家畜・家禽に対する
遺伝子組換え飼料の給与試験

平成18年3月

社団法人　日本科学飼料協会

はじめに

社団法人日本科学飼料協会では、農畜産業振興事業団（現、独立行政法人 農畜産業振興機構）および農林水産省からの補助を受けて、平成12年度から6年間にわたって、遺伝子組換え技術により除草剤耐性や害虫抵抗性が付与されたトウモロコシおよび大豆（粕）を各種の家畜・家禽に給与した場合の、家畜・家禽の健康状態や生産性への影響を調査するとともに、遺伝子組換え技術により導入された組換え遺伝子の断片や、生産されるたん白質の畜産物への移行の有無に関する検討を行った。

本リーフレットは、遺伝子組換え飼料への理解の一助として頂くため、これまでに実施した各種試験の概要を取りまとめた。

試験実施施設

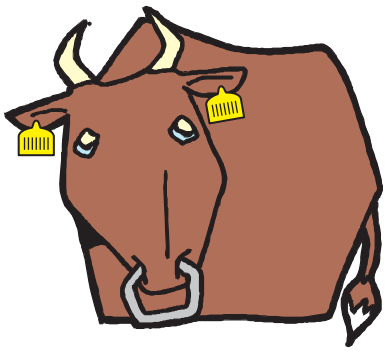
（社）日本科学飼料協会科学飼料研究センター

（千葉県成田市吉倉 821）

試験実施時期

対象畜種	試験名	実施時期
肉牛	T25トウモロコシの給与試験 RR大豆粕の給与試験	平成15年6月24日～平成17年1月6日 平成15年7月2日～平成17年1月18日
乳牛	GA21トウモロコシの給与試験 RR大豆粕の給与試験	平成13年4月19日～5月24日 平成15年11月4日～12月9日
肉豚	T25トウモロコシの給与試験 RR大豆粕の給与試験	平成14年8月12日～11月28日 平成14年8月28日～12月25日
ブロイラー	GA21トウモロコシの給与試験 RR大豆粕の給与試験	平成12年12月6日～平成13年1月24日 平成14年9月9日～10月25日
産卵鶏	T25トウモロコシの給与試験 RR大豆粕の給与試験	平成13年10月4日～平成14年12月19日 平成14年9月25日～平成16年1月21日

肉牛に対する遺伝子組換え飼料の給与



試験の概要　除草剤グルホシネート耐性遺伝子組換えトウモロコシ（T25）と、除草剤グリホサート耐性遺伝子組換え大豆から調製した大豆粕（RR）を 80 週間継続給与し、健康状態に及ぼす影響と、牛肉、肝臓および血液への組換え遺伝子等の移行の有無を調査した。

試験方法　表に示したように、T25 および組換え遺伝子以外の形質が T25 と同一の非遺伝子組換えトウモロコシ（T25-F）を肥育前期（試験開始後 16 週間）では 25%、肥育後期（17 週以降）では 40%配合した飼料と、RR および組換え遺伝子以外の形質が RR と同一の非遺伝子組換え大豆から調製した大豆粕（RR-F）を肥育前期では 12%、肥育後期では 16%配合した飼料を用いた。なお、これらの飼料におけるトウモロコシおよび大豆粕の配合量は、栄養学的なバランスが取れる最大量である。

体重約 250kg（約 8 カ月齢）の肉牛（ホルスタイン×黒毛和種）去勢牛を各飼料に 6 頭ずつ割付けて 80 週間飼育した。

試験飼料の配合割合（%）

原料名	肥育前期用飼料	肥育後期用飼料
（T25 に関する試験）		
供試トウモロコシ（T25 または T25-F）	25.00	40.00
大麦	10.00	16.00
大豆粕	3.00	4.80
フスマ	11.03	17.64
炭酸カルシウム	0.50	0.80
第二リン酸カルシウム	0.20	0.32
食塩	0.20	0.32
ビタミン・ミネラルプレミックス	0.07	0.12
チモシー乾草	50.00	20.00
（RR に関する試験）		
供試大豆粕（RR または RR-F）	12.00	16.00
トウモロコシ	21.60	28.80
大麦	12.00	16.00
フスマ	13.23	17.64
炭酸カルシウム	0.60	0.80
第二リン酸カルシウム	0.24	0.32
食塩	0.24	0.32
ビタミン・ミネラルプレミックス	0.09	0.12
チモシー乾草	40.00	20.00

肥育前期用飼料：試験開始時～16 週に給与、肥育後期用飼料：17 週以降試験終了時まで給与した

発育への影響　図 1-1 および図 1-2 に示したとおり、T25 あるいは RR を給与した肉牛はいずれも順調に発育し、飼料摂取量にも差はなかった。

肉牛の発育状況

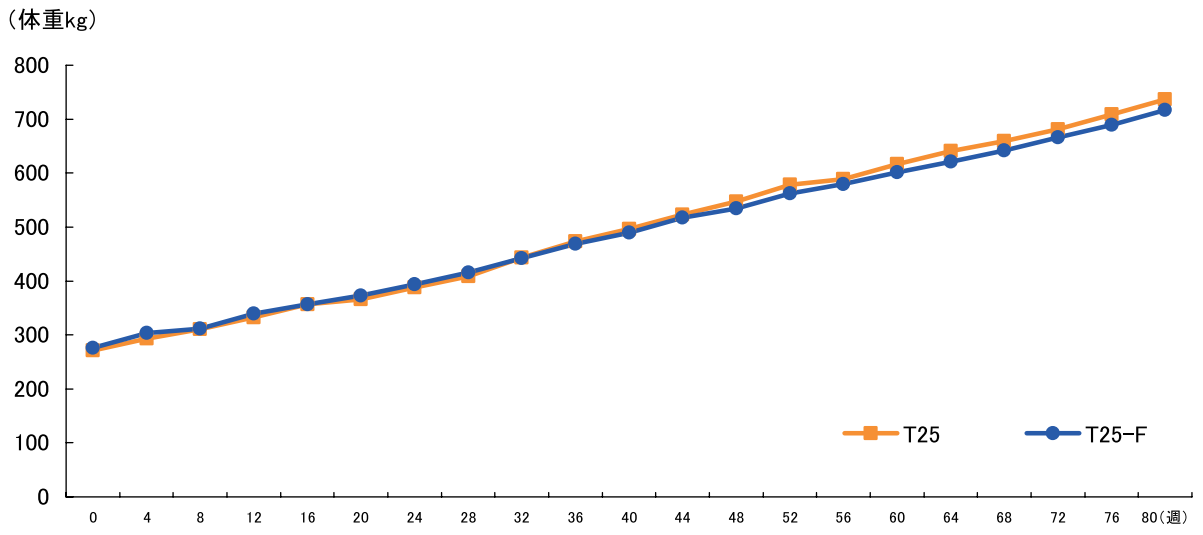


図1-1　発育曲線（T25に関する検討）

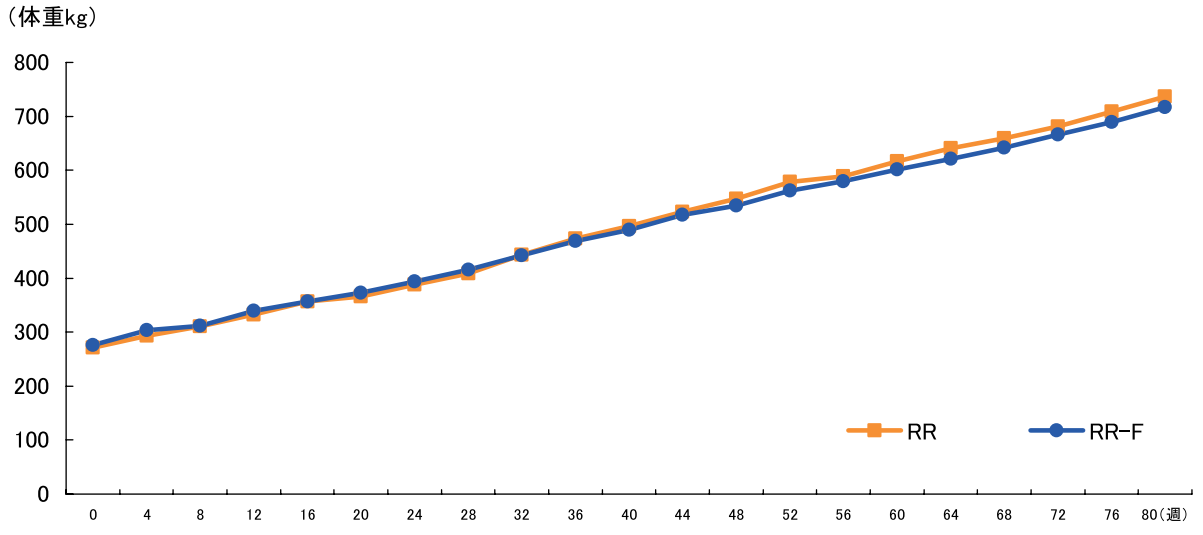


図1-2　発育曲線（RRに関する検討）

健康状態への影響　試験期間中には、いずれの肉牛にも健康状態の異常は観察されなかった。また、ルーメン性状（図 2-1～2-3）、血液検査（図 3-1～3-4）および生化学検査（図 4-1～4-8）の結果にも、T25 あるいは RR を給与することによる経時的な変化は見られなかった。また、各個体の剖検所見および病理組織学的検査でも特異的な変化は見られなかった。

