

4. přednáška

Téma přednášky:

1. Minerální látky a jejich význam, charakteristika a metabolismus ve výživě zvířat

Cíl přednášky:

Úvod čtvrté přednášky je věnován obecné charakteristice a významu minerálních látek, jejich rozdělení a vysvětlení základních pojmů. Na to navazuje podrobné seznámení s významem jednotlivých minerálních látek – makroelementů i mikroelementů ve výživě zvířat. Studentům bude vysvětlena chemická charakteristika prvku, doporučená denní dávka, klinické projevy nedostatku nebo nadbytku ve výživě zvířat a doplňky s obsahem příslušného prvku.

Obecná charakteristika a význam minerálních látek

Minerální látky jsou důležitou složkou výživy zvířat, do organismu vstupují především prostřednictvím krmiv a vody, někdy i vdechovaným vzduchem a přes kůži. Jejich úloha je velmi mnohostranná, **nejsou nepostradatelné jen pro správný vývin kostry, ale jsou i významným faktorem intermediálního metabolismu. Podmiňují udržování acidobazické rovnováhy a stálosti vnitřního prostředí, účastní se tvorby enzymů, hormonů, vitamínů a jiných pro život nezbytných látek. Jsou naprosto nezbytné pro normální činnost mikroflóry trávicího traktu zvířat, zejména pro činnost bachorové mikroflóry.**

Jejich zastoupení v živočišném organismu je v množství **3 - 5 % tělní hmoty**. Minerální látky patří k základním stavebním živinám kostní tkáně. V nich je uloženo asi 83 %, v ostatních tkáních těla zbývajících 17 % minerálií. Minerální látky jsou zastoupeny v organismu ve stálém podílu. Organismus má velkou schopnost regulace obsahu minerálních látek a to bez ohledu na mimořádně vysokou variabilitu jejich exogenních zdrojů. Podle stupně potřeby můžeme minerální látky rozdělit na **nepostradatelné, postradatelné a toxické**. Toto rozdělení má ovšem jen relativní platnost. Nepostradatelnost prvku pro organismus je zpravidla určena:

- přítomností v živočišném organismu v normálním metabolickém stavu
- stabilitou zastoupení v organismu
- morfologickými a fyziologickými změnami tkání při vyvolání deficitu prvku v dietě
- dosažením normality metabolického stavu zvířete při aplikaci prvku

Také zařazení jednotlivých prvků do skupiny postradatelných jsou jen relativní. Stejně tak je možné, aby z nepostradatelného prvku se stal toxický, vstoupí-li do organismu v mnohonásobném přebytku.

Minerální látky (prvky) je možné rozdělit na tři skupiny. První skupina zahrnuje prvky, jejichž denní potřeba se pohybuje v řádu několika set až tisíců miligramů, **makroprvky (Ca, P, Na, K, Cl, Mg a S)**. Druhá skupina zahrnuje prvky, jejichž denní potřeba je několik desítek miligramů, **mikroprvky (Fe, Cu, Zn, Mn)**. Poslední skupina zahrnuje prvky, jejichž denní potřeba je menší než u mikroprvků, většinou v řádech jednotek miligramů, **ultramikroprvky (Co, Mo, I, F, Se, Cr a další)**. Tyto prvky označujeme za nepostradatelné pro živočišný organismus. K toxickým prvkům se řadí např. olovo, kadmium, rtuť, arzén, fluór.

Kromě kvantitativního zastoupení prvků má ve výživě zvířat mimořádný význam jejich vztah ke krmné dávce, zejména vztah alkalických a acidogenních prvků. Ke kyselinotvorným prvkům patří síra, chlór a fosfor, k alkalickým draslík, sodík, vápník a hořčík. Přebytek kyselinotvorných a alkalických prvků v dietě je z hlediska potřeb zvířete nežádoucí.

Lze rozlišit tři základní stupně pokrytí potřeby minerálních látek, a to **karence, optimální a nadměrný příjem.** Optimální příjem minerálních látek je z hlediska zdraví ideální, karence i nadměrný příjem, stejně tak jako nevyvážený poměr mezi jednotlivými prvky, vedou v poměrně krátké době k výraznému poškození orgánů a tkání. Významným rizikem je i **dlouhodobý suboptimální příjem** některých minerálií, projevující se poklesem výkonnosti a chronickými poruchami zdraví zvířat.

Pro pokrytí potřeby jednotlivých prvků není důležitý jen jejich obsah v krmné dávce, ale i jejich stravitelnost a využitelnost v organismu, jejich vzájemné interakce, stejně tak jako rychlost jejich vylučování. Z těchto důvodů **nabývá na důležitosti forma podávaných látek** sloužících k obohacení potravin o chybějící mikroprvky. Základní podmínkou jejich využitelnosti je **rozpuštěnost ve vodném prostředí a existence metabolických pochodů sloužících k uvolnění prvku ze sloučeniny a jeho zpřístupnění dalším biochemickým reakcím.**

Z anorganických sloučenin prvků je dobrá stravitelnost udávána u chloridů, méně u síranů a uhličitánů, oxidy jsou považovány za velmi málo stravitelné. Je prokázáno, že **organické formy některých prvků (cheláty, proteináty, kvasnice a pod.) jsou pro zvířata mnohem dostupnější než ve formě anorganické,** významným faktorem je i omezení vzájemné interakce mezi jednotlivými prvky. Zvýšení stravitelnosti některých prvků má i značný ekologický dopad, neboť snižuje zatížení životního prostředí jejich nestráveným podílem ve výkalech.

Krmiva jsou hlavním exogenním zdrojem minerálních látek. Jejich minerální složení je velmi rozdílné, nejen pokud se týká druhové příslušnosti, ale i v rámci téhož druhu. Přitom relativně větší variabilita zastoupení minerálních látek v krmivu téhož původu je ve vegetační části rostliny než v rozmnožovacích orgánech. **V rámci téhož druhu ovlivňuje minerální složení rostlin zejména:**

- půdní typ, zvláště fyzikálně-chemické vlastnosti půdy, její pH
- podnebí a povětrnostní podmínky, zejména srážky a teplota v daném roce a v daném vegetačním období
- hnojení a agrotechnika krmných plodin

- vegetační fáze sklizně
- geneticky zakotvené zvláštnosti, např. jednotlivých odrůd krmiv

V sušině hlavních druhů rostlinných krmiv převládá draslík a vápník. Variabilita zastoupení u téhož prvku může dosahovat u makroelementů dvoj až trojnásobku, u mikroelementů až desetinásobku průměrných hodnot.

Kromě zdrojů minerálií z krmiv se používají k doplnění deficitních prvků v krmné dávce průmyslově vyráběné minerální směsi či jejich komponenty. Mnohé z těchto chemicky přesně definovaných sloučenin mají při řízení minerálního metabolismu zvířat přednost před zdroji minerálních prvků z krmiv. Tak např. využití železa z krmiv rostlinného původu nedosahuje zpravidla 10 %. Zřetelně lepší je utilizace Fe např. ze sulfátů (až 97 %), chloridů (asi 75 %).

Makroprvky

Vápník - Ca

Patří do II. skupiny v periodické tabulce prvků, mezi kovy alkalických zemin. V přírodě se vyskytuje nejčastěji ve formě nerozpustných uhličitanů, málo rozpustných síranů a rozpustných hydrogenuhličitanů. Rozpustnost jednotlivých forem podmiňuje i jejich stravitelnost.

Vápník je **nejrozšířenějším prvkem v organismu zvířat**, jeho podíl z tělesné hmotnosti je přibližně 1 - 2 %, **více než 98 % je uloženo v kostech a zubech. Vápník je přítomen i v buňkách měkkých tkání (cca 1,5 %) a krevním séru.**

Resorbuje se především v tenkém střevě, resorpce probíhá jako aktivní proces - proti koncentračnímu gradientu, pomocí specifického proteinu. Při vyšším příjmu je aktivní transport nasycen a další vápník se vstřebává difusí. **Stravitelnost vápníku je ovlivněna aciditou střevního obsahu** (přítomnost kyseliny chlorovodíkové umožňuje přeměnu uhličitanu vápenatého na rozpustný chlorid vápenatý), **hladinou vitamínu D a parathormonu**. Resorpce Ca je dále ovlivněna **poměrem mezi vápníkem a fosforem a vápníkem a hořčíkem. Důležitý je také dostatek mikroprvku manganu**. Rovněž sodík působí příznivě na resorpci a retenci vápníku. Resorbovaný vápník se vylučuje především výkaly a močí. Zvýšené vylučování močí může být příznakem dekalciifikace kostí při předávkování vitamínu D. Vápník je vylučován do mléka a je spotřebováván při růstu plodu během březosti.

Příklady doporučených denních dávek

Dojnice 550 kg, 25 kg mléka, tučnost 4 %	110 g
Jalovice - odchov, kombinovaný typ, 350 kg	21 – 27 g
Býk výkrm, 550 kg	38 – 53 g
Prase výkrm, 50 kg – Ca v 1 kg krmné směsi	6,2 g
Prasnice kojící, 175 kg – Ca v 1 kg KS	7,5 g
Brojleři výkrm – Ca v 1 kg KS	9 – 9,5 g
Slepice (nosnice) – Ca v 1 kg KS	32,5 g

Význam

Vápník se spolu s fosforem uplatňuje při mineralizaci kostí a zubů, v kostech se ukládá v průběhu osifikace chrupavky jako fosfát vápenatý. V buňce je vápník nezbytný pro přenos signálů, správnou funkci bílkovin, regulaci permeability buněčných membrán a svalovou kontrakci. Hraje významnou úlohu při aktivaci a inhibici různých enzymů, aktivaci některých hormonů a v procesu srážení krve.

