aspergillus kawachi*の18S rDNA部分塩基配列

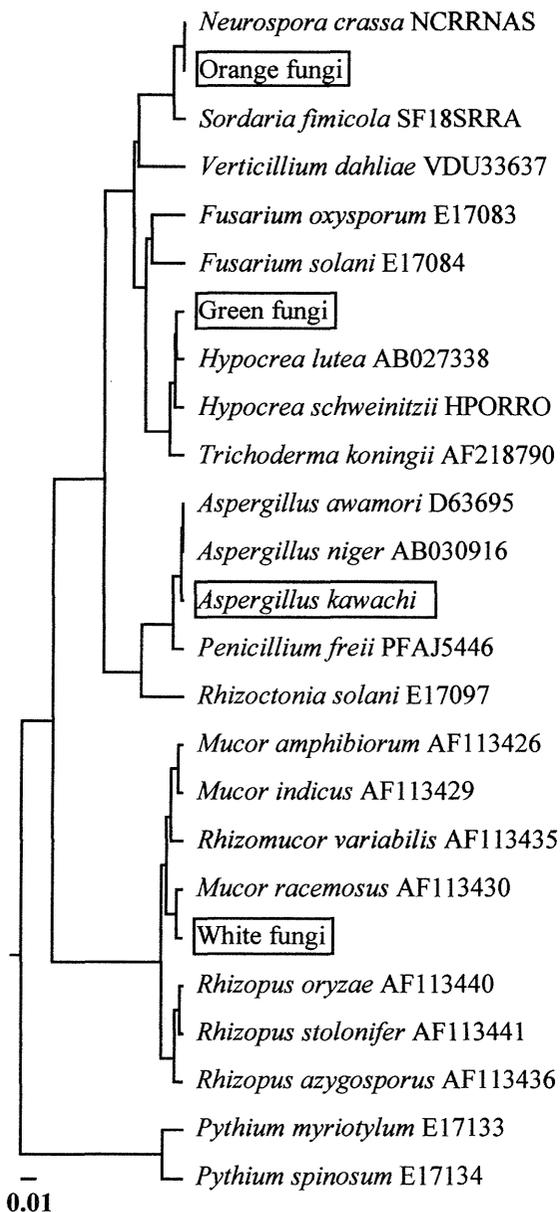


図6. 芋製焼酎粕施用後に発生した糸状菌と麹菌 *Aspergillus kawachi*, およびデータベースから抽出した糸状菌の18S rDNA部分塩基配列の系統樹 (UPGMA)
学名の後にデータベースのAccession No.を示した。

考 察

焼酎粕中の窒素は、その60%近くが固体成分に含まれていたが、この固体成分は焼酎製造過程で分解を受けなかった難分解性成分と考えられ、土壌への施用後に容易に無機化するとは考えにくい。したがって、固体部分は堆肥や土壌改良材としての働きが期待される。作土層における硝酸態窒素濃度の経時的変化から、焼酎粕施用後に現れ

