

Effekt af type- eller gårdminerale på køernes mineralstatus, målt på lever- og urinprøver

Forfatter(e): Thorben Krüger og Niels Bastian Kristensen, HusdyrInnovation, SEGES

STØTTET AF

Mælkeafgiftsfonden

Sammendrag

I et igangværende fodringsforsøg testes i ti besætninger effekten af mineraltildelelse på køernes mineralstatus og produktion. Eksisterende gårdmineralblandinger (GÅRD) testes i forsøget mod 100g/ration typemineral (TYPE), suppleret med kridt. Der indgår desuden to besætninger helt uden tildelelse af poseminerale som kontrolbehandling (0-KONTROL).

Lever- og urinprøver er valgt som markører for mineralstatus baseret på den centrale rolle, som lever og nyrer spiller i den homeostatiske regulering af mineralbalancen. Projektets resultater er sammenlignet med referenceværdier fra litteraturen.

Der indgår i opgørelsen 22 foderkontroller, 9 gårdmineralblandinger, 125 leverprøver og 256 urinprøver.

Mineralomkostningerne ved brug af typemineraler var i gennemsnit på 65 øre/ration og rationerne opfyldte i gennemsnit NorFor-normerne. Gårdminerale kostede i gennemsnit 138 øre/ration og resulterede i rationer, der i gennemsnit lå 60-200% over normerne for de enkelte mineraler.

Generelt blev der ikke fundet mangel på mineraler hos de undersøgte besætninger. Baseret på leverprøver, blev der fundet en ko med kobbermangel på GÅRD behandlingen, en ko med manganmangel på TYPE og en ko med selenmangel på 0-KONTROL.

34% af køerne på GÅRD og 18% på TYPE havde forhøjet kobberkoncentration i leveren sammenholdt med anbefalingerne i litteraturen. 16% på GÅRD og 5% på TYPE havde for høje selenkoncentrationer i leveren.

Det konkluderes, at der ikke er problemer med underforsyning af mineraler, uanset om man fodrer med typemineraler eller gårdminerale. Heller ikke en græsbaselet fodring uden tildelelse af poseminerale giver mangel på mineraler ud over lav selen status. Mineraltildelelse over normerne øger risikoen for mineraloverforsyning og øger omkostningerne.

Anerkendelser

Stor tak til alle forsøgsværter for at stille Jeres bedrifter til rådighed for forsøget og for Jeres engagement og omhu ved forsøgets udførelse.

Forsøget udføres under Kvægbrugets Innovations- og Implementeringsplatform (KIIP), støttet af mælkeafgiftsfonden.

Introduktion

Danske malkekøer forsynes generelt med væsentlig større doseringer af såvel makro- som mikromineraler sammenlignet med normerne i NorFor. Det formodes bl.a. at skyldes opfattelsen af, at der kan hentes produktions og/eller sundhedsgevinster ved at tildele ekstra mineraler eller specielle mineralformuleringer. Typemineraler opfylder i langt de fleste tilfælde de fælles nordiske normer for mineralforsyning af malkekøer, men mange landmænd vælger, til en merpris, en lang række løsninger som f.eks. organisk bundne mineraler, alternative doseringer, ekstra vitaminer og vombeskyttelse. Landmanden står med et komplekst optimeringsproblem ved tilkøb af højpris mineralprodukter til suppleringsud over NorFor-normerne.

Det er usikkert, hvilke biologiske respons landmanden kan forvente ved suppleringsud over normfastsatte behov og specialformuleringer af mineraler og vitaminer. Købsargumenterne for specialtilpassede gårdmineraler må i sidste ende være baseret på en antagelse om at standard mineralblandinger, under de givne forhold, ikke kan dække koens ernæringsmæssige behov. Det er derfor i nærværende forsøg undersøgt, i hvilken grad forskellige mineralforsyningsstrategier påvirker køernes mineralstatus.

Mineralstatus kan opgøres med markører relateret til de homeostatiske kontrolmekanismer, der styrer koens mineralbalance. F.eks. er magnesiumbalancen i høj grad styret gennem udskillelse af overskydende magnesium i urin. Magnesium udskilt i urin kan derfor anvendes som markør for koens magnesiumforsyning. Tilsvarende er leveren involveret i den homeostatiske regulering af en række mikromineraler, enten gennem indlejring af overskud og/eller udskillelse i galle. Leverniveauer af mikromineralerne kan derfor anvendes som markører for status af mikromineralerne.

Datagrundlaget for nærværende rapport stammer fra den første forsøgsperiode i et treårigt mineralforsøg under kvægbrugets innovations- og implementeringsplatform (KIIP). Formålet var at undersøge effekten af forskellige mineralblandinger på køernes mineralstatus, målt på markører i lever- og urinprøver.

