

522. Beretning fra Statens Husdyrbrugs forsøg

Sigurd Boisen

Afd. f. dyrefysiologi, biokemi og analytisk kemi

Mineralstofomsætning og syre-base balance hos voksende kaniner fodret med natriumhydroxyd-behandlet halm

Mineral metabolism and acid-base balance in growing
rabbits fed sodium hydroxide-treated straw



I kommission hos Landhusholdningsselskabets forlag,
Rolighedsvej 26, 1958 København V.

Trykt i Frederiksberg Bogtrykkeri 1982

FORORD

Ved ludning af halm med natriumhydroxyd efter tørludningsmetoden forbliver den tilsatte mindre mængde lud i produktet. Processen giver en øget værdi af halmen, idet det i en række forsøg er påvist, at den energetiske værdi stiger væsentligt.

Det er dog desuden vigtigt at have klarhed over, om ludresten er af en sådan størrelse, at den kan påvirke mineralstofomsætningen i organismen eller forskyde syre-base balancen.

Beretningen beskriver dels mineralstofomsætningen hos voksende kaniner, dels forholdene omkring balancen mellem syre og base. Desuden beskriver den et meget omfattende analysemateriale, der er indsamlet hos to kaningrupper, opdrættet på henholdsvis en foderblanding med ludet halm og en foderblanding med lucernemel.

De fundne resultater viser behov for nærmere at følge den påvirkning, som brug af ludet halm kan have på mineralstofomsætningen, selv om de fundne ændringer ikke har påvirket kaninernes sundhedstilstand i den undersøgte vækstperiode.

Undersøgelserne er gennemført i tilknytning til projektet: Ludet halm til avlskaniner under halmforskningsprogrammet.

Cand.scient. Sigurd Boisen har gennemført en betydelig del af de kemiske analyser, behandlet det indsamlede talmateriale og skrevet beretningen.

Laboranterne Dorte Hansen og Vibeke Nielsen har udført mineralstofanalyserne.

Manuskriptet er opsat og renskrevet af assistent Helle B. Meno.

København, november 1981.

P.E. Jakobsen

J. Fris Jensen

INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD	3
SAMMENDRAG	5
SUMMARY	7
1. INDLEDNING	9
2. TEORETISK BAGGRUND	10
2.1 Mineralstofferne betydning i organismen	10
2.2 Mineralstofferne absorption	11
2.3 Mineralstofbehov	13
2.4 Mineralstofferne i blodet og deres relation til syre-base balancen	14
3. MATERIALER OG METODER	16
3.1 Dyremateriale, foderblandinger og opsamling	16
3.2 Analytiske metoder	18
4. RESULTATER OG DISKUSSION	19
4.1 Foderblandingerne indhold af mineralstoffer og syreequivalenter	19
4.2 Mineralstofomsætning	19
4.3 Mineralstofsammensætning i fæces og urin	26
4.4 Mineralstofsammensætning i retention	32
4.5 Syre-base omsætning	38
4.6 Blodets mineralstofindhold og syre-base balance	40
5. LITTERATURHENVISNINGER	45

SAMMENDRAG

Mineralstofomsætningen og syre-base balancen hos voksende kaniner, fodret med henholdsvis en normal fuldfoderblanding, indeholdende 30 % lucernemel (Hold A) og en fuldfoderblanding, indeholdende 25 % natriumhydroxydbehandlet (ludet) halm som delvis erstatning for lucernemelet (Hold B), er blevet undersøgt. Disse undersøgelser blev foretaget i tilknytning til bestemmelse af energi- og proteinomsætningen, som beskrevet af Eggum et al. (1982).

Behandlingen af halm med NaOH vil (udover den forbedrede træstoffordøjelighed) give et væsentligt større indhold af natrium i den færdige foderblanding, således at natriumtilførslen vil være betydeligt over dyrenes behov. Derimod vil en del af hydroxydet være neutraliseret af de syregrupper, der frigives under de kemiske reaktioner i forbindelse med NaOH behandlingen.

Reaktionstallet (pH) blev bestemt i kontrolfoderblandingen (Diæt A) til 6,2 og i forsøgsfoderblandingen (Diæt B) til 7,2, medens det relative syreindhold i forhold til pH 7,4 (normal pH i ekstracellulærvæsken) blev bestemt til 0,075 meq/g i Diæt A og 0,0125 meq/g i Diæt B. Disse målinger siger imidlertid ikke noget om den endogene frigivelse af syrer eller baser under fordøjelsen. Således vil indhold af lucernemel i Diæt A give anledning til en endogen baseproduktion p.g.a. et stort indhold af neutrale salte af svage syrer, og det er ikke muligt på forhånd at vurdere hvilken diæt, der har det største potentielle baseindhold.

Det store natriumoverskud i Diæt B absorberes effektivt af kaninerne og udskilles igen lige så effektivt med urinen. Ifølge elektroneutralitetsprincippet skal der udskilles lige så mange anioner som kationer, og den ekstra natriumudskillelse vil derfor bevirke en ekstra udskillelse af anioner, heriblandt HCO_3^- (bicarbonat). Den øgede bicarbonatudskillelse giver et højere urin pH i Hold B (pH 8,1) end i Hold A (pH 7,0). At denne forskel ikke så meget skyldes et højere baseindhold i Diæt B, som den større natriumudskillelse i Hold B, fremgår af undersøgelser af blodplasmaet, der viser et lavere bicarbonatindhold i plasmaet i Hold B. Dette betyder, at på trods af basetilsætningen til Diæt B, så er den endogene baseproduktion i Hold B så meget mindre og den udskilte basemængde så meget større, at kaninerne i Hold B i forhold til Hold A faktisk tenderer mod en metabolisk acidose.

De øvrige målinger tyder dog ikke på, at denne tilstand har nogen decideret negativ indflydelse på dyrenes sundhedstilstand. På trods af den effektive natriumudskillelse er der alligevel en lidt større aflejring (retention) af natrium i Hold B.

Den ekstra natriumudskillelse i Hold B følges af en væsentligt forøget urinudskillelse, således at det osmotiske tryk i kroppen kun ændres lidt. Ved den forøgede diurese øges udskillelsen samtidig af klorid, fosfat og kalium. Koncentrationen af anionerne (klorid og fosfat) er tilsyneladende uafhængig af diuresen. Den forøgede udskillelse er formentlig årsagen til en mere effektiv absorption af alle 3 mineralstoffer i Hold B. Den øgede absorption er dog ikke tilstrækkelig til at give den samme retention af klorid og kalium. Hverken den lavere retention af klorid og kalium eller den højere retention af natrium afspejler sig i plasmaet. Den lavere kaliumretention må henføres til vævene, medens den højere natriumretention måske hænger sammen med en øget Na^+ indbygning i knoglerne.

Den mest markante forskel i mineralstofomsætningen er den mindre calciumretention i Hold B. Denne forskel er dog formentlig først og fremmest en følge af et mindre calciumindhold i Diæt B og måske forstærket af foderets mindre Ca/P forhold. En lidt større magnesiumretention i Hold B kan forklares ved en større magnesium indbygning i knoglerne som følge af manglen på kalcium. Den mindre calciumindbygning i knoglerne giver sig også udtryk i en signifikant mindre baseretention og en lidt mindre koncentration af kalcium og magnesium i plasmaet i Hold B.

Eggum et al. (1982) påviste i respirationsforsøg, at Hold B havde et lidt større varmetab og dermed en lidt lavere energiudnyttelse end Hold A. Denne forskel kan delvis forklares ved varmetabet ved den forøgede diurese som følge af det store natriumoverskud i Diæt B.

De foreliggende undersøgelser over mineralstofomsætningen og syre-base balancen viser en række karakteristiske forskelle imellem de to hold som følge af forskellene i diætens mineralstofindhold. Disse forskelle havde dog ikke nogen observerbare indvirkninger på dyrenes sundhedstilstand. Alligevel må det anbefales at erstatte NaCl tilskuddet til Hold B med KCl, eftersom såvel natrium som Na/K forholdet i forvejen er for højt i Diæt B. Desuden har halm et lavt calciumindhold, sammenlignet med lucerne, og det kan på grundlag af de foreliggende resultater anbefales at give dyrene et ekstra kalciumtilskud, når de fodres med ludet halm. Muligvis vil en erstatning af det allerede tilsatte CaHPO_4 med CaCO_3 have den samme positive effekt,

da det især er Ca/P forholdet, der er for lavt i Diæt B.

SUMMARY

Mineral metabolism and acid-base balance were investigated in two groups of rabbits (7 animals in each) during 4 periods of 7 days. The one group was fed a standard diet containing 30 % alfalfa meal (Group A), while the alfalfa meal in the other group was partly replaced by 25 % sodium hydroxide treated straw (Group B). The present investigations are part of an experiment in which energy and protein metabolism were determined (Eggum et al., 1982).

Treatment of straw with NaOH will lead to (in addition to the increased digestibility of crude fibre) a significantly higher sodium content in the final diet, resulting in a sodium contribution much higher than the requirement. However, the extra base content will be partly reduced as a significant amount will be neutralized by liberated acids during the chemical processes involved in the splitting of cellulose and hemicellulose from lignin.

pH was 6.2 in Diet A and 7.2 in Diet B (in comparison to a pH of 7.4 in the extra cellular fluid), while the acid content was 0.075 and 0.0125 meq/g, respectively. However, these measurements do not consider the endogenous liberation of acid or base during digestion. Green plant materials contain high amounts of neutral salts of organic acids, which are transformed into bases during metabolism. Therefore, alfalfa in Diet A will reduce the difference between the total base content (actual and potential base) in the two diets.

The substantial surplus of sodium in Diet B was very effectively absorbed by the rabbits - but also excreted effectively again in the urine.

According to the principle of electroneutrality the amount of anions in the urine has to correspond with the amount of cations, and therefore, the extra sodium excretion has to be followed by an extra excretion of anions, including HCO_3^- (bicarbonate). The increased excretion of bicarbonate resulted in an increased pH in the urine of Group B (pH 8.1) compared to Group A (pH 7.0). A lower concentration of bicarbonate in the plasma of Group B demonstrates that the higher pH in the urine from Group B was primarily caused by the high sodium excretion and not by a higher base surplus in Diet B. This means that in spite of the extra addition of base to Diet B, the lower production and the higher excretion of base in Group B will result

in a tendency to metabolic acidosis in this group. However, no sign of health problems were observed in any of the animals. In spite of an effective excretion of sodium, a small increase in sodium retention was observed in Group B.

The extra excretion of sodium in Group B was accompanied by a significant increase in urine production, preventing a change in the osmotic pressure in the body. The higher diuresis was followed by an increased excretion of chloride, phosphate, and potassium. The concentrations of the anions (chloride and phosphate) are apparently independent of the diuresis. The higher excretion in Group B probably caused a more effective absorption of all three minerals but this was not sufficient to give the same retention of chloride and potassium as in Group A. Neither the lower retention of chloride and potassium nor the higher retention of sodium was reflected in the plasma. However, the lower potassium retention might cause changes in the cells of the soft tissue, while the higher sodium retention might result in a higher sodium incorporation in the skeletal tissues.

The most pronounced difference in mineral metabolism between the two groups is the lower calcium retention in Group B. This difference is primarily a consequence of the lower calcium content in Diet B together with a lower Ca:P ratio in this diet. A slightly higher magnesium retention in Group B might be explained by a higher magnesium incorporation in the bones as a result of the calcium depletion. The lower calcium incorporation in skeletal tissues in Group B is also accompanied by a lower base retention and slightly lower concentrations of calcium and magnesium in the plasma.

Heat production was somewhat higher (and consequently, the energy utilization was lower) in Group B (Eggum et al., 1982). This difference might be explained by the extra heat loss as a consequence of the extra diuresis.

The present results concerning mineral metabolism and acid-base balance demonstrate several characteristic differences between the two groups as a consequence of differences in mineral composition of the diets. However, there were no health problems in any of the rabbits. On the other hand, it can be recommended to replace NaCl in the mineral mixture for Diet B with KCl, as sodium as well as the Na:K ratio are too high in the original feed components. Furthermore, the low calcium content in straw compared to alfalfa should be emphasized, and an extra addition of calcium to diets with straw can be recommended. CaCO_3 will probably be more suitable than CaHPO_4 , as it might primarily be the dietary Ca:P ratio which is too low.

1. INDLEDNING

Træstofrige og relativt billige fodermidler - så som lucernegrøn timer - kan udgøre en væsentlig del (20 - 30 %) af kaninernes foder. Dette beror på, at træstofrigt foder har en stimulerende virkning på ædelysten og dermed på kaninernes tilvækst. Forsøg har således vist, at foderblandinger til kaniner helst skal indeholde 12 - 15 % træstof (Jensen & Tuxen, 1981).

I de senere år har der været stigende interesse for at benytte ludet halm til kaniner. Et tidligere kortvarigt forsøg (Jensen, 1978) viste, at en foderblanding med 20 % ludet halm ikke syntes at have nogen negativ effekt på dyrenes vækstbetingelser og sundhedstilstand. Langtidseffekten af ludet halm (25 % af fuldfoderblanding) undersøges i øjeblikket på kaninforsøgsstationen Skovvang ved Foulum, hvor væksthastighed, frugtbarhed og sundhedstilstand skal følges i 5 generationer.

Protein- og energiomsætningen hos kaniner, der er fodret med ovennævnte foderblanding igennem 3 eller 4 generationer, og sammenlignet med en foderblanding, indeholdende 30 % lucernegrøn timer, er netop beskrevet af Eggum et al. (1982).