生化学検査

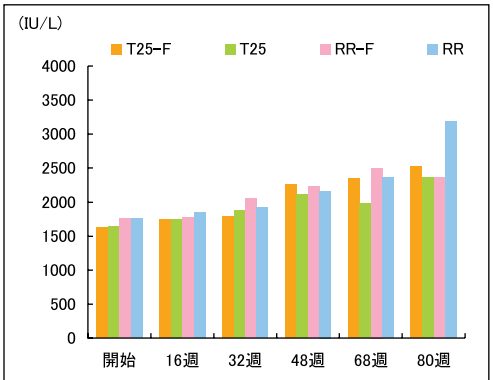


図4-1　LDH

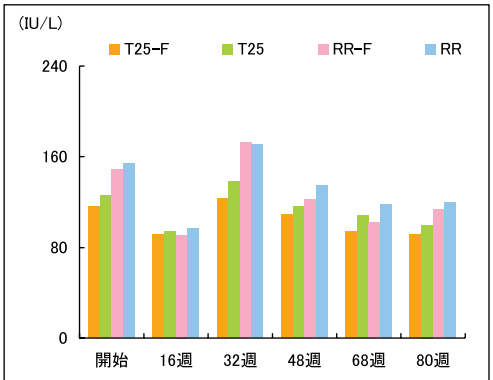


図4-2　ALP

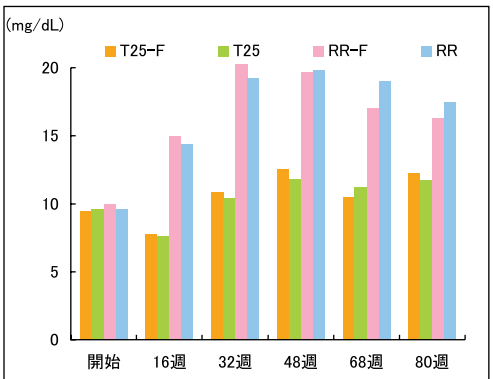


図4-3　BUN

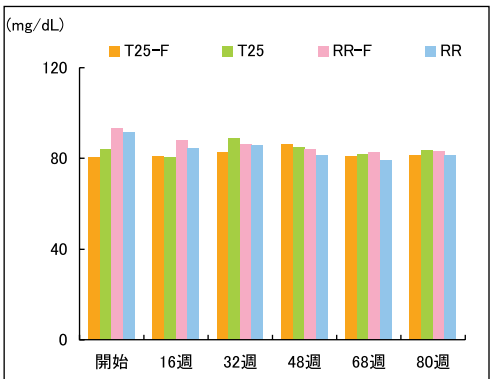


図4-4　グルコース

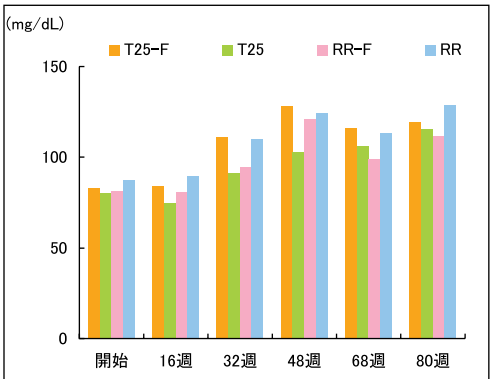


図4-5　総コレステロール

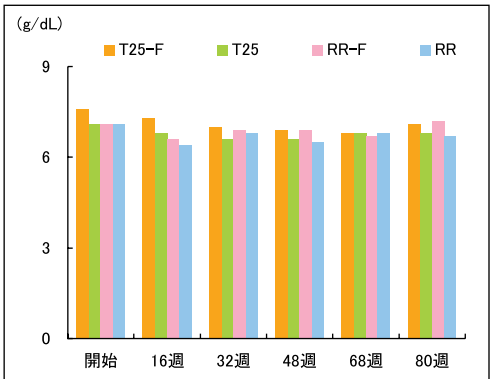


図4-6　総たん白

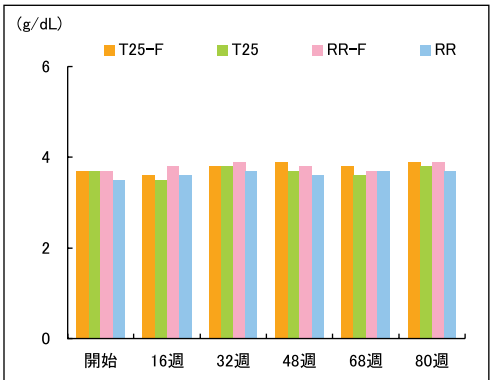


図4-7　アルブミン

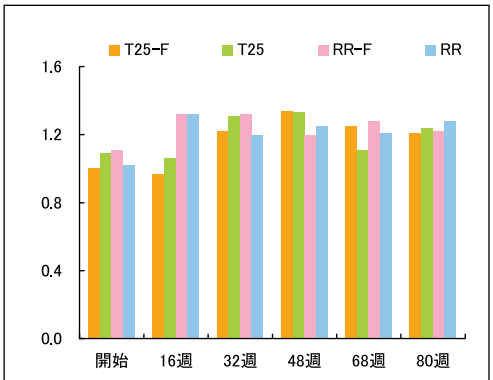


図4-8 A/G

生化学検査

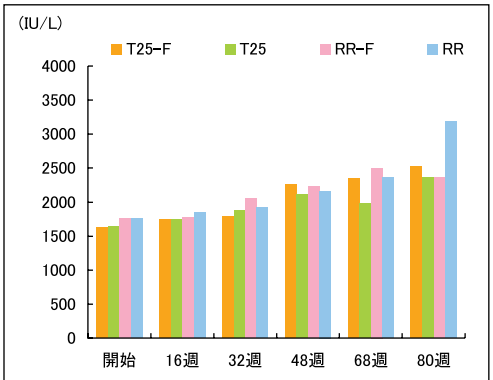


図4-1　LDH

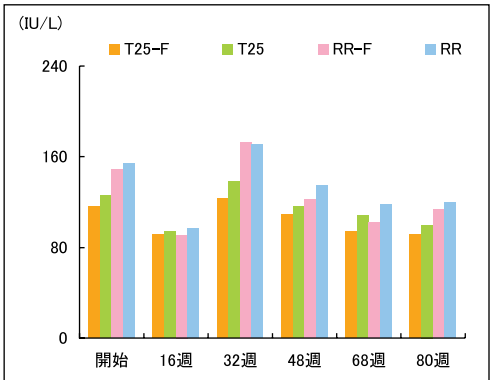


図4-2　ALP

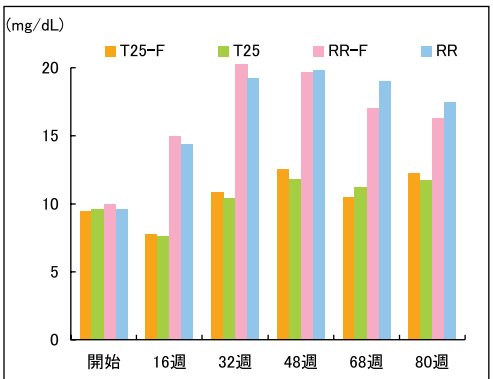


図4-3　BUN

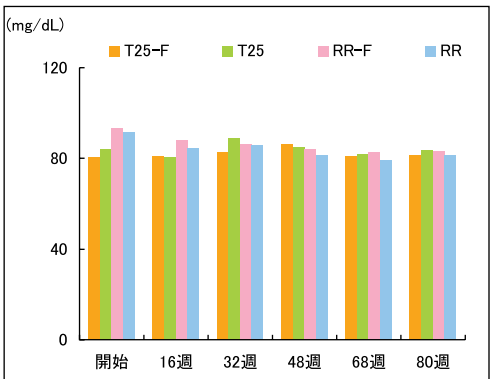


図4-4　グルコース

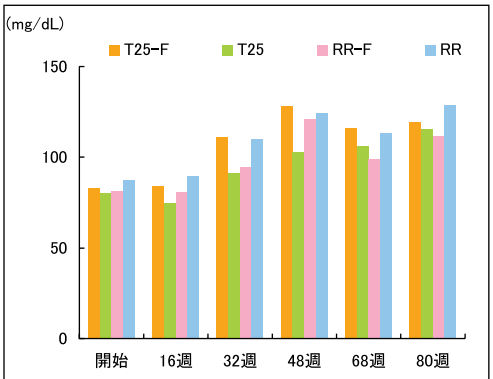


図4-5　総コレステロール

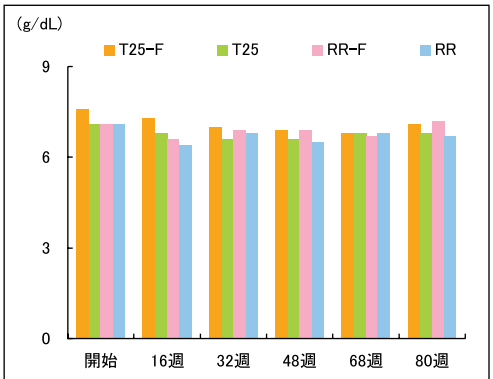


図4-6　総たん白

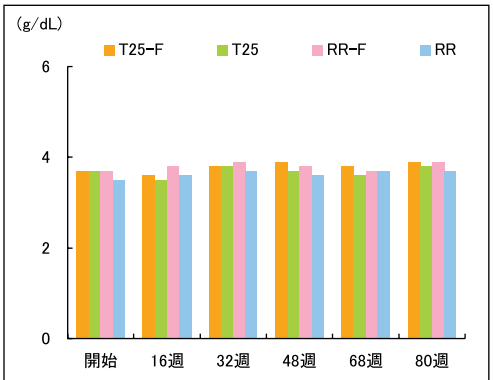


図4-7　アルブミン

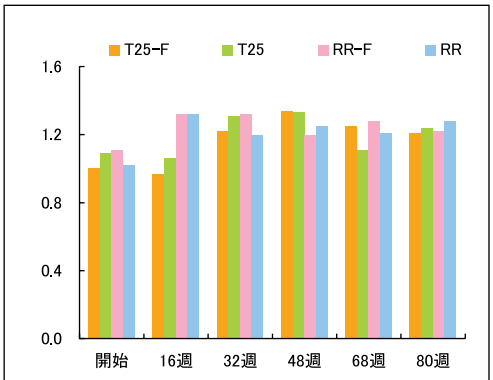
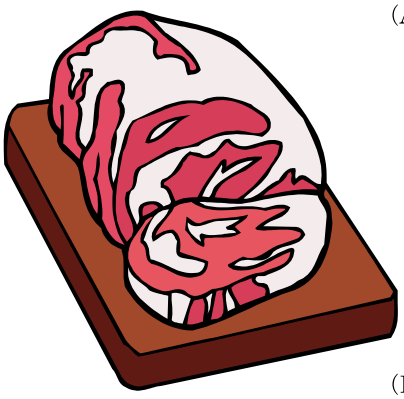
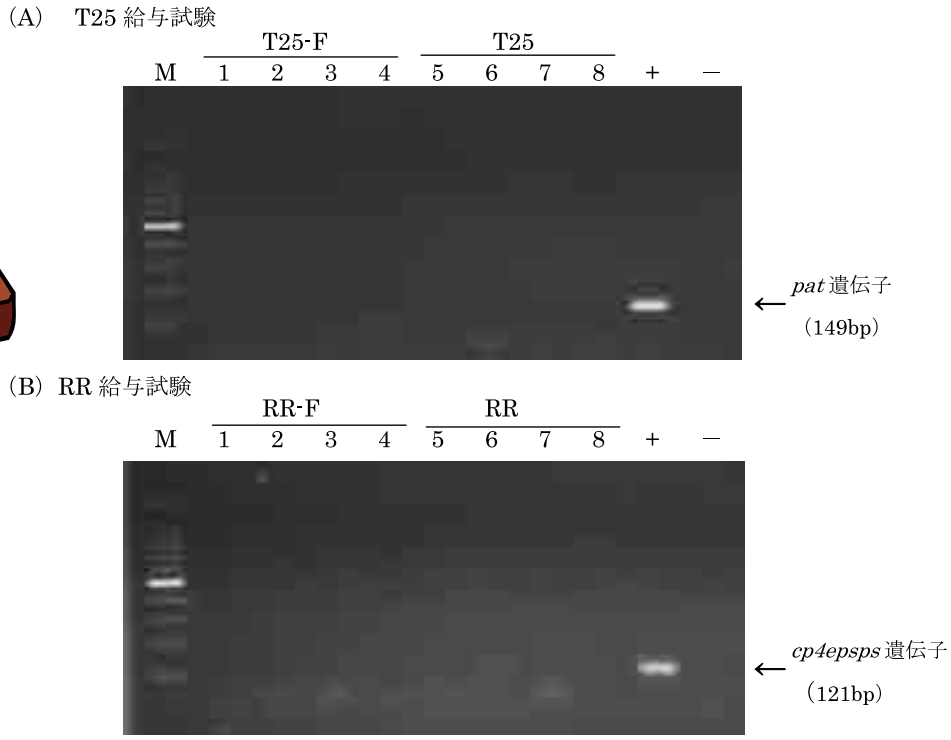


