

## **Influence de l'âge, du poids et de la vitesse de croissance sur la teneur en androsténone des graisses de jeunes porcs mâles entiers**

M. BONNEAU

avec la collaboration technique de Françoise GIOVANNI, P. ECOLAN, G. CONSEIL et A. GRATON

*I.N.R.A., Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs  
Centre de Recherches de Rennes-Saint-Gilles  
F 35590 L'Hermitage*

### **Résumé**

Trente-trois porcs mâles entiers de race *Large White* sont répartis à 27 kg de poids vif entre 3 lots. Les animaux du lot 1 sont nourris selon un plan d'alimentation libéral alors que ceux des lots 2 et 3 sont restreints. La teneur en androsténone des graisses est mesurée à 3 stades pour chaque animal : à 80, 95 et 105 kg de poids vif dans les lots 1 et 2, au même âge que pour le lot 1 dans le lot 3. L'absence de différences significatives entre les teneurs en stéroïde dans les 3 lots montre que aucun des 2 critères âge ou poids n'a eu, à lui seul, une influence déterminante. La concentration en androsténone n'est pas reliée significativement aux performances de croissance mais apparaît corrélée négativement avec le rapport Longe/Bardière, indicateur du rapport Muscles/Graisses de la carcasse.

### **Introduction**

En dépit des effets défavorables de la castration sur l'efficacité alimentaire et sur la qualité des carcasses, les porcs mâles destinés à la production de viande sont en général castrés dès leur plus jeune âge. Des odeurs désagréables, qualifiées d'odeurs sexuelles, se manifestent en effet lors de la cuisson des viandes de certains porcs mâles entiers. De nombreux travaux passés en revue par BONNEAU (1982), ont montré que l'androsténone est l'un des principaux composés responsables des défauts d'odeur sexuelle. Ce stéroïde à odeur urinaire prononcée, est synthétisé dans le testicule parallèlement à la testostérone (CLAUS & GIMENEZ, 1977) et la sécrétion des deux stéroïdes est stimulée par l'hormone hypophysaire LH (CARLSTRÖM *et al.*, 1975 ; CLAUS & ALSING, 1976).

La concentration en androsténone dans les graisses augmente avec l'âge (CLAUS, 1975 ; ANDRESEN, 1976 ; WILLEKE *et al.*, 1980) ou avec le poids des animaux (MALMFORS, LUNDSTRÖM & HANSSON, 1978 ; BONNEAU & DESMOULIN, 1980) en fonction de la maturité sexuelle des jeunes verrats. On ne sait pas cependant quelle est l'importance relative de ces deux critères pour la production et le stockage de l'androsté-

none chez le verrat. D'une façon plus générale, l'influence propre de chacun de ces deux facteurs sur le développement sexuel du porc mâle est assez mal connue.

Dans toutes les espèces le développement corporel a une influence déterminante sur la maturation sexuelle des animaux mais on ne sait pas comment s'opère la perception du stade de développement corporel par le système nerveux central (LEVASSEUR, 1977). Chez le rat, il semble bien que ni l'âge ni le poids ne soient déterminants à eux seuls (GLASS & SWERDLOFF, 1980) et qu'il soit important de considérer la vitesse de croissance des animaux (ANONYME, 1977). Selon FRISCH (1980) un certain degré d'adiposité doit être atteint pour le déclenchement de la puberté chez la rate et chez la femme. Une revue bibliographique de DUBOIS (1978) montre que, dans la plupart des cas, une restriction alimentaire ne retarde l'apparition du premier œstrus chez la truie que dans la mesure où elle est suffisamment sévère. Les quelques résultats disponibles concernant l'influence du niveau alimentaire sur la maturation sexuelle du verrat sont assez contradictoires. Selon ROBERTSON *et al.* (1951), DUTT & BARNHART (1959) ou EINARSSON *et al.* (1979), une restriction alimentaire ne modifie guère l'âge à la puberté qui survient donc à un poids plus faible chez les animaux restreints. Par contre, selon NIWA (1954) ou KIM *et al.* (1976), l'abaissement du niveau alimentaire retarde le développement sexuel des verrats. Il convient de souligner qu'en règle générale, un retard de croissance lié à une sous-nutrition affecte peu la spermatogénèse mais diminue nettement les sécrétions d'androgènes chez le rat (TALBERT & HAMILTON, 1955; WIDDOWSON, MAVOR & MC CANCE, 1964; HOWLAND 1975), le cobaye (SLOB, VREEBORG & VAN DER WERFF TEN BOSCH, 1979), le taureau (DAVIES, MANN & ROWSON, 1957; BARONOS *et al.*, 1969) ou le verrat (DICKERSON, GRESHAM & MC CANCE, 1964).

