Reproductive Lifespan and Reproductive Performance in SPF C3H Mice: The Onset of Reproductive Life and Production Efficiency

Shizuo TOMITA, Tatsuo HAYAO, Takuya SAWADA and
Jun-ichiro HAYAKAWA*

*Section of Animal and Plant Supply, Division of Technical
Service, National Institute of Radiological Sciences,
Anagawa, 4-9-1 Chiba 280, Japan and*

**Institute for Experimental Animals, School of Medicine,
Kanazawa University,*

13-1 Takaramachi, Kanazawa 920, Japan

(Received for publication Sept. 13, 1977)

To improve the production system, the onset and the termination of reproductive life of C3Hf/HeMsNrs mice mated immediately after weaning and reared for 400 days of life, were studied. From weaning females mated with a full grown male (group A), the first litter was obtained at a mean age of 47 days, suggesting the first copulation at 26 days of age. The age of males at the first copulation was estimated to be at 44 days of age from the age giving the first litters in weanling males mated with weanling (group B) and full grown (group C) females. The sex ratio of litters delivered by young dams tended to be excess in males. The reproductive performance of dams in later life was not affected by the parturition in earlier age. The production efficiency with weaned youngs per pair during the first 200 days after mating was the highest in group A. It was found from these results that the C3H females attained their sexual maturity at 5 to 6 days after weaning, being available for breeding without any deletion in reproductive performance.

SPF C3H マウスの繁殖寿命と繁殖成績について： 繁殖開始時期と生産効率

富田 静男・早尾 辰雄・沢田 卓也・早川純一郎*

放射線医学総合研究所 *金沢大学医学部附属動物実験施設

われわれは動物を生産する立場から動物の生物学的な特性を知ることと、同時にその得られた結果に基づいて、生産効率の改善を計ることを目的として実験を行なって

いる。前報[4]では、SPF 環境で飼育繁殖しているC3Hマウスの1:1同居交配による生涯の繁殖能力と寿命について検討し、雌雄を2:1で10日間交配する方式より

もよい生産効率が得られることを報告した。

前報においては、マウスの生涯の繁殖能力を見ることを目的としたが、ほぼ同日令の成熟雌雄を用いたため、雌雄、それぞれについて繁殖可能になる時期を決定することができなかった。本実験では、この点を明らかにする目的で離乳直後の雌、あるいは雄を、それぞれ成熟した雄と雌とを同居交配させ、繁殖可能となる時期と、その動物の繁殖能力を検討したので報告する。

材料と方法

動物は、放医研 SPF 動物生産施設で維持されている C3Hf/HeMsNrs で、当施設内での SPF 環境の維持方法については、前報 [4] に詳述した。

交配群は、Table 1 に示すように、A, B, C の 3 群よりなり、A 群は平均日令 25 日の雌と平均日令 62.5 日の雄、B 群は雌雄ともに平均日令 25.3 日、C 群では平均日令 64.7 日の雌に平均日令 24.6 日の雄を 1 : 1 で交配した。なお、前報で報告した成熟雌雄の交配による成績を前記 3 群との比較のために D 群として示したが、D 群の雌雄同居交配日令を前報で 65 ± 4 日としたが、再計算したところ、雌の日令は 64.0 ± 0.7 で、雄の日令は 55.5 ± 0.7 日であった。また初産日令についても、同様に前報では、 94 ± 3.1 日としたが、 94.5 ± 4.2 日であった。したがって Table 1, Table 2 にはこれらの新しい数値を示した。

Table 1. Mean ages of the parents in four groups when the mating was started

Group	No. of pair	Mean $\pm$ S. E. days	
A	28	Dam	25.0 ± 0.2
		Sire	62.5 ± 0.2
B	30	Dam	25.3 ± 0.2
		Sire	25.3 ± 0.2
C	30	Dam	64.7 ± 1.1
		Sire	24.6 ± 0.1
D	30	Dam	$64.0 \pm 0.7^*$
		Sire	$55.5 \pm 0.7^*$

* The value of Dam plus Sire was reported to be 65 ± 4 days in a previous work⁴⁾.