Da man har meget ringe erfaring med langtidseffekten af et stærkt baseholdigt foder (NaOH), skal det i denne beretning søges at give en detaljeret beskrivelse af mineralstofomsætningen og syre-base balancen hos kaniner fra det samme forsøg.

2. TEORETISK BAGGRUND

2.1 Mineralstoffernes betydning i organismen

Natrium, kalium og klorid indgår alle i letopløselige salte i form af natrium- (Na^+), kalium- (K^+) og kloridioner (Cl^-). De er alle vigtige for opretholdelse af det osmotiske tryk såvel intracellulært (især K^+) som ekstracellulært (især Na^+ og Cl^-). Deres funktion og omsætningsforhold i organismen er nøje korreleret, således at overskud af eller mangel på et af stofferne griber ind i omsætningen af de andre. Na^+ indgår også i skelettet (ca. 1/3 af totalmængden af Na^+ i kroppen), og K^+ medvirker ved en række intracellulære enzymprocesser. Cl^- har desuden en vigtig funktion i forbindelse med organismens syre-base balance (se senere).

Kalcium og fosfor er de vigtigste mineralstoffer i skelettet, hvor de hovedsageligt er tilstede som hydroxylapatit, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$. Vægtmæssigt er forholdet mellem kalcium og fosfor i knoglevævet derfor normalt ca. 2,1. Kalciumioner (Ca^{++}) har også en metabolisk rolle i forbindelse med blodkoagulationsprocessen og ved kontrol af nerve- og muskelfunktion. Endvidere er Ca^{++} stabilisator for en del enzymer, der deltager i fordøjelsen af proteiner og lipider. Fosfor indgår desuden i form af fosfat (PO_4^{---}) i en række celfunktionelt vigtige stoffer såsom nucleinsyrer (DNA og RNA), coenzymer (ATP, FAD, NAD, NADP, pyridoxalfosfat og thiaminpyrofosfat) og fosfolipider. Fosfor kan oplagres i cellerne i form af uorganiske polyfosfater.

Magnesium indgår også i skelettets strukturelementer og magnesiumioner (Mg^{++}) er sammen med Ca^{++} nødvendige ved kontrol af muskel- og nervefunktion. Desuden er Mg^{++} aktivator for en række intracellulære enzymprocesser i forbindelse med energiomsætningen. Knoglevævet udgør et depot af kalcium, fosfor og magnesium; sidstnævnte er dog sværere at mobilisere.

De øvrige mineralstoffer (mikromineralstoffer eller sporelementer) skal ikke behandles i denne beretning. Behovet for dem er lille, men alligevel er de livsvigtige, da de indgår som en nødvendig bestanddel i en lang række enzymprocesser.

2.1 Mineralstoffernes absorption

Fordøjelsessystemet hos kaniner indtager en mellemposition mellem de enmavede (såsom mennesker og svin) og drøvtyggere (såsom får og køer). Kaninen hører sammen med hesten til "non-ruminant herbivore" typen, som er karakteriseret ved at have en meget stor blindtarm, hvor der foregår en væsentlig træstof nedbrydning, formidlet af den derværende mikroflora (Hintz et al., 1978). Ved de tilhørende gæringsprocesser sker der en betydelig dannelse af flygtige fede syrer (VFA), som kan optages af værtsdyret og udnyttes energetisk (Parker, 1976). Den relative kapacitet er dog noget mindre end i drøvtyggere, og dels på grund heraf, dels formentlig på grund af en højere passagehastighed især hos kaniner, er udnyttelsesgraden af træstof væsentligt lavere (i heste ca. 67 %, men i kaniner kun ca. 33 % af køers (Hintz, 1969)). Der er dog stor forskel på typen af træstof afhængig af, om det findes i f.eks. halm eller rodfrugter (Theander & Åman, 1979), og udnyttelsesgraden er formentlig i betydelig grad afhængig af såvel typen af træstof som det procentiske træstofindhold i foderet.

I sammenligning med andre husdyr indtager kaniner endnu en særstilling, idet de udskiller 2 slags fæces: En hård og en blød type. Den bløde type har et relativt stort indhold af vand, protein, vitaminer og bakterier og svarer til sammensætningen af tarmindeholdet i blindtarmen. Den bløde fæces-type recirkulerer i fordøjelsessystemet, idet kaninen fortærer den direkte fra anus. Denne form for fordøjelse kaldes koprofagi og kan i øvrigt også forekomme hos rotter. Koprofagi ændrer på mange måder fordøjelsesbetingelserne. Således opnår kaninen bedre udnyttelse af tarmbakteriernes vitaminproduktion, og ved recirkuleringen vil der ske en opløsning af udfældede fedtsyrers kalciumsalte i mavens sure miljø, hvorved kaninen - sammenlignet med andre dyr - får en høj fedtfordøjelighed (Eggum et al., 1982). Det er også sandsynligt, at mineralstofabsorptionen påvirkes, men nogen klarlæggelse heraf er der, såvidt vides, endnu ikke forsøgt.

Fordøjelsessystemet hos kaniner er illustreret i Fig. 2.1. Sædet for absorptionen af de forskellige mineralstoffer er ikke undersøgt, men på grund af den store lighed med hestens fordøjelsessystem kan man formode, at der på trods af koprofagien er en god overensstemmelse imellem disse dyr, ligesom der formentlig vil kunne drages paralleler til andre dyr.

For alle makromineralstoffers vedkommende er der tale om en betydelig udveksling mellem fordøjelsesskanalen og den øvrige del af organismen; man taler derfor om nettoabsorption, som er forskellen mellem det totalt absorbere-

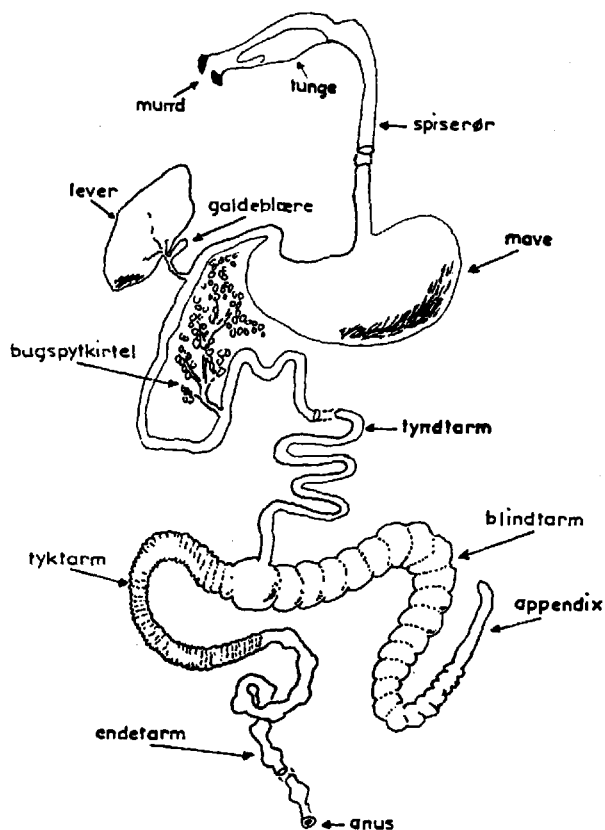


Fig. 2.1 Fordøjelsessystemet hos kaninen

Fig. 2.1 The digestive system of the rabbit

de og det via fordøjelsessekretterne udskilte (spyt, mavesaft, pancreassaft, galde og tyndtarmssekret).

Natrium, kalium og klorid indgår i normalt foder næsten udelukkende som letopløselige salte, og nettoabsorptionen af disse er meget effektiv, idet den oftest ligger på 80 - 90 %. Absorptionen af natrium og klorid foregår især i blindtarmen og i tyktarmen hos hesten. Fosfor absorberes i den øverste del af tyktarmen, medens kalcium (og magnesium) absorberes i tyndtarmen.

Absorptionen af kalcium, magnesium og fosfor er i væsentlig grad korreleret. Kalcium og magnesium konkurrerer om de samme pladser i transportmekanismen, og et højt kalciumindhold i foderet vil nedsætte magnesiumabsorptionen. Magnesiumindholdet vil altid være betydeligt lavere end kalciumindholdet, og den omvendte situation vil normalt ikke opstå. Højt fosfatindhold har en betydelig effekt på kalcium- og magnesiumabsorptionen, idet overskuddet af fosfat kan "trække" kalcium og magnesium tilbage til fordøjelseskana-len under dannelse af tungtopløseligt $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ og $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ i tyktarmen, hvor en væsentlig del af de tidligere absorberede kalcium- og magnesiummængder normalt atter udskilles. Derimod har et højt kalciumindhold kun lille effekt på absorptionen af fosfor, eftersom kalcium absorberes tidligere i fordøjelsessystemet. Herved sker der ikke nogen binding af fosfat i tungtopløselige salte, idet overskydende kalcium først udskilles senere i fordøjelsessystemet, end der, hvor fosfatabsorptionen foregår. En væsentlig del af kalcium, magnesium og fosfor i vegetabiliske fodermidler findes i ret utilgængelig form - først og fremmest i fytater, og en forudsætning for at kunne udnytte mineralerne henfra er en spaltning med fytase (et enzym, som udskilles af visse bakterier i fordøjelseskana-len. Fytinbundet fosfor kan således udnyttes af drøvtyggere, men ikke af grise og høns. Om kaniner kan udnytte det vides ikke, men det er muligt, at omsætningen i blindtarmen sammen med koprofagien har en positiv effekt på fosforabsorptionen. Nettoabsorptionen af alle tre mineraler ligger typisk omkring 40 - 50 % for voksende dyr - dog noget højere for yngre dyr. Absorptionen af kalcium fremmes især af vitamin D, men også af laktose og protein.

2.3 Mineralstofbehov

Mineralstofindholdet i foderet skal svare til dyrenes behov, divideret med absorptionsgraden. Et mål for voksende dyrs behov til vækst kan man få, dels ved at undersøge mineralstofsammensætningen i nyfødte og sunde voksne dyr, dels ved at undersøge modermælken mineralstofindhold, idet denne må for-

modes at være nær ideel. Det er således interessant, at kaninmælk indeholder ca. 5 gange så meget kalcium og fosfor som komælk (Scheelje, 1975), hvilket demonstrerer, at kaninunger har et særlig stort behov for disse mineralstoffer til normal skeletudvikling. De optimale mineralstofforsyninger kan dog kun bestemmes ved empiriske forsøg, hvor man undersøger forskellige mineralstof-niveauer's indflydelse på dyrenes væksthastighed, tilvækst pr. tilført energienhed, skeletudvikling m.m. Det er dog ofte vanskeligt at opnå entydige resultater på grund af det meget store antal parametre, der influerer på hinanden (ikke blot alle makro- og mikromineralstoffer, men også mange af foderets øvrige komponenter). Ofte påvirkes resultatet af helt andre komponenter eller forhold, end dem man undersøger i forsøget (f.eks. mangel på et mikromineralstof eller vitamin, for meget eller for lidt træstof, indhold af væksthæmmende faktorer eller andre toksiske stoffer - eller den genetiske baggrund hos forsøgsdyrene).

De i litteraturen angivne mineralstofbehov for kaniner varierer en del (Tabel 2.1). Særlig stor forskel er der i de angivne behov for magnesium, kalcium og fosfor. Dette kan måske tildels hænge sammen med betydningen af mineralstofkilden og foderets øvrige sammensætning som diskuteret i 2.2.

Tabel 2.1 Mineralstofbehov for voksende kaniner (% af foderblanding)

Table 2.1 Mineral requirements for growing rabbits (% of diet)

Mineralstof	NRC (1977)	AEC (1978)	Portsmouth (1979)	Surdean (1979)
Natrium	0,2	0,2	0,3	0,4
Kalium	0,6	-	1,5	1,3
Klorid	0,3	0,3	0,5	0,4
Magnesium	0,03-0,04	-	0,25	-
Kalcium	0,4	0,8	1,0-1,2	-
Fosfor	0,22	0,5	0,4-0,8	-

Tabel 2.1 demonstrerer nødvendigheden af systematiske undersøgelser til en korrekt fastlæggelse af behovet for de enkelte mineralstoffer, således at der kan opnås en optimal væksthastighed og en optimal vækst i forhold til foderindtaget.

