



神奈川県
畜産技術センター

ISSN 2433-6882

神奈川県畜産技術センター

研究報告

第4号 (通巻99号)

Bulletin of
Kanagawa Prefectural Livestock Industry Technology Center
No.4

2024年3月

神奈川県畜産技術センター研究報告
第4号 (通巻99号)

目 次

| | 頁 |
|---|----|
| 【研究報告】 | |
| 多産系母豚の繁殖性並びに止め雄の違いが三元交雑豚の産肉性及び肉質に及ぼす影響 中原祐輔・白石葉子 ¹ ・前田高弘 (¹ 神奈川県畜産課) ----- | 1 |
| 発酵トウモロコシおよび生トウモロコシを含む飼料のインビトロ培養試験におけるルーメン内発酵特性の比較 坂上信忠・折原健太郎・秋山 清・梶川 博 ¹ (¹ 日本大学生物資源科学部) ----- | 6 |
| 体外成熟培養の最初の2時間におけるMAPKK阻害剤とcAMPの添加が胚盤胞発生率に及ぼす影響 坂上信忠・近田邦利 ¹ ・秋山 清 (¹ 神奈川県湘南家畜保健衛生所) ----- | 10 |
| 神奈川県における飼料用ダイズとイタリアンライグラスの二毛作による飼料生産方法 折原健太郎・磯部勝孝 ¹ (¹ 日本大学生物資源科学部) ----- | 16 |
| 【場外掲載論文】 ----- | 23 |
| 【学会発表】 ----- | 24 |

**Bulletin of Kanagawa Prefectural
Livestock Technology Industry Center (No.4)**

C O N T E N T S

Reproductive Performance of Hyper-Prolific Sows and Effects of Differences in the Terminal Boar of Three Crossbred Pig on Meat Production and Quality

Yusuke NAKAHARA, Yoko SHIRAISHI and Takahiro MAEDA

Comparison of in vitro ruminal fermentation characteristics using fermented and raw soybean cake feed

Nobutada SAKAGAMI, Kentaro Orihara, Kiyoshi AKIYAMA and Hiroshi KAJIKAWA

Effect of the addition of a MAPKK inhibitor and a cAMP during the first 2 hours of in vitro maturation culture of oocytes on embryonic development to the blastocyst stage

Nobutada SAKAGAMI, Kunitoshi KONDA and Kiyoshi AKIYAMA

Forage Production System by Forage Soybean and Italian Rygrass for Double Cropping in Kanagawa

Kentaro ORIHARA and Katsunori ISOBE

多産系母豚の繁殖性並びに止め雄の違いが 三元交雑豚の産肉性及び肉質に及ぼす影響

中原祐輔・白石葉子¹・前田高弘
(¹ 神奈川県畜産課)

Reproductive Performance of Hyper-Prolific Sows and Effects of Differences in the Terminal Boar of Three
Crossbred Pig on Meat Production and Quality

Yusuke NAKAHARA, Yoko SHIRAIISHI and Takahiro MAEDA

多産系母豚の Topigs20 (WL) に3系統のデュロック種を交配し、5産までの繁殖性、体型、三元交雑豚 (WLD) の産肉性と肉質について調査した。Topigs20 の1産から5産までの繁殖成績の平均値は、総産子数 13.8 頭、離乳頭数 11.7 頭、哺乳中事故率 4.8%、子豚生時体重 1.7 kg であった。5産分娩前の母豚の体型は体長 162 cm、体重 293 kg と大型であった。WLD の発育成績は、30 kg 到達日齢、100 kg 到達日齢及び1日平均増体量のいずれも WLD1 が優れていた。と体成績は、背腰長 II で WLD2 が WLD3 と比較して有意に長く、背脂肪厚で WLD1 及び WLD3 が WLD2 と比較して厚くなる傾向が認められた。肉質成績は、筋肉内脂肪含量で WLD1 が WLD2 及び WLD3 と比較して有意に多かった。以上の結果から、多産系母豚の体型は大型であるが一般的なストールで5産まで飼養可能であること、止め雄の系統を選択することにより県内生産者が好む厚脂タイプの三元交雑豚を生産できることが示唆された。

キーワード：多産系母豚、繁殖性、三元交雑豚、産肉性、肉質

近年、国内における多産系母豚への関心が高まっており、導入を進める農場も少なくない。しかしながら、欧米を中心に海外で改良された多産系母豚の国内における繁殖性、体型及び産肉性に関する調査報告は少ない (西村ら 2020、川島ら 2022)。農場が多産系母豚の導入を検討する際には、期待される繁殖成績、既存のストールでの飼養状況、止め雄の違いによる影響などは重要な情報となる。また、ヨーロッパにおいて、加工仕向けに改良された多産系母豚は薄脂であり、生産された肉豚が、国内市場における標準的な背脂肪厚あるいは県内市場が好む厚脂となるかは不明である。

そこで、多産系母豚 Topigs20 (WL、Topigs Norsvin 社、オランダ) にデュロック種を交配し、一般的な廃用産次となる5産までの繁殖成績と体型の変化、生産した三元交雑豚 (WLD) の産肉性と肉質について調査した。

材料及び方法

1 供試豚

(1) 多産系母豚

Topigs20 を5カ月齢で5頭導入して5産終了時まで供試した。なお、5頭のうち1頭は、4産終了後に子宮内膜炎のため廃用した。

(2) 三元交雑豚

Topigs20 に対して、止め雄 (デュロック種) として独立行政法人家畜改良センター宮崎牧場で造成された系統豚ユメサクラエース、株式会社シムコのパワーボム A タイプ及び有限会社星種豚場のユメサクラエースを父系統にもつデュロック種の3系統の精液を人工授精し、三元交雑豚として WLD1 (ユメサクラエース)、WLD2 (パワーボム A タイプ)、WLD3 (ユメサクラエースを父系統にもつデュロック種) を生産した (表1)。

なお、肉質調査には、WLD1及びWLD2の4産目、WLD3の5産目の去勢豚4頭を供試した。

2 調査期間

平成29年4月から令和2年11月

3 飼養方法

(1) 多産系母豚

供試豚は、分娩予定日7日前から離乳まで分娩用ストール(長さ190cm、幅60cm、高さ90cm、床材: 鋳物スノコ)で、離乳後は同じ大きさの母豚用ストール(床材: コンクリート)で単飼した。

飼料給与は2産までは日本飼養標準を参考にした当所慣行法、3産以降はTopigs Norsvin 給餌ガイドライン(以下、ガイドライン、Topigs Norsvin 2016)に沿った方法とし、詳細は表2に示した。

(2) 三元交雑豚

供試豚は30kg到達時から出荷まで肉豚肥育用飼料(TDN78%以上、CP14%以上)を不断給餌、水は自由飲水とし、110kgまで飼養した。

表1 三元交雑豚の止め雄

| 三元交雑豚 | デュロック種 止め雄 | 供給元 |
|-------|---------------|------------------|
| WLD1 | ユメサクラエース | (独) 家畜改良センター宮崎牧場 |
| WLD2 | パワーボムAタイプ | (株) シムコ |
| WLD3 | ユメサクラエース系 | (有) 星種豚場 |

表2 飼料給与方法

| 産次 | 給与方法 | 成分量 (%) | | ステージ | 給与量 (kg/頭・日) |
|------|--------|---------|-------|---------------|-----------------|
| | | TDN | DCP | | |
| 1～2産 | 当所慣行法 | 74.0 | 15.5 | 妊娠期 | 2.4 |
| | | | | 授乳期 | 4.5～7.0 |
| 3～5産 | ガイドライン | 74.0 | 15.0 | 妊娠期Ⅰ(0～49日) | 2.6～2.9 |
| | | | | 妊娠期Ⅱ(50～84日) | 2.5～2.6 |
| | | | | 妊娠期Ⅲ(85～92日) | 3.0～3.1 |
| | | 78.0 | 16.0 | 妊娠期Ⅳ(93～110日) | 3.0～3.1 |
| | | 授乳期 | 適正給餌* | | |

*2.0kg + (0.50kg × 哺乳子豚数)

4 調査項目

(1) 多産系母豚の繁殖成績及び体型

ア 繁殖成績

総産子数、哺乳開始頭数、離乳頭数、哺乳中事故率、産子体重(生時、3週齢)、離乳後発情回帰日数を調査してガイドラインの生産目標値(以下、生産目標値)と比較した。

イ 体型

分娩予定日7日前(以下、分娩前)と離乳当日(以下、離乳後)に体重、背脂肪厚、ボディコンディションスコア(BCS)を測定し、ガイドラインの体型推奨値(以下、推奨値)と比較した。

(2) 三元交雑豚の産肉性及び肉質成績

ア 発育成績

30kg及び100kg到達日齢を調査し、30kgから100kgまでの1日平均増体量を求めた。

イ と体成績

と畜後一晚冷却した左半丸枝肉について、枝肉歩留、背腰長Ⅱ、背脂肪厚、ロース断面積(第4～第5胸椎)を測定した。

ウ 肉質成績

左半丸枝肉のロース芯(第5～12胸椎間)を採取し、水分含量、筋肉内脂肪含量、ドリップロス、クッキングロス、剪断力価を測定した。

水分含量は、常圧加熱乾燥法で測定した。筋肉内脂肪含量は、ソックスレー脂肪抽出器を用いたジエチルエーテル法により測定した。ドリップロスは、3×3×1cmのブロックを切り出した後、4℃で5日間保存し、切り出し当日及び5日後の肉重量から算出した。クッキングロスは、筋繊維と平行に2×2×5cmのブロックを切り出し、ポリエチレン製の袋に入れ、72℃で20分間湯煎し、30分冷却後に加熱前後の肉重量から算出した。剪断力価は、クッキングロス測定後のブロックを測

定用サンプルとして、Warner-Bratzler 剪断力価計 (SALTER MODEL235, G-R MANUFACTURING Co., Manhattan, Kansas, USA) を用いて測定した。なお、水分含量、筋肉内脂肪含量、ドリップロス、剪断力価は入江 (2002) の報告を参考に、クッキングロス、食肉の理化学分析及び官能評価マニュアル (家畜改良センター

2010) を参考に測定した。

5 統計処理

統計処理は、コンピューターソフト SPSS (SPSS 16.0 J, SPSS Inc., 東京) を用いて行った。発育成績、と体成績、肉質成績は、一元配置の分散分析を行い、有意差が認められたものについては Tukey 法による多重比較検定を行った。危険率 5%未満 ($P < 0.05$) を有意差ありとした。

結果及び考察

1 多産系母豚の繁殖成績及び体型

(1) 繁殖成績

1産から5産までの繁殖成績では、総産子数の平均は13.8頭で4産の15.8頭が最も多く、哺乳中事故率の平均は4.8%で産次を重ねるごとに上昇し、離乳頭数の平均は11.7頭で1産の12.8頭が最も多かった。生時体重の平均は1.7kgで、いずれの産次においても1.6kg以上であり、多産系母豚で懸念される生時体重の減少は認められなかった (表3)。

1産から5産において、総産子数と離乳頭数の生産目標値を満たした個体は、産次ごとに1~3頭であった。総産子数は3、4産で多かったが、離乳頭数は1~3産で多かった (表4)。

表3 産次別繁殖成績

| 項目 | 単位 | 産次 | | | | | 平均 | 生産目標値 ² | |
|-----------|-----|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|--------------------|---|
| | | 1産 | 2産 | 3産 | 4産 | 5産 | | | |
| 調査頭数 | (頭) | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 24 | | |
| 総産子数 | (頭) | 13.4 ± 1.3 | 12.4 ± 1.4 | 13.8 ± 2.0 | 15.8 ± 1.6 | 13.3 ± 3.1 | 13.8 | 16 ≤ | |
| 哺乳開始頭数 | (頭) | 12.8 ± 1.3 | 12.0 ± 1.4 | 13.0 ± 1.8 | 12.0 ± 0.8 | 11.5 ± 2.7 | 12.3 | 15 ≤ | |
| 離乳頭数 | (頭) | 12.8 ± 1.3 | 11.8 ± 1.3 | 12.0 ± 1.6 | 11.2 ± 1.1 | 10.5 ± 2.3 | 11.7 | 13 ≤ | |
| 哺乳中事故率 | (%) | 0.0 ± 0.0 | 1.2 ± 1.3 | 6.8 ± 2.1 | 9.3 ± 4.1 | 9.2 ± 5.3 | 4.8 | ≤ 12 | |
| 産子体重 | 生時 | (kg) | 1.6 ± 0.1 | 1.8 ± 0.2 | 1.6 ± 0.2 | 1.6 ± 0.1 | 1.7 ± 0.1 | 1.7 | - |
| | 3週齢 | (kg) | 7.8 ± 0.9 | 7.3 ± 0.7 | 7.3 ± 0.7 | 7.5 ± 0.2 | 6.8 ± 0.8 | 7.4 | - |
| 離乳後発情回帰日数 | (日) | 4.4 ± 0.5 | 4.4 ± 0.2 | 4.8 ± 0.6 | 4.8 ± 0.4 | 4.5 ± 0.4 | 4.5 | - | |

