

大麦焼酎粕濃縮液(TS50)の肥料利用における問題点の検討

森崎章好*・金丸幸代**・埴谷博一・玉井光秀

Studies on Utilization of Concentrated Liquid Form Barley Shochu Distillery By-products (TS50) as Manure

Akiyoshi MORISAKI, Yukiyo KANEMARU, Hirokazu HANIYA and Mitsuhide TAMAI

大分県農林水産研究指導センター農業研究部

Oita Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Research Center,
Agricultural Research Division

キーワード：未利用資源、焼酎粕、窒素発現量、発芽阻害、環境負荷

目次

- I 諸言
- II TS50の無機化特性
- III 植物の発芽および生育に与える影響
- IV 栽培適用品目の検討
- V 土壌・地下浸透水の化学性に与える影響
- VI 総合考察
- 引用文献
- Summary

TS50に含まれる窒素成分のほとんどは有機態であるため、肥効パターンが不明である。また、TS50はクエン酸等の有機酸を含みpHが4程度と低いことやポリフェノールを含むことから、植物や土壌化学性への影響が懸念される（一般財団法人畜産環境整備機構⁵⁾）。そこでTS50を活用し地域資源循環を図るために、TS50を土壌に施用した際の窒素発現量、植物に与える影響、栽培適用品目、栽培環境への影響について検討したので報告する。なお、TS50は液状で輸送性が悪いため宇佐地域周辺への普及を目指している。そのため、宇佐市周辺に多く分布している灰色低地土と黄色土についてのみ検討を行った。

I 諸言

大分県では年間約14万tの焼酎粕が発生しており、最も多い地域は宇佐市の約2万tである。宇佐市の大手酒造メーカーで発生する大麦焼酎粕濃縮液（以下、TS50）は窒素（N）3%のほか、粗タンパク（CP）20%、リン酸（P₂O₅）1%、カリウム（K₂O）1%などを含むため、肥料としての活用が期待されている。しかし、

II TS50の無機化特性

保温静置培養法（一般財団法人 日本土壌協会⁴⁾）を用いて、TS50に含まれる有機態窒素の無機化特性を評価した。

1 試験方法

試験は、豊後大野市三重町の農業研究部（以下、場内）実験室のインキュベータ内で実施した。供試土壌

* 現所属：大分県東部振興局

** 現所属：大分県西部振興局

は灰色低地土および黄色土を用いた。試験区として、TS50 区、鶏ふん区、尿素区、硫安区を設けた。各肥料をそれぞれの土壤に添加し、水田条件および畑条件で培養を行った。

水田条件では、内径 23mm、高さ 90mm の培養びんに 2 mm の網ふるいを通した風乾細土を、湛水時の土層の厚さが 6～7 cm になるように採取した。土壤には水を加え、空気を完全に追い出し、湛水状態で培養びんに密栓をした。

畑条件では、100mL 容の UM サンプルびんに 2 mm の網ふるいを通した 10g の風乾細土を採取し、最大容水量の 60%となるように水分調整をしてから、ポリエチレンフィルム (JIS2/100) で覆った。なお、培養温度は 25℃で行った。

土壤 10g あたりの TS50 施用量は水田条件では 33.9mg、畑条件では 84.8mg とし、仮比重 1.2g/cm³、作土深 12.5cm の場合に、TS50 の施用量が水田では 40kg/a、畑では 100kg/a となるように設定した。鶏ふんの施用量は窒素施用量を TS50 と同等とし、硫安と尿素の施用量は窒素施用量を TS50 の 60%とした。

各試験区について肥料の施用直後、1、2、3、5、7 週間後の硝酸態窒素とアンモニア態窒素を測定し、その合計値を無機態窒素量とした。各肥料から発現し

た無機態窒素量は、無施肥条件で培養した土壤の無機態窒素量を差し引くことで求めた。

硝酸態窒素の測定については、培養後、土壤に蒸留水を加え、土壤と蒸留水が 1:5 となるように調整し、1 時間振とうした後上澄み液を採取した。アンモニア態窒素については、培養後土壤に 10%KCl 溶液の液量が 80～100ml となるように加え 30 分間振とうした後、上澄み液を採取した。硝酸態窒素の分析にはイオンクロマトグラフ法を、アンモニア態窒素には蒸留法を用いた。なお、分析は 2 反復でおこなった。

2 結果

1) 水田条件における無機化特性

灰色低地土では、TS50 の無機態窒素含量は、施用直後 1.21mg/100g (硫安区 5.90mg/100g) であったが、7 週間後には 6.92mg/100g (硫安区 5.17mg/100g) となった。また、TS50 の無機化は施用から 1 週間後までの間が最も著しく、施用から 7 週間後までに無機化した窒素全体の 67%に及んでいた (図 1)。

黄色土では、TS50 の無機態窒素含量は、施用直後 0.41mg/100g (硫安区 5.07mg/100g) であったが、7 週間後には 6.54mg/100g (硫安区 5.25mg/100g) となった。また、TS50 の無機化は施用から 1 週間後までの間が最

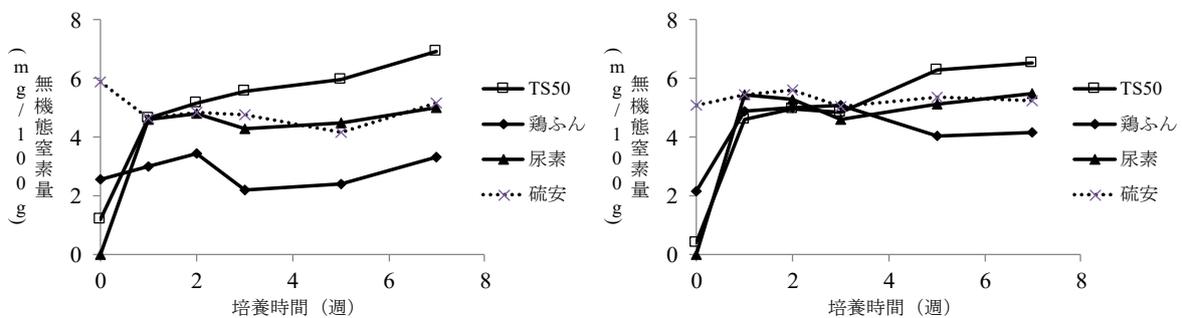


図 1 水田条件における無機態窒素量の推移 (左：灰色低地土、右：黄色土)