Pour des verrats de même poids, les odeurs sexuelles marquées sont en général d'autant plus fréquentes que les animaux ont eu une croissance plus rapide (MALMFORS & HANSSON, 1974; ROBB, PATTON & WHEATHERUP, 1975; WALKER, 1980). ELSLEY & LIVINGSTONE (1969) observent cependant une tendance inverse. Par ailleurs, pour des verrats de même âge, ANDRESEN (1976) ne signale aucune différence significative entre les teneurs en androsténone de deux lignées sélectionnées pour une croissance rapide ou lente.

Compte tenu de ces résultats contradictoires, nous avons tenté au cours de cette expérience, de dégager les influences respectives de l'âge et du poids sur la teneur en androsténone des graisses de jeunes verrats à croissance rapide ou lente.

### Matériel et méthodes

L'étude porte sur 33 animaux de race *Large White* mis en expérience à partir de 27 kg de poids vif et répartis entre 3 lots. Le lot 1, témoin, recevait un régime maïs soja contenant 3 370 kcal ED/kg et 17 p. 100 de protéines suivant un plan d'alimentation libéral (de 1,5 kg d'aliment par jour à 30 kg de poids vif jusqu'à 3,2 kg au-delà de 95 kg). Pour un même poids corporel, les animaux des lots 2 et 3 ne recevaient que 75 p. 100 de la quantité allouée aux témoins.

Au moment de la mise en lot, des blocs de 3 frères, répartis dans les 3 lots considérés, sont constitués. Pour les verrats des lots 1 et 2, une biopsie de tissu

adipeux dorsal est pratiquée au niveau du dos à 80 kg puis à 95 kg de poids vif. Pour les animaux du lot 3, les biopsies sont réalisées le même jour que pour l'animal du même bloc affecté au lot 1. Ainsi, chez des animaux ayant des intensités de croissance différentes, les biopsies sont réalisées soit au même poids (lots 1 et 2) soit au même âge (lots 1 et 3). En suivant la même procédure, les verrats des lots 1 et 2 sont abattus au même poids de 105 kg et ceux du lot 3 au même âge que les témoins.

Le jour de l'abattage un échantillon de tissu adipeux dorsal est prélevé au même site que les biopsies. La découpe des carcasses permet de calculer le rapport Longe/Bardière, bon indicateur du rapport Muscles/Graisses des carcasses (DESMOULIN, GRANDSART & TASSENCOURT, 1976).

La teneur en androsténone des graisses est mesurée à partir des biopsies et des échantillons de tissus adipeux selon la méthode radioimmunologique mise au point par CLAUS (1974) et dont nous avons décrit précédemment les principales caractéristiques (UZU & BONNEAU, 1980). Les résultats sont exprimés en microgrammes de stéroïde par gramme de lipides. Le choix du tissu adipeux dorsal pour la mesure de la teneur en androsténone des graisses est avant tout imposé par la possibilité de réaliser simplement des biopsies. En raison de son importance pondérale chez le porc, ce tissu renferme en outre la plus grande partie de l'androsténone stockée par l'animal. Par ailleurs, la concentration en stéroïde des graisses externes est la plus significative en ce qui concerne la manifestation des odeurs sexuelles au moment de la cuisson des viandes. En effet, elles sont les seules présentes en quantité importante dans les morceaux utilisés en viandes fraîches, qui proviennent presque tous de la longe. Enfin, il convient de souligner que les concentrations en androsténone dans les différentes localisations externes ou internes du tissu adipeux ne diffèrent pas (CLAUS, 1979 ; WALSTRA, 1980, communication personnelle) ou peu (ANDRESEN & BAKKE, 1975 ; WALSTRA, 1974).