Materialer og metoder

Forsøgsdesign

I efteråret 2019 blev der rekrutteret 10 besætninger med årsydelse mellem 11000 og 13700 kg EKM/årsko. Halvdelen af besætningerne skiftede ved forsøgsstart eksisterende gårdmineralblandinger ud med 100 g/ration typemineraler (TYPE), suppleret med kridt og evt. fodersalt (Figur 1). Den anden halvdel fortsatte med de samme gårdmineraler (GÅRD) som før forsøgsstart. Der blev ikke i forsøgsregi ændret på gårdmineralblandingerne og det er ikke kendt, på hvilket grundlag disse var formuleret. Første forsøgsperiode varede som udgangspunkt et år, men en besætning fra gårdmineralbehandlingen skiftede til typemineral efter 3 måneder (besætning 8).

Besætning	Årsydelse (kg EKM)	Blok	...	09/19	10/19	11/19	12/19	01/20	02/20	03/20	04/20	05/20	06/20	07/20	08/20	09/20	10/20	11/20	12/20		
1	11000	1	Type	Type																	
2	13700	1	Gård	Gaard																	
3	12100	2	Gård	Type																	
4	11200	2	Gård	Gaard																	
5	12500	3	Gård	Type																	
6	11800	3	Gård	Gaard																	
7	12000	4	Gård	Type																	
8	12300	4	Gård	Gaard				Type													
9	12000	5	Gård	Type																	
10	12200	5	Gård	Gaard																	

Figur 1: Oversigt over forsøgsværter og forsøgsperioder. Forsøgsperioden startede i besætningerne tidsforskudt mellem september og december 2019.

Prøveindsamling og analyser

Der er i to omgange udtaget urinprøver; før forsøgsstart (9 GÅRD og 1 TYPE) og ca. to måneder efter forsøgsstart (5 GÅRD og 5 TYPE). Der er desuden udtaget urinprøver fra to økologiske besætninger, hvor kørerne blev fodret helt uden tildeling af poseminerale (0-KONTROL). Der er som udgangspunkt udtaget 12 urinprøver per udtagningsrunde. Urinprøverne blev udtaget som midtstrøms urinprøver fra kør i intervallet 75-125 dage efter kælvning.

Urinprøverne blev transporteret på køl til Kvægbrugets Forsøgslaboratorium, SEGES (KFL). Urin-pH blev bestemt med glaselektrode, urinprøverne blev scannet med NIT, opdelt i tre delprøver nedfrosset til videre analyse. Urinprøverne blev analyseret for natrium- og kaliumindhold ved flammefotometri (PFP7 Flame Photometer, Jenway, Cole-Parmer Ltd). Urinprøver blev fortyndet 1:1000 til 1:2000 med 3 ppm Triton X-100 og målt mod kalibratorer indeholdende 9,9 ppm kalium og natrium. Magnesium (Randox MG531) og kreatininkoncentrationer (Randox CR524) blev bestemt ved spektrofotometri. Koncentrationen af titrerbar base i urin blev bestemt ved NIT (Bruker MPA, LSM-module), med kalibrering baseret på formoltitrering (Jørgensen, 1957) af urinprøver fra kvæg.

I forbindelse med udtagning af urinprøver blev der indsamlet fuldfoderprøver, fortrinsvist udtaget i 60-liters murerbaljer under udfodring eller udgravet fra foderstrengen. Prøverne blev neddelt efter kegle-neddelingsmetoden. Foderprøverne blev transporteret på køl til KFL, tørstof blev bestemt ved tørring ved 60°C i 40 timer, formalet og NIR scannet som standard KMP-fuldfoder analyse. En delprøve af den tørrede og formalede blev sendt til Eurofins til ICP- og kloridanalyse.

I takt med at besætningerne slagtede kør, blev leverprøver fra slagtedyrs opsamlet indenfor 6 timer efter slagting, transporteret til KFL og opdelt i fire delprøver. Delprøverne blev hhv. tørret ved 60°C i tørreovn i 40 timer, sendt til Eurofins til mineralanalyse, sendt til Foulum til bestemmelse af Vitamin A og E indhold, og frosset ned som gemmeprøve. Mineralanalysen bestod af ICP-MS-analyse af jern, kobber, zink, mangan og selen samt analyse af vitamin B12.

Beregninger og statistisk analyse

Diurese (urinmængde i L/d) blev beregnet under antagelse om en kreatinin-udskillelse på 114 mmol/dag (Røjen et al., 2011). Den daglige urinudskillelse blev beregnet som: urinkoncentration af komponent*diurese.

Analyse af behandlingseffekter på statusmarkører blev foretaget med Proc Mixed i SAS (SAS 9.4) under anvendelse af en model med forsøgsbehandling som forklarende variabel. Besætning*Ko indgik som tilfældig effekt.