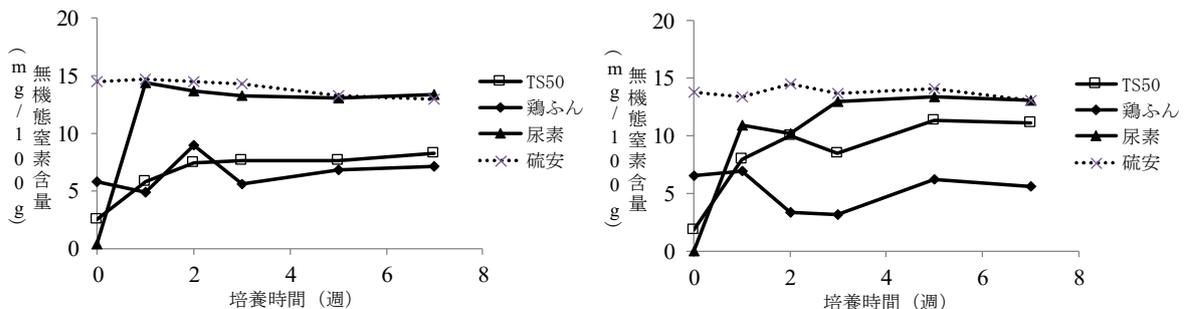


図 2 畑条件における無機態窒素量の推移 (左：灰色低地土、右：黄色土)

も著しく、施用から7週間後までに無機化した窒素全体の63%に及んでいた（図1）。

以上の結果から、水田条件ではTS50の無機化は大部分が施用直後から1週間の間に行われ、その後緩やかに無機化することが明らかになった。また、TS50区は硫安区よりも無機態窒素含量がやや高かったことから、TS50の最大無機化率は供試土壌の条件によって異なるが、概ね70%であると考えられた。

2) 畑条件における無機化特性

灰色低地土では、TS50の無機態窒素含量は、施用直後2.48mg/100g（硫安区14.49mg/100g）であったが、7週間後には8.23mg/100g（硫安区12.96mg/100g）となった。また、TS50の無機化は施用から1週間後までの間が最も著しく、施用から7週間後までに無機化した窒素全体の71%に及んでいた（図2）。

黄色土では、TS50の無機態窒素含量は、施用直後1.77mg/100g（硫安区13.82mg/100g）であったが、7週間後には11.15mg/100g（硫安区13.11mg/100g）となった。また、TS50の無機化は施用から1週間後までの間が最も著しく、施用から7週間後までに無機化した窒素全体の72%に及んでいた（図2）。

以上の結果から、畑条件ではTS50の無機化は大部分が施用直後から1週間の間に行われ、その後、緩やかに無機化することが明らかになった。また、TS50区は硫安区よりも無機態窒素含量が低かったことから、TS50の最大無機化率は供試土壌の条件によって異なるが40~50%であると考えられた。

III 植物の発芽および生育に与える影響

先に述べたように、TS50には有機酸やポリフェノー

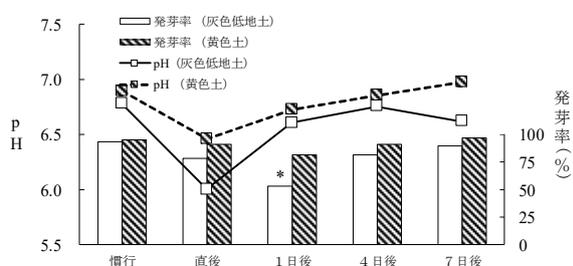


図3 TS50 土壌中の分解期間が土壌 pH および発芽率に与える影響（夏作）

注1) Dunnett の多重比較(n=3)により、*：5%水準で慣行区との間に有意差あり

ルといった植物の発芽や生育に影響を与える可能性のある成分が含まれている（宇佐市酒造メーカー調べ）。そこで、コマツナを用いた植物の害に関する栽培試験（独立行政法人農林水産消費安全技術センター¹⁾）を用いて、TS50が植物の発芽や生育に与える影響を調査した。また、その影響がTS50の施用から何日程度続くかについても検討した。

1 試験方法

試験は場内ガラス室（無加温）で実施した。供試土壌は、灰色低地土と黄色土とし、供試材料としてコマツナ「楽天」を用いた。本試験では、発芽への影響に着目した直播試験と、生育への影響に着目した移植試験を行った。直播試験では、ポリ鉢（15cm）にコマツナ種子を20粒（1穴2粒）播き、発芽率を調査した後、ポット内で全10株となるように間引いた。移植試験では、セルトレイで夏は1週間、冬は2週間育苗した苗を10株移植した。試験は夏と冬の2回行い、夏は7月25日に直播、8月8日に移植を行い、冬は11月7日に直播、11月14日に移植を行った。

TS50の施用量は100kg/a（3.0kgN/a）としたが、最大無機化率を60%と想定し、無機態窒素発現量が同等となるように慣行区の窒素施用量を1.8kgN/aとした。また、TS50区、慣行区ともP₂O₅、K₂Oをそれぞれ1.2kg/a施用した（慣行区の肥料は硫安とPK40を使用）。TS50は供試土壌に十分混和してからポットへ充填し、最大容水量の60%となるように水を加えた。TS50施用による植物への影響を確認するために、ポットへ充填した直後、1日後、4日後、7日後の土壌を準備し、各処理区とも同時に播種（移植）を行った。なお、各処理区とも3反復とした。さらに上記と同様に処理した土壌を用意し、播種直前の土壌pH（H₂O）を測定した。

