

不良遺伝子の排除が系統造成豚集団に与える影響

矢後啓司・喜多浩一郎・青木 稔・峰崎洋通・仲澤慶紀

The influence of after eliminated unnecessary gene, porcine α -melanocyte stimulating hormone receptor gene on closed herd breeding

Keiji YAGO, Kouichirou KITA, Minoru AOKI, Hiromichi MINEZAKI and Yoshinori NAKAZAWA

ランドレース種系統造成豚群を対象にPCR-RFLP法によるPSS遺伝子診断を行い、PSS豚の存在を把握すると共に、それらの排除が集団の改良形質に与える影響を調査した。

基礎豚群のPSS陽性豚は21.7%（英国産21.0%、国内産21.9%）検出され、基礎豚38.0%、第一世代豚43.1%及び第二世代豚7.9%がPSS陽性豚との交配となった。

生産された調査豚の諸形質（体長、体高、胸囲、DG、EM、BF）は第一世代豚が第二世代豚より優れていた。PSS陽性豚の優良形質は体高（メス）、DG（メス）に現れたが、PSSヘテロ保有豚と正常豚との交配により、形質の維持は可能であった。

キーワード：系統造成豚、PSS遺伝子、形質調査

遺伝的な疾病であるPSS (Porcine stress syndrome) 豚は強度のストレスに晒されると、筋肉の硬直、代謝の異常亢進およびアシドーシスをきたし、ムレ肉あるいはフケ肉になる確率が高いとされている³⁾⁴⁾。これらの豚を検出する方法として、ハロセンテストが行われてきたものの、この方法ではPSS豚を完全に淘汰できず、これに代わって骨格筋リアノリジンレセプター遺伝子の変異を検出する遺伝子診断が行われるようになった¹⁾²⁾。そこで、現在改良を進めているランドレース種系統造成豚を対象にPCR-RFLP法による遺伝子診断を行って、PSS遺伝子の存在を把握すると共に、それらの排除が集団の改良形質に与える影響を調査した。

材料及び方法

1. 試験材料

DNA抽出材料：系統造成事業の対象豚であるランドレース種について、基礎繁殖豚50頭の血液および第一世代 (G1) 繁殖豚65頭、第二世代 (G2) 繁殖豚76頭、第一世代子豚458頭、第二世代子豚513頭および第三世代 (G3) 子豚758頭の耳刻片を充当した。

形質調査豚：基礎繁殖豚57頭（オス9頭、メス48頭）、第一世代繁殖豚81頭（オス17頭、メ

ス64頭）から生まれた第二次選抜豚388頭（G1：182、G2：206頭）を用いた。

2. 試験方法

耳刻片：生後1～2日目の新生子豚耳翼に個体番号を刻み、その際に切除した耳刻片を70×115mmのビニール袋へ収め、マイナス23℃の冷凍庫に保存した。

世代豚の選抜：生後8週齢時の発育、体型および歩様から第一次選抜を行い、体重100kg到達時の産肉性 (DG, EM, BF)、体型（体長、体高、胸囲）およびBLUP法による育種価の推定値から第二次選抜へと進め、さらに妊娠豚をストール飼育して、肢蹄の強健性から第三次選抜を実施した。

遺伝子診断：繁殖豚の血液および生産子豚の耳刻片から常法によりDNAを抽出し、テンプレートにオリゴヌクレオチドプライマーを加えてからPCR装置で増幅した。次に、制限酵素 (HgiA1) でDNA断片の消化を行い、アガロース電気泳動像から二本 (524, 135bp) のバンドを正常個体、三本 (358, 166, 135bp) をPSS (リアノリジンレセプター1遺伝子突然変異型) 遺伝子ホモ保有個体及び四本 (524, 358, 166, 135bp) をPSS遺伝子ヘテロ保有個体と判定した。

結 果

1. 系統造成豚集団内のPSS遺伝子保有状況 P
SS遺伝子（RYR1遺伝子突然変異型）の保有状況
を調べてみると、表1に示すように輸入豚のオ
ス22.2%（2/9）、メス20.0%（2/10）、全頭数
の21%（4頭）から検出され、いずれ

もPSS遺伝子をヘテロに保有していた。
一方、国内導入豚については検査頭数41頭のう
ち、9頭（21.9%）がPSS遺伝子をヘテロに保有
し、埼玉、静岡および愛知県産の基礎豚から検
出された。