るピークは液体部分の無機化に伴うもので、その後の緩やかな硝酸態窒素濃度の低下は固体部分の分解に伴うものと考えられる。降水量が高い5月下旬に硝酸態窒素、ECは共に下降し、その後、緩やかな低下が認められたが、急激な減少は認められなかった。このことは焼酎粕の固体成分の緩やかな分解に伴う無機態窒素の放出により、作土層の硝酸態窒素がある程度維持されたためと考えられる。施用した焼酎粕の液体部分に含まれる窒素は焼酎粕の窒素の約40%に相当し、今回の施用量の場合、10aあたり16kgであった。この液体部分の有機体窒素は分解を受けて無機化し易いと考えられるため、液体部分に含まれる窒素を効率よく作物に吸収させ、地下水への流亡を抑えることが重要である。実際の芋製焼酎粕の散布時期は9月から12月にかけてであり、特に気温が低く、降水量の少ない冬に施用した場合、微生物による焼酎粕の分解に伴う無機態窒素の放出は緩やかであるものと考えられる。しかし、秋の台風の季節には降水が予想される以前の施用を避け、イタリアンライグラスなどの栽植密度の高い作物を栽培することによって、さらに植物による窒素の利用効率が増し、地下への流亡も抑えることができるものと考えられる。宮崎県の飼料作物の施肥基準(主要作物の施肥基準 1999)によれば、窒素含有率0.8%の堆肥の基準は3kg/m²(3t/10a)となっており、窒素の負荷量は24g/m²(24kg/10a)である。また、イタリアンライグラスやソルガムなどの飼料作物の化成肥料窒素の基肥量は概ね10g/m²(10kg/10a)である。このうち堆肥から投入される窒素の10kg程度を焼酎粕の固体成分で代替可能であり、さらに基肥としての10kgの窒素をC/N比の低い芋製焼酎粕の液体部分で代替できる可能性があり、肥料効果の高い有機質資材として利用できる。

麹かびは元来、土壌糸状菌であり、焼酎粕による農地への混入があっても問題ないと見られることもできるが、工場から排出された焼酎粕に含まれる微生物の環境中への放出は、一般市民に不安を抱かせかねない。発生した糸状菌の同定の結果、白色の糸状菌は *Mucor* 属、緑色の糸状菌は *Hypocrea* 属、橙色の糸状菌は *Neurospora* 属の糸状菌で、セルラーゼ活性あるいはペクチナーゼ活性の高い糸状菌であることが明らかとなった。こ

これらの糸状菌は18S rDNAの塩基配列が麹菌 (*Aspergillus kawachi*) の配列とは明らかに異なっており、このことから、焼酎粕施用後に発生する糸状菌は、元来土壤に生息する糸状菌であり、焼酎粕の分解に寄与していることが示唆された。すなわち、焼酎粕による麹菌の土壤への混入の可能性は低いと考えられる。

今回の焼酎粕施用量は窒素換算で通常の焼酎粕施用量の約2倍量であり、表土層での硝酸態窒素は焼酎粕施用後14日目で極大濃度に達し、その値は8.33 mg/100 g乾土であった。その後、硝酸態窒素濃度は徐々に低下したが、収穫時においても2-3 mgの硝酸態窒素が検出された。また、作土層の硝酸態窒素は梅雨時期においても一気に減少することはなく、徐々に減少しており、焼酎粕からの持続的な無機化が起こっているものと考えられる。焼酎粕施用区に於いて、梅雨期に下層への硝酸態窒素の浸透が若干認められたが、無施用区においても同程度の硝酸態窒素が認められる場合があり、さらに表層土での硝酸態窒素濃度は作物生育には好適な硝酸態窒素濃度であり、下層への硝酸態窒素の浸透は許容範囲であると考えられる。本来、農地に還元される焼酎粕中の窒素は本試験での施用量の半量であり、焼酎粕の単独施用では地下への硝酸態窒素の浸透は限られており、地下水の汚染源としては考えにくい。また、芋製焼酎粕は甘藷の収穫に伴う焼酎製造の結果として9-12月に生じるため、台風などによる降雨の影響を充分考慮に入れて農地還元を行い、焼酎粕施用から糸状菌の発生、耕耘、作付けという従来、焼酎粕の利用農家が行ってきた方法で栽培を行えば、植痛みもなく、土壤改良資材と肥効成分の高い有機質が混合された資材として有効に活用できるものと考えられ、物質循環の観点からも望ましいものと考えられる。問題点としては、焼酎粕がスラリー状態であるため、運搬や散布のためにタンク車が必要であることが挙げられる。今後、焼酎粕の農地還元の解禁を視野に入れた有機質資源としての利活用法の開発が期待される。

