



Reduceret fosfortildeling til slagtesvin Effekt på produktion og fosforudnyttelse

*Reduced dietary phosphorus for growing
and finishing pigs*

Effects on performance, retention and excretion

*Hanne Damgaard Poulsen
Afd. for Forsøg med Svin og Heste*

STATENS HUSDYRBRUGSFORSØG

Forskningscenter Foulum, Postboks 39, 8830 Tjele
Tlf. 89 99 19 00. Fax 89 99 19 19

Forskningscenter Bygholm, Postboks 536, 8700 Horsens
Tlf. 75 60 22 11. Fax 75 62 48 80

Statens Husdyrbrugsforsøg har til formål at gennemføre forskning samt indsamle og opbygge viden af betydning for erhvervsmæssigt husdyrbrug og jordbrugsteknik i Danmark. I forskningen skal der lægges vægt på ressourceudnyttelse, dyrevelfærd, internt og eksternt miljø, produkternes kvalitet og konkurrenceevne samt en hurtig og sikker formidling af resultaterne til brugerne.

Institutionen er opdelt i fem forskningsafdelinger samt et Centrallaboratorium, en Afdeling for Landbrugsdrift og et Sekretariat. Forskningsafdelingerne omfatter tre dyreartsorienterede afdelinger: Afd. for Forsøg med Kvæg og Får, Afd. for Forsøg med Svin og Afd. for Mindre Husdyr samt to tværdisciplinære afdelinger: Afd. for Dyrefysiologi og Biokemi samt Afd. for Jordbrugsteknik.

Husdyrforskningen finder fortrinsvis sted på Forskningscenter Foulum, mens den jordbrugstekniske forskning udføres på Forskningscenter Bygholm. Herudover har institutionen adgang til en række privat-/organisationsejede forsøgsstationer m.m.

Forskningsresultaterne publiceres i internationale videnskabelige tidsskrifter samt i publikationer udgivet af Statens Husdyrbrugsforsøg. Abonnement på Årsrapporter, Forskningsrapporter, Beretninger og Informationsblad kan tegnes ved direkte henvendelse til ovenstående adresse.

NATIONAL INSTITUTE OF ANIMAL SCIENCE

Research Centre Foulum, P.O. Box 39, DK-8830 Tjele
Tel. +45 89 99 19 00. Fax +45 89 99 19 19

Research Centre Bygholm, P.O. Box 536, DK-8700 Horsens
Tel. +45 75 60 22 11. Fax +45 75 62 48 80

The aim of the National Institute of Animal Science is to carry out research and accumulate knowledge of importance to animal husbandry and agricultural engineering. In the research great importance is attached to the utilization of resources, environment, animal welfare and to the quality and competitiveness of the agricultural products and a rapid and efficient dissemination of the results to the users.

The institute comprises five research departments: Dept. for Research in Cattle and Sheep, Dept. for Research in Pigs, Dept. for Small Farm Animals, Dept. for Animal Physiology and Biochemistry, and Dept. for Agricultural Engineering. Service departments include a Central Laboratory, a Department for Farm Management and Services, and a Secretariat.

The technical research takes place at Research Centre Bygholm. The research departments for animal sciences together with management and service departments are located at Research Centre Foulum.

Research results are published in international scientific journals and in publications from the National Institute of Animal Science. For subscription to reports and other publications please contact the above address directly.

Forskningsrapport nr. 28
fra Statens Husdyrbrugsforsøg

Report No. 28
from the National Institute of Animal Science, Denmark

Reduceret fosfortildeling til slagtesvin
Effekt på produktion og fosforudnyttelse

Reduced dietary phosphorus for growing and finishing pigs
Effects on performance, retention and excretion

With English summary and subtitles

Hanne Damgaard Poulsen

Afd. for Forsøg med Svin og Heste

Forskningscenter Foulum 1994

Manuskriptet afleveret december 1994

Trykt i Frederiksberg Bogtrykkeri a.s 1994

Indholdsfortegnelse

Sammendrag	5
Summary	6
1 Indledning	7
2 Materiale og metoder	8
2.1 Produktionsforsøg	8
2.1.1 Forsøgsdyr og forsøgsdesign	8
2.1.2 Foder	8
2.1.3 Registreringer og kemiske analyser	8
2.1.4 Statistiske metoder	8
2.2 Balanceforsøg	9
2.2.1 Forsøgsdyr og foder	9
2.2.2 Registreringer og kemiske analyser	9
2.2.3 Statistiske metoder	10
3 Resultater	11
3.1 Produktionsforsøg	11
3.1.1 Foderblandingernes kemiske sammensætning	11
3.1.2 Produktionsresultater og slagte kvalitet	11
3.1.3 Benstyrke	13
3.2 Balanceforsøg	15
3.2.1 Foderblandingernes kemiske sammensætning	15
3.2.2 Fosforbalancer	15
3.2.3 Calciumbalancer	17
4 Diskussion	19
4.1 Fosfor- og calciumbalancer	19
4.2 Produktionsresultater	21
4.3 Benstyrke	22
4.4 Sammenfatning af produktions- og balanceresultater	22
4.5 Fosforbesparelse	22
5 Konklusion	25
6 Anerkendelser	26
7 Referencer	27

Contents

Danish summary	5
English summary	6
1 Introduction	7
2 Materials and Methods	8
2.1 Performance study	8
2.1.1 Animals and experimental design	8
2.1.2 Diets	8
2.1.3 Registrations and chemical analyses	8
2.1.4 Statistical methods	8
2.2 Balance study	9
2.2.1 Animals and diets	9
2.2.2 Registrations and chemical analyses	9
2.2.3 Statistical methods	10
3 Results	11
3.1 Performance study	11
3.1.1 Chemical composition of the diets	11
3.1.2 Production results	11
3.1.3 Leg position and locomotion	13
3.2 Balance study	15
3.2.1 Chemical composition of the diets	15
3.2.2 Phosphorus balances	15
3.2.3 Calcium balances	17
4 Discussion	19
4.1 Phosphorus and calcium balances	19
4.2 Production results	21
4.3 Leg health	22
4.4 Concluding remarks	22
4.5 Reduction in phosphorus excretion	22
5 Conclusion	25
6 Acknowledgements	26
7 References	27

Sammendrag

Det gennemførte projekt havde til formål at belyse effekten af at reducere fosforindholdet i foder til ung- og slagtesvin på deres produktion, fosforomsætning og -udnyttelse. I forsøget anvendtes en byg-, hvede- og sojaskråblanding, hvortil der sættes forskellige mængder af uorganisk fosfat, således at kontrolholdet blev fodret efter den nugældende norm (6,5 og 5,0 g fosfor/FEs). To forsøgshold fik reduceret, mens et tredje forsøgshold ikke fik tilskud af uorganisk fosfat. Foderet var ikke varmebehandlet og blev udfodret som mel. Projektet omfattede et produktionsforsøg, hvor effekten på tilvækst, foderoptagelse og -udnyttelse samt benstilling og bevægelse blev undersøgt. Heri indgik i alt 17 kuld á 8 grise (4 so- og 4 hangrise) ved en vægt på 25 kg. Derudover gennemførtes to balancer (ved 45 og ved 65 kg kropsvægt), hvori fosforomsætning og -udnyttelse blev bestemt ved anvendelse af 8 kuld á 4 sogrise.

Resultaterne viste, at foderets naturlige fosforindhold (1,6 og 1,5 g fordøjeligt fosfor/FEs) ikke var tilstrækkeligt til at opretholde samme produktion som kontrolholdet. Forsøget viste derimod, at 2,2 g fordøjeligt fosfor/FEs var tilstrækkeligt til ungsvin, og at 2,0 måske var lidt i underkanten af slagtesvinenes minimumsbehov til vækst. Grisenens benstilling og bevægelse var derimod ikke påvirket af fosfordoseringen.

Projektet viste endvidere, at det var muligt at

forbedre svins fosforudnyttelse og dermed reducere udledningen af fosfor. Ved at mindske tilsætningen af uorganisk fosfat i ungsvineperioden (25-50 kg) kunne udnyttelsesgraden øges fra omkring 30 til i hvert fald 43%, uden at produktionen faldt. Dette indebar, at fosforudledningen med gødning og urin kunne reduceres med omkring 40%. Selv om fosfors udnyttelsesgrad i forsøget var markant højere i slagtesvine- end i ungsvineperioden, kunne fosforudledningen også her reduceres. Set i relation til den nuværende norm kunne der i slagtesvineperioden spares op til 34% uden at påvirke produktionen. Der er således dokumenteret et potentiale for at reducere fosforudledningen fra slagtesvineproduktionen. Ligeledes afslørede forsøget, at omkring 50% af det naturligt forekommende fosfor blev fordøjet, hvilket samtidig viser, at der er muligheder for yderligere besparelse i udledningen af fosfor, hvis den ufordøjede del kunne gøres helt eller delvist tilgængelig for grisen f.eks. ved anvendelse af enzymet fytase.

Der fandtes i forsøget ikke helt overensstemmelse mellem det beregnede (v.h.a. de hollandske tabelværdier over fosfors fordøjelighed i foderstoffer og fosfater) og det eksperimentelt bestemte indhold af fordøjeligt fosfor i foderblandingerne. Især ved de lave fosfordoseringer fandtes der væsentligt mere fordøjeligt fosfor end forudberegnet (op til omkring 45%).

Nøgleord: Fosfor, aflejringer, udskillelse, udnyttelse, fordøjelighed, ungsvin, slagtesvin, balanceforsøg, produktionsforsøg

Summary

The aim of the study was to estimate the effect of reduced dietary phosphorus content on the performance and phosphorus retention and excretion in growing and finishing pigs. The diet was based on barley, wheat, and soybean meal. To this diet was added different levels of inorganic phosphorus. The control pigs were fed phosphorus according to Danish standards (6.5 and 5.0 g phosphorus/FUp, before and after 50 kg body weight, respectively), two treatment groups were fed reduced levels and one group no supplemental phosphorus. The diets were not heat treated and were meal fed. The study comprised an experiment with 17 litters each consisting of 4 females and 4 entire males from 25 kg body weight. In this experiment the effects of reduced phosphorus supplementation on performance and leg position and locomotion were estimated. Furthermore, a balance study with 8 litters of 4 female pigs was carried out to estimate the phosphorus digestibility and utilization at 45 and 65 kg body weight.

The results showed that the intrinsic phosphorus content (1.6 and 1.5 g digestible phosphorus/FUp) was not enough to support the same level of performance as found among the control pigs. However, the study showed that 2.2 g digestible phosphorus/FUp was sufficient to young growing pigs and that 2.0 might be at a minimum to

finishing pigs. Nevertheless, leg position and locomotion of the pigs were not affected by treatment.