2.4 Mineralstoffer i blodet - og deres relation til syre-base balancen

Fordelingen af de forskellige mineralstoffer i normal plasma fra mennesket fremgår af Fig. 2.2. Denne fordeling vil være nogenlunde den samme i de fleste dyrearter og kan anses for at være i rimelig god overensstemmelse

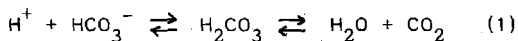
KATIONER	meq/l	meq/l	ANIONER
Na^+	142	101	Cl^-
		26	HCO_3^-
		16	PROTEIN $^-$
K^+ Ca^{++} Mg^{++}	4 5 2	10	REST ANIONER

Fig. 2.2 Fordelingen af kationer og anioner i normal plasma fra mennesket

Fig. 2.2 *Distribution of cations and anions in normal human plasma*

med fordelingen i kaninens plasma. Som det fremgår af Fig. 2.2 er Na^+ den mest dominerende kation i plasmaet. Koncentrationen af denne er vigtig for opretholdelse af det rigtige osmotiske tryk og dermed opretholdelse af organismens væskebalance. Na^+ koncentrationen bliver derfor nøje hormonalt reguleret af aldosteron (fra binyrerne), der regulerer tilbageresorptionen af Na^+ fra nyretubuli. K^+ koncentrationen reguleres ikke hormonalt, men holdes alligevel nogenlunde konstant i plasmaet, da et tab herfra vil erstattes af uddiffunderet K^+ fra vævene. Ca^{++} koncentrationen reguleres nøje af 2 hormoner, idet lav Ca^{++} koncentration i plasma inducerer frigørelsen af parathormonet (fra biskjoldbruskkirtlen), der dels frigør Ca^{++} fra knoglerne, dels standser udskillelsen af Ca^{++} gennem nyrerne. Høj Ca^{++} koncentration i plasma vil modsvarende inducere frigørelsen af calcitonin (fra skjoldbruskkirtlen), der øger aflejringen af Ca^{++} i knoglerne og øger Ca^{++} udskillelsen med urinen. Mg^{++} koncentrationen reguleres derimod ikke hormonalt, og koncentrationen i plasmaet vil i væsentlig grad være afhængig af tilgængeligheden fra foderet. Cl^- er den mest dominerende anion, men koncentrationen af denne er heller ikke hormonalt reguleret, og Cl^- koncentrationen vil derfor normalt variere mere end Na^+ koncentrationen.

Blodets pH holdes normalt konstant inden for et ret snævert område. Hertil hjælper en række buffersystemer, hvoraf



er den vigtigste. Som slutprodukt ved de kataboliske processer dannes kuldioxyd (CO_2), der diffunderer fra vævene ud i blodet, hvorefter ligning (1) ifølge massevirkningsloven forskydes mod venstre. Den herved øgede H^+ koncentration stimulerer åndedrættet (via receptorer i den forlængede rygmarv), hvorved CO_2 fjernes via lungerne, og balancen genoprettes.

Blodets HCO_3^- koncentration kan således ændres hurtigt via åndedrættet, medens de andre ioner i Fig. 2.2 kun ændres langsomt og derfor kaldes "fixerede" ioner. En ændring af Cl^- koncentrationen vil straks følges af en ændring i HCO_3^- koncentrationen, da der ifølge elektroneutralitetsprincippet hele tiden vil være lige mange positive og negative ioner i blodet.

Et tab af Cl^- fra organismen (f.eks. ved kraftige opkastninger) vil bevirke et fald i blodets Cl^- koncentration. Den derefter øgede HCO_3^- koncentration vil ifølge ligning (1) nedsætte H^+ koncentrationen (svarende til et højere pH), hvorimod CO_2 trykket (Pco_2) vil være uændret (ukompenseret metabolisk alkalose). Imidlertid vil den lavere H^+ koncentration bevirke en nedsat respiration, hvorved der opnås en kompenseret metabolisk alkalose med næsten normalt pH, men i stedet med øget Pco_2 . HCO_3^- koncentrationen vil derfor stadig være større. Et stort K^+ tab fra organismen (p.g.a. opkastning, diarré eller nyrebrist) vil indirekte give samme virkning, idet Cl^- tabet vil svare nogenlunde til K^+ tabet. Tabet af K^+ fra serum erstattes som tidligere nævnt af K^+ fra vævet, hvorimod hele Cl^- tabet kommer fra det ekstracellulære væskerum.

3. MATERIALER OG METODER

3.1 Dyremateriale, foderblandinger og opsamling

Fodringsforsøgene udførtes med 2 grupper à 7 hunkaniner (af racen Hvid Land), der havde en vægt på ca. 1,2 kg (51 til 56 dage gamle) ved forsøgets start. Den ene gruppe fik normal fuldfoderblanding, indeholdende lucernemel (Diæt A), medens den anden gruppe i stedet for lucernemelet fik ludet halm i foderet (Diæt B). Ludningen var udført med 4 % NaOH under højt tryk (100-300 atm.) og temperatur (80-100° C), som beskrevet af Røxén (1972). Fodrings-

forsøget udførtes ialt i 4 på hinanden følgende perioder à 7 dage. De 2 foderblandingers sammensætning fremgår af Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Sammensætning og kemiske analyser (%) af foderblandingerne

Table 3.1 Dietary components and chemical analysis (%) of the feed mixtures

Diæt	Diet	A	B
Byg	Barley	16,00	21,00
Havre	Oat	30,00	10,00
Lucernemel	Lucerne meal	30,00	5,00
Byghalm (ludet)	Barley straw (NaOH treated)	0,00	25,00
Hvedeklid	Wheat bran	10,00	10,00
Sojaskrå	Soyabean meal	4,00	14,00
Solsikkekrå	Sunflower seed meal	8,00	8,00
Melasse, sukkerroe	Molasses	0,00	5,00
NaCl	NaCl	0,50	0,50
CaHPO ₄	CaHPO ₄	0,75	0,75
Vitaminblanding	Vitamin mixture	0,75	0,75
Tørstof	Dry matter	88,38	87,04
Kvælstof	Nitrogen	2,74	2,63
Fedt	Fat (Stoldt)	3,84	3,07
Træstof	Crude fibre	15,36	15,41
Aske	Ash	6,17	6,92
Letopl. kulhydrater (LHK)	Readily soluble carbohydrates	27,22	24,68
Natrium	Sodium	0,21	0,76
Kalium	Potassium	1,11	1,09
Klorid	Chloride	0,50	0,58
Magnesium	Magnesium	0,19	0,17
Kalcium	Calcium	0,77	0,55
Fosfor	Phosphorus	0,63	0,59

Under hele forsøget var kaninerne anbragt i individuelle balancebure ved 15° C og en relativ luftfugtighed på 60 %. Dyrene blev fodret en gang om dagen med ca. 85 % af den mængde, som de forventedes at ville indtage ved fodring ad libitum (Tabel 3.2).

Tabel 3.2 Alder, foderoptagelse, levende vægt og daglig tilvækst (Diæt A og B)

Table 3.2 Age, feed intake, live weight and daily gain (Diet A and B)

Per. nr. A+B	Alder dage		Foderopta- gelse g/dag		Levende vægt				Tilvækst			
					A		B		A		B	
	A	B	A	B	g	SD	g	SD	g	SD	g	SD
I	54	59	90	90	1327	30	1263	95	36	6,2	30	3,9
II	61	66	111	111	1588	39	1497	106	39	2,0	36	3,5
III	68	73	142	142	1869	45	1773	108	41	4,0	42	4,7
IV	75	80	163	163	2153	64	2057	119	40	6,7	39	4,0

Urinen blev opsamlet gennem en tragt med glasuld i en flaske, indeholdende 10 ml (1:5) fortyndet H_2SO_4 . Fæces og urin blev samlet hver morgen umiddelbart før fodring og derefter opbevaret ved 4° C indtil periodens afslutning. Efter hver periode blev prøverne vejjet, hældt sammen og homogeniseret, før der blev udtaget prøver til analyser. Blodprøver blev taget fra en ørevene. For at fremme blodcirkulationen i ørerne anbragtes kaninerne umiddelbart før tapning under en varmelampe i ca. 5 min. Hårene omkring stedet for punkturen blev fjernet med en skalpel for at undgå koagulation, og området blev "duppet" med lidt toluol på en vatpind for derved yderligere at fremme tapningen. Til prøver for syre-base bestemmelser (en gang om ugen) anvendtes 200 µl kappillarrør, medens der for mineralstofbestemmelser (i perioderne I og IV) blev aftappet i heparinglas 5 - 6 ml blod, hvorfra plasmaet isoleredes ved centrifugering (3.500 rpm i 30 min.).

3.2 Analytiske metoder

Til mineralstofbestemmelserne blev foder- og fæcesprøver forasket i varmeovn (450° C til natrium- og kaliumbestemmelser, men 525° C til kalcium-, magnesium- og fosforbestemmelser). Plasmaprøver blev destrueret med HClO_4 og HNO_3 (1:1:1) ved 190° C. Urinprøver blev målt efter fortynding uden destruktion.

Natrium og kalium blev målt i en cæciumklorid-opløsning ved flammefotometri, medens magnesium og kalcium blev målt i en lanthanklorid-opløsning ved atom absorption. Begge typer målinger blev udført på en Unicam SP 9 spektrofotometer.

Fosfor i foder, fæces og urin blev bestemt kolorimetrisk på en Vitatron spektrofotometer ved 640 nm efter reaktion med ammoniummolybdat. Uorganisk fosfat i plasma blev bestemt på samme måde som fosfor, men efter en forudgående TCA-fældning af proteiner i stedet for destruktion.

Klorid blev bestemt potentiometrisk med Radiometer CM 10 Chloridtitrator på ekstrakter af foder- og fæcesprøver, eller direkte på urin og plasma.

Syre-base parametrene i blodet blev målt umiddelbart efter prøvetagning på Radiometer ABL 2 Acid-Base Laboratory.

4. RESULTATER OG DISKUSSION

4.1 Foderblandingerne indhold af mineralstoffer og syreequivalenter

Indholdet af mineralstoffer i de to foderblandinger fremgår af Tabel 3.1. Ved sammenligning med Tabel 2.1 ses det, at der er en god overensstemmelse mellem mineralstofindholdet i Diæt A og anbefalede værdier. Derimod er natriumindholdet i Diæt B væsentligt over behovet (2 - 4 gange), medens kalci-umindholdet og Ca/P forholdet i Diæt B muligvis er i underkanten. På grund af de store forskelle i de forskellige anbefalede værdier, kan dette dog ikke på forhånd siges med sikkerhed.

Surhedsgraden af henholdsvis kontrolfoderet (Diæt A) og forsøgsfoderet, indeholdende 25 % ludet halm (Diæt B), blev bestemt i en opslemning af en prøve fra hver blanding (1 g i 20 ml destilleret vand). Opslemningen med Diæt A gav et pH på 6,2, medens Diæt B gav et pH på 7,2. Ved titrering med NaOH til pH 7,4 (normal pH i extracellulærvæsken) blev det relative syreindhold bestemt til 0,075 meq/g i Diæt A og 0,0125 meq/g i Diæt B. Dette resultat tyder ikke på, at basetilskuddet i Diæt B i sig selv vil have nogen negativ effekt på kaninerne.

4.2 Mineralstofomsætningen

De totale mineralstofmængder i alle 4 perioder sammenlagt (mmol i 28 dage) i foder, fæces, urin og retention er illustreret i Fig. 4.1.

Omsætningen af natrium, kalium, klorid, magnesium, calcium og fosfor i de enkelte perioder (udtrykt i mg/dag) fremgår af Tabellerne 4.1 - 4.6.

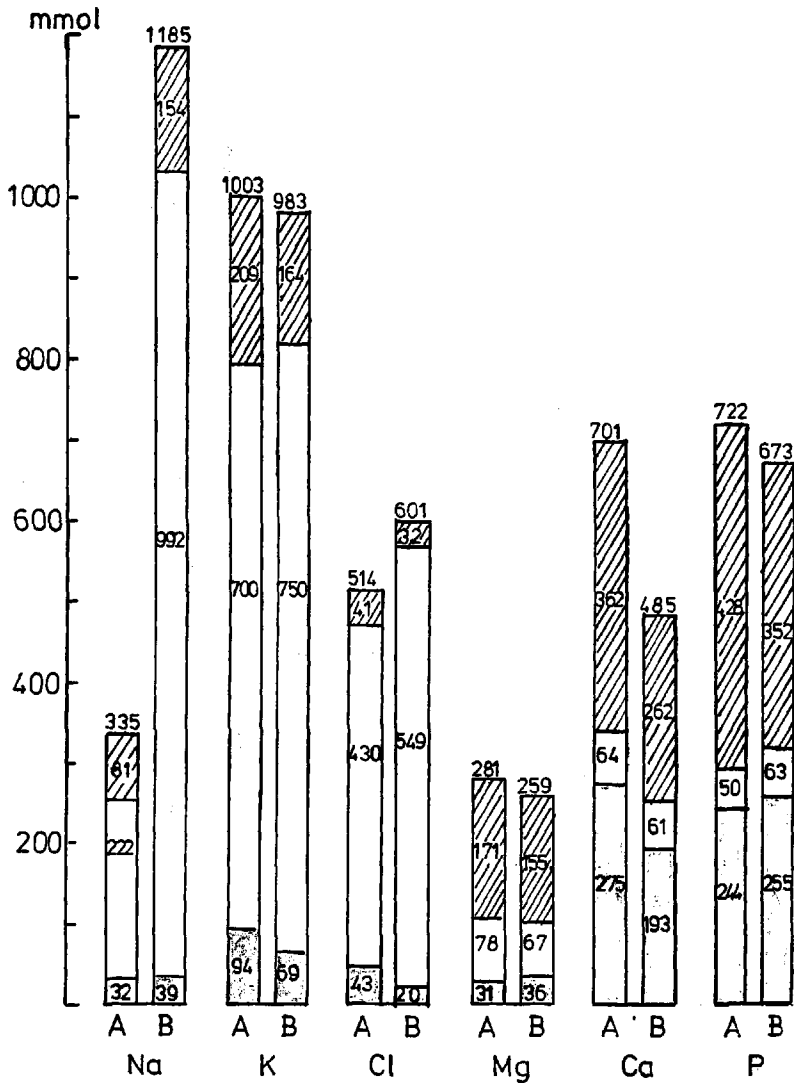


Fig. 4.1 Mineralstofomsætning. Fordeling af foderets indhold af makromineraler i fæces (▨), urin (□) og retention (▤).

Fig. 4.1 Mineral metabolism. Distribution of feed macro minerals in faeces (▨), urine (□) and retention (▤).