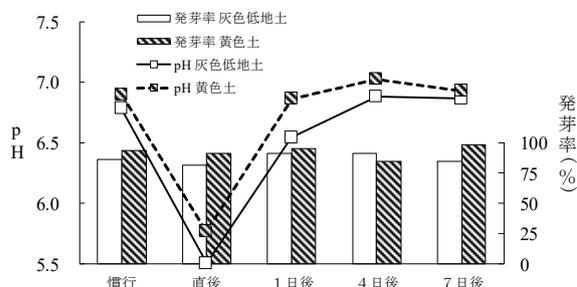


図4 TS50の土壌中での分解期間が土壌 pH および発芽率に与える影響（冬作）

注1) Dunnett の多重比較(n=3)により、5%水準で慣行区との間に有意差なし

2 結果

1) TS50 の土壌中での分解期間が、発芽およびその後の生育に与える影響

図3、4にTS50施用による土壌pHの推移と発芽率への影響を示した。夏作では、TS50の施用直後は土壌pHの低下が見られたが、1日後以降は慣行区と同程度の値で推移した。灰色低地土では施用直後から1日後に播種したコマツナの発芽率が慣行区に比べ有意に低下した。冬作でも、TS50の施用直後に土壌pHの低下が見られたが、1日後以降は慣行区と同程度の値で推移した。しかし、発芽への影響は見られなかった。栽培時期や土壌の種類によって発芽への影響が異なったことから、TS50の施用による発芽阻害は一部認められるが、その影響は栽培環境によって異なると考えられた。

図5、6にTS50施用による生育への影響(直播)を示した。夏作では、灰色低地土、黄色土とも有意差はないものの慣行区に比べTS50施用区の草丈が高い傾向であった。灰色低地土では、TS50施用7日後に播種した区のみ慣行区に比べ有意に草丈が高くなった。冬作では、灰色低地土、黄色土ともTS50施用直後から4日後までに播種した場合、慣行区に比べて草丈が低くなる場合があり、特に黄色土では施用直後は草丈が有意

に低くなった。

夏と冬、また土壌の種類によらず、TS50施用から7日後に播種した場合、慣行区よりも草丈が高かった。

2) TS50 の土壌中での分解期間が、移植した植物の生育に与える影響

図7、8にTS50施用による生育への影響(移植)を示した。夏作では、黄色土においてTS50施用区の方が慣行区よりも草丈が有意に高かったが、灰色低地土では各処理区に差は見られなかった。冬作では、黄色土では各処理区に差は見られなかった。しかし、灰色低地土ではTS50施用直後および1日後に移植した場合生育が抑制された。

夏と冬、また土壌の種類によらず、TS50施用から7日後に移植した場合、慣行区よりも草丈が高かった。

IV 栽培適用品目の検討

TS50は宇佐市の工場で生成されるため、県内の北部地域を普及対象に絞って研究を進めた。そこで、北部地域で盛んに生産されているナバナと小ネギについて、TS50体系と現地慣行の施肥体系との比較をし、TS50の活用を検討した。

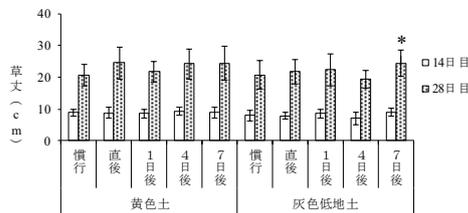


図5 TS50の土壌中での分解期間が発芽後の生育に与える影響(夏作)

注1) 垂線は標準偏差(n=0)

注2) Dunnettの多重比較(n=3)により、*: 5%水準で慣行区との間に有意差あり

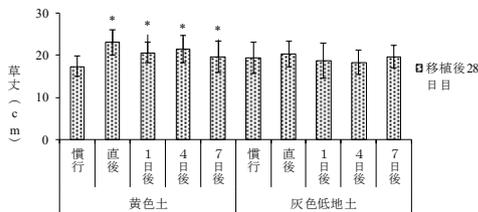


図7 TS50の分解期間が移植した植物の生育に与える影響(夏作)

注1) 垂線は標準偏差(n=0)

注2) Dunnettの多重比較(n=3)により、*: 5%水準で慣行区との間に有意差あり

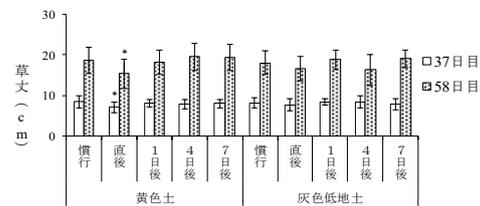


図6 TS50の土壌中での分解期間が発芽後の生育に与える影響(冬作)

注1) 垂線は標準偏差(n=0)

注2) Dunnettの多重比較(n=3)により、*: 5%水準で慣行区との間に有意差あり

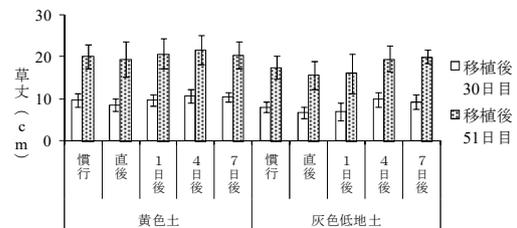


図8 TS50の分解期間が移植した植物の生育に与える影響(冬作)

注1) 垂線は標準偏差(n=0)

注2) Dunnettの多重比較(n=3)により、*: 5%水準で慣行区との間に有意差あり

1 施用量の検討

1) ナバナ

(1) 試験方法

試験は場内枠ほ場（1m×2m）で実施した。供試土壌は黄色土とし、供試材料としてナバナ「春華」を用いた。試験区はTS50の施用量50、100、150kg/a（1.5、3.0、4.5kgN/a）区に加え、慣行区としてIB化成肥料区（1.2kgN/a）と無窒素区を設けた。また、各試験区ともP₂O₅、K₂Oの施用量が1.2kg/aとなるように調整した。TS50は2017年9月8日に施用し、同年9月11日にナバナを播種した。栽培様式は、株間40cm、条間50cmの2条千鳥植えとし、1 枠 7 株の 2 反復とした。生育調査は2017年10月27日に行い、同年11月14日から12月21日までの間に適宜収穫を行った。

(2) 結果

10月27日の調査では、最大葉長は有意差がないもののTS50の施用量が多いほど大きくなる傾向であったが、葉色（GM値はミノルタ葉緑素計によるグリーンメーター値）についてはTS50施用量との関係は判然としなかった。収量については、TS50施用量との関係は判然としなかったが、慣行区がTS50施用区に比べやや多かったことから慣行区に用いたIB化成（肥効50日タイプ）による、収穫期の窒素供給による差が生じたものと考えられた。一方で、株重については、有意差がないもののTS50-150kg/a区が最も大きく、生育初期の窒素量が株の生育に影響を与えることが示唆された（表1）。各成分含量および吸収量についてはTS50を100kg/a以上施用することで、慣行区と同等であった（表2、3）。本試験ではTS50施用による土壌化学性および地下浸透