各群とも 30 組からなり、雌の日令が約 400 日令に達するまで雌雄を同居させた。仔の産れた場合に 21 日令まで雄と同居のもとで哺乳させた。A 群には同居後 50 日以上で妊娠しない 1 例があり、これは別の雄と交配した結果雄に繁殖能力のないことが判明した。また、同じく A 群で初産後、腔脱が見られ以後妊娠をみない 1 例があった。他の群ではすべての組で 3 産以上の妊娠が見られているので、A 群の前記 2 例を除外して集計した。

成 績

Table 2 に各群の初産日令と最終分娩日令および、

Table 2. Ages of dam when the first and the last litter were born, and the estimated ages of dam and sire at the copulation that resulted in the first litter in each breeding group

Group	No. of pair	Age at the first litter		Age at the last litter		Age at the copulation*	
		Mean	$\pm$ S. E. days	Mean	$\pm$ S. E. days	Mean	$\pm$ S. E. days
A	28	47.1	± 0.1	257	± 10	Dam	26.1 ± 0.2
						Sire	63.6 ± 0.3
B	30	64.6	± 0.5	257	± 8	Dam	43.6 ± 0.5
						Sire	43.6 ± 0.5
C	30	105.7	± 1.4	289	± 9	Dam	84.7 ± 1.4
						Sire	45.3 ± 0.8
D	30	94.5	$\pm 4.2^{**}$	261	± 10	Dam	73.5 ± 4.3
						Sire	65.0 ± 4.2

* Estimated by the age at the first litter.

** Reported to be 94 ± 3.1 days in a previous work⁴⁾.

Table 3. Lifetime reproductive performance per mating pair in each breeding group

Group	No. of Pair	No. of parturition	Litter size	No. of pups born	No. of pups weaned
		Mean $\pm$ S. E.	Mean $\pm$ S. E.	Mean $\pm$ S. E.	Mean $\pm$ S. E.
A	28	8.3 $\pm$ 0.4	6.3 $\pm$ 0.2	52.0 $\pm$ 2.6	49.8 $\pm$ 2.6
B	30	7.8 $\pm$ 0.4	5.7 $\pm$ 0.2	44.0 $\pm$ 2.4	41.8 $\pm$ 2.3
C	30	7.3 $\pm$ 0.3	5.3 $\pm$ 0.2	37.8 $\pm$ 2.2	36.1 $\pm$ 2.1
D	30	7.0 $\pm$ 0.4	5.9 $\pm$ 0.2	40.8 $\pm$ 2.3	39.8 $\pm$ 2.4

Table 4. Productivity in each breeding group classified by parity

		Parity												Total
	Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Age of dam at litter	A	47	69	94	124	154	184	212	244	262	382	303	318	
	B	64	87	113	140	170	195	217	248	273	280	291	302	
	C	105	130	153	177	206	240	265	293	313	—	—	—	
	D	94	118	143	174	199	228	253	282	302	312	—	—	
No. of dam delivered	A	28	28	28	28	28	28	20	17	12	10	5	2	234
	B	30	30	30	30	29	26	21	18	11	6	3	1	235
	C	30	30	30	27	27	27	22	15	9	1	—	—	218
	D	30	30	30	29	26	24	19	12	7	3	—	—	210
No. of pups	A	213	235	232	219	183	149	85	63	42	22	11	0	1454
	B	193	222	220	206	173	122	88	75	31	14	6	0	1350
	C	173	165	203	189	139	131	72	47	16	1	—	—	1136
	D	191	197	208	185	158	119	78	51	27	12	—	—	1226
Litter size	A	7.6	8.4	8.3	7.8	6.5	5.3	4.3	3.7	3.5	2.2	2.2	—	
	B	6.4	7.4	7.3	6.9	5.7	4.7	4.2	4.2	2.9	2.3	2.0	—	
	C	5.8	5.5	6.8	7.0	5.1	4.9	3.3	3.1	1.8	1.0	—	—	
	D	6.4	6.6	7.0	6.4	6.1	5.0	4.1	4.3	3.9	4.0	—	—	
Per cent weaned	A	99.8	90.2	95.6	93.1	98.3	98.6	97.6	98.4	95.2	90.9	100.0	—	
	B	98.9	91.8	95.4	93.6	95.3	87.7	96.5	92.0	67.7	100.0	83.3	—	
	C	98.2	99.3	94.0	95.7	99.2	89.3	77.7	95.7	93.7	0.0	—	—	
	D	98.4	99.0	93.2	92.9	99.3	99.1	96.1	94.1	88.8	91.6	—	—	

妊娠期間を21日としたときの初産の得られた雌雄の交尾推定日令を示した。

A群すなわち、成熟した雄と若令の雌との交配では初産日令は47.1日で、この初産の得られた交尾推定日令は雌で26.1日であった。これに対して、若令の雌雄を交配したB群では初産日令64.6日でA群に比較して17.5日おくれていた。また成熟した雌と若令の雄の交配であるC群の雄の交尾推定日令は、44.6日であり、B群の43.6日

とほとんど同じであった。初産をした日令が異なる雌の400日令まで観察結果からみた最終分娩は、若令の雄と成熟した雌の交配であるC群で約290日と遅くなった以外、他の3群は、約260日令と同様な結果を示した。