Statusmarkører er præsenteret som behandlingsgennemsnit \pm spredning, beregnet ud fra besætningsgennemsnit for de enkelte markører. Forskelle i gennemsnit mellem behandlinger blev vurderet under anvendelse af PDIFF-optionen i LSMEANS statement beskyttet af det overordnede F-test.

Resultater

Tabel 1 viser den gennemsnitlige tilsatte mineral- og vitamintildeling ved fodring med gårdminerale hos besætningerne før forsøgsstart. Tildelingen af mineraler og vitaminer er sammenlignet med teoretisk tildeling af 100 g Type-3 blanding. Der var forskel på gårdmineralblandingerne, men i gennemsnit var tildelingen fra gårdminerale 47-240% højere end tildelingen ville have været med typemineraler. Prisen for gårdminerale var i gennemsnit 212% af prisen for typemineraler (inkl. kridt og natriumbikarbonat i forhold til besætningernes brug med gårdminerale).

I typeblandinger indgår magnesium-, mangan- og zinkoxid, kobbersulfat, koboltkarbonat, natriumsele nit, calciumjodat og syntetisk vitamin A, D og E. Den gennemsnitlige gårdmineralblanding indeholdt også alle disse formuleringer, men ud over det også mangansulfat, manganchelat, zinksulfat, zinkchelate, kobberchelate, og seleniseret gær, biotin og naturligt vitamin E.

Tabel 1: Gennemsnitlig mineraltildeling fra 9 gårdmineralblandinger ift. en standardtildeling af 100g type 3 mineral. Der var variation mellem gårdmineralblandinger.

	Gårdmineral (SD)	Type 3 ved 100g	Forskel
Pris (DKK/ko/dag) *	1,38 (0,46)	0,65 (0,17)	112%
	Tildeling (g/ko/dag)	Tildeling (g/ko/dag)	Forskel
Magnesium	36,9 (15,6)	14	163%
Magnesiumoxid	33,9		
Magnesiumsulfat	3		
	mg/ko/dag	mg/ko/dag	%
Mangan	652 (292)	400	63%
Manganoxid	201	400	
Mangansulfat	409		
Manganchelat	42		
Zink	1261 (362)	450	180%
Zinkoxid	617	450	
Zinksulfat	387		
Zinkchelate	258		
Kobber	267 (55)	150	78%

Kobbersulfat	191	150	
Kobberchelat	76		
Kobolt (koboltcarbonat)	8,50 (3,3)	2,5	240%
Selen	9,14 (2,6)	5	83%
Natriumselenit	7,13	5	
Seleniseret gær	2,01		
Jod (calciumjodat)	34,6 (9,2)	22,5	54%
Biotin	19		
Vitamin A	127 (15,7)	60	112%
Vitamin D	28 (5,8)	19	47%
Vitamin E	620 (131)	400	55%
Syntetisk	454	400	
Naturligt	165		

* Gennemsnitlig mineraludgift på TYPE og GÅRD inkl. ekstra kridt, salt, evt. bikarbonat og i et tilfælde urea.

Tabel 2 viser gennemsnit af foderoptagelse, energiudnyttelse, mælkeydelse og mineralparametre fra foderkontroller fordelt på de tre forsøgsbehandlinger på baggrund af foderkontroller fra før og efter forsøgsstart.

Ved fodring med gårdminerale blev normerne i gennemsnit overskredet med 50-60% for magnesium, mangan, zink og kobber, over 200% for kobolt og 100% for selen. Overforsyningen var lavere ved tildelelse af typemineraler, hvor magnesiumnormen blev overskredet med 30% og mangan med 50%. Zink, kobber og kobolt afveg kun marginalt fra normerne og selen overskred normerne med 50%. I gennemsnit opfyldte dermed både gård- og typebehandlingen normerne. 0-KONTROL rationerne tildelede marginalt under NorFor normen med magnesium og zink, men særligt tildelelsen af kobber og selen var lavere end normen.

Tabel 2: Gennemsnit for de tre forsøgsbehandlinger af udvalgte produktions- og mineralparametre fra endagsfoderkontroller. Standardafvigelse i parentes. Tildeling af kobolt er baseret på værdier i tabel 1. Der er inddraget foderkontroller fra før og efter forsøgsstart.