¹平均値 ± 標準誤差 ²ガイドラインの生産目標値

表4 産次別総産子数、離乳頭数の内訳

| 項目 | 単位 | 産次 | | | | | |
|------|--------------------|-----|----|----|----|----|---|
| | | 1産 | 2産 | 3産 | 4産 | 5産 | |
| 調査頭数 | (頭) | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | |
| 総産子数 | 11頭未満 | (頭) | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 |
| | 12頭以上、15頭未満 | (頭) | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 |
| | 16頭以上 ¹ | (頭) | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 |
| 離乳頭数 | 13頭未満 | (頭) | 2 | 3 | 2 | 4 | 3 |
| | 13頭以上 ¹ | (頭) | 3 | 2 | 3 | 1 | 1 |

¹ガイドラインの生産目標値

(2) 体型

分娩前の体重は、1産の195kgから5産の293kgまで増加し、3産以降は横ばいで推移した。飼料給与を当所慣行法で行っていた2産までは、分娩前と離乳後の体重の差が推奨値を満たしておらず、離乳後のBCSが推奨値の下限である2を下回り、離乳後の母豚の損耗が目立った。しかし、ガイドラインに沿った飼料給与に変更した3産以

降では、いずれの項目においても概ね推奨値に近い値を示した (表5)。

5産分娩前の記録のある3頭の体型の測定値の平均は、体長162.0cm、体高88.7cm、前幅41.7cm、胸幅36.7cm、後ろ幅41.7cm、胸深51.0cm、十字部高89.3cmであった。体型に対して、ストールは前後にスペースがなく狭い様子であった (表6、図1)。

表5 産次別体測値

| 項目 | 単位 | 産次 | | | | | 推奨値 ² | |
|------|------|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------|---------|
| | | 1産 | 2産 | 3産 | 4産 | 5産 | | |
| 調査頭数 | (頭) | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | | |
| 体重 | (kg) | 分娩前 ³ | 195.0 ± 12.2 | 254.2 ± 4.1 | 296.8 ± 20.5 | 300.8 ± 10.1 | 293.0 ± 9.4 | - |
| | | 離乳後 ⁴ | 175.5 ± 11.8 | 197.0 ± 13.0 | 251.8 ± 23.3 | 269.5 ± 15.3 | 261.3 ± 7.5 | - |
| | | 前後差 | 19.7 ± 3.9 | 57.2 ± 10.4 | 43.3 ± 10.7 | 28.7 ± 6.9 | 31.7 ± 2.9 | 20-40 |
| 背脂肪厚 | (cm) | 分娩前 | 2.1 ± 0.1 | 2.2 ± 0.3 | 2.0 ± 0.4 | 1.9 ± 0.5 | 1.9 ± 0.2 | 1.6-1.9 |
| | | 離乳後 | 1.6 ± 0.2 | 1.6 ± 0.2 | 1.7 ± 0.4 | 1.5 ± 0.2 | 1.4 ± 0.1 | 1.2-1.5 |
| BCS | | 分娩前 | 3.0 ± 0.0 | 2.9 ± 0.2 | 3.0 ± 0.3 | 2.8 ± 0.2 | 3.8 ± 0.4 | 3.0-4.0 |
| | | 離乳後 | 1.8 ± 0.2 | 1.5 ± 0.4 | 2.7 ± 0.6 | 2.4 ± 0.6 | 2.9 ± 0.2 | 2.0-3.0 |

¹平均値±標準誤差 ²ガイドラインの推奨値 ³分娩予定日7日前 ⁴離乳日当日

表6 5産分娩前の体側値

| 項目 | 単位 | 測定値 |
|------|------|-------------|
| 調査頭数 | (頭) | 3 |
| 体長 | (cm) | 162.0 ± 1.6 |
| 体高 | (cm) | 88.7 ± 1.9 |
| 前幅 | (cm) | 41.7 ± 0.9 |
| 胸幅 | (cm) | 36.7 ± 0.9 |
| 後幅 | (cm) | 41.7 ± 1.7 |
| 胸深 | (cm) | 51.0 ± 1.4 |
| 十字部高 | (cm) | 89.3 ± 0.9 |

平均値±標準誤差



図1 5産の Topigs20 (体長 162cm、ストール長辺 190cm)

飼料給与方法変更の前後の結果から、Topigs20の繁殖能力を十分引き出し、適切な体型を維持するためには、飼料給与方法を農場の慣行法からガイドラインに沿ったものに変更することが必要と考えられた。

総産子数の平均は 13.8 頭であり、全国平均の 11.2 頭(農林水産省 2020)と比較して多かったが、各産次ともに生産目標値より低く、離乳頭数が生産目標値を満たす分娩は全体の約 4 割であった。

また、本研究で使用したストールは、Topigs20の体型に対して狭い印象であったが、体表の外傷、肢蹄の異常、分娩事故や子豚の圧死等が認められなかった。このことから、Topigs20 は一般的なストールで 5 産まで飼養可能と考えられた。

2 三元交雑豚の産肉性及び肉質調査

表7 三元交雑豚の発育成績

| 項目 | 単位 | WLD1 | | WLD2 | | WLD3 | |
|-----------|-----|----------------|--------------|-------------|---------------|----------------|---------------|
| 調査頭数 | (頭) | 4 | | 4 | | 4 | |
| 30kg到達日齢 | (日) | 58.3 ± 1.9 | ^a | 61.1 ± 0.7 | ^{ab} | 65.5 ± 0.9 | ^b |
| 100kg到達日齢 | (日) | 121.3 ± 1.5 | ^a | 132.8 ± 1.3 | ^b | 130.8 ± 2.6 | ^{ab} |
| 1日平均増体量* | (g) | 1,100.7 ± 12.4 | ^a | 980.1 ± 7.3 | ^b | 1,063.4 ± 30.6 | ^{ab} |

¹平均値±標準誤差 ²同一項目の異符号間に有意差あり (P<0.05) *30kg~100kg.

(1) 発育成績

三元交雑豚の 30kg 到達日齢は 58.3~65.5 日で WLD1 が WLD3 に比べて有意に少なく、100kg 到達日齢は 121.3~132.8 日で WLD1 が WLD2 に比べて有意に少なく、1日平均増体量は 980~1,101g で WLD1 が WLD2 に比べて有意に多かった(表7)。

(2) と体成績

背腰長Ⅱは 65.7~71.5 cm であり、WLD2 は WLD3 と比較して有意に長かった。背脂肪厚は 1.5~2.3 cm であり、WLD1 及び WLD3 は WLD2 と比較して厚い傾向であった (P<0.10)。ロース断面積は 21.1~23.1 cm² であり、WLD1 及び WLD2 は WLD3 と比較して大きかったが、有意な差は認められなかった(表8)。

表8 三元交雑豚のと体成績

| 項目 | 単位 | WLD1 | WLD2 | WLD3 |
|--------|--------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 調査頭数 | (頭) | 4 | 4 | 4 |
| 枝肉歩留 | (%) | 65.3 ± 0.2 | 66.4 ± 0.6 | 66.1 ± 1.5 |
| 背腰長Ⅱ | (cm) | 67.8 ± 0.3 ^{ab} | 71.5 ± 1.2 ^a | 65.7 ± 0.5 ^b |
| 背脂肪厚 | (cm) | 2.2 ± 0.2 ^c | 1.5 ± 0.3 ^d | 2.3 ± 0.2 ^c |
| ロース断面積 | (cm ²) | 23.0 ± 0.8 | 23.1 ± 1.1 | 21.1 ± 2.4 |

¹平均値±標準誤差 ²a-b間に有意差あり (P<0.05) ³c-d間に傾向あり (P<0.10) .

表9 三元交雑豚の肉質成績

| 項目 | 単位 | WLD1 | WLD2 | WLD3 |
|---------|------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 調査頭数 | (頭) | 4 | 4 | 4 |
| 水分含量 | (%) | 72.6 ± 1.0 | 74.3 ± 0.4 | 73.7 ± 0.8 |
| 筋肉内脂肪含量 | (%) | 5.1 ± 0.8 ^a | 1.9 ± 0.2 ^b | 2.0 ± 0.5 ^b |
| ドリップロス | (%) | 5.2 ± 0.8 | 5.5 ± 0.6 | 4.4 ± 0.9 |
| クッキングロス | (%) | 30.3 ± 0.8 | 30.3 ± 0.2 | 31.0 ± 0.8 |
| 剪断力価 | (kg) | 1.3 ± 0.3 | 1.2 ± 0.3 | 1.9 ± 0.3 |

¹平均値±標準誤差 ²異符号間に有意差あり (P<0.05)

(3) 肉質成績

筋肉内脂肪含量は1.9~5.1%であり、WLD1はWLD2及びWLD3と比較して有意に多かった。水分含量、ドリップロス、クッキングロス及び剪断力価に有意な差は認められなかった(表9)。

本研究で利用した3系統の三元交雑豚の調査結果から、WLD1は発育が優れ、背脂肪の付着が十分あり、筋肉内脂肪含量が多く、WLD2は背腰長が長く、背脂肪の付着が少ない傾向であり、WLD3は発育が優れ、背脂肪の付着が十分であることが明らかとなった。

以上の結果から、多産系母豚の体型は大型であるが一般的なストールで5産まで飼養可能であること、止め雄の系統を選択することにより県内生産者が好む厚脂タイプの三元交雑豚を生産できることが示唆された。

引用文献

- 入江正和. 2002. 豚肉質の評価法. 日本養豚学会誌 39、221-254.
- 家畜改良センター. 2010. 家畜改良センター技術マニュアル 21 食肉の理化学分析及び官能評価マニュアル. 独立行政法人家畜改良センター, 福島.
- 川島知之ら. 2022. 国内農場における多産系母豚の泌乳量と子豚の発育. 日本養豚学会誌 59、167-173.
- 西村祐紀子ら. 2020. 国内生産農場で飼養されている多産系母豚における里子処置が離乳時の

子豚成績や離乳後の繁殖成績に及ぼす影響. 日本養豚学会誌 58、19-27.

農林水産省. 2020. 家畜改良増殖目標. Topigs Norsvin. 2016. Topigs Norsvin 給餌ガイドライン.