Les différences entre traitement sont mises en évidence par analyse de la variance avec comparaison multiple des moyennes par le test de Schéffé. Les liaisons entre la teneur en androsténone des graisses aux différents stades de prélèvement et les performances de croissance ou de composition corporelle sont obtenues en calculant, intra lot, les coefficients de corrélation des rangs de Spearman entre ces critères.

### Résultats

La consommation journalière des animaux du lot 1 a été inférieure à ce qui était attendu et le degré de restriction des lots 2 et 3 par rapport aux témoins n'atteint donc pas les 25 p. 100 prévus (tableau 1). En raison de leur consommation d'aliment plus élevée, les verrats du lot 1 ont réalisé une croissance plus rapide que ceux des lots 2 et 3 avec la même efficacité alimentaire. Les consommations et les vitesses de croissance des lots 2 et 3 ne diffèrent pas significativement. A l'abattage, on constate que le rapport Longe/Bardière est non significativement plus élevé chez les animaux restreints que chez les témoins.

Les âges et poids lors des biopsies et à l'abattage ainsi que les teneurs en androsténone des graisses à ces différents stades sont présentés au tableau 2. Pour les 3 stades successifs de prélèvement de tissu adipeux, les verrats du lot 2 accusent

TABLEAU I

*Performances de croissance et de composition corporelle.  
Fattening traits and carcass characteristics.*

Lot - Treatment	1	2	3
Consommation (kg/j) ..... <i>Feed intake (kg/d)</i>	2,13 ± 0,00 <sup>a</sup>	1,85 ± 0,02 <sup>b</sup>	1,72 ± 0,03 <sup>b</sup>
Vitesse de croissance (g/j) ..... <i>Average daily gain (g/d)</i>	753 ± 22 <sup>a</sup>	627 ± 11 <sup>b</sup>	577 ± 22 <sup>b</sup>
Indice de consommation ..... <i>Feed conversion</i>	2,98 ± 0,05 <sup>a</sup>	2,99 ± 0,06 <sup>a</sup>	2,99 ± 0,07 <sup>a</sup>
Rapport Longe/Bardière ..... <i>Loin/Backfat ratio</i>	2,81 ± 0,21 <sup>a</sup>	3,51 ± 0,27 <sup>a</sup>	3,34 ± 0,10 <sup>a</sup>

Moyennes ± écart type de la moyenne. Les moyennes d'une même ligne affectées d'un même indice ne diffèrent pas significativement au seuil 5 p. 100. *Means ± S.E.M. Means in the same row with the same superscript do not differ significantly at 5 p. 100 level.*

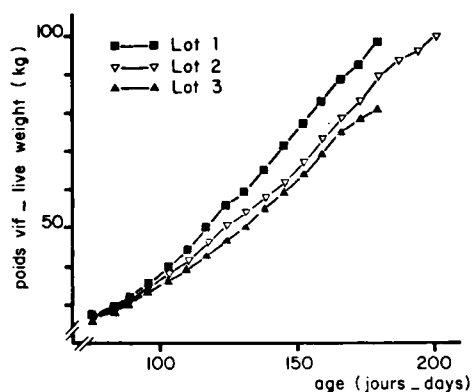


FIG. 1

*Courbes de croissance.  
Growth curves.*

un retard de 10, 11 et 14 jours par rapport à ceux du lot 1 alors que les animaux du lot 3 sont plus légers de 12,5 - 16,6 et 17,9 kg. En raison de l'importante variabilité individuelle intra lots (coefficients de variation compris entre 38 et 99 p. 100), on n'observe, à aucun stade, de différence significative entre les teneurs en androsténone des 3 lots. Les valeurs moyennes de concentration en stéroïde augmentent avec l'âge et le poids sans qu'il soit possible de mettre en évidence un effet de la vitesse de croissance sur l'évolution des teneurs. Compte tenu de l'absence de différence entre lots, nous avons présenté à la figure 2, pour les 3 lots confondus, la

distribution des concentrations en androsténone pour les 3 stades de prélèvement. Au fur et à mesure que les animaux deviennent plus lourds et plus âgés, on observe une fréquence accrue de teneurs élevées. Ainsi, la proportion d'animaux présentant des concentrations supérieures de 0,5 µg/g est de 12 - 22 et 34 p. 100 respectivement à la première biopsie, à la deuxième biopsie et à l'abattage.

