

N-4 焼酎粕廃培地の有効利用法の検討

○八木 聡¹・山田 真義¹・八木 史郎²
 樗木 直也²・増田 純雄³・山内 正仁^{1*}

¹鹿児島工業高等専門学校専攻科 (〒899-5102 鹿児島県霧島市隼人町真孝1460-1)

²鹿児島大学生物資源科学科 (〒890-0065 鹿児島県鹿児島市郡元1-21-24)

³宮崎大学工学部 土木環境工学科 (〒889-2192 宮崎県宮崎市学園木花台1-1)

* E-mail: yamauti@kagoshima-ct.ac.jp

1. 研究背景と目的

鹿児島県の特産品である焼酎の製造過程で発生する焼酎蒸留粕（以下焼酎粕）の発生量は年間35万4000tに達している（平成21酒造年度）¹⁾。

その有効利用法としては、農地還元（肥料化）・飼料化があげられるが、直接焼酎粕を農地還元した場合、コストをかけず焼酎粕を有効利用できるが、焼酎粕はpHが低く、含水率とT-Nが高い濃厚スラリー状有機物であるため、土壌の酸性化、地下水汚染の問題があり、焼酎粕を直接農地還元するのは難しい。また、直接家畜の飼料とした場合、肉質の向上等に良好な成果を得ているが、水分が多すぎて大量に処理することができない。このため、焼酎粕は固液分離装置で固形画分、液画分に分離され、固形画分については、乾燥後、肥料・飼料として利用されている。一方、液画分については、生物処理、濃縮操作を施し、メタンやアルコールを回収して、これらを固形画分の乾燥の熱源として利用されている。しかし、上述のシステムでは、処理設備などを考えた場合、赤字にならざるを得ない。

山内ら²⁾はこれまでの研究において、焼酎粕乾燥固形物をきのこの栄養源とする菌床を作製し、エリンギ等を用いて栽培試験を実地し、焼酎粕中の有用成分を多く含んだ高付加価値きのこを収量性の高い状態で生産可能

なことを明らかにしている。

しかし、菌床栽培後の培地（廃培地）は大量に排出される産地や工場では廃培地の処理が問題となっており、収穫終了後、自然発酵による堆肥化処理が行われているが、自然発酵には一年以上かかるため、堆肥化の促進にけい糞などの添加（微生物の栄養源）が必要なこと、切り返しに手間がかかること、堆積させるために十分な敷地面積を必要とすること等の問題がある。また、粉灰、家畜の敷料、燃料、昆虫飼育用などの再利用がなされているが、用途開発や処理量が見込めず、そのほとんどが野積みにされ、処理に苦慮している。

したがって、本研究では廃培地を直接、土壤還元することが可能であるか、エリンギ栽培後の焼酎粕を栄養材に用いた廃培地（以下、焼酎粕廃培地）と米糠・フスマを栄養材に用いた廃培地（以下、標準廃培地）を用いて検討する。また、焼酎粕廃培地の原料であり、肥料として用いられている焼酎粕原液、焼酎粕乾燥固形物と廃培地を比較し、作物に対しての影響を調査・検討する。

2. 試験方法

コマツナの種子発芽試験を、焼酎粕廃培地（甘藷焼酎粕乾燥固形物60%、針葉樹おが屑36%、貝化石4%）（試

表-1 発芽率及び外観の評価方法

発芽評価		外観評価		総合評価
発芽率	配点	外観	配点	
100%	5	葉・根・細根を確認	5	発芽率+外観評価の合計で示し、総合評価8未満は発芽抑制に注意が必要
80%以上 100%未満	4	葉・根を確認	4	
60%以上 80%未満	3	葉あるいは根のどちらか一方を確認	3	
60%未満	2	芽を切る	2	
0%	1	未発芽	1	

発芽率：蒸留水で栽培した対照区に対する比率（%）で表す。

料①), 標準廃培地(米糠20%, フスマ20%, コーンコブ20%, 針葉樹おが屑40%) (試料②), 甘藷焼酎粕乾燥固形物(粉末) (試料③), 甘藷焼酎粕(原液) (試料④)を用いて行った. 試験方法は試料①~③については生試料10gを250mLのポリ広口瓶に入れ, 蒸留水を100mL加えて30分間振とうした. その後, ろ紙(No. 2)でろ過し, ろ液のECを測定した.