発酵トウフ粕および生トウフ粕を含む飼料の インビトロ培養試験におけるルーメン内発酵特性の比較

坂上信忠・折原健太郎・秋山 清・梶川 博¹
(¹日本大学生物資源科学部)

Comparison of in vitro ruminal fermentation characteristics using fermented and raw soybean cake feed

Nobutada SAKAGAMI, Kentaro ORIHARA, Kiyoshi AKIYAMA and Hiroshi KAJIKAWA

トウフ粕を 50%含む配合飼料の発酵処理が、トウフ粕を生で配合給与する場合と比較してルーメン内の発酵特性に与える影響を検討するため、ルーメン微生物を用いたインビトロ培養試験を行った。配合飼料の内容（現物重量比）は、トウフ粕 50%、圧ぺん大麦 10%、ふすま 10%、圧ぺんトウモロコシ 10%、ビートパルプ 10%及び市販肉牛用配合飼料 10%とし、発酵トウフ粕配合飼料は約 14 日間室温で調製した。培養用の供試試料としては、配合飼料：粗飼料（稲わら）を 87.5：12.5 の乾物重量比で混合したものをを用いた。牛から採取したルーメン液を用いて、発酵トウフ粕飼料（発酵区）と生トウフ粕飼料（生粕区）の嫌気培養を経時的に行い、ルーメン内発酵特性を比較した。発酵区において培養 24 時間後の pH が低い傾向にあり（ $P=0.08$ ）、培養 8 時間後のメタンガス産生量は有意に低い値を示した。また、総 VFA やプロピオン酸濃度に関しても培養 8 時間後において発酵区が有意に高かった。さらに、培養残渣中の脂肪酸組成では、発酵区でオレイン酸が培養 8 時間後および 24 時間後において有意に高い結果となった。

キーワード：トウフ粕、インビトロ培養試験、ルーメン内発酵特性、メタンガス、VFA

神奈川県内には、豆腐を製造する食品製造業が数多くあり、その副産物であるトウフ粕がエコフィードとして有効活用されている。食品製造残さの一種であるトウフ粕は高蛋白・高カロリー資源であり、かつ安定的に入手可能で安価なため、肥育牛の飼料として利用価値が高い。しかし、トウフ粕は水分が高いことから変敗しやすく、また毎日製造工場から搬出されるため、当日搬送が必要なことが課題であった。

当所ではトウフ粕の飼料化研究を進めており、2013年に乳酸発酵させたトウフ粕を肥育牛に給与する試験を行った（水宅ら 2013）。すなわち、トウフ粕を 50%または 70%配合した飼料とそれぞれを乳酸発酵させた飼料の 4 種類の飼料の黒毛和種肥育牛への給与試験を行ったところ、各区の肉質等に差はなく、枝肉重量が発酵トウ

フ粕 50%給与で最も多いことが明らかとなった。しかし、発酵させたトウフ粕と生のトウフ粕とではルーメン内発酵にどのような差があるのかは明らかになっていない。

そこで本試験ではトウフ粕を 50%含む配合飼料の乳酸発酵処理が生トウフ粕飼料と比較して、第一胃内の発酵特性に与える影響を検討するためルーメン液を用いたインビトロ培養試験を行った。

材料及び方法

1 試験飼料の調整

濃厚飼料の配合割合は、既報（水宅ら 2013）を参考に現物重量比でトウフ粕 50%に加えて、圧ぺん大麦 10%、ふすま 10%、圧ぺんトウモロコシ 10%、ビートパルプ 10%及び肉牛用配合飼料（肉

用後期いちばん JA 東日本組合飼料) 10%の5種類を配合して用いた。飼料の発酵条件は上記の配合割合で合計重量 200kg を大脇式攪拌機A4型(大脇工業株式会社)で混合しこれを生トウフ粕配合飼料とし、飼料保存はパウードラム POM-220(コダマ樹脂工業株式会社製)を用いて密封し約14日間 pHが4以下になるのを確認後、発酵トウフ粕飼料とした。

2 培養方法

インビトロ培養試験は Kajikawa ら(2002)の報告を一部修正して行った。すなわち、発酵トウフ粕飼料(発酵区)と生トウフ粕飼料(生粕区)と稲わらを過去の給与試験での粗飼料(稲わら)の乾物割合を参考に配合飼料:粗飼料を87.5:12.5の乾物重量比で混合し、穴あきキャップ付培養試験管(20mL)に150mgずつ秤量し、培養液(10mL)を加えて嫌気的なバッチ培養を実施した。培養液は、還元剤(システイン)および酸化還元指示薬(レサズリン)を含む炭酸緩衝液(pH 6.5)に、ルーメンフィステル装着ホルスタイン種非泌乳雌牛から採取したルーメン液のプロトゾアを遠心(750G x 10分)で除いた上澄みを4:1で混合したものを調製した。培養は39°Cで経時的(8、24、48時間)に行い、各時間、例数4で実施した。

3 分析方法および統計処理

培養後の試験管は、室温に冷却後、内圧測定器(GLサイエンス製)でガス圧を測定し、TCD装着ガスクロマトグラフ(GC-8A 島津製作所、京

都)を用いてガス組成を分析した(Polar pack Q 充填カラム使用)。ガス測定後の培養試料は遠心後(750x G, 10分)、液状部はpHを測定して揮発性脂肪酸(VFA)をFID装着ガスクロマトグラフ(HP6890 アジレントテクノロジー、Santa Clara, CA, USA)を用いて測定した(Nukol キャピラリーカラム使用)。試験飼料および培養残渣中の脂肪酸組成は、Palmquist と Jenkins TC (2003)の方法により酸触媒でメチルエステル化したのち、Christopherson と Glass (1969)の方法によりFID装着ガスクロマトグラフ(HP6890)を用いて測定した(SP2560 100m キャピラリーカラム使用)。

測定値における平均値の比較は、Student's-t 検定を用いて統計解析を行った。危険率5%($P<0.05$)未満を有意差有りとして判定した。

結果

1 飼料の分析結果および発酵特性

飼料の脂肪酸組成は両区に差は認められず(表1)、トウフ粕配合飼料を発酵処理しても脂肪酸組成に変化は認められなかった。次に発酵特性について表2に示した。培養24時間後のpHにおいて発酵区が低い傾向にあり($P=0.08$)、培養8時間後のメタンガス産生量は有意に低かった。また、総VFA濃度、プロピオン酸濃度についても培養8時間後において発酵区で生粕区と比較して有意に高い数値で、逆に培養48時間後の酪酸濃度は発酵区の方が低い傾向であった(表2)。

表1 飼料の脂肪酸組成(%、n=4)

| | | | 発酵区 | 生粕区 |
|--------|------------|--------|------|------|
| 飽和脂肪酸 | C12:0 | ラウリン酸 | 0.5 | 0.5 |
| | C16:0 | パルミチン酸 | 16.4 | 16.7 |
| | C18:0 | ステアリン酸 | 3.4 | 3.5 |
| 不飽和脂肪酸 | C18:1c9 | オレイン酸 | 22.8 | 21.8 |
| | C18:2c9c12 | リノール酸 | 50.4 | 50.8 |
| | (C18:3n-3) | リノレン酸 | 6.5 | 6.7 |

表2 培養中の各試験区の発酵特性 (n=4)

| 時間 | 区分 | 8時間後 | 24時間後 | 48時間後 |
|----------------------|-----|--------|-------------------|-------------------|
| pH | 発酵区 | 5.92 | 5.69 [†] | 5.70 |
| | 生粕区 | 5.95 | 5.74 | 5.69 |
| 総ガス濃度 (ml/gDM) | 発酵区 | 61.2 | 124.3 | 128.2 |
| | 生粕区 | 62.7 | 124.9 | 127.0 |
| メタンガス産生量 (ml/gDM) | 発酵区 | 2.70 * | 6.77 | 6.53 |
| | 生粕区 | 4.42 | 7.54 | 7.70 |
| 総VFA (mM) | 発酵区 | 61.8 * | 110.6 | 114.8 |
| | 生粕区 | 53.6 | 106.1 | 116.5 |
| 酢酸 (mM) | 発酵区 | 35.8 | 52.1 | 53.7 |
| | 生粕区 | 33.3 | 50.8 | 55.3 |
| プロピオン酸 (mM) | 発酵区 | 22.8 * | 53.0 | 54.1 |
| | 生粕区 | 16.7 | 49.5 | 53.4 |
| 酪酸 (mM) | 発酵区 | 3.20 | 4.80 | 5.40 [†] |
| | 生粕区 | 3.10 | 5.30 | 6.40 |

* : 生粕区と比較して有意差あり (P<0.05)

† : 生粕区と比較して傾向あり (P<0.1)

表3 培養中の各試験区の脂肪酸組成 (mg/tube)

| 時間 | 区分 | 8時間後 | 24時間後 | 48時間後 |
|-------------------------|-----|------------------|--------|-------|
| ミリスチン酸 (C14:0) | 発酵区 | 3.6 | 0.2 | 1.0 |
| | 生粕区 | 2.5 | 0.4 | 0.9 |
| パルミチン酸 (C16:0) | 発酵区 | 9.0 [†] | 9.2 | 8.8 |
| | 生粕区 | 8.6 | 9.9 | 9.0 |
| ステアリン酸 (C18:0) | 発酵区 | 2.0 | 2.8 | 3.1 |
| | 生粕区 | 2.1 | 3.0 | 3.1 |
| オレイン酸 (c9-C18:1) | 発酵区 | 11.7 * | 10.7 * | 10.2 |
| | 生粕区 | 10.9 | 10.1 | 9.9 |
| リノール酸 (C9, 12-C18:2) | 発酵区 | 21.5 | 16.7 | 12.7 |
| | 生粕区 | 21.3 | 15.9 | 14.2 |
| リルン酸 (C18:3) | 発酵区 | 2.4 [†] | 1.7 | 1.7 |
| | 生粕区 | 2.6 | 1.8 | 1.8 |
| 総脂肪酸 | 発酵区 | 52.7 | 47.4 | 44.9 |
| | 生粕区 | 51.9 | 47.5 | 46.2 |
| 飽和脂肪酸 | 発酵区 | 14.6 | 12.5 | 13.0 |
| | 生粕区 | 13.2 | 13.4 | 13.1 |
| 不飽和脂肪酸 | 発酵区 | 35.5 | 29.1 | 24.6 |
| | 生粕区 | 35.0 | 27.8 | 26.0 |

* : 生粕区と比較して有意差あり (P<0.05)

† : 生粕区と比較して傾向あり (P<0.1)

2 培養中の各試験区の脂肪酸組成

表3に培養中の脂肪酸組成を示す。発酵区のオレイン酸は培養8時間後、24時間後において生粕区と比較して有意に高く、リノレン酸は培養8時間後において発酵区で低い傾向にあり、パルミチン酸は高い傾向にあった (P<0.1)。

考察

本試験では、トウフ粕配合飼料の発酵処理が生で給与する場合と比較して、第一胃内の発酵特性に与える影響を検討した。その結果、発酵区が生粕区と比較して、培養8時間後に、総VFA量とプロピオン酸産生量が増加し、メタンガス産生量が減少した。

飼料中のデンプンあるいはその分解成分が、ルーメン内発酵を促進してpHを低下させ、それがメタン菌の増殖を阻害して、ピルビン酸の還元によるプロピオン酸生成を増加させるという報告がある (Johnson と Johnson 1995)。一般的に、肉用牛の肥育では、肥育ステージの進行に伴い、脂肪蓄積 (サシ) を促進させるため、高TDN、高デンプンの飼料を給与する (棟加登 2006)。本試験では、発酵処理によってデンプンの部分的分解を

促進させたために、発酵特性に違いが出たのではないかと推察された。しかし発酵区では総VFA濃度は増加したもののpHの低下が見られないため、それ以外のメタン抑制因子が働いた可能性も考えられた。

野呂ら (2009) は、給与された不飽和脂肪酸は採食後に水素添加され飽和脂肪酸に変換されると考察している。本試験では、両試験区ともオレイン酸の経時的変化は少ないものの、リノール酸およびリノレン酸の減少は著しいことから、ルーメン微生物による還元反応は、これら多価不飽和脂肪酸に対して優先的に働いたものと考えられる。また最終生成物であるステアリン酸の増加もわずかであることから、それまでの中間体であるc9,t11- や t10,c12-共役リノール酸、もしくはt11- や t10-オクタデセン酸 (C18:1) にとどまっている可能性もある。これらの脂肪酸は今回測定されていないが、総飽和脂肪酸と総不飽和脂肪酸の変化の差が、それらの脂肪酸の生成を示唆している。また本試験においては、発酵区で培養後24時間目までオレイン酸で有意に高く、リノレン酸が培養後8時間目で低い傾向を示したことから、微生物反応がメタン産生やオレイン酸還元よりも、