Projevy nedostatku

Deficit vápníku se projevuje především poruchami tvorby kostí. U mladých rostoucích zvířat může vést ke vzniku **křivice (rachitidy)** postihující především končetiny, ale i páteř. U dospělých, chovných zvířat se nedostatek vápníku projevuje **osteomalácií**. Toto onemocnění hrozí např. březím zvířatům a v době laktace. V některých případech **může po porodu dojít, vlivem značného vylučování vápníku mlékem a jeho nízkou resorpcí ze střeva** a nedostatečnou mobilizací z tělesných rezerv, ke snížení hladiny vápníku v krevním séru. Toto snížení vede k zvýšení nervosvalové dráždivosti, vzniku svalových křečí a vývoji poporodních komplikací. Pro zabránění vzniku osteoporózy nestačí pouze zajistit dostatek Ca, ale ten **musí být v optimálním poměru k fosforu 2 : 1 a musí být zajištěn rovněž dostatek hořčíku a manganu.**

Projevy nadbytku

Nadměrný příjem vápníku vede k poklesu stravitelnosti a schopnosti organismu vápník mobilizovat z tělesných rezerv. **Vysoký příjem vápníku vede také k poruchám minerálního metabolismu,** vysokému vylučování fosforu a zvýšeným požadavkům na příjem celé řady dalších prvků. Nadbytek vápníku v potravě způsobuje nižší stravitelnost ostatních makro i mikroprvků.

Přírodními zdroji vápníku jsou především motýlokvěté pícniny (vojtěška, jetel), luční seno, krmiva živočišného původu - mléko, luštěniny, krmné kvasnice a další. Velmi chudé na Ca jsou obilniny.

Minerální krmné doplňky

Pro výrobu různých minerálních doplňků na bázi vápníku se používá celá řada sloučenin. Nejčastěji se používá forma uhličitanová. Jedná se o **krmný vápenec (uhličitan vápenatý a vápenato-hořečnatý – získaný drcením přírodní směsi uhličitanu vápenatého a hořečnatého)**. Do krmných směsí nebo minerálně-vitaminových doplňkových krmiv bývá zařazován největším podílem. Pro jeho použití je důležitý způsob zpracování (mletí) na různou zrnitost, která pak určuje, pro kterou kategorii hospodářských zvířat bude použit.

Fosfor - P

Patří do V. skupiny v periodické tabulce prvků. V přírodě se vyskytuje především ve formě fosforečnanů (fosfátů). Ve výživě zvířat se používají především fosforečnany alkalických kovů (Na, K) a fosforečnany vápenaté a hořečnaté.

Jeho podíl z tělesné hmotnosti je asi 1 %, **85 - 90 % je uloženo v kostech - anorganická forma fosforu (hydroxyapatit, fosforečnan vápenatý, sodný a draselný), 10 - 15 % je uloženo v měkkých tkáních a tělních tekutinách - organická forma fosforu (fosfatidy, nukleoproteiny a fosfoproteiny)**.

Fosfor se vstřebává v tenkém střevě ve formě fosfátu difusí a aktivním transportem. Vylučování fosforu je u prasata hlavně močí, u skotu převážně výkaly. **Stravitelnost fosforu je ovlivněna** přítomností iontů vápníku a hliníku, se kterými tvoří nerozpustné sloučeniny. **Metabolismu fosforu a především jeho vstřebávání hliník výrazně negativně ovlivňuje.** **V semenech kulturních plodin (obilniny, luštěniny) je značná část fosforu vázána v molekule kyseliny fytové, tvořící s vápenatými ionty nerozpustnou sůl. U hospodářských zvířat není přítomen enzym fytáza, který rozkládá kyselinu fytovou na stravitelné fosfáty, proto se někdy doporučují doplňky a přípravky s obsahem fytáz.** Toto má především význam u monogastrů (prasata, drůbež). U této skupiny hospodářských zvířat je fosfor také normován jako fosfor využitelný (nefytátový). Vyšší stravitelnost fosforu z fytátové formy umožňuje jeho nižší přídavek ve formě minerálního doplňku a tím i menší vylučování fosforu výkaly.

Příklady doporučený denních dávek

Dojnice 550 kg, 25 kg mléka, tučnost 4 %	83 g
Jalovice - odchov, kombinovaný typ, 350 kg	18 - 23 g
Býk výkrm, 550 kg	29 - 38 g
P stravitelný - Prase výkrm, 50 kg – P v 1 kg krmné směsi	2,5 g
P stravitelný - Prasnice kojící, 175 kg – P v 1 kg KS	3,4 g
P využitelný - Brojleři výkrm – P v 1 kg KS	4,3 – 4,5 g
P využitelný - Slepice (nosnice) – P v 1 kg KS	3 g

Význam

Fosfor se spolu s vápníkem uplatňuje především při tvorbě kostí. Hraje významnou roli i v metabolismu bílkovin, tuků a cukrů, tvorbě vitamínů skupiny B a podílí se na přenosu energie. Fosfor je vázán ve specifických sloučeninách, které tělo používá k uchování energie, získané z rozkladu především cukrů a tuků. Mezi tyto látky řadíme např. fosfoenolpyruvát, jehož 1 mol v sobě fixuje 61,86 kJ energie. Jiná sloučenina, vyskytující se v těle v poměrně velkém množství, adenosintrifosfát, v 1 mol fixuje energii 30,51 kJ.

Metabolismus fosforu je úzce sepat s činností růstového hormonu. Na tento fakt ukazuje i skutečnost, že rostoucí mladá zvířata mají obvykle zvýšenou hladinu fosforu v krvi a vyžadují tudíž zvýšený příjem vápníku. Vyšší potřebu fosforu mají březí a kojící zvířata.

Projevy nedostatku

Nedostatek fosforu je těžko dosažitelný, neboť je hojně zastoupen v krmivech. Nedostatek fosforu může být prohlubován přebytkem vápníku v krmné dávce. Eventuální deficit vede k opoždění pohlavního dospívání, poruchám ovariálního cyklu, zvýšení embryonální mortality, snížení chutnosti, hubnutí atd. Nedostatek fosforu zvyšuje vylučování vápníku močí a způsobuje odvápnění kostí, degenerativní změny kloubů, kloubních chrupavek, kostí končetin, pánve a páteře (osteoartrózy).

Projevy nadbytku

V důsledku přebytku fosforu a nesprávného poměru Ca/P dochází k tzv. fibrózní degeneraci kostí (osteodystrofií). Dlouhotrvající nadbytek způsobuje snižování hladinu vápníku v séru. Vysoký příjem fosforečnanů v potravě také snižuje využitelnost celé řady dalších prvků, zejména železa.

Přírodními zdroji fosforu jsou generativní části rostlin, zrniny, extrahované šroty a výlisky, krmiva živočišného původu, otruby, sladový květ, krmné kvasnice a další. Chudé na fosfor jsou okopaniny, cukrovarské řízky, sláma.

Minerální krmné doplňky

Fosfor je jedním z nejvýznamnějších prvků doplňovaných do krmných dávek a krmných směsí. Nejčastěji používaným zdrojem P a Ca je **monokalciium fosfát (dihydrogenfosforečnan vápenatý)**. Obsahuje 21 % P a 16 % Ca, s deklarací vysoké využitelnosti fosforu kolem 90 %. Druhou nepoužívanější surovinou je **dikalciium fosfát (hydrogenfosforečnan vápenatý)**, který obsahuje 15 % P a 26 % Ca. Využitelnost P je nižší. Podle druhu a kategorie se pohybuje v rozmezí 70 až 80 %. Dalším zdrojem je **vyklížená kostní moučka**. Jako zdroj P slouží i další fosforečnany – fosforečnan hořečnatý, fosforečnan hořečnato-sodný, fosforečnan vápenato-sodný aj.

Hořčík - Mg

Patří do druhé skupiny v periodické tabulce prvků. V přírodě se vyskytuje především v magnezitu ($MgCO_3$), dolomitu ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$) a křemičitanech.

Jeho podíl z tělesné hmotnosti je 0.04 - 0.05 %. **Nachází se v kostech a zubech (60 - 70 %), svalech (25 %) a pouze 1 % je obsaženo v extracelulární tekutině.** Hořčík se vstřebává především z tenkého střeva, méně ze žaludku, tlustého a slepého střeva. Vstřebávání hořčíku je podporováno glukózou, naopak velké dávky vápníku jeho stravitelnost snižují, podobně jako velké dávky hořčíku snižují stravitelnost vápníku z potravy. Vylučuje se především močí, zčásti i potem. Při masivním pocení může vylučování hořčíku potem dosáhnout až 25 %.

