



Kalcium- och fosforsmältbarhet hos växande hästar

**Digestibility of calcium and phosphorus
in growing horses**

av

Frida Löf

**Institutionen för husdjurens
utfodring och vård**

**Examensarbete 290
30 hp D-nivå**

**Swedish University of Agricultural Science
Department of Animal Nutrition and Management**

Uppsala 2010



Kalcium- och fosforsmältbarhet hos växande hästar

**Digestibility of calcium and phosphorus
in growing horses**

av

Frida Löf

Handledare: Anna Jansson

**Institutionen för husdjurens
utfodring och vård**

**Examensarbete 290
30 hp D-nivå**

**Swedish University of Agricultural Science
Department of Animal Nutrition and Management**

Uppsala 2010

Innehållsförteckning

Abstract	5
Sammanfattning	6
Inledning.....	7
Litteraturstudie	7
Hormoner som påverkar Ca- och P-omsättningen i kroppen.....	7
Vitamin D.....	7
Parathyroideahormon	8
Kalcitonin.....	8
Kalcium	9
Funktion	9
Upptag och smältbarhet.....	9
Utsöndring.....	12
Fosfor	12
Funktion	12
Upptag och smältbarhet.....	13
Utsöndring.....	16
Ca/P-kvot.....	16
Ca- och P-behovet för växande hästar.....	17
Lösligt P i träck och övergödning	17
Egen studie	18
Syfte	18
Material och metoder	18
Beskrivning av hästmateriäl	18
Försöksuppläggning	18
Förberedelse för analys	20
Analys.....	20
Beräkning av smältbarhet.....	20
Statistisk analys	21
Resultat.....	21
Lösligt P	26
Diskussion.....	27
Smältbarhet på Ca och P	27
Daglig endogen utsöndring i träcken	28
Sann smältbarhet	28
Ca- och P-behov för växande hästar	29

Studiens svagheter.....	30
Slutsats	31
Tack till	31
Referenser.....	31

Abstract

In the latest edition of NRC (2007) the feeding recommendations for Ca and P to growing horses were increased with 35 and 25 %, respectively, based on results from a Canadian study showing that daily endogenous fecal losses of Ca and P were greater than previously suggested. A Ca absorption efficiency of 50 % is used for all horses. However, the true absorption efficiency might be as high as 70 % in young horses. P absorption efficiency is assumed to be higher for growing horses because their diets are often supplemented with inorganic P. Thus, an efficiency of 45 % is used for growing horses as compared to 35 % for mature horses. The aim of this study was to measure the digestibility of Ca and P in some Swedish feedstuff in growing horses. An additional aim was to analyze the proportion of soluble P in horse feces.

Four yearling Standardbred horses from Västerbo Stuteri were used in a cross-over design with two different diets. One diet consisted of roughage alone and one of roughage and oats. The trial started with a ten day adaptation period. Thereafter a collection period of six days followed when feces were collected 10 hours per day and total feed intake was registered.

Feed and feces samples were analyzed for Ca and P to calculate digestibility and soluble P. The average apparent Ca and P digestibility did not differ between diets and were 63 ± 4 % and 23 ± 7 %, respectively, on the roughage-only diet and 49 ± 4 % and 21 ± 7 %, respectively, on the roughage and oats diet. Using regression analyses, daily endogenous fecal Ca and P were predicted to be 23 and 9 mg/kg body weight, respectively. The results from this study cannot confirm that the increase in Ca- and P-recommendations to growing horses (NRC, 2007) is justified but agrees with the results on which the previous NRC recommendations were based. The study also indicates that most of the P (92-93 %) in horse feces is soluble which mean that it should be gently handled to avoid environmental damage. It also implies that horse feces are a good P fertilizer.

Sammanfattning

År 2007 höjde NRC (National Research Council) utfodringsrekommendationerna för Ca och P till växande hästar med 35 respektive 25 % baserat på resultat från en kanadensisk studie där man kom fram till att de endogena förlusterna av Ca och P var större än man tidigare trott. Vid beräkning av Ca-behovet används 50 % smältbarhet för alla hästar trots att unga hästars sanna smältbarhet kan vara så hög som 70 %. Då växande hästars foderstater ofta kompletteras med oorganiskt P har man antagit en P-smältbarhet på 45 % för dem jämfört med 35 % för vuxna hästar. Syftet med den här studien var att undersöka Ca- och P-smältbarheten på svenska foderstater hos unga hästar. Ytterligare ett syfte var att ta reda på halten lösligt P i hästräck.

Fyra ettåriga varmblodiga travhästar på Västerbo Stuteri användes i en cross-over design med två olika foderstater. En foderstat bestod av bara vallfoder och en foderstat bestod av vallfoder och havre. Försöket inleddes med en tillvänjningsperiod på tio dagar. Därefter följde en sex dagar lång träcksamlingsperiod då träck samlades 10 timmar per dygn och totalt foderintag registrerades.

Träck- och foderprover analyserades för bland annat Ca och P för att kunna beräkna smältbarhet och lösligt P. Den genomsnittliga skenbara Ca- och P-smältbarheten skiljde sig inte mellan de två foderstaterna och var 63 ± 4 % respektive 23 ± 7 % på vallfoderstaten och 49 ± 4 % respektive 21 ± 7 % på havrefoderstaten. De dagliga endogena förlusterna av Ca och P i träcken beräknades med hjälp av regressionsanalys. Enligt regressionsekvationen var Ca-utsöndringen i träcken ca 23 mg/kg kroppsvikt vid noll Ca-intag och P-utsöndringen ca 9 mg/kg kroppsvikt vid noll P-intag. Resultaten från denna studie kan inte bekräfta att höjningen av Ca- och P-rekommendationen till växande hästar (NRC, 2007) är befogad utan stämmer bättre med de resultat som föregående NRC-rekommendationer baserades på. Studien antyder också att större delen (92-93 %) av det P som finns i hästräck är lösligt vilket innebär att det bör hanteras varsamt för att undvika skador på miljön. Det innebär också att hästräck är ett bra P-gödningsmedel.

Inledning

De svenska utfodringsrekommendationerna för häst (Jansson m.fl., 2004) bygger på den mest omfattande genomgången av vetenskaplig litteratur som finns på området, den amerikanska publikationen "Nutrient requirements of horses" av the National Research Council (NRC). I 2007 års upplaga av NRC har det uppskattade behovet av kalcium (Ca) och fosfor (P) till växande hästar höjts med ca 35 respektive 25 % baserat på resultat från en studie av Cymbaluk m.fl. (1989) där man kom fram till att de endogena förlusterna av Ca och P var större än man tidigare trott. En höjning av rekommendationerna i den här storleksordningen har stor betydelse i den praktiska utfodringen av unghästar och innebär att många fler svenska foderstater än tidigare måste kompletteras med Ca och P och i många fall med förhållandevis stora mängder. Det finns dock också några studier som visat att unghästarnas förmåga att ta upp Ca och P kan vara bättre än man tidigare observerat, vilket NRC har fäst mindre vikt vid. Det finns därför utrymme för viss tveksamhet kring huruvida en höjning är nödvändig. Om den inte är nödvändig innebär det en kraftig överutfodring. Även om mycket Ca och P inte behöver vara skadligt för hästen och överskottet utsöndras är det oacceptabelt att överdosera, dels ur ett ekonomiskt perspektiv men också för att framförallt fosforframställningen och fosforutsläpp kan ha negativa effekter ur ett miljöperspektiv. De fosforåvfall som används inom industri och jordbruk (konstgödsel och mineralfoder) kommer idag från gruvor och är sålunda en ändlig resurs. P som sprids på jordytan riskerar också att följa med regn- och snösmältningsvatten till vattendrag och hav och därmed bidra till övergödning. P bör därför behandlas varsamt och användas på ett effektivt sätt (Bertilsson m.fl., 2005). Syftet med det här examensarbetet var att göra en litteraturstudie av Ca- och P-smältbarheten på olika foderstater hos unghästar och att under svenska förhållanden undersöka Ca- och P-smältbarheten på en foderstat bestående av bara vallfoder och en foderstat bestående av vallfoder och havre hos ettåriga hästar. Ytterligare ett syfte var att ta reda på halten lösligt P i träcken från samma hästar.

Litteraturstudie

Omsättningen av Ca och P i kroppen styrs av kalcium- (Ca^{2+}) och fosfatjonkoncentrationen i plasman, som är reglerad av olika hormoner för att upprätthålla homeostas. Ca och P tas upp till plasman genom absorption från tarmen eller via resorption från skelettet och lämnar plasman via utsöndring i urinen, endogen utsöndring i tarmen eller genom deposition i skelettet. Behovet av Ca och P varierar mycket mellan olika faser i livet. Unga, växande djur behöver extra Ca och P för mineralisering av ben. Fosterutveckling och mjölkproduktion ökar också behovet av dessa mineraler (Sjaastad m.fl., 2003).

Hormoner som påverkar Ca- och P-omsättningen i kroppen

Vitamin D

Hormonet kalcitriol är den aktiva formen av vitamin D och bildas i njurarna genom hydroxylering av 25(OH)-vitamin D₃ till 1,25(OH)₂-vitamin D₃. Parathyroideahormon och en låg plasmakoncentration av fosfatjoner stimulerar bildandet av kalcitriol i njurarna medan hyperkalcemi och hyperfosfatemi hämmar produktionen av kalcitriol. Kalcitriol stimulerar transporten av Ca^{2+} och fosfatjoner från tarmar till blod och behövs även för att osteoblaster

och osteoklaster (benuppbyggande respektive bennedbrytande celler) ska fungera normalt (Sjaastad m.fl., 2003).

Det finns två kemiska former av vitamin D, vitamin D₂ och vitamin D₃. Vitamin D₂ (ergokalciferol) finns i växter och kommer till djuret via fodret. Epitelcellerna i huden producerar 7-dehydrokolesterol, som är ett förstadium till vitamin D₃ (kolekalciferol). Energin i ultraviolett ljus (solljus) absorberas av 7-dehydrokolesterol som då omvandlas till vitamin D₃. Både vitamin D₂ och D₃ transporteras till levern där de hydroxyleras och bildar 25(OH)-vitamin D₃ (kalcidiol) som utgör lagringsformen för vitamin D (Sjaastad m.fl., 2003).

I ett försök utfört av El Shorafa m.fl. (1979) såg man att växande hästar utan både vitamin D-intag och tillgång till solljus hade en minskad aptit, svårighet att stå samt sämre skelettillväxt och -utveckling jämfört med hästar med tillgång till antingen solljus eller vitamin D. Studier har dock visat att hästar har en lägre plasma- och serumkoncentration av både kalcidiol och kalcitriol än människor och andra djur (Mäenpää m.fl., 1988, Breidenbach m.fl. 1998). Ytterligare en skillnad är att hästens Ca- och kalcitriolkoncentration i plasman inte ökar i samma grad som hos andra djur vid injektion av höga doser vitamin D medan P-koncentrationen visar en kraftig ökning. Detta leder till en ökad Ca x P produkt och ibland även till mineralisering av mjuka vävnader, om intaget av Ca och P ej begränsas (Harmeyer & Schlumbohm, 2004). Med anledning av de ovan nämnda olikheterna finns det anledning att anta att funktionen och omsättningen av vitamin D hos hästar skiljer sig från andra däggdjur.

Parathyroideahormon

Parathyroideahormon (PTH eller parathormon) produceras i bisköldkörtlarna. PTH verkar för att höja Ca²⁺-koncentrationen i den extracellulära vätskan i kroppen. När PTH binder till membranreceptorer i målcellerna ökar den intracellulära koncentrationen av cykliskt AMP. Detta leder i sin tur till att vissa enzymer och transportmekanismer som ökar resorptionen av ben och att bildandet av kalcitriol i njurarna aktiveras. Utsöndringen av PTH regleras främst av Ca²⁺-koncentrationen i plasman. Under normala förhållanden utsöndras PTH kontinuerligt i måttliga mängder, men då Ca²⁺-koncentrationen i plasman minskar ökar utsöndringen och tvärtom om så minskar utsöndringen då Ca²⁺-koncentrationen ökar (Sjaastad m.fl., 2003).

Det finns både lång- och kortsiktiga effekter av PTH. De kortsiktiga effekterna (minuter till timmar) är att osteoblaster och osteocyter stimuleras för ett ökat frisläppande av Ca och P från skelettet och att celler i njurarna stimuleras för ett ökat återupptag av Ca och minskat återupptag av P. De långsiktiga effekterna (dagar till veckor) är en ökad syntes av kalcitriol i njurarna, vilket leder till ett ökat upptag av Ca och P från tarmarna, samt en ökning av både antalet och aktiviteten hos osteoklaster (Sjaastad m.fl., 2003).

Kalcitonin

Kalcitonin produceras i sköldkörteln och ingår i regleringen av Ca-homeostasen där den har som uppgift att sänka Ca²⁺-koncentrationen i plasman (Rourke, m.fl., 2009). Kalcitonin minskar antalet osteoklaster så att benresorptionen hindras. Detta leder till en minskad Ca och P transport från ben till plasma. Dessutom ökar hormonet Ca²⁺-utsöndringen i urinen. När Ca²⁺-koncentrationen i plasman ökar, ökar kalcitoninutsöndringen. Även matsmältningshormoner som gastrin, sekretin och CCK stimulerar produktion av kalcitonin, troligtvis för att undvika en allt för hög Ca²⁺-koncentration i plasman efter intag av en Ca-rik måltid (Sjaastad m.fl., 2003).

Kalcium

Funktion

Hästroppen innehåller ungefär 16 g Ca per kg (Schryver m.fl., 1974) och cirka 99 % av kroppens Ca finns i skelettet (Sjaastad m.fl., 2003). I benvävnaden finns Ca främst i form av kristaller bestående av kalciumfosfat, så kallad hydroxyapatit, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Det resterande Ca i kroppen (ca 1 %) återfinns i kroppens vätskor och andra vävnader i en löslig form antingen bundet till proteiner eller som fria Ca^{2+} (Sjaastad m.fl., 2003).