表1 基礎豚のPSS遺伝子検出状況

| 遺伝子型 | 英国産 頭 (%) | 国内産 頭 (%) | 計 頭 (%) |
|------|--------------|--------------|------------|
| NN | 15 (79.0) | 32 (78.1) | 47 (78.3) |
| Nn | 4 (21.0) | 9 (21.9) | 13 (21.7) |
| nn | 0 | 0 | 0 |
| 計 | 19 | 41 | 60 |

NN：正常個体 Nn：突然変異ヘテロ個体 nn：突然変異ホモ個体

繁殖候補豚の交配状況は表2のとおりで、基
礎豚群で19頭（38%）、第一世代豚群28頭（43.
1%）および第二世代豚群で 6頭（7.9%）がP
SS遺伝子保有個体との交配となった。このうち、
種雄豚と種雌豚の両豚に PSS遺伝子を持つ個
体は基礎豚群で4頭（8.0%）、第一世代豚群で
5頭（7.7%）を含んでいた。また、PSS遺伝子
をホモに持つ個体の交配は第一世代豚群で行わ
れ、性別では種雄豚3頭（4.6%）、種雌豚1頭
（1.6%）であった。

基礎豚、第一世代豚および第二世代豚が分娩
した1,729頭の子豚うち、1,325頭（76.6%）
が正常豚間の交配であった。残りの404頭（23.
4%）は両親の何れかにPSS遺伝子を保有してい
た。（表3）

基礎豚が生産した第一世代子豚では種雌豚が

P豚（PSS遺伝子のヘテロ保有豚）であると、N
豚（正常豚）45.3%、P豚54.7%、種雄豚がP豚
であると、N豚52.6%、P豚47.4%、となった。
また、両親がP豚の交配ではN豚11.9%、P豚52.
4%およびH豚（PSS遺伝子のホモ保有豚）1.7%
を占めた。

第一世代豚が生産した第二世代子豚では種雄
豚がP豚であると、N豚57.3%、P豚42.7%とな
り、両親がP豚の交配ではN豚30.3%、P豚51.5
%、H豚18.2%の割合となった。また、両親の
片方がH豚であると、P豚が100%生産され、P豚
とH豚との交配ではP豚75.0%、H豚25.0%の割
で生産された。

第二世代豚が生産した第三世代子豚では種雌
豚がP豚であると、N豚51.7%、P豚48.3%の割
合に生産された。

表2 繁殖豚のPSS遺伝子保有状況

| 交配 ♀×♂ | 基礎豚 頭 (%) | G1繁殖豚 頭 (%) | G2繁殖豚 頭 (%) | 計 頭 (%) |
|-----------|--------------|----------------|----------------|------------|
| NN× NN | 31 (62.0) | 37 (56.9) | 70 (92.1) | 138 (72.3) |
| NN× Nn | 8 (16.0) | 10 (15.4) | | 18 (9.4) |
| NNn× N | 7 (14.0) | 10 (15.4) | 6 (7.9) | 23 (12.1) |
| Nn× Nn | 4 (8.0) | 4 (6.1) | | 8 (4.2) |
| nn× NN | | 1 (1.6) | | 1 (0.5) |
| NN× nn | | 2 (3.0) | | 2 (1.0) |
| Nn× nn | | 1 (1.6) | | 1 (0.5) |
| 計 | 50 | 65 | 76 | 191 |

| 交配 | G1子豚 | | | G2子豚 | | | G3子豚 | | | 計 |
|---------|------|----|----|------|----|----|------|----|----|-------|
| | NN | Nn | nn | NN | Nn | nn | NN | Nn | nn | |
| NN × N | 284 | | | 341 | | | 700 | | | 1,325 |
| Nn × NN | 34 | 41 | | | | | 30 | 28 | | 133 |
| NN × Nn | 30 | 27 | | 59 | 44 | | | | | 160 |
| Nn × Nn | 5 | 22 | 15 | 10 | 17 | 6 | | | | 75 |
| NN × nn | | | | | 23 | | | | | 23 |
| nn × NN | | | | | 9 | | | | | 9 |
| Nn × nn | | | | | 3 | 1 | | | | 4 |
| 計 | 353 | 90 | 15 | 410 | 96 | 7 | 730 | 28 | | 1,729 |