要約

本研究は芋製焼酎粕の農地還元による窒素負荷の実体の調査と発生する糸状菌の同定を目的として、宮崎大学農学部圃場で調査を行った。試験に

用いた焼酎粕の現物当たりの組成はpH 3.9、水分94.4%、全炭素2.44%、全窒素0.17%、C/N比、14.33で、液体部分の成分は全炭素0.90%、全窒素0.07%、C/N比12.54であった。施用量は約23 kg/m² (23 t/10 a)、窒素換算39 g/m² (39 kg/10 a)で試験を行った。この施用量は窒素換算で、宮崎県で行われてきた焼酎粕の農地還元量の約2倍の窒素量に相当した。焼酎粕施用後に発生する糸状菌は麹菌 (*Aspergillus kawachi*) とは明らかに異なっていた。栽培試験に用いたトウモロコシの窒素含有率は施用区で1.5%、無施用区で0.8%、窒素利用率は21.2%であった。土壌pHは試験期間中、施用区、無施用区、に同様な推移を示した。硝酸態窒素とECは同様な推移を示し、施用後14日後にそれぞれ表土で極大値を示し、硝酸態窒素が8.33 mg/100 g乾土、ECが0.33 dS/mであった。その後、徐々に減少していく傾向が認められたが、試験期間の終わりにおいても施用区で無施用区よりも高い値を示し、焼酎粕施用による肥効が長期間にわたることが示唆された。硝酸態窒素の下層への浸透は梅雨の期間にごく低濃度で認められたが、pH、ECの下層土での差異は認められなかった。したがって、焼酎粕の農地還元は、規制量で施用する限り、環境への負荷の小さい土壤改良資材と肥効成分の高い有機質が混合された資材として有効に活用することが可能であり、物質循環の観点からも望ましいものと考えられる。

キーワード：芋製焼酎粕、糸状菌、硝酸態窒素、農地還元、物質循環

謝辞

本調査を遂行するに当たり、試料の提供および採取に多大な協力を頂きました。霧島酒造株式会社の江夏順行氏、高橋勝南氏をはじめ多くの皆様に謝意を表します。

引用文献

- 古江広治・永田茂穂 (1994) サトウキビに対する黒糖焼酎廃液の施用効果。鹿児島県農業試験場研究報告 23, 33-40.
- 柯 貴城・平井光代・正田 誠、久保田 宏 (1988) サツマイモ焼酎蒸留廃液の農耕地還元利用。日本土壤肥料学雑誌 59, 156-163.

