植物発酵エキス製造工程で発生する“残渣”の養豚用飼料開発と事業化研究会

（研究期間：令和5～6年度）

暁酵素産業株式会社
サイタホールディングス株式会社
福岡県農林業総合試験場
九州大学大学院農学研究院
杉畜産
秋山農場

R7.07.03　研究成果発表会

会社紹介

暁酵素産業㈱

■ 会社概要

会社名	暁酵素産業株式会社
代表取締役社長	林田博昭
設立	昭和49年(1974年)4月
資本金	1,000万円

■ 主な所在地

本社：福岡市博多区麦野6-24-2
工場：三井郡大刀洗町栄田456-3

■ 事業内容

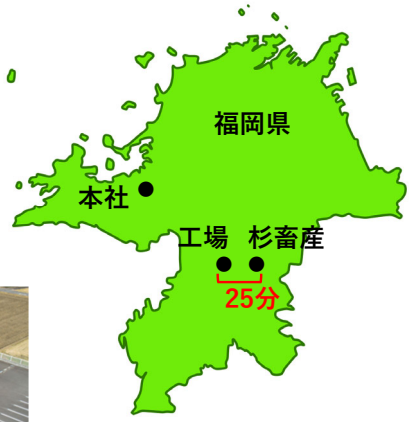
酵素関連製品の製造・開発・販売
主にOEMで提供

https://akatsukikoso.com/

本社

大刀洗町工場

製品（植物発酵エキス）



製造過程(撹拌)