Parameter	Enhed	Norm	GÅRD	TYPE	0-KONTROL
N			14	6	2
Foderoptagelse	kg TS/dag		25,3 (1,3)	24,8 (0,9)	24,1
Energiudnyttelse	%		97,3 (4,9)	96,5 (3,2)	95,9
Mælkeydelse	kg EKM/dag		36,9 (3,0)	35,4 (1,1)	31,7
Calcium	g/kg TS		7,5 (1,1)	7,3 (1,6)	5,5
Fosfor			4,2 (0,4)	4,4 (0,7)	4,1
Magnesium		~2*	3,0 (0,2)	2,6 (0,2)	1,9
Kalium			14,2 (0,9)	14,3 (0,8)	20,2
Natrium			3,8 (1,0)	2,9 (0,6)	1,2
Klorid			5,7 (0,9)	4,2 (0,5)	5,8
Svovl			2,5 (0,2)	2,5 (0,2)	2,0

Jern	mg/kg TS		149,1 (20,7)	172,1 (32,8)	184,3
Mangan		40	67,9 (9,3)	58,7 (4,1)	61,7
Zink		50	81,4 (16,5)	51,0 (6,2)	47,4
Kobber		10	16,2 (2,8)	11,0 (2,2)	6,7
Kobolt*		0,1	0,33	0,10	
Selen		0,2	0,4 (0,1)	0,3 (0,1)	0,1
CAB	meq/kg TS		219,1 (41,0)	216,3 (37,3)	278,5

*NorFor norm for daglig tildeling er omregnet til koncentration i tørstof.

Tabel 3 viser mineralstatus opgjort på basis af leverprøver. Jern-, mangan- og zinkkoncentrationer i lever var ikke signifikant forskellige mellem behandlinger. Kobberkoncentrationen i leveren var signifikant højere ved tildeling af poseminerale (GÅRD eller TYPE) ift. 0-KONTROL, men der var ingen signifikant forskel mellem GÅRD og TYPE. Koncentrationen af B12 i leveren var signifikant højere ved GÅRD og TYPE end ved 0-KONTROL. Selenkoncentrationen i leveren var signifikant højere på GÅRD end på TYPE og signifikant højere ved TYPE end ved 0-KONTROL. Koncentrationen af vitamin A og E i leveren var signifikant højere ved GÅRD end ved TYPE.

Hvis mangel opgøres på basis af leverkoncentration i forhold til publicerede grænseværdier, manglede en ko på GÅRD kobber, en ko på TYPE mangan og en ko på 0-KONTROL selen.

Forhøjede kobberkoncentrationer i leveren blev fundet i 34% og 18% af kørerne på hhv. GÅRD og TYPE. Forhøjede selenkoncentrationer i leveren blev fundet i 16% og 5% af kørerne på hhv. GÅRD og TYPE.

Tabel 3: Mineralkoncentrationer i lever fordelt på forsøgsbehandlinger. Antal prøver for mikromineraler: 44 TYPE, 61 GÅRD, 7 0-KONTROL. Antal prøver for vitaminer: 12 på GÅRD, 13 på TYPE.

Mineral	Behandling	Gennemsnitlig Leverkoncentration i mg/kg TS TS (SD)	Reference	% for lav	% forhøjet
Jern	Gård	208 (13)			
	Type	216 (11)			
	0-KONTROL	266 (32)			
Mangan	Gård	9,2 (0,36)	>4*	0	
	Type	8,5 (0,30)		1,6%	
	0-KONTROL	8,5 (0,89)		0	
Zink	Gård	114 (5,5)	25-200*	0	0
	Type	115 (4,6)		0	0
	0-KONTROL	112 (13)		0	0
Kobber	Gård ^a	505 (26)	20-600*	2,3%	34%
	Type ^a	445 (22)		0	18%
	0-KONTROL ^b	198 (65)		0	0%
Kobolt/B12	Gård ^a	1,1 (0,04)	0,15-2,2*	0	0
	Type ^a	1,05 (0,03)		0	0
	0-KONTROL ^b	0,79 (0,09)		0	0
Selen	Gård ^a	2,02 (0,07)	0,5-2,5*	0	16%
	Type ^b	1,65 (0,06)		0	4,9%
	0-KONTROL ^c	0,56 (0,18)		14%	0
	Gård ^a	873 (72)	>60**	0	
	Type ^b	531 (69)		0	

Vitamin A	0-KONTROL	-		0	
Vitamin E	Gård ^a	32 (2,7)			
	Type ^b	24 (2,6)			
	0-KONTROL	-			

*(Puls, 1988), **(Herdt and Stowe, 1991). a, b, c i hævet skrift indikerer, at gennemsnit er forskellige ($P < 0.05$).