2. PSS遺伝子の保有と改良形質の関係

第一世代及び第二世代豚について、その発育状況、体形、ロース断面積および体表脂肪量をオス、メス別に追跡調査した。(表4)

生時体重については両世代とも平均15~16kgの範囲であり、オスがメスよりも平均100g以上大きい傾向を示したが、8週齢時になればその差が縮小して211~217kgとなり、比較的大きさの揃った豚群を形成した。

体重100kg到達時点の体形比較では、第一世代豚オスの平均体長116.2cm、平均体高66.1cmおよびメスの平均胸囲106.1cmが最も大きかった。

世代別では第一世代豚が明らかに大型の体形を示した。

産肉量では両世代のオスで平均850gを示したのに対し、第二世代のメスは平均281g少なかった。ロース断面積では各世代とも30cm²前後であり、背脂肪については、オスメスともに第一世代豚が厚く、次世代で薄くなった。(表5)

第二世代豚のオスは第一世代豚に比べ明らかに薄い傾向を示した。

第二次選抜子豚の中から形状、質および肢蹄バランスに優れたものを第三次選抜した。

表4 第二次選抜豚の発育状況比較

| 世代 | 数 | 性別 | 生時 体重 (kg) | 8W時 体重 (kg) | 体重100kg時の測定値 | | | | | |
|----|-----|----|------------------|-------------------|--------------|------------|------------|-----------|--------------------------|------------|
| | | | | | 体長 (cm) | 体高 (cm) | 胸囲 (cm) | DG (g) | EM (cm ²) | BF (cm) |
| G1 | 72 | オス | 1.6 | 21.3 | 116.2** | 66.1** | 105.4** | 852.5 | 30.7** | 1.99* |
| G2 | 76 | 〃 | 1.6 | 21.7 | 113.7 | 64.4 | 102.5 | 850.6 | 29.6 | 1.83 |
| G1 | 110 | メス | 1.5 | 21.1 | 114.2 | 65.4** | 106.1** | 843.3** | 30.9 | 2.20* |
| G2 | 127 | 〃 | 1.5 | 21.4 | 115.1 | 63.7 | 102.6 | 815.2 | 30.8 | 1.98 |

*:P<0.05 **P<0.01で有意差あり

表5 第三次選抜豚の世代比較

| 世代 | 数 | 性別 | 生時 体重 (kg) | 8W時 体重 (kg) | 体重100kg時の測定値 | | | | | |
|----|----|----|------------------|-------------------|--------------|------------|------------|-----------|--------------------------|------------|
| | | | | | 体長 (cm) | 体高 (cm) | 胸囲 (cm) | DG (g) | EM (cm ²) | BF (cm) |
| G1 | 16 | オス | 1.6 | 21.2 | 117.3 | 67.0 | 105.7 | 856.6 | 31.2 | 1.87 |
| G2 | 15 | 〃 | 1.6 | 22.0 | 111.7 | 64.1 | 103.2 | 867.4 | 30.0 | 1.80 |
| G1 | 76 | メス | 1.5 | 20.8 | 114.2 | 65.4 | 106.1 | 842.3 | 30.6 | 2.16 |
| G2 | 81 | 〃 | 1.5 | 21.4 | 115.5 | 63.9 | 102.7 | 825.0 | 30.6 | 1.94 |

交配（遺伝子組み合わせ）別の総合成績を表6に示した。生時体重、体長、胸囲、DG、EMおよびBFに差を認めないまでも、第一世代の8週齢時体重では、正常遺伝子をホモに組み合わせた繁殖豚から生産したメス子豚が平均21.5kgとなり、第二世代の正常遺伝子とPSS遺伝子をヘテロに持つ繁殖豚から生産したメス子豚の平均20.6kgより大きかった。

また、体重100kg到達時の体高はPSS遺伝子の

関与した組み合わせによりメスで高くなった。

第一世代繁殖豚の交配別では生産されたオスの世代間に差を認めなかった。

その一方、第二世代繁殖豚の片方が正常遺伝子を持ち、他方がPSS遺伝子をヘテロに持った組み合わせから生まれたメス豚のDGは平均843.3gとなり、正常遺伝子の組み合わせで生まれたものより、43.4g重かった。（表7）