従来の残渣処理方法

暁酵素

植物発酵エキス製造で発生する
残渣　約70t/年

堆肥原料
無償提供

耕種農家

堆肥化後、露地野菜に施用
（土壌改良剤）

■ 堆肥にするのはもったいない

- 食用可能
- 内容物の把握が容易
- 炭水化物が豊富
- 発酵資材

■ 飼料への再生利用が最優先
（食品リサイクル法）

養豚用飼料として商品化したい

循環型社会に貢献したい

目標

暁酵素

植物発酵エキス 残渣
約70t/年、50千/tで販売
3,500千円増収

豚の補助飼料
有償提供

有用な豚飼料となるか

販売に向けた対応

規格外OK

製品原材料
有償提供

養豚業者

2600頭/年生産
飼料効率改善
ブランド化による価格5%UP
豚糞堆肥の販売
9,800千円増収

糞尿発酵処理物
有償提供

残渣堆肥から変更可能か

耕種農家

豚糞堆肥を 露地野菜に施用
・堆肥化処理不要
・化学肥料節減
900千円節約

課題

課題 A
養豚用飼料としての適正評価

① 飼料成分分析

② 飼料の保存性調査

③ 関連法規調査

課題 B
肥育豚への給与技術確立

① 給与法の確立

② 産肉性の調査
飼養コストの調査

③ 肉質の分析

課題 C
肥育豚の健康維持・向上

① 腸内細菌叢の分析

② 糞中ムチン含量

③ 内臓廃棄率の調査

課題 D
繁殖豚への給与技術確立

① 給与法の確立

② 繁殖成績の調査

課題 E
製品化・事業化

① 製造工程・流通

② 保管施設・コスト

課題 F
豚糞堆肥への移行

① 豚糞堆肥の施用

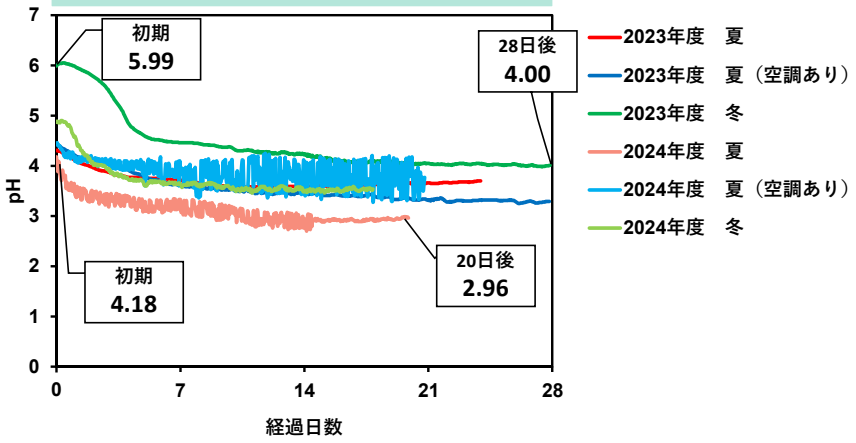
課題 A　養豚用飼料としての適正評価　① 飼料成分分析

植物エキス残渣の理化学成分

採材日		2024/4/28	2024/7/1	2024/10/31	2025/1/15
乾物率	%	38.4	37.4	35.2	39.0
粗たんぱく質	%	2.3	2.6	4.0	3.7
粗脂肪	%	0.5	0.7	0.1	0.1
粗繊維	%	2.4	3.4	-	-
αNDFom	%	-	-	6.9	8.3
ADFom	乾物%	4.3	6.1	5.3	4.4
粗灰分	%	2.5	3.5	2.6	2.3
可溶性無窒素物	%	92.4	89.9	-	-
非線維性炭水化物	%	-	-	86.4	85.6
単・小糖類	%	-	-	61.0	62.6
Βカロテン	㎎/乾物kg			10.7	7.1
ｐH		-	-	4.09	6.28
糖度		-	-	31.6	34.6

課題 A　養豚用飼料としての適正評価　　② 飼料の保存性調査

保存中残渣のpH推移



2024年　夏　空調あり保存

排出から12日経過後給与

豚が軟便になったとの報告

※水様便ではなく、経営者からも異常なしと判断された。

2023年 夏 空調なし保存 9日経過後給与問題なし
2023年 夏 空調あり保存 10日経過後給与問題なし
2024年 夏 空調なし保存 12日経過後給与問題なし

2024年度　夏

消費期限：最大10日

課題 A　養豚用飼料としての適正評価　　③ 関連法規の調査

■ **FAMIC飼料登録完了**

① 食品循環資源利用飼料製造事業場適合状況確認届
② 飼料製造業者届

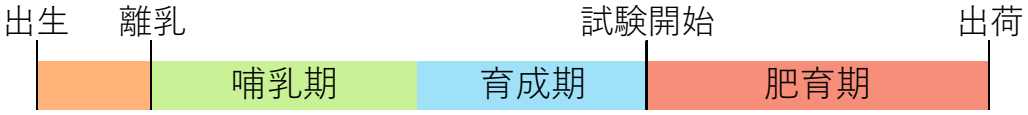
■ **飼料における品質管理分析項目把握**

大腸菌、サルモネラ菌、アフラトキシンB1(カビ毒)

■ **廃棄物運搬に関する規則確認**

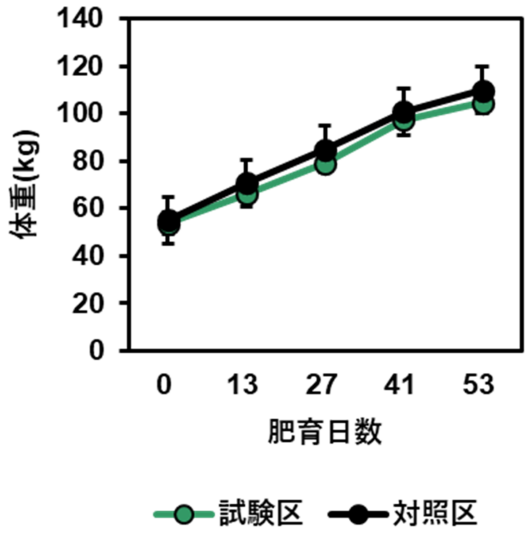
課題 B　肥育豚への給与技術の確立　　試験条件

	2023年度　試験	2024年度　試験
品種	LWD（三元豚）	
合計試験頭数	19頭（雌雄混合）	6頭（雌のみ）
対照区頭数 （配合飼料のみ）	10頭（雌：7、去勢：3）	3頭（雌）
試験区頭数 （配合飼料＋残渣）	9頭（雌：６、去勢：3）	3頭（雌）
試験期間 （肥育期～出荷まで）	75日間（10/6-12/20）	52日間（5/16-7/7）
残渣給与量（無加工）	0.5kg/日/頭	0.25kg/日/頭
備考	試験区と対照区で母豚が異なる	試験区と対照区で母豚が同じ



課題 B　肥育豚への給与技術の確立

肥育豚の体重推移（2024年度）



平均値±標準誤差(n=3)

肥育豚舎

課題 B　肥育豚への給与技術の確立

植物エキス残渣を給与した肥育豚の産肉成績

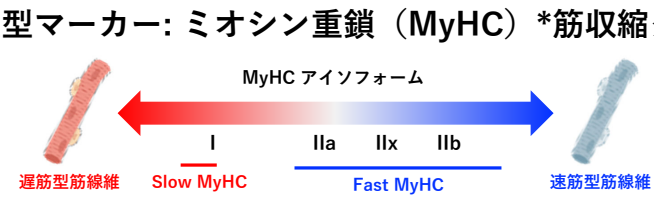
	増体量 (kg/頭)	配合飼料量 (kg/3頭)	残飼量 (kg/3頭)	植物発酵エキス残渣量 (kg/3頭)	総給与量 (kg/3頭)	飼料要求率 (kg)	飼料効率 (%)
対照区	54.9	540	2.25	0	537.75	3.26	30.6
試験区	50.8	540	0.34	39	578.66	3.79	26.4