Furthermore, the study showed that the phosphorus utilization could be increased. In growing pigs the utilization could be increased from 30 to at least 43% without decreased performance. Consequently, the urinary and faecal excretion of phosphorus could be reduced by about 40%. Although, the utilization of phosphorus in the present study was higher in finishing than in growing pigs, it still seems possible to reduce the excretion of phosphorus in finishing pigs, as well. This study demonstrates that about 50% of the intrinsic phosphorus content was indigestible to pigs, and as such there is a further potential to reduce the phosphorus excretion if this fraction could be made available by use of f.ex. phytase.

The balance study revealed a discrepancy between the calculated content of digestible phosphorus in the diets (using the Dutch values for content of digestible phosphorus in feedstuffs) and the experimentally estimated content. In the experiment a higher content was found (up till about 45%). Especially in diets with a low content of phosphorus, the content of digestible phosphorus based on table values was underestimated.

Keywords: phosphorus, retention, excretion, utilization, digestibility, growing pigs, finishing pigs, performance

1 Indledning

Den nugældende danske norm for fosfor (P) er angivet som g total P/FEs og er 6,5 og 5,0 for ungsvin henholdsvis slagtesvin. Disse niveauer svarer omtrent til ARC, 1981: 6,3 og 5,4 g/kg men er væsentlig højere end NRC, 1988: 5,0 og 4,0 g/kg. Gennem de senere år har grises fosforforsyning været genstand for megen forskningsaktivitet. Der er således gennemført studier af slagtesvins fosforbehov udtrykt i fordøjeligt fosfor (Jongbloed, 1987; Cromwell, 1989; Beers et al., 1991; De Wilde & Jourquin, 1992; Jongbloed & Everts, 1992; Ketaren et al., 1993a), af fosfortilgængeligheden i forskellige foderstoffer og -blandinger (Grimbergen et al., 1985; Pointillart et al., 1987, 1989; Jongbloed, 1987; Oksbjerg, 1988; Jongbloed & Kemme, 1990; Ketaren et al., 1993b), og hvordan fosforfordøjeligheden kan påvirkes (Simons et al., 1990; Jongbloed & Kemme, 1990ab; Pallauf et al., 1992; Jongbloed et al., 1992; Sandberg et al., 1993; Mroz et al., 1994).

Hovedparten af det fosfor, der findes i kroppen, er aflejret i knoglerne (omkring 75%), og resten findes bl.a. i fosfolipider og energirige forbindelser. Denne fordeling afspejler også fosfors betydning for bevægeapparatet og for stofomsætning og vækst. Absorptionen af fosfor sker i tyndtarmen og primært i den forreste del af denne (Breves & Schröder, 1992 (review)), selv om der ved fosforrigt foder (0,75% P) er påvist absorption af fosfor i tyktarmen (Hartog et al., 1985). Reguleringen af fosforligevægten (homeostasen) i kroppen sker hovedsageligt gennem regulering af

ekskretionen med urin og gennem regulering af absorptionen. Denne øges, hvis foderets fosforindhold er mindre end grisenes behov, hvorimod et eventuelt fosforoverskud udskilles med urinen (Breves & Schröder, 1992). Fosforreguleringen er tæt forbundet med reguleringen af calcium (Ca), hvilket understreger den strukturelle rolle disse to mineraler spiller.

Samspeilet mellem calcium og fosfor har været genstand for mange undersøgelser. Senest er det fremført, at opnåelse af den bedste calcium- og fosforforsyning til hurtigt voksende grise ikke er et spørgsmål om forøget mineralindtagelse, men snarere et spørgsmål om at finde et indtagelsesniveau, som er tilstrækkeligt til knoglevækst og -gendannelse (Fernández, 1992), d.v.s. at et for højt indtag måske gør mere skade end gavn. Der savnes dog eksakte kriterier for optimal knoglevækst og -udvikling, så hidtil har der ved vurderingen kun været anvendt indirekte mål som knoglestyrke og askeindhold (Cromwell et al., 1972; Doige et al., 1975; Crenshaw et al., 1981; Calabotta et al., 1982a; Brennan & Aherne, 1986; Cera & Mahan, 1988) samt karakterisering af benstilling og bevægelse (Calabotta et al., 1982b; Kornegay et al., 1983; Jørgensen, 1987).

Det gennemførte forsøg havde til formål at belyse effekten af at reducere svins fosfortildeling på deres produktion, fosforaflejring og -udnyttelse samt på benstilling og bevægelse. Kontrolgrisene fik tildelt fosfor efter normen, og forsøgsholdene fik reduceret eller helt fjernet tilskuddet af uorganisk fosfor.

2 Materiale og metoder

Til belysning af ovennævnte problemstilling blev gennemført et produktionsforsøg med voksende svin samt et balanceforsøg, hvor fosfor omsætningen og -udnyttelsen blev bestemt ved en kropsvægt på 35 henholdsvis 65 kg.

2.1 Produktionsforsøg

2.1.1 Forsøgsdyr og forsøgsdesign

I forsøget indgik 17 kuld á 8 grise (4 so- og 4 ukastrerede hangrise) med en vægt på 25 kg. Grisene fordeltes kønsvis tilfældigt på 4 hold, som adskilte sig ved at få foder med forskelligt indhold af fosfor. Foderet sammensattes ud fra tabelværdier, således at kontrolgrisene blev fodret efter den nugældende norm for fosfor, 6,5 g/FEs før 50 kg og 5,0 g/FEs efter 50 kg. De tre øvrige grupper fik reduceret tildelingen af uorganisk foderfosfat, som det fremgår af tabel 1. Grisene blev opstaldet individuelt i hele forsøgsperioden frem til slagtning.

Tabel 1 Forsøgsdesign. Planlagt fosfortildeling
Experimental design. Phosphorus supply

Hold	1	2	3	4
Fosfor-tildeling/ <i>phosphorus</i>	Norm/ <i>normal</i>		Reduceret/ <i>reduced</i>	
Fosfor, g/FEs/ <i>phosphorus, g/FEs:</i>				
25-50 kg	6,5	5,1	5,1	3,7
50-100 kg	5,0	4,3	3,6	3,6
Reduktion i uorg. P/ <i>reduction inorg. P:</i>				
25-50 kg	0	50%	50%	100%
50-100 kg	0	50%	100%	100%

2.1.2 Foder

Der blev i forsøgsperioden anvendt 2 grundfoderblandinger, idet der blev skiftet ved en vægt på 50 kg. Foderblandingernes sammensætning er vist i tabel 2. Hold 4 fik tildelt foder uden tilsætning af ekstra fosfor i form af foderfosfat, og foderets naturlige indhold af fosfor blev ud fra tabelværdier

beregnet til 3,7 og 3,6 g/FEs for vægtintervallet 25-50 kg henholdsvis 50-100 kg. Hertil blev der for de andre hold tilsat forskellige mængder af uorganisk fosfor i form af dicalciumfosfat (dihydrat, 18% P (Kemira)) som angivet i tabel 1.

Alle foderblandinger blev således sammensat i overensstemmelse med gældende danske normer for alle næringsstoffer på nær fosfor, som varierede mellem hold. Grisene blev i hele forsøgsperioden fodret efter ædelyst og havde fri adgang til drikkevand. Foderet blev givet som mel (ingen varmebehandling).

2.1.3 Registreringer og kemiske analyser

I løbet af vækstperioden blev grisenes vægt og foderoptagelse registreret ugentligt. Efter slagtning blev slagtekvaliteten bedømt. Endvidere blev samtlige grisenes benstyrke bedømt umiddelbart før slagtning efter proceduren, som er beskrevet af Jørgensen, 1987. Grisenes fordeling på forsøgsbehandling var ikke kendt for bedømmeren. Ialt 15 bensvaghedsegenskaber blev bedømt på en skala fra 1-4, og ud fra disse blev der dannet summer for henholdsvis benstillings- og bevægelsesproblemer. Disse summer blev anvendt ved analysen af behandlingseffekten.

Foderet blev analyseret for indhold af tørstof, aske, kvælstof, fedt, træstof, calcium og fosfor.

2.1.4 Statistiske metoder

Den statistiske analyse blev gennemført ved hjælp af standardprogrammer (SAS, 1989), og resultaterne blev analyseret efter følgende model:

$$Y = \mu + L + t + s + t*s + e,$$

hvor Y = den undersøgte egenskab

μ = mindste kvadraters gennemsnit

L = effekt af kuld

t = effekt af fosfor

s = effekt af køn

t*s = effekt af vekselvirkningen mellem fosfor og køn

e = tilfældig restvariation, som antages at være $N(0, \sigma^2)$

Resultaterne er angivet som mindste kvadraters gennemsnit.

Tabel 2 Foderets procentvise sammensætning (25-100 kg)*Composition of diets, per cent (25-100 kg)*

Hold/treatment	25 - 50 kg			50 - 100 kg		
	1	2 + 3	4	1	2	3+4
Byg/barley	50,3	50,5	50,8	56,0	56,2	56,3
Hvede/wheat	20,0	20,0	20,0	20,4	20,4	20,4
Sojaskrå/soybean meal	24,0	24,0	24,0	18,0	18,0	18,0
Anim. fedt/anim. fat	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Melasse/molasses	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Kridt/calcium carbonate	0,1	0,75	1,3	0,70	1,0	1,3
Dicalcium fosfat/dicalcium phosphate	1,7	0,85	-	0,90	0,45	-
Salt/sodium chloride	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Lysin, 40%/lysine 40%	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4
Vit/min. blanding/ vit/min. mixture	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
<u>Beregnet indhold/calculated content:</u>						
FEs/kg/FUP/kg	1,05	1,06	1,06	1,05	1,05	1,05
<u>Pr. FEs/per FUP:</u>						
g ford. protein/g digest. protein	146	146	145	131	131	131
g fosfor/g phosphorus	6,5	5,1	3,7	5,0	4,3	3,6
g calcium/g calcium	5,9	6,1	6,0	6,0	5,9	5,9

2.2 Balanceforsøg

2.2.1 Forsøgsdyr og foder

Forsøget omfattede 8 kuld á 4 sgrise, som blev fordelt på de 4 hold. Der blev på alle grisene gennemført to balancer, ved henholdsvis 45 og 65 kg. Forud for den første balanceperiode blev grisene indsat i opsamlingsbure, hvor tilvænningsperioden havde en varighed på 5 dage. Derefter blev isat urinkatetre, hvorved separat opsamling af gødning og urin blev muliggjort. Selve opsamlingsperioden varede 7 dage. Mængden af gødning og urin blev bestemt, og der blev udtaget repræsentative prøver til kemisk analyse.

I perioden mellem de to opsamlingsperioder forblev grisene på de respektive forsøgsbehandlinger, idet disse grise også skiftede foderblandinger ved 50 kg, som angivet i tabel 2.

Anden balanceperiode blev gennemført på samme måde som den første. Til balanceforsøgene blev der ligeledes anvendt melfoder (ingen varmebehandling).