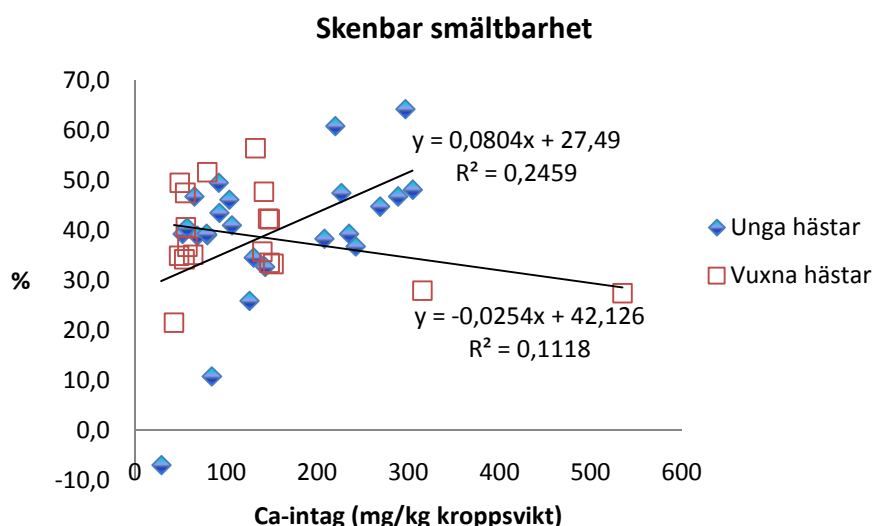
Ca är mycket viktigt för muskel-, nerv- och hormonfunktioner i kroppen. Koncentrationen av Ca^{2+} i den extracellulära vätskan är högre än i cytosolen. Utbytet av Ca^{2+} mellan dessa regleras med hjälp av jonkanaler och transportproteiner i cellmembranet. Inuti celler lagras Ca i mitokondrier och i det glatta endoplasmatiska retiklet. I tvärstrimmiga muskelceller kallas den Ca-innehållande delen av det glatta endoplasmatiska retiklet för sarkoplasmatiska retiklet. Frisläppande av Ca^{2+} därifrån initierar muskelkontraktion, medan Ca^{2+} -koncentrationen i cytosolen är låg då muskeln är avslappnad (Sjaastad m.fl., 2003).

Upptag och smältbarhet

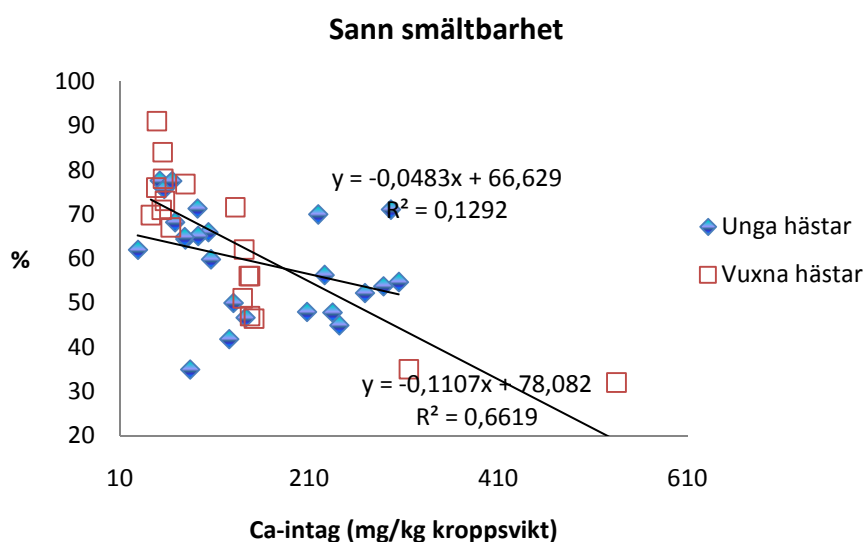
Största delen av Ca-upptaget sker i övre delen av tunntarmen, men även den lägre delen kan spela en viktig roll för upptaget (Schryver, m.fl., 1970a). Ca tas upp från tarmarna genom aktiv och passiv transport. Detta Ca ska ersätta förlusterna av Ca i träck och urin (underhållsbehovet). För växande djur tillkommer behovet av Ca för mineralisering av skelettet. Det aktiva upptaget styrs främst av hormonet kalcitriol som är den aktiva formen av vitamin D (Sjaastad m.fl., 2003).

Upptaget och smältbarheten av Ca i fodret påverkas, förutom av hästens behov, av fodrets innehåll av t.ex. Ca, magnesium (Mg), P, fytas och oxalsyra. I vissa studier har man sett att en högre Ca-koncentration i foderstaten minskar den skenbara Ca-smältbarheten (Schryver m.fl., 1970b, van Doorn m.fl., 2004b) medan man i andra studier inte sett någon skillnad (Moffett m.fl., 2002). Retentionen av Ca ökar dock vid ökat Ca-intag (Schryver m.fl., 1970b, Moffett m.fl., 2002). Hintz och Schryver (1973) såg att en ökad Mg-koncentration i dieten (0,89 % jämfört med 0,16 och 0,31 %) ledde till en ökad skenbar Ca-smältbarhet. I en studie av van Doorn m.fl. (2004a) fann man att fytat sänkte den skenbara Ca-smältbarheten. Man såg även att en tillsats av fytas till fytatrika foderstater förbättrade den skenbara Ca-smältbarheten. Att ett högt P-intag minskar Ca-upptaget har dokumenterats av Schryver m.fl. (1971a) och van Doorn m.fl. (2004a, 2003a). När en foderstat innehållande 1 % oxalsyra utfodrades såg Swartzman m.fl. (1978) en kraftig minskning av Ca-upptaget. Däremot fann Hintz m.fl. (1984) ingen skillnad i skenbar Ca-smältbarhet när ponnyer utfodrades lusernhö med Ca/oxalsyra-kvot på 1,7 eller 3,0.

Skenbar Ca-smältbarhet $((\text{Ca-intag} - \text{Ca träck})/\text{Ca-intag})$ och skattad sann Ca-smältbarhet $((\text{Ca-intag} - (\text{Ca träck} - \text{endogent Ca träck}))/\text{Ca-intag})$ vid olika Ca-intag från åtta olika studier med både växande och vuxna hästar och ponnyer kan ses i tabell 1. För att få en uppfattning av dieterna som använts i studierna anges även Ca/P-kvot. I figur 1 och 2 är värdena för den skenbara respektive sanna smältbarheten plottade mot Ca-intaget. Det finns en negativ korrelation mellan vuxna hästars Ca-intag och sann Ca-smältbarhet, men i övrigt är sambanden mycket svaga. Medelvärde för skenbar smältbarhet från dessa studier var 40 % för unga hästar och 39 % för vuxna hästar och för den skattade sanna smältbarheten 59 % respektive 64 %.



Figur 1. Den skenbara Ca-smältbarheten (%) vid olika Ca-intag (mg/kg kroppsvikt) från åtta olika studier med unga och vuxna hästar.



Figur 2. Skattad sann Ca-smältbarheten (%) vid olika Ca-intag (mg/kg kroppsvikt) från åtta olika studier med unga och vuxna hästar.

Tabell 1. Resultatet från åtta olika studier på Ca-utsöndring i urin (% av intag), skenbar smältbarhet (%) samt skattning av sann smältbarhet (%)*. Tabellen fortsätter på nästa sida.

Referens	Antal och typ av hästar	Ca/P (kvot)	Ca-intag (mg/kg kroppsvikt)	Ca urin (% av intag)	Sk Ca-smb (%)	Sann Ca-smb * (%)
Schryver m.fl. (1970b)	4 UP	0,4	29	19,0	-7,0	62
Schryver m.fl. (1970b)	4 UP	1,9	130	16,2	34,6	50
Schryver m.fl. (1970b)	4 UP	4,3	242	13,6	36,8	45
Schryver m.fl. (1971a)	4 UP	2,0	103	25,8	46,2	66
Schryver m.fl. (1971a)	4 UP	0,3	84	4,3	10,8	35
Hintz & Schryver (1972)	4 VP	1,5	43	15,9	21,5	70
Hintz & Schryver (1972)	4 VP	1,3	58	19,4	36,7	73

Fortsättning tabell 1. Resultatet från åtta olika studier på Ca-utsöndring i urin (% av intag), skenbar smältbarhet (%) samt skattning av sann smältbarhet (%)*

Referens	Antal och typ av hästar	Ca/P (kvot)	Ca-intag (mg/kg kroppsvikt)	Ca urin (% av intag)	Sk Ca-smb (%)	Sann Ca-smb* (%)
Hintz & Schryver (1972)	4 VP	1,5	54	17,3	34,2	71
Hintz & Schryver (1972)	4 VP	1,5	64	15,3	35,1	67
Cymbaluk m.fl. (1989)	9 (8 mån) UH	1,5	220	-	60,9	70
Cymbaluk m.fl. (1989)	9 (8 mån) UH	1,5	296	-	64,3	71
Cymbaluk m.fl. (1989)	9 (11 mån) UH	1,5	226	-	47,5	56
Cymbaluk m.fl. (1989)	9 (11 mån) UH	1,6	269	-	44,8	52
Cymbaluk m.fl. (1989)	9 (14 mån) UH	1,8	235	-	39,3	48
Cymbaluk m.fl. (1989)	9 (14 mån) UH	1,8	305	-	48,2	55
Cymbaluk m.fl. (1989)	9 (17 mån) UH	1,8	208	-	38,4	48
Cymbaluk m.fl. (1989)	9 (7 mån) UH	1,8	288	-	46,9	54
Cymbaluk m.fl. (1989)	9 (24 mån) UH	1,5	126	-	25,9	42
Cymbaluk m.fl. (1989)	9 (24 mån) UH	1,5	143	-	32,7	47
Cymbaluk m.fl. (1989)	4 VP	1,5	152	-	33,3	46
Cymbaluk m.fl. (1989)	4 VP	1,8	132	-	56,5	72
Cymbaluk m.fl. (1989)	4 VP	1,4	79	-	51,6	77
Moffett m.fl. (2002)	5 (1 år) UH	1,4	79	10,4	39,1	64
Moffett m.fl. (2002)	5 (1 år) UH	1,4	92	4,4	43,5	65
Moffett m.fl. (2002)	5 (1 år) UH	1,4	106	10,2	41,1	60
Moffett m.fl. (2002)	5 (1 år) UH	1,4	68	11,7	39,0	68
Moffett m.fl. (2002)	5 (1 år) UH	1,4	78	5,3	39,4	65
Moffett m.fl. (2002)	5 (1 år) UH	1,4	92	9,7	49,6	71
Moffett m.fl. (2002)	5 (1 år) UH	1,1	52	25,1	39,3	78
Moffett m.fl. (2002)	5 (1 år) UH	1,1	57	4,9	40,6	76
Moffett m.fl. (2002)	5 (1 år) UH	1,1	65	18,5	46,8	78
van Doorn m.fl. (2003a)	6 VP	1,5	55	61,7	47,5	84
van Doorn m.fl. (2003a)	6 VP	1,5	49	62,2	49,5	91
van Doorn m.fl. (2003a)	6 VP	1,2	148	22,8	33,5	47
van Doorn m.fl. (2003a)	6 VP	1,2	140	26,8	35,7	51
van Doorn m.fl. (2003a)	6 VP	0,5	56	38,5	40,6	78
van Doorn m.fl. (2003a)	6 VP	0,4	49	47,1	34,9	76
van Doorn m.fl. (2004a)	8 VH	3,8	142	46,1	47,7	62
van Doorn m.fl. (2004a)	8 VH	1,6	146	37,5	42,4	56
van Doorn m.fl. (2004b)	6 VP	1,1	148	33,5	42,2	56
van Doorn m.fl. (2004b)	6 VP	2,6	316	19,7	27,9	35
van Doorn m.fl. (2004b)	6 VP	4,3	535	15,8	27,4	32

*Skattning av sann smältbarhet genom att använda 20 mg endogent Ca i träck per kg kroppsvikt och dag (Schryver m.fl. 1970b)

UP = ung ponny (≤ 2 år)

VP = vuxen ponny

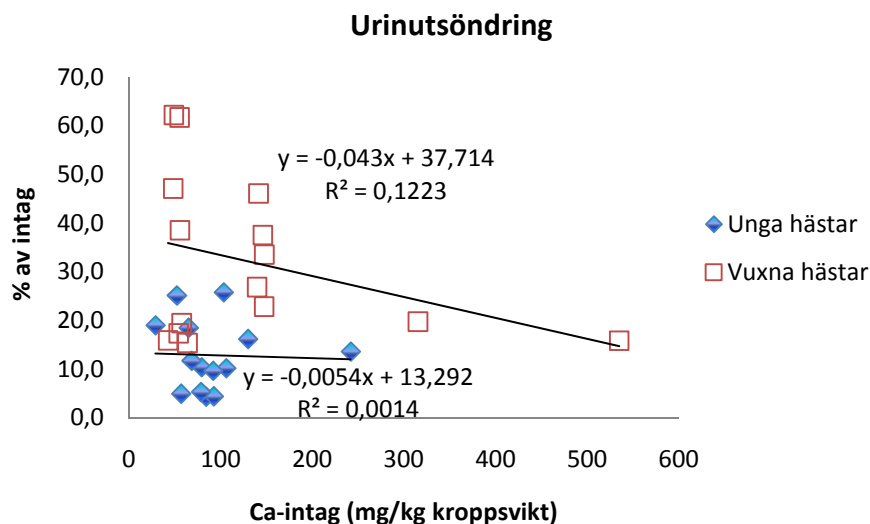
UH = häst (≤ 2 år)

VH = vuxen häst

Utsöndring

Utsöndring av Ca sker via träck och urin. I träcken finns både Ca från fodret och endogent (kroppseget) Ca. Den dagliga utsöndringen av endogent Ca i träcken verkar inte påverkas av Ca-intaget och analyserades i en studie av Schryver m.fl. (1970b) med växande ponnyer till att vara ca 20 mg/kg kroppsvikt medan man i en studie med växande hästar (Cymbaluk m.fl. 1989) beräknade den till 36 mg/kg kroppsvikt. Mängden Ca i urinen är direkt kopplad till intaget (Schryver m.fl., 1970b, 1983, van Doorn m.fl., 2003b) och hästens Ca-status (Schryver m.fl., 1983). Jämfört med idisslare utsöndrar hästar mindre Ca i träcken och mer Ca i urinen. Detta tyder på att hästar har ett bättre upptag av Ca än idisslare (Schryver m.fl., 1983). Enligt Van Doorn m.fl. (2003b) är Ca-utsöndringen i saliven liten jämfört med den i urinen och bidrar troligtvis inte till upprätthållandet av homeostas. Ca-koncentrationen i saliven hos ponnyerna i deras studie låg mellan 1,93–4,01 mmol/liter.