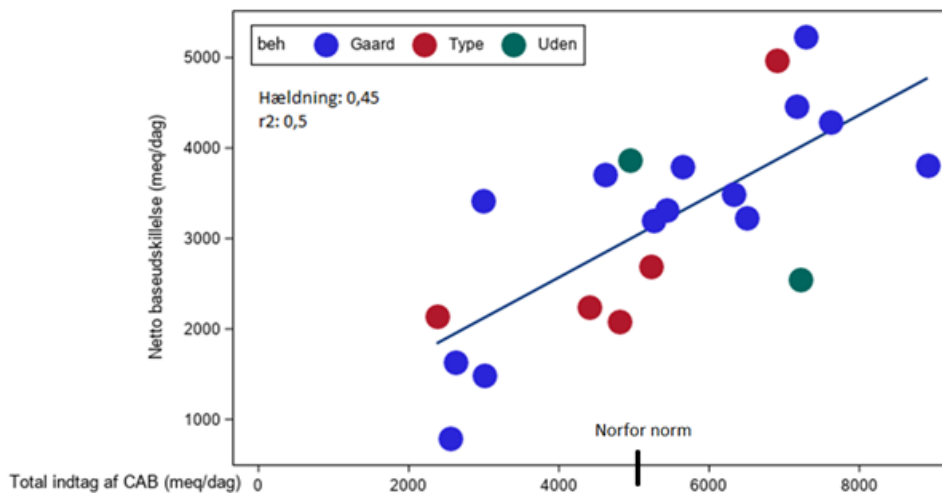
Tabel 4 viser urinparametre fordelt på forsøgsbehandlingerne. Diuresen var signifikant forskellig mellem alle tre behandlinger. Den var højest ved 0-KONTROL og lavest ved TYPE. Urin-pH, baseudskillelse og magnesiumudskillelse var ikke signifikant forskellige mellem forsøgsbehandlingerne. Natriumudskillelsen var signifikant højere ved GÅRD end 0-KONTROL. Kaliumudskillelsen var højere ved 0-KONTROL end ved de andre to behandlinger.

Tabel 4: Urinparametre fordelt på forsøgsbehandlingerne.

Parameter	Behandling	Værdi (SD)
Diurese (l/dag)	Gård ^a	24,5 (1,2)
	Type ^b	17,9 (1,6)
	0-KONTROL ^c	35,6 (2,6)
Urin-pH	Gård	8,21 (0,047)
	Type	8,25 (0,063)
	0-KONTROL	8,05 (0,099)
Baseudskillelse (meq/dag)	Gård	3247 (385)
	Type	2844 (517)
	0-KONTROL	3206 (818)
Magnesiumudskillelse (g/dag)	Gård	7,2 (0,56)
	Type	6,9 (0,75)
	0-KONTROL	6,3 (1,19)
Natriumudskillelse (g/dag)	Gård ^a	74,8 (8,6)
	Type ^{a,b}	49,1 (11)
	0-KONTROL ^b	13,5 (18)
Kaliumudskillelse (g/dag)	Gård ^a	190 (16)
	Type ^a	185 (21)
	0-KONTROL ^b	296 (34)

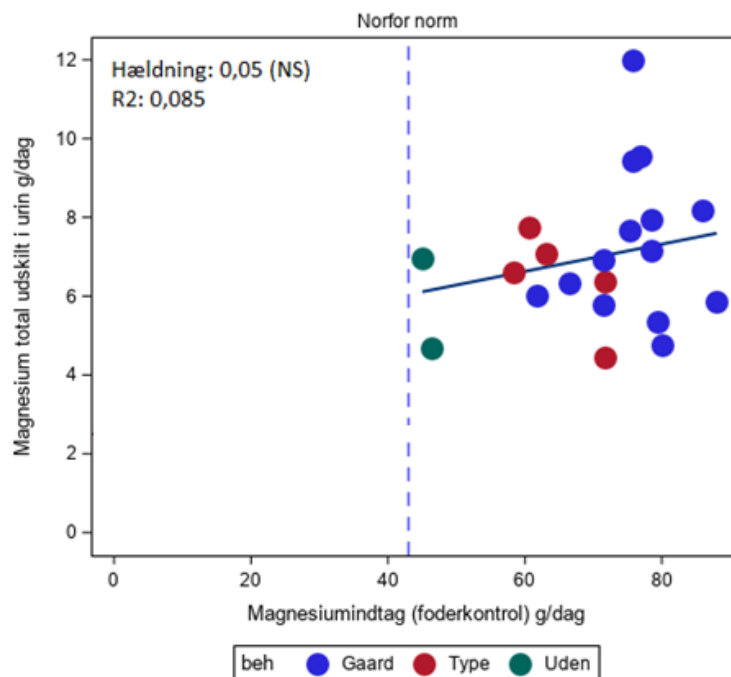
a, b, c i hævet skrift indikerer, at gennemsnit er forskellige ($P < 0.05$).

En regression af nettobaseudskillelse på den totale optagelse af ikke metaboliserbar base (CAB, meq./dag) i foderet (Figur 2) viser en hældning ($P < 0,05$) på 0,45, hvilket betyder, at der med stigende CAB-værdi i rationen udskilles stigende mængder base i urinen og at urinudskillelsen står for at kompensere ca. 45 % af koens stigende baseoptagelse.



Figur 2: Nettobaseudskillelse (besætningsgennemsnit) som funktion af CAB af det totale foderoptag fra foderkontroller. Regressionskoefficienterne er intercept = 776 ($P > 0,10$) hældning = 0,45 ($P < 0,05$).