2.2.2 Registreringer og kemiske analyser

Grisenes vægt ved start og slutning af opsamlingsperioden blev registreret. Foder og gødning blev analyseret for indhold af tørstof, aske, kvælstof, fedt, træstof, energi, calcium og fosfor. Urin blev analyseret for indhold af kvælstof, fosfor og calcium. Endvidere blev indholdet af fytinsyrebundet fosfor og aktiviteten af fytase bestemt i foderblandingerne.

På basis af disse analyser fra balanceforsøget blev energikoncentrationen i foderet bestemt (FEs/kg), ligesom der for fosfor og calcium blev

bestemt en række specifikke egenskaber (den daglige aflejring, udskillelse og nettoabsorption (aflejring + udskillelse med urin) samt fordøjelighed (nettoabsorption/fortæring) og udnyttelse (aflejring/fortæring)).

2.2.3 Statistiske metoder

Den statistiske analyse blev gennemført ved hjælp af standardprogrammer (SAS, 1989), og resultaterne blev særskilt for de to balanceperioder analyseret efter følgende model:

$$Y = \mu + L + t + e,$$

hvor Y = den undersøgte egenskab

μ = mindste kvadraters gennemsnit

L = effekt af kuld

t = effekt af fosfor

e = tilfældig restvariation, som antages at være $N(0, \sigma^2)$

Resultaterne er angivet som mindste kvadraters gennemsnit.

3 Resultater

3.1 Produktionsforsøg

3.1.1 Foderblandingerne kemiske sammensætning
Foderblandingerne kemiske sammensætning er vist i tabel 3. Det fremgår, at sammensætningen i blandingerne, der blev anvendt i perioderne 25-50

henholdsvis 50-100 kg stort set var ens for de 4 hold. Endvidere fremgår det, at fosforindholdet i foderet som planlagt faldt, medens calciumindholdet var konstant og lå på 6,1-6,4 og 6,0-6,2 g/kg foder for de to vækstperioder.

Tabel 3 Foderblandingerne kemiske sammensætning, 25-100 kg
Chemical composition of diets, 25-100 kg

Hold/treatment	25 - 50 kg			50 - 100 kg		
	1	2+3	4	1	2	3+4
Tørstof/dry matter	87,9	88,0	87,9	88,0	88,1	88,3
<i>% af tørstof/per cent of dry matter:</i>						
Råprotein/ crude protein	22,8	22,0	22,2	20,1	20,1	20,2
Fedt/fat	5,2	5,9	5,4	5,4	5,6	5,8
Træstof/crude fibre	4,4	4,4	4,5	4,3	4,4	4,4
Aske/ash	5,5	5,2	5,2	5,0	4,9	4,7
Fosfor/phosphorus	0,77	0,55	0,42	0,57	0,49	0,38
Calcium/calcium	0,69	0,70	0,73	0,70	0,69	0,67

Ved inddragelse af resultaterne fra balanceforsøget (tabel 11) blev energikoncentrationen samt det aktuelle indhold af fosfor (g/FEs) beregnet og angivet i tabel 4. Det fremgår, at fosforindholdet i foderet for begge perioder var lidt lavere end planlagt (tabel 1), hvilket skyldes, at det aktuelle fosforindhold i byg, hvede og sojaskrå var lavere, end tabelværdierne foreskrev. Desuden viste den eksperimentelt bestemte energikoncentration sig at være lidt større end beregnet.

3.1.2 Produktionsresultater og slagte kvalitet
Sundhedstilstanden blandt grisene var generelt god.

Således var der i løbet af forsøgsperioden ingen grise, der døde og ingen grise, der blev udsat. Ved forsøgets start blev én gris fejlagtigt placeret på hold 2 i stedet for på hold 1, hvorfor der ialt var 33 henholdsvis 35 grise på hold 1 og 2.

Der blev ved den statistiske analyse ikke fundet vekselvirkning mellem køn og forsøgsbehandling, men derimod hovedeffekter af køn og fosfortildeling. Derfor er resultaterne af forsøgsbehandlingen vist særskilt i tabel 5 og af køn i tabel 6. På grund af et stort foderspild blev 2 grise (begge på hold 4) ikke medtaget ved opgørelsen over foderforbrug og -optagelse.

**Tabel 4 Forsøgsmæssig bestemt fosfortildeling.
Beregnet fra tabel 3 og 11**
*Estimated phosphorus supply. Calculated
from tables 3 and 11*

Hold	1	2	3	4
Fosfor- tildeling/ phosphorus	Norm/ normal		Reduced/ reduced	
Fosfor, g/FEs/ phosphorus, g/FEs:				
25-50 kg	6,3	4,4	4,4	3,3
50-100 kg	4,5	3,9	3,0	3,0
Energi, FEs/kg foder/ energy, FUp/kg diet:				
25-50 kg	1,09	1,11	1,11	1,13
50-100 kg	1,13	1,12	1,14	1,14

Af tabel 5 fremgår, at i perioden 25-50 kg havde grisene på hold 4 en signifikant lavere tilvækst og et højere foderforbrug. Derimod var foderoptagelsen upåvirket af fosfortildelingen. I perioden 50-

100 kg havde grisene på hold 4 stadigvæk en væsentlig lavere tilvækst end hold 1 og 2, hvorimod forskellen mellem holdene 3 og 4 ikke var signifikant. I samme vægtinterval var foderoptagelsen endvidere faldende med faldende fosforindhold i foderet. Derimod var foderforbruget ikke signifikant forskellig mellem holdene.

Opgjort over hele perioden, 25-100 kg, var foderoptagelsen upåvirket af forsøgsbehandlingen. Derimod var tilvækst og foderforbrug signifikant afvigende for hold 4 sammenlignet med de øvrige hold. Således var der ikke signifikant forskel mellem holdene 1, 2 og 3, hvorimod tilvæksten var nedsat og foderforbruget forøget hos hold 4. Dette resulterede for hold 4 i et samlet forøget antal foderdage og foderforbrug. Slagtevægt, slagtesvind og kødindhold var derimod ikke påvirket af forsøgsbehandlingen.

Af tabel 6 fremgår, at hangrisene havde en højere tilvækst og et lavere foderforbrug med deraf følgende reduktion i antallet af foderdage sammenlignet med sogrise. Derimod var indholdet af kød i slagtekroppen ikke forskellig for so- og hangrise.

Tabel 5 Tilvækst, foderforbrug og slagte kvalitet. Effekt af fosfortildeling
Performance. Effects of dietary phosphorus

Hold/treatment	1	2	3	4	
Antal grise/number of pigs	33	35	34	32	
Start vægt, kg/initial weight, kg	26,4	26,4	26,3	26,1	
Slut vægt, kg/final weight, kg	102,5	102,0	101,3	100,2	
<u>25-50 kg:</u>					
<u>Pr. dag/per day:</u>					
Foderoptagelse, FEs/feed intake, FUp	2,06	2,07	2,10	2,16	NS
Tilvækst, g/gain/g	886 ^b	887 ^b	910 ^b	798 ^a	***
FEs/kg tilvækst/FUp/kg gain	2,37 ^b	2,35 ^b	2,31 ^b	2,72 ^a	***
<u>50-100 kg:</u>					
<u>Pr. dag/per day:</u>					
Foderoptagelse, FEs/feed intake, FUp	3,14 ^b	3,04 ^{ab}	2,99 ^{ab}	2,90 ^a	*
Tilvækst, g/gain, g	1063 ^b	1028 ^b	983 ^a	949 ^a	***
FEs/kg tilvækst/FUp/kg gain	2,97	2,99	3,09	3,10	NS
<u>25-100 kg:</u>					
<u>Pr. dag/per day:</u>					
Foderoptagelse/FEs ¹⁾ /feed intake, FUp	2,70	2,67	2,69	2,63	NS
Tilvækst, g ¹⁾ /gain, g	985 ^b	971 ^b	957 ^b	898 ^a	***
FEs/kg tilvækst ¹⁾ /FUp kg gain	2,75 ^b	2,77 ^b	2,83 ^b	2,96 ^a	**
FEs ialt ¹⁾ /FUp totally	207 ^b	208 ^b	213 ^b	222 ^a	**
Foderdage ialt ¹⁾ /days on trial	77 ^b	78 ^b	79 ^b	85 ^a	***
Varm slagtevægt, kg/carcass, warm, kg	77,8	77,8	77,2	76,4	NS
Slagtesvind, %/ dressing waste, %	24,6	24,3	24,2	23,6	NS
Kød, % ²⁾ /meat, %	58,3	58,4	58,0	58,3	NS

1) Korrigeret til gennemsnitlig varm slagtevægt og slagtesvind/Corrected to same warm weight of carcass and dressing waste

2) Korrigeret til gennemsnitlig varm slagtevægt/Corrected to same warm weight of carcass

3.1.3 Benstyrke

Ved den statistiske analyse blev der ikke fundet vekselvirkning mellem fosfortildeling og køn. Derfor er resultaterne vedrørende slagtesvinenes

bevægelse og benstilling umiddelbart før slagtning vist i tabellerne 7 (effekt af fosfortildeling) og 8 (effekt af køn).

Tabel 6 Tilvækst, foderforbrug og slagte kvalitet. Effekt af køn
Performance. Effects of sex

Køn/Sex	Sogrise/Sows	Hangrise/Entire males	
Antal grise/number of pigs	66	68	
<u>Pr. dag/daily:</u>			
Foderoptagelse, FEs ¹⁾ / feed intake, FUp	2,68	2,68	NS
Tilvækst, g ¹⁾ /gain, g	918	988	***
FEs/kg tilvækst ¹⁾ /FUp/kg gain	2,93	2,72	***
Foderdage ¹⁾ /days	83	77	***
Varm slagtevægt, kg/ carcass, warm, kg	77,7	76,9	NS
Slagtesvind, %/dressing waste, %	23,1	25,2	***
Kød % ²⁾ /meat %	58,4	58,1	NS

1) Korrigeret til gennemsnitlig varm slagtevægt og slagtesvind/Corrected to same warm weight of carcass and dressing waste

2) Korrigeret til gennemsnitlig varm slagtevægt/Corrected to same warm weight of carcass

Tabel 7 Benstilling og bevægelse^{*)}. Effekt af fosfortildeling
Leg position and locomotion^{)}. Effect of phosphorus*

Hold/ treatment	1	2	3	4	
Benstilling/ leg position	16,0	15,4	16,4	16,0	NS
Bevægelse/ locomotion	6,5	6,6	6,7	7,4	NS

^{*)} 15 bensvaghedsegenskaber blev bedømt på en skala fra 1-4. Herudfra blev dannet summer for benstilling og bevægelse (Jørgensen, 1987)

^{*)} 15 leg weakness traits were visually scored in an index of 1 to 4 and summed in indexes of leg position and locomotion (Jørgensen, 1987)

Tabel 8 Benstilling og bevægelse^{*)}. Effekt af køn
Leg position and locomotion^{)}. Effects of sex*

Køn/ Sex	Sogrise/ Sows	Hangrise/ Entire males	
Benstilling leg position	15,8	16,1	NS
Bevægelse/ locomotion	6,2	7,4	***

^{*)} 15 bensvaghedsegenskaber blev bedømt på en skala fra 1-4. Herudfra blev dannet summer for benstilling og bevægelse (Jørgensen, 1987)

^{*)} 15 leg weakness traits were visually scored in an index of 1 to 4 and summed in indexes of leg position and locomotion (Jørgensen, 1987)

Af tabel 7 fremgår, at fosfortildelingen ikke havde indflydelse på grisenes benstilling, ligesom effekten på grisenes bevægelse ikke var signifikant. Dog havde grisene på hold 4 det højeste point, hvilket antyder, at de havde en lidt dårligere bevægelse. Forskellen var dog ikke signifikant. Af tabel 8 fremgår, at so- og hangrise ikke var forskellige, hvad angår benstilling, hvorimod hangrisene generelt havde en signifikant dårligere bevægelse end sogrisene.