Tabel 4.1 Natrium omsætning. Na i fæces, absorption, urin og retention (mg/dag/dyr) og i forhold til foderets indhold (%)

Table 4.1 Sodium metabolism. Na in faeces, absorption, urine and retention (mg/day/animal) and in relation to the feed content (%)

Diæt	Per. nr.	Foder mg/d	Fæces		Absorberet		Urin		Retention	
			mg/d (%)	SD	mg/d (%)	SD	mg/d (%)	SD	mg/d (%)	SD
A	I	197	34 (17)	6	163 (83)	6	136 (69)	11	27 (14)	10
	II	242	50 (21)	8	192 (79)	8	160 (66)	18	32 (13)	18
	III	308	80 (26)	18	228 (74)	18	205 (67)	28	23 (8)	18
	IV	352	102 (29)	19	250 (71)	19	227 (64)	38	23 (7)	26
B	I	694	69 (10)	16	625 (90)	16	586 (84)	21	39 (6)	16
	II	855	103 (12)	24	752 (88)	24	708 (83)	31	44 (5)	41
	III	1092	148 (14)	30	944 (86)	30	906 (83)	58	38 (4)	40
	IV	1252	187 (15)	31	1065 (85)	51	1057 (84)	51	8 (1)	27

Natrium (Tabel 4.1). Den procentiske absorption er faldende fra periode I til IV (fra 83 til 71 % i Hold A og fra 90 til 85 % i Hold B). På trods af den større absorptionsgrad i Hold B er natriumindholdet i fæces ca. dobbelt så stort som i kontrolholdet. Den absorberede mængde natrium er betydeligt større end behovet, men udskillelsen med urinen er meget effektiv, og i takt med den øgede mængde, der optages, øges også den procentiske udskillelse af det absorberede (fra 83 til 91 % i Hold A og fra 94 til 99 % i Hold B). Den effektive udskillelse af natrium med urinen bevirker, at Hold B's natriumretention kun er lidt større end Hold A's. (Den øgede natriumretention udgør kun 1 % af det øgede natriumindtag). Effekten af Hold B's øgede natriumindtag på diuresen og væskebalancen diskuteres senere.

Kalium (Tabel 4.2). Den procentiske absorption er næsten konstant i begge hold (ca. 80 % i Hold A og ca. 83 % i Hold B). Udskillelsen af kalium med urinen er ligesom udskillelsen af natrium meget effektiv. Udskillelsen i Hold B er signifikant større end i Hold A, og også den procentiske udskillelse af det absorberede er størst i Hold B (ca. 92 % mod ca. 85 % i kontrolholdet).

Tabel 4.2 Kaliumomsætning. K i fæces, absorption, urin og retention (mg/dag/dyr) og i forhold til foderets indhold (%)

Table 4.2 Potassium metabolism. K in faeces, absorption, urine and retention (mg/day/animal) and retention in relation to the feed content (%)

Diæt	Per. nr.	Foder mg/d	Fæces		Absorberet		Urin		Retention	
			mg/d (%)	SD	mg/d (%)	SD	mg/d (%)	SD	mg/d (%)	SD
A	I	996	196 (20)	46	800 (80)	46	675 (68)	77	125 (13)	37
	II	1229	242 (20)	61	987 (80)	61	835 (68)	106	152 (12)	72
	III	1572	317 (20)	89	1255 (80)	89	1074 (68)	188	181 (12)	120
	IV	1804	410 (23)	123	1394 (77)	123	1326 (74)	212	68 (4)	128
B	I	977	165 (17)	32	812 (83)	32	731 (75)	35	81 (8)	24
	II	1205	193 (16)	21	1012 (84)	21	896 (74)	102	116 (10)	57
	III	1542	270 (18)	44	1272 (82)	44	1198 (78)	99	74 (5)	37
	IV	1770	289 (16)	44	1481 (84)	44	1366 (77)	109	115 (6)	28

Det forøgede kaliumtab med urinen i Hold B skyldes den forøgede diurese, som er en følgevirkning af det ekstra natriumindtag. Det forøgede tab er endvidere sandsynligvis årsag til den øgede kaliumabsorption. Den øgede absorption er dog ikke tilstrækkelig til, at Hold B undgår en væsentligt nedsat kaliumretention (36 % i gennemsnit for alle 4 perioder). Da kalium er den vigtigste elektrolyt i intracellulærrummene, må det anses for sandsynligt, at en så stor forskel i retentionen vil have en (væsentlig) fysiologisk virkning. Der er således en risiko for en forskydning af Na/K balancen, der kan give anledning til hypertension (Ovesen & Olesen, 1980).

Klorid (Tabel 4.3). Den procentiske absorption er lidt større i Hold B end i Hold A (henholdsvis ca. 95 og ca. 92 %). Næsten alt absorberet klorid udskilles igen med urinen med stigende effektivitet gennem de 4 perioder (86 til 97 % i Hold A og 94 til 99 % i Hold B). Den øgede kloridudskillelse i Hold B skyldes den øgede diurese, og den øgede kloridabsorption er en indirekte effekt heraf, men er ikke tilstrækkelig til at kompensere for det øgede tab med urinen. Den nedsatte kloridretention i Hold B kan øge risikoen

Tabel 4.3 Kloridomsætning. Cl i fæces, absorption, urin og retention (mg/dag/dyr) og i forhold til foderets indhold (%)

Table 4.3 Chloride metabolism. Cl in faeces, absorption, urine and retention (mg/day/animal) and in relation to the feed content (%)

Diæt	Per. nr.	Foder mg/d	Fæces		Absorberet		Urin		Retention	
			mg/d (%)	SD	mg/d (%)	SD	mg/d (%)	SD	mg/d (%)	SD
A	I	467	33 (7)	16	434 (93)	16	375 (80)	33	59 (13)	24
	II	573	39 (7)	18	534 (93)	18	457 (80)	49	76 (13)	39
	III	729	65 (9)	37	664 (91)	37	604 (83)	62	60 (8)	34
	IV	835	69 (8)	37	766 (92)	37	743 (89)	72	23 (3)	51
B	I	542	26 (5)	8	516 (95)	8	486 (90)	25	30 (6)	24
	II	686	38 (6)	18	648 (94)	18	590 (86)	28	57 (8)	38
	III	846	48 (6)	20	798 (94)	20	787 (93)	44	11 (1)	31
	IV	968	48 (5)	22	920 (95)	22	915 (94)	31	5 (1)	24

for metabolisk alkalose, idet en sænkning af kloridkoncentrationen i serum automatisk vil bevirke en forhøjelse af hydrogencarbonatkoncentrationen, hvilket vil hæve blodets pH.

Magnesium (Tabel 4.4). Den procentiske absorption falder kraftigt hen igennem forsøget (fra 50 til 29 % i Hold A og fra 47 til 36 % i Hold B). Magnesiumindholdet i fæces er ens i de to hold i de første to perioder, men signifikant lavere i Hold B i de to sidste perioder. En stor del af det netto absorberede magnesium udskilles med urinen (over 65 %), hvilket er usædvanligt, idet de fleste dyrearter primært udskiller magnesium med fæces. Det fundne er dog i overensstemmelse med undersøgelser foretaget af Cheeke & Amberg (1973). Udnyttelsesgraden er i begge hold lav (ca. 14 %).

Kalcium (Tabel 4.5). Den procentiske absorption af kalcium falder tydeligt fra periode I til IV i Hold A (fra 54 til 45 %), men kun svagt i Hold B (fra 51 til 49 %). Til gengæld er den totale udskillelse med urinen kun svagt stigende i Hold A, medens den mere end fordobles i Hold B. Taget som procent af den absorberede mængde, falder udskillelsen i Hold A fra 22 til 18 %,

Tabel 4.4 Magnesiumomsætning. Mg i fæces, absorption, urin og retention (mg/dag/dyr) og i forhold til foderets indhold (%)

Table 4.4 Magnesium metabolism. Mg in faeces, absorption, urine and retention (mg/day/animal) and in relation to the feed content (%)

Diæt	Per. nr.	Foder mg/d	Fæces		Absorberet		Urine		Retention	
			mg/d (%)	SD	mg/d (%)	SD	mg/d (%)	SD	mg/d (%)	SD
A	I	174	87 (50)	6	87 (50)	6	61 (35)	5	26 (15)	5
	II	214	118 (55)	11	96 (45)	11	64 (30)	3	32 (15)	10
	III	273	167 (61)	9	106 (39)	9	71 (26)	7	35 (13)	11
	IV	313	222 (71)	19	91 (29)	19	76 (24)	4	15 (5)	6
B	I	161	85 (53)	4	76 (47)	4	52 (32)	7	24 (15)	6
	II	197	118 (60)	4	79 (40)	4	50 (25)	7	29 (15)	5
	III	252	153 (61)	7	99 (39)	7	64 (25)	9	35 (14)	3
	IV	288	183 (64)	10	105 (36)	10	68 (24)	10	37 (13)	11

medens den i Hold B stiger fra 21 til 27 % og i periode IV er signifikant større i Hold B til trods for at optaget og absorberet kalcium et betydeligt mindre (forskellen i de udskilte mængder hænger sammen med en karakteristisk forskel i urinernes kalcium koncentrationer, som omtales i 4.3). For begge grupper gælder det, at kalciumudskillelsen med urinen er betydeligt lavere end rapporteret af Cheeke & Amberg (1973), der med et tilsvarende indhold af kalcium, magnesium og fosfat (henholdsvis 0,69, 0,185 og 0,72 %) i foder til kaniner finder en kalciumudskillelse med urinen svarende til ca. 62 % af det absorberede. Sammenholdt med den lave retention af kalcium i begge hold, (se 4.4), tyder disse resultater på, at især tilgængeligheden af kalcium i det nærværende forsøg har været for lav. Selv om kalciumindholdet i Diæt B er væsentligt lavere end i Diæt A, er udnyttelsesgraden også lavere i Hold B end i Hold A (henholdsvis 26 og 30 %). D.v.s. tilgængeligheden af kalcium i Diæt B er tilsyneladende lavere end i Diæt A. Den lavere tilgængelighed kan måske helt eller delvist forklares ved det lavere Ca/P forhold i Diæt B.

Tabel 4.5 Kalciumomsætning. Ca i fæces, absorption, urin og retention (mg/dag/dyr) og i forhold til foderets indhold (%)

Table 4.5 Calcium metabolism. Ca in faeces, absorption, urine and retention (mg/day/animal) and in relation to the feed content (%)

Diæt	Per. nr.	Foder mg/d	Fæces		Absorberet		Urin		Retention	
			mg/d (%)	SD	mg/d (%)	SD	mg/d (%)	SD	mg/d (%)	SD
A	I	718	327 (46)	22	391 (54)	22	87 (12)	17	304 (42)	29
	II	883	435 (49)	26	448 (51)	26	87 (10)	16	361 (41)	28
	III	1123	594 (53)	63	529 (47)	63	91 (8)	12	438 (39)	61
	IV	1287	714 (55)	59	573 (45)	59	103 (8)	20	470 (37)	74
B	I	532	260 (49)	27	272 (51)	27	57 (11)	13	215 (40)	24
	II	651	319 (49)	27	332 (51)	27	74 (11)	18	258 (40)	23
	III	825	438 (53)	39	387 (47)	39	92 (11)	20	295 (36)	34
	IV	943	485 (51)	31	458 (49)	31	123 (13)	24	335 (36)	33

Fosfor (Tabel 4.6). Den procentiske absorption af fosfor (som fosfat) er af samme størrelsesorden som af kalcium og magnesium og er ligesom for disse to mineralstoffer faldende hen igennem forsøget (fra 49 til 32 % i Hold A og fra 51 til 45 % i Hold B). Hold B har til trods for et lavere fosforindhold i foderet en signifikant højere absorption i periode IV, (absorptionen var også større i periode II og III, men ikke signifikant). Den større absorption af fosfat i Hold B kan være en direkte følge af det lavere kalciumindhold i foderet (mindre mængder bindes i $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$). Det er dog den almindelige antagelse, at moderate overskud af kalcium ikke påvirker fosfatoptagelsen, da kalcium absorberes tidligere i fordøjelsessystemet end fosfat (Hintz et al., 1978; Robinson & Slade, 1974). En anden faktor, der kan påvirke fosfatoptagelsen, er natrium koncentrationen, idet natrium kan fremme absorptionen af fosfat (Dam, 1972). Det fundne er derfor i god overensstemmelse med, at fæces fra Hold B indeholder ca. dobbelt så meget natrium som fra Hold A. Endelig kan den større fosfatabsorption forklares ved en større parathormonaktivitet p.g.a. den mindre kalciumtilgængelighed. Ved øget parathormon-

Tabel 4.6 Fosforomsætning. P i fæces, absorption, urin og retention (mg/dag/dyr) og i forhold til foderets indhold (%)

Table 4.6 Phosphorus metabolism. P in faeces, absorption, urine and retention (mg/day/animal) and in relation to the feed content (%)

Diæt	Per. nr.	Foder mg/d	Fæces		Absorberet		Urin		Retention	
			mg/d (%)	SD	mg/d (%)	SD	mg/d (%)	SD	mg/d (%)	SD
A	I	568	287 (51)	17	281 (49)	17	47 (8)	7	234 (41)	23
	II	700	376 (54)	30	324 (46)	30	50 (7)	3	274 (39)	29
	III	896	533 (59)	43	363 (41)	43	51 (6)	6	312 (35)	43
	IV	1092	699 (68)	51	330 (32)	51	72 (7)	8	258 (25)	49
B	I	530	259 (49)	30	271 (51)	30	58 (11)	9	213 (40)	24
	II	654	314 (48)	23	340 (52)	23	59 (9)	11	281 (43)	16
	III	836	455 (54)	35	381 (46)	35	65 (8)	12	316 (38)	27
	IV	960	528 (55)	34	432 (45)	34	97 (10)	17	335 (35)	25

aktivitet vil fosfatudskillelsen via nyrerne øges, hvilket igen vil øge absorptionen. Udnyttelsesgraden er ligesom absorptionen faldende i begge hold hen igennem forsøget (fra 41 til 25 % i Hold A og fra 40 til 35 % i Hold B).