Les coefficients de corrélation entre la concentration en stéroïde et l'âge, le poids ou les performances de croissance des animaux ne sont pas significatifs. La seule corrélation significative est observée entre la teneur en androsténone des verrats du lot 1 au moment de l'abattage et le rapport Longe/Bardière ( $r_s = -0,59$ ;  $p < 0,05$ ).

TABLEAU 2

*Age et poids des animaux et teneur en androsténone des graisses aux 3 stades considérés.  
Age and live-weight of boars and fat androstenone level at the 3 stages studied.*

Lot - Treatment	1	2	3
<b>Première biopsie</b> <i>First biopsy</i>			
Age (j) - Age (d) .....	157 ± 3,1 b	167 ± 3,0 a	157 ± 3,1 b
Poids (kg) - Live weight (kg) .....	79,9 ± 0,6 a	79,6 ± 0,8 a	67,4 ± 2,5 b
Teneur en androsténone (µg/g) ... <i>Fat androstenone level (µg/g)</i>	0,43 ± 0,09 a	0,28 ± 0,04 a	0,33 ± 0,07 a
<b>Deuxième biopsie</b> <i>Second biopsy</i>			
Age (j) - Age (d) .....	176 ± 4,1 b	187 ± 3,3 a	176 ± 4,1 b
Poids (kg) - Live weight (kg) .....	96,6 ± 0,8 a	94,4 ± 0,6 a	80,0 ± 3,2 b
Teneur en androsténone (µg/g) .... <i>Fat androstenone level (µg/g)</i>	0,47 ± 0,12 a	0,32 ± 0,04 a	0,45 ± 0,13 a
<b>Abattage</b> <i>Slaughter</i>			
Age (j) - Age (d) .....	184 ± 3,5 b	198 ± 2,7 a	184 ± 3,5 b
Poids (kg) - Live weight (kg) .....	104,6 ± 0,9 a	102,3 ± 0,7 a	86,7 ± 3,7 b
Teneur en androsténone (µg/g) .... <i>Fat androstenone level (µg/g)</i>	0,56 ± 0,11 a	0,45 ± 0,05 a	0,62 ± 0,17 a

Moyennes ± écart type de la moyenne. Les moyennes d'une même ligne affectées d'un même indice ne diffèrent pas significativement au seuil 5 p. 100. *Means ± S.E.M. Means in the same row with the same superscript do not differ significantly at 5 p. 100 level.*

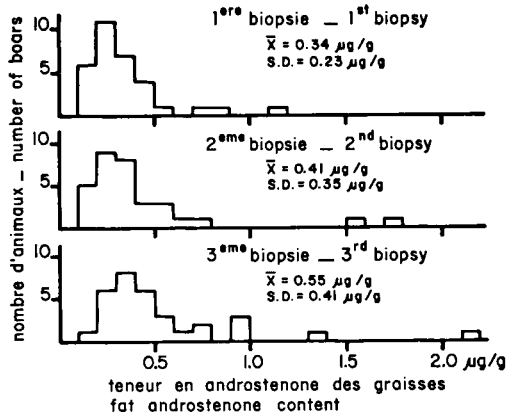


FIG. 2

*Distribution des teneurs en androstenone des graisses pour les 3 stades étudiés*  
( $\bar{x}$  = moyenne ; S.D. = écart type)

*Distribution of fat androstenone levels for the 3 stages studied*  
( $\bar{x}$  = mean ; S.D. = standard deviation)