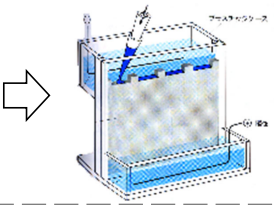
注）増体量：肥育開始時から終了時まで52日の平均増体量(n=3)
植物発酵エキス残渣量：0.25kg/頭/日
飼料要求率：総給与量（kg/頭）/増体量（kg/頭）
飼料効率：増体量（kg/頭）/総給与量（kg/頭）

課題 B　肥育豚への給与技術の確立　　③ 肉質の分析-筋線維型 1

遅筋型筋線維は筋内脂肪滴含量や遊離アミノ酸含量が速筋型より豊富であるため、「高品質」である。
本解析は、残渣試料供試による筋線維型の変化を、マーカータンパク質の発現パターンで評価する。

筋線維型マーカー: ミオシン重鎖（MyHC）*筋収縮タンパク質

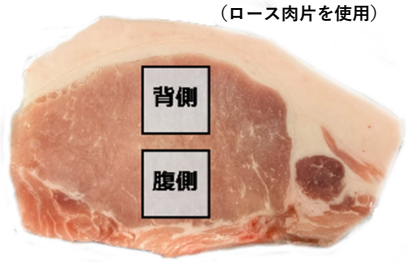




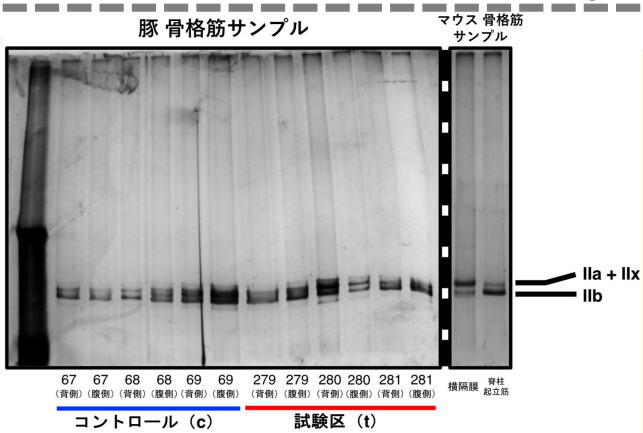
ゲル電気泳動法にて
試料中のミオシン重鎖の
発現パターンを調べる

23年度の結果と考察

解析に用いるサンプリング箇所
（ロース肉片を使用）



背側、腹側ともに 1 cm 角に切り出し、
タンパク質を抽出、精製して電気泳動へ供試した



コントロールと試験区の間で、筋線維型組成の顕著な違いは捉えられなかった

- ✓ アイソフォームの分離度合いが鮮明ではない
- ✓ MyHC I も検出できなかった

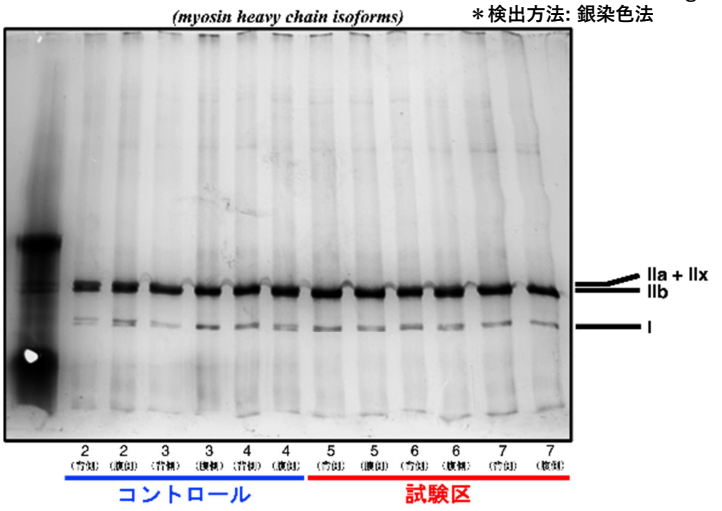
➢ PAGEの技術改良とともに、MyHC アイソフォームごとの詳細な発現量解析を行うため、定量 PCR 解析にも着手する