4.3 Mineralstofsammensætningen i fæces og urin

Koncentrationerne af de enkelte mineralstoffer i fæces (mmol/kg tørstof) og urin fremgår af Tabel 4.7 og 4.8. De letopløselige salte (hvor i natrium, kalium og klorid indgår) vil stort set være opløst i fæces' væskedel og bidrage til det osmotiske tryk. De tungtopløselige salte (hvor i kalcium, magnesium og fosfor indgår) vil derimod næsten udelukkende være udfældede og dermed ikke bidrage til det osmotiske tryk i tarmkanalen. Da tørstofindholdet i fæces er meget tæt på 50 %, vil de anførte værdier for natrium, kalium og klorid i Tabel 4.7 samtidig svare nogenlunde til koncentrationen af disse mineralstoffer i mmol/l i fæces' væskedel. Det fremgår heraf, at koncentrationen af natrium og kalium er i samme størrelsesorden i fæces' væskedel og urinen, hvilket er et udtryk for, at det osmotiske tryk i tyktarmen og nyretubuli

Tabel 4.7 Mineralstofsammensætning (mmol/kg tørstof) og tørstofindhold i fæces

Table 4.7 Mineral composition (mmol/kg dry matter) and dry matter in faeces

Diæt	Mineralstof	Periode			
		I	II	III	IV
A	Natrium	51	59	71	76
	Kalium	171	169	166	183
	Klorid	32	30	37	33
	Magnesium	122	133	141	157
	Kalcium	277	297	303	306
	Fosfor	315	333	352	388
	Tørstof g %	395	496	661	799
		52,6	52,4	52,4	49,6
B	Natrium	99	120	129	143
	Kalium	139	132	138	130
	Klorid	24	29	27	24
	Magnesium	115	130	126	145
	Kalcium	213	213	218	212
	Fosfor	275	272	293	299
	Tørstof g %	431	551	701	834
		49,6	47,6	49,1	47,9

Tabel 4.8 Mineralstofsammensætning (mmol/l), rumfang (l) og vægtfylde (g/ml) af urin

Table 4.8 Mineral composition (mmol/l), volume (l) and density (g/ml) in urine

Diæt	Mineralstof	Periode			
		I	II	III	IV
A	Natrium	40	48	55	56
	Kalium	122	144	170	195
	Klorid	73	89	108	124
	Magnesium	18	18	18	18
	Kalcium	14	14	14	14
	Fosfor	11	12	11	14
	Rumfang	1015	1008	1099	1176
	Vægtfylde	1,032	1,034	1,042	1,045
B	Natrium	126	148	181	188
	Kalium	92	103	142	144
	Klorid	65	76	99	107
	Magnesium	10	9	12	11
	Kalcium	7	8	10	12
	Fosfor	9	8	10	13
	Rumfang	1470	1540	1561	1694
	Vægtfylde	1,026	1,032	1,034	1,033

er nogenlunde ens. Derimod er koncentrationen af klorid markant lavere i

fæces end i urin, hvilket kan forklares ved overskuddet af fosfat i fæces (se 4.4).

Ved at sammenligne de to hold med hinanden (Tabel 4.7 og 4.8) ses det, at den næsten 4-dobbelte natriummængde i Diæt B afspejler sig i såvel fæces som urin. I fæces er natriumkoncentrationen ca. dobbelt så stor og i urinen mere end 3 gange så stor. Den osmotiske effekt heraf kompenseres i fæces ved en mindre kaliumkoncentration og et lidt større vandindhold (8 %) - det sidste er dog ikke signifikant. Næsten hele natriumoverskuddet udskilles med urinen. Diuresen er derfor kraftigt forøget (urinvoluminet øgedes med ca. 46 % - se Tabel 4.8). Koncentrationen af alle de øvrige kationer er som følge heraf væsentligt lavere, og den totale kationkoncentration (meq/l) bliver kun lidt større i Hold B (10 - 20 %).

Koncentrationerne af de enkelte mineralstoffer i urinen er illustreret i Fig. 4.2. Det fremgår heraf, at kaninerne har en stigende evne til at koncentrere urinen med alderen, hvilket (især i Hold A) giver sig udtryk i en højere vægtfylde af urinen (Tabel 4.9). Koncentrationen af kalcium i urinen fra Hold B har en interessant udvikling, idet den kun er halvt så stor som fra Hold A i periode I, men stiger jævnt hen igennem forsøget og er i periode IV ikke signifikant forskellig herfra. Nogen forklaring herpå kan der ikke gives umiddelbart. Det ses også i Fig. 4.2, at den kraftigt forøgede diurese i Hold B (og dermed fortynding af alle kationer på nær natrium) kun har en ringe påvirkning på koncentrationen af klorid og fosfat. Derved sker der et større tab af disse anioner med urinen i Hold B, hvilket, som tidligere nævnt, afspejler sig i en mere effektiv absorption, men som også for klorids vedkommende resulterer i en nedsat retention. Det øgede kaliumtab med urinen forårsager ligeledes en nedsat kalium retention.

Kalcium- og magnesiumfosfater er meget tungtopløselige (opløseligheden er under 1 mM for begge saltes vedkommende). Kalcium, magnesium og fosfat i fæces vil derfor være relateret til hinanden, idet overskud af fosfat i tyktarmen kan "trække" kalcium og magnesium ud af kroppen under dannelse af $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ og $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$. Wamberg et al. (1976) finder, at forholdet $\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{\text{P}}$ er meget nær 1,5 i rottefæces, hvilket forfatterne tager som et udtryk for, at stort set hele mængden af kalcium, magnesium og fosfat i rottefæces forekommer som ovennævnte salte. I forhold hertil er fosfatindholdet i kaninfæces i det nærværende forsøg i overskud ($\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{\text{P}}$ er på ca. 1,3 i Hold A og ca. 1,2 i Hold B). Imidlertid kan man formode, at en vis mængde fosfat er bundet i fytinsyre sammen med kalcium, magnesium og andre divalente

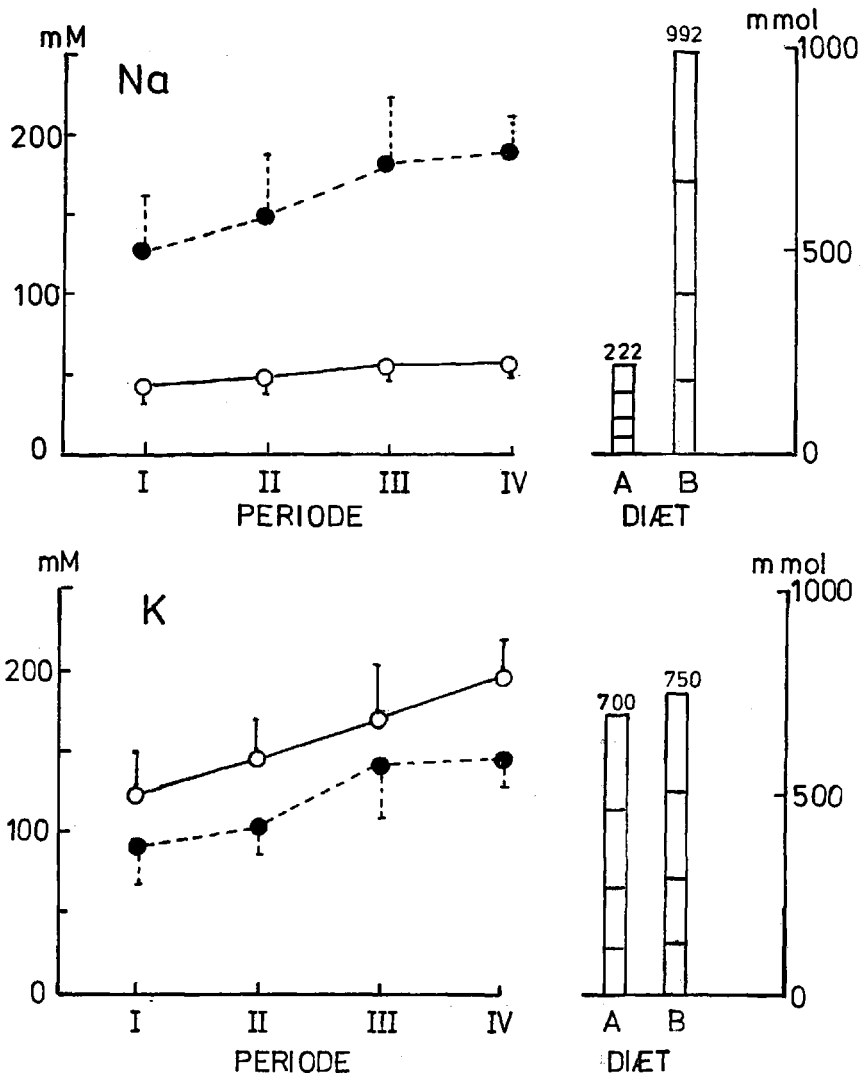


Fig. 4.2 Mineralstofkoncentrationer i urin (mM) samt total mineralstofudskillelse med urin (mmol) i løbet af 4 perioder (= 4 uger). ○ Diæt A; ● Diæt B. I og I Standard afvigelse

Fig. 4.2 Mineral concentrations in urine (mM) and total mineral excretion by urine (mmol) during four periods (= 4 weeks). ○ Diet A; ● Diet B; I and I Standard deviation

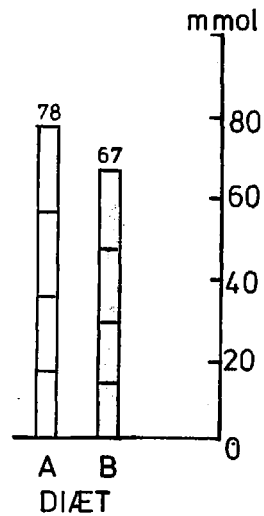
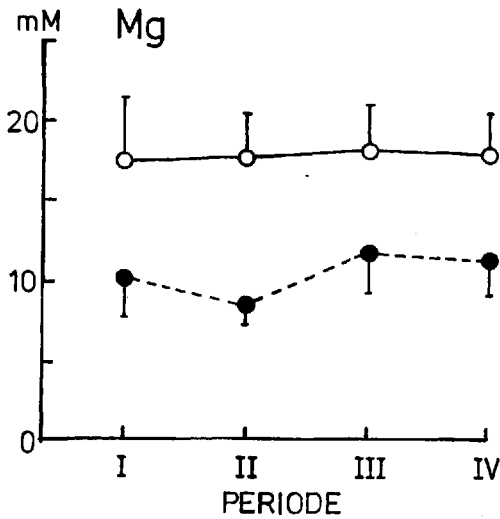
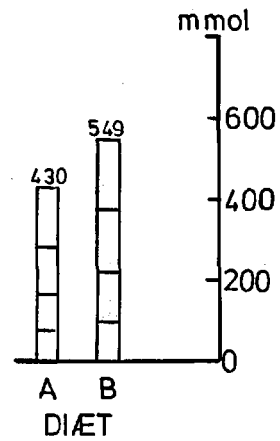
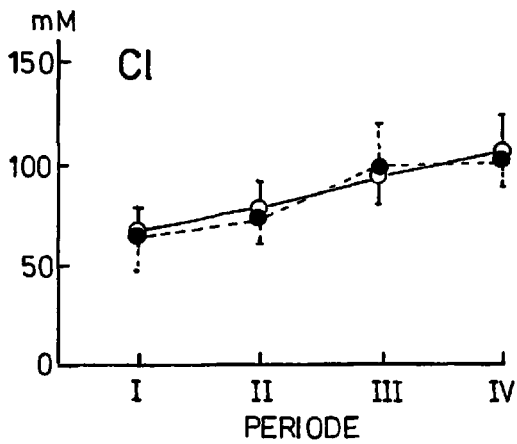


Fig. 4.2 Fortsat.

Fig. 4.2 Continued.