表1 施肥体系の違いがナバナの生育および収量に与える影響

試験区	10月27日		12月11日		
	葉長 (cm)	葉色 (GM)	収量 (kg/a)	株重 (kg/a)	株重 (kg/a)
TS50-50kg/a区	40.6 n.s.	26.7 n.s.	94.9 n.s.	726 n.s.	821 n.s.
TS50-100kg/a区	42.5 n.s.	24.9 n.s.	95.8 n.s.	715 n.s.	811 n.s.
TS50-150kg/a区	44.6 n.s.	24.6 n.s.	94.7 n.s.	777 n.s.	872 n.s.
慣行 (IB) 区	39.1	26.1	97.0	730	827
無窒素区	30.1 *	23.4 n.s.	42.7 n.s.	422 n.s.	465 *

注1) Dunnettの多重比較(n=2)により、*：5%水準で有意差あり、n.s.：有意差なし

表2 施肥体系の違いがナバナの各成分含量に与える影響

試験区	含量 (%)									
	N		P ₂ O ₅		Ca		Mg		K	
	花らい	茎葉	花らい	茎葉	花らい	茎葉	花らい	茎葉	花らい	茎葉
TS50-50kg/a区	6.0 n.s.	3.6 n.s.	2.0 n.s.	1.3 n.s.	0.9 n.s.	1.8 n.s.	0.3 n.s.	0.3 n.s.	4.7 n.s.	6.2 n.s.
TS50-100kg/a区	5.9 n.s.	3.9 n.s.	2.1 n.s.	1.2 n.s.	0.9 n.s.	2.0 n.s.	0.3 n.s.	0.3 n.s.	4.7 n.s.	5.6 n.s.
TS50-150kg/a区	5.9 n.s.	4.0 n.s.	2.1 n.s.	1.3 n.s.	1.0 n.s.	2.7 n.s.	0.3 n.s.	0.4 *	4.7 n.s.	5.8 n.s.
慣行 (IB) 区	5.4	3.8	2.0	1.4	1.0	1.5	0.2	0.2	4.5	5.5
無窒素区	5.0 n.s.	4.1 n.s.	1.9 n.s.	1.2 n.s.	0.9 n.s.	2.5 n.s.	0.3 n.s.	0.3 n.s.	4.8 n.s.	5.2 n.s.

注1) Dunnettの多重比較(n=2)により、*：5%水準で有意差あり、n.s.：有意差なし

表3 施肥体系の違いがナバナの各成分吸収量に与える影響

試験区	吸収量 (g/m ²)				
	N	P ₂ O ₅	Ca	Mg	K
TS50-50kg/a区	25.8	9.1	10.9	1.9	39.2
TS50-100kg/a区	27.7	8.9	12.4	1.9	37.3
TS50-150kg/a区	27.7	9.1	16.7	2.5	38.0
慣行 (IB) 区	27.8	10.0	9.8	1.5	37.0
無窒素区	15.4	4.8	8.3	1.0	19.7

注1) Dunnettの多重比較(n=2)により、5%水準で有意差なし

水化学性への影響についても検討しているため、追肥を行っていない。TS50を100kg/a以上施用することで株重や各成分の吸収量は十分に確保されていたことから、収穫期に追肥を行うことで慣行区と同程度の収量を得ることは可能であると考えられた。

以上のことから、ナバナ栽培におけるTS50の施用量は100～150kg/aが適正であり、適期に追肥を行うことで慣行肥料栽培と同等の収量が得られると考えられた。

2) 小ネギ

(1) 試験方法

試験は場内ビニルハウス（間口6m、長さ20m）で実施した。供試土壌は黄色土とし、供試材料として小ネギ「緑秀」を用いた。試験区はTS50-50kg/a+追肥区、TS50-100kg/a+追肥区、TS50-100kg/a区に加え、慣行区として有機配合肥料（里山10号）-1.3kgN/a+追肥区を設けた。各試験区ともP₂O₅:K₂O=1.7:1.6kg/aとなるように重焼リンとケイ酸カリで調整した。さらに、各試験区とも炭酸カルシウムを7kg/a施用した。TS50は

2015年10月18日に施用し、同年10月20日に播種をした。栽培様式は、条間15cmの播種機による播種（播種量800粒/m²）とし、2015年12月21日に硫酸で0.5kgN/a追肥を行った。かん水方法はハウス側面に配したサイドチューブによるサイドかん水とした。調査は同年12月2日、12月21日（追肥直前）と2016年1月11日に行い、1区8m²の2反復とした。

(2) 結果

12月21日までの調査では、TS50施用量の違いによる生育差は見られなかった。1月11日の調査では有意差がないもののTS50+追肥区の草丈が長くなっていた（表4）。収量についても、有意差がないもののTS50+追肥区が他の試験区を大きく上回っており、一本重についてはTS50施用区が慣行区に比べ有意に重かった（表5）。また、各成分含量をおよび吸収量については、TS50-50kg/10a区のカルシウム含量が慣行区に比べ有意に高く、その他の成分については有意差がないもののTS50+追肥区が他の試験区に比べて高い傾向であっ

表4 施肥体系の違いが小ネギの生育に与える影響(冬作)

試験区	12月2日		12月21日		1月11日	
	草丈 (cm)	葉鞘径 (mm)	草丈 (cm)	葉鞘径 (mm)	草丈 (cm)	葉鞘径 (mm)
TS50-50kg/a+追肥区	24.3	2.5	32.3	4.5	43.1	6.1
TS50-100kg/a+追肥区	24.3	2.4	30.7	4.0	42.5	5.2
TS50-100kg/a区	23.4	2.4	32.4	4.3	41.4	5.5
慣行+追肥区	23.0	2.4	28.9	3.9	38.4	5.0

注1) Dunnettの多重比較(n=2)により、5%水準で有意差なし

表5 施肥体系の違いが小ネギの収量に与える影響(冬作)