### Discussion et conclusion

L'absence de différences significatives entre la teneur en androstenone des graisses des 3 lots considérés montre que, dans les conditions de cette expérience, aucun des deux critères âge ou poids n'a eu, à lui seul, une influence déterminante sur les niveaux de production et de stockage d'androstenone. Conformément aux observations d'ANDRESEN (1976) la vitesse de croissance des animaux n'a pas non plus d'effet significatif sur l'évolution des concentrations en stéroïde. Par analogie avec les résultats obtenus chez la truie (passés en revue par DUBOIS, 1978), on peut penser que le degré de rationnement imposé dans cette expérience n'était pas assez sévère pour induire un retard à la puberté chez les jeunes verrats. L'importance de la variabilité intra lot démontre une fois de plus que l'âge ou le poids des animaux n'expliquent qu'une faible partie de la variabilité des teneurs en androstenone. En effet, l'augmentation brutale de la concentration en stéroïde observée au moment de la puberté (CLAUS, 1975) survient à des stades très variables selon les individus (ANDRESEN, 1976 ; BONNEAU & DESMOULIN, 1980).

L'absence de liaison significative entre les performances de croissance et la teneur en androstenone à l'abattage confirme certains résultats antérieurs (BONNEAU & DESMOULIN, 1980 ; JONSSON & ANDRESEN, 1979). Par ailleurs, la corrélation négative entre la teneur en androstenone et le rapport Longe/Bardière indique que les animaux les plus gras ont tendance à présenter les concentrations en stéroïde les plus élevées, ce qui est conforme à nos résultats antérieurs obtenus chez des Landrace Belge (BONNEAU, DESMOULIN & DUMONT, 1979), mais contraire à nos précédentes observations chez des porcs de type Large White (BONNEAU & DESMOULIN, 1980). Ces

résultats contradictoires obtenus chez des animaux de même race dans les mêmes conditions, restent difficiles à expliquer.

Les relations entre la teneur en androsténone des graisses et les performances zootechniques apparaissent ainsi assez peu claires. Lors d'un éventuel effort de sélection contre la teneur en androsténone des graisses, dont on sait qu'elle est héréditable (JONSSON & ANDRESEN, 1979 ; WILLEKE *et al.*, 1980), il conviendrait donc de tenir compte des répercussions éventuelles sur les performances de croissance ou de composition corporelle ou encore sur les performances de reproduction. En tout état de cause, ces liaisons, quand elles existent, sont peu étroites. On peut donc raisonnablement espérer pouvoir dissocier les deux phénomènes et ainsi sélectionner des animaux à faible teneur en androsténone sans conséquence défavorable sur les critères de productivité.

*Accepté pour publication en février 1982.*

### Summary

#### *Effect of age, live weight and growth rate on fat androstenone levels in young boars*

Thirty three young boars of the Large White breed, weighing 27 kg, were distributed into three groups. Boars in treatment 1 were fed according to a liberal scheme (from 1.5 kg feed per day at 30 kg live weight up to 3.2 kg per day above 95 kg). Boars in treatment 2 and 3 were more restricted (25 p. 100 restriction). Fat androstenone content was measured by radioimmunoassay for each boar at 3 stages : at 80, 95 and 105 kg live weight in treatment 1 and 2, at the same age as for treatment 1 in treatment 3. No significant difference was observed between treatments for fat androstenone level. In the present study, neither age nor live weight alone, had a significant influence on androstenone production and storage. Fat androstenone was not significantly related to growth performances, but was correlated ( $r_s = -0.59$  ;  $P < 0.05$ ) with loin/backfat ratio, a good indicator of muscle/fat ratio in carcasses.

### Références bibliographiques

- ANONYME, 1977. Growth rate, body size and onset of puberty. *Nutr. Rev.*, **35**, 302-303.
- ANDRESEN Ø., 1976. Concentration of fat and plasma 5  $\alpha$ -androstenone and plasma testosterone in boars selected for rate of body weight gain and thickness of back fat during growth, sexual maturation and after mating. *J. Reprod. Fertil.*, **48**, 51-59.
- ANDRESEN Ø., BAKKE H., 1975. 5  $\alpha$ -androstenone in fat from boars selected for rate of gain and thickness of back fat, and from boars used in artificial insemination service. *Acta vet. scand.*, **16**, 492-502.
- BARONOS S., MANN T., ROWSON L.E.A., SKINNER J.D., 1969. The effect of nutrition and androgens on the composition of bovine blood plasma and seminal plasma at puberty. *Br. J. Nutr.*, **23**, 191-201.
- BONNEAU M., 1982. Compounds responsible for boar taint with special emphasis on androstenone : a review. *Livest. Prod. Sci.* (à paraître).
- BONNEAU M., DESMOULIN B., 1980. Evolution de la teneur en androsténone du tissu adipeux dorsal chez le porc mâle entier de type Large White : variations selon les conditions d'élevage. *Reprod. Nutr. Dév.*, **20**, 1429-1437.