I figur 3 finns resultatet från sju av de åtta studierna nämnda i tabell 1 för Ca-utsöndringen i urinen plottade mot Ca-intaget, men det finns inga korrelationer. Det ser dock ut som att unga hästar har en lägre urinutsöndring vid lika intag. Medelvärdet för Ca-utsöndring i urinen (% av intag) från dessa studier var 13 % för unga hästar och 32 % för vuxna hästar.



Figur 3. Utsöndring av Ca i urinen (% av intag) vid olika Ca-intag (mg/kg kroppsvikt) från sju olika studier med unga och vuxna hästar.

Fosfor

Funktion

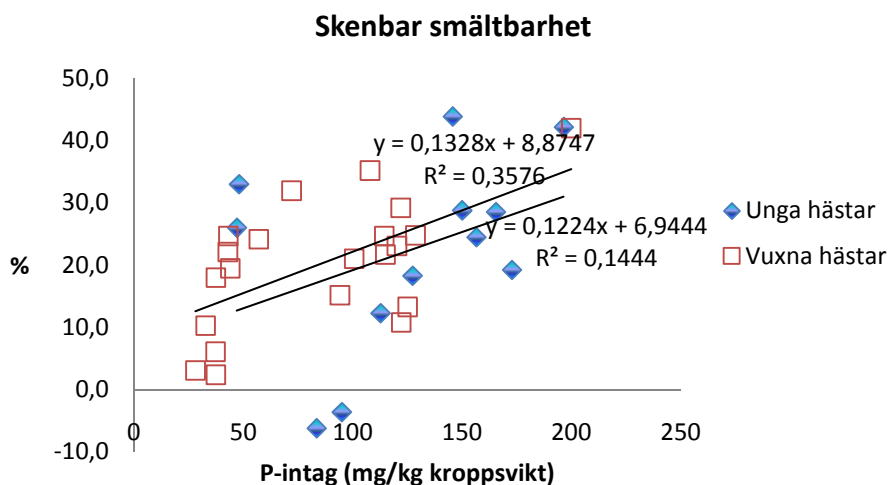
Hästkroppen innehåller ungefär 8 g P per kg (Schryver m.fl., 1974). I kroppen finns P som fosfatjoner ($P_i = H_2PO_4^-$ och HPO_4^{2-}) och som kristaller i benvävnaden bestående av kalciumfosfat (85-90 % av kroppens P). Fosfat ingår också i många proteiner och behövs för syntes av nukleinsyra och fosfolipider samt spelar en viktig roll i energiomsättningen. Fosforylering och defosforylering reglerar många enzyms aktivitet (Sjaastad m.fl., 2003).

Blodplasma innehåller både fritt P_i och P_i bundet till proteiner. När plasmakoncentrationen av P_i sjunker stimulerar calcitriol till ett ökat upptag från tarmen (Sjaastad m.fl., 2003).

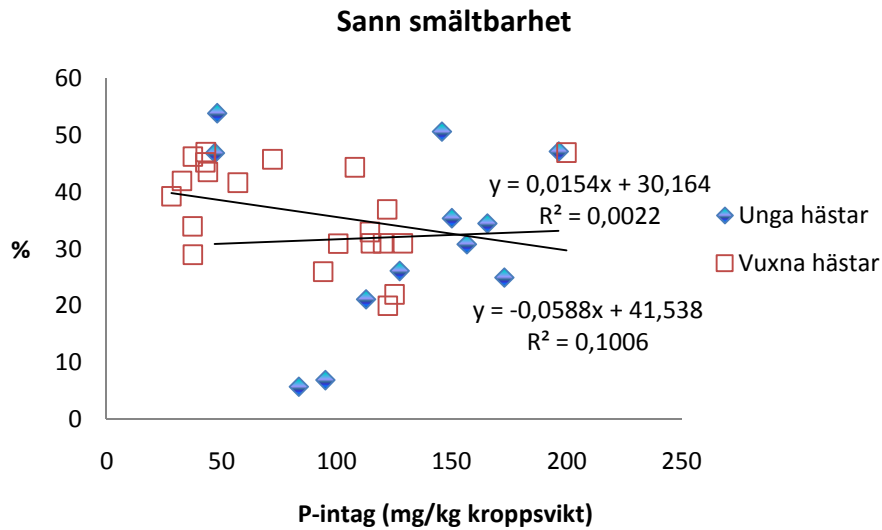
Upptag och smältbarhet

Upptaget av P sker främst i dorsala stora kolon och i lilla kolon, men det sker även en utsöndring av P in i den övre delen av matsmältningskanalen och ett ungefär lika stort upptag i den lägre delen av tunntarmen (Schryver, m.fl., 1972). Upptaget kan påverkas bl.a. av mängden och formen av P i foderstaten, Ca-intaget och närvaro av aluminium i fodret. Vid höga P-intag från fodret ökar den skenbara P-smältbarheten (Schryver m.fl., 1971b, van Doorn m.fl. 2003a, 2004a). I en studie av Hintz & Schryver (1972) kom man fram till att P i fodertillsatserna benmjöl, dikalciumfosfat och mononatriumfosfat var mycket tillgängligt för hästar. Van Doorn m.fl. (2004a) såg i sin studie att fytat-P till viss del var tillgängligt för hästarna och att en tillsats av fytas ökar den skenbara smältbarheten. Även Schryver m.fl. (1971b) har rapporterat att hästar kan tillgodogöra sig en del fytat från fodret. Ett högt Ca-intag kan minska P-smältbarheten (Schryver m.fl., 1971b, van Doorn m.fl., 2004b). När ponnyerna i en studie av Schryver m.fl. (1986) utfodrades med en diet innehållande 4500 ppm aluminium minskade upptaget av P.

Skenbar P-smältbarhet $((P\text{-intag} - P\text{ träck})/P\text{-intag})$ och skattad sann P-smältbarhet $((P\text{-intag} - (P\text{ träck} - \text{endogen P träck}))/P\text{-intag})$ vid olika P-intag från sex olika studier med både växande och vuxna hästar och ponnyer kan ses i tabell 2. För att få en uppfattning av dieterna som använts i studierna anges även Ca/P-kvot. I figur 4 och 5 är värdena för den skenbara respektive sanna smältbarheten plottade mot intaget, men några korrelationer tycks inte finnas eller i alla fall vara låga. Medelvärdet för skenbar smältbarhet från dessa studier var 22 % för unga hästar och 20 % för vuxna hästar och för den skattade sanna smältbarheten 32 % respektive 37 %.



Figur 4. Skenbar P-smältbarhet (%) vid olika P-intag (mg/kg kroppsvikt) från sex olika studier med unga och vuxna hästar.



Figur 5. Skattad sann P-smältbarhet (%) vid olika P-intag (mg/kg kroppsvikt) från sex olika studier med unga och vuxna hästar.

Tabell 2. Resultatet från sex olika studier med unga och vuxna hästar och ponnyer för P-utsöndring i urin (% av intag), skenbar smältbarhet (%) samt skattning av sann smältbarhet (%)*

Referens	Antal och typ av hästar	Ca/P (kvot)	P-intag (mg/kg kroppsvikt)	P urin (% av intag)	Sk P-smb (%)	Sann P-smb* (%)
Schryver m.fl. (1971b)	4 VP	2,0	43	3,5	22,1	45
Schryver m.fl. (1971b)	4 VP	0,7	108	17,6	35,2	44
Schryver m.fl. (1971b)	4 VP	0,3	200	21,0	42,0	47
Schryver m.fl. (1971b)	4 (6-9 mån) UP	0,4	48	10,4	33,0	54
Schryver m.fl. (1971b)	4 (6-9 mån) UP	4,3	47	2,1	26,0	47
Hintz & Schryver (1972)	4 VP	1,5	28	3,5	3,1	39
Hintz & Schryver (1972)	4 VP	1,3	44	3,2	19,5	44
Hintz & Schryver (1972)	4 VP	1,5	38	2,7	18,0	46
Hintz & Schryver (1972)	4 VP	1,5	43	10,0	24,7	47
Cymbaluk m.fl. (1989)	9 (8 mån) UH	1,5	146	-	43,9	51
Cymbaluk m.fl. (1989)	9 (8 mån) UH	1,5	196	-	42,2	47
Cymbaluk m.fl. (1989)	9 (11 mån) UH	1,5	150	-	28,8	35
Cymbaluk m.fl. (1989)	9 (11 mån) UH	1,6	173	-	19,2	25
Cymbaluk m.fl. (1989)	9 (14 mån) UH	1,8	127	-	18,3	26
Cymbaluk m.fl. (1989)	9 (14 mån) UH	1,8	165	-	28,5	35
Cymbaluk m.fl. (1989)	9 (17 mån) UH	1,8	113	-	12,3	21
Cymbaluk m.fl. (1989)	9 (7 mån) UH	1,8	156	-	24,5	31
Cymbaluk m.fl. (1989)	9 (24 mån) UH	1,5	83	-	-6,2	6
Cymbaluk m.fl. (1989)	9 (24 mån) UH	1,5	95	-	-3,6	7
Cymbaluk m.fl. (1989)	4 VP	1,5	101	-	21,0	31
Cymbaluk m.fl. (1989)	4 VP	1,8	72	-	32,0	46
Cymbaluk m.fl. (1989)	4 VP	1,4	57	-	24,2	42
van Doorn m.fl. (2003a)	6 VP	1,5	37	3,3	6,1	34
van Doorn m.fl. (2003a)	6 VP	1,5	33	4,8	10,3	42
van Doorn m.fl. (2003a)	6 VP	1,2	120	11,0	23,1	31
van Doorn m.fl. (2003a)	6 VP	1,2	115	9,1	21,7	31
van Doorn m.fl. (2003a)	6 VP	0,5	122	16,9	29,2	37
van Doorn m.fl. (2003a)	6 VP	0,4	114	16,9	24,7	33
van Doorn m.fl. (2004a)	8 VH	3,8	38	0,2	2,4	29
van Doorn m.fl. (2004a)	8 VH	1,6	94	2,3	15,2	26
van Doorn m.fl. (2004b)	6 VP	1,1	129	6,3	24,8	31
van Doorn m.fl. (2004b)	6 VP	2,6	122	1,9	10,8	20
van Doorn m.fl. (2004b)	6 VP	4,3	125	0,9	13,3	22

*Skattning av sann smältbarhet genom att använda 10 mg endogent P i träck per kg kroppsvikt och dag (Schryver m.fl., 1971b)

UP = ung ponny (≤ 2 år)

VP = vuxen ponny

UH = häst

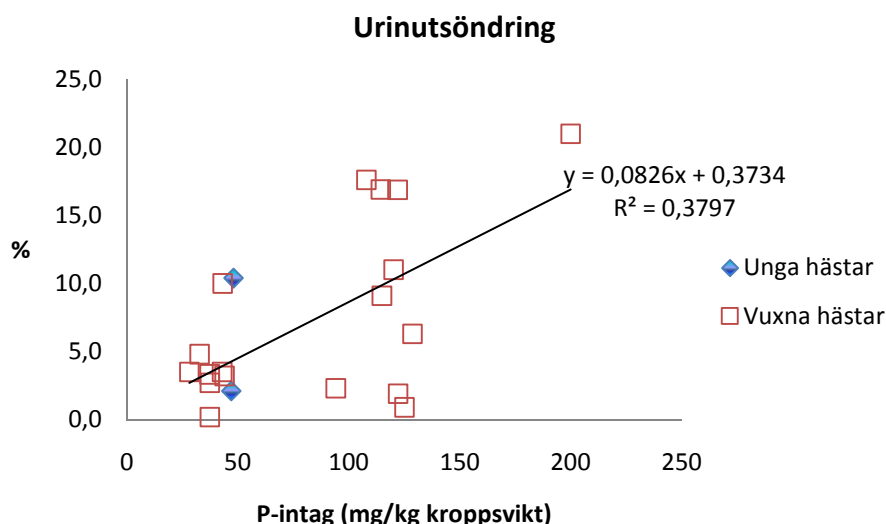
VH = vuxen häst

Utsöndring

Utsöndring av P sker via träck och urin. I träcken finns både P från fodret och endogent P. Den dagliga utsöndringen av endogent P verkar vara konstant och har i en studie av Schryver m.fl. (1971b) med ponnyer och i en studie av Furtado m.fl. (2000) med växande hästar analyserats, med hjälp av isotopmärkt P (^{22}P respektive ^{32}P), till ca 10 mg/kg kroppsvikt medan den i en annan studie (Cymbaluk m.fl., 1989), med växande hästar, beräknades vara 18 mg/kg kroppsvikt. Mängden P som utsöndras i urinen beror på intaget, där ett högre P-intag ger en högre P-utsöndring (Schryver m.fl., 1971b). I en studie av van Doorn m.fl. (2003b) såg man att ponnyernas P-utsöndring i urinen var 7 % vid ett högt P-intag (ca 110 mg/kg kroppsvikt) men bara 0,5 % vid ett lågt P-intag (ca 45 mg/kg kroppsvikt). Då ponnyerna med högt P-intag även absorberade mer P och hade en högre P-plasmakoncentration har man dragit slutsatsen att den högre utsöndringen av P i urinen var ett sätt för hästarna att upprätthålla homeostas. Man har dock sett att det finns skillnader i P-utsöndring i urinen mellan olika individer med samma P-intag (van Doorn m.fl., 2004a). I studien av van Doorn m.fl. (2003b) mätte man även koncentrationen av P i saliven. Man fann att den var 0-1,01 mmol P per liter och att den inte påverkades av P-intaget.