課題 B　肥育豚への給与技術の確立　　③ 肉質の分析-筋線維型 2

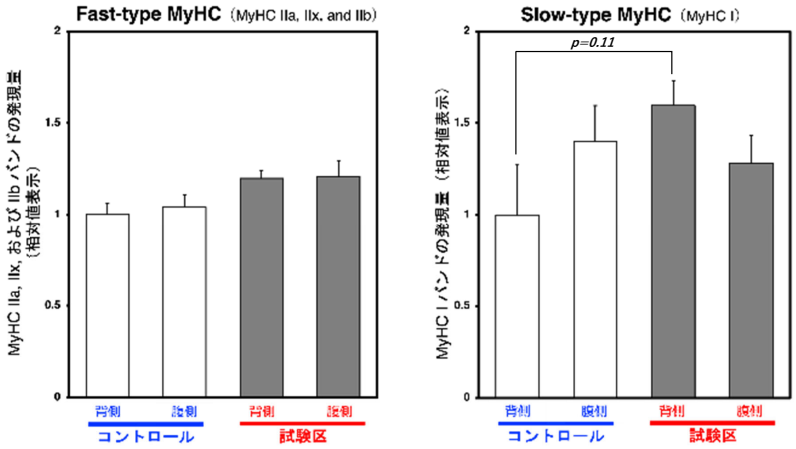
24年度の結果と考察; サンプリングは 23 年度と同様である

SDS-PAGE
(myosin heavy chain isoforms)

＊試供タンパク質: 200 ng
＊検出方法: 銀染色法



デンシトグラム解析 *各実験区のバンド強度を数値化



試験区では、コントロール区に比べて MyHC I タンパク質の発現レベルが高くなる傾向が示唆された

✓ **残渣の供試によって筋線維型が「遅筋化」へシフトすることが期待できる**

- 定量 PCR 解析では、上記の解析と同様に MyHC I の mRNA 発現レベルが試験区でコントロールより高い傾向があった
- また、Fast-type MyHC のうちで最も遅筋型な特徴をもつ MyHC IIa の mRNA 発現レベルも試験区でコントロールより高い傾向があった

課題 B　肥育豚への給与技術の確立　　③ 肉質の分析-アミノ酸分析

豚肉の遊離アミノ酸量（μmol/g）

	対照区	植物エキス残渣給与区	
アスパラギン酸	0.14	0.16	
グルタミン酸	1.90	1.85	
アミノアジピン酸	0.30	0.36	
ヒドロキシプロリン酸	0.17	0.21	
セリン	0.29	0.36	
アスパラギン	0.19	0.22	
グリシン	1.37	1.55	
グルタミン	1.84	1.89	
βアラニン	0.05	1.31	*
タウリン	2.97	2.85	
ヒスチジン	0.27	0.38	*
シトルリン	0.14	0.22	*
トレオニン	0.31	0.39	
アラニン	1.99	2.15	

	対照区	植物エキス残渣給与区	
カルノシン	33.34	38.27	
プロリン	0.50	0.62	
アンセリン	0.95	1.25	*
チロシン	0.76	0.92	
バリン	0.31	0.03	*
メチオニン	0.17	0.22	
シスタチオニン	0.14	0.18	
イソロイシン	0.21	0.22	
ロイシン	0.36	0.39	
フェニルアラニン	0.27	0.33	
トリプトファン	0.09	0.12	
オルニチン	0.12	0.07	
リシン	0.44	0.43	
総アミノ酸量	49.6	57.0	

平均値（n=3）
＊（T.TEST , $p<0.05$）

課題 C　肥育豚の健康維持・向上　　① 腸内細菌叢「種」レベルでの多様性解析 1

2023年度

Species Diversity Results（細菌種の多様性）

Shannon Species Diversity measures the entropy of Species-level classifications in the sample.

（シャノン生物種多様性は、検体中の種レベルにおける生物多様性を定量化するために利用しています。）

http://en.wikipedia.org/wiki/Shannon-Wiener_index を参照

検体	区	シーケンスリード数	属レベルに分類されたシーケンスリード (%)	「種」レベルでの多様性（シャノン生物種多様性）	t-test（対照区 vs. 試験区）	同定された「種」の数
回腸-1		34682	90.02%	**1.689**		218
回腸-2	対照区	49950	90.42%	**1.774**		320
回腸-3		42612	88.61%	**1.970**	0.001	327
回腸-4		54189	91.45%	**0.943**		319
回腸-5	試験区	28992	87.41%	**0.814**		106
回腸-6		56348	86.79%	**0.976**		270
盲腸-1		40724	90.46%	**3.359**		494
盲腸-2	対照区	43354	85.43%	**3.538**		528
盲腸-3		51332	87.41%	**3.453**	0.395	528
盲腸-4		49628	81.95%	**3.428**		600
盲腸-5	試験区	30788	80.87%	**3.331**		513
盲腸-6		53464	81.80%	**3.419**		601