Příklady doporučených denních dávek

Dojnice 550 kg, 25 kg mléka, tučnost 4 %	50,3 g
Jalovice - odchov, kombinovaný typ, 350 kg	6 – 14,2 g
Býk výkrm, 550 kg	22,4 – 30,0 g
Prase výkrm, 50 kg – Mg v 1 kg krmné směsi	0,50 g
Prasnice kojící, 175 kg – Mg v 1 kg KS	0,50 g
Brojleři výkrm – Mg v 1 kg KS	0,6 g
Slepice (nosnice) – Mg v 1 kg KS	0,4 g

Denní potřeba je značně závislá na složení krmné dávky, neboť vysoký příjem vápníku, bílkovin a vitamínu D zvyšuje i nároky na příjem hořčíku.

Význam

Hořčík je nezbytný pro tvorbu kostí, funguje při ní jako synergista vápníku a antagonist fosforu. **Optimální poměr mezi Ca a Mg je 2 : 1 ve prospěch Ca.** Naopak v procesu srážení krve má hořčík opačnou funkci než vápník (snižuje srážlivost krve a brání vzniku trombózy). Hořčík je součástí mnoha enzymů, často působí jako aktivátor těch enzymů, jejichž přirozeným inhibítorem je vápník. Vytěsňuje vápník z membránových receptorů, uvolňuje napětí a navozuje relaxaci až útlum. Nízký obsah hořčíku, nebo široký poměr hořčíku a

vápníku potencuje uvolňování acetylcholinu, zvyšuje neuromuskulární dráždivost a může vést až ke vzniku tetanie. Velké množství hořčíku vyvolává útlum CNS, vymizení reflexů a ochrnutí svalstva.

Projevy nedostatku

Běžné krmné dávky obsahují dostatečné množství hořčíku, a proto zvířata většinou netrpí nedostatkem tohoto prvku. Výjimku tvoří přežvýkavci, hlavně v období pastvy. U přežvýkavců se objevují subklinické i klinické formy onemocnění vyvolané nedostatkem hořčíku. Tato onemocnění jsou způsobena **sníženou resorpcí Mg vyvolanou faktory, které snižují jeho využití. Je to především přebytkem dusíku v krmné dávce, přebytkem draslíku** apod. Výskyt **travní (pastevní) tetanie**, způsobené nedostatkem hořčíku je spojen s intenzitou hnojení travních porostů dusíkatými a draselnými hnojivy. Příznaky nedostatku hořčíku jsou podmíněny poklesem jeho hladiny v krvi (**hypomagnesiemií**), jejíž příčinou může být snížený přísun hořčíku z krmiva, nebo jeho sníženou resorpcí. **Nedostatek vyvolává poruchy nervové činnosti projevující se zvýšenou dráždivostí až křečemi. Příznaky jsou u akutního průběhu** charakteristické velmi silné křeče svalstva (střídání křečových stavů s nekřečovými), apatičnost zvířat a svalový třes. Zvířata mají velmi často špatné a nekoordinované pohyby s častými pády (u rozvinuté formy). **Pro chronickou formu** je velmi typická plachost, nežravost, někdy i agresivita, nekoordinovaná chůze a pohyby, špatné trávení aj. Léčba spočívá v aplikaci preparátů s Mg a Ca, většinou ve formě infuse. Prevencí je proto dostupnost minerálních lizů s optimálním obsahem makro a mikroprvků. **Druhou závažnou příčinou, vyvolávající nedostatek Mg je stres.** Hořčík je nezbytným prvkem pro činnost hypofýzy, která spouští hlavní obranné mechanismy, které mají důsledkům stresu čelit. Stresové situace vyžadují produkci hormonů, které mají zabezpečit mobilizaci energetických zásob, uložených v glykogenu. Začíná se zrychlovat tep, stoupá krevní tlak a tělní buňky začínají vyžadovat přísun glukózy. Pokud je tělo na Mg v daném okamžiku deficitní, objevují se příznaky ztíženého dýchání, pocení, stažené hrdlo a strach.

Projevy nadbytku

Dlouhodobý nadbytek hořčíku způsobuje ospalost, pokles příjmu potravy, omezuje stravitelnost a využitelnost vápníku. Dochází k útlum CNS, vymizení reflexů a ochrnutí svalstva. Zvýšený příjem Mg organizmus řeší zvýšením střevní peristaltiky a vyvoláním průjmu a nadbytečný Mg se tak snaží co nejrychleji vyloučit z těla pryč.

Přírodními zdroji hořčíku jsou olejniny, pšeničné otruby, extrahované šroty, vojtěškové a jetelové seno. Nízký obsah Mg mají okopaniny, pastevní porosty, luční trávy, zrno obilnin.

Minerální krmné doplňky

Hořčík je dotován ve formě **oxidu hořečnatého**. Ve výživě zvířat jeho obsah v krmných dávkách souvisí s obsahem Mg v pícninách. Jeho využitelnost z přírodních krmiv je podle druhu a kategorie HZ poměrně nízká 15 až 25 %. Dalšími zdroji jsou např. síran hořečnatý a uhličitan hořečnatý.

Sodík - Na

Patří do I. skupiny v periodické tabulce prvků, mezi alkalické kovy. Nejrozšířenější sloučeninou sodíku v přírodě je chlorid sodný (kuchyňská sůl) a křemičitany.

Jeho podíl z tělesné hmotnosti je 0.15 - 0.30 %. **Nachází se převážně v extracelulárních tekutinách (70 %) a pouze malá část je vázána v buňkách, rozdíl mezi obsahem sodíku a draslíku v buňkách a extracelulární tekutině je podmíněn aktivním transportem draslíku do buňky a sodíku z buňky. Asi 30 - 40 % sodíku je uloženo v kostech, ale sodík odtud není lehce mobilizovatelný.** Potřebu sodíku zvyšují ztráty chloridu sodného potem při vysokých teplotách a fyzické činnosti. Resorpce sodíku probíhá aktivním transportem i pasivně difusí. Pasivní vstřebávání se uplatňuje při vyšším příjmu sodíku z krmiv. Sodík se vstřebává velmi snadno a je krevním oběhem přiváděn do všech orgánů v těle. **Resorpce Na probíhá v celém trávicím traktu a je velmi snadná.** Na se resorbuje již v předžaludcích a to z 80 – 85 %. **Resorpce sodíku je ovlivněna především hladinou minerálních látek v krmné dávce.** Především vysoké dávky draslíku zvyšují potřebu sodíku. Na pět dílů

nadbytečného draslíku je třeba přidat jeden díl sodíku. **Poměr sodíku k draslíku se má pohybovat v krmné dávce v rozmezí 1 : 2 – 4.** V mladé zelené píce může být i poměr sodíku k draslíku 1 : 35 i více.

Příklady doporučený denních dávek

Dojnice 550 kg, 25 kg mléka, tučnost 4 %	28,8 g
Jalovice - odchov, kombinovaný typ, 350 kg	9,0 – 20,0 g
Býk výkrm, 550 kg	9,4 – 17,0 g
Prase výkrm, 50 kg – Na v 1 kg krmné směsi	1,70 g
Prasnice kojící, 175 kg – Na v 1 kg KS	2,00 g
Brojleři výkrm – Na v 1 kg KS	1,6 – 2,0 g
Slepice (nosnice) – Na v 1 kg KS	1,3 g

Potřeba sodíku pro hospodářská zvířata se pohybuje v rozmezí 0,1 – 0,2 % v sušině krmiva. Potřeba se zvyšuje při fyzické zátěži, neboť ztráty potem jsou poměrně velké.

Význam

Sodík je nejdůležitějším kationtem tělních tekutin, ovlivňuje jejich osmotický tlak, objem krevní plazmy, acidobazickou rovnováhu, elektrickou aktivitu buněk, přenos nervových vzruchů, přenos látek přes buněčnou membránu (aktivní transport zprostředkovaný $Na^+ K^+$ ATPázou) a je aktivátorem některých enzymů.

Vylučování Na je poměrně intenzivní v případech příjmu nadbytku. Jinak s ním tělo velice dobře hospodáří a zpětná resorbce v ledvinách je poměrně vysoká. Vylučování ovlivňují především hormony kůry nadledvinek, a tak poruchy v metabolismu Na vznikají především jako důsledek nedostatečné produkce steroidů v nadledvinkách. V určité fázi březosti produkuje placenta zvýšené množství hormonů, způsobujících zadržování Na v těle. Aby nedošlo k porušení fyziologické rovnováhy, musí si tělo podržet i větší množství vody. 95 % celkového vyloučeného množství připadá na ledviny, zbytek je obsažen ve stolici a potu.

Projevy nedostatku

Nedostatek sodíku způsobuje snížení příjmu potravy a vede k retardaci růstu a poruchám plodnosti. Výrazný deficit sodíku vede k poklesu osmotického tlaku a zmenšení objemu tělních tekutin. Objevují se křeče, svalový třes, průjmy, snížení výkonnosti a také pokles produkce mléka. Může dojít i ke kolapsu a úmrtí. **Většina krmiv rostlinného původu je chudá na sodík.** Obsah sodík je v rostlinách závislý na vegetační fázi, na chemickém složení půdy, na druhu a intenzitě hnojení. Vyšší dávky draselných hnojiv snižují obsah sodíku a hořčíku v rostlinách.