Figur 3 viser en regression af urinudskillelse af magnesium på den samlede magnesiumindtagelse. Hverken intercept eller hældning er signifikant forskellig fra 0 ($P > 0,10$).



Figur 3: Magnesiumudskillelse som funktion af magnesiumindtag. Regressionskoefficienterne er intercept = 4,5 g/dag ($P > 0,10$) og hældning = 0,03 g/dag ($P > 0,10$).

Diskussion

Forhøjet tildeling af potentielt giftige mineraler

Gårdminerallerne var kendetegnet ved, at samtlige mineraler og vitaminer var højere doseret end ved anvendelse af en standard Type-3 mineralblanding. Herunder også de giftige sporelementer, som er bl.a. kobber, selen, jod, og vitamin A. Tilkøb af disse var i gennemsnit 78%, 83%, 54% og 112%

højere ved gårdminerale end ved en standarddosering af 100 g Type-3 mineralblanding. Det vides ikke, hvilke argumenter der ligger til grund for denne mertildeling, men det må fremhæves, at det er særlig vigtigt at undgå overdosering af potentielt giftige sporelementer.

Bevidst overskridelse af NorFor-normerne ved formulering af gårdminerale

Et argument for tilkøb af gårdminerale er, at man kan udligne variation i grovfoderet og dermed ramme køernes behov mere præcist sammenlignet med anvendelse af standardiserede blandinger. Det er dog rationerne fra TYPE-behandlingen, der lå meget tæt på NorFor-normerne. GÅRD-rationerne havde som resultat af den højere mineraltildelelse et mineralindhold, der lå langt over NorFor-normerne. Der synes ikke at være optimeret efter NorFor-normerne hos de deltagende besætninger, hvilket konkret kan vises på kobber, kobolt og selentildelingen. Gårdmineraleenes gennemsnitlige kobberindhold på 267 mg/ration (Tabel 1) overstiger (ved 25 kg tørstofoptagelse) kobbernормen på 10 mg/kg TS allerede uden bidrag fra de øvrige fodermidler. Tildelingen af 200% for meget kobolt er beregnet udelukkende fra kobolt tilført fra mineralblandingen. Selentildelingen fra gårdminerale på 9,14 mg/ration resulterer i en selentildeling på 0,36 mg/kg TS (ved 25 kg tørstofoptagelse) og overstiger dermed normen på 0,2 mg/kg TS med 80% uden bidrag fra andre fodermidler. Det tyder på, at der bevidst tilstræbes en mineral-overforsyning på minimum 50-200% over normerne, uanset bidraget fra grovfoder.

Anvendelse af chelater

Udover højere doseringer, indeholdt gårdminerale også minerale bundet som chelater. Chelater markedsføres under en påstand om en intrinsisk højere optagelighed end uorganisk bundne minerale som fx oxider. Argumentationen bygger på at syntetisk fremstillede chelater efterligner optagelsesmekanismen for mikromineraler, der involverer dannelse- og efterfølgende optag af metal-aminosyrekomplekser i tarmen. I en gennemgang af den tilgængelige litteratur på området konkluderes, at der ikke er evidens for at chelater er uorganisk bundne minerale overlegen (Suttle, 2010). Argumenterne imod chelater kan sammenfattes som følgende:

- Mange aminosyre-metal komplekser kan ikke modstå det sure miljø i løben og ankommer derfor alligevel ikke i tarmen i form af det oprindelige chelat.
- En eventuel beskyttelse af minerale imod forbindelse med fytin og dermed nedsat optagelighed gør sig ikke gældende hos drøvtyggere, da fytin alligevel bliver nedbrudt i vommen.
- Eventuel evidens for at fodring med fx selen-chelater fører til en øget deponering i væv, kan indikere en potentielt farlig omgåelse af de homeostatiske kontrolmekanismer, der sænker selenoptaget ved høj tildeling.

Forfatteren påpeger desuden, at der i årtiet før publicering af bogen (år 2000-2010) er publiceret meget industrisponsoreret og åbenlyst biased "forskning", der har til formål at promovere brugen af chelater.

Effekten af forskellig mineraltildelelse på køernes mineralstatus

En så massiv overforsyning med minerale ift. normerne, som det ses ved tildeling af gårdminerale, tyder på en udbredt formodning om, at NorFor-normerne er for lave og at typemineralerne ikke kan dække køernes ernæringsmæssige behov.

I dette forsøg har der dog kun været tre eksempler på køer med for lav mineralstatus. En ko på GÅRD havde kobbermangel, en ko på TYPE havde manganmangel og en ko på 0-KONTROL havde selenmangel (Tabel 3). Det kan derfor ikke konkluderes, at der er problemer med underforsyning af

mineraller, uanset om man fodrer med gårdmineraller, typemineraler eller en græs-baseret fodring uden tildeling af posemineraller.