「種」レベルでの多様性は、盲腸 > 回腸で、盲腸では「対照区 = 試験区」でしたが、回腸では「対照区 > 試験区」でした。回腸において「対照区 > 試験区」となったことが良いことなのか、悪いことなのかを調査する必要があります。

課題 C　肥育豚の健康維持・向上　　① 腸内細菌叢「種」レベルでの多様性解析 2

2024年度

Species Diversity Results（細菌種の多様性）

Shannon Species Diversity measures the entropy of Species-level classifications in the sample.

（シャノン生物種多様性は、検体中の種レベルにおける生物多様性を定量化するために利用しています。）

http://en.wikipedia.org/wiki/Shannon-Wiener_index を参照

検体	区	シーケンスリード数	属レベルに分類されたシーケンスリード (%)	「種」レベルでの多様性（シャノン生物種多様性）	t-test（対照区 vs. 試験区）	同定された「種」の数
回腸-1		152959	89.18%	1.517		567
回腸-2	対照区	156007	74.55%	1.067		499
回腸-3		183243	72.78%	0.336	0.435	424
回腸-4		81467	94.29%	1.315		366
回腸-5	試験区	207816	73.31%	1.300		512
回腸-6		132957	55.72%	1.204		331
盲腸-1		169197	86.05%	3.113		831
盲腸-2	対照区	179091	82.15%	2.629		836
盲腸-3		115324	85.45%	3.182	0.666	754
盲腸-4		97710	91.07%	2.886		562
盲腸-5	試験区	165995	90.48%	3.051		726
盲腸-6		99412	86.67%	2.708		591

「種」レベルでの多様性は、盲腸 > 回腸であることに変わりはありませんでしたが、対照区と試験区間における多様性の差異が見られませんでした。

課題 C　肥育豚の健康維持・向上　　① 腸内細菌叢「属」レベルでの細菌叢解析

2023年度（t-test 対照区vs.試験区）

回腸

Genus（属）	対照区			試験区			t-test_2024-1
	2024-1_回腸-1	2024-1_回腸-2	2024-1_回腸-3	2024-1_回腸-4	2024-1_回腸-5	2024-1_回腸-6	
Actinobacillus	14.702	4.807	11.832	0.273	0.000	1.113	0.075
Cellulosilyticum	0.000	0.258	0.244	15.544	0.990	7.583	0.202
Clostridium_sensu_stricto	7.070	30.372	23.287	22.754	33.751	16.643	0.655
Enterococcus	8.333	0.170	1.812	0.000	0.000	0.000	0.302
Escherichia/Shigella	35.027	25.614	26.507	25.850	0.166	27.128	0.326
Holdemanella							
Klebsiella							
Lactobacillus							
Mycoplasma	0.000	0.000	0.000	0.000	3.753	5.858	0.202
Romboutsia	1.453	3.918	1.899	8.520	24.600	9.477	0.150
Romboutsia							
Streptococcus							
Sutterella	3.642	8.557	7.310	0.000	0.000	0.000	0.048
Terrisporobacter	0.458	2.691	1.715	4.997	12.186	4.724	0.138
Turicibacter	7.451	0.605	1.145	2.978	7.530	3.372	0.590
Others	21.864	23.009	24.249	19.083	17.025	24.102	0.291