表6 基礎繁殖豚の交配別影響

| 交配 | 数 | 性別 | 生時 体重 (kg) | 8W時 体重 (kg) | 体重100kg時の測定値 | | | | | |
|-------|----|----|------------------|-------------------|--------------|------------|------------|-----------|--------------------------|------------|
| | | | | | 体長 (cm) | 体高 (cm) | 胸囲 (cm) | DG (g) | EM (cm ²) | BF (cm) |
| NN×NN | 47 | オス | 1.6 | 21.5 | 116.3 | 66.0 | 105.6 | 849.0 | 30.8 | 2.02 |
| NN×Nn | 24 | 〃 | 1.6 | 21.1 | 116.2 | 66.5 | 105.0 | 861.3 | 30.5 | 1.94 |
| NN×NN | 48 | メス | 1.5 | 21.5* | 114.3 | 65.1 | 105.8 | 842.0 | 30.8 | 2.26 |
| NN×Nn | 41 | 〃 | 1.5 | 20.6 | 114.0 | 65.8* | 106.5 | 839.9 | 31.3 | 2.06 |

*:P<0.05で有意差あり

表7 G1繁殖豚の交配別影響

| 交配 | 数 | 性別 | 生時 体重 (kg) | 8W時 体重 (kg) | 体重100kg時の測定値 | | | | | |
|-------|----|----|------------------|-------------------|--------------|------------|------------|-----------|--------------------------|------------|
| | | | | | 体長 (cm) | 体高 (cm) | 胸囲 (cm) | DG (g) | EM (cm ²) | BF (cm) |
| NN×NN | 56 | オス | 1.6 | 21.6 | 114.0 | 64.8 | 102.0 | 851.3 | 29.6 | 1.84 |
| NN×Nn | 23 | 〃 | 1.6 | 21.7 | 112.9 | 63.5 | 103.3 | 848.9 | 29.5 | 1.80 |
| NN×NN | 83 | メス | 1.6 | 21.3 | 115.8 | 63.9 | 102.5 | 800.8 | 30.5 | 1.95 |
| NN×Nn | 44 | 〃 | 1.5 | 21.6 | 113.8 | 63.3 | 102.8 | 843.3* | 31.4 | 2.03 |

*:P<0.05で有意差あり

基礎豚の交配により生産された第一世代豚の遺伝子型別比較では、オスの正常遺伝子群で8週齢時体重21.1g、体高67.2cmとなり、PSS遺伝

子群より重く、大きかった。メスについては各調査項目に差を認めなかった。（表8）

表8 G1子豚の遺伝子型別による比較

| 遺伝子型 | 数 | 性別 | 生時 体重 (kg) | 8W時 体重 (kg) | 体重100kg時の測定値 | | | | | |
|-------|----|----|------------------|-------------------|--------------|------------|------------|-----------|--------------------------|------------|
| | | | | | 体長 (cm) | 体高 (cm) | 胸囲 (cm) | DG (g) | EM (cm ²) | BF (cm) |
| NN | 12 | オス | 1.6 | 21.1* | 117.5 | 67.2* | 104.5 | 856.7 | 30.3 | 1.78 |
| Nn、nn | 12 | 〃 | 1.5 | 21.0 | 114.8 | 65.8 | 105.5 | 865.9 | 30.8 | 2.09 |
| NN | 18 | メス | 1.4 | 21.7 | 114.1 | 65.7 | 107.0 | 856.3 | 30.6 | 2.15 |
| Nn、nn | 23 | 〃 | 1.5 | 19.6 | 114.0 | 65.8 | 106.2 | 827.1 | 31.8 | 1.99 |

*:P<0.05で有意差あり

次に、PSS遺伝子をオス側にある場合とメス側にある場合との影響について比較してみると、PSS遺伝子をメスに持ち、これに正常オスを交配して生産したオス子豚は8週齢体重21.4kg、胸囲105.1cmとなり、重く大きかった。(表

9)

メス子豚については、メスの正常繁殖豚にPSS遺伝子を持つオス豚を交配すると、体長が115.1cmを示し、逆の交配により生まれたものより、2.6cm長く、DGで36.3g軽かった。