Projevy nadbytku

Nadměrný příjem sodíku vyvolává poškození ledvin a jater, otoky a anemie. Nadbytek Na se projevuje žíznivostí, nechutenstvím, častým močením, průjmem, zvýšením tělesné teploty a nervovými poruchami. V pozdějším stádiu nastupuje paralýza, komatózní stav a smrt. Vznik a průběh otravy je závislý na příjmu vody.

Nadbytek v příjmu soli způsobuje zvyšování krevního tlaku a poškozování cév. Není – li současně zabezpečen odpovídající příjem draslíku, dochází k porušení acidobazické rovnováhy, což se může v konečném důsledku projevit nervozitou a podrážděností.

Přirozenými zdroji sodíku jsou krmiva živočišného původu, zrniny, extrahované šroty, řepa a mrkev.

Minerální krmné doplňky

Je zpravidla dodáván ve formě **chloridu sodného**. Obsah Na a Cl je 38 % a 62 %. Při zajišťování optimálního zastoupení Na v krmné dávce je třeba mít na paměti, že podíl soli v krmné dávce zvířat hraje klíčovou roli v ovlivňování příjmu krmiva a pitné vody. Minimální využitelnost Na z dostupných zdrojů se pohybuje v rozmezí 75 – 90 %. V současné době je jako další možný zdroj sodíku používán **hydrogenuhlíčan sodný** pro dobilancování obsahu Na bez vnosu chloridových iontů, s cílem ovlivnění acidobazické rovnováhy organismu.

Draslík - K

Patří, stejně jako sodík, do I. skupiny v periodické tabulce prvků mezi kovy alkalické. V přírodě se vyskytuje jako chlorid, síran a uhličitán draselný.

Jeho podíl z tělesné hmotnosti je 0.20 - 0.25 %. **Nachází se převážně v buňkách, v extracelulární tekutině je obsažen pouze v malém množství. Asi 75 % draslíku je uloženo ve svalech, dále pak v játrech a dalších tkáních.** Poměrně velké množství draslíku je vylučováno mlékem. Přebytkový draslík je vylučován močí. Resorbuje se převážně v tenkém střevě, a to převážně difusí, zčásti i aktivním transportem. Do buněk vstupuje proti koncentračnímu spádu výměnou za sodík, prostřednictvím tzv. „sodíko - draslíkové pumpy”.

Příklady doporučený denních dávek

Dojnice 550 kg, 25 kg mléka, tučnost 4 %	89 g
Jalovice - odchov, kombinovaný typ, 350 kg	22 - 34 g
Býk výkrm, 550 kg	42 - 60 g
Brojleři výkrm – K v 1 kg KS	6,5 g
Slepice (nosnice) – K v 1 kg KS	1,5 g

Rozpětí je, podobně jako u sodíku, poměrně široké a závisí opět na složení krmné dávky a celkové fyzické zátěži. Potřeba draslíku u hospodářských zvířat je poměrně vysoká, uvádí se v rozpětí mezi 0,2 – 0,3 % sušiny krmné dávky.

Význam

Draslík je důležitý pro udržení nitrobuňčného osmotického tlaku, acidobazické rovnováhy a přenos nervových vzruchů. Je nutný pro normální metabolismus sacharidů a bílkovin i pro funkci některých enzymů. Draslík se zúčastňuje veškerých fosforylačních dějů v organismu. Jeho obsah stoupá v buňkách, v nichž převládají anabolické (skladné) procesy, naopak katabolismus je provázen zvýšenými ztrátami draslíku. **Poměr draslíku ku sodíku by měl být v rozmezí 2-4 : 1 ve prospěch K. Se stoupajícím věkem se poměr rozšiřuje.**

Projevy nedostatku

Při normální výživě se u zdravých hospodářských zvířat deficit prakticky nevyskytuje. Jeho nedostatek může vzniknout po nadměrné fyzické zátěži, pocení a průjmech a při nízkých příjmech bílkovin. Při nedostatku draslíku dochází k snížení příjmu potravy, zpomalení růstu, zhrubnutí srsti a ojediněle i ke smrti. Dalšími příznaky nedostatku draslíku je svalová slabost, poruchy srdeční činnosti, útlum CNS a poškození ledvin. Zvýšené vylučování K způsobují také některá léčiva.

Projevy nadbytku

Pokud není poškozena funkce ledvin, není možné vyvolat předávkování draslíkem. Pouze při selhání ledvin, při pokročilé dehydrataci nebo po intenzivním šoku může dojít ke zvýšení K v séru. Zvýšená hladina se může objevit u zvířat kmených rostlinnými krmivy přehnojených draselnými hnojivy, a která jsou deficitní na sodík. Nadměrné množství draslíku působí diureticky, projevuje se útlumem srdeční činnosti a poruchami vegetativního nervstva. Nadbytek draslíku nepříznivě ovlivňuje plodnost v důsledku nedostatečné činnosti vaječnicků. Doprovodnými projevy může být zmatenost, slabost, ztrnulost, brnění končetin a ochablost dýchacích svalů.

Přírodními zdroji draslíku jsou řepa, trávy, motýlokvěte píce, extrahované šroty a další rostlinná krmiva

Minerální krmné doplňky

Vzhledem k tomu, že rostlinná krmiva obsahují značné množství draslíku, není nutné přidávat do krmných dávek a směsí minerální doplňky na bázi draslíku.

Chlór - Cl

Patří do VII. skupiny v periodické tabulce prvků, mezi halogeny. V přírodě se vyskytuje v řadě sloučenin, z nichž nejrozšířenější je **chlorid sodný (NaCl)**.

Jeho podíl z tělesné hmotnosti je 0.10 - 0.15 %. **Nachází se ve všech tkáních, převážně však v extracelulární tekutině a žaludeční šťávě.**

Chlór se resorbuje především v distální části tenkého střeva a v tlustém střevě, u přežvýkavců i přes stěnu bachoru. Resorpci chlóru brzdí zvýšený obsah vápníku a draslíku v krmné dávce. Z organismu je vylučován, podobně jako sodík a draslík, převážně močí, částečně i stolicí. U zvířat s produkcí mléka je vylučován mlékem ve formě chloridu sodného.

Význam

Chloridové ionty se podílejí na udržování osmotické rovnováhy a na regulaci acidobazické rovnováhy. Chloridy jsou hlavním antagonistou bikarbonátů a směřují proti jejich koncentračnímu spádu, čímž se zúčastňují na tvorbě membránového potenciálu. Ve formě kyseliny chlorovodíkové hraje chlor významnou roli v procesu trávení.

Příklady doporučených denních dávek

Dojnice 550 kg, 25 kg mléka, tučnost 4 %	44,8 g
Jalovice - odchov, kombinovaný typ, 350 kg	6,0 – 17,0 g
Býk výkrm, 550 kg	11,4 – 18,3 g
Prase výkrm, 50 kg – Cl v 1 kg krmné směsi	1,00 g
Prasnice kojící, 175 kg – Cl v 1 kg KS	1,70 g
Brojleři výkrm – Cl v 1 kg KS	1,5 – 2,2 g
Slepice (nosnice) – Cl v 1 kg KS	1,2 g

Projevy nedostatku

Karence chloru **snižuje vylučování kyseliny chlorovodíkové do žaludeční šťávy**, což má za následek poruchu trávení bílkovin, inhibuje motilitu žaludku a posun tráveniny do střeva. Narušený poměr mezi sodíkem a chlórem má přímý vztah k acidobazické rovnováze.

Nadměrné ztráty chlóru (zvracení) mají za následek zvýšené uplatnění bikarbonátů a vznik metabolické alkalózy.

Projevy nadbytku

Nadměrný přívod chloridových iontů snižuje koncentraci bikarbonátů a způsobuje okyselování organismu - metabolickou acidózu.

Přírodními zdroji chloridů jsou řepa, sladový květ, melasa, krmiva živočišného původu a zelená píče. V krmivech rostlinného původu je většinou nedostatek chlóru.

Minerální krmné doplňky

Podobně jako sodík je zpravidla dodáván ve formě **chloridu sodného**. Obsah Na a Cl je 38 % a 62 %.

Síra - S

Patří do VI. skupiny periodické tabulky prvků, v přírodě se vyskytuje volná (sopečného původu) a ve sloučeninách (sulfidy a sírany).

Její podíl z tělesné hmotnosti je 0,15 - 0,20 %, **je obsažena ve všech tkáních, především však v kůži, peří, vlně a srsti**. Jen malá část síry je v těle v anorganické formě, většina je vázána především v organických sloučeninách - v sirných aminokyselinách (cystin, cystein a methionin), glutationu, hormonu inzulínu a v některých vitamínech, jako jsou biotin a thiamin. Síra je součástí molekuly kyseliny lipoové a koenzymu A a rovněž keratinu, což je základní bílkovina peří, vlny a chlupů.

Zvířata s jednoduchým žaludkem špatně využívají síru v anorganické – síranové formě. Ta pak odchází nevyužita s výkaly. Přežvýkavci redukují pomocí bachorové mikroflóry sírany obsažené v krmné dávce na sirníky, popřípadě až na elementární síru. Tato forma síry je využívána mikroorganismy k mikrobiální syntéze sirných aminokyselin. Síra se vstřebává v tenkém střevě.