Otte af grisene fik i løbet af forsøget anmærk-

ninger vedrørende bevægeapparatet, og af tabel 9 fremgår, at blandt disse 8 grise stammede de 6 fra 2 kuld. Dette antyder stærkt, at der er genetiske aspekter involveret i problemer i bevægeapparatet. I den statistiske opgørelse fandtes der således også signifikant kuldeffekt på både benstilling og bevægelse. Grisene, der fik bemærkninger, fordelte sig nogenlunde ligeligt på de 4 hold. Én af grisene - en sogris fra hold 4 - fik ved slagtning anmærkning om gammelt knoglebrud (ribben), ellers blev der i forsøget ikke noteret problemer med knoglebrud.

Tabel 9 Grise med bemærkninger vedr. benproblemer

Individual remarks concerning leg weakness

Gris/ Pig	Kuld/ Litter	Hold/ Treatment	Køn/ Sex	Bemærkning/ Remark
1	2	1	hangris	Går dårligt
2	2	3	sogris	Dårligt bagben
3	2	4	sogris	Dårligt bagben
4	4	1	hangris	Dårligt bagben
5	4	2	hangris	Dårligt bagben
6	4	3	hangris	Dårligt bagben
7	6	4	sogris	Gl. knoglebrud (ribben) ved slagtning
8	11	3	hangris	Dårligt bagben

3.2 Balanceforsøg

3.2.1 Foderblandingerne kemiske sammensætning

Den kemiske sammensætning af foderblandingerne, der blev anvendt ved balancerne ved 45 og 65 kg, er vist i tabel 10, hvoraf det fremgår, at fosforindholdet var i rimelig overensstemmelse med de anvendte niveauer i produktionsforsøget.

Af tabellen fremgår endvidere, at det estimerede indhold af fytinsyrebundet fosfor og fytaseaktivitet var ens for alle blandingerne. Dette var også planlagt, idet grundfodersammensætningen var ens for alle holdene. Indholdet var endvidere stort set ens for de to sæt af foderblandinger.

3.2.2 Fosforbalancer

I tabel 11 er anført resultaterne vedrørende fosfors absorption og aflejring ved 45 henholdsvis 65 kg kropsvægt.

Af tabellen fremgår, at med faldende fosfortildeling faldt også den mængde, der udskiltes med gødningen, hvorved den samlede udskilte mængde

ikke aflejret fosfor faldt fra 6,2 til 2,6 og fra 5,5 til 3,3 g fosfor pr. gris pr. dag for de to balanceperioder. Dette svarer til en nedsættelse på 58 henholdsvis 40 %. Det fremgår også af tabellen, at den daglige fosforaflejring steg med 51, 38 og 36 % for grisene på behandling 1, 2+3 henholdsvis 4, fra grisene vejede 45 kg, til de vejede 65 kg.

Fosforaflejringen var i begge balanceperioder ens for de normfodrede grise (hold 1) og de grise, der fik halveret tilskuddet af uorganisk fosfat. Derimod var fosforaflejringen nedsat 20-30%, når grisene ikke fik tilskud af uorganisk foderfosfat. Netto-absorptionen i forhold til den fortærede mængde, som her defineres til at udgøre fordøjeligheden af fosfor, var i begge balanceperioder lavest, omkring 47%, når der ikke blev givet fosfertilskud, hvorimod den lå på 49-53% ved fosfertilskud. Dette svarer til, at fosforfordøjeligheden som forventet var lavere i den rene grundblanding sammenholdt med tilskudskilden.

Fosforudnyttelsen (svarende til den aflejrede i forhold til den fortærede mængde) steg fra 31 til 46 og fra 43 til 51%, når fosfattilskuddet blev reduceret/fjernet i ungsvine- henholdsvis slagte-svineblandingen.

Tabel 10 Foderblandingerne sammensætning til balancerne ved 45 kg og 65 kg
Chemical composition of diets used in the balances at 45 kg and 65 kg body weight

Hold/treatment	45 kg			65 kg		
	1	2+3	4	1	2	3+4
Tørstof/dry matter	89,0	89,2	89,3	88,8	88,8	88,9
<u>% af tørstof/% of dry matter:</u>						
Organisk stof/ organic matter	95,0	95,0	95,3	95,3	95,4	95,5
Råprotein/crude protein	23,1	22,9	23,4	20,8	20,7	20,8
Fedt/fat	5,6	5,5	5,5	5,3	5,4	5,4
Træstof/crude fibre	4,0	4,0	4,2	4,4	4,3	4,3
Aske/ash	5,0	5,0	4,7	4,7	4,6	4,5
Fosfor/phosphorus	0,72	0,55	0,39	0,55	0,45	0,35
Calcium/calcium	0,67	0,69	0,59	0,67	0,66	0,66
Fytat-P/phytate P	0,23	0,24	0,24	0,23	0,22	0,22
Fytase, U/g tørstof ¹⁾ / Phytase, U/g dry matter	21,8	21,7	20,7	18,3	17,0	18,4
<u>mg/kg foder/mg/kg diet:</u>						
Jern/iron	287	293	256	259	240	243
Mangan/manganese	56	57	57	58	57	56
Zink/zinc	114	117	114	120	114	120
Kobber/copper	32	32	30	30	27	32
Bruttoenergi, MJ/kg tørstof/ gross energy, MJ/kg dry mat- ter	19,1	19,3	19,4	19,2	19,2	19,3

1) 1 U = 1 mg nedbrudt fytat /min (Boisen, 1987)/ 1 U = 1 mg degraded phytate /min (Boisen, 1987)

Tabel 11 Fosfor absorption, aflejring og udskillelse ved 45 og 65 kg*Phosphorus absorption, retention, and excretion at 45 and 65 kg body weight*

<u>Hold/treatment</u>	45 kg			65 kg		
	1	2+3	4	1	2	3+4
<u>Fosfor, g/dag/phosphorus, g/day:</u>						
Fortæret/ingested	9,01	6,81	4,83	9,73	7,91	6,29
<u>Udskilt/excreted:</u>						
Gødning/faeces	4,27	3,44	2,54	4,41	3,76	3,20
Urin/urine	<u>1,96</u>	<u>0,42</u>	<u>0,05</u>	<u>1,12</u>	<u>0,09</u>	<u>0,05</u>
Ialt/total	6,23	3,86	2,59	5,53	3,84	3,25
Nettoabsorberet/ net absorbed	4,75 ^c	3,36 ^b	2,29 ^a	5,32 ^C	4,15 ^B	3,09 ^A
Aflejret/retained	2,79 ^b	2,94 ^b	2,24 ^a	4,20 ^B	4,06 ^B	3,04 ^A
Nettoabs./fortæret, %/ net abs./ingested, %	53 ^b	49 ^a	47 ^a	55 ^B	52 ^{AB}	49 ^A
Aflejret/fortæret, %/ retained/ingested, %	31	43	46	43 ^B	51 ^A	48 ^A

a,b,c: Tal på samme linje med forskellige bogstaver er signifikant forskellige ($p \leq 0,05$) ved 45 kg/*Figures in the same row with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$) at 45 kg body weight*

A,B,C: Tal på samme linje med forskellige bogstaver er signifikant forskellige ($p \leq 0,05$) ved 65 kg/*Figures in the same row with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$) at 65 kg body weight*

3.2.3 Calciumbalancer

Grisenes absorption og ekskretion af calcium blev ligeledes målt ved 45 henholdsvis 65 kg, og resultaterne er vist i tabel 12. Af tabellen fremgår, at aflejringen og ekskretionen af calcium var stærkt påvirket af grisenes fosfortildeling. Selv om calciumindtaget var konstant, var calciumudskillelsen med urinen generelt stigende og udskillelsen med gødningen faldende med faldende fosfortildeling. Dette resulterede i en væsentlig nedsat calcium-

aflejring for hold 4 ved 45 kg og for hold 3 og 4 ved 65 kg. Af tabellen fremgår endvidere, at fordøjeligheden af calcium steg fra 45 til 52% ved 45 kg og fra 48 til 57% ved 65 kg, når grisenes fosfortildeling reduceredes, hvorved tildelingen af calcium med dicalciumfosfat faldt og tildelingen med kridt steg. Tilsvarende faldt nettoudnyttelsen fra 44 til 37, henholdsvis 47 til 35%.

Tabel 12 Calcium absorption, aflejring og udskillelse ved 45 og 65 kg
Calcium absorption, retention, and excretion at 45 and 65 kg body weight

Hold/treatment	45 kg			65 kg		
	1	2+3	4	1	2	3+4
<u>Calcium, g/day/calcium, g/day:</u>						
Fortæret/ingested	8,40	8,59	7,37	11,9	11,5	11,7
<u>Udskilt/excreted:</u>						
Gødning/faeces	4,64	4,72	3,56	6,19	5,50	5,04
Urin/urine	<u>0,07</u>	<u>0,09</u>	<u>1,06</u>	<u>0,09</u>	<u>0,61</u>	<u>2,58</u>
Ialt/total	4,71	4,81	4,62	6,28	6,11	7,62
Nettoabsorberet/ net absorbed	3,77 ^a	3,87 ^a	3,81 ^a	5,71 ^B	6,01 ^B	6,70 ^A
Aflejret/retained	3,70 ^b	3,78 ^b	2,74 ^a	5,61 ^B	5,39 ^B	4,12 ^A
Nettoabs./fortæret, %/ net abs./- ingested, %	45 ^b	45 ^b	52 ^a	48 ^B	52 ^B	57 ^A
Aflejret/fortæret, %/ retained/ingested, %	44 ^b	44 ^b	37 ^a	47 ^B	47 ^B	35 ^A

a,b,c: Tal på samme linje med forskellige bogstaver er signifikant forskellige ($p \leq 0,05$) ved 45 kg/*Figures in the same row with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$) at 45 kg body weight*

A,B,C: Tal på samme linje med forskellige bogstaver er signifikant forskellige ($p \leq 0,05$) ved 65 kg/*Figures in the same row with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$) at 65 kg body weight*

4 Diskussion

Det aktuelle forsøg er gennemført således, at calciumindholdet blev holdt konstant på 6 g/FEs, som vurderes at være tilstrækkeligt til ikke at begrænse slagtesvins knoglemineraliseringsprocesser (Fernández, 1992). Et for højt calciumindhold i foderet har tidligere vist sig at medføre uheldige effekter, især hvis fosfortildelingen er marginal (Reinhart & Mahan, 1986; Pointillart et al., 1989; De Wilde & Jouquin, 1992). Det faste calciumniveau blev derfor valgt for at kunne estimere den direkte og uslørede effekt af fosforreduktionen.