盲腸

Genus（属）	対照区			試験区			t-test_2024-1
	2024-1_盲腸-1	2024-1_盲腸-2	2024-1_盲腸-3	2024-1_盲腸-4	2024-1_盲腸-5	2024-1_盲腸-6	
Alloprevotella	5.326	4.763	5.077	1.942	2.494	9.072	0.832
Bacteroides	2.212	2.200	2.324	1.765	1.731	2.641	0.572
Butyricimonas	0.724	3.146	1.736	2.698	0.744	1.038	0.707
Campylobacter	4.734	0.593	4.790	0.189	0.000	1.551	0.173
Catabacter	1.648	1.921	1.354	3.373	5.034	4.444	0.023
Clostridium_IV	0.243	0.676	0.205	3.025	3.550	2.100	0.018
Clostridium_sensu_stricto	1.031	6.142	4.929	0.768	1.579	1.683	0.220
Clostridium_XlVa	1.994	2.263	1.036	4.308	5.005	2.377	0.096
Escherichia/Shigella							
Eubacterium	1.115	2.046	1.327	6.228	5.840	5.295	0.000
Gemmiger							
Intestinimonas	0.631	1.825	0.647	1.876	1.549	1.442	0.272
Lactobacillus	15.561	1.010	7.773	0.206	0.458	0.533	0.208
Oscillibacter	0.936	1.748	1.118	1.856	1.676	1.936	0.143
Parabacteroides	0.972	1.368	1.013	2.664	2.371	1.266	0.138
Phascolarctobacterium	3.445	3.308	2.533	1.870	1.562	2.817	0.104
Prevotella	20.359	13.254	18.168	9.172	3.180	7.296	0.019
Romboutsia							
Streptococcus							
Terrisporobacter	0.909	2.011	0.863	0.574	0.861	1.728	0.707
Treponema	0.619	4.523	4.510	3.498	2.991	2.166	0.826
Others	37.541	47.202	40.598	53.988	59.374	50.613	0.029

2024年度（t-test 対照区vs.試験区）

回腸

Genus（属）	対照区			試験区			t-test_2024-7
	2024-7_回腸-1	2024-7_回腸-2	2024-7_回腸-3	2024-7_回腸-4	2024-7_回腸-5	2024-7_回腸-6	
Actinobacillus	1.308	2.862	0.174	4.874	9.964	9.385	0.036
Cellulosilyticum							
Clostridium_sensu_stricto	34.203	14.168	5.479	6.605	33.539	14.810	0.976
Enterococcus							
Escherichia/Shigella	23.404	32.067	70.207	21.430	34.441	11.213	0.311
Holdemanella	4.486	0.032	0.070	0.003	0.002	0.011	0.411
Klebsiella	0.001	0.002	0.009	0.331	0.035	11.780	0.405
Lactobacillus	0.289	0.366	0.225	21.722	0.419	1.353	0.391
Mycoplasma							
Romboutsia	10.990	21.983	10.989	0.230	2.625	11.368	0.118
Romboutsia							
Streptococcus	0.476	7.876	0.373	37.231	1.899	3.264	0.435
Sutterella							
Terrisporobacter	8.352	4.501	7.150	0.076	1.750	2.250	0.024
Turicibacter	0.529	4.408	2.104	0.251	9.845	29.290	0.334
Others	15.962	11.735	3.220	7.247	5.480	5.277	0.369

盲腸

Genus（属）	対照区			試験区			t-test_2024-7
	2024-7_盲腸-1	2024-7_盲腸-2	2024-7_盲腸-3	2024-7_盲腸-4	2024-7_盲腸-5	2024-7_盲腸-6	
Alloprevotella	0.632	0.377	3.748	9.891	5.056	1.575	0.242
Bacteroides	14.775	2.253	1.214	1.579	1.482	0.754	0.385
Butyricimonas							
Campylobacter	0.119	8.236	2.292	0.006	0.280	0.254	0.299
Catabacter	2.996	2.846	7.588	3.541	4.996	2.261	0.650
Clostridium_IV	2.719	1.522	2.217	1.309	1.171	1.407	0.127
Clostridium_sensu_stricto	6.535	1.866	1.756	15.359	8.350	11.516	0.034
Clostridium_XlVa	2.628	3.914	3.832	1.718	2.374	0.713	0.045
Escherichia/Shigella	1.241	12.384	2.478	1.643	5.760	2.322	0.617
Eubacterium	8.055	4.482	8.453	2.406	2.172	0.989	0.043
Gemmiger	1.313	0.080	1.537	2.638	2.773	4.301	0.033
Intestinimonas	4.672	1.571	3.090	0.800	1.333	0.731	0.132
Lactobacillus	0.241	0.657	0.256	1.245	2.725	7.585	0.211
Oscillibacter							
Parabacteroides							
Phascolarctobacterium	1.354	1.917	2.839	2.361	1.258	1.527	0.589
Prevotella	3.197	10.913	6.980	13.001	12.419	17.028	0.065
Romboutsia	2.778	1.981	1.574	6.169	4.382	7.231	0.030
Streptococcus	0.247	0.740	0.084	2.567	2.648	2.242	0.002
Terrisporobacter	3.976	1.232	2.290	9.404	7.314	10.248	0.005
Treponema							
Others	42.522	43.028	47.772	24.363	33.510	27.315	0.011