Příklady doporučený denních dávek

Dojnice 550 kg, 25 kg mléka, tučnost 4 %	28,3 g
Jalovice - odchov, kombinovaný typ, 350 kg	9,0 – 22,0 g
Býk výkrm, 550 kg	20,2 – 29,8 g

Význam

Síra je obsažena ve většině bílkovin a některých peptidech, je důležitá pro syntézu několika specificky působících látek a detoxikaci některých kovů a aromatických organických látek. Účastní se tvorby podpurných tkání, chrupavek a kostí. Zajímavým zjištěním je, že v těle dochází k odbourávání sirných aminokyselin až na anorganický sulfát, který dokáže tělo aktivovat a zabudovat do poměrně složité molekuly kyseliny chondroitinsírové. Tato je potom zabudována do chrupavek, šlach a kostního skeletu.

Projevy nedostatku

Nedostatek síry se prakticky nevyskytuje, její příjem je většinou dostatečně zajištěn prostřednictvím bílkovin v krmivu. Deficit u ovcí vyvolává snížení produkce vlny a její horší kvalitu. U drůbeže vyvolává poruchy přepečování.

Projevy nadbytku

Následky nadměrného příjmu síry nebývají u zvířat pozorovány. Nadbytek síranů má negativní vliv na sliznice zažívacího traktu, svojí reakcí s vápníkem v primární moči tvoří nerozpustný síran vápenatý a tím vytváří předpoklady pro vznik ledvinových kamenů. Vysoký příjem síranů působí projímavě.

Přirozenými zdroji síry jsou řepa, brukvovité rostliny, slunečnice, lněný a řepkový extrahovaný šrot, pšeničné otruby, vojtěškové seno, krmné kvasnice a vejce. Bohatá na síru jsou krmiva živočišného původu, kde je síra převážně organicky vázaná v sirných aminokyselinách. Větší obsah síry je v mladých rostlinách, se stárnutím porostu obsah síry

klesá. Přibližně 50 % síry v krmivech rostlinného původu je vázáno v síranech. Nízký obsah síry je v zrnech a v okopaninách.

Minerální krmné doplňky

Doplňek elementární síry do krmných dávek a krmných směsí se neprovádí. Množství síry v krmných dávkách a krmných směsích je možno upravit sírany (**např. síranem hořečnatým, zinečnatým a měďnatým**). Ve využitelnosti síry jsou značné rozdíly podle použité suroviny.

Mikroprvky

Železo - Fe

Patří mezi kovy VIII. skupiny periodické tabulky prvků. V přírodě se vyskytuje především ve formě oxidů (hematit, magnetit a limonit) a uhličitanů (siderit).

Podíl železa z tělesné hmotnosti je 0.004 - 0.007 %. **65 - 70 % je obsaženo v hemoglobinu a myoglobinu, přibližně 25 % je vázáno na transportní bílkoviny (ferritin, hemosiderin a transferin) a zbytek je obsažen v enzymech obsahujících železo.**

Stravitelnost železa je závislá na schopnosti redukce jeho trojmocných iontů na dvojmocné, k této redukci dochází v žaludku za přítomnosti kyseliny chlorovodíkové a redukujících látek (kyselina askorbová, cystein a pod.). Dvojmocné železo se vstřebává především v duodenu, spojuje se s apoferitinem a je ve formě ferritinu deponováno v játrech. Stravitelnost železa snižuje vyšší obsah vápníku, fosforu, mědi, zinku a kadmia ve stravě.

Železo se velice špatně vstřebává, a to i při jeho velkém nedostatku v těle.

Příklady doporučený denních dávek

Dojnice (v kg sušiny KD)	65 mg
Jalovice – odchov (v kg sušiny KD)	65 mg
Býk výkrm (v kg sušiny KD)	60 mg
Prase výkrm, 50 kg – Fe v 1 kg krmné směsi	80 mg
Prasnice kojící, 175 kg – Fe v 1 kg KS	90 mg
Brojleři výkrm – Fe v 1 kg KS	80 mg
Slepice (nosnice) – Fe v 1 kg KS	60 mg

Význam

Primární úlohou železa v organismu je **přenos kyslíku, prostřednictvím hemoglobinu a uložení kyslíku pro potřebu svalového stahu, prostřednictvím myoglobinu.** Železo je přítomno i v hemových enzymech - cytochromech, podílejících se na přenosu elektronů a některých detoxikačních reakcích. Je obsaženo i v některých nehemových enzymech a metaloproteinech.

Při mobilizaci železa z feritinu na transferitin musí být oxidováno na trojmocný iont, prostřednictvím enzymu ceruloplazminu. Tento enzym obsahuje v molekule měď, při jejím nedostatku může docházet k poruchám transportu železa a vzniku anemie.

Projevy nedostatku

Malý deficit železa vede k nedostatečné funkci enzymů dýchacího řetězce a snižuje výkonnost organismu. Větší deficit vede k poruchám erythropoezy, projevujícím se snížením počtu červených krvinek a nižším obsahem hemoglobinu v erythrocytech (hypochromní mikrocytární anemií). **Anemie** se projevuje apatií, nápadnou bledostí, zpomalením růstu a změnami v krevním obrazu. **Deficit se nejčastěji objevuje u selat.** Při narození má sele v játrech zásobu 50 mg železa a denní potřeba je 7 mg. Mlékem prasnice může sele získat maximálně 1 mg. Při rychlém růstu selat se jaterní zásoba rychle vyčerpá. Již ve třetí týdně se mohou objevit příznaky anémie.

Projevy nadbytku

Nadměrný příjem železa je poměrně vzácný.

Přírodními zdroji železa je zelená píce, pšeničné otruby, kvasnice a krmiva živočišného původu. Většina krmiv kromě mléka obsahuje pro zvířata vzhledem k jejich potřebě dostatečné množství železa.

Minerální krmné doplňky

Při nedostatku lze přidávat do krmiva krystalický **síran železnatý, fumaran železnatý a chelát železa**. Mléčné krmné směsi o sušině 88 % by měli obsahovat 30 mg Fe/kg. Zajišťuje se tak dostatek železa pro zdraví a dobrý růst telat.

Měď - Cu

Patří mezi kovy I. skupiny v periodické soustavě prvků. V přírodě se vyskytuje jak ryzí, tak ve sloučeninách jako chalkopyrit, chalkosin, malachit a azurit.

Obsah mědi v organismu je poměrně malý a mění se s příjmem mědi v potravě. **V organismu se vyskytuje nejčastěji ve formě nejrůznějších proteinů s enzymatickou aktivitou.** Měď se vstřebává především v žaludku a tenkém střevě. Její stravitelnost je negativně ovlivněna hladinou molybdenu v potravě, za fyziologický se považuje poměr mědi k molybdenu 3 - 5 : 1 za přítomnosti síry. Dalšími prvky ovlivňujícími stravitelnost mědi jsou zinek, stříbro, olovo, mangan a kadmium. Měď je z těla vylučována výkaly, močí a potem.

Příklady doporučený denních dávek

Dojnice (v kg sušiny KD)	12 mg
Jalovice – odchov (v kg sušiny KD)	12 mg
Býk výkrm (v kg sušiny KD)	10 mg
Prase výkrm, 50 kg – Cu v 1 kg krmné směsi	5,5 mg
Prasnice kojící, 175 kg – Cu v 1 kg KS	8 mg
Brojleři výkrm – Cu v 1 kg KS	8 mg
Slepice (nosnice) – Cu v 1 kg KS	8 mg

Význam

Významnou funkcí mědi je podíl na vstřebávání železa a jeho mobilizaci z tělesných rezerv. Je obsažena v enzymu ceruloplazminu, katalyzátoru oxidace dvojmocného železa na trojmocné. Tím umožňuje přeměnu feritinu na transferitin. Měď se též podílí na inkorporaci železa do molekuly hemu. Je složkou řady enzymů, stimuluje glykogenezi a lipogenezi, je nutná pro tvorbu pigmentů a keratinu. Někteří autoři udávají zvýšenou retenci dusíku a zvýšení stravitelnosti bílkovin a tuků.

Projevy nedostatku

Příznaky deficitu mědi je anemie, zpomalení růstu, pokles příjmu potravy, úporné páchnoucí průjmy, dystrofické změny nervové tkáně a poruchy osifikace. Nedostatek mědi vyvolává i poruchy reprodukce. Jedním z výrazných příznaků deficitu mědi je tzv. achromotrichie - depigmentace vlny a srsti. Depigmentace je vyvolána poruchou funkce enzymu tyrozinázy podílející se na syntéze melaninu. Vlňa nejen ztrácí barvu, ale také je křehká a snadno se trhá a láme. Nedostatek mědi také ovlivňuje resorpci a využití železa. Při deficienci mědi nemůže dojít k využití vstřebaného železa, a proto se železo ukládá ve značném množství v těle zvířete, především v játrech. U prasat nedostatek mědi snižuje absorpci železa.

Projevy nadbytku

Dlouhodobý nadbytek způsobuje zvýšené ukládání mědi do jater a vyvine se cirhóza.