4.1 Fosfor- og calciumbalancer

Fodersammensætningen af byg, hvede og sojaskrå gav et naturligt fosforindhold på 3,7 og 3,4 g/kg foderblanding til henholdsvis ung- og slagtesvin. Af den totale mængde fosfor i denne blanding var ca. 60% bundet i fytat, og der kunne påvises en naturligt forekommende fytaseaktivitet på omkring 17 U/kg foder. Foderet blev ikke varmebehandlet og blev opfodret som mel. Balanceforsøgene viste, at grisene må have været i stand til at udnytte en del af det fytatbundne fosfor for at kunne absorbere og aflejre de påviste niveauer, når der ikke blev givet fosfattilskud. Endvidere sås der et fald i fordøjeligheden (forholdet mellem absorberet og fortæret mængde fosfor), når tilskuddet af uorganisk fosfat blev reduceret eller fjernet (53 til 47%). Dette viser, at omkring halvdelen af det fosfor, der fandtes i grundblandingen, kunne fordøjes af grisene. Resultaterne bekræfter, at fosfor bundet i fytat kan være vanskeligt at fordøje for grise (Pointillart et al., 1985), selv om det naturligt forekommende fytase synes at fremme denne proces (Pointillart et al., 1987; Larsen et al., 1992). Udnyttelsesgraden for fosfor (g aflejret/g fortæret) blev derimod i overensstemmelse med tidligere resultater forbedret, når foderets fosforindhold blev reduceret (Jongbloed, 1987; Oksbjerg & Fernández, 1987; Fernández, 1992).

Balanceforsøgene viste desuden, at af den totale fosforudskillelse bidrog udskillelsen med urin hos kontrolholdet med 31 og 20% ved 45 henholdsvis 65 kg. Endvidere var udskillelsen af fosfor med urinen nedsat til et niveau svarende til det uundgåelige endogene tab, når ungsvin helt fik fjernet

og slagtesvin fik halveret eller fjernet tilskuddet af uorganisk fosfat. Det lave niveau for fosforudskillelsen med urin svarer til tidligere danske resultater (Oksbjerg & Fernandez, 1987). De aktuelle resultater viste, at kontrolgrisene både ved 45 og 65 kg havde absorberet mere fosfor, end de kunne aflejre, og at det samme var gældende for ungsvin, som fik halveret tilskuddet, selv om udskillelsen med urinen ikke var nær så stor som hos kontrolholdet. Disse effekter tyder på, at fosfortildelingen til kontrolholdet (normniveau) i hele perioden og til ungsvin, der fik halveret fosfor-tilskuddet, var for højt. Balanceresultaterne viser tydeligt, at fosforhomeostasen primært foregår via borteliminering af fosfor med urinen og ikke via en reguleret absorption og er dermed i overensstemmelse med den gældende opfattelse (Breves & Schröder, 1992).

Forsøget viste endvidere, at ungsvins daglige fosforaflejring var mindre end hos slagtesvin, men sat i relation til den fortærede mængde var den procentvis aflejring ens (46 og 48%) for ung- og slagtesvin, som fik foder uden fosfattilskud. For kontrolholdet og grise på reduceret fosfattilskud var aflejringseffektiviteten derimod størst i slagtesvineperioden, hvilket formentlig hænger sammen med, at grisene i denne del af vækstperioden generelt fik en lavere fosfortildeling. Ydermere viste forsøget, at grisenes absorptionskapacitet for både fosfor og calcium steg svagt fra 45 til 65 kg. Fernández, 1992 fandt tilsvarende, at absorptionskapaciteten for både calcium og fosfor syntes at stige med grisens vægt (alder), hvilket er i modstrid med den klassiske opfattelse, at absorptionskapaciteten falder med stigende vægt (alder).

Effekten af det ændrede fosforindhold i foderet på calciumomsætning og -balance blev også estimeret, og resultaterne bekræfter den tætte sammenhæng, der er mellem reguleringen af fosfor og calcium. I modsætning til fosfor reguleres calcium normalt primært via absorptionen, hvilket også sås for kontrolgrisene både ved 45 og 65 kg og hos grisene, der fik halveret fosfattilskuddet men kun ved 45 kg, idet udskillelsen af calcium med urinen hos disse grupper var meget lille. Det bør dog nævnes, at i balancen ved 45 kg fik grisene uden fosfattilskud utilsigtet en lidt lavere calciumtilde-

ling end de øvrige hold, hvilket skal medtages ved tolkningen. Ved de lavere fosfordoseringer sås der til gengæld en øget udskillelse af calcium med urinen, hvilket er et tegn på, at fosfortildelingen var for lav (Breves & Schröder, 1992) og i overensstemmelse med Pointillart et al., 1987 og tidligere danske forsøg (Oksbjerg & Fernandez, 1987). Balancerne afslørede, at aflejringen af både calcium og fosfor blev nedsat med 20-28%, når fosfattilskuddet blev fjernet, hvilket viser, at aflejningsprocessen for calcium var afhængig af, om der var tilstrækkeligt med fosfor til stede. Hos de grise, der ikke fik fosfattilskud, kunne knoglemineraliseringen derfor ikke forløbe i overensstemmelse med grisenes kapacitet.

Resultaterne i det aktuelle forsøg tyder også på, at forholdet mellem mineralaflejring og mineralresorption fra knoglerne, som forventes at være > 1 hos voksende svin, var ændret, når grisene ikke fik fosfattilskud. Det var dog ikke muligt at fastlægge dette forhold i forsøget, men ved at sammenligne hold 1 og hold 3+4 (ved 65 kg) sås, at forøgelsen i den mængde calcium, der blev udskilt med urinen (2,49 g/dag), ikke alene kunne stamme fra forøgelsen i absorptionen af calcium (0,99 g/dag). Derfor må en del stamme fra en forøgelse i resorptionen, hvilket tyder på, at disse grise mobiliserede mere fosfor og i tilgift også calcium, end der aflejredes. Dette skete formentligt for at søge at dække grisenes øvrige fysiologiske behov for fosfor, idet omkring 25% af den mængde fosfor, der er i en grisekrop, normalt findes udenfor knoglevæv mod kun 1% for calcium. Det er tidligere set, at fosformangel kan medføre øget udskillelse af calcium med urinen (Oksbjerg & Fernández, 1987; Pointillart et al., 1987). Resultaterne antyder derfor, at selv ved tilstrækkelig calciumtilførsel kan der ske en afmineralisering af knoglerne.

Nøgleresultaterne for fosfor fra balanceforsøget er samlet i tabel 13. Det fremgår, at grundblandingen uden fosfattilskud havde et indhold på 1,6 og 1,5 g fordøjeligt fosfor/FEs i ung- henholdsvis slagtesvineperioden. Kontrolgrisene fik tilsvarende 3,3 og 2,5 g fordøjeligt fosfor/FEs. På grundlag af de hollandske tabelværdier (cvb, 1990) og den kemiske bestemmelse af de enkelte foderkomponenters fosforindhold blev indholdet af fordøjeligt fosfor også beregnet, og det fremgår, at de eksperimentelt fundne værdier altid var 0,1-0,6 g/kg større end beregnet. Denne forskel kan bero på flere forhold, som f.eks. sikkerheden på bestem-

melsen af de enkelte fordøjelighedskoefficienter, ensartetheden af de forskellige partier af f.eks. byg (indenfor såvel som mellem dyrkningssæsoner), additivitet i indholdet af fordøjeligt fosfor beregnet ud fra fordøjelighedskoefficienter for de enkelte fodermidler ved fodersammensætningen m.v. Uoverensstemmelsen mellem det beregnede og det eksperimentelt bestemte indhold kan, som det også fremgår, medføre vanskeligheder ved sammenligningen med andre resultater og den endelige fortolkning af produktionsresultaterne.

Tabel 13 Fosforindhold i foderet i produktionsforsøget

Phosphorus content in the diets

<u>Hold/treatment</u>	1	2	3	4
<u>P i foder, g/FEs¹⁾/P, g/FUp:</u>				
25-50 kg	6,3	4,4	4,4	3,3
50-100 kg	4,5	3,9	3,0	3,0
<u>P fordøjelighed, %¹⁾/P digestibility, %:</u>				
25-50 kg	53	49	49	47
50-100 kg	55	52	49	49
<u>Ford. P, g/FEs¹⁾/digest. P, g/FUp:</u>				
25-50 kg	3,3	2,2	2,2	1,6
50-100 kg	2,5	2,0	1,5	1,5
<u>Ford. NL-P, g/FEs²⁾/digest. NL-P, g/FUp:</u>				
25-50 kg	3,0	2,0	2,0	1,1
50-100 kg	1,9	1,5	1,0	1,0
<u>P, g/kg foder¹⁾/P, g/kg diet:</u>				
25-50 kg	6,7	4,9	4,9	3,7
50-100 kg	5,0	4,3	3,4	3,4
<u>Ford. P, g/kg foder¹⁾/digest. P, g/kg:</u>				
25-50 kg	3,6	2,4	2,4	1,7
50-100 kg	2,8	2,2	1,6	1,6
<u>Ford. NL-P, g/kg²⁾/digest. NL-P, g/kg:</u>				
25-50 kg	3,3	2,3	2,3	1,2
50-100 kg	2,2	1,7	1,1	1,1

- 1) Estimeret i det aktuelle forsøg/*Estimated in the present experiment*
- 2) Indhold af fordøjeligt fosfor beregnet på basis af hollandske fordøjelighedskoefficienter (cvb, 1990) og aktuelle analyser af korn og sojaskrå (ford. NL-P)/*Calculated content of digestible phosphorus (cvb, 1990)*

4.2 Produktionsresultater

Sat i relation til foderblandingerne indhold af fordøjeligt fosfor viser produktionsresultaterne, at et indhold på 1,6 g/FEs medførte en lavere daglig tilvækst og foderudnyttelse i ungsvineperioden (25-50 kg), hvorimod foderoptagelsen ikke var påvirket. Til gengæld var der ikke signifikant forskel mellem de hold, der fik 2,2 eller 3,3 g fordøjeligt P/FEs. I slagtesvineperioden (50-100 kg) havde de grise, der fik 1,5 g fordøjeligt P/FEs en signifikant lavere tilvækst og foderoptagelse end kontrolholdet, der fik 2,5 g fordøjeligt P/FEs. Dette er i overensstemmelse med De Wilde & Jourquin, 1992, som påpeger, at det naturlige indhold i en majs-, tapioka- og sojaskråblanding (1,1 g fordøjeligt P/kg) ikke var tilstrækkeligt til slagtesvin. Fosfordoseringen i ungsvineperioden (2,2 eller 1,6 g fordøjeligt P/FEs) havde ingen signifikant indflydelse på effekten af at give 1,5 g fordøjeligt P/FEs i slagtesvineperioden, hvilket viser, at der ved at give ekstra fosfor i ungsvineperioden ikke kunne spares på mineralet i slagtesvineperioden, uden at tilvæksten påvirkedes. De Wilde & Jourquin, 1992 fandt som i det aktuelle forsøg, at en overforsyning med fosfor i ungsvineperioden ikke havde en positiv carry-over effekt, hvis foderet indeholdt for lidt fosfor i slagtesvineperioden.

