

コマツナ発芽試験による焼酎粕廃菌床の土壌還元評価

鹿児島高専 (正) ○山内正仁 木原正人 山下拓也 宮崎大学 増田純雄
(株) 植村組 今屋竜一 長岡技術科学大学 山田真義 東北大学 原田秀樹

1.はじめに

現在の焼酎粕の陸上処理法の主流は焼酎粕を、固液分離装置で固形画分、液画分に分離し、固形画分については、乾燥させた後、肥料、飼料として有効利用している。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、これらを固形画分の乾燥の熱源として利用している。しかし、上述の処理システムにより、固形画分を肥料・飼料として有効利用するだけでは用途が少なく、固形画分の受け入れ先が閉ざされた状況にある。したがって、焼酎粕（固形画分）の新規の用途を開発することが急務である。

筆者等はこれまでに焼酎粕乾燥固形物に含まれる成分と食用きのこの主要成分が一致することに着目し、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、生育管理のしやすいヒラタケ (*Pleurotus ostreatus*) や国内生産量、消費量が急激に増加しているエリンギ (*Pleurotus eryngii*) を用いて栽培試験を実施してきた。その結果、従来のものに比べ高タンパク、低脂肪のニュータイプのきのこを収量性の高い状態で生産でき、かつ栽培期間を短縮できることを明らかにした。しかし、きのこ栽培後に菌床（廃菌床）が残るため、廃菌床の有効利用を図る必要がある。

本研究では、焼酎粕廃菌床を直接土壌に還元することが可能であるか、また、現在肥料として土壌に散布されている焼酎粕原液、焼酎粕乾燥固形物と比較して作物に対して効果的であるかを調査するために、エリンギ廃菌床を用いてコマツナ種子発芽試験を実施した。

2.実験方法

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。

①焼酎粕廃菌床（甘藷焼酎粕乾燥固形物 60%、針葉樹おが屑 36%、貝化石 4%）、②基本培地（BL）の廃菌床（米糠 20%、フスマ 20%、コーンコブ 20%、針葉樹おが屑 40%）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。まず、①～③については生試料 10 g を 100mL 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. 3）でろ過し、ろ液の EC を測定した。④の試料については、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. 3）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℃、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.実験結果と考察

表-2 に各試験区の抽出液の電気伝導率(EC)と pH の測定結果を示す。EC が 2.0ds/m 以上の場合、高 EC による阻害要因があると言われている。試料③焼酎粕乾燥固形物（粉末）と試料④焼酎粕（原液）では EC がそれぞれ 3.16、5.82ds/m であり、この時点で塩濃度が高く、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、④については藤原、山口等の方法にしたがい、EC が 2.0～4.0ds/m の範囲にある焼酎粕乾燥固形物については蒸留水で 2 倍希釈、4.0～10.0ds/m の範囲にある焼酎粕（原液）については 5 倍希釈したものを試験に用いた。表-3 に発芽率、葉・根・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(%)で表すが、発芽評価及び外観評価は表-1 より配点して表した。発芽率は試料①、②においてそれぞれ 102.9%、103.7%であり、対照区を上回った。したがって、配点を 5 点とした。また、試料③、④についてはそれぞれ 93.4%、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全ての試験区で高く、配点は 4 点以上であった。発

表-2 各試験区の抽出液の EC と pH

試験区番号	試験区	EC (ds/m)	pH
①	廃菌床（焼酎粕）	0.74	5.60
②	廃菌床（BL）	1.41	5.80
③	甘藷焼酎粕乾燥固形物	3.16	4.11
④	焼酎粕原液	5.82	3.85
一	対照区（蒸留水）	0.00	5.86

キーワード 焼酎粕、廃菌床、有効利用

連絡先 〒899-5193 鹿児島県霧島市隼人町真孝 1460-1 鹿児島工業高等専門学校 土木工学科 TEL0995-42-9124

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、明らかに生育の阻害が認められた。この原因として、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 が根の伸長に影響を及ぼしたためと考えられる。

そこで、試料③、④の pH を NaOH で pH 5.6 に調整し、同様な試験を

行った。表-4 にその結果を示す。発芽率は前回と同様、4 点と高かった。根の状態は試料③については葉、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察された。試料④については、前回と同様、主根が短く、改善されなかった。柯等は培養日数の異なる甘藷焼酎粕（原液）添加土壌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、灘嶋等は有機酸による水稻、小麦の種子根長に及ぼす阻害作用について調査し、酪酸、吉草酸、カプロン酸、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。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。試料④については試料③の有機酸に加えてカプロン酸及びエタノールが検出された。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酪酸が影響していると考えられる。また、試料④の甘藷焼酎粕（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酪酸が多く含まれること、カプロン酸が含まれること、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①は焼酎粕乾燥固形物を栄養材とした菌床であるため、低級脂肪酸以外にもクエン酸、コハク酸、リンゴ酸等の有機酸が含まれていたが、栽培終了後の菌床（廃菌床）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生長及び子実体形成に利用されたと考えられる。このように、焼酎粕乾燥固形物は直接、土壌還元すると pH、VFA の影響により、作物の根の伸長を阻害するが、これをきのこ菌床の栄養材として利用した後、土壌還元すると、作物に対する阻害は無くなることが明らかになった。

4. おわりに

本研究では、①エリンギ廃菌床、②基本培地廃菌床、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、直接ほ場に廃菌床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、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、柯等の報告と同様、作物の初期生育が抑制されることに注意が必要であると考えられた。

これらのことから、焼酎粕原液、焼酎粕乾燥固形物を直接、土壌還元すると pH、VFA アルコール等の影響により、作物の根の伸長を阻害するが、焼酎粕（焼酎粕乾燥固形物）をきのこ菌床の栄養材として利用した後、土壌還元すると、作物に対する阻害は無くなり、効率よくほ場で有効利用できることが明らかになった。

表-3 発芽率、葉・根・細根の状態観察結果

試験区番号	試験区	発芽率 (%)	根の長さ (mm)	発芽評価	外観評価	総合評価
①	廃菌床（焼酎粕）	103.7	28.6±2.2	5	3.8	8.8
②	廃菌床（BL）	102.9	29.3±2.7	5	4.0	9.0
③	甘藷焼酎粕乾燥固形物	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)

試験区番号	試験区	発芽率 (%)	根の長さ (mm)	発芽評価	外観評価	総合評価
③	甘藷焼酎粕乾燥固形物	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	Acetate	Propionate	n-Butyrate	Caproic acid	Ethanol
①	焼酎粕廃菌床 (mg/100g乾物)	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
②	基本 (BL) 廃菌床 (mg/100g乾物)	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
③	焼酎粕乾燥固形物 (mg/100g乾物)	760.8	N. D.	49.1	N. D.	N. D.
④	焼酎粕原液 (mg/L)	4667	403	325	884	2000