次に、繁殖開始時期を異にする群での雌の日令400日（これは各群を通して最終分娩日令の最も遅い個体が365日であったことから雌の繁殖寿命が終了と考えられる日令である）までの繁殖成績を各群の交配当りで集

Table 5. Sex ratio (ratio of males to females) of pups in each breeding group

Group	No. of pair	Parity											Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
A	28	1.130	1.061	1.495	1.489	0.947	1.129	1.179	0.750	1.000	1.750	0.375	1.165
B	30	1.075	1.114	1.000	1.123	0.844	0.820	0.872	0.923	0.722	1.142	0.500	0.987
C	30	1.060	0.737	0.971	1.100	1.106	1.183	1.057	0.741	1.286	0.000	—	1.000
D	30	0.948	0.989	1.166	0.989	1.051	1.061	0.902	1.125	1.250	1.000	—	1.026

Table 6. Production efficiency of each breeding group during the first 200 days after the mating.

Group	No. of pair	Total pups born	Total pups weaned	Efficiency (No. of pups weaned / pair)
				Mean $\pm$ S. E.
A	28	1335	1277	45.6 $\pm$ 2.0
B	30	1238	1164	38.8 $\pm$ 1.9
C	30	1039	997	33.2 $\pm$ 2.0
D	30	1140	1114	37.1 $\pm$ 2.2

計した結果を Table 3 に示した。

分娩回数は、A群では8.3、B群では7.8、C群で7.2、D群で7.0と若令から妊娠したA群が最も多かった。さらに1腹仔数、総産仔数、離乳仔数についても、A群が最も多く、次いでB群となっている。したがって、交配日令を早くすることによる繁殖能力の低下はなく、むしろ若令からの交配によって繁殖効率は向上することが認められた。

各群の成績をさらに詳細に比較するため、産次ごとに雌の平均日令、産仔数、1腹仔数、離乳仔数を Table 4 にまとめて示した。

A群およびB群では、雌が平均して200日令に達するまでに6産が得られるのに対し、C、D群では、6産が得られる日令がそれぞれ、240日、228日とおくれる。このおくれは雌の交配日令とC群では雄が交配開始時から繁殖可能になるまでの時期に対応している。したがって、少なくとも6産次までは、若令の雌を交配させることによる妊娠期間や妊娠間隔に差があるとは考えられない。さらに、A群では全例が6産まで分娩しているのに対し、B群では4産、C、D群では3産までしか全例が分娩しなかった。産仔数、1腹仔数についても、6産次まではいずれの産次でもA群が最も多い結果が得られた。ここ

で興味あることは、各群とも、初産の1腹仔数は、2産あるいは3産に比較して少ないことで、初産の腹仔数の少ないことは雌親の日令と無関係であることを示している。

離乳率については、5産までは各群で大差がないが、A群ではいずれの産次でも90%以上を離乳しており、若令からの妊娠、分娩がそれ以降の哺乳能力を低下させる傾向は認められなかった。

得られた仔の性比に関しては、生産動物の需要に雌雄差があるため重要であるので、各群の産次による性比を Table 5 に示した。

若令の雌と成熟した雄の交配での、早い産次では、雄の多くなる傾向が認められたが、全体としては大きな差は認められなかった。

最後に、生産効率の点から各群を比較するため交配開始時から200日までの各群の総産仔数、総離乳仔数、雌親当りの離乳仔数を Table 6 に示した。

Table 6 から明らかなように、雌当りの離乳仔数は平均でA群は45.6、B群は38.8、C群は33.2、D群は37.1で、A群が最も多かった。A群の場合、事故例として2例を集計から除外しているが、これを加えて交配総数30組で計算しても交配雌当りの離乳仔数は42.5匹となり、

もっとも効率が良い結果を示した。

考 察

マウスの性成熟の時期は、性成熟の指標を何にとるかによって異なるが、どの指標をとったにしても、系統や季節による変動の大きいものであることが指摘されている [1]。本実験と同様に初産日令から推定した交尾日令については、江崎 [2] は系統の記載はないが雌で30～35日であったことを記載している。本実験のA群、すなわち、平均25日令で成熟した雄と交配した群では平均26.1日で交尾が行われたものと推定され、先述の報告に比較してかなり早い。腔開口日令については系統差があり、本実験で使用した C3H/He は他の系統に比較してかなり早いことが報告されている [2] が、われわれの C3Hf/HeMsNrs マウスは18～25日、平均20日であることを認めている（未発表）さらに腔開口後、24～120時間で最初に腔垢の角化が見られること、および、最初の発情期の交尾による妊娠率が、48～57%という報告がみられる [1]。これに対して本実験、A群の28例の雌はすべて、25～28日令で妊娠を成立させる交尾が行なわれたものと推定された。