Det aktuelle forsøg viste endvidere, at i slagtesvineperioden havde grisene, der fik 2,0 g fordøjeligt P/FEs en lidt lavere (ikke signifikant) tilvækst og foderoptagelse end kontrolgrisene på 2,5 g fordøjeligt P/FEs. Dette resultat antyder, at 2,0 g fordøjeligt P/FEs er i underkanten til at dække slagtesvins behov til vækst. Jongbloed & Everts, 1992 summerede over en række gennemførte hollandske forsøg, at ungsvin (30-50 kg) har et minimumsbehov på 2,3 og slagtesvin (over 50 kg) et minimumsbehov på 2,0 g fordøjeligt P/kg foder. Omregnet svarer de aktuelle resultater på 2,2 og 2,0 g fordøjeligt P/FEs til 2,4 og 2,2 g fordøjeligt P/kg foder for henholdsvis ung- og slagtesvin. Dette viser, at for ungsvin er de hollandske anbefalinger i overensstemmelse med det aktuelle forsøg men i underkanten til slagtesvin.

Den amerikanske minimumsnorm angiver tilsvarende et behov på 2,3 og 1,5 g fordøjeligt P/kg foder til ung- henholdsvis slagtesvin (NRC, 1988), som for ungsvin er i god overensstemmelse men for slagtesvin er væsentligt lavere end fundet i det aktuelle forsøg samt af Jongbloed & Everts, 1992 og Ketaren et al., 1993a, som begge angiver et behov på 2,0 til slagtesvin. Ketaren et al., 1993a

angiver endvidere, at ungsvin havde et fosforbehov på 3,0 g fordøjeligt/kg foder, hvor begge estimater blev baseret på produktionsegenskaber og knogleudvikling (vægt, aske, knoglestyrke), men eftersom aske- og fosforindholdet i spoleben (radius)/albueben (ulna) var mest følsom overfor ændringer i fosforindtag, blev primært disse egenskaber brugt. Bruce, 1994 fandt, at omkring 2,0 g fordøjeligt fosfor/kg foder var tilstrækkeligt til at sikre god produktion hos ungsvin, og fandt tillige som i det aktuelle forsøg, at 1,6 g ikke var nok til at understøtte slagtesvins vækstkapaletet.

I det gennemførte forsøg blev indholdet af fordøjeligt fosfor eksperimentelt bestemt, og det er disse værdier, der ligger til grund for tolkningen. De tilsvarende værdier blev også bestemt v.h.a. de hollandske tabelværdier (cvb, 1990). Hold 2 fik således i slagtesvineperioden 2,0 g fordøjeligt fosfor/FEs svarende til 2,2 g fordøjeligt fosfor/kg (begge bestemt i balanceforsøg) men kun 1,7 g fordøjeligt fosfor/kg foder ifølge de hollandske tabelværdier. På dette grundlag bliver der også vedrørende slagtesvin bedre overensstemmelse mellem de hollandske og danske konklusioner. Den påviste forskel mellem de eksperimentelt bestemte og de beregnede værdier understreger stærkt de problemer, der kan være forbundet med anvendelsen af faste tabelværdier.

Målt over hele vækstperioden var der ingen forskel i foderoptagelse, men derimod var tilvækst og foderudnyttelse signifikant forringet, når grisene kun fik det naturligt forekommende fosfor. Der var ingen signifikant forskel mellem de øvrige grupper, selv om der var en lille talmæssig forskel. Følgelig havde grisene, der ikke fik fosfattilskud, en signifikant forøgelse i antallet af foderdage. Fosfordoseringen havde til gengæld ingen indflydelse på slagtevægt, -svind og kødindhold, hvilket er i modstrid med Bruce, 1994, som fandt, at kødprocenten var nedsat hos grise, der kun fik omkring 1,6 g fordøjeligt P/kg foder i forhold til adækvat fodrede grise.

Forsøget afslørede ingen vekselvirkning mellem grisenes køn og foderets fosforindhold, hvorfor resultaterne som omtalt blev opgjort som hovedeffekter af fosfor og af køn. Det kunne bekræftes, at i forhold til sogrise var hangrisenes daglige tilvækst og foderudnyttelse større, hvorimod foderoptagelsen ikke var forskellig, hvilket er i overensstemmelse med Madsen et al., 1991, men i modstrid med Madsen et al., 1992. Sidstnævnte fandt dog som i det aktuelle forsøg, at kødprocenten ikke

var forskellig for so- og hangrise.

4.3 Benstyrke

I det undersøgte fosfordoseringsområde sås der ingen forskel på grisenes benstilling og bevægelse, hvilket viser, at selv ved den lave fosfordosering var nævnte karakterer ikke påvirket. Ligeledes var de generelle bemærkninger vedr. benproblemer ligeligt fordelt på alle forsøgsbehandlinger. Tilsvarende studier af effekten af fosfordosering på grisens benstilling og bevægelse er ikke beskrevet. Derimod er effekten af samtidig ændring i fosfor- og calciumdoseringen undersøgt, hvor en sammenligning mellem 100 og 150% af den amerikanske norm (NRC, 1979: 5,5 og 5,0 g P/kg foder til ung- og slagtesvin) ikke medførte forskelle i benstilling og bevægelse (Calabotta et al., 1982b; Kornegay et al., 1983). Et ældre dansk forsøg med slagtesvin, hvor der samtidigt ændredes på calcium- og fosfordoseringen, viste, at doseringen med calcium (4,8-12,0 g/kg) og fosfor (4,0-10,0 g/kg) med fast calcium:fosfor forhold ikke havde indflydelse på grisenes produktion og bevægelse, hvorimod knogleudviklingen histomorfologisk var påvirket (Nielsen et al., 1971).

Der var således i forsøget ingen markante synlige effekter af den lave fosfordosering (1,6/1,5 g fordøjeligt P/FEs) på de undersøgte benfunktioner. Dette bekræfter, at de undersøgte egenskaber ikke er udtryk for knoglemineraliseringen, hvor balanceforsøgene afslørede, at mineralaflejringen var påvirket. Til gengæld kunne det konstateres, at en voldsom nedsættelse i fosfordoseringen tilsyneladende ikke havde uheldig indflydelse på grisenes benstilling og bevægelse. Det bør dog her fremhæves, at der i forsøget anvendtes enkelt-opstaldede grise, hvorfor det ikke kan udelukkes, at der ved den laveste fosfordosering ville have været benproblemer, hvis opstaldningsformen havde været anderledes og mindre beskyttet. Forsøget afslørede derimod, at hangrisene havde en markant dårligere bevægelse end sogrisene, hvilket er i overensstemmelse med Rothschild & Christian, 1988, men i modstrid med Grøndalen, 1974 og Empel, 1980. Det kan nævnes, at Jørgensen, 1994 ikke fandt forskel i benstyrke mellem galte og sogrise.

4.4 Sammenfatning af produktions- og balanceresultater

De gennemførte produktions- og balanceforsøg viste, at 2,2 g fordøjeligt P/FEs i ungsvineperioden

var tilstrækkeligt til at sikre samme produktionsresultater og fosforaflejring som hos kontrolholdet. I slagtesvineperioden syntes 2,0 måske at være i underkanten af grisenes behov, eftersom tilvækst, foderoptagelse og -udnyttelsen var lidt reduceret i forhold til kontrolholdet, selv om forskellen ikke var signifikant. De produktionsmæssige effekter støttes af balanceforsøget, som viste, at disse grise kun udskilte en fosformængde svarende til det endogene tab og samtidig havde en lidt lavere fosforaflejring. Samtidig var udskillelsen af calcium med urinen lidt forøget, hvilket netop tyder på, at grisenes fosforforsyning ikke var tilstrækkelig til maximal knoglemineralisering. Konklusionen af forsøget bliver derfor, at 2,2 g fordøjeligt fosfor/FEs var tilstrækkeligt til ungsvin, og at 2,0 måske var lidt i underkanten af slagtesvinenes minimumsbehov til vækst.

4.5 Fosforbesparelse

Med udgangspunkt i de gennemførte balancer er det beregnet, hvor meget fosfor, der udledes ved de forskellige fosfordoseringsstrategier. Resultatet for ungsvin (45 kg) er vist i tabel 14 og for slagtesvin (65 kg) i tabel 15.

Det fremgår, at i forhold til kontrolholdet kunne der hos ungsvin udledes 38% mindre fosfor, uden at produktionsresultaterne blev forringet (tabel 14), hvorimod der hos slagtesvin kunne spares op mod 30%, uden at produktionsresultaterne blev signifikant forringet (tabel 15).

I forhold til den nuværende norm (6,5 g total P/FEs) ville der kunne spares 43 og i forhold til enhedsnormen (6,0 g total P/FEs) 36% hos ungsvin, hvis det antages, at normfodrede grise aflejrer samme mængde fosfor som kontrolholdet. Hos slagtesvin ville der tilsvarende kunne spares 12-34%, uden at produktionsniveauet faldt (ved 2,5 g fordøjeligt P/FEs), hvorimod en besparelse på 39-54% (ved 2,0 g fordøjeligt P/FEs) ville indebære svagt forringede produktionsresultater. Disse hovedresultater er samlet i figur 1.