Nahromadění mědi v ledvinách poškozuje tubuly a vede to mimo jiné ke zvýšenému vylučování aminokyselin a peptidů, případně i glukózy. Dochází k rozpadu erytrocytů a k následné hemoglobinemii a hemoglobinurii, provázené žloutenkou (ikterem), apatie, křeče a rozsáhlé vypadávání vlny. Jednorázový vysoký příjem mědi, řádově v gramech, je toxický a způsobuje otravy s klasickými průvodními příznaky. Objevují se pocity nevolnosti, nutkání ke zvracení, pocení, třes a pocity úzkosti.

Přirozenými zdroji mědi jsou obiloviny, luštěniny, krmiva živočišného původu a motýlokvěté píce. Měď se vyskytuje prakticky ve všech rostlinách a na rozdíl od ostatních mikroprvků její obsah nekolísá. V mladých, rychle rostoucích částech rostlin a v semenech, je bohatší obsah mědi než v ostatních částech rostlin.

Minerální krmné doplňky

Měď lze přidávat v krystalickém **síranu měďnatém a methionátu měďnatém**. Přidávky vysokých dávek krystalického síranu měďnatého do krmné směsi ovlivňují složení mikrobiální populace trávicího traktu. Dříve se používaly ve značné míře při výkrmu prasat, kde podstatně zvyšovaly přírůstky a zlepšovaly konverzi krmiva. Koncentrace Cu v játrech takto vykrmených prasat se mnohonásobně zvyšuje, nebývá však ani potom vyšší než v játrech přežvýkavců. Dnes je obsah mědi ve směsích pro prasata omezen. Vysoký obsah mědi v krmivu je spojen s vysokým obsahem mědi ve výkalech a tím se zvyšuje zátěž životního prostředí.

Mangan - Mn

Mangan patří mezi kovy VII. B skupiny v periodické tabulce prvků, v přírodě se vyskytuje nejčastěji ve formě oxidu manganického (MnO_2).

Vyšší hladina manganu je především ve tkáních bohatých na mitochondrie, v játrech, slinivce, svazech, mozku, ledvinách a kostech. V orgánech drůbeže je více manganu než v odpovídajících savčích tkáních. Resorbuje se v duodenu a dalších úsecích tenkého střeva. Vylučován je především v tuhých výkalech. Největší požadavky na obsah manganu má z hospodářských zvířat drůbež. .

Příklady doporučený denních dávek

Dojnice (v kg sušiny KD)	80 mg
Jalovice – odchov (v kg sušiny KD)	90 mg
Býk výkrm (v kg sušiny KD)	75 mg
Prase výkrm, 50 kg – Mn v 1 kg krmné směsi	20 mg
Prasnice kojící, 175 kg – Mn v 1 kg KS	20 mg
Brojleři výkrm – Mn v 1 kg KS	100 mg
Slepice (nosnice) – Mn v 1 kg KS	30 mg

Význam

Působí jako kofaktor některých enzymů a metaloenzymů, je důležitý pro vývoj mezibuněčné hmoty kostí a chrupavek. Mangan významně ovlivňuje krevetvorbu a zasahuje do syntézy kyseliny askorbové. Přídavek manganu doplňky zlepšuje příjem a ukládání vápníku a fosforu v kostech. Mangan u nosnic zvyšuje snášku a zvyšuje počet oplozených vajec. Přídavek manganu vyvolává dřívější pohlavní dospívání kuřic.

Projevy nedostatku

Nedostatek manganu vede k nedostatečné funkci enzymů obsahujících mangan.

Důsledkem je zpomalení růstu, abnormality kostí, zvýšené ukládání tuků, dystrofie varlat a vaječníků. Nedostatek manganu u skotu se projevuje především sníženou plodností, velmi slabou říjí, zvířata těžko zabřezávají a březí zvířata častěji zmetají. Je větší pravděpodobnost porodu mrtvých telat a živě narozená telata se hůř staví na nohy. Zpomaluje se růst mladých zvířat. **U drůbeže vyvolává deficit manganu onemocnění perózu.** Onemocnění se projevuje pokulháváním, zduřením kloubů a ztrátou jejich pohyblivosti. Postupně dochází k vychýlení zánartí směrem ven, přičemž kolenní partie se stále dotýkají. Tato výchylka může být na jedné nebo obou končetinách. Drůbež se těžko pohybuje nebo je zcela nepohyblivá. Smrt nastává po třech dnech nebo až po několika týdnech. Onemocnění postihuje spíše těžká plemena slepic. Nosnice s nedostatkem manganu v krmné směsi mají křehké skořápky vajec.

Nedostatek manganu brání účinnému zabudování vápníku do kostí. Další příznaky jsou poruchy nervového systému, narušení odbourávání cukrů a tuků. **Vstřebávání manganu je u všech hospodářských zvířat nízké a je nepříznivě ovlivněno vyšším obsahem vápníku, fosforu a železa v krmné dávce**

Projevy nadbytku

Nadměrný příjem manganu se v praxi nevyskytuje, s výjimkou oblastí zamořených průmyslovými exhaláty. Dlouhodobý nadbytek způsobuje poruchy v metabolismu vápníku a hořčíku, což se může projevit patologickými změnami kostí a zubů, ale i zvracením, průjmami a pneumonií.

Přírodními zdroji manganu jsou zelená píce, extrahované šroty, pokrutiny, krmné kvasnice, otruby. Obsah manganu v rostlinách vykazuje značné výkyvy. V lučních a pastevních porostech a v senu je jeho obsah závislý na botanickém složení. Travniny obsahují více manganu než luskoviny. Obsah manganu je vyšší v listech než ve stoncích a více jej je v mladých listech než ve starších.

Minerální krmné doplňky

Zvířatům se mangan přidává např. **v chloridu, síranu, uhličitanu nebo oxidu manganatém.** Všem druhům zvířat je povoleno aplikovat do 250 mg Mn/kg krmné směsi, **chelatovaného Mn s aminokyselinami** však jen 40 mg/kg krmné směsi.

Zinek - Zn

Patří mezi kovy II. B skupiny v periodické tabulce prvků. V přírodě se vyskytuje pouze ve sloučeninách, nejvýznamnější z nich je sfalerit (ZnS).

Nejvíce zinku je v organizmu obsaženo ve svalech, játrech, kostech a mléčné žláze. Savčí tkáně obsahují asi polovinu zinku oproti tkáním ptáků. Resorpce zinku je aktivní proces a vstřebává se především v první části trávicího traktu. Potřeba zinku se zvyšuje při nadbytku vápníku a mědi. Ve střevě se váže na bílkovinu a za spotřeby ATP je přenesen přes bazální membránu. Vstřebaný zinek se váže na albumin a je přes játra distribuován do dalších tkání. Nejvíce Zn se ukládá právě v játrech. Převážná část zinku se vylučuje tuhými výkaly. Mléko obsahuje na rozdíl od některých jiných mikroelementů značné množství zinku. V jednom litru mléka je obsaženo 3 – 6 mg Zn a v mlezivu 3 – 5x více než v normálním mléce 12 – 20 mg.

Příklady doporučený denních dávek

Dojnice (v kg sušiny KD)	60 mg
Jalovice – odchov (v kg sušiny KD)	80 mg
Býk výkrm (v kg sušiny KD)	50 mg
Prase výkrm, 50 kg – Zn v 1 kg krmné směsi	80 mg
Prasnice kojící, 175 kg – Zn v 1 kg KS	80 mg
Brojleři výkrm – Zn v 1 kg KS	60 mg
Slepice (nosnice) – Zn v 1 kg KS	50 mg

Význam

Zinek je nezbytný pro správnou funkci několika stovek enzymů. Je součástí oční duhovky a je zapojen do fotochemických procesů vidění. Ovlivňuje metabolismus bílkovin, sacharidů, některých hormonů a regulaci imunitního systému, je součástí molekuly inzulínu. Zinek má nezanedbatelný vliv na reprodukci, zejména činnost varlat a vaječnicků. Ovlivňuje vylučování gonadotropinů, androgenů a prostaglandinů. Podílí se na uvolňování prolaktinu a na kontrakcích děložního svalstva v průběhu porodu. Ovlivňuje také motilitu spermií a jejich schopnost penetrace do vajíčka. Zinek je rovněž velmi důležitý ve vztahu k imunitě lidského organismu.

Zinek tvoří komplex s inzulínem. V kostech se, jako složka alkalické fosfatázy (ALP), zúčastňuje osifikace. Ovlivňuje keratinizaci sliznic, kůže a kožních derivátů. Biochemická aktivita Zn je spojená s udržováním normální hladiny vitamínu A v plasmě. Zdá se, že je potřebný pro uvolňování vitamínu A z jater. Zinek příznivě působí na hojení ran a zvyšuje účinnost některých hormonů.

Projevy nedostatku

Nedostatek zinku snižuje syntézu bílkovin a vyvolává **zpomalení růstu**. Projevuje se **šeroslepostí, poruchami imunity, záněty kůže, špatným hojením ran a narušenou osteogenezí.** **Nedostatek zinku vede při graviditě ke zpomalení vývoje plodu a zvýšenému výskytu kongenitálních malformací, dochází k deformacím rourovitých kostí, kostí lebky a obratlů.**

Specifickým onemocněním vyvolaným deficitem zinku je **parakeratóza** (parakeratosis), která se objevuje především u prasat. Jde o onemocnění epidermální vrstvy kůže. Kůže ztrácí elasticitu, praská a objevují se na ní tmavé krusty. V důsledku sekundární infekce může dojít i k zánětlivým změnám.