De manglende behandlingseffekter af jern-, mangan- og zinktildelingen på koncentrationer i leveren kan til dels skyldes det begrænsede bidrag af deponering i leveren til den homeostatiske balance af disse elementer. At der for kobber, selen og vitaminerne var en behandlingseffekt på leverkoncentrationerne, viser at deponering er en af de homeostatiske mekanismer, der regulerer balancen af disse elementer.

Risiko ved kobbertildeling over normerne

Kobberkoncentrationerne i leveren var ved tildeling af posemineraller høje (Tabel 3). Gennemsnit for GÅRD og TYPE-behandlingerne var 505 og 445 mg/kg TS og 34% af køerne på GÅRD-behandlingen og 18% på TYPE-behandlingen havde forhøjede kobberkoncentrationer i leveren (>600 mg/kg TS). De forhøjede kobberkoncentrationer i leveren fra køer på GÅRD-behandlingen skyldes den høje tildeling af kobber ift. normerne. At 16% af køerne fodret med typemineraler havde forhøjede kobberkoncentrationer i leveren, kan tyde på at NorFor-normerne også er sat for højt. Det kan også skyldes et efterslæb fra gårdminerallerne, da kobber kun udskilles i relativt små mængder i galde.

Der er de seneste år publiceret flere rapporter om stigende kobberkoncentrationer i leveren fra kvæg. I et engelsk studie (Kendall et al., 2015) blev kobberkoncentrationer af 510 leverprøver fra slagtedyr analyseret. 38% af malkekøerne i studiet havde forhøjede kobberkoncentrationer i leveren (>500 mg/kg TS), hvorimod kun 3,3% havde kobbermangel (<18 mg/kg TS). Det vurderes at en betydelig andel af besætningerne i England risikerer kronisk kobberforgiftning.

I New Zealand har kobberkoncentrationen i leverprøver fra slagtedyr været konsekvent stigende i årene 2000-2014 (Grace and Knowles, 2015). Andelen af dyr med forhøjet kobberindhold i leveren (>760 mg/kg TS) er i samme periode steget fra 0,2% til 3%. I studiet konkluderes, det at denne stigning skyldes en støt stigende kobbertildeling.

Den ultimative konsekvens af kronisk kobberforgiftning er akut hæmolyse, med døden til følge. En subakut kobberforgiftning forløber stort set ubemærket. Der er dog indikationer i litteraturen på at forhøjede kobberkoncentrationer i leveren fører til forøget oxidativ stress i leveren og medfører subkliniske leverskader (Garcia-Vaquero et al., 2012) (Strickland et al., 2019).

Forhøjet aktivitet af leverenzymerne glutamat dehydrogenase (GLDH) og/eller aspartat aminotransferase (AST) i blodserum kan indikere subkliniske leverskader. Suttle (2010) foreslår ved fund af forhøjede kobberkoncentrationer i leveren (400-1000 mg/kg TS) uden tilfælde af hæmolytisk stress en diagnosticering af subkliniske leverskader på baggrund af leverenzymaktivitet i blodserum. Det formodes at monitorering af leverenzymmer, kan være en måde at diagnosticere subklinisk kobberforgiftning på. Den hyppige indrapportering af observationer om forhøjede GLDH og AST fra klinisk udredning af malkekøer i Danmark skyldes måske, at danske malkekvægsbesætninger generelt balancerer på kanten af kroniske kobberforgiftninger. Ved staldfodring med fuld kontrol over mineraltildelingen bør det derfor prioriteres at minimere risikoen for forgiftning ved at undlade tildeling af u hensigtsmæssig høje mængder kobber.

Køerne fra 0-KONTROL-behandlingen havde med gennemsnitlig leverkoncentration på 200 mg/kg TS moderate kobberkoncentrationer i leveren. Ingen køer på denne behandling havde under 20 mg/kg TS kobber i leveren. Kobbertildelingen var beregnet til 6,7 mg/kg TS. Dette tyder igen på at kobbernormen på 10 mg/kg TS under danske forhold kan være for høje for at opnå en optimal kobberstatus, der minimerer risikoen for forgiftninger.

Responsvariable i urin

Behandlingseffekten på diuresen kan til dels føres tilbage til forskelle i natrium og kaliumindholdet i foderet (Tabel 4). Natrium og kalium er vigtige osmotiske faktorer. 0-KONTROL, der medførte den højeste urinudskillelse, var også kendetegnet ved en græsbaseeret fodring med højt kaliumindhold og højest kaliumudskillelse i urinen. GÅRD-behandlingen, der havde næsthøjest urinudskillelse, havde et højt indhold af natrium i foderet og den højeste natriumudskillelse i urinen.