プロピオン酸産生や多価不飽和脂肪酸還元に、優勢に働いたものと考えられる。

結論として、トウフ粕配合飼料を発酵飼料として給与することで、牛の第一胃内発酵および還元反応を変化させる可能性が示唆された。

謝辞

本試験の実施にあたりご協力いただいた日本大学生物資源科学部動物資源科学科飼養学研究室の皆様には深く感謝の意を表します。

引用文献

- Christopherson SW, Glass RL. 1969. Preparation of Milk Fat Methyl Esters by Alcoholysis in an Essentially Nonalcoholic Solution. *J Dairy Science* 52, 1289-1290.
- Johnson KA, Johnson DE. 1995. Methane emissions from cattle. *Journal of Animal Science* 73, 2483–2492.
- Kajikawa H, Mitsumori M, Ohmomo S. 2002. Stimulatory and Inhibitory Effects of Protein Amino Acids on Growth Rate and Efficiency of Mixed Ruminant Bacteria. *J. Dairy Sci.* 85, 2015–2022.
- 水宅清二, 秋山清, 折原健太郎. 2013. トウフ粕を利用した黒毛和種肥育試験. 神畜技研研報 2, 16-21.
- 棟加登きみ子. 2006. 食品副産物の飼料特性と肉用牛用混合飼料の栄養価評価. 日本草地学会九州支部会報. 36. 22-24
- 野呂明弘, 山田勤, 糸井浩, 小茂田匡央, 木村容子, 若松脩継. 1989. 牛における第一胃内高級脂肪酸組成. *J. Jpn. Vet. Med. Assoc.*, 42, 395-398.
- Palmquist DL, Jenkins TC. 2003. Challenges with fats and fatty acid methods. *Journal of Animal Science*, Vol 81, 3250–3254,

体外成熟培養の最初の2時間におけるMAPKK阻害剤と cAMPの添加が胚盤胞発生率に及ぼす影響

坂上信忠・近田邦利¹・秋山 清
(¹神奈川県湘南家畜保健衛生所)

Effect of the addition of a MAPKK inhibitor and a cAMP during the first 2 hours of in vitro maturation culture of oocytes on embryonic development to the blastocyst stage

Nobutada SAKAGAMI, Kunitoshi KONDA and Kiyoshi AKIYAMA

分裂促進因子活性化蛋白質リン酸化酵素キナーゼ (MAPKK) 阻害剤 (U0126) や環状アデノシンリン酸 (cAMP) を成熟培養の最初の2時間に市販成熟培養液 (IVMD101) に添加して発生成績に与える影響を検討した。試験1: 通常のIVMD101に溶媒 (DMSO) だけを添加した対照区とTGF- α が除かれた特注IVMD101にU0126を添加した添加1区とIVMD101にU0126を添加した添加2区で発生成績を比較したところ、添加2区の桑実胚率 (46.9%)、胚盤胞発生率 (41.0%) が、対照区 (それぞれ23.4%、20.9%) と比較して有意に高かった。試験2: IVMD101に溶媒だけを添加した無添加区とIVMD101にU0126を添加したU0126区と、U0126とdbcAMP 1mMを添加したU0126+dbcAMP区発生成績を比較したが、発生率に有意差は認められなかった。

キーワード: 牛、卵子成熟、MAPKK阻害剤、U0126、dbcAMP

近年、国内では開業獣医師によりOPUが行われるようになり、コマーシャルベースで体外生産胚の生産が行われている。国際胚技術学会の報告 (Viana JHM, 2022) では、世界の体外生産胚の数が、2021年には、2020年と比較して急激に増加 (31.5%) しており、2021年の成績では、OPUによる胚生産は、297,889頭のドナーから1,499,136個の移植可能胚が生産されている。これは体内生産胚の成績 (66,218頭のドナーから386,374個の移植可能胚の生産) と比較すると約4倍の移植可能胚の生産が行われていることになる。

しかしながら卵子や胚の体外培養には発生率に依然として課題があり、Gilchristら (2007) は、ウシにおける体外成熟培養での卵母細胞の発生率が低い理由の1つとして、成長の異なる段階での胞状卵胞から採取した卵子-卵丘細胞複合体 (COC) を使用したことによるものと推察してい

る。また、体外成熟培養後の発生成績が悪いもう一つの原因として、COCの能力を最大限に発揮できる成熟培養条件が確立していないことも挙げられている (Eppigら 2009)。

卵子の減数分裂再開は、LHサーージ後に分裂促進因子活性化蛋白質リン酸化酵素 (MAPK) をリン酸化する二重特異キナーゼ (MAPKK) を介してギャップ結合が崩壊し、卵子内の環状アデノシンリン酸 (cAMP) 濃度が低下しておこる。しかし、OPUによって成長の異なる段階の胞状卵胞から採取したCOCを使用した場合、十分に細胞質が成熟する前に減数分裂の再開が起こる可能性がある (Dall'Acquaら 2017)。そういったCOCを使用して体外成熟培養を行った場合、培養液に添加されるEGF等の成長因子がMAPKを活性化し、ギャップ結合が早く崩壊してしまい、細胞質成熟が不十分のまま、減数分裂が再開される。そのため、体内成熟卵子と比較して胚盤胞

発生率が低いのではないかと考えられる。

そこで我々は、OPUで採取したCOCを用い、ギャップ結合崩壊の阻害効果が期待されるMAPKK阻害剤や、体外成熟培養液に含まれるTGF- α 及びcAMPなどの成熟培養前の添加が胚盤胞発生率に及ぼす影響を検討した。

材料及び方法

1 供試牛及び動物実験規定

当所で飼養する黒毛和種経産牛4頭を、試験1で2頭、試験2で2頭供試した。それぞれの牛は60日以上の間隔で反転して実験を行った。また、本試験は、神奈川県畜産技術センター動物実験規定に従い動物実験委員会審査・承認を受けて実施した。

(1) 試験1

任意の発情時期にCIDRを挿入し、FSH20AUを50mLの生理食塩水に溶解して皮下に1回投与し、72時間後にOPUを行い卵子を採取し、成熟培養の最初の2時間に市販成熟培養液 (IVMD101、(株)機能性ペプチド研究所) に溶媒であるDMSOのみを添加して培養した区を対照区、TGF- α を除いた成熟培養液にMAPKK阻害剤 (U0126) をDMSOを溶媒として最終濃度を5 μ Mにして添加した区を添加1区、成熟培養液にU0126を添加した区を添加2区とした。

成熟培養終了後のCOCは光学顕微鏡下で観察し、Mareiら (2010) の方法に基づいて、卵丘細胞が膨化して白く透明に見えるCOCをF (Fully expanded)、部分的に卵丘細胞が膨化せず黒っぽく見えるCOCをP (Partially expanded)、卵丘細胞が膨化していないCOCをN (Not expanded) とした。

(2) 試験2

任意の発情時期にCIDRを挿入し、FSH20AUを50mLの生理食塩水に溶解して皮下に1回投与し、72時間後にOPUを行い卵子を採取し、無添加区は溶媒であるDMSOのみ添加、U0126区は、U0126を添加したIVMD101で最初の2時間培養を行い、IVMD101に移して22時間成熟培養を行った。U0126+dbcAMP区は、U0126にdbcAMPを1mM添加して最初の2時間培養を行い、IVMD101に移して22時間成熟培養を行った。

2 発生培養

試験1、2ともに、体外受精は市販媒精液 (IVF100、(株)機能性ペプチド研究所) 及び市販凍結精液を使用し、体外培養は、媒精後5日目まではSOFaa-PVA+EGF+IGF-I、6日目からはさらにGlucoseを4mM添加して発生培養を行った。試験

では、採取卵子数、分割卵子数、分割率、桑実胚数、桑実胚率、胚盤胞数、発生率を調査し、試験1の一部の胚盤胞は移植して受胎率および産子の正常性を検討した。

3 統計処理

データはすべて平均値±標準誤差で示した。統計処理は、コンピューター統計処理ソフトSPSS (SPSS16.0J、SPSS Inc.、東京) を用い、一元配置の分散分析後に、Tukey法により多重比較を行った。なお、分割率、桑実胚率、発生率についてはあらかじめ角変換を行った後に検定を行った。危険率5%未満 ($P<0.05$) を有意差ありと判定した。

結果及び考察

1 試験1

成熟培養後の卵丘細胞膨化の度合いを図1、2に示す。各区に有意な差は認められなかったが、完全に膨化している割合が最も少なく、全く膨化していない卵子 (N) の数が最も多かったのは添加1区であった。TGF- α はEGFR (ErbB1) に結合し、その下流にあるRas-ERK1/2経路を経てギャップ結合を閉鎖し、U0126はRas-ERK1/2を阻害する。本研究では、U0126でRas-ERK1/2を阻害するだけではなく、その上流のTGF- α を除いてさらに効果が高まることを期待した。その結果、TGF- α が除かれた添加1区では、成熟培養後の卵丘細胞の膨化割合が、対照区や添加2区より低い数値であった。

杉村ら (2014) は、TGF- α と同様にEGFRを刺激するAREGによる影響を調査しており、AREGによって卵丘細胞で解糖系を介し多くの代謝産物が作られる一方で、AREGによってギャップ結合が閉鎖するが、そこにBMP15を加えることでギャップ結合の閉鎖が遅れ、卵丘細胞からの代謝産物が効率的に卵母細胞に運ばれると報告している。

本試験では、これらの過程の検証をしていないため、今回の結果の原因は明らかではないが、初期のTGF- α の欠如がEGFRへの影響だけでなく他の経路による代謝産物の効率的な取り込みを抑えたため膨化卵子が少なかったのではないかと考えられた。

次に、採取した卵子の発生成績 (表1) を見たところ、分割率に差は認められず、添加2区の桑実胚率 (46.9%) が、対照区 (23.4%) と比較して高い傾向を示したが、胚盤胞発生率では添加2区 (41.0%) が、対照区 (20.9%) より高い数値であったが、有意な差は認められなかった。

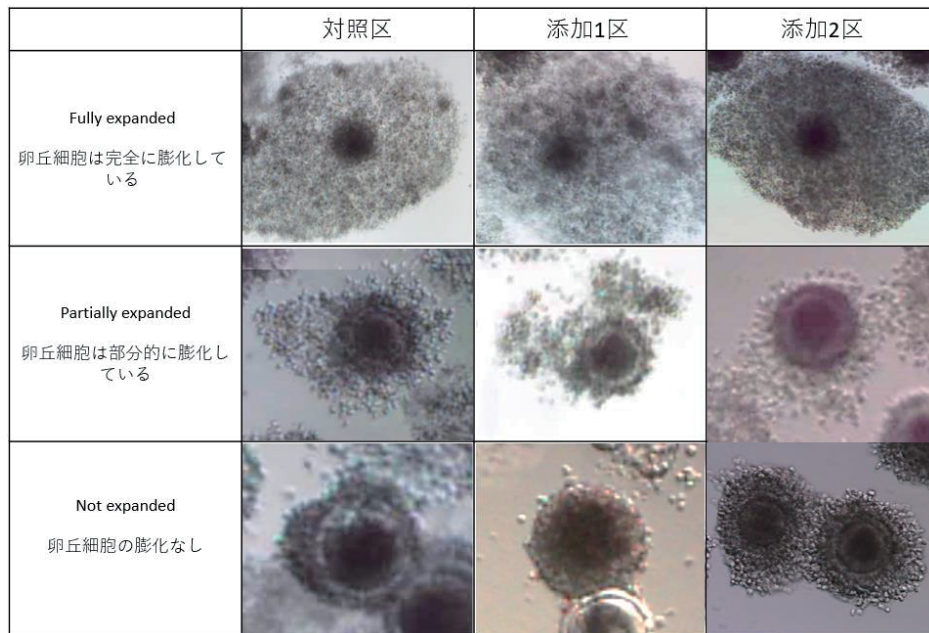


図1 成熟培養後の卵丘細胞膨化の度合い

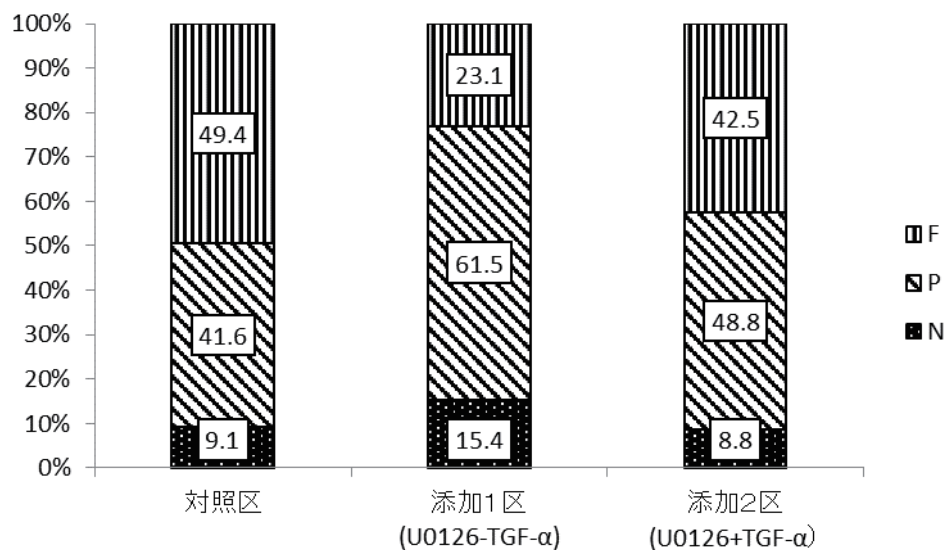


図2 成熟培養終了時の卵丘細胞の膨化に及ぼす U0126 の影響

成熟培養後の卵丘細胞膨化の度合いにより F (Fully expanded)、P (Partially expanded)、N (Not expanded)。対照区：市販成熟培養液に溶媒 DMSO のみ添加、添加1区：TGF- α を除いた成熟培養液に U0126 を 5 μ M 添加、添加2区：成熟培養液に U0126 を添加。