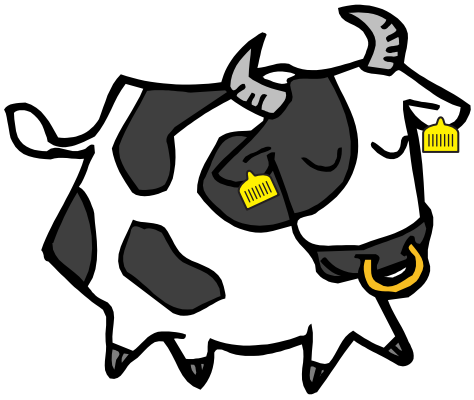
図4-8 A/G

組織等への組換え遺伝子の移行状況　T25 を給与した肉牛の筋肉、肝臓および血液からは *pat* 遺伝子の断片や PAT たん白質は検出されず、また、RR を給与した肉牛の筋肉、肝臓および血液からも*cp4epsps* 遺伝子の断片は検出されなかった。





遺伝子組換え飼料を給与した肉牛の筋肉からの組換え遺伝子の検出
M：100bp サイズマーカー、No.：個体番号
＋：陽性コントロール、－：陰性コントロール



乳牛に対する遺伝子組換え飼料の給与

試験の概要　除草剤グリホサート耐性遺伝子組換えトウモロコシ（GA21）と、除草剤グリホサート耐性遺伝子組換え大豆から調製した大豆粕（RR）を乳牛に 5 週間給与した場合の健康状態に及ぼす影響と、牛乳および血液への組換え遺伝子等の移行の有無を調査した。

試験方法　表に示したように、GA21 および組換え遺伝子以外の形質が GA21 と同一の非遺伝子組換えトウモロコシ（GA21-F）を 35%配合した飼料と、RR および組換え遺伝子以外の形質が RR と同一の非遺伝子組換え大豆から調製した大豆粕（RR-F）を 15%配合した飼料を用いた。なお、これらの飼料におけるトウモロコシおよび大豆粕の

配合量は、栄養学的なバランスが取れる最大量である。

ホルスタイン種乳牛を各飼料に 4 頭ずつ割り付けて、5 週間飼育した。

健康状態を毎日観察するとともに、乳量を毎日測定した。次いで、試験終了時に血液検査と生化学検査を行ったのち、病理組織学検査を行った。さらに、PCR 法を用いて牛乳および血液中における GA21 および RR に導入された *epsps* 遺伝子の断片の有無を調査した。

試験飼料の配合割合（%）

原　料	GA21に関する検討	RRに関する検討
供試トウモロコシ（GA21またはGA21-F）	35.00	30.00
供試大豆粕（RRまたはRR-F）	8.75	15.00
フスマ	2.70	7.74
大麦	―	6.00
大豆皮	2.50	―
炭酸カルシウム	0.50	0.60
リン酸二石灰	0.25	0.30
食塩	0.20	0.24
ミネラルプレミックス	0.05	0.06
ビタミンADEプレミックス	0.05	0.06
チモシー乾草	50.00	40.00

乳量への影響　図 1-1 および図 1-2 に示したとおり、GA21 あるいは RR を給与した乳牛の産乳量は順調に推移し、飼料摂取量にも差はなかった。

乳量の推移

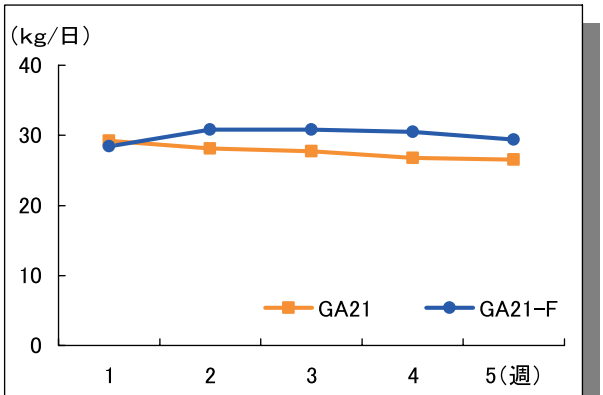


図1-1　乳量の推移（GA21に関する検討）

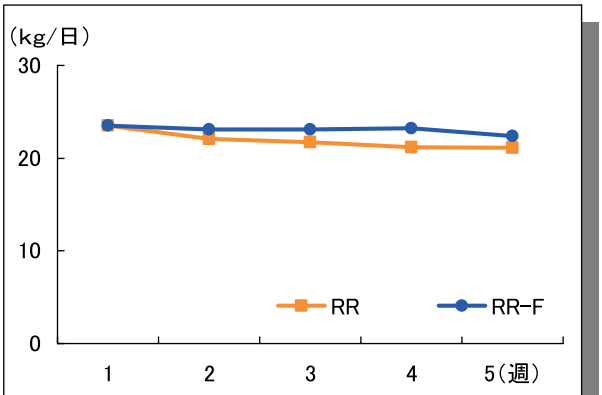


図1-2　乳量の推移（RRに関する検討）

健康状態への影響　GA21 あるいは RR を給与した乳牛の健康状態には異常は観察されなかった。また、血液検査（図 2-1～2-4）および生化学検査（図 3-1～3-8）にも、GA21 あるいは RR を給与することによる特異的な変化は見られなかった。また、屠殺時の剖検所見および病理組織学的検査でも GA21 あるいは RR 給与することによると思われる特異的な変化は見られなかった。