試験区	調製前		調製後	
	収量 (kg/a)	1本重 (g)	収量 (kg/a)	1本重 (g)
TS50-50kg/a+追肥区	220 n.s.	6.3 *	175 n.s.	5.1 *
TS50-100kg/a+追肥区	212 n.s.	5.2 *	171 n.s.	4.2 *
TS50-100kg/a区	177 n.s.	5.7 *	138 n.s.	4.4 *
慣行+追肥区	172	4.2	141	3.4

注1) Dunnettの多重比較(n=2)により、*: 5%水準で有意差あり、n.s.: 有意差なし

表6 施肥体系の違いが小ネギの各成分および吸収量に与える影響

試験区	N		P ₂ O ₅		Ca		Mg		K	
	含量 (%)	吸収量 (g/m ²)	含量 (%)	吸収量 (g/m ²)	含量 (%)	吸収量 (g/m ²)	含量 (%)	吸収量 (g/m ²)	含量 (%)	吸収量 (g/m ²)
TS50-50kg/a+追肥区	4.1 n.s.	7.2 n.s.	1.2 n.s.	2.1 n.s.	1.2 *	2.2 n.s.	0.4 n.s.	0.6 n.s.	4.7 n.s.	8.4 n.s.
TS50-100kg/a+追肥区	3.9 n.s.	6.7 n.s.	1.1 n.s.	2.1 n.s.	1.2 n.s.	1.9 n.s.	0.4 n.s.	0.7 n.s.	4.9 n.s.	8.3 n.s.
TS50-100kg/a区	3.5 n.s.	5.2 n.s.	1.1 n.s.	1.7 n.s.	1.1 n.s.	1.6 n.s.	0.4 n.s.	0.5 n.s.	4.9 n.s.	7.3 n.s.
慣行+追肥区	4.2	5.9	1.3	1.8	1.0	1.5	0.4	0.6	5.0	7.0

注1) Dunnettの多重比較(n=2)により、*: 5%水準で有意差あり、n.s.: 有意差なし

た（表6）。

以上のことから、小ネギ栽培におけるTS50の施用量は50～100kg/aが適正であり、基肥量に関わらず追肥を行うことで慣行肥料と同程度の収量が得られると考えられた。

2 現地実証試験

1) ナバナ

(1) 試験方法

試験は宇佐市院内町の生産者ほ場で実施した。供試土壌は灰色低地土とし、供試材料としてナバナ「華飾り」を用いた。試験区はTS50-100kg/a+追肥区、慣行区としてIB化成肥料（肥効50日タイプ）1.2kgN/a+追肥区を設けた。また、各試験区とも堆肥350kg/a、炭酸苦土石灰10kg/aを施用した。追肥は2017年12月9日、2018年1月15日、2月14日にそれぞれNK30号を2kg/a施用した。生育調査は2017年12月5に行い、収穫は2018年2月18日～3月9日の間に適宜行った。栽培様式は畦幅100cm、株間60cmとし、1区あたり1.5aの反復なしで行った。

(2) 結果

12月5日の調査では、最大葉長、GM値とも試験区間に差は見られなかった（表7）。収量、各成分吸収量に

表7 TS50の施用によるナバナの生育および収量への効果

試験区	12月5日		2月
	葉長 (cm)	葉色 (GM)	収量 (kg/a)
TS50区	39.6	32.9	111
慣行 (IB) 区	39.6	33.1	114

表8 TS50の施用によるナバナの各成分量および吸収量への効果

試験区	N		P ₂ O ₅		Ca		Mg		K	
	含量 (%)	吸収量 (g/m ²)	含量 (%)	吸収量 (g/m ²)	含量 (%)	吸収量 (g/m ²)	含量 (%)	吸収量 (g/m ²)	含量 (%)	吸収量 (g/m ²)
TS50区	4.4	1.4	1.4	0.4	2.4	0.7	0.3	0.1	5.0	1.5
慣行 (IB) 区	4.4	1.4	1.4	0.4	2.5	0.8	0.3	0.1	5.3	1.6

表9 栽培期間における土壌のpH、EC、無機態窒素含量

調査日	試験区	pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)	N-N (mg/100g)	A-N (mg/100g)
10月3日	TS50区	6.7	0.08	1.15	3.00
	慣行 (IB) 区	6.7	0.09	1.20	3.05
12月5日	TS50区	6.7	0.06	1.07	3.01
	慣行 (IB) 区	6.8	0.05	1.51	2.90

についても、試験区間に差は見られなかった（表8）。無機態窒素含量については、直前の12月5日時点では、慣行区の方が硝酸態窒素含量は高くなっていった（表9）。これは、TS50に比べIB化成の肥効が長いために生じたと考えられる。

2) 小ネギ

(1) 試験方法

試験は宇佐市の味一ネギトレーニングファーム内のビニルハウス（間口6m、長さ50m）で実施した。供試土壌は黄色土とし、供試植物として小ネギ「パワースリム」（夏作）、「若殿」（冬作）を用いた。試験区はTS50-100kg/a+追肥区、慣行区として有機配合肥料（里山10号）-3.0kgN/a+追肥区を設けた。また、各試験区とも重焼リン10kg/a、ケイ酸カリ5kg/a、セルカロング30kg/aを施用した。

夏作では、TS50を2017年7月5日に施用し、同年7月25日に播種をした。追肥は同年8月17日に硫加燐安4kg/a、8月29日に硫加燐安4kg/aを施用した。調査は同年8月31日、9月29日に行った。

冬作では、TS50を2017年11月17日に施用し、同年12月7日に播種をした。追肥は2018年1月4日に硫加燐安4kg/a、2月13日に硫加燐安4kg/aを施用した。調査は2018年2月28日、4月13日に行った。かん水方法は畝の上からかん水を行う頭上かん水を基本とし、適時ハウス側面に配したサイドチューブによるサイドかん水を行った。調査規模はハウス内ほ場を4分割し、1区45m²の2反復とした。

表10 TS50の施用による小ネギの生育への効果(夏作)