既報 (Shinohara ら 2018) ではと場卵巢由来の COC を用いて、成熟培養の初期 2 時間に U0126 を添加することで発生成績が有意に高まることが報告されている。今回の結果は桑実胚率で同様に添加2区では対照区と比較して高い傾向を示したが、胚盤胞発生率では有意差は認められなかった。これは、添加2区では U0126 によるギャップ結合の

閉塞を遅延させることで、cAMP などの移送が促進され細胞質成熟がより進行したためではないかと考えられた。一方で、添加1区では TGF- α がないために、成熟培養時に MAPKK とは別の経路で細胞質成熟が止まり、それがその後の発育に影響したのではないかと考えられた。

表1 U0126を添加した成熟培地で培養したOPU由来卵子の発生成績(個)

| 区 | TGF- α | U0126 | 試験回数 | 卵子数 | 分割卵子数 | 分割率 (%) | 桑実胚数 | 桑実胚率 (%) | 胚盤胞数 | 発生率 (%) |
|------|---------------|-------|----------------|------|-------|---------|------|--------------------|------|---------|
| 対照区 | + | - | 7 | 11.6 | 6.6 | 55.1 | 2.9 | 23.4 ^a | 2.1 | 20.9 |
| 添加1区 | - | + | 6 [†] | 12.2 | 7.5 | 68.0 | 3.5 | 33.3 ^{ab} | 3.0 | 30.8 |
| 添加2区 | + | + | 7 | 12.7 | 7.3 | 63.6 | 5.1 | 46.9 ^b | 4.1 | 41.0 |

^{ab}: 異符号間に傾向あり (P<0.1)

[†]: 供試牛で1頭、体調不良により試験途中で供試を中止した。

表2 前培養時における U0126 の添加により発生した胚の移植成績

| 区 | 胚処理別 | 移植頭数 | 受胎頭数 | 不受胎頭数 | 受胎率 (%) |
|------|------|------|----------------|-------|---------|
| 対照区 | 新鮮胚 | 2 | 1 [†] | 1 | 50.0 |
| 添加1区 | 新鮮胚 | 4 | 1 | 3 | 25.0 |
| 添加2区 | 新鮮胚 | 2 | 1 | 1 | 50.0 |
| | 凍結胚 | 8 | 4 | 4 | |

[†]: 妊娠104日後に流産

さらに採取した胚の一部を移植したところ、発生した胚においては受胎率に有意な差は認められなかった。

2 試験2

成熟培養後の卵丘細胞膨化の度合いを図3に示す。各区に有意な差は認められなかったが、完全に膨化しているCOCの割合(F)が最も多かったのは対照区であり、卵丘細胞の膨化がなかったCOCの割合(N)が最も多かったのは、U0126+dbcAMP区であった。

cAMPはLHサージに伴いスパイク状に上昇し、Ras-ERK1/2経路を活性化して卵母細胞の成熟と排卵を誘導するシグナルカスケードを開始する(Gilchristら2016)。これまでの報告でもcAMP誘導体であるdbcAMPを用いて(舟橋ら1997、Somfaiら2003、杉村ら2015)豚卵子の発生成績が改善したという報告や杉村ら(2018)も牛卵子で発生率が高まったと報告している。これを受けて、本試験ではOPUで採取された牛卵子で検討を行ったところ、卵丘細胞の膨化に対する効果は認められなかった。

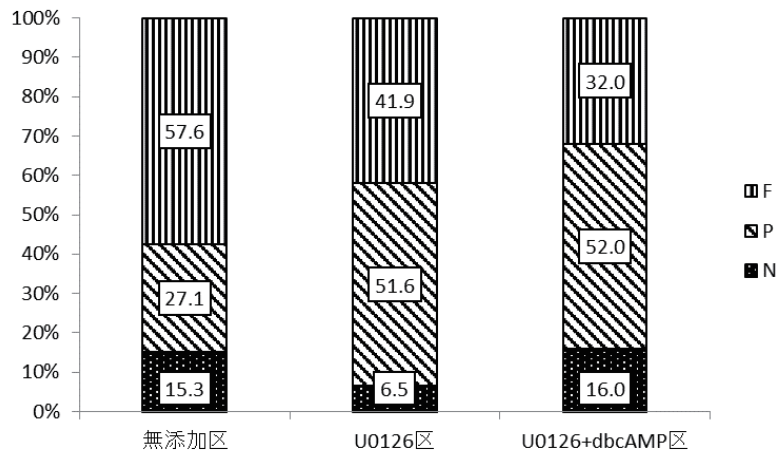


図3 成熟培養終了時の卵丘細胞の膨化に及ぼすU0126とdbcAMPの影響
成熟培養後の卵丘細胞膨化の度合いによりF(Fully expanded):卵丘細胞は完全に膨化している、P(Partially expanded):卵丘細胞は部分的に膨化している、N(Not expanded):卵丘細胞の膨化なし

表3 U0126を添加した成熟培地で培養した場合のOPU由来卵子の発生成績(個)

| 区 | 試験回数 | 供試卵子数 | 分割卵子数 | 分割率 (%) | 桑実胚数 | 桑実胚率 (%) | 胚盤胞数 | 発生率 (%) |
|---------------|----------------|-------|-------|---------|------|----------|------|---------|
| 無添加区 | 5 | 10.8 | 8.0 | 65.6 | 3.8 | 29.2 | 3.2 | 34.6 |
| U0126区 | 4 [†] | 12.5 | 8.8 | 76.0 | 3.0 | 19.0 | 4.0 | 30.3 |
| U0126+dbcAMP区 | 4 [†] | 6.0 | 4.8 | 78.8 | 1.5 | 27.5 | 2.8 | 45.0 |

†: 供試牛で1頭、体調不良により試験途中で供試を中止した。

続いて、作出した胚の発生成績を見たところ、各区に有意な差は認められなかったが、U0126+dbcAMP区が最も高い胚盤胞発生率(45.0%)であった(表3)。豚卵子ではdbcAMPを添加することで有意な発生成績の向上が認められたが、本試験ではdbcAMPの顕著な効果は認められなかった。

これらの理由は明らかではないが、本試験がFSHによる卵巣刺激処理後にOPUで採取した、すでにpre-IVMを行った状態のCOCを使用したため、dbcAMPの効果が見えなかった可能性が考えられた。一方、杉村ら(2018)は、dbcAMPと併せてIBMXを用い、FSHまたはアンフィレグリンで刺激された卵母細胞の胚盤胞形成を改善できたと報告しており、今後はIBMX等の添加も検討したい。

一般的に農家の牛からのOPUによる卵子採取後は、卵子を培養環境の整った施設に輸送することになる。しかし、数時間の輸送により卵子の生存率や質が低下する可能性があり、胚生産効率の課題となっている(Dall'Acquaら2017)。今後は、本試験を鑑み、OPU後のCOCの輸送時にU0126やdbcAMP、IBMX等を添加してその効果を検討したい。

謝辞

本稿の執筆に当たりご指導を頂きました東京農工大学大学院農学研究院 生物生産科学部門 杉村智史教授に深く感謝の意を表します。

引用文献

Dall'Acqua PC, Leão BCDS, Rocha-Frigoni NAS, Gottardi FP, Mingoti GZ. 2017. Delaying meiotic resumption during transportation of bovine cumulus-oocyte complexes: effects on development, apoptosis and caspases activity of in vitro-

produced embryos. *Zygote* 25, 740-750.

Eppig JJ, O'Brien MJ, Wigglesworth K, Nicholson A, Zhang W, King BA. 2009. Effect of in vitro maturation of mouse oocytes on the health and lifespan of adult offspring. *Hum Reprod* 2009, 24, 922-928.

Funahashi H, Cantley TC, Day BN. 1997. Synchronization of meiosis in porcine oocytes by exposure to dibutyl cyclic adenosine monophosphate improves developmental competence following in vitro fertilization. *Biology of Reproduction* 57, 49-53.

Gilchrist RB, Thompson JG. 2007. Oocyte maturation: emerging concepts and technologies to improve developmental potential in vitro. *Theriogenology* 67, 6-15.

Gilchrist RB, Luciano AM, Richani D, Zeng HT, Wang X, De Vos M, Sugimura S, Smits J, Richard FJ, Thompson JG. 2016. Oocyte maturation and quality: role of cyclic nucleotides. *Reproduction* 152, R143-R157.

Marei WF, Wathes DC, Fouladi-Nashta AA. 2010. Impact of linoleic acid on bovine oocyte maturation and embryo development. *Reproduction* 139, 979-988.

Shinohara T, Ohta Y, Kawate N, Takahashi M, Sakagami N, Inab T, Tamada H. 2018. Treatment with the MAPK kinase inhibitor U0126 during the first two hours of in vitro maturation improves bovine oocyte developmental competence. *Reprod Domest Anim* 53, 270-273.

Somfai T, Kikuchi K, Onishi A, Iwamoto M, Fuchimoto D, Papp AB, Sato E, Nagai T. 2003. Meiotic arrest maintained by cAMP during the initiation of maturation enhances meiotic potential and developmental competence and reduces

polyspermy of IVM/IVF porcine oocytes. *Zygote* 11, 199–206.

- Sugimura S, Ritter LJ, Rose RD, Thompson JG, Mottershead DG, Gilchrist RB. 2014. BMP15 plus GDF9 and cAMP modulator promote EGF receptor signaling to increase oocyte developmental competence in porcine cumulus-oocyte complexes from small follicles. *Reproduction Abstracts*.p125
- Sugimura S, Ritter LJ, Rose RD, Thompson JG, Smitz J, Mottershead DG, Gilchrist RB. 2015. Promotion of EGF receptor signaling improves the quality of low developmental competence oocytes. *Developmental Biology* 403, 139–149.
- Sugimura S, Yamanouchi T, Palmerine MG, Hashiyada Y, Imai K, Gilchrist RB. 2018. Effect of pre-in vitro maturation with cAMP modulators on the acquisition of oocyte developmental competence in cattle *J. Reprod. Dev.* 64, 233–241.
- Viana JHM. 2022. 2021 Statistics of embryo production and transfer in domestic farm animals. *Embryo Technology Newsletter* 40, 22-40.