- BONNEAU M., DESMOULIN B., DUMONT B.L., 1979. Qualités organoleptiques des viandes de porcs mâles entiers ou castrés : composition des graisses et odeurs sexuelles chez les races hypermusclées. *Ann. Zootech.*, **28**, 53-72.
- CARLSTRÖM K., MALMFORS B., LUNDSTRÖM K., EDQVIST L.E., 1975. The effect of H.C.G. on blood plasma levels of 5  $\alpha$ -androst-16-ene-3-one and testosterone in the boar. *Swed. J. Agric. Res.*, **5**, 15-21.
- CLAUS R., 1974. Dosage radioimmunologique du 5 $\alpha$ -androst-16-ene-3-one, stéroïde responsable de l'odeur du verrat, dans le tissu adipeux des porcs. *C.R. Acad. Sci., D : Sci. nat.*, **278**, 299-302.
- CLAUS R., 1975. Messung des Ebergeruchstoffes im Fett von Schweinen mittels eines Radioimmunotests. 1-Mitteilung : Geruchsdepotbildung in Abhängigkeit vom Alter. *Z. Tierz. Zuchtungsbiol.*, **92**, 118-126.
- CLAUS R., 1979. Pheromone bei Säugetieren unter besonderer Berücksichtigung des Ebergeruchstoffes und seiner Beziehung zu anderen Hodensteroiden. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelkd.*, Beihefte 10.
- CLAUS R., ALSING W., 1976. Einfluss von Choriongonadotropin, Handlungsänderung und sexueller Stimulierung auf die Konzentrationen von Testosteron im Plasma sowie des Ebergeruchstoffes im Plasma und Fett eines Ebers. *Berliner Münchener Tierärztl. Wochenschr.*, **89**, 354-358.
- CLAUS R., GIMENEZ, 1977. Diurnal rhythm of 5  $\alpha$ -androst-16-en-3-one and testosterone in peripheral plasma of boars. *Acta endocrinol.*, **84**, 200-206.
- DAVIES D.V., MANN T., ROWSON L.E.A., 1957. Effect of nutrition on the onset of male sex hormone activity and sperm formation in monozygous bull calves. *Proc. r. Soc. London, Ser. B : biol. Sci.*, **147**, 332.
- DESMOULIN B., GRANDSART P., TASSENCOURT L., 1976. Les critères d'appréciation de la composition anatomique de la carcasse de porc et des pièces de découpe. Principes généraux et difficultés de classification. *Journées Rech. Porcine en France*, **8**, 89-98.
- DICKERSON J.W.T., GRESHAM G.A., MC CANCE R.A., 1964. The effect of undernutrition and rehabilitation on the development of the reproductive organs : pigs. *J. Endocrinol.*, **29**, 111-118.
- DUBOIS A., 1978. Influence de différents niveaux alimentaires pendant la croissance sur la maturité sexuelle et les performances de reproduction chez la truie nullipare. *Mémoire de fin d'études E.N.S.F.A.*, 23 pp.
- DUTT R.H., BARNHART C.E., 1959. Effect of plane of nutrition upon reproductive performance of boars. *J. anim. Sci.*, **18**, 3-13.
- EINARSSON S., HOLTMAN M., LARSSON K., SETTERGREN I., BANE A., 1979. The effect of two different feed levels on the development of the reproductive organs in boars. *Acta vet. scand.*, **20**, 1-9.
- ELSLEY F.W.H., LIVINGSTONE R.M., 1969. Effect of slaughter weight and feeding level on the incidence of boar taint. In D.N. Rhodes (Ed.), *Meat Production from Entire Male Animals*, Churchill, London, 273-283.
- FRISCH R.E., 1980. Pubertal adipose tissue : is it necessary for normal sexual maturation ? Evidence from the rat and human female. *Fed. Proc.*, **39**, 2395-2400.
- GLASS A.R., SWERDLOFF R.S., 1980. Nutritional influences on sexual maturation in the rat. *Fed. Proc.*, **39**, 2360-2364.
- HOWLAND B.E., 1975. The influence of feed restriction and subsequent re-feeding on gonadotrophin secretion and serum testosterone levels in male rats. *J. Reprod. Fertil.*, **44**, 429-436.
- JONSSON P., ANDRESEN Ø., 1979. Experience during two generations of within line boar performance testing, using 5 $\alpha$ -androst-16-en-3-one (5 $\alpha$ -androst-16-ene-3-one) and an olfactory judgement of boar taint. *Ann. Génét. Sél. anim.*, **11**, 241-250.
- KIM J.K., SUH G.S., SUL D.S., KIM U.B., LEE Y., 1976. Studies on sexual maturity and the optimum age for breeding in the boar 1-Spermatogenic function and the effects of nutritional level on sexual maturity : *Res. Rep. Off. rural Dev., Livest. Ser.*, **18**, 29-42.