Vid ett överskott av P_i i plasman ökar koncentrationen av parathormon (PTH) i plasman vilket leder till en ökad utsöndring av P_i i urinen. I normala fall reabsorberas 85 % av det P_i som filtreras i njurarna, men vid en hög PTH-koncentration minskar resorptionen (Sjaastad m.fl., 2003).

I figur 6 finns resultatet från fem av de sex studierna i tabell 2 för P-utsöndringen i urinen vid olika P-intag. Medelvärdet för P-utsöndring i urinen (% av intag) från dessa studier var 6 % för unga hästar och 8 % för vuxna hästar. Det finns en viss positiv korrelation mellan intag och utsöndring hos vuxna, men för unga hästar finns för få observationer för att kunna undersöka detta.



Figur 6. Utsöndring av P i urinen (% av intag) vid olika P-intag (mg/kg kroppsvikt) från fem olika studier med unga och vuxna hästar.

Ca/P-kvot

Enligt rekommendationerna bör Ca/P-kvoten i foderstaten aldrig understiga 1,1 (Jansson m.fl., 2004, NRC, 2007). Studier har gjorts för att utreda hur en låg Ca/P-kvot (< 1) påverkar

växande hästars skelett. Krook och Lowe (1964) genomförde en studie där 5-9 månader gamla hästar utfodrades med en foderstat som innehöll 0,23 % Ca och 0,86 % P. Denna obalans mellan Ca och P ledde till att hästarna efter 12 veckor uppvisade hälsa och senare en förstöring av käkbenen. I en annan studie (Savage m.fl., 1993) utfodrades 4,5 – 6,5 månader gamla hästar med foderstater innehållande antingen 0,57 % Ca och 0,44 % P eller 0,57 % Ca och 1,71 % P. Hos fem av sex hästar på den P-rika dieten såg man tecken på dyskondroplasi (onormal broskansamling i leder).

Att Ca/P-kvoten bör överstiga 1 är de flesta överens om, men hur hög den får vara är lite oklart. Då ett högt Ca-intag visade sig minska P-upptaget rekommenderade van Doorn (2004b) att Ca/P-kvoten i foderstaten för vuxna hästar inte bör överstiga 2,6. Detta gäller speciellt vid låga P-halter (nära rekommendationen). I en annan studie (Jordan m.fl. 1975) utfodrade man ponnyer med en foderstat där Ca/P-kvoten var antingen 2,0 eller 6,0, från fyra månaders ålder och fyra år framåt. De såg ingen skillnad mellan grupperna vad gäller höjd, genomsnittlig viktökning eller reproduktionsförmåga. Det fanns skillnader i bentillväxten, men man kunde inte se några benmissbildningar eller hältor hos någon av ponnyerna.

Ca- och P-behovet för växande hästar

Behovet av Ca och P för växande hästar består av underhållsbehovet plus behovet för tillväxt. För att räkna ut behovet behöver man veta hästens kroppsvikt, hur stora de dagliga endogena (kroppsegna) förlusterna av Ca och P i träck är, hästens genomsnittliga dagliga tillväxt och tillväxtens innehåll av Ca och P samt smältbarheten av Ca och P i foderstaten. I den senaste upplagan av NRC:s näringsrekommendationer för häst (NRC, 2007) höjdes rekommendationerna för Ca och P med ca 35 respektive 25 % på grund av en högre skattning av de endogena förlusterna (Cymbaluk m.fl., 1989) och nu används följande värden för beräkning av behoven:

Ca: 36 mg endogent Ca/kg kroppsvikt*, 16 g Ca/kg tillväxt** och en smältbarhet på 50 % vilket ger följande formel: $(0,072 \text{ g} \times \text{kg kroppsvikt}) + (32 \text{ g} \times \text{kg genomsnittlig daglig tillväxt})$

P: 18 mg endogent P/kg kroppsvikt*, 8 g P/kg tillväxt** och en smältbarhet på 45 % vilket ger följande formel: $(0,04 \text{ g} \times \text{kg kroppsvikt}) + (17,78 \text{ g} \times \text{kg genomsnittlig daglig tillväxt})$

*efter Cymbaluk m.fl., 1989

**efter Schryver m.fl., 1974

Lösligt P i träck och övergödning

Av det P som finns i träck är det den lösliga delen som har störst potential att följa med det avrinnande vattnet och bidra till övergödning i vatten (Kleinman m.fl., 2002). Vid överutfodring av P till mjölkkor utsöndras överskottet i träcken och man har visat att skillnaden i P-utsöndring främst beror på variation i utsöndring av lösligt P. Bestämning av 0,1 % HCl-lösligt P i träcken hos mjölkkor är därför ett enkelt och användbart sätt att upptäcka överutfodring av P (Nordqvist m.fl., 2009, Dou m.fl., 2007). Hur stor del av den P som finns i hästräck som är löslig med denna metod är inte känt.

Egen studie

Syfte

Syftet med denna studie var att undersöka Ca- och P-smältbarheten på två foderstater hos ettåriga hästar för att kunna ge bättre underbyggda rekommendationer baserat på resultat från svenska foderstater. Ytterligare ett syfte var att ta reda på halten lösligt fosfor i träcken från samma hästar.

Material och metoder

Beskrivning av hästmateriäl

I försöket användes fyra unga varmlodiga travhästar från samma flock på Västerbo Stuteri. Hästarnas kön, födelsedatum, startålder och startvikt kan ses i tabell 3.

Tabell 3. Hästarnas namn, kön, födelsedatum, startålder och startvikt

Häst	Kön	Födelsedatum	Ålder (mån)	Vikt (kg)
VS	sto	2008-02-24	12,5	331
VC	hingst	2008-04-20	10,5	321
U	hingst	2008-05-24	9,5	341
VD	hingst	2008-06-12	9	333

Försöksupplägning

Två foderstater studerades, den ena foderstaten bestod av enbart vallfoder (V) och den andra av samma hösilage (ca 75 % av torrs substansen (ts)) och havre (ca 25 % av ts) (VH). Försöket var upplagt enligt en cross-over design där varje foderstat utfodrades i sammanlagt 17 dagar. Hästarna delades in i två grupper baserat på födelsedatum. Den tidigast födda och den senast födda placerades i en grupp och de andra två i den andra gruppen. Efter att hästarna delats in i två grupper tilldelades de slumpmässigt en av de två foderstaterna. Grupp 1 (häst VD och VS) började med VH och grupp 2 (häst U och VC) med V. Försöket utfördes under perioden 2009-03-10 – 2009-04-12 och hade godkänts av Uppsala djurförsöksetiska nämnd.

Tillvänjningsperiod

Varje försöksperiod inleddes med att hästarna vägdes, sedan började en tillvänjningsperiod på tio dagar då hästarna gick ute i lösdrift med fri tillgång till hösilage. Två gånger per dag bands hästarna upp för tilldelning av kraftfoder i krubba. Hästarna på VH fick då totalt 2,5 kg havre och 200 g mineraler (Krafft, Falkenberg, Sverige: Miner Blå, Krafft, Falkenberg, innehåll per kg mineralfoder: Ca 120g, P 30g, Mg 60g, NaCl 125g, Cu 900mg, Se 15mg, Vit A 100 000 IE, Vit D₃ 10 000 IE, Vit E 5000 mg) per dag. Hästarna på V fick 1,5 kg lusern (Krafft, Falkenberg, Sverige: Lusern Pellets, Krafft, Falkenberg, innehåll per kg foder: ME 8,5 MJ, H₂O 12 %, smältbart råprotein (smb rp) 105g, råfett 3 %, växttråd 27 %, Ca 13 %, P 2,8 %, Mg 1,6 %) och 200 g mineraler (Krafft, Falkenberg, Sverige: Miner Vit, Krafft, Falkenberg, innehåll per kg mineralfoder: Ca 55g, P 65g, Mg 60g, NaCl 125g, Cu 900mg, Se 15mg, Vit A 100 000 IE, Vit D₃ 10 000 IE, Vit E 5000 mg) per dag. Anledningen till att alla hästar fick mineralfoder under tillvänjningsperioden var att hästarnas mineralbehov skulle uppfyllas för att undvika eventuella tillväxtstörningar. Hästarna på V fick lusern dels för att öka deras proteinintag så att det bättre motsvarade deras behov (Jansson *m.fl.*, 2004)

och dels för att få dem att äta mineralerna samt att undvika frustration vid uppbindningen. Dag tio uteslöts mineralerna och mängden lusern minskades till 0,75 kg.

Träcksamlingsperiod

Dag elva uteslöts även lusern och hästarna togs in, vägdes och ställdes i individuella boxar med spån som strömedel och deras totala foderintag registrerades. Dag tolv till sjutton registrerades totalt foderintag samt att träck samlades tio timmar per dag (kl 6.30 - 16.30), dvs. totalt 60 timmar. Arbeten med träckuppsamling i sele gjorda på institutionen för husdjurens utfodring och vård indikerar att 2-3 dygns uppsamling kan räcka för en smältbarhetsstudie trots att hästarna verkar lämna onormalt mycket träck de första timmarna efter att selen satts på (Jansson, pers med, 2009, från Gunnarsson 2009, Ragnarsson 2009, Muhonen 2009). På unghästarna i denna studie användes ingen sele utan träckavgången skedde direkt ner på golvet (oströat) vilket sannolikt gjorde att träckavgången var mera jämn än om sele använts. Då hästarnas startvikt inte skiljde sig markant bestämdes att alla hästar skulle utfodras samma mängd foder. En uppskattning gjordes att hästarna kunde äta 2,7 % av den tyngsta hästens startvikt, vilket innebar att de tilldelades 9,2 kg ts foder per dag. En analys av näringsvärdet i hösilaget och havren, som gjorts innan studien började, samt tabellvärden ur Utfodringsrekommendationer för häst (Jansson *m.fl.*, 2004) användes för att beräkna foderstater till hästarna (se tabell 4). Ts-halten var 63 % vilket ledde till att 14,6 kg hösilage vägdes upp till hästarna på V. Hästarna på VH fick 2,5 kg havre per dag vilket motsvarar 2,1 kg ts och till dem vägdes därför 11,3 kg hösilage upp. Den totala dagsfodergivan vägdes upp dagen innan och då togs även foderprover för senare analys.

Tabell 4. Näringsinnehåll i hösilage och havre innan försökets början

	Hösilage	Havre
TS (%)	63,0	82,9
Smb rp (g/kg ts)	75,0	90,2 *
ME (MJ/kg ts)	11,1	11,7 *
Ca (g/kg ts)	3,4	0,9
P (g/kg ts)	1,4	4,1
Mg (g/kg ts)	1,0	1,6

* Jansson *m.fl.*, 2004

Hösilaget tilldelades kontinuerligt under dagen så att hästarna alltid hade möjlighet att äta och havre utfodrades vid tre tillfällen under dagen. Vatten fanns alltid tillgängligt i form av vattenkoppar. Foderrester samlades in och vägdes på eftermiddagen efter att hästarna släppts ut och på morgonen innan träcksamlingen började. Foderrester sparades i säckar för senare analys. Alla vägningar av foder och träck skedde på en våg med 2 g noggrannhet.

Under träcksamlingen stod hästarna i boxar utan strö, för att undvika kontaminering av träcken. Då många hästar ogärna urinerar utan strö/gräs/sand leddes hästarna med jämna mellanrum till en box med strö för att ges möjlighet att urinera. Träcken samlades kontinuerligt för hand under de tio timmarna och förvarades i individuella säckar under dagen. När hästarna släppts ut vägdes träcken, därefter blandades den i säcken och tio procent togs ut i en påse för senare analys. Påsarna med foderprover, foderrester och träck förvarades väl förslutna utomhus (-16 - 10°C) under tak under varje uppsamlingsperiod för att sedan förvaras i -20 °C. Hästarna vistades utomhus cirka tre timmar per dygn. Utevistelsen skedde i

en hage där underlaget främst utgjordes av packad lera med lite vegetation som dessutom var snötäckt den första perioden. Nattetid stod de i en box med spån som strömedel. Dag sju ton vägdes hästarna och släpptes ut i lösdriften och dag 18 bytte de foderstat.

Förberedelse för analys

Proverna tinades för att förberedas för analys på Kungsängen. Hösilageproverna hackades till ca 5 cm för att möjliggöra omrörning och prover från samma period blandades. Foderrester från samma häst och period hackades till ca 5 cm och blandades. Alla träckprover från samma häst och period blandades. Havreproverna från samma period blandades. Därefter vägdes 2x300 g av alla prover upp på plåtar som sedan ställdes i ett torkskåp (Elvärmedetaljer, Skurup) i 60°C i 20 h för torkning och bestämning av ts-halten i proverna. De torkade proverna maldes i en kvarn (KAMAS, Slagy 200 B) genom ett såll med 1 mm stora hål och förvarades sedan i -20 °C för senare analys. Även träckprover som inte torkats och malts sparades för att senare användas vid analysen av saltsyralösligt P.