植物発酵エキス残渣の摂取によって、23年度と24年度の両方で有意な細菌数の変化が見られた細菌属はなかった

課題 D　繁殖豚への給与技術確立

植物発酵エキス残渣を給与した母豚の繁殖成績

給与　9月13日~12月25日

植物エキス残渣給与量400g/頭/日

	供試頭数	産子数	死産数	離乳頭数	育成率	発情回帰日数
	頭	頭/頭	頭/頭	頭/頭	%	日
対照区	19	11.3	2.4	7.8	77.3	4.9
植物エキス残渣給与区	19	10.6	1.6	7.3	75.3	5.4

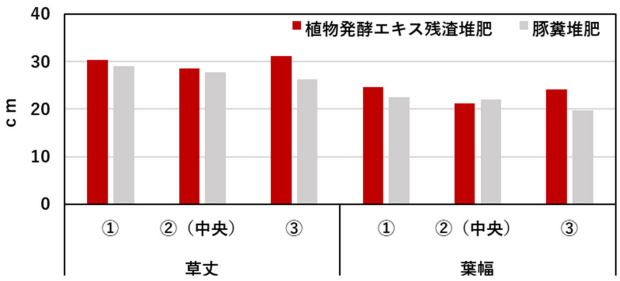
注1：試験期間中の下痢の発生は両区ともなし
注2：対照区の1頭に流産あり

課題 F　豚糞堆肥への移行　　① 豚糞堆肥の施用

堆肥成分分析

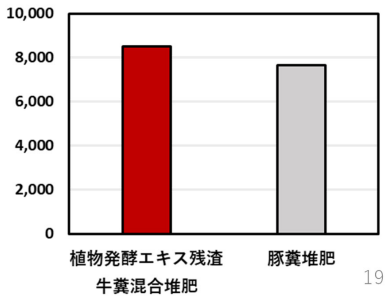
		植物エキス残さ牛ふん混合堆肥	豚ふん堆肥
水分	%	37.2	19.1
有機物	乾物%	84.6	63.6
窒素	乾物%	3.50	3.78
リン酸	乾物%	2.24	7.25
カリ	乾物%	4.12	4.54
石灰	乾物%	2.79	3.07
苦土	乾物%	0.90	2.65
炭素	乾物%	41.6	31.3
炭素率		11.9	8.3

タカナ生育状況（2025/1/26）



場所	大刀洗町
面積	水田60アール（6反）を半分に割って試験
堆肥量	それぞれ 4.8立米＝1.83t
栽培条件	畝幅150cm 条間50cm 株間30cm

タカナ収量調査（2025/3/24）



まとめ

- ■ 植物発酵エキス残渣における飼料としての届け出が受理された。
- ■ 植物発酵エキス残渣は飼料として活用できた。
- ■ 植物発酵エキス残渣を給与した豚のロースは高品質になることが示唆された。
- ■ 従来の植物発酵エキス残渣堆肥に対し、豚糞堆肥を施用することで、化学肥料代の節減が示唆された。

今後の計画

自動給与設備に対応した植物発酵エキス残渣の加工を検討する。

（乾燥粉末 or 液体）

ご清聴ありがとうございました

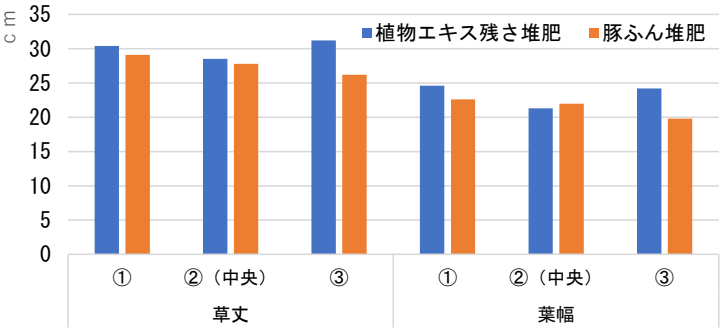
課題 F　豚糞堆肥への移行　　① 豚糞堆肥の施用

植物エキス残渣堆肥または豚ふん堆肥を施用したタカナ栽培試験成績

堆肥成分分析

		植物エキス残さ牛ふん混合堆肥	豚ふん堆肥
水分	%	37.2	19.1
有機物	乾物%	84.6	63.6
窒素	乾物%	3.50	3.78
リン酸	乾物%	2.24	7.25
カリ	乾物%	4.12	4.54
石灰	乾物%	2.79	3.07
苦土	乾物%	0.90	2.65
炭素	乾物%	41.6	31.3
炭素率		11.9	8.3