- LEVASSEUR M.C., 1977. Thoughts on puberty. Initiation of the gonadotropic function. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **17**, 345-361.
- MALMFORS B., HANSSON I., 1974. Incidence of boar taint in Swedish Landrace and Yorkshire boars. *Livest. Prod. Sci.*, **1**, 411-420.
- MALMFORS B., LUNDSTRÖM K., HANSSON I., 1978. Interrelations between boar taint, 5 $\alpha$ -androstenone and fatty acid composition in pigs. *Swed. J. agric. Res.*, **8**, 161-169.
- NIWA T., 1954. Studies on spermatogenic function in swine I Relationship between body growth and spermatogenic function. *Bull. natl Inst. agric. Sci., Ser. G*, **8**, 17 (*Anim. Breed Abstr.*, **23**, 403).
- ROBB J.D., PATTON J., WHEATHERUP S.T.C., 1975. The effects of breed, age and carcass weight on the occurrence of abnormal odour in boar carcass fat. *Proc. 21st Eur. Meet. Meat Res. Work.*, Berne, 138-139.
- ROBERTSON G.L., CASIDA L.E., GRUMMER R.H., CHAPMAN A.B., 1951. Some feeding and management factors affecting age at puberty and related phenomena in Chester White and Poland China. *J. anim. Sci.*, **10**, 841-866.
- SLOB A.K., VREEBORG J.T.M., VAN DER WERFF TEN BOSCH J.J., 1979. Body growth, puberty and undernutrition in the male guinea-pig. *Br. J. Nutr.*, **41**, 231-237.
- TALBERT G.B., HAMILTON J.B., 1955. The effect of reduced rate of growth on maturation of the male reproductive system of the albino rat. *Anat. Rec.*, **121**, 763-773.
- UZU G., BONNEAU M., 1980. Relations entre la production spermatique et la teneur en androsténone dans les graisses du jeune verrat. *Ann. Zootech.*, **29**, 23-30.
- WALSTRA P., 1974. Fattening of young boars : quantification of negative and positive aspects. *Livest. Prod. Sci.*, **1**, 187-196.
- WALKER N., 1980. The effects of controlled growth rate on the performance of boars and on the odour of subcutaneous fat at 85 and 122 kg live-weight. *Livest. Prod. Sci.*, **7**, 163-173.
- WIDDOWSON E.M., MAVOR W.O., MC CANCE R.A., 1964. The effect of undernutrition and rehabilitation on the development of the reproductive organs : rats. *J. Endocrinol.*, **29**, 119-126.
- WILLEKE H., CLAUS R., PIRCHNER F., ALSING W., 1980. A selection experiment against 5 $\alpha$ -androst-16-en-3-one, the boar taint steroid, in adipose tissue of boars. *Z. Tierz. Zuchtungsbiol.*, **97**, 86-94.