試験区	8月31日		9月29日	
	草丈 (cm)	葉鞘径 (mm)	草丈 (cm)	葉鞘径 (mm)
TS50区	29.8	3.0	57.1	5.8
慣行区	28.8	2.9	53.8	5.8
t検定結果	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

注1) t検定により、*：5%水準で有意差あり、
n.s.：有意差なし

表11 TS50の施用による小ネギの収量への効果(夏作)

試験区	調製前		調製後	
	収量 (kg/a)	1本重 (g)	収量 (kg/a)	1本重 (g)
TS50区	245	8.9	179	6.4
慣行区	214	8.4	146	5.2
t検定結果	*	n.s.	*	*

注1) t検定により、*：5%水準で有意差あり、
n.s.：有意差なし

表12 TS50の施用による小ネギの各成分含量および吸収量への効果(夏作)

試験区	N		P ₂ O ₅		Ca		Mg		K	
	含量 (%)	吸収量 (g/m ²)	含量 (%)	吸収量 (g/m ²)	含量 (%)	吸収量 (g/m ²)	含量 (%)	吸収量 (g/m ²)	含量 (%)	吸収量 (g/m ²)
TS50区	3.3	6.9	0.9	1.9	1.4	2.8	0.2	0.5	4.0	8.3
慣行区	3.4	6.3	1.0	1.8	1.4	2.5	0.2	0.4	4.1	7.4
t検定結果	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*

注1) t検定により、*：5%水準で有意差あり、n.s.：有意差なし

表13 TS50の施用による小ネギの生育への効果(冬作)

試験区	2月28日		4月13日	
	草丈 (cm)	葉鞘径 (mm)	草丈 (cm)	葉鞘径 (mm)
TS50区	22.8	2.7	52.2	5.2
慣行区	22.4	2.7	51.9	5.2
t検定結果	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

注1) t検定により、*：5%水準で有意差あり、
n.s.：有意差なし

表14 TS50の施用による小ネギの収量への効果(冬作)

試験区	調製前		調製後	
	収量 (kg/a)	1本重 (g)	収量 (kg/a)	1本重 (g)
TS50区	444	8.0	359	6.5
慣行区	424	7.8	340	6.2
t検定結果	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

注1) t検定により、*：5%水準で有意差あり、
n.s.：有意差なし

表15 TS50の施用による小ネギの各成分含量および吸収量への効果(冬作)

試験区	N		P ₂ O ₅		Ca		Mg		K	
	含量 (%)	吸収量 (g/m ²)	含量 (%)	吸収量 (g/m ²)	含量 (%)	吸収量 (g/m ²)	含量 (%)	吸収量 (g/m ²)	含量 (%)	吸収量 (g/m ²)
TS50区	3.3	14.1	1.0	4.4	1.5	6.6	0.3	1.3	4.0	17.1
慣行区	3.2	13.5	1.0	4.1	1.0	4.3	0.3	1.1	4.1	16.9
t検定結果	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

注1) t検定により、*：5%水準で有意差あり、n.s.：有意差なし

(2) 結果

夏作では、TS50区と慣行区の生育差は判然としなかった(表10)。収量については、TS50区は慣行区を有意に上回り、調製後1本重についてもTS50区の方が有意に重かった(表11)。各成分含量については試験区間に差は見られなかったが、吸収量についてはカリウムのみTS50区の方が有意に多くなっていた(表12)。

冬作では、TS50区と慣行区の生育差は判然としなかった(表13)。収量および一本重については有意差がないもののTS50区の方がやや高かった(表14)。各成分含量および吸収量については有意差が見られなかったものの、吸収量についてはTS50区の方が多い傾向があった(表15)。

以上の結果から、TS50を基肥代替として100kg/a施用することで、慣行栽培と同等以上の収量が得られ

ると考えられた。また、TS50の施用による増収効果は特に夏作で高いことが示唆された。

V 土壌・地下浸透の化学性に与える影響

TS50の施用による環境への影響を確認するために、場内枠ほ場を用いて、土壌化学性や地下浸透水化学性に与える影響について検討した。

1 試験方法

試験は場内枠ほ場(1m×2m)で実施した。供試土壌は黄色土とし、供試材料としてナバナ「華飾り」を用いた。試験区はTS50の施用量70、150、300kg/a(2.1、4.5、9.0kgN/a)区に加え、IB化成肥料区(1.2kgN/a)と

無窒素区を設けた。また、各試験区ともP₂O₅、K₂Oの施肥量が1.2kg/aとなるように調整した。調査項目は栽培前後の土壌化学性、TS50施用後の地下浸透水化学性（深さ25cmおよび50cm）、植物の生育量とした。TS50は2016年9月30日に施用し、その1週間後にナバナを播種した。栽培様式は、株間40cm、条間50cmの2条千鳥植えとし、1枠7株の2反復とした。

2 結果

1) 土壌化学性

表16に栽培前後の土壌化学性を示した。TS50の施用量が多い試験区ほど、栽培後の土壌pHが下がる傾向にあり、TS50施用量の最も多い300kg/a区では栽培前の土壌pHは7.0であったが、栽培終了後には6.5となり有意に低くなった。しかし、TS50施用によるCECや可

表16 栽培前後の土壌化学性

試験区	pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)	Av-P (mg/100g)	CEC (me/100g)	Ex-Ca (me/100g)	Ex-Mg (me/100g)	Ex-K (me/100g)
TS50-70kg/a	7.1 n.s.	0.06 n.s.	46.6 n.s.	17.3 n.s.	10.9 n.s.	2.9 n.s.	1.8 n.s.
TS50-150kg/a	7.0 n.s.	0.05 n.s.	50.4 *	17.3 n.s.	10.0 n.s.	2.8 n.s.	2.0 n.s.
TS50-300kg/a 作前	7.0 n.s.	0.05 n.s.	47.5 n.s.	17.7 n.s.	9.4 n.s.	2.7 n.s.	2.2 n.s.
慣行区	7.0	0.05	40.8	17.2	11.1	2.5	1.6
無窒素区	7.2 n.s.	0.05 n.s.	43.5 n.s.	17.4 n.s.	11.6 n.s.	2.9 n.s.	2.1 n.s.
TS50-70kg/a	7.0 n.s.	0.05 n.s.	46.1 n.s.	17.5 n.s.	10.8 n.s.	2.8 n.s.	1.8 n.s.
TS50-150kg/a	6.7 n.s.	0.06 n.s.	50.0 *	18.2 n.s.	9.9 n.s.	2.8 n.s.	1.9 n.s.
TS50-300kg/a 作後	6.5 *	0.05 n.s.	47.1 n.s.	18.0 n.s.	9.3 n.s.	2.6 n.s.	2.2 n.s.
慣行区	6.8	0.04	40.4	17.3	11.0	2.5	1.6
無窒素区	7.2 *	0.05 n.s.	43.1 n.s.	17.3 n.s.	11.4 n.s.	2.9 n.s.	2.0 n.s.