S nedostatkem zinku se setkáváme u dospělých zvířat, zejména u skotu, jen velmi zřídka. Zelená píče má dostatečné množství zinku.

U kuřat může deficit zinku vyvolat zpomalení růstu, nedostatečné opeření a křehkost peří a poškození podkolenního kloubu.

Projevy nadbytku

Nadměrný příjem zinku je poměrně vzácný, vyskytuje se především předávkováním přípravky s vysokým obsahem zinku. Otrava je vyvolána především antagonistickým vztahem zinku k železu a mědi, snižuje stravitelnost fosforu, způsobuje anemie a poruchy trávení.

Přírodními zdroji zinku jsou otruby, zrniny a krmné kvasnice, zelená píce.

Minerální krmné doplňky

Zinek se doplňuje **oxidem, síranem, uhličitanem, octanem i mléčnanem zinečnatým.** Maximální dávka Zn je 250 mg/kg krmné směsi, u oxidu zinečnatého do 600 mg/kg, z **chelátových sloučenin** jen 80 mg Zn/kg. V souvislosti se zákazem krmných antibiotik se ve směsích pro selata ve zvýšené míře využívají antibakteriální účinky zinku. Jde především o použití vyšších koncentrací oxidu zinečnatého k utlumení průjmů. Nadměrné vylučování zinku ve výkalech však může vést k zátěži životního prostředí.

Ultramikroprvky

Kobalt - Co

Patří mezi kovy VIII. B skupiny v periodické tabulce prvků. Kobalt se vyskytuje ve všech živočišných tkáních a orgánech, především v játrech, ledvinách, kostech, štítné žláze a vaječnicích. Kobalt je nezbytný pro syntézu vitamínu B₁₂. Stravitelnost kobalaminu (vitamínu B₁₂) je podmíněna jeho průchodem žaludkem, kde se váže na vazebnou bílkovinu (vnitřní faktor). Kobalt se vstřebává v tenkém střevě a vylučuje výkaly, mlékem a částečně močí.

Příklady doporučený denních dávek

Dojnice (v kg sušiny KD)	0,2 mg
Jalovice – odchov (v kg sušiny KD)	0,3 mg
Býk výkrm (v kg sušiny KD)	0,2 mg
Prase výkrm, 50 kg – Co v 1 kg krmné směsi	0,5 mg
Prasnice kojící, 175 kg – Co v 1 kg KS	0,5 mg

Význam

Kobalt zasahuje do metabolismu bílkovin, cukrů a minerálních látek, je aktivátorem některých enzymů a významným faktorem optimálního využití jodu, při jeho nízké hladině v krvi, štítnou žlázou. Funkce kobaltu jako součásti vitamínu B₁₂ je popsána v kapitole vitamíny.

Projevy nedostatku

Nedostatek kobaltu vede k poklesu příjmu potravy, hubnutí až kachexie, apatii, srst je hrubá matná, u ovcí dochází k vypadávání rouna. Sliznice jsou bledé, zejména spojivky, oči jsou uslzené. Dojnice a bahnice mají zvrácené chutě – žerou hlínu, písek i uhlí atd. Nespecifickým příznakem deficitu kobaltu je makrocytární anemie, na rozdíl od deficitu železa, při kterém vzniká anemie mikrocytární. Nedostatek kobaltu vede ke snížení

stravitelnosti železa a vzniku anemie. Onemocnění zvířat z nedostatku kobaltu se vyskytují většinou na půdách s nízkým obsahem kobaltu. Rozvoj onemocnění dále podmiňuje deficit mědi a železa v půdě.

Projevy nadbytku

Projevem je zpomalení růstu, poškození kostí a narušení plodnosti zvířat, potlačení stravitelnosti železa a vznik anemie.

Přírodními zdroji kobaltu jsou rostlinná krmiva, především luskovinové píce. Luskoviny obsahují maximum kobaltu v období tvorby pupat a nejméně v době květu.

Minerální krmné doplňky

Kobalt se zvířatům nejčastěji podává ve formě **síranu kobaltnatém**.

Molybden - Mo

Patří mezi kovy VI. skupiny v periodické tabulce prvků. V přírodě se nachází především jako sulfid - molybdenid.

Nejvíce molybdenu je obsaženo v játrech a ledvinách, menší množství ve svalech a dalších orgánech. Stravitelnost molybdenu je poměrně vysoká. Velmi lehce se vstřebává v tenkém střevě. Neexistuje pro něj bariérový mechanismus, proto hrozí poměrně velké riziko předávkování. Utilizace molybdenu v játrech je snížena při předávkování mědi, naopak vysoký příjem molybdenu snižuje resorpci mědi. Hladiny molybdenu a mědi ve tkáních lze snížit přidáním síranů do krmné dávky. **Molybden je jednou ze základních látek bílkovinné syntézy rostlin.** Bez molybdenu neexistuje dusíkatý metabolismus rostlin. Rostliny by bez molybdenu akumulovaly dusičnany a stávaly by se pro zvířata jedovatými. Molybden má mezi ostatními stopovými prvky významnou úlohu. V alkalickém prostředí je uvolňován, kdežto v kyselém prostředí pevně vázán, na rozdíl od většiny mikroelementů.

Proto je **možnost předávkování molybdenem a příliš velké zvýšení obsahu molybdenem v rostlinách mnohem častější než onemocnění rostlin z nedostatku molybdenem.**

Příklady doporučených denních dávek

Dojnice (v kg sušiny KD)	0,5 mg
Jalovice – odchov (v kg sušiny KD)	0,5 mg
Býk výkrm (v kg sušiny KD)	0,1 mg

Význam

Molybden je součástí flavinových enzymů a některých metaloenzymů, zúčastňujících se na oxidoredukčních pochodech. Molybden je antagonistou mědi. Spolu se železem je obsažen v enzymu xantinoxidáze. **Je důležitým růstovým faktorem pro střevní mikroflóru.**

Molybden je v současné době předmětem intenzivního výzkumu ve spojitosti s tvorbou červených krvinek. Ovlivňuje totiž procesy uvolňování železa z jater.

Projevy nedostatku

Nedostatek molybdenem se v praxi neobjevuje a je velmi vzácný. Deficit vede k potlačení funkce enzymů obsahujících molybden, zpomalení růstu, snížení spotřeby krmiva, snížení plodnosti a zvýšení hladiny mědi v játrech. V důsledku nižšího ukládání fluóru v kostech může docházet k častějším zlomeninám.

Projevy nadbytku

Nadměrný příjem molybdenem je častější než karence, vede k zvýšené aktivitě xantinoxidázy a zvýšení hladiny kyseliny močové. Nadbytek molybdenem brzdí resorpci mědi a tvorbu ceruloplazminu, což může vést k anemii. Specifickým onemocněním z nadbytku molybdenem je molybdenóza, která se především projevuje průjmem, hubnutím, krvácivostí, a může dojít i k úmrtí. S onemocněním se můžeme setkat u skotu. Preventivně lze k odvrácení otravy molybdenem použít vysoké dávky mědi.

Přírodními zdroji molybdenu jsou luskoviny a listy tmavě zelených rostlin. Obsah molybdenu v listech stoupá se stářím rostliny. Většina rostlin za normálních podmínek nehromadí molybden v nadměrném množství.

Minerální krmné doplňky

Molybden se zvířatům nejčastěji podává ve formě **molybdenanu sodném**. Ve vyšších dávkách je velmi toxický.

Jód - I

Patří mezi halogeny do VII. skupiny v periodické soustavě prvků. V přírodě se vyskytuje především ve formě nejrůznějších sloučenin v mořské vodě.

80 % jódu je uloženo ve štítné žláze, zbytek v krvi, mozku, kůži a dalších tkáních. Jód je resorbován v tenkém střevě a předžaludcích, jeho stravitelnost snižuje vápník, hořčík a železo. Z krve je aktivně tzv. "jódidovou pumpou" vychytáván a deponován štítnou žlázou. Vylučování jódu je především močí, výkaly, mlékem, potem.

Příklady doporučený denních dávek

Dojnice (v kg sušiny KD)	0,80 mg
Jalovice – odchov (v kg sušiny KD)	1,00 mg
Býk výkrm (v kg sušiny KD)	0,50 mg
Prase výkrm, 50 kg – I v 1 kg krmné směsi	0,25 mg
Prasnice kojící, 175 kg – I v 1 kg KS	0,40 mg
Brojleři výkrm – I v 1 kg KS	0,35 mg
Slepice (nosnice) – I v 1 kg KS	1,50 mg

Význam

Jód ve štítné žláze slouží k jodaci tyreoglobulinu a syntéze thyroïdálních hormonů (thyroxinu a trijodthyroninu). Jód nezachycený štítnou žlázou a uvolněný při dejodaci thyroïdálních hormonů je vylučován především močí, zčásti i žlučí. Hladina jódu v moči je základním ukazatelem úrovně jeho příjmu a je využívána k zjištění případného deficitu. Jód sám o sobě není fyziologicky aktivní, teprve inkorporován do thyroxinu a trijodthyroninu má hormonální účinek. Hormony štítné žlázy jsou nezbytné pro činnost nervové, reprodukční a dalších tkání. Spektrum jejich účinků je velmi široké, mají kalorigenní účinek, zvyšují v tělních buňkách rychlost oxidace a produkci tepla. Ovlivňují růst a vývoj, účastní se regulace metabolismu lipidů, proteinů a sacharidů.

