

Betydning af grisens basale endogene tab af fosfor (BET-P) for fodermidlers fordøjelighedsværdier

Uffe Pinholt Krogh og Karoline Blaabjerg

SEGES Innovation P/S

STØTTET AF

Svineafgiftsfonden

Hovedkonklusion

Det basale endogene fosfortab i fæces udgør omkring 0,11 til 0,62 g P pr. kg tørstofindtag afhængig af bestemmelsesmetode, foderets sammensætning og grisens vægt.

Ved 400% fytasetilsætning udgør det basale endogene fosfortab omkring 14% og 5% af fordøjeligt P i hhv. korn og sojaskrå samt under 1% af fordøjeligt P i MCP.

Sammendrag

Det basale endogene fosfortab i fæces udgør omkring 0,11 til 0,62 g fosfor (P) pr. kg tørstofindtag afhængig af bestemmelsesmetode, foderets sammensætning og grisens vægt.

Grisens basale endogene fosfortab i fæces er uafhængig af fodringen. Ved 400% fytasetilsætning udgør det basale endogene fosfortab omkring 14% af fordøjeligt P i korn, 5% i sojaskrå og under 1% af fordøjeligt P i MCP. Fordøjelighed af fosfor i korn og sojaskrå undervurderes i forhold til MCP, når der anvendes tilsyneladende fordøjeligheder. Dog vurderes det at denne fejlvurdering af fosforfordøjeligheden i korn og sojaskrå, på nuværende tidspunkt, har mindre betydning for grisenes fosforforsyning. Dette skyldes dels, at normerne for fordøjeligt fosfor i grisefoder er fastsat ved brug af dosis-responsforsøg, hvor mængden af fordøjeligt fosfor reguleres vha. iblanding af MCP. Derudover er der andre faktorer, f.eks. foderets Ca-indhold og fytaseniveau, som har større betydning for fosforfordøjeligheden. Derfor vurderes det, at der er behov for at optimere andre faktorer for grisenes fosforforsyning før, der tages højde for grisenes BET-P.

Baggrund

Fordøjeligheden af fosfor i det danske fodermiddelvurderingssystem er baseret på tilsyneladende fækale fordøjeligheder (ATTD) [1], som beskriver andelen af fodermidlernes totale fosforindhold som fjernes (fordøjes og absorberes) i grisens mave-tarmsystem. Udover at fordøje og absorbere fosfor udskiller grisen også fosfor til mave-tarmsystemet (endogent fosfor) via spyt, kirtler i maven, galde, bugspytenzymer og via tab af tarmceller. Det endogene fosfor-tab opdeles typisk i et basalt (BET-P) og et specifikt endogent tab af fosfor (SET-P). Det BET-P beskriver grisens udskillelse af P, som er uafhængig af grisens fodring, mens SET-P beskriver grisens udskillelse af fosfor, som er koblet til f.eks. foderets fibersammensætning.

Det BET-P udgør en større procentandel af fosfor i fodermidler med lavt fosforindhold (f.eks. korn), men kun en lille procentandel af fosfor i et fodermiddel som monocalcium fosfat (MCP) med et højt fosforindhold. Standardiseret fækal fordøjelighed af fosfor (STTD-P) tager højde for det BET-P, og giver derfor en mere præcis sammenligning af det fordøjelige fosforbidrag fra forskellige fodermidler.

Formålet med dette notat er at:

- 1) Få overblik over størrelsen af BET-P hos vækstgrise.
- 2) Beskrive betydningen af BET-P ved at beregne STTD-P for de hyppigst anvendte fodermidler.

Notatet opdelt i følgende to dele i forhold til notatets formål:

- Basal endogen tab af fosfor (BET-P) hos vækstgrise
- Standardiseret fækal fordøjelighed (STTD) for de hyppigst anvendte fodermidler

Basalt endogent tab af fosfor (BET-P) hos vækstgrise

Størrelsen af BET-P hos vækstgrise er blevet belyst ved at samle resultater fra litteratur og fra egne forsøg. Resultaterne er opdelt ud fra de anvendte metoder til bestemmelse af BET-P (**Tabel 1**).

Direkte metode:

- BET-P er bestemt på baggrund af fosfor udskilt i fæces fra grise fodret med en enkelt foderblanding uden fosfor eller 100% fordøjeligt fosfor.