Selvom der ikke var en sammenhæng mellem forsøgsbehandling og baseudskillelse, er der dog en signifikant positiv korrelation mellem rationens CAB-værdi og baseudskillelse på besætningsniveau (Figur 2). Koens syre-base balance kan altså styres ved at ændre rationens CAB-værdi.

Magnesiumudskillelse i urin var ikke signifikant korreleret med magnesiumindtag (Figur 3). Det tyder på at magnesiumabsorptionen reguleres således, at der opretholdes en magnesiumudskillelse i urin mellem 4 og 8 g/dag, uanset om der tildeles 40 eller 100 g/dag. Det tyder også på at magnesiumfordøjeligheden eller det høje kaliumindhold i de græsbaseerede rationer uden tildeling af poseminerale, ikke var en begrænsende faktor for køernes magnesiumforsyning, samt at NorFor-normen for magnesiumtildeling er tilstrækkelig for at opretholde en normal magnesiumstatus.

Konklusion

Tildeling af typemineraler (100 g / ration) i 5 besætninger resulterede i rationer med mineralniveauer, der i gennemsnit lå marginalt over NorFor-normerne. Tildeling af gårdminerale i 9 besætninger resulterede i mineralniveauer på 50-200% over NorFor-normerne. Dette tolkes som en bevidst overforsyning ift. NorFor-normerne og tyder på en udbredt misfortolkning af NorFor-normerne og negligering af risikoen ved overdosering af mineraler.

Intet i nærværende opgørelse peger på, at NorFor-normerne er for lave. Generelt blev der ikke fundet mangel på mineraler hos de undersøgte besætninger. Baseret på leverprøver blev der fundet en ko med kobbermangel på GÅRD behandlingen, en ko med manganmangel på TYPE og en ko med selenmangel på 0-KONTROL.

Forhøjede kobberniveauer i leveren ved tildeling af gårdminerale eller typemineraler og moderate kobberniveauer ved en kobberkoncentration på 6,7 mg/kg TS uden tilsætning af poseminerale tyder derimod på at NorFor-normerne er sat højt. 34% af køerne på gårdminerale og 18% på typemineraler havde forhøjede kobberkoncentrationer (>600 mg/kg TS) i leveren. Forhøjede kobberkoncentrationer i leveren ved tildeling af typemineraler kan dog også skyldes overslæb fra fodring med gårdminerale inden forsøgsstart.

Køernes syre-base balance, målt på total baseudskillelse i urin, blev påvirket af rationen CAB-værdi. Køernes magnesiumudskillelse i urin, som markør for magnesiumoptag, var upåvirket af magnesiumindholdet i rationen, hvilket tyder på at en magnesiumtildeling svarende til NorFor-normen er tilstrækkelig for at opretholde en normal magnesiumstatus.

Mineralomkostningerne ved tildeling af typemineraler var i gennemsnit 65 øre/ration og ved tildeling af gårdminerale i gennemsnit 138 øre/ration.

Lever- og urinmålinger er en opgørelse af mineralstatus hos malkekøer. Eventuelle effekter af mineralforsyningen på livsyttringer, der ikke afspejles af mineralstatus, vil blive undersøgt i forsøgets videre forløb.

Litteratur

Garcia-Vaquero, M., J. L. Benedito, M. Lopez-Alonso, and M. Miranda. 2012. Histochemistry evaluation of the oxidative stress and the antioxidant status in Cu-supplemented cattle. *Animal* 6(9):1435-1443.

Grace, N. and S. Knowles. 2015. Taking action to reduce the risk of copper toxicity in cattle. *Vet Rec* 177(19):490-491.

Herdt, T. H. and H. D. Stowe. 1991. Fat-soluble vitamin nutrition for dairy cattle. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 7(2):391-415.

Jørgensen, K. 1957. Titrimetric determination of the net excretion of acid/base in urine. *Scand. J. Clin. Lab. Invest* 9:287-291.

Kendall, N. R., H. R. Holmes-Pavord, P. A. Bone, E. L. Ander, and S. D. Young. 2015. Liver copper concentrations in cull cattle in the UK: are cattle being copper loaded? *Vet Rec* 177(19):493.

Puls, R. 1988. Mineral levels in animal health Diagnostic data. *Mineral levels in animal health. Diagnostic data.*:240.

Røjen, B. A., P. K. Theil, and N. B. Kristensen. 2011. Effects of nitrogen supply on inter-organ fluxes of urea-N and renal urea-N kinetics in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci* 94:2532-2544.

Strickland, J. M., D. Lyman, L. M. Sordillo, T. H. Herdt, and J. P. Buchweitz. 2019. Effects of Super Nutritional Hepatic Copper Accumulation on Hepatocyte Health and Oxidative Stress in Dairy Cows. *Vet Med Int* 2019:3642954.

Suttle, N. F. 2010. *Mineral nutrition of livestock*. 4th ed. CABI, Wallingford, Oxfordshire, UK ; Cambridge, MA.