注1) 作前と作後それぞれにおけるDunnettの多重比較 (n=2) により、

*: 5%水準で有意、n.s.: 有意差なし

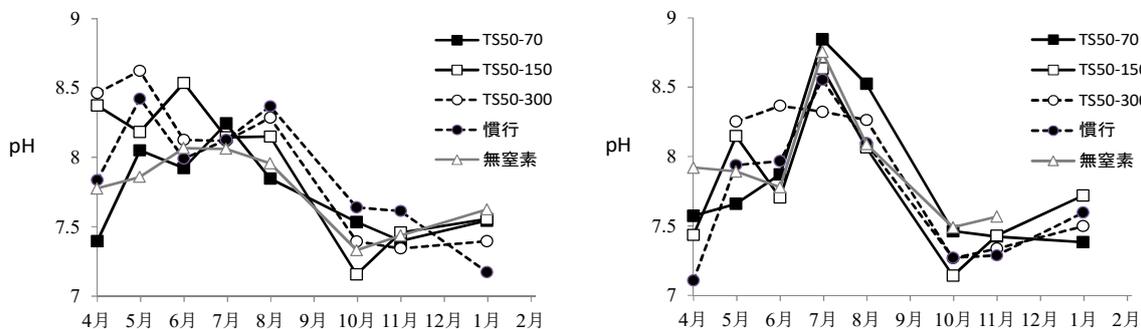


図9 地下浸透水中のpHの推移 (左 25cm、右 50cm)

注1) 9/30にTS50を施用

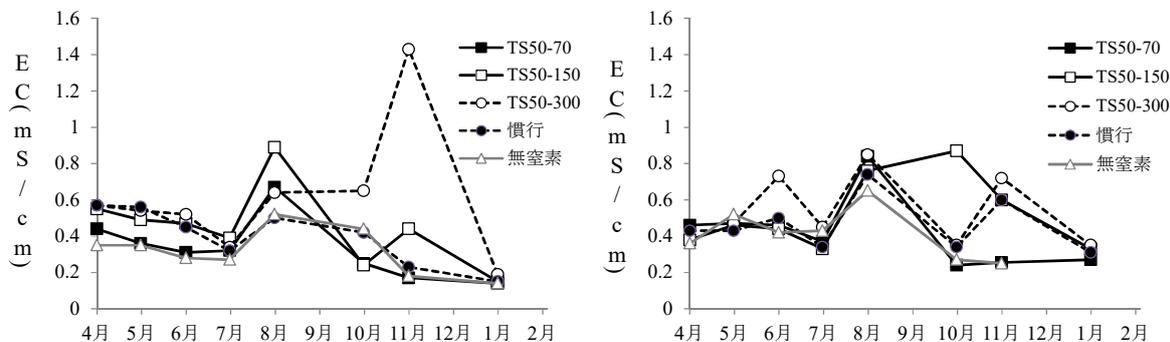


図10 地下浸透水中のECの推移 (左 25cm、右 50 c m)

注1) 9/30にTS50を施用

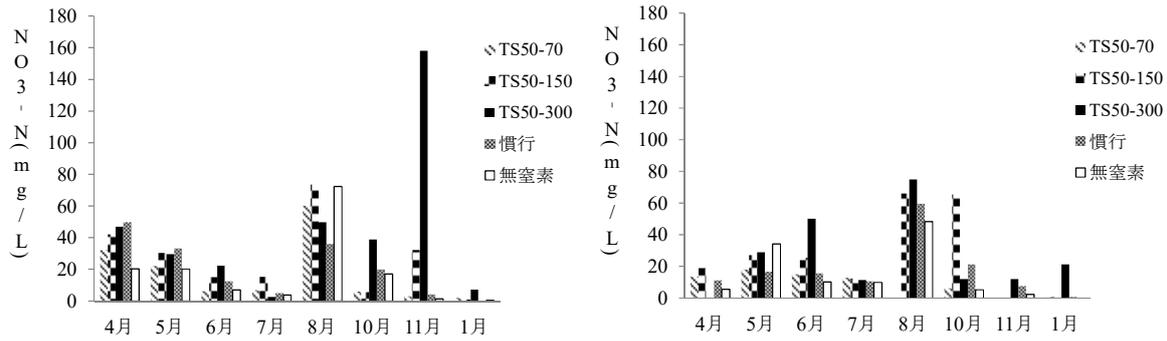


図11 地下浸透水中の硝酸態窒素濃度 (左 25cm、右 50cm)

注1) 9/30にTS50を施用

表17 TS50施用後の地下浸透水COD (単位: mg/L)

試験区	TS50-70区	TS50-150区	TS50-300区	慣行区	無窒素区
25cm	4.8	5.1	9.4	7.9	7.1
50cm	7.1	6.2	5.4	7.0	6.0

注1) 10月中の地下浸透水を分析

試験区	11月2日		11月21日		1月17日
	葉長 (cm)	葉色 (GM)	葉長 (cm)	葉色 (GM)	刈り取り量 (kg/a)
TS50-70	19.4	30.1	43.8	33.8	89
TS50-150	20.4	31.6	44.1	34.7	91
TS50-300	19.7	31.2	40.6	35.5	85
慣行 (IB) 区	17.7	30.9	41.3	31.5	93
無窒素区	14.3	29.5	34.4	33.5	73