Regressionsmetode:

- BET-P er bestemt på baggrund af fosfor udskilt i fæces fra grise fodret med flere foderblandinger som varierer i fosforindhold. Det BET-P er derefter beregnet som skæringspunktet for den lineære sammenhæng mellem absorberet fosfor (Y) og fosforindtag via foder (X).

Total opsamling af fæces

- BET-P er bestemt ved at veje den samlede mængde fæces og analysere koncentrationen af fosfor i den opsamlede fæces (koncentration x mængde). Den samlede mængde udskilte fosfor er herefter udtrykt per kg tørstofindtag.

Markørmetode (Indeksmetode):

- BET-P er bestemt ud fra den analyserede koncentration af fosfor i opsamlet fæces samt markørkoncentration i foder og fæces. Beregnet som:
$$\text{BET-P, g/kg DM} = \text{P-fæces, g/kg DM} \times (\text{Markør-foder, g/kg DM} / \text{Markør-fæces, g/kg DM}).$$

Tabel 1. oversigt over basal endogen tab af fosfor (BET-P) hos vækstgrise, hvor BET-P er bestemt med forskellige bestemmelsesmetoder og forudsætninger for typer og niveau af fiber- og proteinkilder.

Bestemmelsesmetode			n per gruppe	Vægt, kg	BET-P	Ref.
Direkte ¹ / regression ²	Total ³ / Markør ⁴	Foderbeskrivelse			g/kg tørstof	
Direkte	Total	P fri foderblanding (stivelse, sukker, gelatine baseret blanding)	8	20	0,160	[2]
Direkte	Total	P fri foderblanding (stivelse, sukker, gelatine baseret blanding)	10	19	0,176	[3]
Direkte	Total	100% fordøjeligt P blanding (stivelse, sukker, porcine blodplasma baseret blanding)	10	19	0,338	[3]
Direkte	Total	100% fordøjeligt P blanding (stivelse, sukker, kasein baseret blanding)	10	19	0,234	[3]
Direkte	Total	P fri foderblanding (stivelse, sukker, kartoffelprotein baseret blanding)	10	19	0,374	[3]
Direkte	Total	P fri foderblanding (stivelse, sukker, gelatine baseret blanding)	6	55	0,129	[4]
Direkte	Total	P fri foderblanding (stivelse, sukker, gelatine baseret blanding)	7	53	0,139	[5]
Direkte	Total	P fri foderblanding (stivelse, sukker, gelatine baseret blanding samt 10% cellulose)	8	37	0,206	[6]
Direkte	Total	P fri foderblanding (stivelse, sukker, gelatine baseret blanding samt 10% pektin)	8	37	0,350	[6]
Direkte	Total	P fri foderblanding (stivelse, sukker, gelatine baseret blanding samt 10% silica sand)	8	37	0,252	[6]
Direkte	Total	P fri foderblanding (stivelse, sukker, gelatine baseret blanding samt 10% savsmuld)	8	37	0,431	[6]
Direkte	Total	P fri foderblanding (stivelse, sukker baseret blanding)	6	30	0,224	[7]
Gennemsnit				32	0,251	
Direkte	Markør	100% fordøjeligt P blanding (stivelse, sukker, Bovin blodplasma baseret blanding og 0% guar gum)	8	55	0,377	[8]
Direkte	Markør	100% fordøjeligt P blanding (stivelse, sukker, Bovin blodplasma baseret blanding og 2.5% guar gum)	8	55	0,429	[8]
Direkte	Markør	100% fordøjeligt P blanding (stivelse, sukker, Bovin blodplasma baseret blanding og 5.0% guar gum)	8	55	0,531	[8]
Direkte	Markør	100% fordøjeligt P blanding (stivelse, sukker, Bovin blodplasma baseret blanding og 7.5% guar gum)	8	55	0,620	[8]
Direkte	Markør	P fri foderblanding (stivelse og sukker baseret blanding)	16	91	0,236	[9]
Direkte	Markør	P fri foderblanding (stivelse og sukker baseret blanding samt 20% inulin)	16	91	0,317	[9]
Direkte	Markør	P fri foderblanding (stivelse og sukker baseret blanding samt 25% cellulose)	16	91	0,343	[9]
Direkte	Markør	P fri foderblanding (stivelse og sukker baseret blanding)	6	30	0,406	[7]
Gennemsnit				65	0,407	
Regression	Total	P holddige foderblandinger baseret på blodplasma fra grise (lavt, medium og højt P-indhold)	3x6	55	0,154	[4]
Regression	Total	P holddige foderblandinger baseret på kasein and Mono-Na-fosfat (lavt, medium og højt P-indhold)	12	27	0,110	[10]
Regression	Total	P holddige foderblandinger baseret på kasein and Mono-Na-fosfat (lavt, medium og højt P-indhold)	12	59	0,156	[10]
Regression	Total	P holddige foderblandinger baseret på kasein and Mono-Na-fosfat (lavt, medium og højt P-indhold)	12	98	0,226	[10]
Gennemsnit				60	0,161	
Gennemsnit på tværs af metode				61	0,288	