- 中尾道信・小野寺良次・稲澤 昭・別納征欧・長谷川信美・堀井洋一郎・藤代 剛・駒谷謙司・置本宗康・河野謙宗・北爪 惣・林 国興・中島一喜・山内 清・六車三治男・森下敏朗・林綾子・田原秀隆・高橋勝南 (2001) 焼酎粕ペレット飼料が離乳期子豚の成長および健康に及ぼす影響. 宮崎大学農学部研究報告 48, 1-16.
- 中尾道信・小野寺良次・稲澤 昭・別納征欧・長谷川信美・山内 清・六車三治男・堀井洋一郎・藤代 剛・林 国興・森下敏朗・林 綾子・田原秀隆・高橋勝南・竹之内慎一・上島良介・目 和典・堤 孝彦・駒谷謙司・置本宗康・河野謙宗・北爪 惣・佐藤玲史・高橋信也 (2001) 焼酎粕ペレット飼料が肉用豚の成長, 健康および肉質に及ぼす影響. 宮崎大学農学部研究報告 48, 17-38.
- 中尾道信・小野寺良次・稲澤 昭・別納征欧・堀井洋一郎・山内 清・六車三治男・長谷川信美・藤代 剛・林 国興・森下敏朗・林 綾子・田原秀隆・高橋勝南・上島良介・目 和典・堤 孝彦・佐藤玲史・高橋信也 (2001) 焼酎粕ペレット飼料が繁殖豚の健康, 同腹仔数, 分娩子豚の生存率に及ぼす影響. 宮崎大学農学部研究報告 48, 39-48.
- 中尾道信・小野寺良次・稲澤 昭・別納征欧・柏原 浩・長谷川信美・堀井洋一郎・藤代 剛・山内 清・六車三治男・置本宗康・河野謙宗・北爪 惣・上島良介・目 和典・堤 孝彦・高橋俊浩・林田哲夫・林 国興・森下敏朗・林綾子・田原秀隆・高橋勝南 (2003a) 焼酎粕ペレット飼料が肉用牛の成長, 健康, 行動および肉質に及ぼす影響. 宮崎大学農学部研究報告 49, 1-21.
- 中尾道信・小野寺良次・稲澤 昭・別納征欧・柏原 浩・長谷川信美・堀井洋一郎・藤代 剛・山内 清・六車三治男・高橋俊浩・林田哲夫・目 和典・堤 孝彦・佐藤玲史・高橋信也・林国興・森下敏朗・林 綾子・田原秀隆・高橋勝南 (2003b) 焼酎粕が哺乳子牛 (交雑種) の健康および成長に及ぼす影響 (フィールド試験). 宮崎大学農学部研究報告 49, 23-30.
- 中尾道信・小野寺良次・稲澤 昭・別納征欧・林国興・長谷川信美・山内 清・六車三治男・堀井洋一郎・高橋俊浩・林田哲夫・森下敏朗・林綾子・田原秀隆・高橋勝南 (2003c) 焼酎粕乾燥脱水ケーキの給与が搾乳牛の乳量, 乳質, 風味等に及ぼす影響 (フィールド試験). 宮崎大学農学部研究報告 49, 31-40.
- 小野寺良次・稲澤 昭・奥田道緒・森下敏朗・河野幹雄・長谷川信美・片山英美・横山三千男・増田慶信・郡 義博 (1997) エクストルーダーによる焼酎粕ペレット飼料 (牛用) の製造に関する研究. 宮崎大学農学部研究報告 44, 45-53.
- 小野寺良次・稲澤 昭・駒谷謙司・奥田道緒・森下敏朗・河野幹雄・川村 修・長谷川信美・片山英美・藤代 剛・矢野光紘・萩原昭英・山下 寛・甲斐孝憲 (1998) クストルーダーによる実用焼酎粕ペレット飼料 (牛用) の製造技術と飼料成分および嗜好性. 宮崎大学農学部研究報告 45, 77-85.
- 小野寺良次・長谷川信美・藤代 剛・稲澤 昭・駒谷謙司・六車三治男・山内 清・竹之内慎一・森下敏朗・矢野光紘・山下 寛・高橋勝南 (2000) 焼酎粕ペレット飼料が肉用牛の成長および肉質に及ぼす影響 (予備試験). 宮崎大学農学部研究報告 47, 1-12.
- Saeki, Y., Akagi, I., Takaki, H., and Nagatomo, Y. (2000) Diversity of indigenous *Bradyrhizobium* strains isolated from three different *Rj*-soybean cultivars in terms of randomly amplified polymorphic DNA and intrinsic antibiotic resistance. *Soil Sci. Plant Nutr.* 46, 917-926.
- 杉本安寛・武藤 勲・豊満幸雄・河野恵宣・馬場由成 (1998) 農耕地由来の窒素による水質汚染機構の解明と汚染防止対策に関する研究, 平成7・8・9年度科学研究費補助金 (基盤研究 (B)(2)) 研究成果報告書
- 上村幸廣・鳩野哲也・西園直生子 (1993) 甘しょ焼酎廃液の農耕地還元技術 鹿児島県農業試験場研究報告 22, 105-111
- 宮崎県農政水産部営農指導課・宮崎県土壤肥料対策協議会 (編) (1999) 主要作物の施肥基準. p. 73-77.