タカナ生育状況



場所：大刀洗町　水田60a
栽培条件：畝幅150cm
　　条間50cm
　　株間30cm
収穫予定日：3月15日

以下　予備スライド

課題 B　肥育豚への給与技術の確立

豚肥育試験成績

出荷日　朝

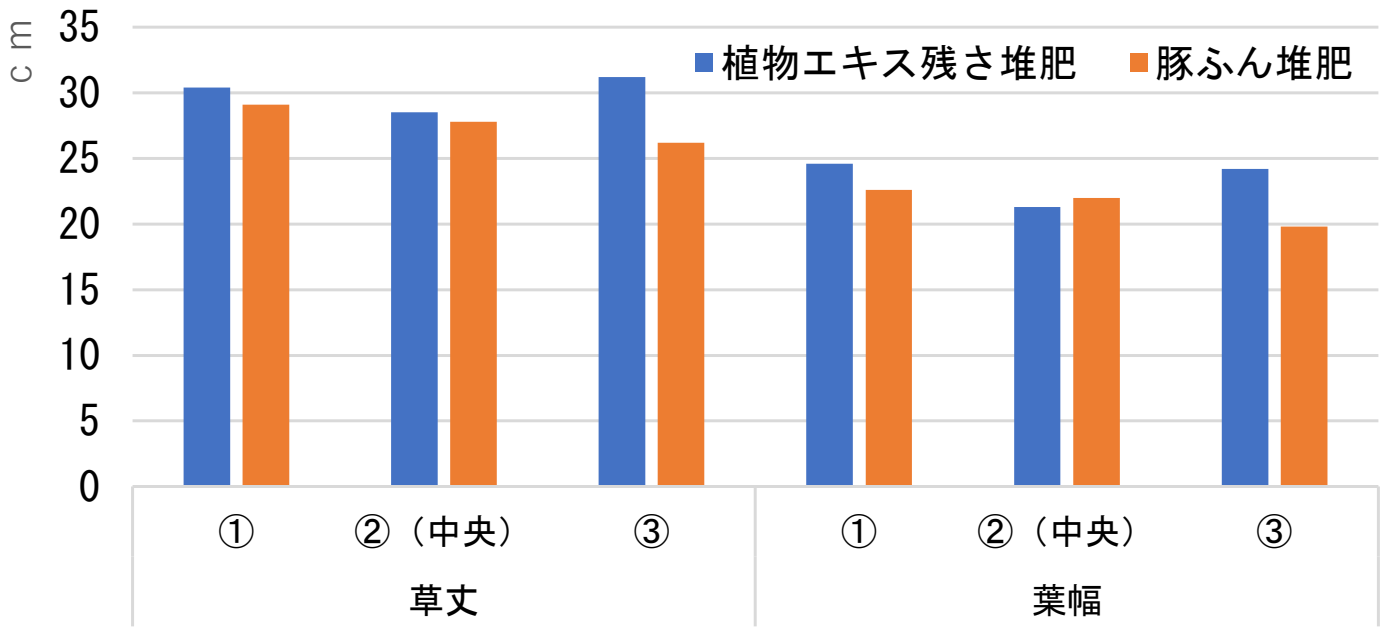
体重(kg)		5月16日	5月29日	6月12日	6月26日	7月8日	**増体量(kg)**
対照区	1	54.6	76.0	91.4	112.0	122.0	**67.4**
	3	51.8	65.6	80.8	94.9	103.6	**51.8**
	5	58.4	70.2	82.2	95.3	104.0	**45.6**
	平均	54.9	70.6	84.8	100.7	109.9	**54.9**
試験区	10	55.2	69.4	81.5	99.4	106.4	**51.2**
	30	44.8	60.6	74.4	91.4	98.9	**54.1**
	50	61.0	67.8	81.2	101.4	108.2	**47.2**
	平均	53.7	65.9	79.0	97.4	104.5	**50.8**

課題 F　豚糞堆肥への移行　　① 豚糞堆肥の施用

植物エキス残渣堆肥または豚ふん堆肥を施用したタカナ栽培試験成績

		植物エキス残さ牛ふん混合堆肥	豚ふん堆肥
水分	%	37.2	19.1
有機物	乾物%	84.6	63.6
窒素	乾物%	3.50	3.78
リン酸	乾物%	2.24	7.25
カリ	乾物%	4.12	4.54
石灰	乾物%	2.79	3.07
苦土	乾物%	0.90	2.65
炭素	乾物%	41.6	31.3
炭素率		11.9	8.3

場所：大刀洗町　水田60a
定植日：12月〇日
品種：
栽培条件：畝幅150cm　条間50cm　株間30cm
収穫予定日：3月15日



植物エキス残さ堆肥または豚ふん堆肥施用したタカナの生育状況