Analys

De torkade och malda träck- och foderproverna lämnades till AgriLab för analys. Halten av Ca och P i proverna bestämdes genom följande metod: 1 g prov vägdes upp och extraherades genom att tillsätta 7 M HNO₃ som sedan kokades i 30 min. Därefter spädades provet med vatten till 100 ml. Ytterligare 10 ggr spädningar av provet utfördes innan man använde ICP-AES (optisk emissionsspektrometri med induktivt kopplad plasma) (ICP Spectro Flame, Spectro Analytical Instruments) för att bestämma Ca- och P-halt (Balsberg-Påhlsson, 1990).

Övriga mineraler i foder och träck bestämdes på samma sätt som Ca och P. Resultatet för Mg-intag och -smältbarhet från denna studie redovisas i detta arbete, men diskuteras ej då det inte ingick i detta examensarbete. Mängden råprotein (rp) i foder bestämdes enligt Kjeldahl-metoden ($RP = N \cdot 6,25$), omsättningsbar energi (ME) bestämdes med VOS-metoden (våmlöslig organisk substans) (Lindgren, 1979) och fibrer (neutral detergent fiber = NDF) bestämdes enligt Chai & Udén (1998). Askhalten bestämdes efter torkning i 550°C i 3 h.

Analys av saltsyralösligt P i träck utfördes på Kungsängen med hjälp av en metod av Nordqvist m.fl. (2009). De frysta träckproverna tinades och maldes i en köttkvarn för att underlätta omrörning och uppvägning. 5 gram prov blandades med 95 ml 0,1 % HCl-lösning som sedan sattes på skak (Tumble shaker, 20 varv/min) i 60 minuter för att få en homogen blandning. Därefter centrifugerades blandningen i 5 min i 1800 rcf (Jouan, G 4.11, Saint-Nazaire, Frankrike) för att sedan filtreras. P-innehållet i lösningen bestämdes med hjälp av ett kommersiellt kolorimetri kit (Inorganic phosphorous, PH 1016, RANDOX Laboratories Ltd, United Kingdom) och en spektrofotometer (340 nm) (Kinetics Spectrophotometer, LKB Biochron, Ultrospec K 4053, Cambridge, England).

Beräkning av smältbarhet

Skenbar smältbarhet beräknades med följande formel: $(\text{intag} - \text{träckutsöndring}) / \text{intag}$. Totalt foderintag fanns registrerat från sex dagar (144 timmar) medan träckutsöndring endast registrerats under total 60 timmar. Då hästars träckutsöndring har visat sig vara ganska jämnt fördelad över dygnet (Gunnarsson, 2009) multiplicerades resultatet från de 60 timmarna med 2,4 för att få reda på total träckutsöndring under 144 timmar. För att beräkna total träckutsöndring per dag dividerades resultatet för 60 timmar med 2,5.

Statistisk analys

De statistiska analyserna av resultaten gjordes med hjälp av variansanalys och General Linear Models (GLM) i Statistical Analysis System (Version 9.1, SAS Inst., Inc., Cary, NC). Modellen som användes var:

$$Y_{ijkl} = \mu + h_i + \pi_j + \gamma_k + e_{ijkl}$$

Där Y = observerat värde, μ = medelvärdet, h_i = effekt av häst, π_j = effekt av period, γ_k = effekt av foderstat och e_{ijkl} = slumpmässigt fel.

Värdena är presenterade som minsta kvadratmedelvärde \pm medelfelet. Signifikanta skillnader ansågs föreligga då $p < 0,05$. Då $p < 0,1$ ansågs en tendens till skillnad föreligga.

Resultat

Alla fyra hästar fullföljde studien och var till synes friska. Under tillvänjningsperioderna (10 dagar) växte hästarna i genomsnitt $8,0 \pm 1,3$ kg oavsett foderstat. Under tröcksamlingsperioderna (7 dagar) skedde en viktminskning. Hästarna på V minskade i genomsnitt $2,0 \pm 3,5$ kg och de på VH $4,3 \pm 3,5$ kg, det fanns dock ingen signifikant skillnad mellan de två foderstaterna.

Hösilagens och havrens näringsinnehåll under de båda tröcksamlingsperioderna kan ses i tabell 5. Havren hade liknande näringsvärde under de båda perioderna. Hösilaget skiljde sig däremot betydligt mer mellan perioderna. Under tröcksamlingsperiod 2 hade hösilaget bl.a. en högre ts- och P-halt, och lägre Ca- och Mg-halt.

Tabell 5. Hösilagens och havrens näringsinnehåll under tröcksamlingsperiod 1 och 2

	Period 1		Period 2	
	Hösilage	Havre	Hösilage	Havre
ts (%)	56,4	89,1	72,3	88,0
ME (VOS) (MJ/kg ts)	9,3	12	10,8	12,0
Smb rp (g/kg ts)	58	97	68	94,0
Ca (g/kg ts)	8,1	0,9	4,3	0,8
P (g/kg ts)	1,9	3,8	2,4	3,8
Mg (g/kg ts)	2,4	1,3	1,7	1,3
K (g/kg ts)	16,7	4,8	22,4	4,0
Ca/P (kvot)	4,2	0,2	1,8	0,2
S (g/kg ts)	0,6	1,5	1,5	1,4
NDF (g/kg ts)	521	272	529	267
Aska (g/kg ts)	62,5	34,7	72,7	33,0

Hösilageintaget tenderade till att vara högre för hästarna på V än VH (tabell 6). Ca-intaget var högre för hästarna på V medan P-intaget var lägre. Mg-intaget var lika på V och VH.

Tabell 6. Hösilage-, havre-, Ca-, P- och Mg-intaget på en foderstat med bara vallfoder (V) och en med vallfoder och havre (VH)

	V	VH	Medelfel	
Hösilage (kg ts/dag)	5,675	4,150	0,263	p<0,1
Havre (kg ts/dag)	-	2,20	0	
Ca (g/dag)	39,2	26,9	1,5	p<0,05
P (g/dag)	13,3	18,1	0,7	p<0,05
Mg (g/dag)	12,9	11,6	0,5	

Utsöndringen av P i träck var högre på VH än V, men lika för Ca och Mg. Den skenbara ts-, Ca-, P- och Mg-smältbarheten skiljde sig ej mellan de två foderstaterna (tabell 7). Värdena uppvisade dock en stor variation mellan individer där den skenbara Ca- och P-smältbarheten varierade mellan 38-72 % respektive 6-36 %.

Tabell 7. Total träckutsöndring (kg ts/dag), utsöndring av Ca, P och Mg i träck (g/dag) och den skenbara smältbarheten (%) för ts, Ca, P och Mg på en foderstat med bara vallfoder (V) och en med vallfoder och havre (VH)

Utsöndring	V	VH	Medelfel	
Träck (kg ts/dag)	3,1	3,1	0,2	
Ca (g/dag)	13,3	13,2	0,6	
P (g/dag)	10,2	14,1	0,4	p<0,05
Mg (g/dag)	8,2	9,1	0,3	
Skenbar smältbarhet				
ts (%)	45,2	50,5	3,1	
Ca (%)	63,3	49,1	3,9	
P (%)	22,8	21,2	6,5	
Mg (%)	34,7	20,9	5,0	

För att lättare kunna jämföra resultaten för denna studie med andra, presenteras intag och utsöndring av Ca och P för de fyra hästarna på de två foderstaterna både som g/dag och g/kg kroppsvikt/dag i tabell 8 och 9.

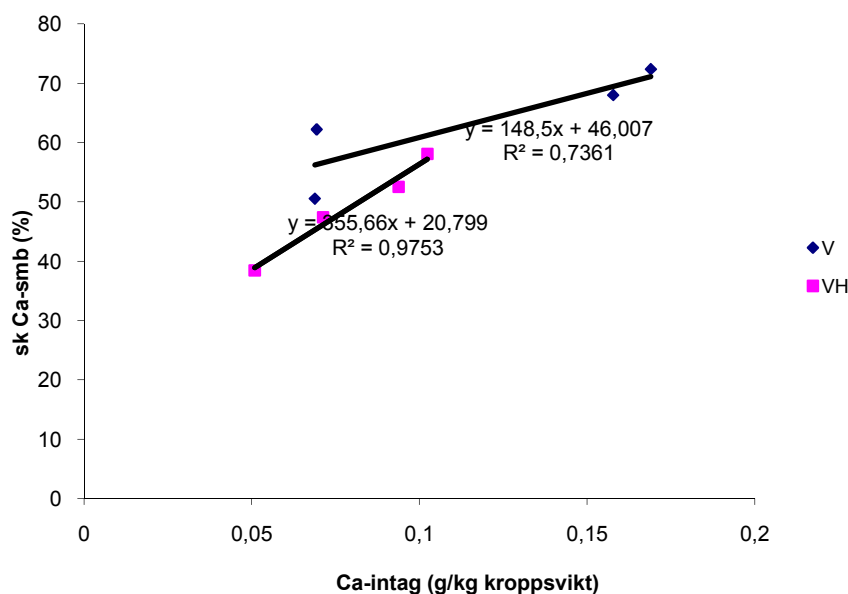
Tabell 8. Intag och träckutsöndring av Ca och P presenterat både som g/dag och som g/kg kroppsvikt/dag för de fyra hästarna på vallfoderfoderstaten (V)

	V				medelvärde
	VD	VS	U	VC	
Ca-intag (g/dag) / (g/kg kroppsvikt/dag)	23,67 / 0,07	23,10 / 0,07	55,45 / 0,16	54,41 / 0,17	39,16 / 0,12
Ca-träck (g/dag) / (g/kg kroppsvikt/dag)	8,95 / 0,03	11,43 / 0,03	17,75 / 0,05	15,04 / 0,05	13,30 / 0,04
P-intag (g/dag) / (g/kg kroppsvikt/dag)	15,20 / 0,05	13,68 / 0,04	12,33 / 0,04	11,78 / 0,04	13,25 / 0,04
P-träck (g/dag) / (g/kg kroppsvikt/dag)	10,41 / 0,03	11,26 / 0,03	11,58 / 0,03	7,56 / 0,02	10,20 / 0,03

Tabell 9. Intag och träckutsöndring av Ca och P presenterat både som g/dag och som g/kg kroppsvikt/dag för de fyra hästarna på havrefoderstaten (VH)

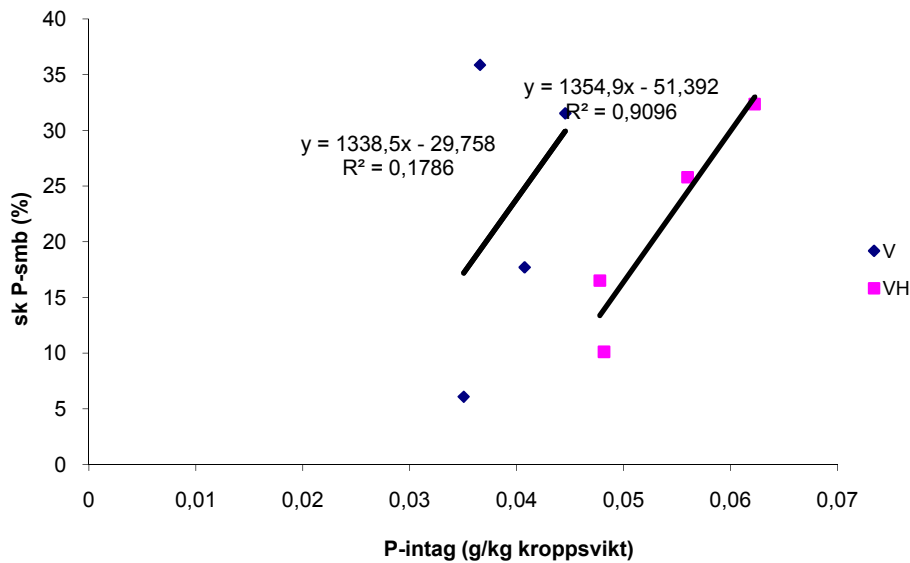
	VH				
	VD	VS	U	VC	medelvärde
Ca-intag (g/dag) / (g/kg kroppsvikt/dag)	31,71 / 0,09	34,09 / 0,10	25,39 / 0,07	16,52 / 0,05	26,93 / 0,08
Ca-träck (g/dag) / (g/kg kroppsvikt/dag)	15,05 / 0,05	14,29 / 0,04	13,35 / 0,04	10,17 / 0,03	13,21 / 0,04
P-intag (g/dag) / (g/kg kroppsvikt/dag)	16,15 / 0,05	16,05 / 0,05	22,17 / 0,06	18,17 / 0,06	18,13 / 0,05
P-träck (g/dag) / (g/kg kroppsvikt/dag)	13,49 / 0,04	14,42 / 0,04	15,00 / 0,04	13,49 / 0,04	14,10 / 0,04

I figur 7 visas de fyra hästarnas Ca-intag och den skenbara smältbarheten för Ca på de olika foderstaterna. Ca-intaget låg mellan 0,05 och 0,17 g/kg kroppsvikt och dag och den skenbara Ca-smältbarheten varierade mellan 38 och 72 %. Det fanns en positiv korrelation mellan Ca-intag och skenbar smältbarhet.



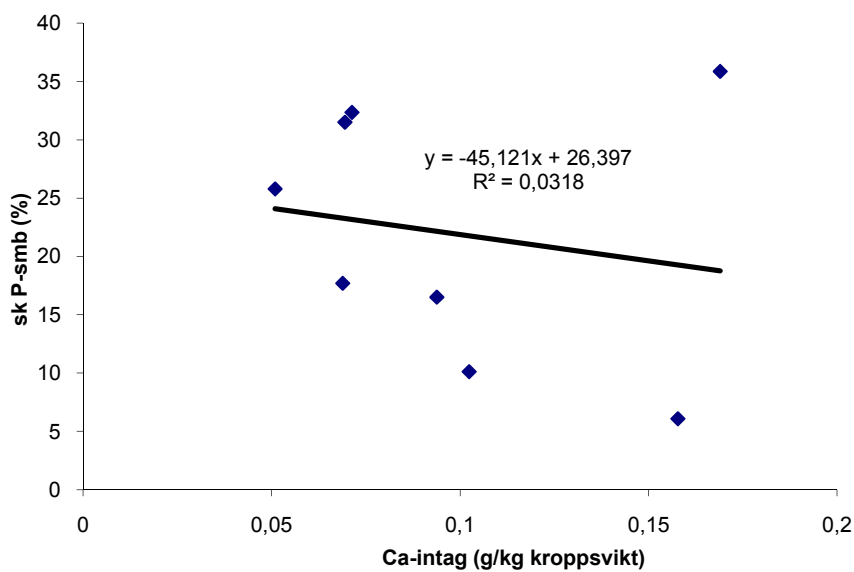
Figur 7. Skenbar smältbarhet (sk smb) för Ca (%) vid olika Ca- intag (g/kg kroppsvikt) för fyra hästar på en foderstat med bara vallfoder (V) och en med vallfoder och havre (VH).