血液検査

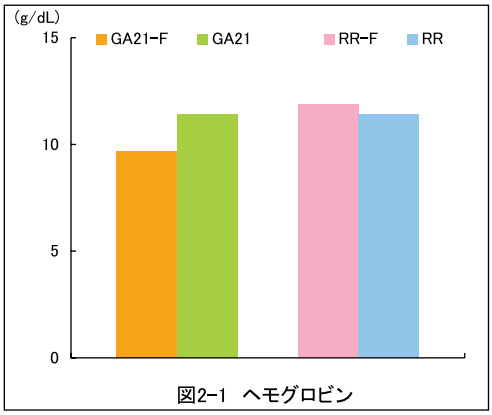


図2-1　ヘモグロビン

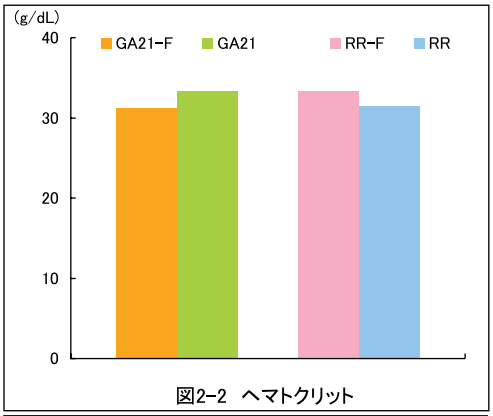


図2-2　ヘマトクリット

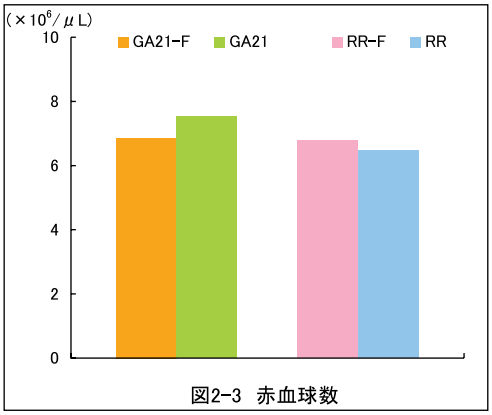


図2-3　赤血球数

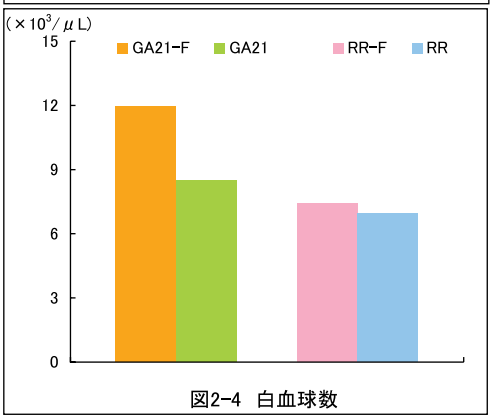


図2-4　白血球数

生化学検査

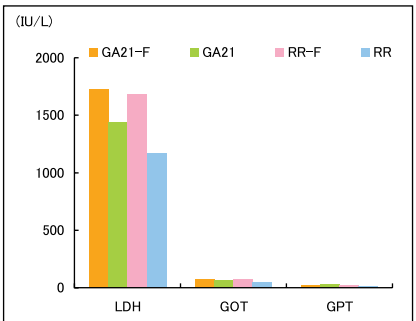


図3-1　LDH、GOT、GPT

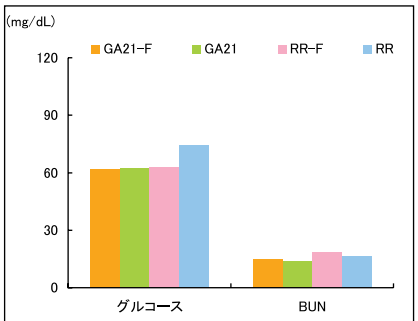


図3-2　グルコース、BUN

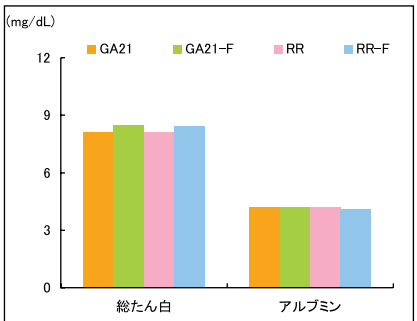
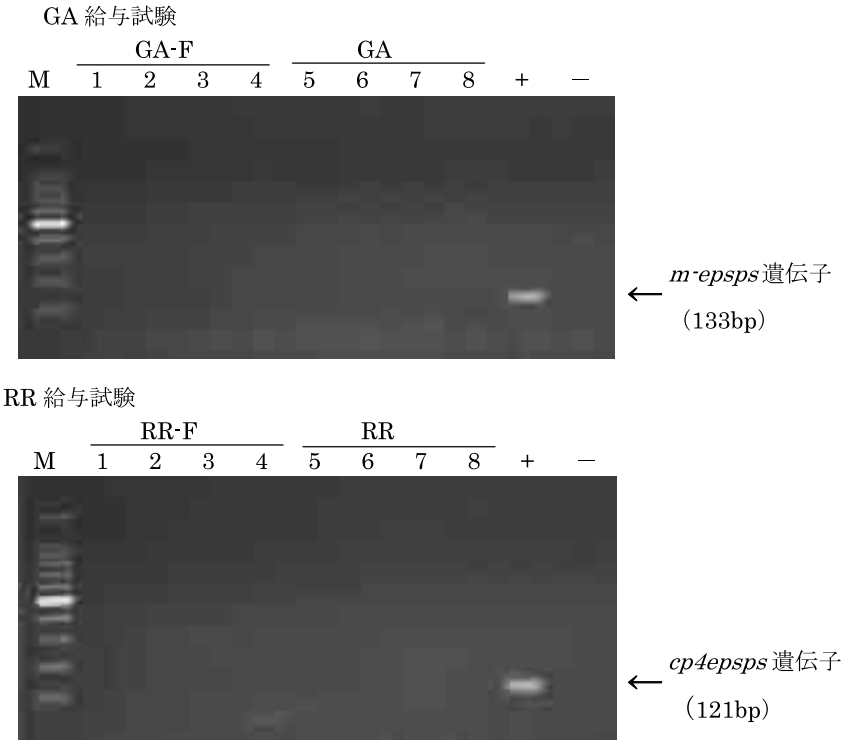


図3-3　総たん白、アルブミン

牛乳および血液への組換え遺伝子の移行状況　GA21 および RR を給与した乳牛が生産した牛乳および血液からは *epsps* 遺伝子の断片は検出されなかった。



遺伝子組換え飼料を給与した乳牛の牛乳からの組換え遺伝子の検出
M：100bp サイズマーカー、No.：個体番号
＋：陽性コントロール、－：陰性コントロール

肉豚に対する遺伝子組換え飼料の給与

試験の概要　除草剤グルホシネート耐性遺伝子組換えトウモロコシ（T25）と、除草剤グリホサート耐性遺伝子組換え大豆から調製した大豆粕（RR）を肉豚に給与した場合の健康状態に及ぼす影響と、豚肉、肝臓および血液への組換え遺伝子等の移行の有無を調査した。

試験方法　表に示したように、T25 および組換え遺伝子以外の形質が T25 と同一の非遺伝子組換えトウモロコシ（T25-F）を 70%配合した飼料と、RR および組換え遺伝子以外の形質が RR と同一の非遺伝子組換え大豆から調製した大豆粕（RR-F）を 20%配合した飼料を用いた。なお、これらの飼料におけるトウモロコシおよび大豆粕の配合量は、栄養学的なバランスが取れる最大量である。

体重約 30kg（約 3 カ月齢）の子豚（LW･D）を各飼料に 20 頭（去勢、雌各 4 頭×5 ブロ

ック）ずつ割り付けて、出荷時体重（105kg）到達時まで飼育した。

試験飼料の配合割合（%）

原料名	子豚育成用飼料	肉豚肥育用飼料
（T25 に関する試験）		
供試トウモロコシ（T25 または T25-F）	70.00	70.00
大豆粕	14.15	9.70
魚粉（CP65%）	3.00	2.00
フスマ	10.11	15.27
動物性油脂	1.00	1.40
炭酸カルシウム	0.78	0.88
第二リン酸カルシウム	0.31	0.15
塩酸 L-リジン	0.05	―
食塩	0.20	0.25
ビタミンプレミックス	0.25	0.25
ミネラルプレミックス等	0.15	0.10
（RR に関する試験）		
供試大豆粕（RR または RR-F）	25.00	20.00
トウモロコシ	52.90	58.06
マイロ	20.00	20.00
炭酸カルシウム	0.85	0.89
第二リン酸カルシウム	0.70	0.45
食塩	0.20	0.30
ビタミンプレミックス	0.20	0.20
ミネラルラルプレミックス等	0.15	0.10

子豚育成用飼料：試験開始時～7週に給与、肉豚肥育用飼料：8 週以降試験終了時まで給与

発育への影響　図 1-1 および図 1-2 に示したとおり、T25 に関する検討および RR に関する検討のいずれにおいても、T25 および RR を給与した豚は順調に発育し、飼料摂取量にも差はなかった。

肉豚の発育状況

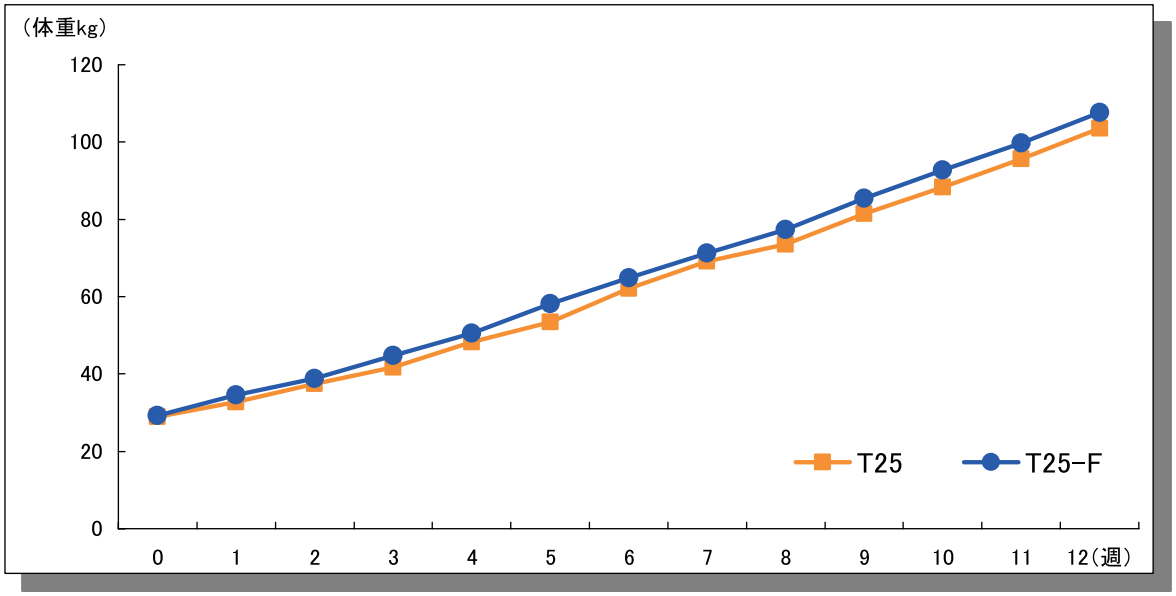


図1-1　発育曲線（T25に関する検討）

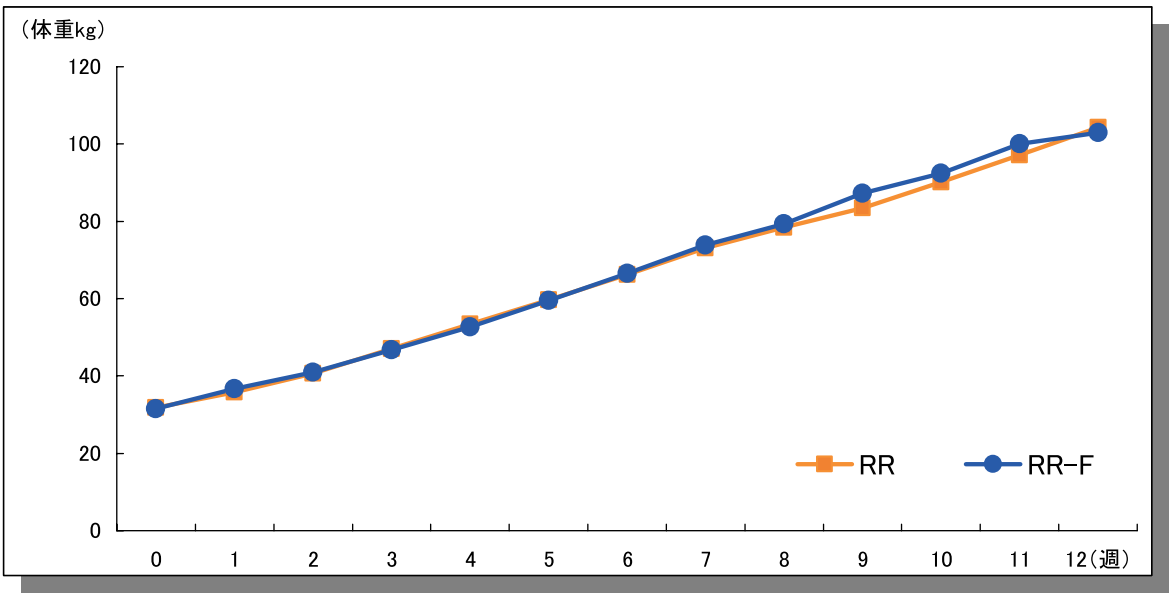


図1-2　発育曲線(RRに関する検討)

健康状態への影響　いずれの豚の健康状態にも異常は観察されず、血液検査(図2-1～2-4)および生化学検査(図3-1～3-8)にも、T25あるいはRRを給与することによる経時的な変化は見られなかった。また、屠殺時の剖検所見および病理組織学的検査でもT25あるいはRRを給与することによると思われる特異的な変化は見られなかった。