Det fremgår, at der er et potentiale for at reducere fosforudskillelsen, uden at produktionen påvirkes. I forhold til de nugældende normer vil der straks være en stor besparelse at hente ved at nedsætte fosfertilskuddet. Samtidig er det også klart, at forudsætningen for en markant nedbringning af fosforudledningen er, at man har et nøje kendskab til grisenes fosforbehov og til indholdet af fordøjeligt fosfor i de foderblandinger, der

Tabel 14 Daglig fosforudledning, g/gris samt ændring i fosforudskillelse, % ved forskellig doseringsniveauer beregnet for grise, der vejer 45 kg
Daily phosphorus excretion, g/pig and change in phosphorus excretion, % estimated for pigs weighing 45 kg

Fodertildeling 1,47 FEs/dag/feed intake 1.47 FUp/day:

Fosfor, g/FEs/g P/FUp	6,3	4,4	3,3
Fosfor, g/ford./FEs/ g digest. P/FUp	3,3	2,2	1,6
Hold/treatment	1	2+3	4
<u>Fosfor, g/dag/P, g/day:</u>			
Tildelt/ingested	9,01	6,81	4,83
Aflejret/retained	<u>2,79</u>	<u>2,94</u>	<u>2,24</u>
Udskilt/excreted	6,22	3,87	2,59
Fosforudnyttelse, %/ Phosphorus utilization, %:	31	43	46
Ændring i udskillelsen, %/Change in excretion, %:	*	-38	-59
	+61	*	-34
	+143	+51	*

Tabel 15 Daglig fosforudledning, g/gris samt ændring i fosforudskillelse, % ved forskellig doseringsniveauer beregnet for grise, der vejer 65 kg
Daily phosphorus excretion, g/pig and change in phosphorus excretion, % estimated for pigs weighing 65 kg

Fodertildeling 2,10 FEs/dag/feed intake 2.10 FUp/day:

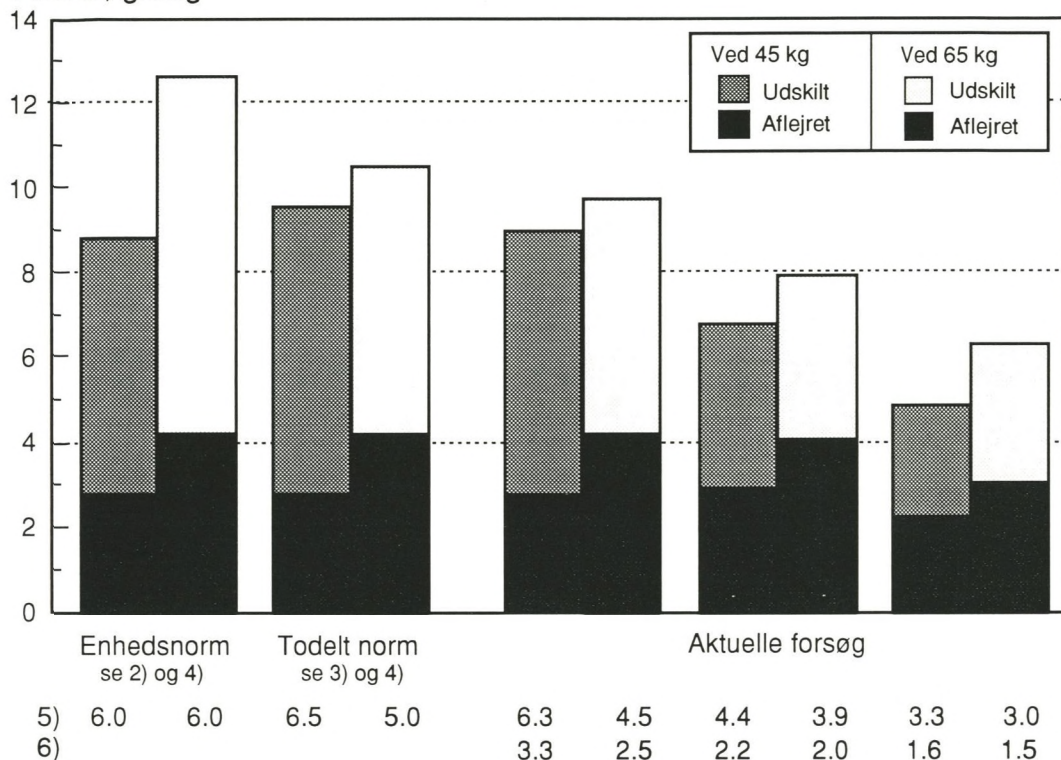
Fosfor, g/FEs/g P/FUp	4,5	3,9	3,0
Fosfor, g/ford./FEs/g digest. P/FUp	2,4	2,0	1,5
Hold/treatment	1	2	3+4
<u>Fosfor, g/dag/P, g/day:</u>			
Tildelt/ingested	9,73	7,91	6,29
Aflejret/retained	<u>4,20</u>	<u>4,06</u>	<u>3,04</u>
Udskilt/excreted	5,53	3,85	3,25
Fosforudnyttelse, %/Phosphorus utilization, %:	43	51	48
Ændring i udskillelsen, %/Change in excretion, %:	*	-30	-41
	+44	*	-15
	+70	+18	*

anvendes i praksis.

Af figuren fremgår også, at hvis fordøjeligheden af det naturligt forekommende fosfor kan forbedres, vil udledningen af fosfor kunne reduceres yderligere. Studier af fytasetilsætning til foderet viser,

at det er muligt at forbedre fordøjeligheden af fosfor (Simons et al., 1990; Jongbloed & Kemme, 1990b; Pallauf et al., 1992; Jongbloed et al., 1992; Sandberg et al., 1993; Mroz et al., 1994). Dette potentiale vil blive undersøgt yderligere.

Fosfor, g/dag



Figur 1 Grises fosforaflejring og -udnyttelse, g/dag ved 45 og 65 kg¹⁾/Phosphorus retention and utilization, g/day in pigs at 45 and 65 kg body weight¹⁾

- 1) Fodertildeling 1,47 henholdsvis 2,10 FEs/dag/Feed intake 1.47 and 2.10 FUp/day, respectively
- 2) Enhedsnorm for ung- og slagtesvin (6,0 g/FEs)/Norm for growing and finishing pigs (6.0 g/FUp)
- 3) Norm for ungsvin (25-50 kg) og for slagtesvin (50-100 kg), 6,5 og 5,0 g/FEs/Norm for growing pigs (25 to 50 kg) and for finishing pigs (50 to 100 kg), 6.5 and 5.0 g/FUp
- 4) De normfodrede grise antages at aflejre samme mængde fosfor som hold 1/Pigs fed according to norm are supposed to retain the same amount of P as pigs on treatment 1.
- 5) Fosfortildeling (total), g/FEs/Phosphorus (total), g/FUp
- 6) Fosfortildeling, g fordøjeligt/FEs/Phosphorus, g digestible/FUp

5 Konklusion

Forsøget viste, at det naturlige fosforindhold i en byg-, hvede- og sojaskråbaseret foderblanding burde være stort nok til at dække ung- og slagtesvins behov, men da grisene kun kunne fordøje 47% af det forekommende fosfor, var dette ikke tilfældet. Derfor er det nødvendigt at tilsætte ekstra fosfat, med mindre grisenes muligheder for at fordøje og udnytte det naturligt forekommende fosfor forbedres. Det gennemførte forsøg viste, at et tilskud af uorganisk fosfat svarende til 0,6 g fordøjeligt fosfor/FEs var tilstrækkeligt i hele vækstperioden, når der anvendtes en ikke varmebehandlet byg-, hvede- og sojaskråblanding, hvor der ikke var tilsat fytase, men hvor der kunne påvises fytaseaktivitet. Dette enzym har en gunstig virkning på fordøjeligheden af fytatbundet fosfor, idet andre forsøg har vist, at en større del af det naturligt forekommende fosfor kan udnyttes af grisene, når foderet tilsættes exogent fytase.

Forsøget viste ydermere, at grisenes tilvækst var nedsat, hvorimod deres benstilling og bevægelse ikke var påvirket, når foderet kun indeholdt det naturligt forekommende fosfor. Det bør her fremhæves, at der i forsøget anvendtes enkelttopstaldede grise.

Projektet viste endvidere, at det er muligt at forbedre slagtesvins fosforudnyttelse og dermed reducere udledningen af fosfor. Ved at mindske tilsætningen af uorganisk fosfat kunne udnyttelsesgraden øges fra omkring 30 til i hvert fald 43% uden, at produktionen faldt. Dette indebærer, at fosforudledningen med gødning og urin kunne reduceres med omkring 40%, hvor det primært var udskillelsen af fosfor med urinen, der reduceredes. Forsøget viser derfor, at det er muligt at styre udledningen af fosfor gennem regulering af foderets indhold.

Det gennemførte projekt viste dog, at det er forbundet med en række problemer at nedbringe fosforudledningen. For det første bør de fodringsmæssige retningslinjer være baseret på fordøjeligt fosfor i stedet for total fosfor, hvorved der vil ske en værdisætning af fosfor. Dernæst viser forsøget også, at hvis grisene får for lidt fosfor, nedsættes produktionen, så for at få en markant nedsat fosforudledning er det nødvendigt at kende såvel grisenes aktuelle behov, som de respektive praktiske foderblandingers indhold af fordøjeligt fosfor.

Forsøget afslørede, at der ikke var helt overensstemmelse mellem det beregnede og det eksperimentelt bestemte indhold af fordøjeligt fosfor. Især ved de lave fosfordoseringer fandtes der væsentligt mere fosfor end beregnet v.h.a. de hollandske tabelværdier (op til omkring 45%).

Endvidere viste forsøget, at fordøjeligheden af fosfor var 47% i den anvendte blanding, hvorfor der skal arbejdes på at øge biotilgængeligheden af det naturligt forekommende fosfor. Hvorvidt det bliver muligt helt at undgå fosfertilskud, er dog spørgsmålet, men fosfors biotilgængelighed kan hæves ved at anvende fytase.

Konklusionen af forsøget bliver derfor, at 2,2 g fordøjeligt fosfor/FEs var tilstrækkeligt til ungsvin, og at 2,0 måske var lidt i underkanten af slagtesvinenes minimumsbehov til vækst. Endvidere viste forsøget, at det er muligt at reducere udledningen af fosfor fra slagtesvineproduktionen uden, at produktionsniveauet nedsættes. Resultaterne kan for svineproducenter, der anvender hjemmeblandet byg-, hvede- og sojaskråbaseret foder, anvendes direkte i praksis, og generelt kan alle med fordel anvende de opnåede resultater omkring ung- og slagtesvins fosforbehov udtrykt i g fordøjeligt P/FEs.

6 Anerkendelser

Miljøstyrelsen, "Rådet vedrørende genanvendelse og mindre forurenende teknologi" takkes for økonomisk støtte til det gennemførte projekt.