I figur 8 visas de fyra hästarnas P-intag och den skenbara smältbarheten för P på de olika foderstaterna. P-intaget låg mellan 0,04 och 0,06 g/kg kroppsvikt och dag och den skenbara P-smältbarheten varierade mellan 6 och 36 %. Det fanns en positiv korrelation mellan P-intag och skenbar smältbarhet på VH men inte på V.

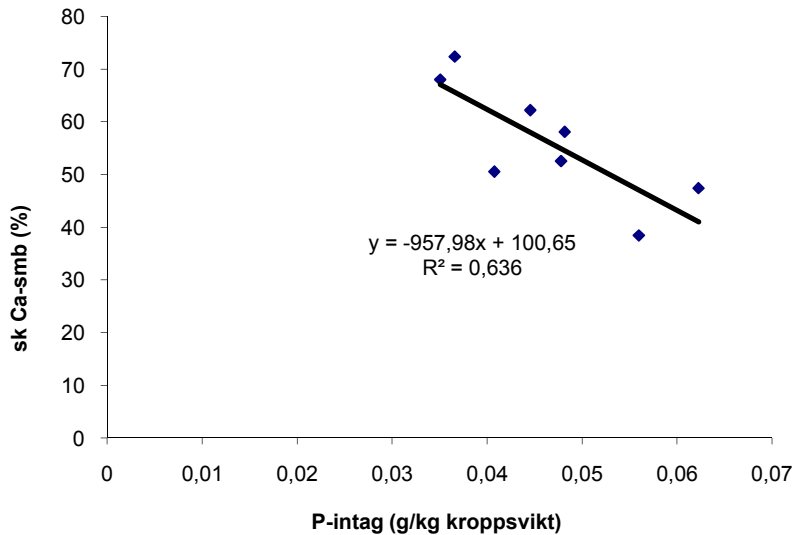


Figur 8. Skenbar smältbarhet (sk smb) av P (%) vid olika P- intag (g/kg kroppsvikt) för fyra hästar på en foderstat med bara valfoder (V) och en med valfoder och havre (VH).

Det fanns ingen korrelation mellan skenbar P-smältbarhet och Ca-intag (figur 9) men det fanns en negativ korrelation mellan skenbar Ca-smältbarhet och P-intag (figur 10).

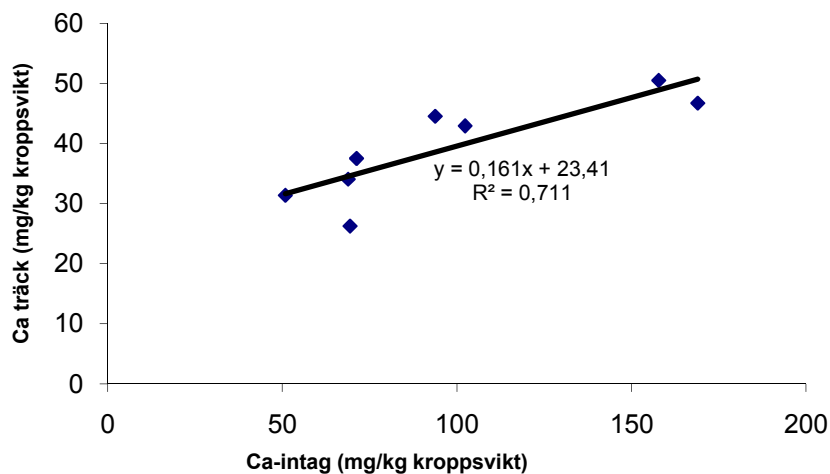


Figur 9. Skenbar smältbarhet av P (sk P-smb) (%) vid olika Ca-intag (g/kg kroppsvikt) för fyra hästar på en foderstat med bara valfoder (V) och en med valfoder och havre (VH).



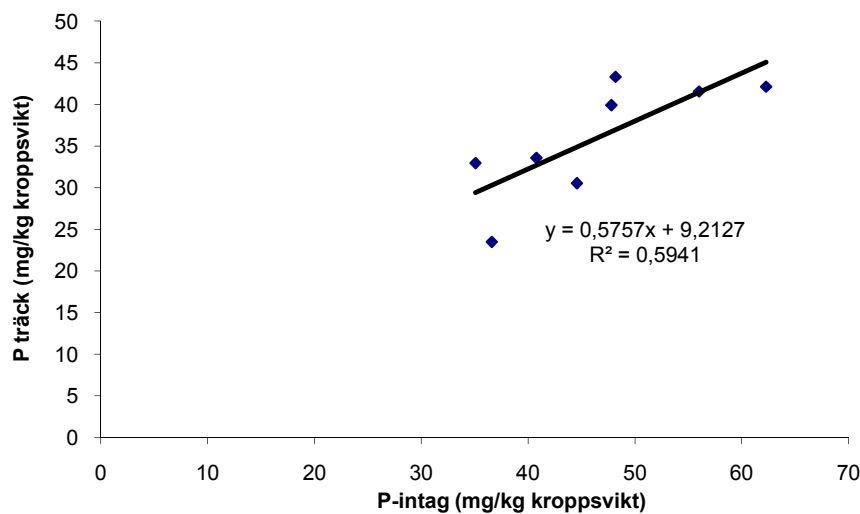
Figur 10. Skenbar smältbarhet av Ca (sk Ca-smb) (%) vid olika P-intag (g/kg kroppsvikt) för fyra hästar på en foderstat med bara vallfoder (V) och en med vallfoder och havre (VH).

Det fanns en positiv korrelation mellan Ca-intaget och utsöndringen av Ca i träcken för de fyra hästarna på de två foderstaterna (figur 11). Regressionen ger upphov till det linjära sambandet $Y = 0,161X + 23,41$ med $R^2 = 0,711$, där $Y = \text{Ca träck (mg/kg kroppsvikt)}$ och $X = \text{Ca-intag (mg/kg kroppsvikt)}$. Enligt denna ekvation är Ca-utsöndringen ca 23 mg/kg kroppsvikt när Ca-intaget är noll, vilket motsvarar de dagliga endogena Ca-förlusterna i träck.



Figur 11. Utsöndringen av Ca i träck (mg/kg kroppsvikt) vid olika Ca-intag (mg/kg kroppsvikt) för fyra hästar på en foderstat med bara vallfoder och en med vallfoder och havre.

Det fanns en positiv korrelation mellan P-intaget och utsöndringen av P i träcken för de fyra hästarna på de två foderstaterna (figur 12). Regressionen ger upphov till det linjära sambandet $Y = 0,5757X + 9,2127$ med $R^2 = 0,5941$, där $Y = \text{P träck (mg/kg kroppsvikt)}$ och $X = \text{P intag (mg/kg kroppsvikt)}$. Enligt denna ekvation är P-utsöndringen ca 9 mg/kg kroppsvikt när P-intaget är noll, vilket motsvarar de dagliga endogena P-förlusterna i träck.

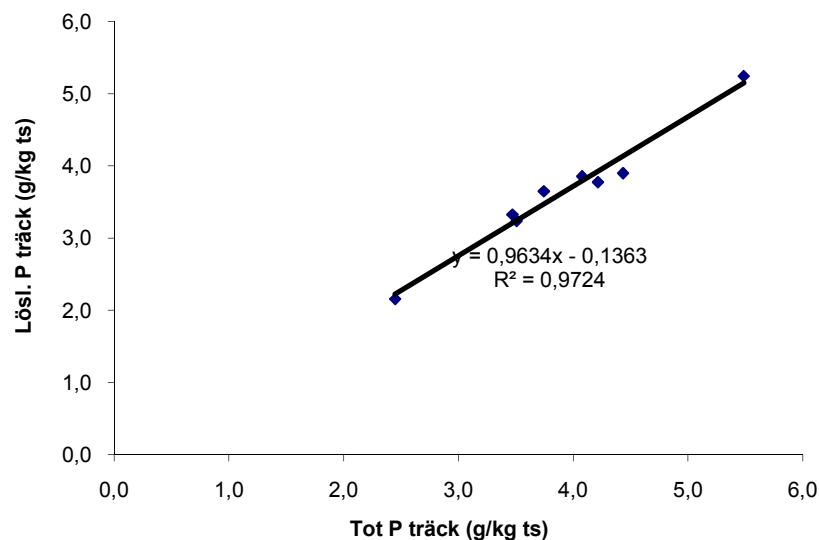


Figur 12. Utsöndringen av P i träck (mg/kg kroppsvikt) vid olika P-intag (mg/kg kroppsvikt) för fyra hästar på en foderstat med bara vallfoder och en med vallfoder och havre.

Lösligt P

Hästarna tenderade att ha ett högre innehåll av både total P ($4,6 \pm 0,3$ respektive $3,3 \pm 0,3$ g/kg ts) och syralösligt P ($4,2 \pm 0,3$ respektive $3,1 \pm 0,3$ g/kg ts) i träcken på VH än på V. Andelen syralösligt P av den totala mängden P var dock lika på de två foderstaterna, 93 och $92 \pm 0,8$ % på V respektive VH.

Det fanns ett linjärt samband mellan den totala mängden P och mängden syralösligt P i träcken (figur 13).



Figur 13. Mängden syralösligt P i träcken (g/kg ts) vid olika total mängd P i träcken (g/kg ts) för fyra hästar på en foderstat med bara vallfoder och en med vallfoder och havre.

Diskussion

Intaget av Ca var högre för hästarna på V medan P-intaget var lägre. Denna skillnad var väntad då havre är rikt på P och fattigt på Ca i jämförelse med hösilage. Utsöndringen av P i träck var högre på VH än V, vilket verkar rimligt då intaget också var högre på VH. Utsöndringen av Ca i träcken var däremot lika på de två foderstaterna. Hur detta kan komma sig är oklart, men det skulle kunna ha att göra med hösilagets skiftande näringsvärde mellan period 1 och 2 samt det låga Ca-intaget (lägre än vad NRC (1989) rekommenderade baserat på resultat från Schryver m.fl. (1970b) för alla utom U och VC på V). Hösilageintaget tenderade till att vara högre för hästarna på V än VH. Detta beror troligtvis på att hästarna på VH även åt 2,2 kg ts havre.

Att de unga hästarna i studierna i litteraturgenomgången verkar ha en lägre Ca-utsöndring i urinen än vuxna hästar vid lika stort Ca-intag verkar rimligt då unga hästar ansätter Ca i skelettet då de växer.

Smältbarhet på Ca och P

Den skenbara smältbarheten av Ca var 63 % på V och 49 % på VH och varierade på individnivå mellan 38-72 %. Detta resultat är något högre än värdena för skenbar smältbarhet från studierna som presenteras i tabell 1 där medelvärdet för unga hästar var 40 %. För de unga hästarna (figur 1) finns en svag positiv korrelation mellan skenbar Ca-smältbarhet och Ca-intag vilket stämmer överens med resultaten från denna studie. Dock har man i andra studier har sett motsatsen (Schryver m.fl., 1970b, van Doorn m.fl., 2004b) eller ingen skillnad (Moffett m.fl., 2002). En möjlig förklaring till dessa resultat kan vara att hästarna i denna studie hade ett lägre Ca-intag än vad rekommendationerna, innan höjningen 2007, säger att de bör ha (alla utom U och VC på V) (NRC, 1989) och att de därför utnyttjade tillgängligt Ca bättre. Val av fodermedel kan även påverka resultatet, då t.ex. Ca i lusern hö har en högre smältbarhet än Ca i timotej hö (Cuddeford m.fl., 1990) och P i vetekli är mindre tillgängligt än P i fodertillsatserna benmjöl, dikalciumfosfat och mononatriumfosfat (Hintz m.fl., 1973). I denna studie användes svenska fodermedel och det finns en möjlighet att detta kan vara en faktor som har lett till en högre smältbarhet. Dessutom var hästarna i denna studie inte av samma ras som hästarna i de andra studierna, eventuella rasskillnader kan finnas men det är inget som mig veterligen finns dokumenterat och är inte heller troligt. Det fanns en negativ korrelation mellan skenbar Ca-smältbarhet och P-intag vilket stämmer överens med resultat från andra studier (Schryver m.fl., 1971a, van Doorn m.fl., 2004a, 2003a).

Före år 2007 var rekommendationerna för grundbehov (underhåll + tillväxt) för unghästar som väger 330 kg med en daglig tillväxt på 0,7 kg ca 35 g Ca/dag och ca 20 g P/dag (NRC, 1989). År 2007 höjdes dessa till ca 46 g Ca/dag och ca 26 g P/dag (NRC, 2007). I denna studie var Ca-intaget lägre än 1989-års rekommendation för alla hästar, utom U och VC på V, och P-intaget var lägre för alla utom U på VH. Detta kan ha påverkat smältbarhetsresultaten, då man bl.a. diskuterat att ett lågt intag kan kompenseras av ett bättre utnyttjande (Cymbaluk m.fl. 1989). Då mineralfodret togs bort två dygn före trücksamlingsperioden hade hästarna i denna studie dessutom inte hunnit anpassa sig till ett lägre intag vilket innebär att smältbarheten kanske skulle kunna vara ännu högre om de fått anpassa sig längre.