血液検査

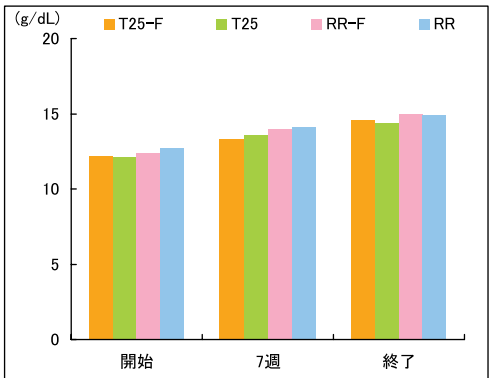


図2-1　ヘモグロビン

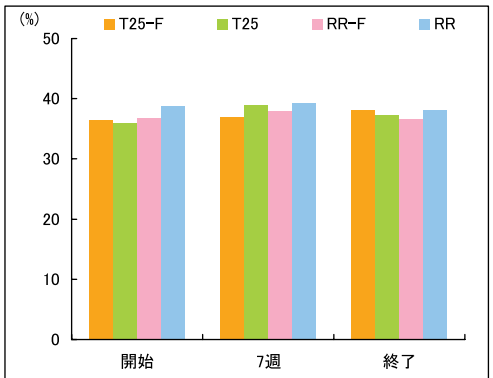


図2-2　ヘマトクリット

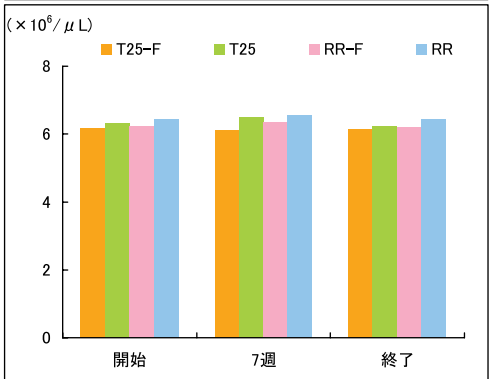


図2-3　赤血球数

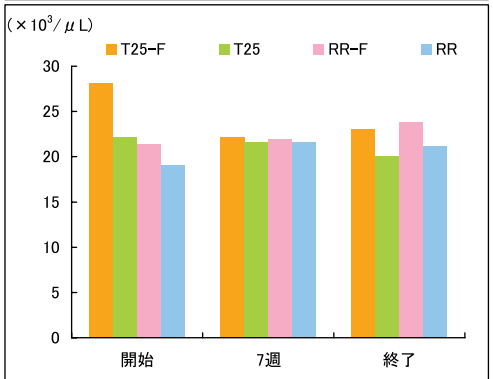


図2-4　白血球数

生化学検査

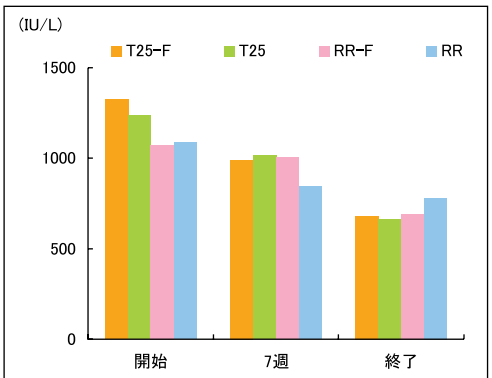


図3-1　LDH

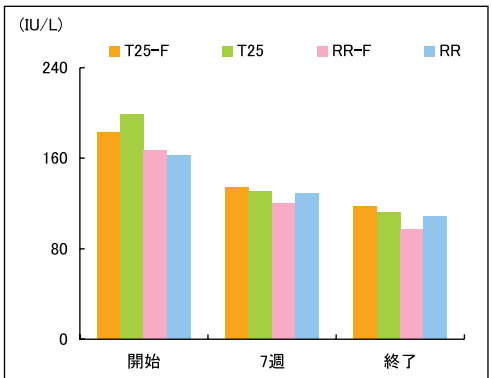


図3-2　ALP

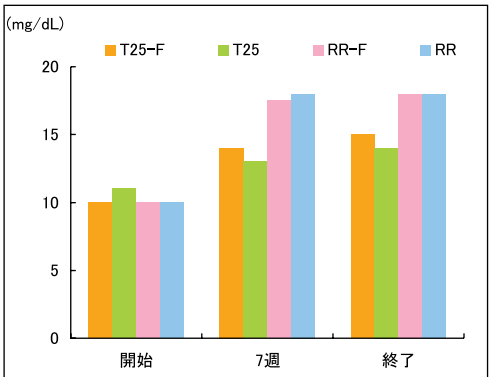


図3-3　BUN

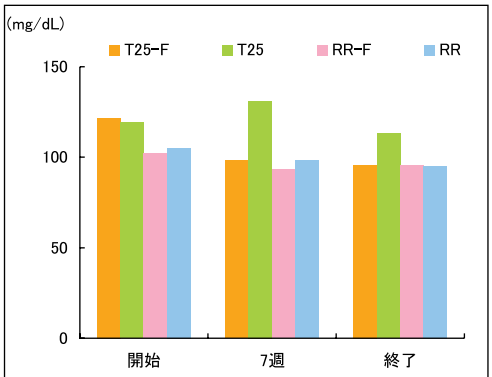


図3-4　グルコース

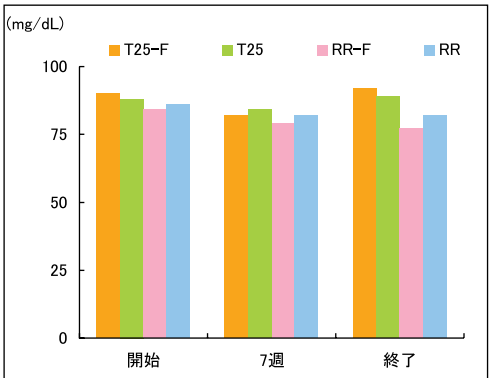


図3-5　総コレステロール

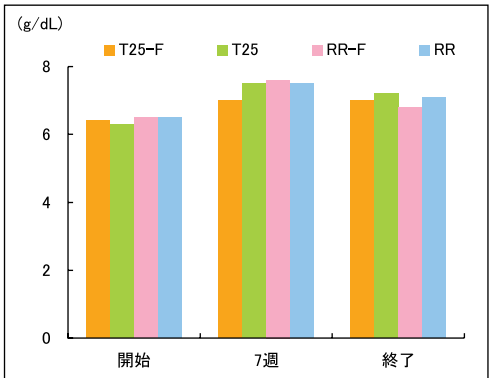


図3-6　総たん白

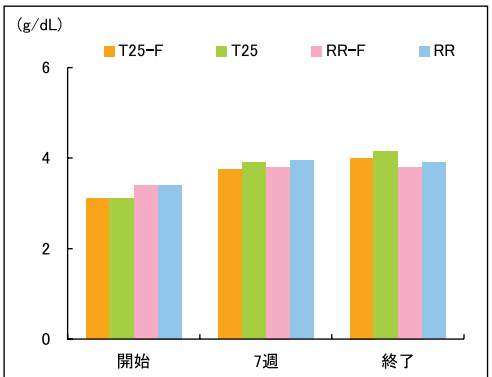


図3-7　アルブミン

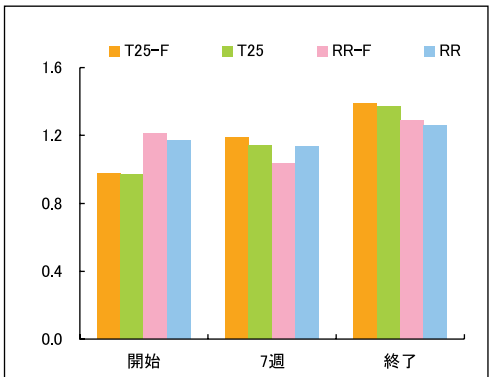
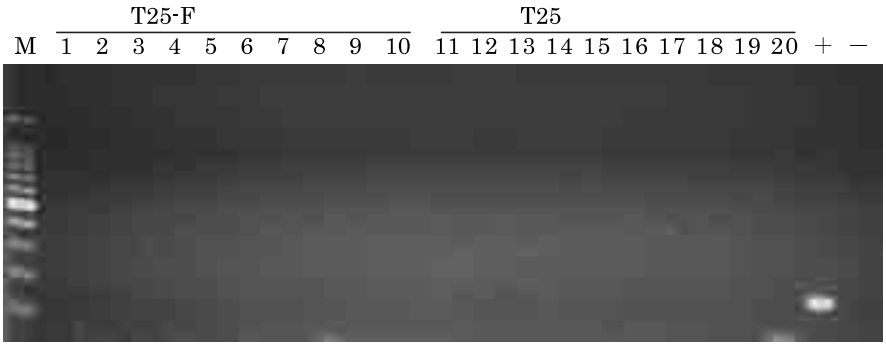


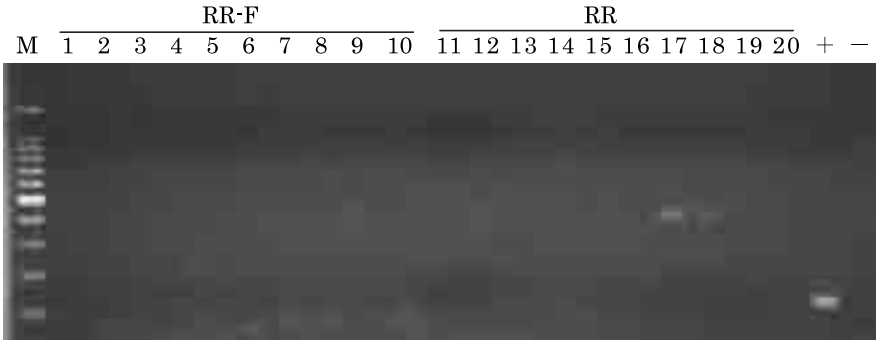
図3-8　A/G比

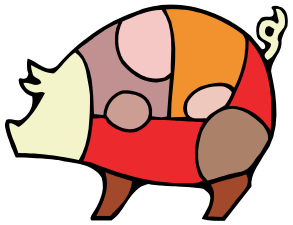
組織等への組換え遺伝子の移行状況　T25 を給与した豚の筋肉、肝臓および血液からは *pat* 遺伝子の断片や PAT たん白質は検出されず、また、RR を給与した豚の筋肉、肝臓および血液からも *cp4epsps* 遺伝子の断片は検出されなかった。

(A) T25 給与試験

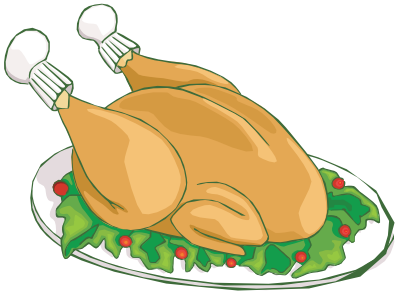


(B) RR 給与試験





遺伝子組換え飼料を給与した肉豚の筋肉からの組換え遺伝子の検出
M：100bp サイズマーカー、No.：個体番号
＋：陽性コントロール、－：陰性コントロール



ブロイラーに対する遺伝子組換え飼料の給与

試験の概要　除草剤グリホサート耐性遺伝子組換えトウモロコシ（GA21）と、除草剤グリホサート耐性遺伝子組換え大豆から調製した大豆粕（RR）をブロイラーに 7 週間給与した場合の健康状態に及ぼす影響と、鶏肉、肝臓および血液への組換え遺伝子等の移行を調査した。

試験方法　表に示したように、GA21 および組換え遺伝子以外の形質が GA21 と同一の非遺伝子組換えトウモロコシ（GA21-F）を 70%配合した飼料と、RR および組換え遺伝子以外の形質が RR と同一の非遺伝子組換え大豆から調製した大豆粕（RR-F）を