Projevy nedostatku

Nedostatek jódu se objevuje především ve vnitrozemských strumigenních oblastech, mezi které patří celá střední Evropa. **Projevuje se hypofunkcí štítné žlázy, sníženou syntézou a sekrecí thyroïdálních hormonů a zvětšením štítné žlázy - endemickou strumou. Hypofunkce štítné žlázy se projevuje snížením metabolismu sacharidů, tuků a bílkovin a produkce tepla.**

Nedostatečný příjem jódu v březosti může vést k abortům, případně k rození slabých mláďat s příznaky hypothyreózy a strumou. U zvířat dochází k poruchám reprodukce. Snižuje se růst mladých zvířat, klesá produkce mléka, vajec. U ovcí má vliv hypofunkce štítné žlázy také na kvalitu vlny. Hypofunkce štítné žlázy může vzniknout i při dostatečném příjmu jódu, působením strumigenních látek narušujících metabolismus jódu a syntézu thyroïdálních hormonů. K poruchám může dojít při konzumu vysokých dávek strumigenních potravin, např. řepka, řepkové extrahované šroty či pokrutiny. Obdobně mohou působit i strumigeny obsažené v pitné vodě, jednomocné anionty (dusičnany, dusitany, jodičnany, chloristany a pod.) a huminové kyseliny. Strumigenní účinky byly popsány i u některých antibiotik, sulfonamidů, pesticidů, polychlorovaných bifenyliů a ftalátových esterů. Projevy nedostatku jódu mohou být zvýrazněny deficitem selenu, zinku, hořčíku a dalších prvků. Jodid draselný se používá rovněž jako antidotum proti radioaktivním zplodinám v případě jejich nebezpečí výskytu.

Nadměrná produkce hormonů štítné žlázy způsobuje onemocnění **hyperthyreozu**. I při tomto onemocnění se objevuje struma, nemusí však k tomuto otoku dojít. Objevují se stavy

únavy, nervozita, úbytek na váze, zvýšená teplota s nadměrným pocením a zrychlení srdeční činnosti.

Projevy nadbytku

S nadměrným příjmem jódu se u zvířat nesetkáváme. Dlouhodobý přebytek jódu v potravě se projevuje slzením, rýmou, kašlem, horečkou a dermatitidou.

Přirozenými zdroji jódu jsou rybí moučka, mořské řasy, seno, siláže, zelená píce a napájecí voda. Obsah jódu v krmivech rostlinného původu je přímo závislý na obsahu tohoto prvku v půdě. Mladé rostliny mají vyšší obsah jódu než starší.

Minerální krmné doplňky

Zvířatům se přidává jód v **jodidu draselném, jodidu sodném nebo jodičnanu vápenatém.**

Selen - Se

Patří do VI. skupiny v periodické soustavě prvků. V přírodě je poměrně vzácný.

V organismu je přítomen ve všech tkáních, především v játrech, ledvinách, srdci, slezině, plicích a v mozku. Resorpce selenu probíhá především v duodenu. Stravitelnost selenu je ovlivněna i přítomností dalších prvků, známý je antagonistický vztah selenu a síry. Selen se vylučuje močí, výkaly a mlékem, při nadměrném příjmu je část selenu vylučována i vydechovaným vzduchem.

Příklady doporučený denních dávek

Dojnice (v kg sušiny KD)	0,20 mg
Jalovice – odchov (v kg sušiny KD)	0,20 mg
Býk výkrm (v kg sušiny KD)	0,20 mg
Prase výkrm, 50 kg – Se v 1 kg krmné směsi	0,20 mg
Prasnice kojící, 175 kg – Se v 1 kg KS	0,25 mg
Brojleři výkrm – Se v 1 kg KS	0,15 – 0,20 mg
Slepice (nosnice) – Se v 1 kg KS	0,10 mg

S doplňky selenu do krmných dávek zvířat je nutné zacházet velmi obezřetně, neboť se jedná o prvek, který při vyšších příjmech způsobuje nepříjemné zdravotní problémy a otravy.

Význam

Selen se podílí na funkci celé řady enzymů, nejvýznamnějším z nich je glutathionperoxidáza, která má důležitou roli v ochraně tkání před oxidativním poškozením buněk. Selen se spolu s vitamínem E účastní syntézy koenzymu A. Vzhledem k chemické podobnosti selenu a síry dochází k nahrazení síry v některých peptidech a bílkovinách, při větším příjmu selenu může tento jev způsobit poruchy jejich funkcí. Selen je v malých množstvích nepostradatelný pro tkáňové dýchání. Působí společně s vitamínem E.

Projevy nedostatku

Nedostatek selenu vede k poškozování svalových buněk, nervového systému, jater a reprodukčních orgánů. Vede k snížení výkonnosti, poruchám reprodukce, výskytu hemorhagického syndromu a myokarditid. Při jeho nedostatku vzniká svalová dystrofie, především u telat, jehňat a drůbeže. U prasat způsobuje deficit selenu dietetickou hepatózu prasat.

Projevy nadbytku

Ve vyšších dávkách je selen vysoce toxický a karcinogenní, k otravám může dojít při předávkování minerálními doplňky na bázi selenu. U zvířat byly zjištěny otravy především u skotu, který se pásal na pastvinách s vysokým obsahem selenu v půdě a došlo tak k jeho kumulaci v rostlinách. Otravy se projevují těžkými poruchami CNS, paralýzami, poruchami příjmu potravin a vypadáváním srsti. Selen může nahrazovat síru ve všech molekulách, především aminokyselin methioninu a cysteinu, dochází k jeho kumulaci v organismu a chronickým otravám.

Přírodními zdroji selenu jsou rostlinná krmiva a rybí moučky. Obsah selenu v krmivech rostlinného původu je závislý na obsahu tohoto prvku v půdě.

Minerální krmné doplňky

Selen lze zvířatům přidávat ve formě **seleničitanu sodném, selenanu sodném i v selenometioninu.**

Chróm - Cr

Patří mezi kovy VI. skupiny v periodické tabulce prvků. V přírodě se vyskytuje v různých sloučeninách. **Biologicky významný je trojmocný chróm**, šestimocný je hlavně produktem průmyslové výroby. Zatímco u šestimocného chrómu byla prokázána spojitost s karcinogenezí, **trojmocný chróm je naprosto netoxický**. Trojmocný chróm se vyskytuje především jako oxid chromitý.

Chróm je přítomen především ve tkáních s vysokým metabolismem sacharidů (glukózy). Anorganické formy chrómu jsou poměrně málo stravitelné (0.5 - 5 %), v poslední době se ve výživě zvířat uplatňují také organické formy tohoto prvku, jejichž stravitelnost se pohybuje mezi 10 a 25 %. Vstřebávání chrómu se děje aktivně stejnou cestou jako u železa, kompetitivní inhibicí transferinu může nadbytek železa způsobit pokles stravitelnosti a transportu chrómu v organismu. Vylučování chrómu se děje především močí.

Význam

Chróm hraje významnou roli v metabolismu sacharidů (glukózy) a lipidů. Jako součást faktoru tolerance glukózy umožňuje správnou funkci inzulínu a udržení normální glykémie. **Trojmocný chróm zesiluje účinek inzulínu při vstřebávání a využití glukózy.** Chróm má vliv na metabolismus nukleových kyselin a je součástí některých enzymů.

Projevy nedostatku

Nedostatek chrómu má podobné následky jako nedostatek inzulínu. Důsledkem jeho deficitu je snížení schopnosti normálně metabolizovat sacharidy, snížení periferní citlivosti vůči inzulínu, celková únava, vyšší krevní tlak, vyšší hladina cholesterolu a cukru v krvi, zhoršení metabolismu bílkovin, nervové poruchy a může se projevit i snížení plodnosti u samců.

Projevy nadbytku

Akutní otravy trojmocným chrómem nelze v praxi dosáhnout, smrtelná dávka je přibližně 500 mg/kg hmotnosti (asi stonásobek vůči šestimocnému chrómu). Chronická otrava se projevuje zvracením, průjmem a poškozením ledvin.

Přirozenými zdroji chrómu jsou krmiva živočišného původu, rybí moučky, mléko, kvasnice obohacené Cr. Celé pšeničné zrno obsahuje 170 až 180 µg Cr ve 100 g, bílá pšeničná mouka pouze 25 µg ve 100 g, v ostatních obilninách poloviční množství než v pšenici, mléko 30 až 50 µg v litru – od dojnic na pastvině, mléko od dojnic krmených především silážemi obsahuje výrazně méně Cr.

Z celkového množství chrómu, přijatého z krmiva se v zaživacím ústrojí dokáže vstřebat jen asi 3 %. S přibývajícím věkem se schopnost vstřebávat Cr přijatý potravou ještě snižuje. Donedávna byly za nejvhodnější zdroj považovány kvasinky, obohacené tímto prvkem. Přesto ani v tomto případě nebyla využitelnost vyšší, než 5 %.