¹ **Direkte:** Det basale endogene tab af fosfor er bestemt på baggrund af fosfor udskilt i fæces fra grise fodret med en foderblanding uden fosfor eller 100% fordøjeligt fosfor.

² **Regression:** Det basale endogene tab af fosfor er bestemt som skæringspunktet for den lineære sammenhæng mellem absorberet fosfor (Y) og fosforindtag via foder (X).

³ **Total:** Det basale endogene tab af fosfor (BET-P) er bestemt som det samlede mængde udskilt fosfor i fæces (koncentration x mængde) udtrykt per kg tørstofindtag.

⁴ **Markør:** Det basale endogene tab af fosfor (BET-P) er bestemt vha. markørkoncentration i foder og fæces som: $BET-P, g/kg DM = P-fæces, g/kg DM \times (Markør-foder, g/kg DM / Markør-fæces, g/kg DM)$.

Standardiserede fækale fordøjeligheder af fosfor (STTD-P) for de hyppigst anvendte fodermidler

Det overordnede gennemsnit i gennemgang af BET-P i tabel 1 (0,288 g P pr. kg tørstof) blev anvendt til beregning af standardiserede fækale fordøjeligheder af fosfor af de hyppigst anvendte fodermidler (**Tabel 2**). Der er taget udgangspunkt i Fodermiddeltabellens værdier for fosforindhold i fodermidlerne [11].

Det basale endogene fosfortab (BET-P) udgør en relativ stor del af fordøjeligt P, når der ikke er tilsat fytase til foderet. For korn-fodermidler udgør BET-P omkring 30-35% af fordøjeligt P, omkring 10% for sojaskrå, mens det er næsten uden betydning for monocalciumfosfat pga. det høje indhold af fordøjeligt fosfor.

Ved 400% fytase-tilsætning udgør BET-P en mindre andel af fordøjeligt fosfor (omkring 15% for korn og omkring 5% for sojaskrå) pga. en betydelig forøgelse i fordøjeligt P ved 400% fytasetilsætning.

Det vurderes, at ulempen ved at indføre et nyt fosforvurderingssystem med standardiserede fosforfordøjeligheder, på nuværende tidspunkt, er større end gevinsten ved de mere sammenlignelige standardiserede fordøjelighedsværdier. Dette skyldes dels, at normerne for fordøjeligt fosfor i grisefoder er fastsat ved brug af dosis-responsforsøg, hvor mængden af fordøjeligt fosfor reguleres vha. iblanding af MCP. Derudover er der andre faktorer som f.eks. betydningen af foderets Ca-indhold for P-fordøjeligheden som ikke adresseres i det nuværende system.

Tabel 2. oversigt over betydning af at medregne grisenes basale endogene tab af fosfor (BET-P) for fodermidlers fordøjelighed.