表9 ヘテロ遺伝子型基礎豚との交配による影響

| 交配数 | 性別 | 生時 体重 (kg) | 8W時 体重 (kg) | 体重100kg時の測定値 | | | | | |
|-------|-------|------------------|-------------------|--------------|------------|------------|-----------|--------------------------|------------|
| | | | | 体長 (cm) | 体高 (cm) | 胸囲 (cm) | DG (g) | EM (cm ²) | BF (cm) |
| NN×Nn | 14 オス | 1.6 | 20.9 | 115.4 | 66.9 | 104.9 | 848.1 | 30.3 | 1.94 |
| Nn×NN | 10 // | 1.5 | 21.4* | 117.3 | 65.8 | 105.1* | 879.9 | 30.4 | 1.94 |
| NN×Nn | 25 メス | 1.5 | 19.5 | 115.1* | 66.2 | 106.5 | 825.6 | 31.6 | 2.06 |
| Nn×NN | 16 // | 1.4 | 22.3 | 112.5 | 65.1 | 106.7 | 861.9* | 30.8 | 2.05 |

*:P<0.05 で有意差あり

第一世代繁殖豚から生まれた第二世代豚の比較では、PSS遺伝子保有豚の供試数が少ない中で、オス豚の生時体重、DGおよびBFに高い値を

示し、メス豚については体長が短く、DGの少ないものを含んでいた。(表10)

表10 G2子豚の遺伝子型別による比較

| 遺伝子型 | 数 | 性別 | 生時 体重 (kg) | 8W時 体重 (kg) | 体重100kg時の測定値 | | | | | |
|-------|----|----|------------------|-------------------|--------------|------------|------------|-----------|--------------------------|------------|
| | | | | | 体長 (cm) | 体高 (cm) | 胸囲 (cm) | DG (g) | EM (cm ²) | BF (cm) |
| NN | 19 | オス | 1.6 | 21.9 | 113.4 | 63.5 | 103.2 | 847.3 | 29.4 | 1.76 |
| Nn、nn | 4 | // | 1.7 | 20.7 | 110.7 | 63.5 | 103.5 | 856.8 | 30.0 | 1.98 |
| NN | 31 | メス | 1.5 | 21.5 | 114.3 | 63.5 | 102.5 | 854.1 | 31.2 | 2.0 |
| Nn、nn | 13 | // | 1.6 | 21.7 | 112.6 | 63.0 | 103.7 | 817.6 | 32.0 | 2.09 |

PSS遺伝子をオス側およびメス側に分けて交配した場合、PSS遺伝子をオス側に持って生産されたオス子豚の体高が63.9cmで有意に高く、その他生時体重、8週齢時体重、体長、DGなど、

またメス豚については生時体重、8週齢時体重、胸囲、DGなどに高い数値を示す豚を含んでいた。(表11)

表11 ヘテロ遺伝子型G1繁殖豚との交配による影響

| 交配数 | 性別 | 生時 体重 (kg) | 8W時 体重 (kg) | 体重100kg時の測定値 | | | | | |
|-------|-------|------------------|-------------------|--------------|------------|------------|-----------|--------------------------|------------|
| | | | | 体長 (cm) | 体高 (cm) | 胸囲 (cm) | DG (g) | EM (cm ²) | BF (cm) |
| NN×Nn | 13 オス | 1.7 | 22.4 | 113.3 | 63.9* | 103.2 | 894.6 | 29.3 | 1.82 |
| Nn×NN | 7 // | 1.6 | 21.3 | 111.5 | 62.2 | 103.8 | 789.2 | 30.2 | 1.79 |
| NN×Nn | 24 メス | 1.6 | 22.5 | 113.3 | 62.7 | 103.2 | 857.2 | 30.9 | 2.07 |
| Nn×NN | 13 // | 1.4 | 20.8 | 114.5 | 63.9 | 101.5 | 824.1 | 31.4 | 2.01 |

*:P<0.05 で有意差あり

考 察

1. 系統造成豚集団内のPSS遺伝子保有状況

本試験に供したランドレース種は英国から輸入した19頭（オス9頭、メス10頭）と、神奈川、埼玉、群馬、静岡及び愛知県の5県から導入した41頭、計60頭を系統造成の基礎豚群として開始した。この豚群のPSS遺伝子型は英国産および国内産ともヘテロで保持しており、全頭数の約21%に検出された。今回開始した系統造成計画の特徴は英国産ランドレース種雄豚9頭に、国内産ランドレース種雌豚51頭と交配して、系統を確立することを目指して育種を進めており、したがって、PSS遺伝子を持つ基礎種雄豚（24.0%）および第一世代種雄豚（26.2%）の影響を受けたことが推定される。反対に第二世代になるとPSS遺伝子を持つ個体を独立淘汰したため、その影響が無くなった。