35～40%配合した飼料を用いた。なお、これらの飼料におけるトウモロコシおよび大豆粕の配合量は、栄養学的なバランスが取れる最大量である。

ブロイラー初生雛を各飼料に 200 羽（雄、雌各 25 羽×4 群）ずつ割り付けて、7 週間飼育した。

試験飼料の配合割合（%）

原　料	前期用飼料	後期用飼料
（GA21に関する検討）		
供試トウモロコシ（GA21またはGA21-F）	70.00	70.00
濃縮大豆蛋白	7.00	—
脱皮大豆粕	13.27	20.12
魚粉（CP65%）	6.00	5.00
大豆油	1.00	2.50
炭酸カルシウム	0.72	0.73
リン酸二石灰	1.30	1.08
食塩	0.20	0.20
ビタミンミネラルプレミックス	0.30	0.30
アミノ酸（塩酸L-リジン）など	0.21	0.07
（RR に関する検討）		
トウモロコシ	40.17	46.67
マイロ	10.00	10.00
供試大豆粕（RRまたはRR-F）	40.00	35.00
動物性油脂	6.00	5.00
炭酸カルシウム	1.09	1.00
リン酸二石灰	1.75	1.55
食塩	0.42	0.30
ビタミンミネラルプレミックス	0.30	0.30
アミノ酸（DL-メチオニン）など	0.36	0.18

前期用飼料：餌付～3 週齢に給与、後期用飼料：4～7 週齢に給与

発育への影響　図 1-1 および図 1-2 に示したとおり、GA21 あるいは RR を給与したブロイラーは順調に発育し、飼料摂取量にも差はなかった。

ブロイラーの発育状況

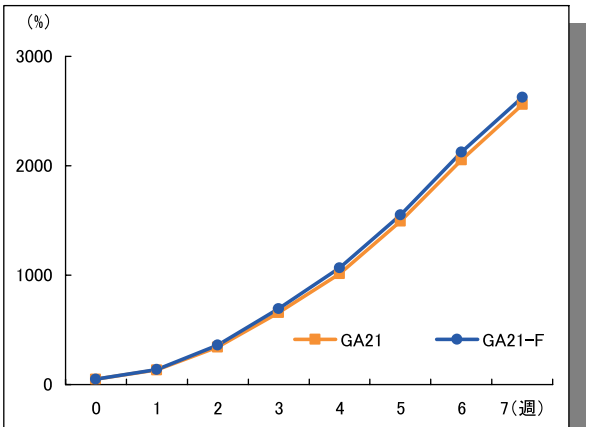


図1-1　発育成績（GA21に関する検討）

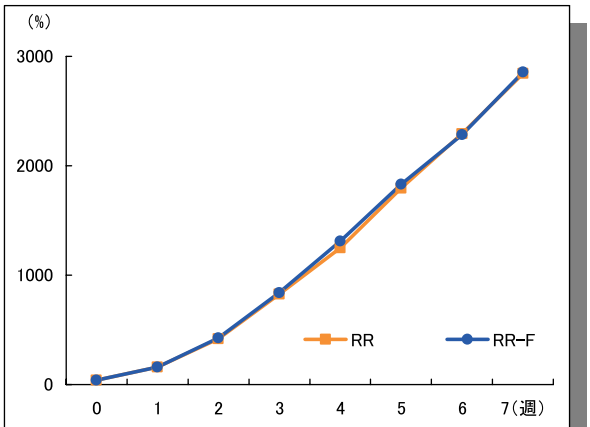


図1-2　発育成績（RRに関する検討）

健康状態への影響　健康状態には異常は観察されず、血液検査（図 2-1～2-4）および生化学検査（図 3-1～3-3）にも、GA21 あるいは RR を給与することによる特異的な変化は見られなかった。また、屠殺時の剖検所見および病理組織学的検査でも GA21 あるいは RR を給与することによると思われる特異的な変化は見られなかった。

血液検査

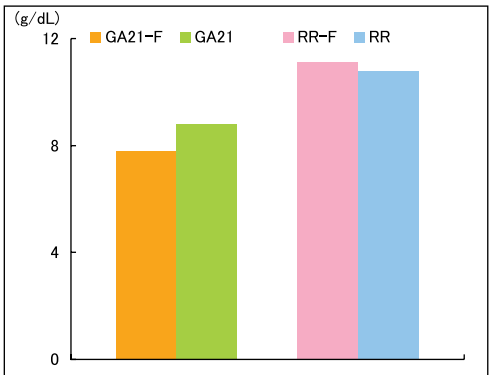


図2-1　ヘモグロビン

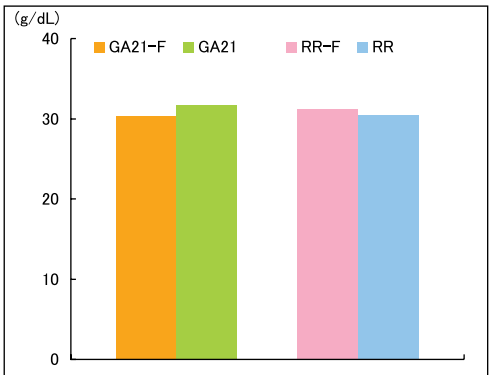


図2-2　ヘマトクリット

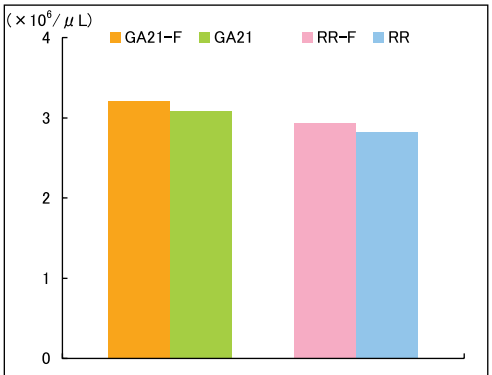


図2-3　赤血球数

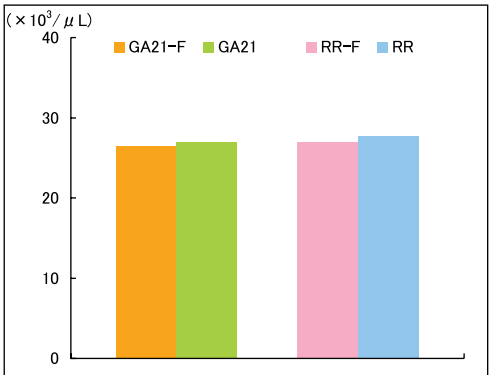


図2-4　白血球数

生化学検査

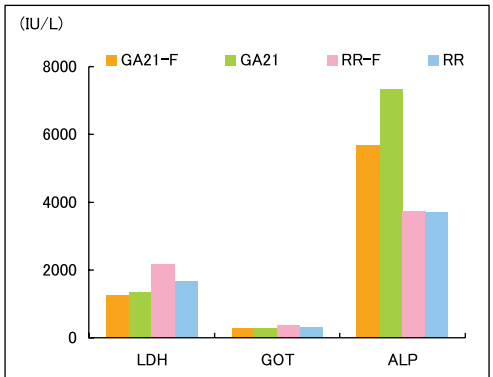


図3-1　LDH、GOT、ALP

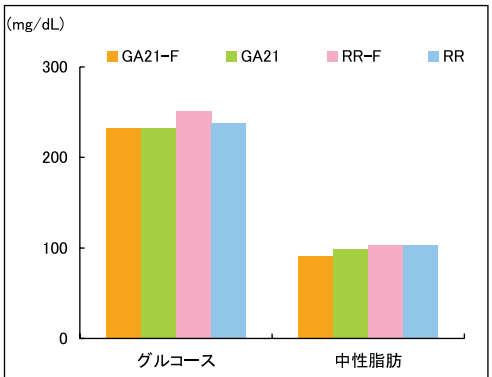


図3-2　グルコース、中性脂肪

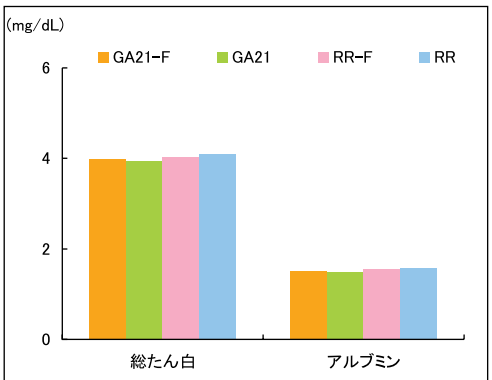
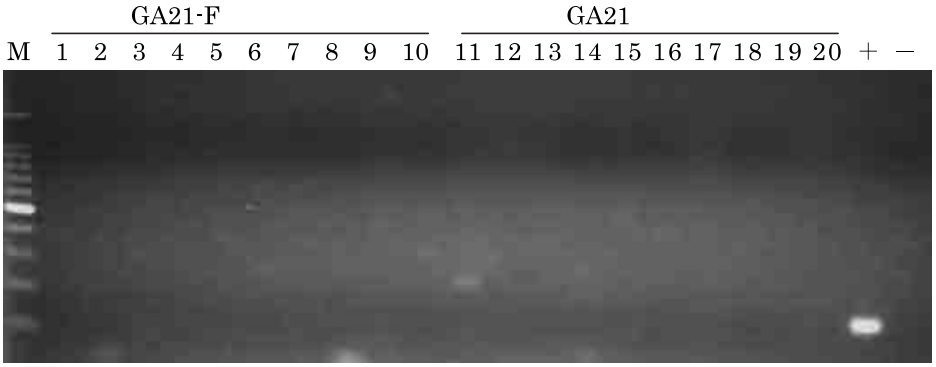


図3-3　総たん白、アルブミン

組織等への組換え遺伝子の移行状況

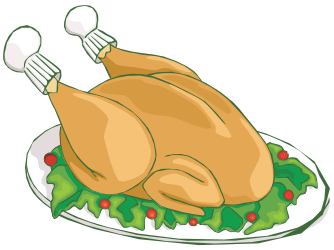
GA21 および RR を給与したブロイラーの筋肉、肝臓および血液からは *epsps* 遺伝子の断片は検出されなかった。

（A）GA21 給与試験

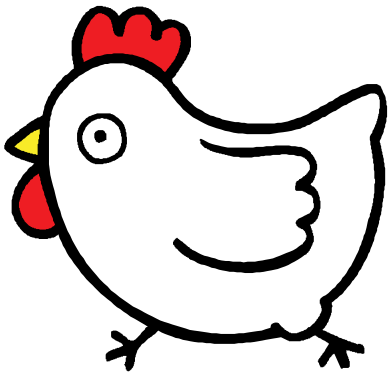


（B）RR 給与試験

遺伝子組換え飼料を給与したブロイラーの筋肉からの組換え遺伝子の検出
M：100bp サイズマーカー、No.：個体番号
＋：陽性コントロール、－：陰性コントロール



産卵鶏に対する
遺伝子組換え飼料の給与



試験の概要　除草剤グルホシネート耐性遺伝子組換えトウモロコシ（T25）と、除草剤グリホサート耐性遺伝子組換え大豆から調製した大豆粕（RR）を産卵鶏に対して親世代から子世代まで二世代に渡って給与した場合の健康状態に及ぼす影響と、鶏卵への組換え遺伝子により生産されたたん白質の移行の有無を調査した。