神奈川県における飼料用ダイズとイタリアンライグラスの 二毛作による飼料生産方法

折原健太郎・磯部勝孝¹
(¹日本大学生物資源科学部)

Forage Production System by Forage Soybean and Italian Rygrass for Double Cropping in Kanagawa

Kentaro ORIHARA and Katsunori ISOBE

1 番草収穫後のイタリアンライグラス再生草をリビングマルチとして利用する、飼料用ダイズとイタリアンライグラスとの二毛作体系について検討した。品種および播種期の検討では、乾物収量は 532~1,154kg/10a であり、津久井在来はエンレイより多く、5月1日播種は最も多かった。CP含量は 12.3~15.4% であり、エンレイは津久井在来より高く、4月13日播種は5月15日播種より高かった。雑草防除および施肥方法の検討では、栽植密度は 5,222~8,000 個体/10a であり、リビングマルチでは、LN は HN より高かったが、除草剤では施肥による差はなかった。乾物収量は、494~613 kg/10a であり、雑草防除および施肥による有意差は認められなかった。収穫物中の雑草割合は、除草剤はリビングマルチより低く、LN は HN より低かった。CP 含量と雑草割合の間に有意な負の相関が認められた。実証栽培における乾物収量は、ダイズでは 533 kg/10a、イタリアンライグラスでは 1,110 kg/10a であり、年間合計では 1,643 kg/10a であった。

キーワード：イタリアンライグラス、飼料用ダイズ、二毛作、リビングマルチ

我が国では、高タンパク質飼料としてアルファルファ等の輸入飼料が利用されてきたが、近年の飼料価格の高騰により、国産高タンパク質飼料の生産拡大が期待されている。しかし、アルファルファは、乾燥したアルカリ性土壌を好むため、湿潤で酸性土壌が多い地域での栽培は難しく、アルファルファに替わる高タンパク質飼料として、飼料用ダイズの生産が検討されている（高崎 1986：棟加登と津留崎 1990：金子ら 2014：魚住ら 2018）。

ダイズを飼料用として利用する場合は、子実用とは異なり、未熟な子実と茎葉を一緒に収穫してホールクロップサイレージとして利用する。また、ダイズは飼料用として栽培する場合、登録農薬がないため無農薬で栽培しなければならない。ダイズの無農薬栽培では、リビングマルチ（他の植物で地面を被覆して雑草の発生を抑える技術）を利用した雑草防除方法が有効である（金子ら 2014：魚住ら 2018）。

神奈川県畜産技術センターでは、2017年に前年秋に播種して5月に収穫したイタリアンライグラスの再生草をリビングマルチとして利用する、飼料用ダイズの栽培について予備試験を実施した。播種後、イタリアンライグラス再生草により雑草の発生は抑制できたが、収量が少なく、実用化するためには、播種期や品種の選定等が課題として考えられた。

そこで、本研究では県内における国産高タンパク質飼料として飼料用ダイズを生産するために1番草収穫後のイタリアンライグラス再生草をリビングマルチとして利用する、飼料用ダイズとイタリアンライグラスとの二毛作体系について検討した。

材料及び方法

1 試験1：品種および播種期の検討

試験区は、ダイズ品種と播種日を因子として、

ダイズ品種はエンレイおよび津久井在来の2水準、播種日は2018年4月13日、5月1日、5月15日および5月28日の4水準とし、ダイズ品種と播種日を組み合わせた8区分をそれぞれ4反復した。

栽培の1区画は、6.75m² (2.25m×3m)とし、ダイズを条間37.5cm、株間14cmに1粒ずつ播種(19,048粒/10a)した。播種時に窒素10kg/10a、リン酸10kg/10a、カリ20kg/10aを全量基肥で全面散布して施用した。

収穫は、子実肥大始期(R5)を目安にして、各区両側を除く1条の中央部を2m地際から収穫した。調査は、作物調査基準(日本作物学会九州支部会2013)に準じて実施し、収穫物の主茎長、主茎節数を測定し、葉、茎、莢に分離して、葉面積指数(LAI)、乾物重量を測定した。粗タンパク質(CP)含量は、葉および茎は、播種期ごとに品種の中から中庸な収量の区を代表して、莢は全ての収穫物を混合してケルダール法で測定した。

2 試験2：雑草防除および施肥方法の検討

試験区は、雑草防除とダイズへの施肥を因子として、雑草防除は除草剤とイタリアンライグラスのリビングマルチの2水準、施肥は低窒素(LN)と高窒素(HN)の2水準をとし、雑草防除と施肥を組み合わせた4区分をそれぞれ4反復した。

栽培の1区画は、12m² (3m×4m)とした。雑草防除では、除草剤は播種時にクリアターン乳剤を播種時に規定量で土壌処理し、リビングマルチはイタリアンライグラス(品種:ライジン)を2018年10月24日に播種量2.5kg/10aで播種し、2019年5月9日に1番草を収穫し、その再生草を利用した。

ダイズの播種は、2019年5月9日に条間37.5cm、株間14cmに1粒ずつ播種(19,048粒/10a)したが、発芽不良であったため、5月27日に同量を再播種した。施肥は、LNは窒素3kg/10a、リン酸10kg/10a、カリ10kg/10a、HNは窒素10kg/10a、リン酸10kg/10a、カリ20kg/10aをそれぞれ播種後に全面散布して施用した。

収穫は、子実肥大始期(R5)を目安にして、各区両側を除く1条の中央部を2m地際から収穫し、生育および収穫調査試験1と同様に調査した。残った部分は、すべて刈り取りして原料草とし、パウチサイロを調製して発酵品質および栄養価を調査した。

パウチサイロは、原料草を3cm程度に細断して真空袋(飛竜N-10、旭化成パックス)に400g程度詰込み、卓上密封包装機(SQ-205S、シャープ)

で真空パックして作成し、室温で2か月程度保存して、栄養価および発酵品質を調査した。

栄養価は、十勝農協連農産化学研究所に分析を依頼し、発酵品質は常法(日本草地学会2004)で分析してVスコアを求めた。

3 試験3：実証栽培

神奈川県畜産技術センターの生産圃場(10a)において、2018年10月16日にイタリアンライグラス(品種:ライジン、カネコ種苗)を播種して2019年4月24日に出穂期で1番草を収穫し、5月5日にダイズ(津久井在来)を条間37.5cm、株間14cmで不耕起播種し、窒素3kg/10a、リン酸10kg/10a、カリ10kg/10aを全面散布した。収穫は、2019年9月12日にモアコンディショナで刈り取り、9月13日にロールベアラでサイレージ調製した。

収量は、ロールベアラの重量に乾物率を乗じて求めた。栄養価は、ダイズは常法で分析し、イタリアンライグラスは日本標準飼料成分表(農業・食品産業技術総合研究機構2010)から引用した。

4 統計解析

統計解析は、解析ソフトR version4.1.2(R Core Team 2021)で行い、P<0.05の場合に有意とした。試験1および試験2では、二元配置分散分析を実施し、有意差が認められた場合は、因子ごとにTukey法により多重比較した。分散分析で交互作用が認められた場合は、試験1では品種ごとに播種日間についてTukey法により多重比較し、試験2では除草と施肥を合わせた処理間についてTukey法により多重比較した。また、試験2ではサイレージのCP含量と雑草割合について回帰分析した。

結果

1 試験1：品種および播種期の検討

生育調査結果を表1に示した。収穫ステージは、莢伸長期(R4)から子実肥大期(R6)であった。発芽率は46.5~86.5%であり、品種間および播種日間に有意差が認められた。津久井在来はエンレイより高く、5月1日および5月15日播種は、4月13日および5月28日播種より高かった。栽植密度は5,333~7,333個体/10aであり、品種間および播種日間ともに有意差は認められなかった。主茎長は46.7~94.8cmであり、品種間および播種日間に有意差が認められた。津久井在来はエンレイより高く、5月15日播種は最も高かった。主茎節数は13.3~19.0節/個体であり、品種間に有意差が認められ、津久井在来は

表1 試験1の生育調査結果

| 品種 | 播種日 | 発芽期 | 開花期 | 収穫日 | 収穫 ステージ | 発芽率 (%) | 栽植密度 (個体/10a) | 主茎長 (cm) | 主茎節数 (節/個体) | LAI (m ² /m ²) |
|-------------------|--------|-------|------|------|------------|------------|------------------|-------------|----------------|--|
| エンレイ | 4/13 | 4/29 | 6/20 | 7/17 | R5 | 46.5 | 6,000 | 46.7 | 13.3 | 3.0 |
| | 5/1 | 5/10 | 6/29 | 8/13 | R5 | 70.0 | 6,500 | 71.1 | 15.6 | 4.5 |
| | 5/15 | 5/22 | 7/6 | 8/16 | R5 | 72.3 | 5,333 | 73.9 | 14.6 | 2.6 |
| | 5/28 | 6/6 | 7/20 | 9/12 | R6 | 47.0 | 6,167 | 67.9 | 15.0 | 3.4 |
| 津久井在来 | 4/13 | 4/28 | 6/28 | 8/13 | R5 | 60.3 | 6,000 | 71.0 | 17.6 | 3.4 |
| | 5/1 | 5/10 | 7/6 | 8/16 | R4 | 86.5 | 7,333 | 75.5 | 17.7 | 5.6 |
| | 5/15 | 5/22 | 7/17 | 9/12 | R5 | 85.8 | 7,000 | 94.8 | 19.0 | 2.9 |
| | 5/28 | 6/6 | 7/26 | 9/12 | R4 | 70.5 | 6,333 | 80.6 | 17.9 | 3.9 |
| 平均値 | 品種 | エンレイ | | | | 58.9 b | 6,000 | 64.9 b | 14.6 b | 3.4 |
| | | 津久井在来 | | | | 75.8 a | 6,667 | 80.5 a | 18.0 a | 3.9 |
| | 播種日 | 4/13 | | | | 53.4 b | 6,000 | 58.8 c | 15.4 | 3.2 b |
| | | 5/1 | | | | 78.3 a | 6,917 | 73.3 b | 16.6 | 5.0 a |
| | | 5/15 | | | | 79.0 a | 6,167 | 84.3 a | 16.8 | 2.8 b |
| | 5/28 | | | | 58.8 b | 6,250 | 74.3 ab | 16.5 | 3.6 ab | |
| 分散分析 ¹ | 品種 | | | | | ** | NS | ** | ** | NS |
| | 播種日 | | | | | ** | NS | ** | NS | ** |
| | 品種×播種日 | | | | | NS | NS | NS | NS | NS |

¹NSは有意差なし、**はP<0.01、*はP<0.05で有意差あり。

²項目ごとに異文字間に有意差あり。

表2 試験1の収穫調査結果

| 品種 | 播種日 | 乾物率 (%) | 乾物収量 (kg/10a) | CP含量 (%) | CP収量 (kg/10a) | | |
|-------------------|--------|------------|------------------|-------------|------------------|---------|-------|
| エンレイ | 4/13 | 33.2 | 533 | 15.4 a | 82 | | |
| | 5/1 | 39.0 | 869 | 14.2 b | 124 | | |
| | 5/15 | 32.4 | 532 | 13.8 c | 73 | | |
| | 5/28 | 38.1 | 946 | 13.6 c | 128 | | |
| 津久井在来 | 4/13 | 35.1 | 666 | 13.4 a | 89 | | |
| | 5/1 | 42.6 | 1,154 | 12.8 b | 147 | | |
| | 5/15 | 43.3 | 934 | 12.3 b | 115 | | |
| | 5/28 | 41.5 | 894 | 13.5 a | 121 | | |
| 平均値 | 品種 | エンレイ | | 35.7 b | 720 b | 14.2 a | 102 |
| | | 津久井在来 | | 40.6 a | 912 a | 13.0 b | 118 |
| | 播種日 | 4/13 | | 34.1 | 599 b | 14.4 a | 86 b |
| | | 5/1 | | 40.8 | 1,012 a | 13.5 ab | 136 a |
| | | 5/15 | | 37.9 | 733 ab | 13.0 b | 94 ab |
| | 5/28 | | 39.8 | 920 ab | 13.6 ab | 125 ab | |
| 分散分析 ¹ | 品種 | | | * | * | ** | NS |
| | 播種日 | | | NS | * | ** | * |
| | 品種×播種日 | | | NS | NS | ** | NS |

¹NSは有意差なし、**はP<0.01、*はP<0.05で有意差あり。

²項目ごとに異文字間に有意差あり。

エンレイより多く、播種日間に有意差はなかった。LAIは2.6～5.6 m²/m²であり、播種日間に有意差が認められ、5月15日播種は最も高く、品種間に有意差はなかった。収穫調査結果を表2に示した。乾物率は32.4～