Den skenbara P-smältbarheten på V och VH var 23 respektive 21 % och varierade på individnivå mellan 6-36 %, vilket stämmer överens med resultaten från studierna som presenteras i tabell 2 där medelvärdet för unga hästar var 20 %. Det fanns en positiv korrelation mellan P-intag och skenbar smältbarhet på VH. Detta är något som har observerats

även i andra studier (Schryver m.fl., 1971b, van Doorn m.fl. 2003a, 2004a) och en låg positiv korrelation ($R=0,357$) fanns hos de vuxna hästarna i litteraturgenomgången. Varför denna korrelation inte sågs hos hästarna på V kan bero på att sambanden inte är lika tydliga på låga intag, något som möjligen kan stödjas av resultaten från litteraturgenomgången. P-smältbarheten påverkades inte av Ca-intaget i denna studie, något den i tidigare studier har visat sig göra (Schryver m.fl., 1971b, van Doorn m.fl., 2004b). En möjlig förklaring till detta kan vara att Ca-intaget i denna studie var lågt och därför inte påverkade den skenbara P-smältbarheten.

I NRC (2007) går det att läsa att man ibland anser att unga hästar har ett bättre utnyttjande av Ca och P än vuxna hästar. Vid jämförandet av Ca- och P-smältbarhet i de olika studierna i litteraturgenomgången verkar det däremot inte finnas några skillnader mellan unga och vuxna hästar. Detta kan dock bero på att man i de olika studierna har använt olika fodermedel som i sig har olika smältbarhet. För att kunna säga något om eventuella skillnader bör man göra en studie där unga och vuxna hästar jämförs under samma förutsättningar med samma foderstat.

Daglig endogen utsöndring i träcken

I denna studie har de endogena Ca-förlusterna skattats till ca 23 mg/kg kroppsvikt. Detta resultat stämmer överens med det resultat som Schryver m.fl. (1970b) fick i sin studie (ca 20 mg/kg kroppsvikt) då de använde isotopmärkt Ca (^{47}Ca) för att beräkna de endogena förlusterna hos fyra växande ponnyer. Cymbaluk m.fl. (1989) fick dock ett avsevärt högre resultat (ca 36 mg/kg kroppsvikt) i sin studie med 18 växande hästar. Det bör dock nämnas att Ca-intaget i denna studie var 50-170 mg/kg kroppsvikt, i studien av Schryver m.fl. (1970b) 29-242 mg/kg kroppsvikt och i Cymbaluk m.fl. (1989) 126-305 mg/kg kroppsvikt (det lägsta intaget var hos 24 mån hästar, medan hästar 8-17 mån hade ett intag ≥ 208 mg/kg kroppsvikt). Då värdet på de endogena förlusterna är uppskattat genom en regressionsanalys kan det höga Ca-intaget i den sistnämnda studien kan ha påverkat resultatet, då detta har visat sig minska den skenbara smältbarheten (Schryver m.fl., 1970b, van Doorn m.fl., 2004b).

De endogena P-förlusterna har i denna studie skattats till ca 9 mg/kg kroppsvikt. Detta resultat stämmer överens med resultatet från studien utförd av Schryver m.fl. (1971b) på fyra ponnyer och studien utförd av Furtado m.fl. (2000) på växande hästar där man fick resultatet ca 10 mg/kg kroppsvikt. I dessa två studier har man använt isotopmärkt P (^{22}P respektive ^{32}P) för att beräkna de endogena förlusterna. Cymbaluk m.fl. (1989) däremot, fick även här ett högre resultat (18 mg/kg kroppsvikt). Som i fallet med Ca ovan är den endogena P-utsöndringen i studien skattad med hjälp av regressionsanalys. Det höga Ca-intaget hos hästarna i studien kan ha påverkat även detta resultat eftersom ett överskott av Ca sänker P-upptaget (Schryver m.fl., 1971b, van Doorn m.fl., 2004b). Även P-intaget var högt i studien, 113-196 mg/kg kroppsvikt för hästar 8-17 månader jämfört med 40-60 mg/kg kroppsvikt i denna och 43-200 mg/kg kroppsvikt i Schryver m.fl. (1971b) vilket skulle ha kunnat påverka resultatet.

Sann smältbarhet

Den sanna smältbarheten kan beräknas om man vet de endogena förlusterna. Storleken på de endogena förlusterna är svårt att ta reda på, men med hjälp av beräknade värden (se ovan) kan man även beräkna ett skattat värde för sann smältbarhet. Formeln blir följande: sann smältbarhet = $(\text{intag} - (\text{tot träck} - \text{endogent träck}))/\text{intag}$. Tidigare användes värden för endogent Ca och P som beräknats av Schryver m.fl. (1970b, 1971b) och som resultaten från denna studie stämmer överens med, men sedan 2007 används Cymbaluk m.fl. (1989). I tabell 13 kan man se den skattade sanna smältbarheten för Ca och P hos hästarna i denna studie,

beräknad antingen med hjälp av värdet för endogena träckförluster från denna studie eller från Cymbaluk m.fl. (1989).

Tabell 13. Skattad sann smältbarhet för fyra hästar på två olika foderstater

	V				VH				Medelvärde
	VD	VS	U	VC	VD	VS	U	VC	
Sann Ca smb (%)*	95	84	83	86	77	81	80	84	84
Sann Ca smb (%)**	114	103	91	94	91	93	98	109	99
Sann P smb (%)*	52	40	32	60	35	29	47	42	42
Sann P smb (%)**	72	62	57	85	54	47	61	58	62

*endogent Ca och P från denna studie (23 resp. 9 mg/kg kroppsvikt)

** endogent Ca och P från Cymbaluk m.fl. (1989) (36 resp. 18 mg/kg kroppsvikt)

Ca verkar ha en hög sann smältbarhet i denna studie, med ett medelvärde på 84 % respektive 99 %. Denna höga smältbarhet kan ha uppmätts på grund av att intaget av Ca var lågt i sex av åtta fall. Att smältbarheten skulle vara så hög som 99 % verkar dock osannolikt om man jämför med resultaten från studierna i tabell 1 samt att man i NRC (2007) använder 50 %, och om man tittar på de individuella siffrorna när 36 mg endogent Ca/kg kroppsvikt har använts är värdet över 100 % vid tre tillfällen. Med anledning av detta är det rimligt att tro att Cymbaluk m.fl. (1989) skattning av endogena Ca-förluster är för hög.

De skattade medelvärdena för sann P-smältbarhet är 42 % respektive 62 %. I detta fall är det svårare att förkasta något av värdena, dock verkar 62 % lite högt om man jämför med resultaten från studierna i tabell 2 samt att NRC (2007) använder 45 %. Att den sanna P-smältbarheten är 42 % stämmer överens med de resultat som Schryver m.fl. (1971b) och Furtado m.fl. (2000) fick i sina studier (45 respektive 47 %). Detta ger anledning att tro att Cymbaluk m.fl. (1989) i sin studie har gjort en för hög skattning även av endogena P-förluster.

Ca- och P-behov för växande hästar

Beslutet att höja Ca- och P-rekommendationerna grundade sig främst på att man sett en högre endogen utsöndring av Ca och P (Cymbaluk m.fl., 1989) än tidigare (NRC, 2007). Resultaten från denna studie bekräftar inte detta, utan ger i stället ytterligare stöd för de tidigare rekommendationerna. Om fallet ändå skulle vara som Cymbaluk m.fl. (1989) kom fram till, skulle det betyda att även den sanna smältbarheten av Ca och P är betydligt högre än de 50 % respektive 45 % som används idag, vilket skulle verka i motsatt riktning och minska behovet.

I NRC (2007) skriver man vidare att ytterligare en bidragande faktor till höjningen av Ca-rekommendationen var att Moffett m.fl. (2002) sett en ökad daglig tillväxt och en ökad retention av Ca vid ett ökat Ca-intag. När jag läser denna artikel hittar jag inget om att den dagliga tillväxten ökade, det stämmer däremot att retentionen ökade men man såg dock ingen skillnad i skelettets densitet eller tillväxt. Författarna har till och med själva dragit slutsatsen att resultaten från studien stödjer de dåvarande rekommendationerna.

För att se hur höjningen av P-rekommendationen påverkar förbrukningen av P till ett- och tvååriga unghästar i Sverige år 2009 följer här en förenklad beräkning. År 2007 registrerades ca 19200 betäckningar av ston i Sverige (Dalin, 2008). Om man räknar med ett resultat på 60 % levande föl från dessa betäckningar skulle det innebära att ca 11500 föl föddes 2008 (Dalin,

pers med, 2009). Då det är de endogena förlusterna per kg kroppsvikt och dag (underhåll) som har ändrats måste man försöka uppskatta dessa ettåringars genomsnittliga vikt under 2009. Detta har gjorts genom att anta att de ettåriga hästarna under 2009 uppnår 60-70 % av sin vuxenvikt (Frape, 2004) och att en fjärdedel av hästarna är varmblodiga travare (vuxenvikt ca 500 kg), en fjärdedel är varmblodiga ridhästar (vuxenvikt ca 650 kg) och resten är övriga hästar/ponnyer (genomsnittlig vuxenvikt ca 450 kg). Detta leder fram till den grova uppskattningen att de svenska ettåriga hästarna har en genomsnittlig vikt på 350 kg år 2009. Ytterligare ett antagande är att det föddes lika många föl och att rasfördelningen var samma år 2007 och att dessa tvååringar under 2009 uppnår 85-95 % av sin vuxenvikt (ca 80 % av vuxenvikten vid 18 månaders ålder) (Frape, 2004), vilket ger en genomsnittlig vikt på ca 450 kg. P-behovet för underhåll med den gamla rekommendationen för ettåringarna är ca 8 g/dag och med den nya ca 14 g/dag och för tvååringarna ca 10 g/dag respektive 18 g/dag. En ökning med 6 g P/dag till 11500 hästar och 8 g P/dag till 11500 hästar blir ca 160 kg P/dag och ca 58 ton/år. Detta gäller enbart hästar i Sverige och om man tänker på övriga länder i världen blir det säkerligen flera tusen ton P extra varje år på grund av höjningen. Som ett exempel finns det enligt en grov uppskattning sammanlagt ca 5400000 hästar i 21 av länderna i Europa (Johanson, pers med, 2009). Om hästpopulationen i dessa länder ser lika ut som i Sverige innebär det att det finns ca 216000 ettåringar och ca 216000 tvååringar med en genomsnittlig vikt på 350 kg respektive 450 kg i dessa länder. Om dessa hästar utfodras enligt rekommendationerna innebär höjningen en ökning med ca 1100 ton P/år. Med detta i åtanke och att P är en ändlig resurs och potentiell miljöfara anser jag att man borde ha starkare bevis innan man genomför en höjning av detta slag. Denna studie antyder också att nästan allt P (92-93 %) i hästräck är lösligt. Detta innebär att det mesta av det P som finns i träcken har potential att följa med regn- och snösmältningssvatten och bidra till övergödning. Enligt denna studie överutfodras de hästar vars ägare följer den nya P-rekommendationen och om alla följer den kommer sålunda 58 ton P extra att utsöndras i den svenska naturen varje år. Då riksdagen i sitt miljö kvalitetsmål ”Ingen övergödning” har som delmål att fram till år 2010 minska P-utsläppen med minst 20 % från 1995 års nivå och alla andra näringar arbetar för att sänka sina P-utsläpp (Naturvårdsverket, 2004) verkar det paradoxalt att hästnäringen ska gå tvärsen mot detta och höja sin användning och utsläpp av P. Lösligt P är dock också tillgängligt för växter vilket innebär att hästräck är ett bra P-gödningsmedel som bör tas tillvara och utnyttjas. Det bör understrykas att hästarna i denna studie inte utfodrades med mineralfoder och att det P som fanns i fodret alltså tillgängliggjorts i hästarnas digestionskanal.

Studiens svagheter

I denna studie samlades träck för hand i tio timmar per dygn under sex dagar varje period vilket resulterade i 60 timmars total träckinsamling. Smältbarheter och utsöndring per dag beräknades sedan med hjälp av dessa värden. Denna metod valdes då hästarna var unga och relativt ovana vid hantering och en uppsamlingssele eller längre träckinsamlingstid per dag sågs som en alltför stor risk för negativ påverkan på hästarnas välfärd och beteende och därigenom även på resultaten. Då man i en tidigare studie sett att träckutsöndringen är ganska jämnt fördelad över dygnet (Gunnarsson, 2009) bör denna metod fungera bra. Dessutom tyder preliminära bearbetningar av Sveinn Ragnarssons avhandlingsmaterial på att två till tre uppsamlingsdagar kan räcka (Ragnarsson, pers med, 2009) och resultaten från Goachet m.fl. (2009) studie visar att det inte blir någon skillnad om man samlar träck fyra eller fem dagar jämfört med tre. Cymbaluk m.fl. (1989) använde sig inte heller av mer än tre uppsamlingsdagar i sin studie.

För att få mer tillförlitliga resultat hade det varit önskvärt att ha längre perioder och fler hästar. Då detta var ett 30 hp examensarbete för endast en student fanns det dock inte tid för

en längre studie och att använda fler hästar provades, men uteslöts på grund av tidsbrist. Foderrester samlades in två gånger per dag och vägdes för att kunna räkna ut intaget. Dessa foderrester analyserades också, då en viss selektion tycktes föreligga samt att de ibland var blötare då vatten hade spillts på dem. Problemet med uppsamlingen av foderresterna på morgonen var att de spridits runt och blandats in i spånbädden. Detta medförde att det var svårt att samla upp samtliga rester utan att få med spån och att det var svårt att hitta alla höstrån inom en rimlig tid. För att undvika detta problem skulle en uppbindning av hästarna under natten vara ett alternativ, men detta kan vara praktiskt svårt att genomföra samt att det troligtvis skulle påverka hästarnas välfärd och beteende negativt.