試料④については, 5,000rpmで10分間遠心分離を行い, 傾斜法で上澄みを採り, ろ紙(No. 2)でろ過後, ろ液のECを測定した. 次に, シャーレ(直径9cm, 高さ15mm)中にドット状粘着剤付発芽シート(直径84mm, 厚さ0.26mm)を敷き, コマツナの種子50粒を9mm間隔で接着させた. その後, 抽出液10mLを添加し, インキュベーター(温度30度, 暗黒条件下)で72時間培養した. 対照区としては蒸留水を10mL添加したものを準備した. 72時間後, シャーレを取り出し, 発芽率及び外観を表-1に示す評価方法で評価した.

3. 試験結果と考察

表-2に各試料の抽出液の電気伝導率(EC)とpHの測定結果を示す. EC値が2.0dS/m以上の場合, 阻害要因があると報告されている. 試料③と試料④ではECがそれぞれ, 3.16, 5.82dS/mであり, 塩濃度が高く, 根に障害を及ぼすことがわかった. したがって, 本試験では試料③焼酎粕乾燥固形物(粉末)はEC値が2.0~4.0dS/mの範囲にあることから蒸留水で2倍希釈, 試料④焼酎粕原液はEC値が4.0~10.0dS/mの範囲にあることから5倍希釈したものを試験に用いた.

表-2 各試料の抽出液のECとpH

試料番号	試料名	EC (dS/m)	pH
①	焼酎粕廃培地	0.74	5.60
②	標準廃培地	1.41	5.80
③	焼酎粕乾燥固形物	3.16	4.11
④	焼酎粕原液	5.82	3.85
-	対照区(蒸留水)	0.00	5.86

表-3に発芽率, 根・葉・細根の状態を観察した結果を示す. 発芽率は蒸留水で培養した対照区に対する比率(%)で表示している. また, 発芽評価及び外観評価は表-1の評価方法で評価した. 発芽率は試料①は102.9%, 試料②は103.7%であり対照区を上回ったため, 配点を5とした. また, 試料③の発芽率は93.4%, 試料④は93.9%であったため, 配点を4点とした. このように発芽率はすべての試料で高く, 4点以上であった. 発芽後の根の状態は, 試料①, ②については, 葉, 根を確認することができた. また, 主根の伸びも良く, 対照区よりも長く, 根の褐変も見られなかった. しかし, 試料③, ④については, 主根の伸びが悪く, 根の周辺に褐色のゼリー状の物質が確認できた. このことから, 焼酎粕乾燥固形物(粉末)や焼酎粕(原液)中には易分解性物質が多く, これにより根の周辺に細菌が多量に繁殖し, 根の伸長が阻害されたのではないかと考える. また, 試料③, ④のpHは4.0前後であり, 試料①, ②のpHより低いことから, 抽出液のpHも根の伸長に, 影響を及ぼしたためと考えられる. さらに, 焼酎粕乾燥固形物には蟻酸, 酢酸等の有機物が含まれている.

表-3 発芽率, 葉・根・細根の状態観察結果

試料番号	試料名	発芽率 (%)	根の長さ (mm)	発芽評価	外観評価 (点)	総合評価
①	焼酎粕廃培地	102.9	28.6±2.2	5	3.8	8.8
②	標準廃培地	103.7	29.3±2.7	5	4.0	9.0
③	焼酎粕乾燥固形物	93.4	2.1±0.6	4	2.9	6.9
④	焼酎粕原液	93.9	0.7±0.1	4	2.8	6.8
-	対照区(蒸留水)	-	20.4±1.3	-	-	-

表-4 発芽率, 葉・根・細根の状態観察結果 (pH5.6)

試料番号	試料名	発芽率 (%)	根の長さ (mm)	発芽評価	外観評価 (点)	総合評価
③	焼酎粕乾燥固形物	99.3	12.0±3.6	4	4.0	8.0
④	焼酎粕原液	85.0	1.1±0.1	4	2.7	6.7
-	対照区(蒸留水)	-	21.9±1.9	-	-	-

表-5 試料①～④に含まれる有機酸 (VFA) 及びエタノールの定量結果

試料番号	試料名	酢酸	プロピオン酸	酪酸	吉草酸	エタノール
①	焼酎粕廃培地	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
②	標準廃培地	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
③	焼酎粕乾燥固形物	760.8	N. D.	49.1	N. D.	N. D.
④	焼酎粕原液	4667.0	403.0	325.0	N. D.	4700.0

注) ①～③: (mg/100g 乾物), ④: (mg/L)