7 Referencer

- Agricultural Research Council. 1981. The nutrient requirements of pigs. Slough, England. Commonwealth Agricultural Bureaux, 307 pp.
- Beers, S., Kemme, P.A. & Peetschwering, C.M.C. van der. 1991. Effect of feeding method and decreased mineral content in the diet on mineral excretion and performance of growing pigs. Phase 1: Feeding to the requirement of phosphorus with multi-phase feeding. Rapport IVVO-DLO nr. 231, Lelystad, The Netherlands, 52 pp.
- Boisen, S. 1987. Fytinsyre og fytaseaktivitet i foderstoffer. Meddelelse nr. 675, Statens Husdyrbrugsforsøg, 4 pp.
- Brennan, J.J. & Aherne, F.X. 1986. Effect of dietary calcium and phosphorus levels on performance, bone bending moment and severity of osteochondrosis and lameness in boars and gilts slaughtered at 100 or 130 kg body weight. Can. J. Anim. Sci., 66, 777-790. 1436.
- Breves, G. & Schröder, B. 1991 Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. Nutr. Res. Rev. 4, 125-140.
- Bruce, J. 1994. The utilization of and requirements for phosphorus and protein in pigs. Consequences for faecal and urinary excretion. Ph.D. Thesis. Agricultural University of Norway, 123 pp.
- Calabotta, D.F., Kornegay, E.T., Thomas, H.R., Knight, J.W., Notter, D.R. & Veit, H.P. 1982a. Restricted energy intake and elevated calcium and phosphorus intake for gilts during growth. I. Feedlot performance and foot and leg measurements and scores during growth. J. Anim. Sci. 54, 565-575.
- Calabotta, D.F., Kornegay, E.T., Thomas, H.R., Knight, J.W., Notter, D.R., Veit, H.P. & Wright, M.E. 1982b. Restricted energy intake and elevated calcium and phosphorus intake for gilts during growth. II. Gait characteristics analyzed from 16-mm motion picture photography. J. Anim. Sci. 55, 1395-1404.
- Centraal veedoeerbureau. 1990. Herziene tabel verteerbaar fosfor veevoedergrondstoffen voor varkens. cvb-reeks nr. 4, 13 pp.
- Cera, K.R. & Mahan, D.C. 1988. Effect of dietary calcium and phosphorus level sequences on performance, structural soundness and bone characteristics of growing-finishing swine. J. Anim. Sci. 66, 1598-1605.
- Crenshaw, T.D., Peo, E.R., Lewis, A.J., Moser, B.D. & Olson, D. 1981. Influence of age, sex and calcium and phosphorus levels on the mechanical properties of various bones in swine. J. Anim. Sci. 52, 1319-1329.
- Cromwell, G.L. 1989. Requirements, biological availability of calcium, phosphorus for swine evaluated. Feedstuffs 60, 16-20.
- Cromwell, G.L., Hays, V.W., Scherer, C.W. & Overfield, J.R. 1972. Effects of dietary calcium and phosphorus on performance and carcass, metacarpal and turbinate characteristics of swine. J. Anim. Sci. 34, 746-751.
- De Wilde, R.O. & Jourquin, J. 1992. Estimation of digestible phosphorus requirements in growing-finishing pigs by carcass analysis. J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr. 68, 218-225.
- Doige, C.E., Owen, B.D. & Mills, J.H.L. 1975. Influence of calcium and phosphorus on growth and skeletal development of growing swine. Can. J. Anim. Sci. 55, 147-164.
- Empel, W. 1980. Pathomorphological lesions in the skeleton and incidence of leg weakness syndrome in six month old Norwegian Landrace pigs. Ann. Wars. Agricult. Univ., Vet. Med., 10, 33-38.

- Fernández, J.A. 1992. Calcium and phosphorus metabolism in growing pigs studied by the balance technique and simultaneous radio-calcium and radio-phosphorus kinetics. Ph.D. Thesis, The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, 148 pp.
- Grimbergen, A.H.M., Cornelissen, J.P. & Stappers, H.P. 1985. The relative availability of phosphorus in inorganic feed phosphates for young turkeys and pigs. *Anim. Feed Sci. and Techn.* 13, 117-130.
- Grøndalen, T. 1974. Leg weakness in pigs. I. Incidence and relationship to skeletal lesions, feeding level, protein and mineral supply, exercise and exterior conformation. *Acta vet. scand.* 15, 555-573.
- Hartog, L.A. den, Huisman, J., Boer, H. & Schaijk, G.H.A. 1985. The effect of various carbohydrate sources on the digestibility of minerals in the small and large intestine of pigs. In: "Digestive physiology in the pig". Eds. A. Just, H. Jørgensen & J.A. Fernández. Beretning nr. 580, Statens Husdyrbrugsforsøg, 203-206.
- Jongbloed, A.W. 1987. Phosphorus in the feeding of pigs. Effect of diet on the absorption and retention of phosphorus by growing pigs. Ph.D. Thesis. Rapport I.V.V.O. Nr. 179, Lelystad, The Netherlands, 343 pp.
- Jongbloed, A.W. & Everts, H. 1992. Apparent digestible phosphorus in the feeding of pigs in relation to availability, requirement and environment. 2. The requirement of digestible phosphorus for piglets, growing-finishing pigs and breeding sows. *Neth. J. Agric. Sci.*, 40 123-136.
- Jongbloed, A.W. & Kemme, P.A. 1990a. Apparent digestible phosphorus in the feeding of pigs in relation to availability, requirement and environment. I. Digestible phosphorus in feedstuffs from plant and animal origin. *Neth. J. Agric. Sci.* 38, 567-575.
- Jongbloed, A.W. & Kemme, P.A. 1990b. Effect of pelleting mixed feeds on phytase activity and the apparent absorbability of phosphorus and calcium in pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 28, 233-242.
- Jongbloed, A.W., Mroz, Z. & Kemme, P.A. 1992. The effect of supplementary *Aspergillus niger* phytase in diets for pigs on concentration and apparent digestibility of dry matter, total phosphorus, and phytic acid in different sections of the alimentary tract. *J. Anim. Sci.* 70, 1159-1168.
- Jørgensen, B. 1987. Genetisk analyse af bensvaghed hos orner på avlsforsøgstationerne. Beretning nr. 631, Statens Husdyrbrugsforsøg, 35 pp.
- Jørgensen, B. 1994. Effect of different energy and protein levels on leg weakness and osteochondrosis in pigs. *Livest. Prod. Sci.* (accepteret).
- Ketaren, P.P., Batterham, E.S., White, E., Farrell, D.J. & Milthorpe, B.K. 1993a. Phosphorus studies in pigs. 1. Available phosphorus requirements of grower finisher pigs. *Br. J. Nutr.* 70, 249-268.
- Ketaren, P.P., Batterham, E.S., Dettmann, E.B. & Farrell, D.J. 1993b. Phosphorus studies in pigs. 2. Assessing phosphorus availability for pigs and rats. *Br. J. Nutr.* 70, 269-288.
- Kornegay, E.T., Veit, H.P., Knight, J.W., Notter, D.R., Bartlett, H.S. & Calabotta, D.F. 1983. Restricted energy intake and elevated calcium and phosphorus intake for boars during growth. II. Foot and leg measurements and toe and soundness scores. *J. Anim. Sci.* 57, 1182-1199.
- Larsen, T., Sandberg, A.-S. & Sandström, B. 1992. Studier over fytinsyreindbrydning i mave-tarmkanalen hos slagtesvin. Meddelelse 834, Statens Husdyrbrugsforsøg, 6 pp.
- Madsen, A., Østerballe, R., Mortensen, H.P., Bejerholm, C. & Barton, P. 1991. Fiskehormel til svin fra 4 uger til 25 til 40 kg. Meddelelse nr. 789, Statens Husdyrbrugsforsøg, 4 pp.
- Madsen, A., Petersen, J., Mortensen, H.P., Bejerholm, C. & Barton, P. 1992. Majs til han- og sogrise. Meddelelse nr. 816, Statens Husdyrbrugsforsøg, 4 pp.

- Mroz, Z., Jongbloed, A.M. & Kemme, P.A. 1994. Apparent digestibility and retention of nutrients bound to phytate complexes as influenced by microbial phytase and feeding regimen in pigs. *J. Anim. Sci.* 72, 126-132.
- National Research Council. 1979. Nutrient requirements of swine. 8th revised edition. National Academy Press, Washington D.C., 52 pp.
- National Research Council. 1988. Nutrient requirements of swine. 9th revised edition. National Academy Press, Washington D.C., 93 pp.
- Näsi, M. 1990. Microbial phytase supplementation for improving availability of plant phosphorus in the diet of the growing pigs. *J. Agric. Sci. Finland* 62, 435-443.
- Nielsen, N.C., Andersen, S., Madsen, A. & Mortensen, H.P. 1971. Dietary calcium-phosphorus ratios for growing pigs in relation to serum levels and bone development. *Acta vet. scand.* 12, 202-219.
- Oksbjerg, N. 1988. Digestibility and utilization of total phosphorus and phytate phosphorus in cereals for growing pigs. In: "Digestive physiology in the pig". Eds. L. Buraczewska, S. Buraczewski, B. Pastuszewska & T. Zebrowska. Polish Academy of Sciences, 352-356.
- Oksbjerg, N. & Fernández, J.A. 1987. The effect of increasing dietary levels of phosphorus on the excretion of calcium and phosphorus in growing pigs fed a synthetic diet. 38th Ann. Mtg. EAAP, Lissabon, Portugal. 4 pp.
- Pallauf, J., Hohler, D., Rimbach, G. & Neusser, H. 1992. Effect of microbial phytase supplementation to a maize-soya-diet on the apparent absorption of phosphorus and calcium in piglets. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 67, 30-40.
- Pointillart, A., Fontaine, N., Thomasset, M. & Jay, M.E. 1985. Phosphorus utilization, intestinal phosphatases and hormonal control of calcium metabolism in pigs fed phytic phosphorus: soyabean or rapeseed diets. *Nutr. Rep. Int.* 32, 155-167.
- Pointillart, A., Fourdin, A. & Fontaine, N. 1987. Importance of cereal phytase activity for phytate phosphorus utilization by growing pigs fed diets containing triticale or corn. *J. Nutr.* 17, 907-913.
- Pointillart, A., Fourdin, A., Bourdeau, A. & Thomasset, M. 1989. Phosphorus utilization and hormonal control of calcium metabolism in pigs fed phytic phosphorus diets containing normal or high calcium levels. *Nutr. Rep. Inter.* 40, 517-527.
- Reinhart, G.A. & Mahan, D. C. 1986. Effect of various calcium:phosphorus ratios at low and high dietary phosphorus for starter, grower and finishing swine. *J. Anim. Sci.* 63, 457-466.
- Rothschild, M.F. & Christian, L.L. 1988. Genetic control of front-leg weakness in Duroc swine. I. Direct response to five generations of divergent selection. *Livest. Prod. Sci.* 19, 459-471.
- Sandberg, A.S., Larsen, T. & Sandström, B. 1993. High dietary calcium level decreases colonic phytate degradation in pigs fed a rapeseed diet. *J. Nutr.* 123, 559-566.
- SAS Institute Inc. 1989. SAS/STAT User's Guide, Version 6, Fourth Edition. Volume 2. Cary, NC: SAS Inst. Inc., 846 pp.
- Simons, P.C.M., Versteegh, H.A.J., Jongbloed, A.W., Kemme, P.A., Wolters, M.G.E., Beudeker, R.F. & Verschoor, G.J. 1990. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. *Br. J. Nutr.* 64, 525-540.