43.3%であり、品種間に有意差が認められ、津久井在来はエンレイより高く、播種日間に有意差は認められなかった。乾物収量は532～1,154 kg/10aであり、品種間および播種日間に有意差が認められ、津久井在来はエンレイより多く、5

表3 試験1の収穫物中の部位別乾物中割合およびCP含量

| 品種 | 播種日 | 乾物中割合 (%) | | | CP含量 (%) | | | |
|--------|-------------------|-----------|---------|--------|----------|------|-------|------|
| | | 葉 | 茎 | 莢 | 葉 | 茎 | 莢 | |
| エンレイ | 4/13 | 41.6 a | 51.5 c | 6.8 a | 21.0 | 10.0 | 22.5 | |
| | 5/1 | 35.0 b | 61.6 b | 3.5 b | 21.5 | 9.8 | 20.2 | |
| | 5/15 | 31.9 c | 65.8 a | 2.3 b | 22.6 | 9.2 | 21.6 | |
| | 5/28 | 31.6 c | 67.4 a | 1.1 c | 21.0 | 10.0 | 19.5 | |
| 津久井在来種 | 4/13 | 34.5 a | 63.4 c | 2.1 a | 22.5 | 8.2 | 21.3 | |
| | 5/1 | 30.7 abc | 68.7 ab | 0.7 b | 23.3 | 8.0 | 18.9 | |
| | 5/15 | 27.6 c | 71.6 a | 0.8 b | 21.8 | 8.5 | 22.7 | |
| | 5/28 | 33.7 ab | 65.2 bc | 1.1 ab | 23.4 | 8.3 | 24.4 | |
| 平均値 | 品種 | エンレイ | 35.0 a | 61.6 b | 3.4 a | 21.5 | 9.7 | 21.0 |
| | | 津久井在来 | 31.6 b | 67.2 a | 1.2 b | 22.8 | 8.3 | 21.8 |
| | 播種日 | 4/13 | 38.0 a | 57.5 c | 4.5 a | 21.7 | 9.1 a | 21.9 |
| | | 5/1 | 32.8 b | 65.1 b | 2.1 b | 22.4 | 8.9 a | 19.6 |
| | | 5/15 | 29.7 c | 68.7 a | 1.5 bc | 22.2 | 8.9 a | 22.1 |
| | | 5/28 | 32.6 b | 66.3 b | 1.1 c | 22.2 | 9.1 a | 22.0 |
| | 分散分析 ¹ | 品種 | ** | ** | ** | NS | NS | NS |
| | | 播種日 | ** | ** | ** | NS | ** | NS |
| 品種×播種日 | | ** | ** | ** | | | | |

¹NSは有意差なし、**は $P<0.01$ 、*は $P<0.05$ で有意差あり。

²項目ごとに異文字間に有意差あり。

月 1 日播種は最も多かった。CP 含量は 12.3～15.4%であり、品種間および播種日間に有意差が認められ、エンレイは津久井在来より高く、4 月 13 日播種は 5 月 15 日播種より高かった。CP 収量は 73～147 kg/10a であり、播種日間に有意差が認められ、5 月 1 日播種は 4 月 13 日より多く、品種間に有意差はなかった。

収穫物中の部位別乾物中割合および CP 含量を表 3 に示した。部位別乾物中割合は、葉では 27.6～41.6%、茎では 51.5～71.6%、莢では 0.7～6.8%であり、茎の割合が高く、莢の割合が低かった。それぞれの部位ごとでは、品種間と播種日間に有意差が認められ、品種と播種日により交互採用が認められた。エンレイ、津久井在来ともに、4 月 13 日に播種すると葉および莢の割合が多く、茎の割合は少なかった。CP 含量は、葉では 21.0～23.4%、茎では 8.0～10.0%、莢では 18.9～24.4%であり、葉および莢は高く、茎は低かった。部位ごとの含量は、品種間および播種日間に有意差は認められなかった。

2 試験 2：雑草防除および施肥方法の検討

生育および収穫調査結果を表 4 に示した。栽植密度は 5,222～8,000 個体/10a であり、施肥による有意差が認められ、雑草防除による有意差は認められなかった。また、雑草防除と施肥により交互作用が認められ、リビングマルチでは

LN は、HN より高かったが、除草剤では施肥による差はなかった。主茎長は 79.0～87.2 cm/10a であり、雑草防除および施肥により有意差は認められなかった。主茎節数は 16.8～18.8 節/個体であり、雑草防除による有意差が認められ、除草剤はリビングマルチより多く、施肥による有意差は認められなかった。乾物収量は、494～613 kg/10a であり、雑草防除および施肥による有意差は認められなかった。収穫物中の雑草割合は、雑草防除および施肥による有意差が認められ、除草剤はリビングマルチより低く、LN は HN より低かった。

試験 2 のサイレージの CP 含量と原料草の雑草割合の関係を図 1 に示した。CP 含量と雑草割合の間に有意な負の相関 ($R=-0.808$, $P<0.01$) が認められ、雑草割合が増加すると CP 含量は低下した。

試験 2 のサイレージ発酵品質を表 5 に示した。発酵品質は、いずれも雑草防除および施肥による有意差は認められなかった。pH は 5.4～6.2、VBN/TN は 22.3～24.5%、V スコアは 44.5～46.3 であった。

3. 試験 3：実証栽培

試験 3 の圃場収量を表 6 に示した。サイズでは、乾物収量は 533 kg/10a、TDN 収量は 308 kg/10a、CP 収量は 79 kg/10a、イタリアンライグ

表4 試験2の生育および収穫調査結果

| 雑草防除 | 施肥 | 栽植密度 (個体/10a) | 主茎長 (cm) | 主茎節数 (節/個体) | 総乾物収量 (kg/10a) | ダイズ乾物収量 (kg/10a) | 雑草割合 (%) | |
|-------------------|---------|------------------|-------------|----------------|-------------------|---------------------|-------------|--------|
| 除草剤 | LN | 6,000 ab | 79.0 | 18.3 | 494 | 492 | 0.4 c | |
| | HN | 6,333 ab | 87.2 | 18.8 | 531 | 529 | 0.5 c | |
| リビングマルチ | LN | 8,000 a | 79.6 | 17.0 | 517 | 477 | 8.5 b | |
| | HN | 5,222 b | 83.9 | 16.8 | 613 | 445 | 37.8 a | |
| 平均値 | 雑草防除 | 除草剤 | 6,167 | 83.1 | 18.6 a | 513 | 510 | 0.5 b |
| | | リビングマルチ | 6,611 | 81.7 | 16.9 b | 565 | 461 | 23.2 a |
| | 施肥 | LN | 7,000 a | 79.3 | 17.6 | 506 | 484 | 4.5 b |
| | | HN | 5,778 b | 85.5 | 17.8 | 572 | 487 | 19.2 a |
| 分散分析 ¹ | 雑草防除 | NS | NS | ** | NS | NS | ** | |
| | 施肥 | * | NS | NS | NS | NS | * | |
| | 雑草防除×施肥 | * | NS | NS | NS | NS | NS | |

¹NSは有意差なし、**は $P<0.01$ 、*は $P<0.05$ で有意差あり。

²項目ごとに異文字間に有意差あり。

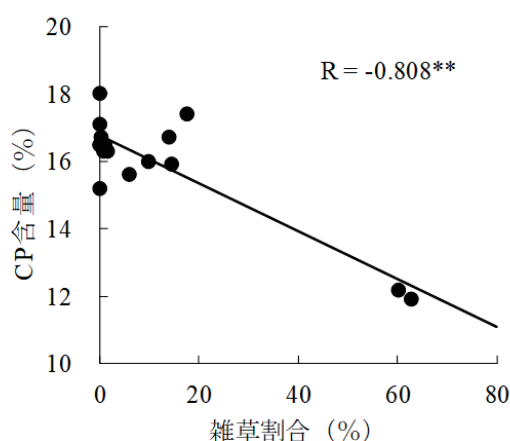


図1 試験2のサイレージのCP含量と原料草の雑草割合の関係

¹**は $P<0.001$ で有意差あり

ラスでは 1,110 kg/10a、TDN 収量は 682 kg/10a、CP 収量は 130 kg/10a、年間合計では乾物収量は 1,643 kg/10a、TDN 収量は 990 kg/10a、CP 収量は 209 kg/10a であった。

試験3のダイズサイレージの栄養価を表7に示した。栄養価は、CPは14.8%、NDFは51.9%、ADFは34.0%、TDNは57.7%であった。輸入アルファルファ乾草と比較して、CPでは3.7ポイント低く、NDFでは7.8ポイント高くADF及びTDNは同程度であった。

試験3のダイズサイレージ発酵品質を表8に示した。VBN/TNは13.7%、有機酸の合計は0.27%FM、Vスコアは74であった。

考察

1 品種および播種期の検討

神奈川県における飼料用ダイズの栽培に適する品種および播種期について検討するため、エンレイと津久井在来の2品種について、4月13日から5月28日まで播種期を移動する試験を実施した。

発芽率は、品種および播種期により異なったが、収穫時の栽植密度には差はなかった。津久井在来はエンレイと比較して主茎長が高く、主茎節数も多くなった。主茎長は、いずれの品種も5月に播種すると高くなった。LAIは、5月1日播種が最も高くなったが、乾物収量やCP収量との関係は明確ではなかった。

乾物率は、いずれも30%以上であり、津久井在来を5月に播種すると40%を超えていたことから、刈り取り後予乾せずにサイレージ調製が可能であると考えられた。乾物収量は、品種では津久井在来、播種日では5月1日播種が多くなり、本試験では、津久井在来を5月1日に播種すると1,154kg/10aと最大収量となった。

CP含量は、輸入アルファルファ乾草の日本標準飼料成分表（農業・食品産業技術総合研究機構2010）の値の18.5%と比較すると、3.1~6.2ポイント低くなった。エンレイを4月13日に播種すると、CP含量は15.4%と最も高くなったが、乾物収量が533kg/10aと低かったため、CP収量も82kg/10aと低くなった。一方、津久井在来を5月1日に播種するとCP収量は147kg/10aと最大となったが、CP含量は12.8%と低かった。

収穫物中の部位別乾物中割合は、茎はいずれの場合でも最も多く、ほとんどの場合で60%以上を占めていた。葉は30~40%程度、莢は最も少なく、ほとんどの場合で3%以下となった。CP含量は、

表5 試験2のサイレージ発酵品質

| 雑草防除 | 施肥 | pH | VBN/TN (%) | Vスコア | 有機酸 (%FM) | | | | |
|-------------------|---------|---------|------------|------|-----------|------|--------|------|------|
| | | | | | 乳酸 | 酢酸 | プロピオン酸 | 酪酸 | |
| 除草剤 | LN | 5.5 | 24.5 | 44.8 | 0.11 | 0.06 | 0.00 | 0.06 | |
| | HN | 6.1 | 24.3 | 44.5 | 0.11 | 0.05 | 0.00 | 0.06 | |
| リビングマルチ | LN | 5.4 | 22.3 | 45.5 | 0.13 | 0.04 | 0.00 | 0.06 | |
| | HN | 6.2 | 23.8 | 46.3 | 0.07 | 0.06 | 0.01 | 0.04 | |
| 平均値 | 雑草対策 | 除草剤 | 5.8 | 24.4 | 44.6 | 0.11 | 0.06 | 0.00 | 0.06 |
| | | リビングマルチ | 5.8 | 23.1 | 45.9 | 0.10 | 0.05 | 0.00 | 0.05 |
| | 施肥 | LN | 5.5 | 23.4 | 45.1 | 0.12 | 0.05 | 0.00 | 0.06 |
| | | HN | 6.1 | 24.1 | 45.4 | 0.09 | 0.05 | 0.00 | 0.05 |
| 分散分析 ¹ | 雑草防除 | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | |
| | 施肥 | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | |
| | 雑草防除×施肥 | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | |

¹NSは有意差なし、**は $P<0.01$ 、*は $P<0.05$ で有意差あり。

²項目ごとに異文字間に有意差あり。

表6 試験3の圃場収量

| 草種 | 収量 (kg/10a) | | |
|------------|-------------|-----|-----|
| | 乾物 | TDN | CP |
| ダイズ | 533 | 308 | 79 |
| イタリアンライグラス | 1,110 | 682 | 130 |
| 年間合計 | 1,643 | 990 | 209 |