種雌豚については、基礎豚14.0%（7/50）、第一世代豚16.9%（11/65）および第二世代豚7.9%（6/76）が生産子豚に何らかの影響を与えていたことになる。

このような背景のもとで種豚を交配し、生産された各世代子豚のPSS遺伝子保有状況を調べてみると、第一世代子豚で22.9%、第二世代子豚20.1%および第三世代子豚3.7%出現し、遺伝子型も種豚の組み合わせから推定できるものであった。

2. PSS遺伝子保有豚排除による経済形質への影響

一部の豚にPSS遺伝子を持つ第一世代豚および第二世代豚の第二次選抜豚群について、各調査項目を比較してみると、第一世代豚は雌雄を問わず大型で発育も良く、ロース断面積も程々に大きく、体表の脂肪量も適度に蓄積されていた。また、これらの形質は第三次選抜豚にも確実に表現されていた。

一方、第二世代豚の相対的傾向は、胸囲が若干狭くなり、平均背脂肪量も少なくなっていた。

そこでこれらの諸形質がPSS遺伝子を持った繁殖豚の影響をどれだけ受けたかについて、比較してみると、基礎豚群ではPSS遺伝子をヘテロに持った種雄豚の交配により生産した子豚は8週齢時の体重で約0.9kg劣っていた。しかし、この時期の子豚の発育は繁殖母豚の泌乳能力や一腹当たりの頭数によって、それぞれの影響を受けるため、遺伝的要因よりも外的要因によるものと思われた。また、体高については平均0.8cm高くなりこの組み合わせ交配による影響を受けたと考えられ、三次選抜に向け注意する必

要があった。

次に、第一世代繁殖豚が生産した第二世代豚を同様の観点から比較してみると、PSS遺伝子をオスが持っていた場合、生産したメス豚のDGで平均42.5g多くなった。これは特異的な増加と判断するよりむしろ正常豚のメスが少なかったためと考えられる。したがって、生産性を左右する経済形質は複数の遺伝子支配を受けて発現することや、系統造成の育種手法からしても劣性形質の排除が可能であることから、劣性と思われる形質については以後の交配に配慮する必要があった。

PSS遺伝子保有繁殖豚の交配についてメス側からの影響とオス側からの影響を調べたところ、基礎豚ではNn×NN交配で生産したオス豚で8週齢体重および胸囲、また NN×Nn交配で生産したメス豚で体長が有意に増加した。さらに第一世代繁殖豚ではNN× Nnの交配で生産したオス豚の体高にも影響し、PSS遺伝子による共通の傾向はなかった。

一般に、PSS陽性豚はPSE（Pale Soft Exudative）肉になり易く^{1) 2)}、ロース芯は太く、筋肉質の傾向にあるとされている。その一方で、増体重、脂肪の蓄積、ロース断面積およびハム割合に差のない報告⁴⁾もあって、その発現には他の要因も否定できない。

以上のことから本系統造成事業で飼養したPSS遺伝子保有豚には、共通の傾向を認めないまでも、優良な表現形質を持つ個体は、その形質を生かす方法としてPSS遺伝子排除の目的で、PSS遺伝子をホモに持つ子豚の淘汰を行い、特徴のある形質や育種価の高いPSS遺伝子保有豚についてはPSS遺伝子ヘテロ保有豚を選んで正常豚と交配すれば、正常子豚の生産も可能となり、形質は維持され、またPSS遺伝子保有豚の排除も可能であった。

文 献

- 1) 芝田 猛・阿部恒夫・川上和夫.
リアノジンレセプターのミスセンス突然変異に由来する豚ハロセン遺伝子のDNA診断と遺伝的多様性の予測. 日畜会報, 65 (6) : 563-570. 1993.
- 2) 堀内 篤・河原崎達夫・知久幹夫.
ブタ骨格筋リアノジンレセプター遺伝子(RYRI)型と豚肉質との関係. 日畜会報, 67 (4) : 387-392. 1995.
- 3) 安藤康紀・田島重行・栗田隆之. ストレス感受性(PSS)遺伝子を持ったブタの肉質及び産肉性. 愛知農総試研報, 31 : 259-262. 1999.

4) 前田博之・森千恵子・湯浅 亮. ブタの枝肉における温度、pH値の変動とPSE肉及びDFD傾向肉. 畜産の研究, 39 (11) : 21-24. 1985.