Hösilaget hade inte samma näringsinnehåll under trücksamlingsperiod 1 och 2, vilket inte var planerat och demonstrerar ytterligare en av svårigheterna vid försök i fält. Ts- och P-halten var högre, medan Ca-halten lägre under period 2. Denna skillnad medför en svårighet att jämföra de två foderstaterna (V och VH) då man inte säkert kan visa att eventuella skillnader mellan dem beror på närvaron av havre i VH eller om skillnaderna beror på att två olika hösilage har använts. De olika hösilagens ts-smältbarhet varierade dock ej markant mellan perioderna. Period 1 var ts-smältbarheten på V 46,9 och 47,5 % för U respektive VC och under period 2 var ts-smältbarheten 39,1 och 47,1 % för VS respektive VD. Det skiftande näringsinnehållet medförde däremot även en större spridning på Ca- och P-intaget som kan vara positiv vid analys av bl.a. smältbarhet.

Slutsats

Resultaten från denna studie kan inte bekräfta att höjningen av Ca- och P-rekommendationen till växande hästar (NRC, 2007) är befogad utan stämmer bättre med de resultat som föregående NRC-rekommendationer baserades på. För att ta reda på hästens Ca- och P-behov måste man ta reda på de endogena förlusterna på ett mer tillförlitligt sätt. Då skulle man även kunna räkna ut de sanna smältbarheterna. Studien antyder också att större delen av det P som finns i hästträck är lösligt vilket innebär att det bör hanteras varsamt för att undvika skador på miljön. Det innebär också att hästträck är ett bra P-gödningsmedel.

Tack till

Min handledare Anna Jansson för en intressant och rolig studie och tack för all hjälp och alla bra synpunkter.

Michael och Susanne Demmers och övrig personal på Västerbo Stuteri för utlåning av hästar och ett trevligt bemötande.

Lantmännen KRAFFT för delfinansiering av projektet.

Maria Nordqvist och Camilla Andersson för hjälp vid förberedning och analys av prover på Kungsängen.

Referenser

Balsberg-Påhlsson, A.M., 1990.Handledning i kemiska metoder vid växtekologiska arbeten. Meddelande från Växtekologiska avdelningen, Lunds Universitet, nr 52.

Bertilsson, G., Rosenqvist, H. & Mattsson, L. 2005. Fosforgödsling och odlingsekonomi med perspektiv på miljömål. Naturvårdsverket, rapport 5518.

- Breidenbach, A., Schlumbohm, C. & Harmeyer, J. 1998. Peculiarities of vitamin D and of the calcium and phosphate homeostatic system in horses. *Veterinary research* 29 (2), 173-186.
- Chai, W.H. & Udén, P. 1998. An alternative oven method combined with different detergent strengths in the analysis of neutral detergent fibre. *Animal Feed Science and Technology* 74, 281-288.
- Cuddeford, D., Woodhead, A. & Muirhead, R. 1990. Potential of alfalfa as a source of calcium for calcium deficient horses. *The Veterinary Record* 126, 425-429.
- Cymbaluk, N.F., Christinson, G. I. & Leach, D. H. 1989. Nutrient Utilization by Limit- and Ad Libitum-fed Growing horses. *Journal of Animal Science* 67, 414-425.
- Dalin, A-M. 2008. Natural mating or insemination Statistics. Föreläsning i kursen "Biology and use of the horse", SLU. 2008-09-10.
- Dou, Z., Ramberg, Jr., C. F., Chapuis-Lardy, L., Toth, J. D., Wang, Y., Munson, R. J., Wu, Z., Chase, L. E., Kohn, R. A., Knowlton, K. F. & Ferguson, J. D. 2007. A novel test for measuring and managing potential phosphorus loss from dairy cattle feces. *Environmental Science & Technology* 41, 4361-4366.
- El Shorafa, W. M., Feaster, J. P., Ott E. A. & Asquith R. L. 1979. Effect of Vitamin D and Sunlight on Growth and Bone Development of Young Ponies. *Journal of Animal Science* 48, 882-886.
- Furtado, C. E., Tosi, H. & Vitti, D. M. S. S. 2000. Endogenous loss and true absorption of phosphorus in the diet for growing horses. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 35, 1023-1028. (Endast abstract)
- Frape, D. 2004. *Equine Nutrition and feeding*. 3rd edition. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK.
- Gunnarsson, S. 2009. Smältbarhet på ensilage och hö hos hästar i träning. Examensarbete, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, nr 276.
- Goachet, A. G., Philippeau, C., Varloud, M. & Julliand, V. 2009. Adaptations to standard approaches for measuring total tract apperent digestibility and gastro-intestinal retention time in horses in training. *Animal Feed Science and Technology* 152, 141-151.
- Harmeyer, J. & Schlumbohm, C. 2004. Effects of pharmacological doses of Vitamin D3 on mineral balance and profiles of plasma Vitamin D3 metabolites in horses. *Journal of Steroid Biochemistry & Molecular Biology* 89-90, 595-600.
- Hintz, H. F. & Schryver, H. F. 1973. Magnesium, Calcium and Phosphorus metabolism in ponies fed various levels of Magnesium. *Journal of Animal Science* 37, 927-930.
- Hintz, H. F. & Schryver, H. F. 1972. Availability to Ponies of Calcium and Phosphorus from Various Supplements. *Journal of Animal Science* 34, 979-980.

- Hintz, H. F., Schryver, H. F., Doty, J., Lakin C. & Zimmerman, R. A. 1984. Oxalic Acid Content of Alfalfa Hays and Its Influence on the Availability of Calcium, Phosphorus and Magnesium to Ponies. *Journal of Animal Science* 58, 939-942.
- Hintz, H. F., Williams, A. J., Rogoff, J. & Schryver, H.F. 1973. Availability of phosphorus in wheatbran when fed to ponies. *Journal of Animal Science* 36, 522-525
- Jansson, A., Rundgren, M., Lindberg, J.E., Ronéus, M., Hedendahl, A., Kjellberg, L., Lundberg, M., Palmgren Karlsson, C. & Ekström, K. 2004. *Utfodringsrekommendationer för häst*. SLU.
- Jordan, R. M., Myers, V. S., Yoho, B. & Spurrell F. A. 1975. Effect of Calcium and Phosphorus Levels on Growth, Reproduction and Bone Development of Ponies. *Journal of Animal Science* 40, 78-85.
- Krook, L. & Lowe, J. E. 1964. Nutritional Secondary Hyperparathyroidism in the Horse. *Pathologia Veterinaria*, Suppl. 1, 1-98.
- Lindgren, E. 1979. The nutritional value of roughages determined in vivo and by laboratory methods. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Animal Nutrition, Report 45. Uppsala.
- Mäenpää, P. H. Koskinen, T. & Koskinen, E. 1988. Serum Profiles of Vitamins A, E and D in Mares and Foals During Different Seasons. *Journal of Animal Science* 66, 1418-1423.
- Moffett, A. D., Cooper, S. R., Freeman, D. W. & Purvis, H. T. 2002. Case study: Response of Yearling Quarter Horses to Varying Concentrations of Dietary Calcium. *The Professional Animal Scientist* 18, 277-281.
- National Research Council (NRC). 1989. Nutrient requirement of horses, 5th edition. National Academy Press, Washington D.C. USA.
- National Research Council (NRC). 2007. Nutrient requirement of horses, 6th edition. National Academy Press, Washington D.C. USA.
- Naturvårdsverket, 2004. Fosforutsläpp till vatten år 2010 – delmål, åtgärder och styrmedel. Naturvårdsverket, rapport 5364.
- Nordqvist, M., Spörndly, R. & Holtenius, K. 2009. The relationship between soluble and total faecal phosphorus excretion in lactating dairy cows of the Swedish Red and White Breed. *Proceedings International Symposium on Ruminant Physiology*. Abstract Accepted.
- Rourke, K. M., Kohn, C.W., Levine, A. L., Rosol, T.J. & Toribio, R. E. 2009. Rapid calcitonin response to experimental hypercalcemia in healthy horses. *Domestic Animal Endocrinology* 36, 197–201.
- Savage, C. J., McCarthy, R. N. & Jeffcott, L. B. 1993. Effects of dietary phosphorus and calcium on induction of dyschondroplasia in foals. *Equine Veterinary Journal*, Suppl. 16, 80-83.

- Schryver, H. F., Craig, P. H., Hintz, H. F., Hogue, D. E. & Lowe, J. E. 1970a. Site of Calcium Absorption in the Horse. *The Journal of Nutrition* 100, 1127-1132.
- Schryver, H. F., Foose, T. J., Williams, J. & Hintz, H.F. 1983. Calcium excretion in feces of ungulates. *Comparative Biochemistry and Physiology* 74 (2), 375-379.
- Schryver, H. F., Hintz, H. F. & Craig, P. 1970b. Calcium Metabolism in Ponies Fed Varying Levels of Calcium. *The Journal of Nutrition* 100, 955-964.
- Schryver, H. F., Hintz, H. F. & Craig, P. 1971a. Calcium Metabolism in Ponies Fed a High Phosphorus Diet. *The Journal of Nutrition* 101, 259-264.
- Schryver, H. F., Hintz, H. F. & Craig, P. 1971b. Phosphorus Metabolism in Ponies Fed Varying Levels of Phosphorus. *The Journal of Nutrition* 101, 1257-1264.
- Schryver, H. F., Hintz, H. F., Craig, P. H., Hogue, D. E. & Lowe, J. E. 1972. Site of Phosphorus Absorption from the Intestine of the Horse. *The Journal of Nutrition* 102, 143-148.
- Schryver, H. F., Hintz, H. F., Lowe, J. E., Hintz, R. L., Harper, R. B. & Reid, J. T. 1974. Mineral Composition of the Whole Body, Liver and Bone of Young Horses. *The Journal of Nutrition* 104, 126-132.
- Schryver, H. F., Millis, D. L., Soderholm, L. V., Williams, J. & Hintz, H. F. 1986. Metabolism of some essential minerals in ponies fed high levels of aluminum. *The Cornell veterinarian*, 76, 354-360.
- Sjaastad, O., Hove, K. & Sand, O. 2003. Physiology of domestic animals. Scandinavian Veterinary Press.
- Swartzman, J. A., Hintz, H. F. & Schryver, H. F. 1978. Inhibition of calcium absorption in ponies fed diets containing oxalic acid. *American Journal of Veterinary Research* 3, 1621-1623.
- van Doorn, D. A., Everts, H., Wouterse H. & Beynen, A. C. 2004a. The apparent digestibility of phytate phosphorus and the influence of supplemental phytase in horses. *Journal of Animal Science* 82, 1756-1763.
- van Doorn, D. A., Schaafstra, F.J.W.C., Wouterse, H., Everts, H., Lemmens, A. G., Estepa, J. C., Beynen, A. C. & Aguilera-Tejero, E. 2003a. Phosphorus retention in ponies fed rations high in phosphorus. Equine Phosphorus absorption and excretion, David van Doorn, 2003, 83-102.
- van Doorn, D. A., van der Spek, M. E., Everts, H., Wouterse, H. & Beynen, A. C. 2004b. The influence of calcium intake on phosphorus digestibility in mature ponies. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 88, 412-418.
- van Doorn, D.A., van Diepen, L., Homan, S., Wouterse, H., Zeeman, J., Everts, H. & Beynen, A. C. 2003b. The influence of high phosphorus intake on salivary and urinary phosphorus

excretion in mature ponies. Equine Phosphorus absorption and excretion, David van Doorn, 2003, 49-65.

Personligt meddelande:

Dalin, A-M. 2009. Professor reproduktion, Sveriges lantbruksuniversitet. Personligt meddelande, 2009-07-15.

Jansson, A. 2009. Docent, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet. Personligt meddelande, 2009-10-08.

Johanson, S. 2009. VD, Hästnäringens Nationella Stiftelse. Personligt meddelande, 2009-07-31.

Ragnarsson, S. 2009. Doktorand, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet. Personligt meddelande, 2009-10-08.

Nr	Titel och författare	År
281	Capacity studies on DeLaval's sort gate DSG10 30 hp E-nivå Johanna Karlsson	2009
282	Metanproduktion hos mjölkkor utfodrade med hög andel grovfoder Methane emissions from dairy cows fed high levels of forage 30 hp E-nivå Rebecca Danielsson	2009
283	Minskade andelar kraftfoder i foderstaten under betesperioden - effekt på mjölkavkastning och betesbeteende hos mjölkkor Decreased concentrate levels in the diet during the grazing season – effects on milk yield and grazing behaviour of dairy cows 30 hp E-nivå Karin Alvåsen	2009
284	Farmars' perceptions and handling of livestock manure in urban/ peri-urban areas of Kampala, Uganda 15 hp C-nivå Karin Alvåsen	2009
285	Validation of rumination measurement equipment and the role of rumination in dairy cow time budgets 30hp E-nivå Erika Lindgren	2009
286	Jämförande beteendestudie mellan kalvar i AMS och kalvar i gruppbox före och efter avvänjning Comparative behavioural study of calves in AMS and calves in group pen before and after weaning 30hp D-nivå Helena Hultborn	2009
287	The Importance of Shade for Dairy Cattle in Sweden 30 ph E-nivå Maria Andersson	2009
288	Foderstatens fiber- och stärkelsehalt i svensk mjölkproduktion - en fältstudie Fiber and starch in feed rations to swedish dairy cows – a field study 30 hp E-nivå Lotta Christvall	2010
289	Automatic body Condition Scoring on Dairy Cows of the Swedish Red breed 30 hp E-nivå Gabiella Foschi	2010

I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 15 eller 30 högskolepoäng) samt större enskilda arbeten (15-30 högskolepoäng) vid Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges Lantbruksuniversitet. En förteckning över senast utgivna arbeten i denna serie återfinns sist i häftet. Dessa samt tidigare arbeten kan i mån av tillgång erhållas från institutionen.

DISTRIBUTION:
Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Box 7024
750 07 UPPSALA
Tel. 018-67 28 17