表7 試験3のダイズサイレージ栄養価

| 草種 | CP | NDF | ADF | TDN |
|------------------------|------|------|-----|------|
| ダイズ | 14.8 | 51.9 | 34 | 57.7 |
| アルファルファ乾草 ¹ | 18.5 | 44.1 | 34 | 56.8 |

¹輸入乾草(アルファルファ:17%<CP<20%、日本標準飼料成分表2009年版)

表8 試験3のダイズサイレージ発酵品質

| VBN/TN (%) | 有機酸 (%FM) | | | | Vスコア |
|------------|-----------|------|--------|------|------|
| | 乳酸 | 酢酸 | プロピオン酸 | 酪酸 | |
| 13.7 | 0.21 | 0.06 | 0.00 | 0.01 | 74 |

葉と莢では20%を超える場合が多かったが、最も割合の多い茎では10%以下であった。

本試験では、津久井在来を5月1日に播種すると、乾物およびCP収量が最大となったが、CP含量の低い茎が70%程度含まれていたことから、CP含量は12.8%と輸入アルファルファ乾草と比較して5.7ポイント低く、高タンパク質とならなかった。この場合、乾物収量が多かったことから、刈取り高さを調節して茎の割合を少なくすることにより、十分な収量を得ながらCP含量を高めることが可能であると考えられた。

2 雑草防除および施肥方法の検討

ダイズを飼料用として栽培する場合、登録農薬がないことから除草剤による雑草防除ができないため、被覆植物を利用するリビングマルチ栽培が検討されている(金子ら2014;魚住ら2018)。リビングマルチに利用する植物は、イタリアンライグラス(金子ら2014)やヘアリーベッチ(魚住ら2018)が検討されているが、本試験では飼料用ダイズと組み合わせた二毛作として利用可能なイタ

リアンライグラスの利用について検討した。

総乾物収量およびダイズ乾物収量は、雑草防除方法および施肥による差はなかったが、リビングマルチでは総乾物収量では10%多く、ダイズ収量では10%少なかった。また、栽植密度は、リビングマルチのHNでは5,222個体/10aと低く、リビングマルチのLNでは8,000個体/10aと高くなった。また、収穫物中の雑草割合は、リビングマルチのHNでは37.8%、リビングマルチでLNは8.5%と29.3ポイント低くなり、窒素施肥量が多いHNでは、イタリアンライグラスを含む雑草とダイズが競合してダイズの栽植密度が低くなり、収穫物中の雑草割合が高くなると考えられることから、窒素施肥量を抑えた施肥方法が有効であると考えられた。

サイレージ中のCP含量は、原料草の雑草割合の間に負の相関関係があり、雑草割合が高くなるとCP含量が低くなり、CP含量を高めるためには、雑草の発生を抑えた栽培方法が必要である。

サイレージの発酵品質は、いずれの場合もVBN/TN比が22.3~24.5%と高く、Vスコアも44.5

～46.3 と不良の判定であった。神園ら (2020) は、R6 で牧草用収穫機により収穫した場合、乾物率 40% を目標にして予乾することにより、サイレージの発酵品質が高まることを報告しており、良質のサイレージを調製する場合、予乾や乳酸菌の添加を検討する必要がある。

3 実証栽培

イタリアンライグラスと飼料用ダイズの二毛作の合計収量は、乾物では 1,643 kg/10a、TDN では 990 kg/10a、CP では 209 kg/10a であった。本県における一般的な飼料用トウモロコシとイタリアンライグラスの二毛作の乾物収量は、2,200～2,900 kg/10a (神奈川県環境農政局農水産部農業振興課 2023) であり、この収量と日本標準飼料成分表 (農業・食品産業技術総合研究機構 2010) の栄養成分値から求めた収量は、TDN 収量では 1,508～1,989 kg/10a、CP 収量では 208～283 kg/10a であった。CP 収量は同程度であったが、乾物収量および TDN 収量ともに低かった。

ダイズサイレージの栄養価は、CP 含量は 14.8%、NDF 含量は 51.9% であり、アルファルファ乾草と比較して CP では 3.7 ポイント低く、NDF では 7.8 ポイント高かった。ADF および TDN 含量は同程度であった。輸入アルファルファ乾草の代替として利用する場合は、CP 含量を高めることが必要であると考えられた。

発酵品質は、V スコアは 74 であり、良の判定で良質なサイレージであった。

4 結論

本研究では、本県における飼料用ダイズの生産方法として、津久井在来を 5 月上旬に播種すると多収であり、イタリアンライグラス再生草をリビングマルチとして利用する場合、イタリアンライグラス再生草とダイズが競合することから、窒素施肥量を低くした施肥方法が有効であることを明らかにした。

一方、飼料用ダイズの CP 含量は輸入アルファルファ乾草と比較して低く、収穫方法などの改善策が必要であることが考えられた。

今後、より収量および CP 含量を高めるためには、ダイズ品種や競合より少なくするイタリアンライグラス品種について検討する必要がある。

引用文献

神園巴美, 塔野英子, 内野 宙, 河本英憲法, 出口 新, 魚住 順. 2020. ダイズ生育ステージ別での化学成分含量およびホールクロップ

サイレージ発酵品質の変化. 日草誌 65, 236-241.

神奈川県環境農政局農水産部農業振興課. 2023. 神奈川県作物別施肥基準. https://www.pref.kanagawa.jp/documents/30821/sehikijun_r4_all.pdf

金子 真, 魚住 順, 塔野英子, 出口 新. 2014. イタリアンライグラス (*Lolium multiflorum* Lam.) のリビングマルチとしての利用がサイレージ用ダイズ (*Glycine max* (L.) Merr.) の飼料成分に及ぼす影響. 日草誌 60, 45-48.

棟加登きみ子, 津留崎正信. 1990. 青刈ダイズサイレージの飼料成分特性と発酵品質. 福岡農総試研報 C-10, 47-50.

日本作物学会九州支部編. 2013. 作物調査基準. 日本作物学会九州支部, 福岡.

日本草地学会. 2004. 草地科学実験・調査法. 畜産技術協会. 東京.

農業・食品産業技術総合研究機構. 2010. 日本標準飼料成分表 2009 年版. 中央畜産会. 東京.

R Core Team. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>

高崎久生. 1986. ホールクロップサイレージ向けダイズの栽培及び調製利用 (第 1 報) 適品種の推定及び栽培法. 山口農試研報 38, 19-28.

魚住 順, 出口 新, 内野 宙, 塔野英子. 2018. ヘアリーベッチ (*Vicia villosa* Roth) を用いたリビングマルチによる飼料用ダイズ (*Glycine max* (L.) Merr.) の雑草防除. 日草誌 64, 81-90.

【場外掲載論文】

- 1 Natsumi Funeshima, Ryotaro Miura, Taiga Katoh, Hikari Yaginuma, Takeshi Kitou, Itaru Yoshimura, Kunitoshi Konda, Seizo Hamano, Koumei Shirasuna. 2021. Metabolomic profiles of plasma and uterine luminal fluids from healthy and repeatbreeder Holstein cows. BMC Veterinary Research 17(1), 2021-01-28.
- 2 Irie Y, Ono M, Aritsune M, Imamura Y, Nishioka S, Akiyama K, Enokidani M, Horikita T. 2021. Cleaning procedures and cleanliness assessments of bucket milkers and suckling buckets on Japanese dairy farms. The journal of Veterinary Medical Science 83, 5, 863-868
- 3 秋山清, 川野辺章夫, 神藤学, 北山智広, 辻井隆宏, 中原仁, 長谷川清寿, 澤香代子, 磯崎良寛, 亀樋成美, 原澤幹夫, 濱野晴三, 今井敬, 稲葉泰志. 2021. ホルスタイン種経産牛における卵胞波調整と排卵促進を併用した過剰排卵処理による性選別精液を用いた胚採取. 日本胚移植学雑誌 42, 2, 31-36
- 4 北野典子, 森村裕之 他 8 名. 2021. 黒毛和種におけるヒアルロン酸を用いた過剰排卵処理方法の検討. 日本胚移植学雑誌 43, 1, 37-41.
- 5 川村英輔, 小山太, 松尾孝弘, 菱沼竜男. 2023. 豚舎汚水処理方式の違いによる物質フローと温室効果ガス排出量の推計. 日本養豚学会誌 60(3), 109-122.
- 6 坂上信忠, 玉田尋通. 2021. 移植可能胚の生産効率向上を目指したウシ卵子・胚培養法の改良に関する研究. 宮城県獣医師会会報. 75(2), 52-59.
- 7 川村英輔. 2023. 衛生的な牛糞堆肥を生産するために：5 L のバケツで水分・比重調整を確認. 家畜診療 70(6), 323-329.
- 8 引地宏二, 平井久美子. 2023. 国産エンリッチドケージで使用した 2 系統の採卵鶏の生産成績、ネストの利用性、及び爪とぎ効果. 日本家禽学会誌 60(2), 74-81.

(発表順 下線 当所職員)

【学会発表】

| 学会名 | 発表年月 | 発表者・共同研究者 | 演題名 |
|---|----------|---|--|
| 日本家禽学会 2021年度春季大会 | 2021年3月 | <u>平井久美子</u> 折原健太郎 喜多浩一郎 (共同発表) | 県産トウモロコシ・ゴマ粕主体飼料の給与がかながわ鶏の生産性および肉質に及ぼす影響 |
| 2021年室内環境 学会学術大会 | 2021年12月 | <u>白石葉子</u> 折原健太郎 中原祐輔 (共同発表) | 暑熱ストレス軽減を目的とした豚房環境の改善が授乳期母豚に及ぼす影響 |
| 日本畜産学会 130回大会 | 2022年9月 | <u>白石葉子</u> <u>折原健太郎</u> 中原祐輔 (共同発表) | 授乳期母豚の暑熱ストレスを示す温熱指標における湿度の影響 |
| 第117回 日本養豚学会 | 2022年10月 | <u>中原祐輔</u> 白石葉子 (共同発表) | ブタ液状精液の低温保存に適した冷却プログラムおよび細胞保護物質の検討 |
| 第6回日本胚移植技術研 会大会・第39回北海道 牛受精卵移植研究会 合 同研究発表北海道大会 | 2022年11月 | 浅川祐二 (共同発表) | 修復培養液へのP糖タンパク質増強剤の添加によるバイオプシー胚の耐凍性および受胎率向上への取り組み |
| 第40回日本獣医師会獣医学 術学会年次大会 | 2022年11月 | 秋山清 浅川祐二 (共同発表) | 乳牛の乳頭管内ケラチンプラグにおけるラクトフェリン濃度とIgA 濃度の解析 |
| 日本水処理生物学会 第58回大会 | 2022年11月 | <u>松尾綾子</u> 板倉一斗 (共同発表) | 養豚排水処理の回分式活性汚泥処理施設における溶存酸素濃度制御の影響 |
| 第7回日本胚移植技術 研究会群馬大会 | 2023年10月 | <u>湯本森矢</u> 浅川祐二 森村裕之 (共同発表) | 牛OPUで採取した回収液の保持時間が体外受精後の胚発生に及ぼす影響 |

(下線は発表者)

神奈川県畜産技術センター研究報告 第4号 (通巻99号)

所長 秋山 清

編集委員会

| | | |
|------|----------|--------|
| 編集委員 | 所 長 | 秋山 清 |
| | 副所長 | 内山 敦子 |
| | 企画指導部長 | 坂上 信忠 |
| | 企画研究課長 | 折原 健太郎 |
| | 普及指導課長 | 仲澤 慶紀 |
| 事務局 | 企画調整グループ | 喜多 浩一郎 |
| | | 川端 光宏 |
| | | 吉田 良美 |

神奈川県畜産技術センター
研究報告 第4号 (通巻99号)

発行日 令和6年3月

著作権 神奈川県畜産技術センター
発行者 神奈川県海老名市本郷3750

印刷者 (株) シーケン
神奈川県横浜市栄区飯島町1439



神奈川県

畜産技術センター

海老名市本郷 3750 〒243-0417

電話 (046) 238-4056 FAX (046) 238-8634



古紙配合率70%再生紙を使用しています