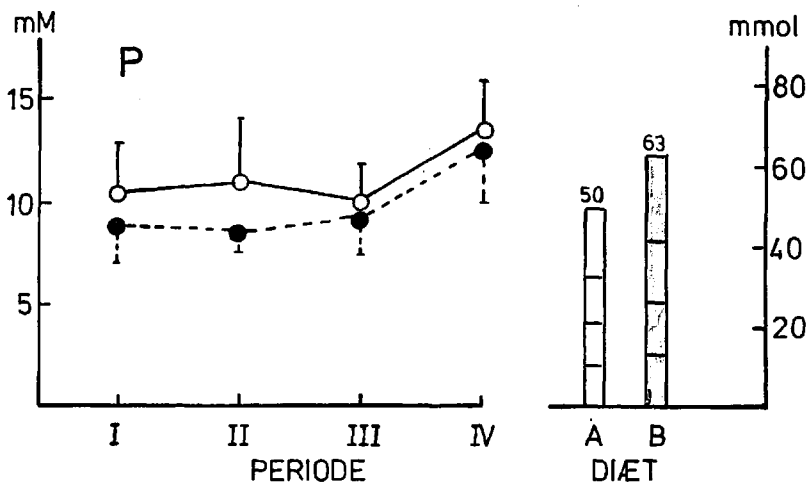
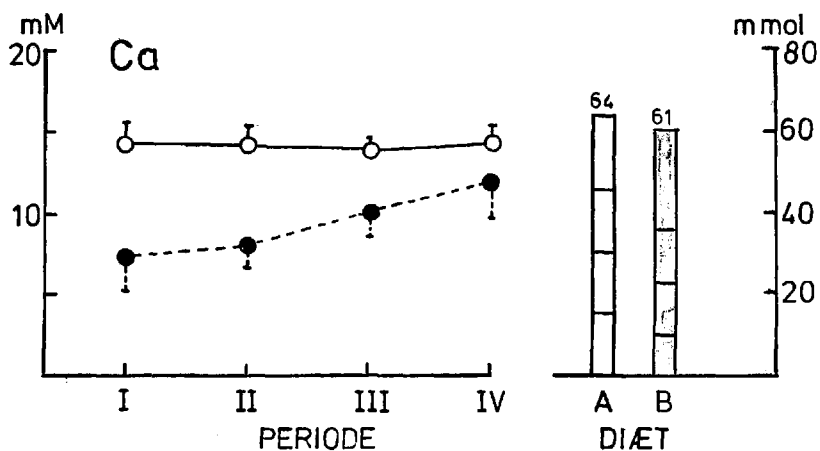


Fig. 4.2 Fortsat.

Fig. 4.2 Continued.

kationer. I disse komplekser vil $\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{\text{P}}$ maksimalt være 1. Den herefter overskydende fosfat er formentlig ioniseret, idet kalium- og natriumfosfater er relativt letopløselige.

4.4 Mineralstofsammensætningen i retentionen

Retentionen af de enkelte mineralstoffer (g/periode) i de 4 perioder fremgår af Fig. 4.3. Retentionen af natrium og klorid toppe i begge hold allerede i periode II. Da disse stoffer først og fremmest findes i ekstracellulærvæsken, er dette formentlig et udtryk for, at denne ikke øges i samme grad som skelet- og muskelvævet efter dette tidspunkt (svarende til en kropsvægt på ca. 1,5 kg - se Tabel 3.2). Retentionen af kalcium er stigende i begge hold igennem hele forsøget. Derimod er der et markant fald i Hold A i retentionen af kalium, magnesium og fosfat i periode IV, hvilket stemmer overens med, at vækstforøgelsen toppe i periode III (svarende til en kropsvægt på ca. 1,8 kg - se Tabel 3.2). Et tilsvarende fald i retentionen af disse mineralstoffer observeres imidlertid ikke i Hold B, selv om vækstforøgelsen også toppe i dette hold i periode III. Årsagen hertil må skyldes de ændrede fysiologiske forhold, som må være opstået som følge af foderets anderledes (og ikke optimale) sammensætning. Således fremgår det af Tabel 4.9, at der i Hold A sker en betydelig fedtdannelse i periode IV og, at protein/fedt forholdet udviser et kraftigt fald i denne periode. I Hold B er protein/fedt forholdet derimod helt konstant i alle 4 perioder. Disse resultater er i overensstemmelse med aflejringerne af kalium, magnesium og fosfat, der i væsentlig grad er forbundet med proteinaflejringen.

Fig. 4.3 viser en tydelig tendens til højere natriumretention og lavere kalium- og kloridretention i Hold B. Forskellene er dog ikke signifikante i de enkelte perioder. Magnesium- og fosfatretentionen er næsten ens (i de første 3 perioder), hvorimod kalciumretentionen er signifikant lavere i Hold B i alle perioder. Den lavere kalciumretention kan skyldes 3 ting: 1) Lavere kalciumindhold i foderet. 2) Lavere Ca/P forhold i foderet. 3) Lavere væksthastighed. I det sidste tilfælde kan det dog være svært at afgøre, hvad der er årsag og virkning. Således konkluderer Wamberg et al. (1976) fra forsøg med rotter, at muskelvævets vækst reguleres af skelettets vækst og dermed er indirekte afhængig af kalciumforsyningen. Det skal dog bemærkes, at den lavere væksthastighed i Hold B ikke er signifikant (Eggum et al., 1982).

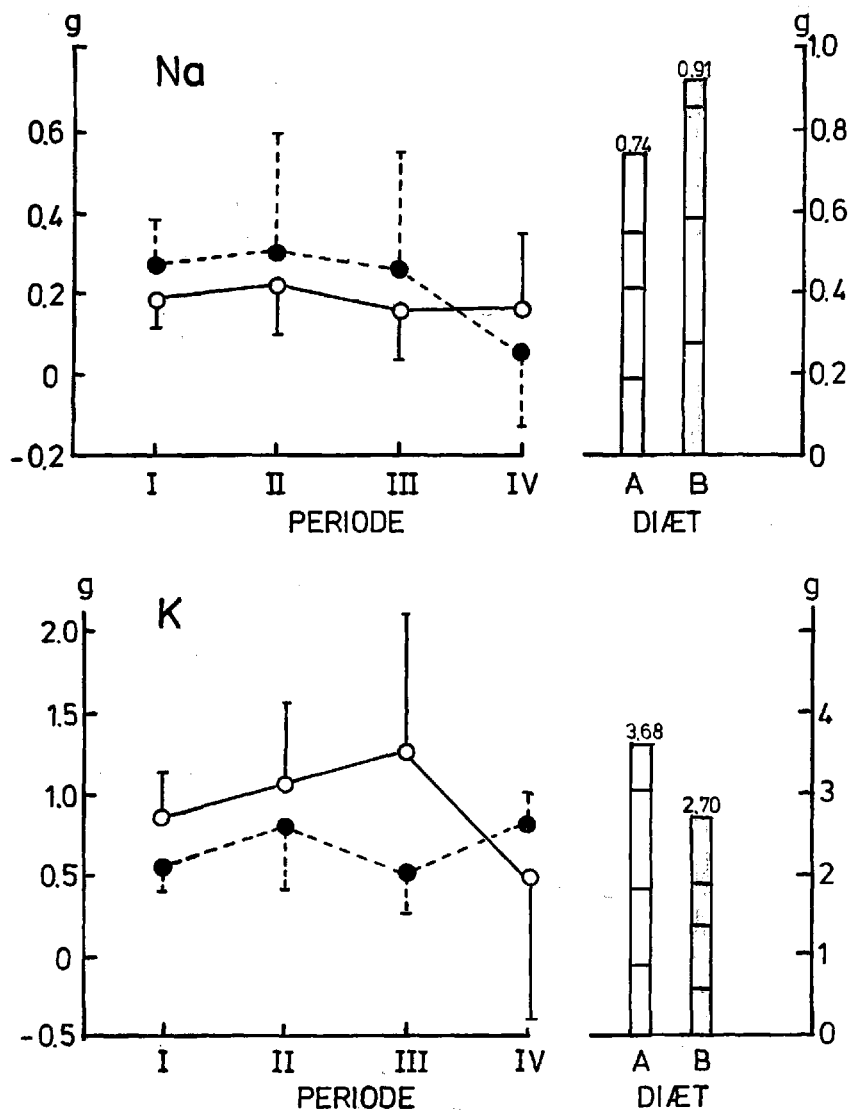


Fig. 4.3 Mineralstofretention (g/periode). ○ Diæt A; ● Diæt B; I og I Standard afvigelse

Fig. 4.3 Mineral retention (g/period). ○ Diet A; ● Diet B; I and I Standard deviation

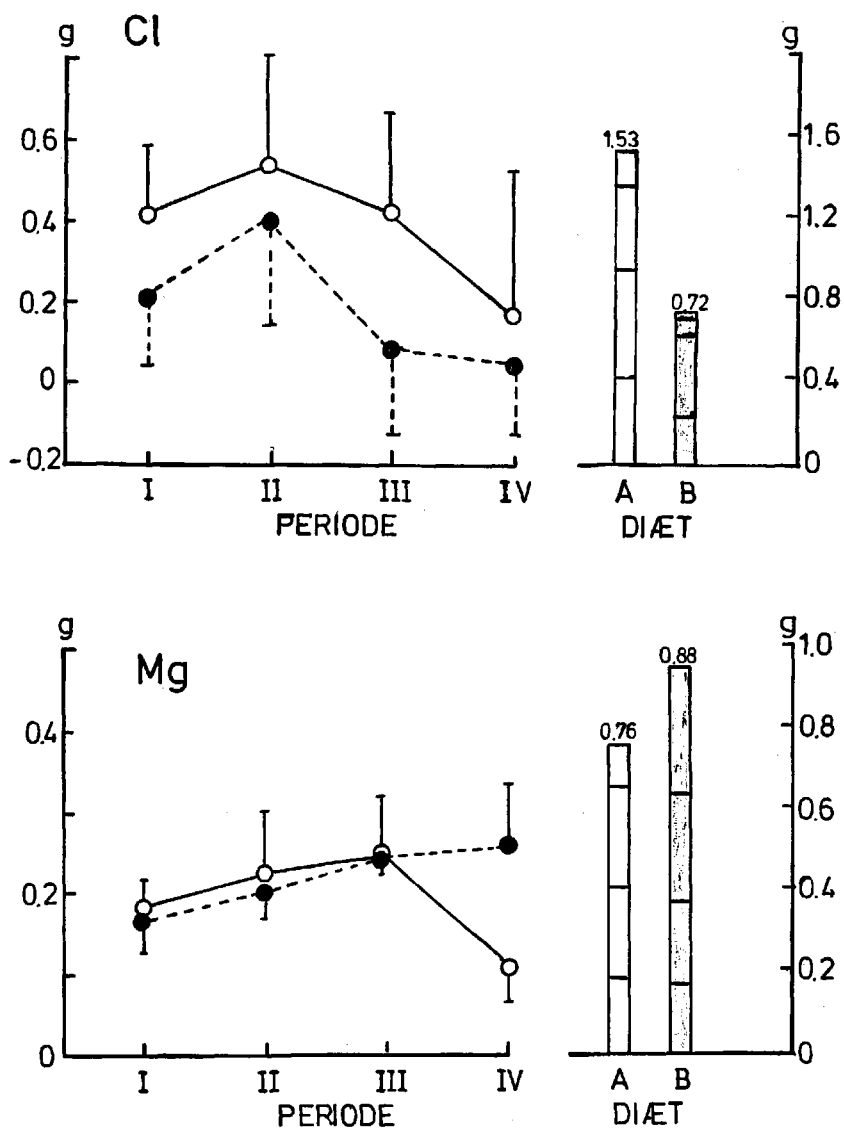


Fig. 4.3 Fortsat.

Fig. 4.3 Continued.

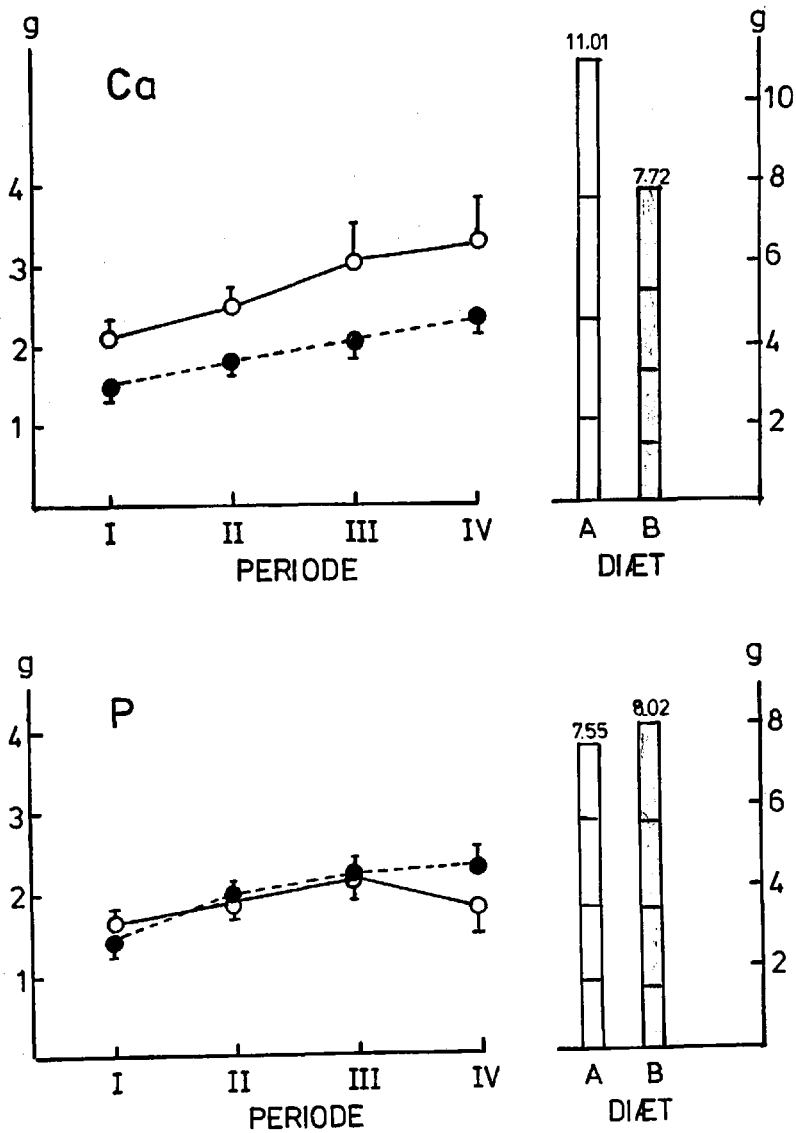


Fig. 4.3 Fortsat.