また、焼酎粕には有機酸に加えてエタノールも含まれていることから、これらの有害物質（揮発性脂肪酸、エタノール）のより、根長が抑制されたと考えられる。そこで、試料③、④のpHを水酸化ナトリウム (NaOH) で5.6に調整し、同様な試験を行った。表-4に試料③、④のpHを5.6に調整し、発芽率、葉・根、細根の状態を観察した結果を示す。発芽率は前回と同様、試料③、④はいずれも4点と高かった。外観は、試料③の葉、根の両方とも確認できるものがほとんどで、主根も前回の2.1mmから12.0mmまで伸長した。しかし、試料①、②や対照区と根の長さを比較すると、約半分であり、pH以外の何らかの阻害要因があるものと推定された。試料④については、前回と同様に主根が短く、改善されなかった。柯らは培養日数の異なる甘藷焼酎粕（原液）添加土壤中にコマツナ種子を播種し、72時間経過後の茎、根の長さを測定している。その結果、培養日数の短い土壌（培養0～3日）では、生育阻害があることを確認し、その原因が、甘藷焼酎粕に含まれるエタノール、有機酸（酪酸）であることを明らかにしている。また、灘島らには有機酸による水稻、小麦の根長に及ぼす阻害作用について調査し、酪酸、吉草酸、カブロン酸、カプリン酸により根の伸長が阻害され、その強さは低級脂肪酸 (VFA) の中では炭素数の増加につれて増大することを明らかにしている。そこで、試料①～④に含まれる有機酸 (VFA) 及びエタノールを定量した。表-5にその結果を示す。試料①、②については有機酸及びエタノールは検出されなかったが、試料③については、酢酸、酪酸がそれぞれ760.8mg/100g乾物、49.1mg/100g乾物検出された。これらのことから、試料③の甘藷焼酎粕乾燥固形物における阻害要因としては、その中に含まれる酢酸、酪酸が影響していると考えられる。また、試料④の焼酎粕（原液）には、焼酎粕を固液分離して得られる焼酎粕乾燥固形物よりも酢酸、酪酸を多く含み、プロピオン酸、エタノールを含有すること等から、これらの有害物質 (VFA, エタノール) が相乗的に働き、根の伸長が強く抑制されたと考えられる。

試料③の焼酎粕乾燥固形物は、低級脂肪酸以外にもクエン酸、コハク酸、リンゴ酸等有機酸が含まれていた。しかし、試料③の焼酎粕乾燥固形物を栄養材としてきの

こ栽培に利用した試料①の焼酎粕廃培地からは全く検出されなかった。このことから、焼酎粕乾燥固形物に含まれていた有機酸類は全て菌糸の成長及び子実体形成に利用、分解されたと考えられる。

4. 結論

本研究では、①焼酎粕廃培地、②標準廃培地、③甘藷焼酎粕乾燥固形物（粉末）、④甘藷焼酎粕（原液）を用いてコマツナの種子発芽試験を行った。その結果、発芽率、葉・根・細根の状態観察による総合評価は試料①、②についてはそれぞれ8.8、9.0であり、コマツナ発芽検定試験結果から判定して、直接ほ場に廃培地を利用することは可能と考えられた。一方、試料③についてはpHをコントロールすることでコマツナの発芽評価は高まったが、酢酸、酪酸の影響により主根の伸長が抑制されたと考えられた。試料④については焼酎粕に含まれる発芽抑制物質の影響が非常に大きく、ほ場で使用する場合は作物の初期生育が抑制されることを注意する必要があると考えられる。

このように、焼酎粕原液、焼酎粕乾燥固形物を土壌へ直接還元するとpH、有機酸の影響により、作物の根の伸長を阻害するが、これを菌床栽培におけるきのこ培地の栄養材として利用した後、土壌へ還元すると作物に対する阻害はなくなった。このことから、直接肥料として利用する場合、焼酎粕原液、焼酎粕乾燥固形物と比較し、きのこ栽培後の焼酎粕廃培地は利用価値が高いと考えられる。

参考文献

- 1) 鹿児島県酒造組合連合会：平成21年酒造年度本格焼酎原料別製成数量と蒸留粕の処理別・月別数量(2010).
- 2) 山内正仁, 今屋竜一, 増田純雄, 山田真義, 木原正人, 米山兼二郎, 原田秀樹：甘藷焼酎粕乾燥固形物を利用した高付加価値きのこ(エリンギ)の実用化に関する研究, 土木学会環境工学論文集, Vol. 44, pp481-490. 2007.