	Calcium g/kg TS	Fosfor g/kg TS	Fosfordøjelighed (ATTD)		Standardiseret fosfordøjelighed (STTD)		STTD ift. ATTD	
			0% fytase % ¹	400% fytase % ¹	0% fytase % ¹	400% fytase % ¹	0% fytase %	400% fytase %
Monocalciumfosfat (MCP)	160.40	231.3	67 (100)	67 (100)	67 (100)	67 (100)	100	100
Byg	0.48	3.3	30 (45)	58 (87)	39 (58)	67 (99)	129	115
Hvede	0.34	2.9	28 (42)	62 (93)	38 (56)	72 (107)	135	116
Rug	0.39	2.9	28 (42)	60 (90)	38 (56)	70 (104)	135	116
Triticale	0.42	3.3	28 (42)	61 (91)	37 (55)	70 (104)	131	114
Havre	0.87	3.3	27 (40)	55 (82)	36 (53)	64 (95)	132	116
Hvedeklid	1.20	9.9	20 (30)	62 (93)	23 (34)	65 (97)	115	105
Majs	0.10	2.7	20 (30)	60 (90)	31 (46)	71 (105)	153	118
Sojaskrå, afskallet	3.97	7.2	39 (58)	69 (103)	43 (64)	73 (109)	110	106
Solsikkekrå, delvist afskallet	4.27	12.0	15 (22)	46 (69)	17 (26)	48 (72)	116	105
Solsikkecake	3.20	8.1	15 (22)	46 (69)	19 (28)	50 (74)	124	108
Rapsskrå	8.20	12.1	27 (40)	59 (88)	29 (44)	61 (91)	109	104
Rapscake	8.20	11.3	27 (40)	59 (88)	30 (44)	62 (92)	109	104
Sojaproteinkoncentrat (HP300)	4.07	8.3	39 (58)	69 (103)	42 (63)	72 (108)	109	105
Kartoffelprotein	0.49	1.9	67 (100)	67 (100)	82 (122)	82 (122)	122	122
Fiskemel	29.10	22.8	70 (104)	70 (104)	71 (106)	71 (106)	102	102
Blodplasma	0.59	1.0	55 (82)	55 (82)	85 (127)	85 (127)	155	155
Ært	0.79	4.2	45 (67)	63 (94)	52 (77)	70 (104)	115	111
Hestebønne	1.39	5.3	37 (55)	47 (70)	42 (63)	52 (78)	115	112
Lupin	3.19	4.6	50 (75)	59 (88)	56 (84)	65 (97)	112	111
Sojaskaller	6.10	1.3	38 (57)	69 (103)	60 (90)	91 (136)	158	132

¹ i parentes angives fordøjeligheden i procent af fordøjeligheden af monocalciumfosfat (MCP).

² BET-P er det basale endogene tab af fosfor. Til beregning af standardiserede fordøjeligheder (STTD) blev der anvendt et BET-P niveau på 0.288 g pr kg tørstof på baggrund af litteraturgennemgang.

Konklusion

Anvendelse af standardiserede fosforfordøjeligheder, hvor der tages højde for grisens basale endogene fosfortab i fæces, vil give mere retvisende sammenligninger af forskellige fodermidler.

Det vurderes dog, at der er behov for at optimere andre faktorer for grisenes fosforforsyning før der tages højde for grisenes BET-P. Dette er f.eks. betydning af foderet Ca-niveau for fordøjeligheden af P.

Referencer

1. Sloth, N.M., (2024). *Fodermiddeltabellen*. SEGES Innovation 2024.
2. Lee, S.A., M.R. Bedford, and H.H. Stein, (2021). *Comparative digestibility and retention of calcium and phosphorus in normal- and high-phytate diets fed to gestating sows and growing pigs*. *Animal Feed Science and Technology*, **280**: p. 115084.
3. Nelson, M.E., S.A. Lee, and H.H. Stein, (2024). *Effects of different protein sources in low-phosphorus diets on calculated basal endogenous loss of phosphorus by growing pigs*. *Animal Feed Science and Technology*, **310**: p. 115927.
4. Alves, D.A., et al., (2016). *Methodologies for the Determination of Endogenous Phosphorus Losses in Growing Pigs*. *Asian-Australas J Anim Sci*, **29**(11): p. 1632-1638.
5. Petersen, G.I. and H.H. Stein, (2006). *Novel procedure for estimating endogenous losses and measurement of apparent and true digestibility of phosphorus by growing pigs*. *J Anim Sci*, **84**(8): p. 2126-32.
6. Son, A.R., J. Son, and B.G. Kim, (2024). *Effects of type of fiber sources in the phosphorus-free diet on the endogenous losses of phosphorus in growing pigs*. *Animal Feed Science and Technology*, **309**: p. 115896.
7. Krogh, U.P. and K. Blaabjerg, (2026). *ikke publiceret data*. SEGES Innovation.
8. Heyer, C.M.E., et al., (2023). *Effect of increasing dietary fermentable fiber on diet nutrient digestibility and estimation of endogenous phosphorus losses in growing pigs*. *J Anim Sci*, **101**.
9. Bikker, P., et al., (2017). *Endogenous phosphorus losses in growing-finishing pigs and gestating sows*. *J Anim Sci*, **95**(4): p. 1637-1643.
10. Pettey, L.A., G.L. Cromwell, and M.D. Lindemann, (2006). *Estimation of endogenous phosphorus loss in growing and finishing pigs fed semi-purified diets*. *J Anim Sci*, **84**(3): p. 618-26.
11. Sloth, N.M., (2025). *Fodermiddeltabellen*. SEGES Innovation 2025.

BC nr.: 101441

//TSOE//