Fig. 4.3 Continued.

Tabel 4.9 Retention af mineralstoffer, protein og fedt (g/kg tilvækst) og indhold af mineralstoffer og protein i 35 dage gamle kaniner (g/kg vægt)

Table 4.9 Retention of minerals, protein and fat (g/kg weight gain) and content of minerals and protein in 35 days old rabbits (g/kg weight)

Periode	Diæt A				Diæt B				Sammen- sætning T)
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
Natrium	0,76	0,82	0,56	0,57	1,28	1,21	0,90	0,21	1,39
Kalium	3,51	3,90	4,40	1,69	2,66	3,20	1,75	2,96	3,07
Klorid	1,66	1,95	1,46	0,57	0,99	1,57	0,26	0,13	1,59
Magnesium	0,73	0,82	0,85	0,37	0,79	0,80	0,83	0,95	0,44
Kalcium	8,54	9,26	10,66	11,69	7,07	7,11	6,96	8,61	13,95
Fosfor	6,57	7,03	7,59	6,42	7,01	7,74	7,45	8,61	8,56
Ca/P	1,30	1,32	1,40	1,82	1,01	0,92	0,93	1,00	1,63
Protein ²⁾	201	221	259	247	199	213	211	246	223
Fedt	129	125	138	221	119	127	126	147	-
Protein/fedt	1,55	1,77	1,88	1,12	1,67	1,68	1,67	1,68	-

1) = Henaff et al. (1979)

2) = Eggum et al. (1982)

Da mineralstofsammensætningen i kroppen kun ændres lidt med alderen, vil retentionen af de enkelte mineralstoffer (g/kg tilvækst) under optimale betingelser svare nogenlunde til kroppens normale sammensætning (g/kg). I Tabel 4.9 er retentionerne for de enkelte perioder sammenholdt med den gennemsnitlige sammensætning i 50 kaniner (35 dage gamle). Det fremgår heraf, at der er en rimelig god overensstemmelse for natrium, kalium, klorid og fosfats vedkommende, medens retentionen af kalcium ligger væsentligt lavere i begge hold - dog mest udtalt i Hold B. Endvidere fremgår det, at Ca/P forholdet er lavere i retentionen - også her især i Hold B. Til gengæld er retentionen af magnesium væsentligt højere i begge hold. Dette kan skyldes øget indbygning i knoglerne - måske som følge af kalciummangel. Også andre forhold kan dog påvirke indbygningen af kalcium og magnesium, således viste Kirchgessner et al. (1980), at nikkelmangel hos rotter nedsatte kalcium indbygningen, medens magnesium indbygningen øgedes med 45 %.

Selv om man ikke uden videre kan sammenligne mineralstofaflejringen i forskellige dyrearter, er det interessant, at den gennemsnitlige aflejring af kalcium og fosfat for alle 4 perioder i Hold A (henholdsvis 10,1 og 6,9 g pr. kg tilvækst) er i meget god overensstemmelse med den maksimale aflejring i voksende lam, nemlig henholdsvis 10 og 6 g pr. kg tilvækst (Günther et al., 1975). Sammenholdt hermed var aflejringen i Hold B væsentligt anderledes, nemlig henholdsvis 7,5 og 7,7 g pr. kg tilvækst.

De ovennævnte resultater tyder på, at kalciumindholdet og Ca/P forholdet er for lavt i begge foderblandinger og især i Diæt B. For at undersøge dette nærmere blev kalciumretentionen som funktion af kalciumindtaget i de to hold sammenlignet med de tilsvarende værdier i et tidligere kaninforsøg (Thorbek & Chwalibog, 1981), hvor såvel kalciumindholdet som Ca/P forholdet var væsentligt højere (Diæt 1 og 2 i Fig. 4.4). Da udnyttelsesgraden af kalcium aftager med alderen, er værdierne kun taget fra periode I, svarende til en kropsvægt på ca. 1,3 kg.

Den ubrudte linje i Fig. 4.4 svarer til 100 % retention, medens den stiplede linje svarer til den retention, der opnåedes med Diæt 1. Det fremgår af figuren, at såvel Diæt A og B som Diæt 2 giver en lavere retention end Diæt 1. Dette kan for Diæt 2's vedkommende skyldes en mætningseffekt af kalcium, medens der for Diæt A og B's vedkommende må være tale om ikke-optimale betingelser.

Fig. 4.5 viser sammenhængen mellem Ca/P forholdet i foderet og i retentionen i de samme forsøg. Figuren indikerer, at der er en betydelig sammenhæng mellem Ca/P forholdet i foderet og i retentionen. Under forudsætning af, at det ideelle forhold i retentionen svarer til forholdet i sammensætningen på normale kaniner som fra Henaff et al. (1979) kan beregnes til 1,63, kan man i Fig. 4.5 se, at Ca/P forholdet i foderet skal være ca. 1,4. Til sammenligning var Ca/P forholdet i Diæt A 1,22, i Diæt B 0,93, medens det i Diæt 1 var 1,47 og 1,83 i Diæt 2. Det skal nævnes, at Chapin & Smith (1967a) fandt, at ved et fosfatindhold i foderet på 1,5 % skal Ca/P forholdet være større end 1 for optimal vækst og knogledannelse, men kan være på 0,5, eller måske endnu mindre, hvis fosfatindholdet er på 1 %. Disse resultater er i modstrid med de nærværende, men kan formentlig forklares ved de forskellige foderblandinger, idet Chapin & Smith (1967a) for at opnå de høje fosfatindhold anvendte foderblandinger med henholdsvis 82 og 97 % hvedeklid. Dette vides at have et stort indhold af fytinsyre, hvortil langt størstedelen af fosfatet er bundet og derfor næppe vil være tilgængelig for kaninerne. Under sådanne betingelser er det ikke relevant at betragte Ca/P forholdet i foderet. Det lave Ca/P forhold i især foderblanding B kan øges ved at tilsætte CaCO_3 i stedet for CaHPO_4 . Der vil normalt ikke være nogen risiko for at tilsætte for meget kalcium, da kaniner har en meget høj kalciumtolerance. Således synes rationer med op til 4,5 % kalcium og et Ca/P forhold på 12 ikke at have nogen negativ effekt på væksten (Chapin & Smith, 1967b). En tilsvarende tolerance finder man hos kvæg (Wise et al., 1963), og man kan formode, at dette er almindeligt hos de dyr, hvis naturlige føde over-

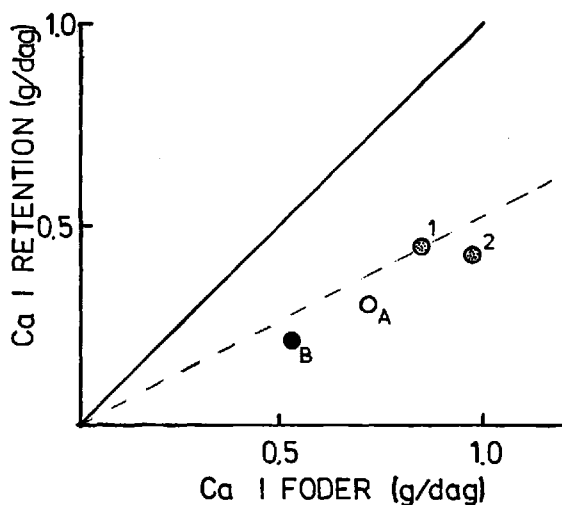


Fig. 4.4 Kalcium i retention (g/dag) som funktion af kalcium i foder (g/dag). A og B: Diæt A og B; 1 og 2: Diæt 2 og 3 fra Thorbek & Chwalibog (1981)

Fig. 4.4 Calcium in retention (g/day) in relation to Calcium in feed (g/day). A and B: Diet A and B; 1 and 2: Diet 2 and 3 from Thorbek & Chwalibog (1981)

vejende består af grøntfoder, der generelt har et lavt fosfor- og et højt kalciumindhold.

4.5 Syre-base omsætningen

Bestemmelsen af surhedsgraden og syre æquivalenter i diæterne i forhold til pH 7,4 (se 4.1) tydede ikke på nogen væsentlig pH-effekt af basetilsætningen til Diæt B. Under omsætningen af foderet er der nemlig adskillige andre forhold, der har en betydelig indflydelse på syre-base ligevægten. Således indeholder saftige blade (som udgør en væsentlig del af kaniners naturlige føde) store mængder af neutrale salte af organiske syrer (især malat, citrat og transaconitat). Ved metaboliseringen dannes baseæquivalenter i form af HCO_3^- , der udskilles med urinen sammen med saltene kationer (oftest K^+). Kaniners (og andre herbivores) urin er derfor normalt basisk - med en øvre grænse på ca. pH 8,5 (Dobson, 1980). Dannelsen af basiske anioner modvirkes dog af H^+ dannelsen ved især proteinnedbrydning og fosfatesterhydrolyse, samt i voksende dyr ved incorporering af Ca^{++} i skelettet, idet der frigives 0,8 mol H^+ pr. mol incorporeret Ca^{++} .

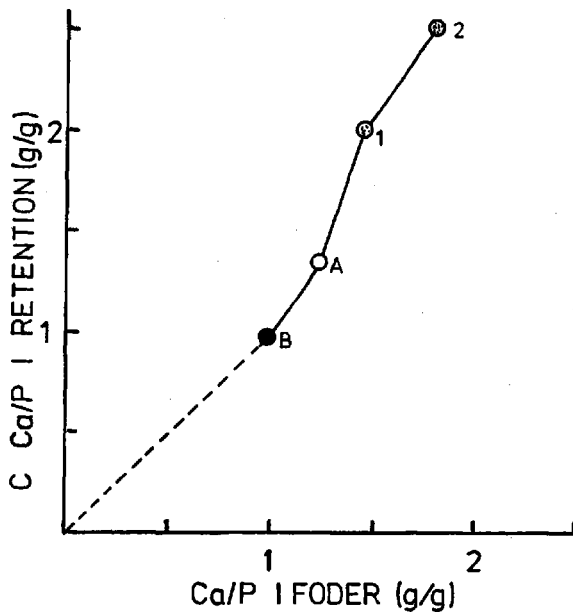


Fig. 4.5 Ca/P forholdet i retention (g/g) som funktion af Ca/P forholdet i foder (g/g). Symboler som i Fig. 4.4

Fig. 4.5 Ca:P ratio in retention (g/g) in relation to Ca/P ratio in feed (g/g).
Symbols as in Fig. 4.4

Et udtryk for summen af foderets base- (el. syre-) indhold og base- (el. syre-) produktion i forbindelse med metaboliseringen fås ved at måle urinens pH. Denne blev i forperioden målt til $7,0 \pm 0,5$ i Hold A og til $8,1 \pm 0,2$ i Hold B. Hold B har altså en væsentligt mere basisk urin. Da urinen - af hensyn til andre analyser - blev opsamlet i svovlsyre under selve forsøget, kunne pH og syre-base æquivalenter desværre ikke bestemmes i dette tidsrum. I stedet for kan man ifølge Wamberg et al. (1976) beregne netto base indholdet (NBI) i foder, fæces, urin og retention på grundlag af følgende ligning:

$$\text{NBI} = (I_{\text{Na}^+} + I_{\text{K}^+} + 2 I_{\text{Ca}^{++}} + 2 I_{\text{Mg}^{++}}) - (I_{\text{Cl}^-} + 1,8 \times I_{\text{P}})$$

hvor I_{Na} o.s.v. refererer til det molære indhold af natrium o.s.v.

Tabel 4.10 Netto base omsætning. Indhold i fæces, urin og retention i relation til indhold i foderet (meq/7 dage el. %)

Table 4.10 Net base metabolism. Content in faeces, urine and retention in relation to the feed content (meq/7 days or %)

Diæt	Per. nr.	Foder meq/7 d (%)	Fæces meq/7 d (%)	Absorberet meq/7 d (%)	Urin meq/7 d (%)	Retention meq/7 d (%)
A	I	266	86 (32)	180 (68)	135 (51)	45 (17)
	II	328	120 (37)	208 (63)	155 (47)	53 (16)
	III	420	159 (38)	261 (62)	187 (45)	74 (18)
	IV	482	189 (39)	293 (61)	210 (44)	83 (17)
B	I	342	80 (23)	262 (77)	240 (70)	22 (7)
	II	422	116 (27)	306 (73)	290 (69)	16 (4)
	III	540	147 (27)	393 (73)	377 (70)	16 (3)
	IV	620	167 (27)	453 (73)	428 (69)	25 (4)

I henhold til ligningen fås de gennemsnitlige værdier af netto base omsætningen i de 2 hold, som anført i Tabel 4.10. Det fremgår heraf, at det øgede baseindhold i Diæt B ikke afspejles i fæces, men derimod kraftigt i urinen, som også blev konstateret direkte ved pH-måling på urinen i forperioden. Den ekstra baseudskillelse med urinen i Hold B følger den ekstra natriumudskillelse (p.g.a. opretholdelsen af elektroneutraliteten).