以上の点から、C3H/HeMsNrs マウス雌の性成熟はかなり早く、安定した性周期をしめすものと考えられる。一方、雄の性成熟についての報告は少いが、江崎 [2] は交尾日令が40～45日であったことを報告している。本実験では、若令の雌雄の交配群（B群）で平均43.6日、成熟雌と若令雄との交配群（C群）の結果から、44.6日で雄の交尾が行なわれたと推定され、この結果はいずれも、江崎の報告と大差がない。

性成熟に達すると同時に、交尾、妊娠、哺乳が行なわれた場合における動物の繁殖成績や繁殖寿命についての報告は、われわれの知る限り、みられないので、比較できないが、本実験では繁殖寿命の終りと考えられる400日令までの観察において、妊娠率、総産仔数、一腹仔数、離乳率のいずれにも、若令で妊娠した雌が完全に成熟した雌よりも良好であった。

一般に幼若な雌を妊娠させた場合には繁殖成績が悪いといわれている [2]。その理由としては、未熟な時期の妊娠、哺育に伴う負荷が細菌感染を顕性化させるなど、環境による母親への影響などが考えられる。長沢ら [3] は本実験と同様な C3H 系統の成熟雌の繁殖成績を報告しているが、離乳率は、本実験で得られた成熟雌での結果よりかなり低いこれは飼育環境によるものと思われる。

る。本実験が幼若な雌を妊娠させたにもかかわらず良好な成績が得られたことは、C3H 系統の性成熟の早さに関連することの他に、SPF 環境下で飼育されたことにあると考えられる。

若令からの繁殖が、将来の繁殖成績に影響しないとすれば、動物生産の立場からは、種親を育成する期間が短縮され、きわめて有利になると考える。この点を本実験結果（Table 6）から見ると、A群とD群で交配当りの離乳仔数をくらべると、A群はD群より20%程度多く、したがって、A群では、雌を離乳から繁殖に使用するまでの時間と経費が節減できる。また、B群とD群をくらべると、離乳仔数に差がみられない。しかし、B群は雌雄とも種親としての育成期間が短いだけ有利である。以上、本実験結果から、C3H では雌の性成熟は早く、性成熟直後からの妊娠、哺乳は、その後の繁殖成績に悪影響を与えず、したがって、生産効率からみて、性成熟直後から繁殖親として使用した方が有利であることが結論される。

要 約

成熟マウス雌あるいは雄をそれぞれ離乳直後の雌あるいは雄と同居交配させ、繁殖可能な日令を知ることと、若令からの交配の生産効率に与える影響を見る目的で実験を行なった。A群は平均日令25日の雌と平均日令62.5日の雄、B群は雌、雄とも平均日令25.3日、C群では平均日令64.7日の雌に平均日令24.6日の雄を1:1で同居交配した。D群は同一日令成熟マウスを同様に交配したものである。各群とも30組からなり雌の日令が400日令に達するまで同居交配させた。A群では、初産日令は47.1日であり、初産の得られた交尾推定日令は雌で26.7日と推定される。B群では初産日令64.7日で、A群に比較し18日遅れている。なお、この場合の若令雌の腔開口日令は、18～25日で平均20日令であった。C群の雄の交尾推定日令は、44.6日令であり、B群とほとんど同じである。繁殖可能になる日令は雌では約26日、雄では約45日であった。分娩回数は平均A群で8.3回、B群で7.8回、C群で7.2回、D群で7.0回であり、若令から妊娠したA群が最も多かった。交配後200日間の繁殖成績からみても、交配日令を早くすることにより、繁殖効率が向上することが認められた。

この研究は一部文部省科学研究費（特定研究『実験動物の純化の開発』課題番号012204（50年度）、115104（51年度））の補助によった。

本論文を書くにあたり御助言いただいた障害基礎研究部の南沢室長に感謝する。

文 献

- [1] Bronson, F. H., Dagg, C.P. and Snell, G.D. (1966).
Reproduction. In *Biology of the Laboratory Mouse*
(2nd ed.) Green, E. L. editor, McGraw-Hill Inc.
New York, 187-189,
- [2] 江崎孝三郎(1972)。各種動物の生物学。マウスとラット。
実験動物学各論, 田嶋嘉雄編, 朝倉書店東京。15-16。
- [3] 長沢弘, 宮本盛吉, 藤本政晴(1973)。系統マウスの繁殖成
績と計画生産について, 実験動物, 22, 119-126。
- [4] 富田静男, 早尾辰雄, 内田晴康, 沢田卓也(1976)。雌雄同
居(1:1)飼育による SPF C3H マウスの繁殖成績と
寿命について, 実験動物, 25, 135-140。