試験方法　表に示したように、T25 および組換え遺伝子以外の形質が T25 と同一の非遺伝子組換えトウモロコシ（T25-F）を配合した飼料と、RR および組換え遺伝子以外の形質が RR と同一の非遺伝子組換え大豆から調製した大豆粕（RR-F）を配合した飼料を用いた。なお、これらの飼料におけるトウモロコシおよび大豆粕の配合量は、栄養学的なバランスが取れる最大量である。

約 250 日齢の産卵鶏を各飼料に 100 羽（20 羽×5 群）ずつ割付けて 12 週間飼育した。飼育最終週に人工授精を行い、得られた種卵から孵化した雌雛を 100 羽ずつ選抜して 48 週間飼育した。

試験飼料の配合割合（%）

原料	幼雛用	中雛用	大雛用	成鶏用
（T25に関する検討）				
供試トウモロコシ（T25またはT25-F）	70.00	70.00	70.00	70.00
大豆粕	17.25	16.07	11.48	14.17
魚粉（CP65%）	5.00	5.00	5.00	5.50
コーングルテンミール（CP60%）	5.00	4.00	–	–
フスマ	–	–	10.50	–
大豆油	0.50	1.50	–	1.00
炭酸カルシウム	0.85	1.12	1.50	8.15
リン酸二石灰	0.85	1.20	0.60	0.60
食塩	0.20	0.30	0.30	0.20
ビタミンミネラルプレミックス	0.30	0.30	0.30	0.30
アミノ酸	0.05	0.51	0.32	0.08
（RR に関する検討）				
供試大豆粕（RRまたはRR-F）	35.00	30.00	20.00	25.00
トウモロコシ	49.73	56.58	66.96	51.14
マイロ	10.00	10.00	10.00	10.00
イエローグリース	1.50	—	—	3.00
炭酸カルシウム	1.00	0.90	0.80	8.25
リン酸二石灰	1.52	1.30	1.09	1.38
食塩	0.30	0.30	0.30	0.30
ビタミンミネラルプレミックス	0.20	0.20	0.20	0.20
アミノ酸等	0.75	0.72	0.65	0.73

幼雛用飼料：次世代餌付～35 日齢、中雛用飼料：次世代 36～77 日齢、大雛用飼料：次世代 78～126 日週齢、成鶏用飼料：親世代の全期間および次世代の 127 日齢以降に供用。

親世代の産卵成績および健康状態への影響

図 1-1 および図 1-2 に示したとおり、T25 に関する検討および RR に関する検討のいずれにおいても、T25 および RR を給与した産卵鶏の産卵率は順調に推移した。

また、健康状態にも異常は観察されず、孵化率や受精率（図 2）、飼育終了における血液検査（図 3-1～3-4）および生化学検査（図 4-1～4-3）でも、T25 あるいは RR を給与することによる特異的な変化は見られなかった。また、屠殺時の剖検所見および病理組織学的検査でも T25 あるいは RR を給与することによると思われる特異的な変化は見られなかった。

親世代の産卵率

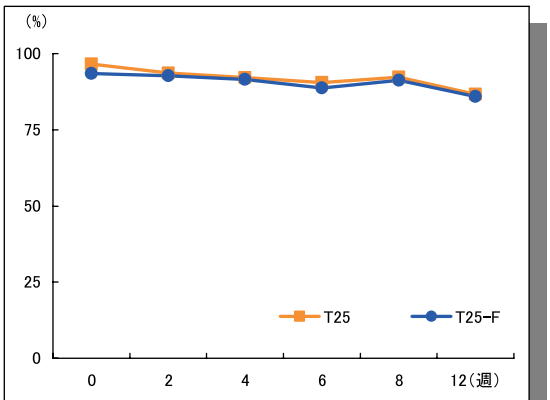


図1-1 親世代の産卵成績（T25に関する検討）

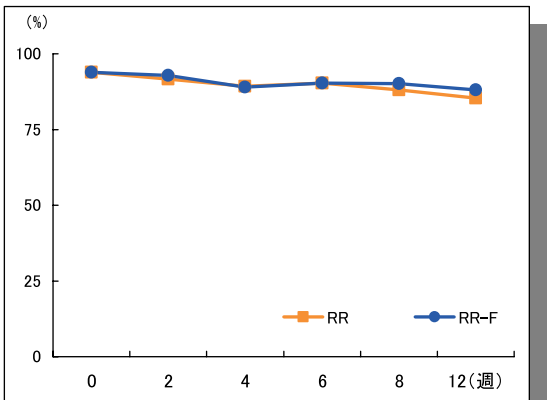


図1-2 親世代の産卵成績（RRに関する検討）

親世代の孵化率など

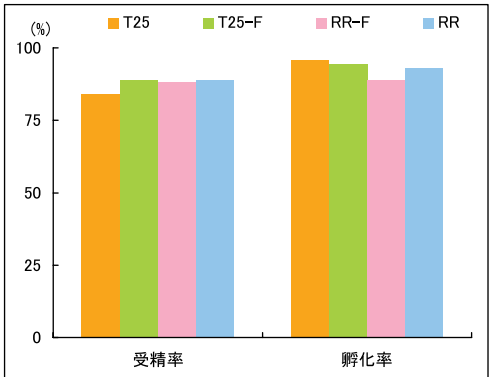


図2 親世代の孵化率

親世代の血液検査

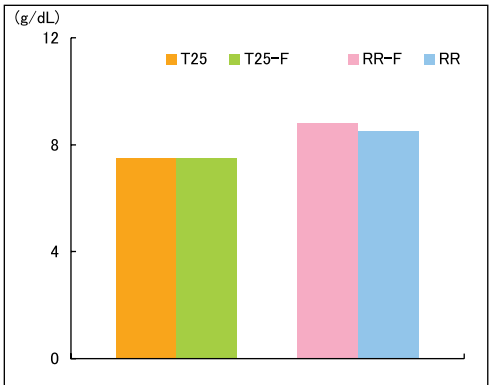


図3-1　ヘモグロビン

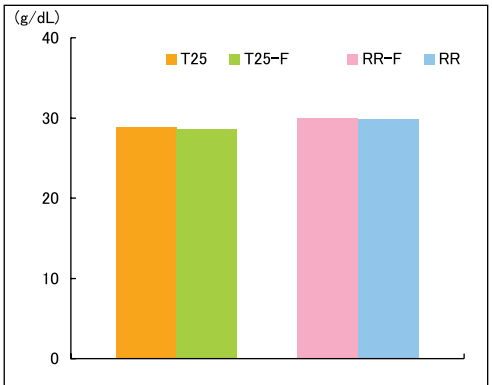


図3-2　ヘマトクリット

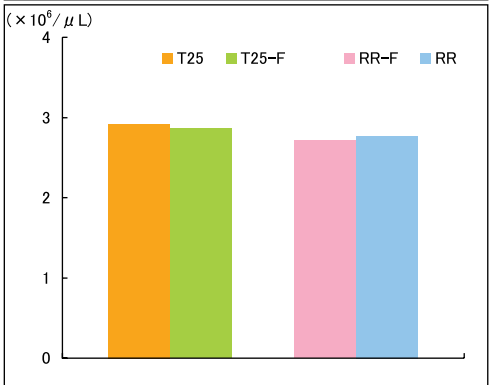


図3-3　赤血球数

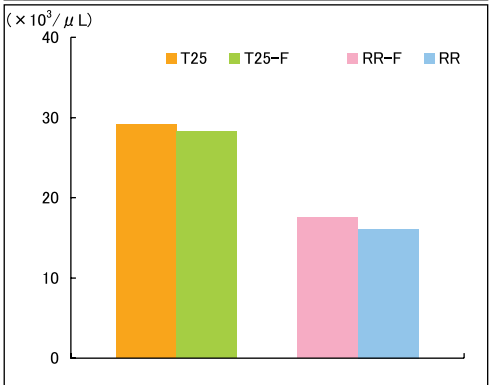


図3-4　白血球数

親世代の生化学検査

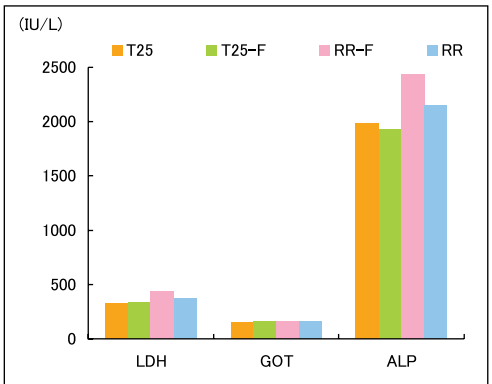


図4-1　LDH、GOT、ALP

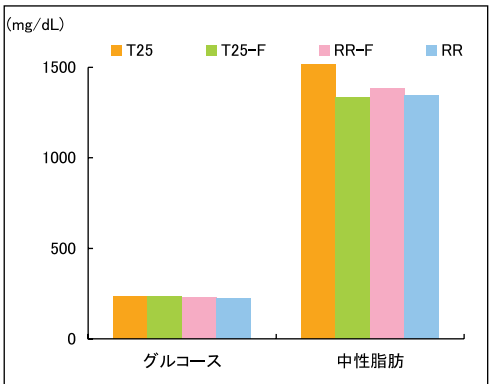


図4-2　グルコース、中性脂肪

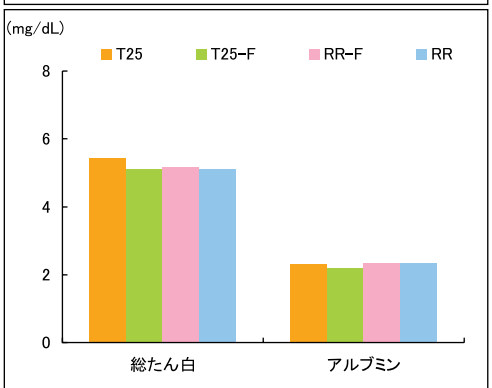


図4-3　総たん白、アルブミン

子世代の産卵成績、孵化成績、健康状態への影響

図 5-1 および図 5-2 に示したとおり、T25 に関する検討および RR に関する検討のいずれにおいても、子世代における産卵率は順調に推移した。

また、健康状態にも異常は観察されず、孵化率や受精率（図 6-1～6-2）、飼育終了における血液検査（図 7-1～7-4）および生化学検査（図 8-1～8-3）でも、T25 あるいは RR を給与することによる特異的な変化は見られなかった。また、屠殺時の剖検所見および病理組織学的検査でも T25 あるいは RR を給与することによると思われる特異的な変化は見られなかった。