表18 TS50の多量施用がナバナの生育に与える影響

注1) Dunnettの多重比較 (n=2) により、5%水準で有意差なし

給態リン酸への影響は見られなかった。

2) 地下浸透水化学性

TS50の施用やその施用量の違いによるpHへの影響は見られなかった(図9)。一方で、ECおよび硝酸態窒素濃度については、TS50の施用量が150、300kg/a区では高くなる時期があった(図10、11)。TS50施用量が300kg/a区では、深さ25cmのCOD(化学的酸素消費量)が他の試験区に比べ高かった(表17)。

3) ナバナの収量に与える影響

有意差がないもののTS50の施用量が70kg/aに比べると150kg/a区は収量が増加し、300kg/aまで増やした場合、70kg/aよりも低くなる傾向があった(表18)。

以上のことから、TS50は多量に施用すると栽培後

の土壌pHを低下させ、環境負荷が大きくなるだけでなく、植物の生育を抑制する可能性が示唆された。そのため、TS50の1回あたりの施用量は100kg/aが妥当であると判断した。

VI 総合考察

近年、持続可能な農業生産へのニーズが高まっており、地域資源循環を取り入れた肥培管理技術の普及が急務となっている。焼酎粕の処理工程で発生する大麦焼酎粕濃縮液TS50は窒素3%、リン酸1%、カリウム1%を含んでおり、肥料活用が期待できる資材である。本報告では、TS50を肥料として農業現場で活用するために、肥効特性、植物に与える影響、栽培適応品目、栽培土壌および地下浸透水の化学性に与える影響について検討した。

まず、保温静置培養法にてTS50に含まれる有機態窒素の無機化特性について検討した結果、無機化のピークは、施用直後から1週間までの間であることが明らかになった。また、その後は緩やかに無機化が進み、最大無機化率は水田条件では60~70%、畑条件では40~50%であることが明らかになった。以上のように、TS50の無機化は速やかに進むため、可給態窒素量の増加は期待できないと考えられた。

TS50の植物に対する発芽と生育への影響についてコマツナを用いて検討した。夏作ではTS50施用直後に播種した場合、発芽率がやや低下した。また季節に関わらず、TS50の施用から4日以内栽培した場合、慣行区に比べてやや生育が劣る場合があった。しかし、TS50施用7日後には、発芽や生育の抑制は確認されず、常に慣行区と同等以上の生育であった。畑中らには有機態窒素を豊富に含有する資材はその分解過程において植物に害を与える可能性があるとして述べている(畑中、

窪田²⁾。TS50の有機物分解は施用直後から7日までがピークであることから、TS50施用による植物への影響は土壌施用直後から数日の間に限られると考えられた。

栽培適用品目については、TS50が宇佐市の工場で発生することから輸送コスト等を考慮し、宇佐市で栽培されている小ネギとナバナについて検討した。TS50を基肥代替として施用し、生育および収量を慣行栽培と比較することによってその適用性を判断した。

小ネギの栽培では、TS50の基肥施用量は50～100kg/aの間で生育および収量が確保されるが、基肥量ではなく追肥の有無が収量に大きく影響することが明らかになった。現地試験では、TS50を100kg/a施用することで、慣行区に対して夏作では1.23倍、冬作では1.06倍の収量が得られた。藤谷、小野³⁾は小ネギ栽培では生育の初期に行う多量のかん水が施肥窒素の利用率を下げる要因となっていると述べている。TS50は慣行肥料に比べ有機態窒素含量が高く、かん水による肥料成分の移動を抑えることができたと予想される。そのため、特にかん水量の多い夏作で増収が顕著であったと考えられた。

ナバナの栽培では、TS50の基肥施用量を50kg/aから150kg/aまで増やすことで、最大葉長が長くなり、株重についても大きくなる傾向があった。ところが、土壌・地下浸透水化学性へ与える影響について調査した結果、TS50の施用量が150kg/aを超える場合に、土壌pHの低下や、地下浸透水中のECおよび硝酸態窒素濃度の上昇が確認された。そこで、生育および環境の両面への影響を考慮し、TS50の施用量は100kg/aとした。その結果、TS50施肥体系では、IB化成を用いた慣行施肥体系と同等の生育および収量が得られた。

TS50の施用による土壌化学性への影響については、栽培後土壌pHの低下のみ確認されており、窒素成分のほとんどが有機態であるものの、土壌改良効果は期待できないため、堆肥等の土づくりは別途行う必要があると考えられた。

以上のことから、TS50は基肥代替として肥料活用が可能であることが明らかになった。しかし、植物および環境への影響を回避するために、施用時期は播種または移植の1週間前とすること、1回あたりの施用量は100kg/aとすることが必要であると考えられた。また、TS50に含まれる有機物は分解が速いため、堆肥等による土づくりは必要である。

引用文献

- 1) 独立行政法人農林水産消費安全技術センター.『植物に対する害に関する栽培試験の方法・解説』.(2017)
- 2) 畑中博英・窪田泰之. 未利用有機物資源の堆肥化と利用技術. 石川県農業総合研究センター研究報告(2002); 24: 17-24.
- 3) 藤谷信二・小野忠. 小ネギ圃場の塩類集積と施肥改善.九州農業研究土壌肥料部会.(2005); 67: 54.
- 4) 一般財団法人日本土壌協会.『土壌機能モニタリング調査のための土壌、水質及び植物体分析法』.(2001)
- 5) 一般財団法人畜産環境整備機構.『家畜ふん尿処理・利用の手引き』.(2004)

Studies on Utilization of Concentrated Liquid Form Barley Shochu Distillery By-products (TS50) as Manure

Akiyoshi MORISAKI, Yukiyo KANEMARU, Hirokazu HANIYA and Mitsuhide TAMAI

Summary

In this study, we evaluated manure characteristic and application effect of liquid form barley Shochu distillery by-products (TS50) which derived from a major brewing maker of Usa City, Oita to make recycle of rural resources. The Nitrogen mineralization of the organic nitrogen included in TS50 became the most one week after application, and the highest mineralization rate was 40-50% for field condition and 60-70% for paddy field condition. TS50 had possibility of inhibiting germination and plant growth after application for less than four days. As a result of having examined colza and young welsh onion, it revealed that a yield at the same level as cultivation by conventional manure was provided by making TS50 100kg/a application as base manure. But the soil pH decline and the infiltrated soil water electrical conductivity (EC) increase were seen when TS50 was applied more than 150kg an are.