Det ses også af tabellen, at retentionen af netto base i Hold B er væsentligt lavere end i Hold A. Ifølge Wamberg et al. (1976) er retentionen af netto base et udtryk for skeletvækst. Dette er i overensstemmelse med den lavere kalciumretention i Hold B (se 4.4).

4.6 Blodets mineralstofindhold og syre-base balance

Blodprøverne blev taget om morgenen før fodring. Da kaninerne blev fodret restriktivt og kun én gang om dagen, havde de normalt ædt op i løbet af få timer. Herved opnåedes det, at de målte blodparametre ikke var en midler-

tidig og tidsafhængig effekt af foderindtagelsen, men derimod udtryk for en mere permanent fysiologisk tilstand afhængig af foderblandingerne sammensætning.

Tabel 4.11 Elektrolytkoncentrationer (mM) i blodplasma

Table 4.11 Electrolytes (mM) in plasma

Diæt	Per. nr.	Natrium		Kalium		Klorid		Magnesium		Kalcium		Fosfat	
		mM	SD	mM	SD	mM	SD	mM	SD	mM	SD	mM	SD
A	I	143	4	4,5	0,3	104	3	0,79	0,08	2,9	0,1	2,4	0,1
	IV	145	3	4,8	0,5	100	4	0,90	0,09	3,2	0,1	2,6	0,1
B	I	137	4	4,8	0,2	104	3	0,63	0,15	2,5	0,5	2,3	0,1
	IV	142	2	4,6	0,3	103	2	0,82	0,06	3,1	0,1	2,6	0,1
Fodre													
kaniner		138		5,3		104		-		3,8		1,9	
efter 24 t.													
faste		133		4,9		105		-		3,4		2,0	

(Cole et al., 1944)

Koncentrationerne af de enkelte mineralstoffer i blodplasmaet fremgår af Tabel 4.11. Det er umiddelbart overraskende, at natriumkoncentrationen i Hold B synes at være lavere end i Hold A på trods af den store ekstra absorption af natrium. Da natriumkoncentrationen i blodet reguleres hormonalt af aldosteron (se 2.4), kan det fundne måske forklares ved en understimulering af sekretionen af dette hormon som følge af den kraftige natriumbelastning.

Plasmaets kaliumkoncentration er størst i Hold B i periode I, men mindst i periode IV. Forskellene er dog ikke signifikante, selv om der, som tidligere nævnt, p.g.a. den øgede diurese i Hold B er et øget kaliumtab med urinen og dermed en mindre kaliumretention. Da kaliumkoncentrationen er betydeligt lavere i plasmaet end i vævene, vil tab herfra imidlertid hurtigt erstattes af uddiffunderet kalium, således at balancen normalt opretholdes.

Kloridkoncentrationen er stort set ens i de 2 hold, omend der i periode IV er en tendens til højere koncentration i Hold B. Dette tyder ikke på, at det større tab med urinen har nogen alvorlig effekt på kloridbalancen.

Kalciumkoncentrationen er lavere i plasmaet i Hold B end i Hold A - specielt i periode I - hvor der er signifikant forskel i 3 kaniner, men ikke i de øvrige. Dette skyldes formentlig det lave kalciumindhold i Diæt B, idet plasmaets kalciumkoncentration hos kaninen - i modsætning til de fleste andre dyr - afspejler det diætetiske niveau (Chapin & Smith, 1967). En anden faktor

af mulig betydning er diætens lave Ca/P forhold, hvilket angives af Blunt (1975) at give et lavt kalciumindhold i blodet hos får.

Magnesiumkoncentrationen synes at følge kalciumkoncentrationen og er muligvis forbundet med denne. De lavere koncentrationer af kalcium og magnesium i blodet i Hold B er i overensstemmelse med de lavere mængder, der både optages fra fordøjelsessystemet og udskilles med urinen. Således angiver Henneman (1959), at kalciumekskretionen med urinen varierer direkte med kalciumkoncentrationen i plasmaet. De lavere magnesiumkoncentrationer i såvel plasma som urin i Hold B på trods af en lidt større retention kan måske forklares ved en større magnesiumindbygning i skelettet som kompensation for underforsyning af kalcium.

Fosfatkoncentrationen er ens i de 2 hold, men signifikant større i periode IV end i periode I.

De fundne koncentrationer af kalium og klorid i plasmaet er i overensstemmelse med dem, der er angivet af Cole et al. (1944) (Tabel 4.11). Derimod er koncentrationen af natrium og fosfat højere, men af kalcium lavere i begge hold i det nærværende forsøg. Disse resultater underbygger yderligere antagelsen af, at diætens indhold (tilgængelighed) har været for lavt af kalcium (og/eller for højt af fosfat).

Blodets syre-base forhold er illustreret i Fig. 4.6. Det fremgår heraf, at såvel blodets pH, CO_2 partialtrykket Pco_2 og koncentrationen af HCO_3^- og dermed Base excess alle har en stigende tendens hen igennem forsøgene. Endvidere ses det, at pH ikke påvirkes af forskellen i de to foderblandinger. Derimod er der en effekt på Pco_2 og HCO_3^- koncentrationen (og dermed Base excess), idet disse parametre er størst i Hold A. I forhold til Hold A tenderer Hold B altså mod en kompenseret metabolisk acidose (lavere HCO_3^- , men uændret pH). Dette er i strid med det højere baseindtag og det højere urin-pH. Forklaringen må formodes at være den, at den ekstra tilførte basemængde hurtigt udskilles (i form af HCO_3^-) med urinen sammen med natriumoverskuddet under genoprettelse af dyrenes homeostatiske ligevægt, men i forbindelse med den videre fordøjelse er det sandsynligt, at der er en mindre baseproduktion i Hold B (mindre lucerne i foderet og dermed mindre indhold af neutrale salte af organiske syrer - se 4.5). En anden faktor, der kan være af betydning, er den bakterielle produktion af flygtige fedtsyrer (VFA), der kan "trække" HCO_3^- fra blodet ud i tarmkanalen. Hold B har ifølge Eggum et al. (1982) formentlig en forøget bakterieflora, der giver en større træstof-fordøjelse og dermed en større produktion af VFA. Den nedsatte baseretention

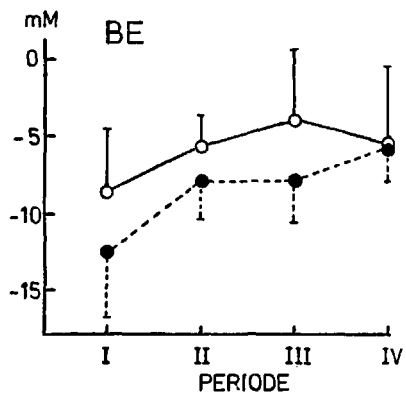
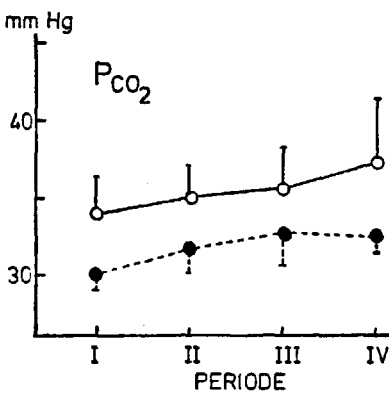
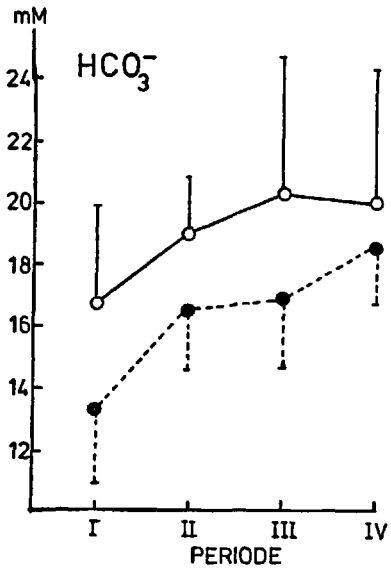
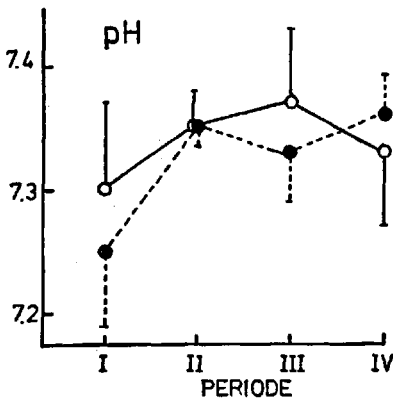


Fig. 4.6 Blodparametre i kaniner. O Diæt A; ● Diæt B; I og I Standard afvigelse

Fig. 4.6 Blood parameters in rabbits. O Diet A; ● Diet B; I and I Standard deviation

(mindre indbygning af Ca^{++} i knoglevævet) i Hold B vil derimod trække i den anden retning (frigivelse af færre H^{+} ioner - se 4.5). Summen af disse faktorer giver ifølge Fig. 4.6 en lavere HCO_3^{-} koncentration i blodplasmaet hos Hold B.

5. LITTERATURHENVISNINGER

1. AEC, 1978. Animal feeding. Energy, amino acids, vitamins, minerals. Commentry, France.
2. Blunt, M.H., 1975. The Blood of Sheep. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York, 224 pp.
3. Chapin, R.E. & Smith, S.E., 1967a. High phosphorus diets fed to growing rabbits. Cornell Vet. 57, 492-500.
4. Chapin, R.E. & Smith, S.E., 1967b. The calcium tolerance of growing and reproducing rabbits. Cornell Vet. 57, 480-491.
5. Cheeke, P.R. & Amberg, J.W., 1973. Comparative calcium excretion by rats and rabbits. J.Anim.Sci. 37, 450-454.
6. Cole, W.H., Allison, J.B., Murray, T.J., Boyden, A.A., Andersen, J.A. & Leathem, J.H., 1944. Composition of the blood of rabbits in gravity shock. Am.J.Physiol. 141, 165-171.
7. Dam, H., 1972. Ernæringen i Biokemi 2. Fysiologisk Kemi. Eds.: Vejlbj, K.H. & Dich, J. Dansk Videnskabs Forlag, København, 885-996.
8. Dobson, A., 1980. Acid-base balance in animals. In: Phillipson, A.T.; Hall, L.W. & Pritchard, W.R. (eds.): Scientific Foundations of Veterinary Medicine. London.
9. Eggum, B.O., Chwalibog, A., Jensen, N.E. & Boisen, S., 1982. Protein and energy metabolism in growing rabbits fed sodium hydroxide treated straw. Arch.Tierernähr. (in press).
10. Günther, K. van, Tölle-Nolting, J., Yücelen, Y., 1975. Untersuchungen zum Mineralstoffumsatz und - Ansatz bei kleinen Wiederkäuern in der Wachstumsphase. Z.Tierphysiol.Tierernähr.u.Futtermittelk. 35, 76-92.
11. Henaff, R., Maire, C. & Perrier, G., 1979. Chemical composition of crossbred young 35 days old rabbits. Ann.Zootech. 28, 134.
12. Henneman, P.H., 1959. Effects of high calcium intakes on renal function. Fed.Proc. 18, 1093.
13. Hintz, H.F., 1969. A comparison of digestion coefficients obtained with rabbits, ruminants and horses. The Veterinarian 6, 45.
14. Hintz, H.F., Schryver, H.F. & Stevens, C.E., 1978. Digestion and absorption in the hind-gut of non-ruminant herbivores. J.Anim.Sci. 46, 1803-1807.
15. Jensen, N.E., 1978. Kaninforsoegsstationen 1977. 473. Beretn. fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 32 pp.

16. Jensen, N.E. & Tuxen, T., 1981. Kaninforsøgsstationen 1980. 511. Beretn. fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 32 pp.
17. Kirchgessner, M., Perth, J. & Schnegg, H., 1980. Mangelnde Ni - Versorgung und Ca-, Mg- P-Gehalte in Knochen Wachsender Ratten. Arch.Tier-ernähr. 30, 805-810.
18. NRC, 1977. Nutrient Requirements of Rabbit. National Academy of Sciences Washington D.C., 30 pp.
19. Ovesen, L. & Olesen, E.S., 1980. Salt og hypertension. Ugeskrift for læger 45, 2961-2964.
20. Portsmouth, J.I., 1979. Commercial rabbit meat production. (SAIGA PUBLISHING CO. LTD) Hindhead, Surrey, 142 pp.
21. Rexen, F.P., 1972. Ugeskrift for Agronomer og Hortonomer, 1, 364.
22. Robinson, D.W. & Slade, L.M., 1974. The current status of knowledge on the nutrition of equines. J.Anim.Sci. 39, 1045-1066.
23. Rooth, G., 1971. Introduction to acid-base and electrolyte balance. Studentlitteratur, Lund Sweden, 80pp.
24. Scheelje, R., Niehaus, H., Werner, K. & Krüger, A., 1975. Kaninchen-mast. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
25. Surdean, P., Henaff, R., Perrier, G., Brossard, G. & Desvignes, C., 1979. Study of sodium, potassium and chloride requirements in the growing rabbit. Ann.Zootech. 28, 130.
26. Theander, O. & Åman, P., 1979. Studies on dietary fibres. Swedish J.Agric.Res. 9, 97-106.
27. Thorbek, G. & Chwalibog, A., 1981. Tilvækst, fordøjelighed, kvælstof- og energiomsætning hos voksende kaniner målt ved forskellige foderkombinationer. 510. Beretn. fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 39 pp.
28. Wamberg, S., Kildeberg, P. & Engel, K., 1976. Balance of net base in the rat. Biol.Neonate 28, 171-190.