子世代の産卵率

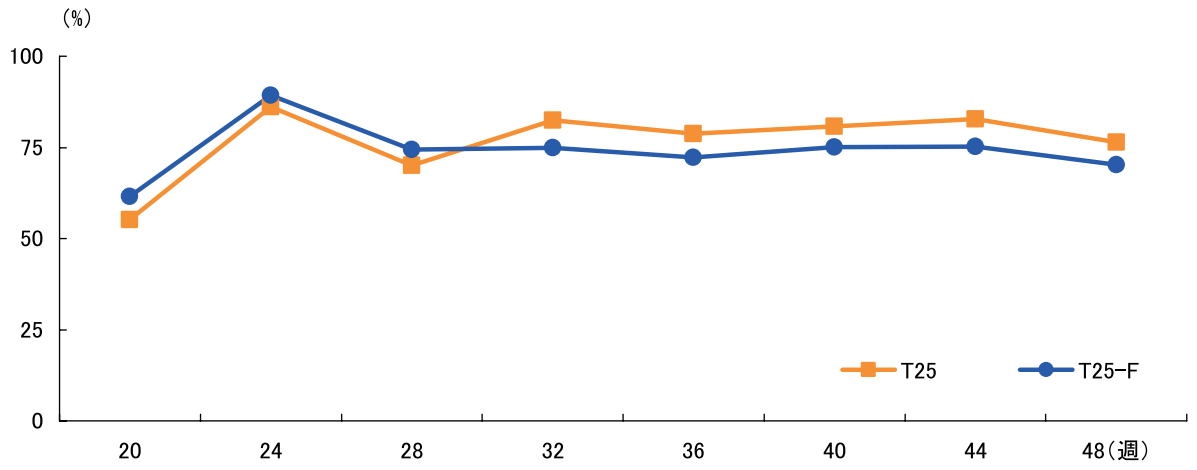


図5-1　子世代の産卵成績（T25に関する検討）

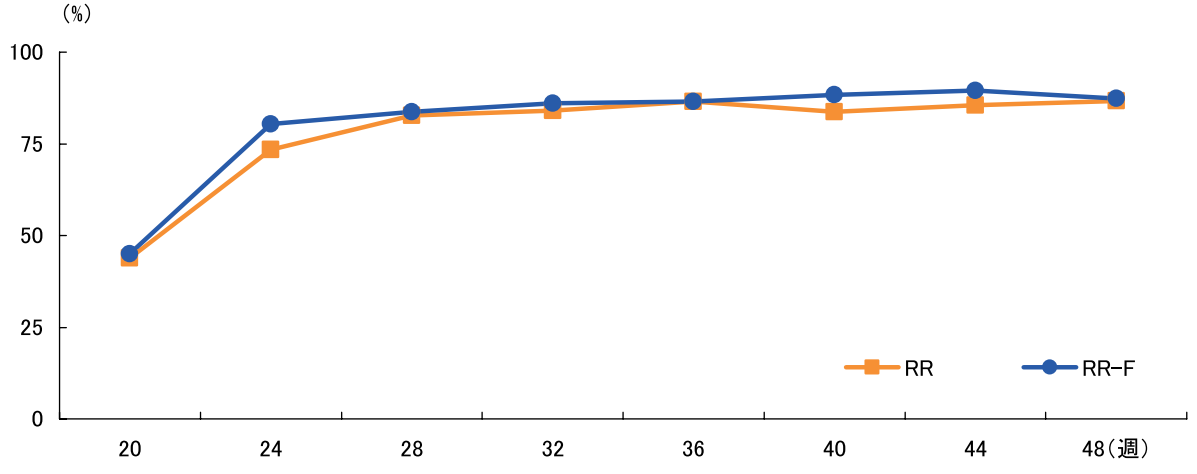


図5-2　子世代の産卵成績（RRに関する検討）

子世代の孵化率など

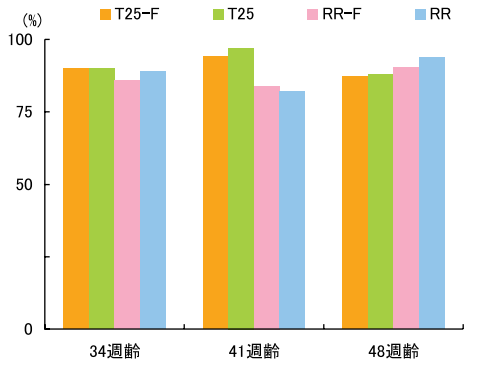


図6-1　子世代の受精率

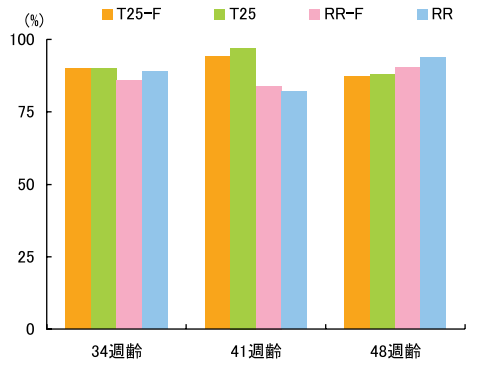


図6-2　子世代の孵化率

子世代の血液検査

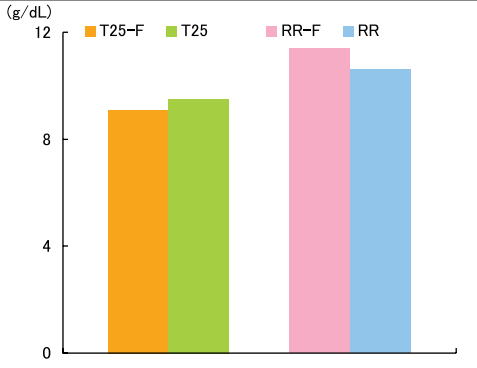


図7-1　ヘモグロビン

図7-2　ヘマトクリット

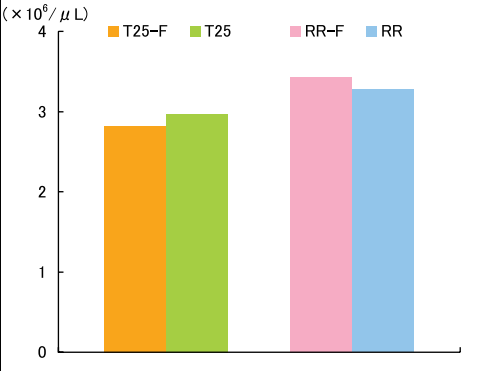


図7-3　赤血球数

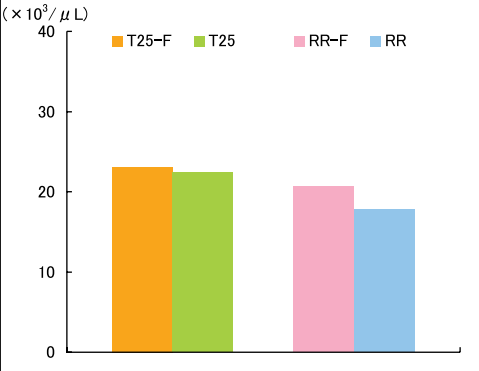


図7-4　白血球数

子世代の生化学検査

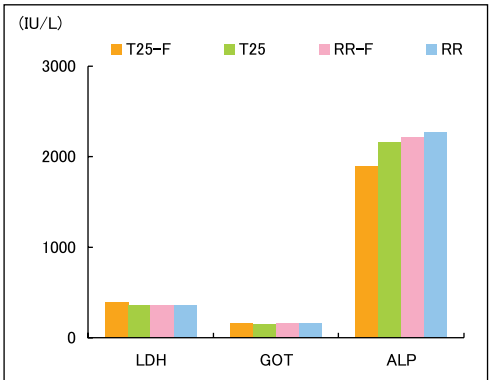


図8-1　LDH、GOT、ALP

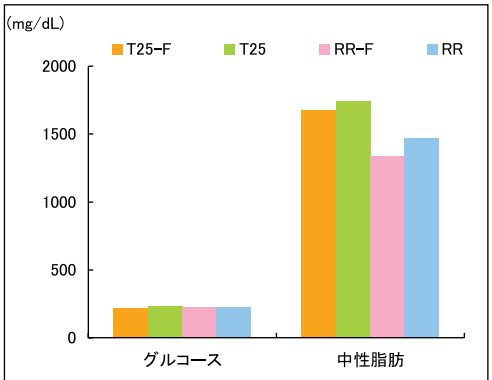


図8-2　グルコース、中性脂肪

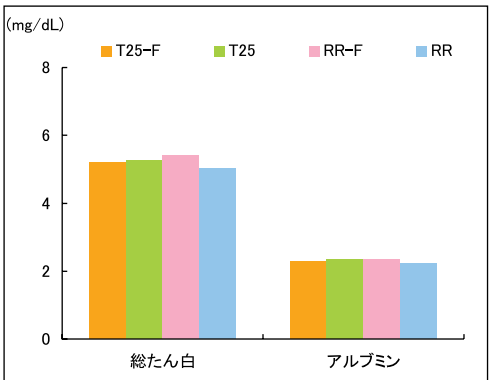


図8-3　総たん白、アルブミン

鶏卵への PAT たん白質および CP4EPSPS たん白質の移行

親世代および子世代の産卵鶏から生産された鶏卵からは、T25 に含まれる PAT たん白質と RR に含まれる CP4EPSPS たん白質は検出されなかった。

注）肉牛、乳牛、肉豚およびブロイラーで実施した肉、肝臓、血液および牛乳中の組換え遺伝子断片は PCR（polimerase chain reaction）法により分析しており、各臓器組織から抽出した DNA 溶液に、遺伝子組換えトウモロコシや大豆粕から抽出した DNA 溶液を段階的に加えて、導入された遺伝子断片の検知感度を確認した結果、0.1～0.01％程度まで検知が可能であった。

また、鶏卵中の PAT たん白質および CP4EPSPS たん白質は ELISA(enzyme-linked immunosorbent assay)法により分析しており、その検出限界は 1.0％程度であった。

このパンフレットは、農林水産省の補助を受けて行った平成 17 年度流通飼料対策事業により、社団法人日本科学飼料協会が作成しました。飼料安全法の手続きに関する具体的な内容については、都道府県の畜産関係部局等にお問い合わせください。

〒104-0033　東京都中央区新川 2-6-16　　社団法人 日本科学飼料協会
Tel 03-3297-5631　Fax 03-3297-5633　http : // group.lin.go.jp/kashikyo/