



Zemědělská
fakulta
Faculty
of Agriculture

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH **ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Zootechnika

Bakalářská práce

**Minerální látky a jejich význam ve výživě masného skotu
charolais**

Autorka práce: Pavla Bícová

Vedoucí práce: Ing. Luboš Zábranský, Ph.D.

České Budějovice, 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval(a) pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá významem minerálních látek ve výživě masného skotu charolais. Minerální látky zařazujeme mezi přídatné látky a ve výživě skotu hrají důležitou roli. Rozdělují se na makroprvky a mikroprvky. Jejich deficit může mít negativní důsledky na vývin plodu, růst mláďat, ale i na dospělé jedince. Dnešní pastviny a píče nezajišťují dostatečný přísun minerálních látek, proto je nutné je doplňovat vhodnou krmnou dávkou a kontrolovat jejich zastoupení v organismu.

První část bakalářské práce se zaměřuje na charakteristiku masného skotu. Plemeno charolais patří mezi nejvíce užitková masná plemena, ale také mezi plemena náročná na výživu. Ve druhé části bakalářské práce je popisována morfologie trávicí soustavy a její funkce. V poslední části jsou charakterizovány jednotlivé minerální látky a jejich aplikace do krmných dávek jednotlivých kategorií skotu.

Zabývat se minerální výživou je důležité již od poslední třetiny březosti, kdy výživa nejvíce ovlivňuje nenarozené tele a má vliv na stav minerálních látek i po jeho narození. Nejčastěji se minerální látky v chovech doplňují minerálními lizy nebo minerálními premixy. Nejvhodnější je doplňovat organické minerální látky, které jsou pro organismus lépe vstřebatelné než látky anorganické.

Klíčová slova: minerální látky, masný skot, charolais

Abstract

The thesis deals with the significance of minerals in nutrition of charolais beef cattle. We classify minerals as additives, and they are very important in the nutrition of cattle. They are divided into macronutrients and micronutrients. Their deficit can have negative consequences for fetal development, juvenile growth but also for adults. Nowadays, pastures and forages do not provide enough minerals. It is necessary to supplement them with suitable feed ration and control their amounts in the body.

The first part of the thesis focuses on the characteristics of beef cattle. The charolais breed belongs to the most efficient beef cattle but also one of the breeds which are demanding on nutrition. In the second of the thesis, the morphology of the digestive system and its function is described. In the last part, the individual minerals and their application to feed rations of individual categories of cattle are characterized.

It is important to deal with the mineral nutrition from the last third of pregnancy, when the nutrition affects the unborn calf the most and has influence on the state of minerals even after its birth. The most common way to supplement minerals at farms is by mineral licks or mineral premixes. The most suitable is to supplement organic minerals, which are more absorbable for the organism than the inorganic ones.

Keywords: minerals, beef cattle, charolais

Poděkování

Chtěla bych poděkovat panu Ing. Luboši Zábranskému, Ph.D., za odborné vedení, za pomoc a rady při zpracování této bakalářské práce.

Obsah

Úvod.....	7
1 Charakteristika masného skotu	8
1.1 Plemeno charolais.....	9
2 Trávicí soustava přežvýkavců	11
2.1 Předžaludek	11
2.1.1 Bachor	11
2.1.2 Čepec.....	12
2.1.3 Kniha.....	12
2.2 Slez	13
2.3 Střevo.....	13
2.3.1 Tenké střevo.....	13
2.3.2 Tlusté střevo	14
3 Minerální látky a jejich význam.....	15
3.1 Makroprvky	15
3.1.1 Vápník – Ca.....	15
3.1.2 Fosfor – P.....	16
3.1.3 Sodík – Na.....	17
3.1.4 Draslík – K.....	18
3.1.5 Hořčík – Mg.....	19
3.1.6 Chlor – Cl.....	20
3.1.7 Síra – S.....	20
3.2 Mikroprvky.....	21
3.2.1 Železo – Fe.....	21
3.2.2 Měď – Cu.....	22
3.2.3 Mangan – Mn.....	23

3.2.4	Zinek – Zn.....	24
3.3	Stopové prvky.....	24
3.3.1	Kobalt – Co.....	25
3.3.2	Jód – I.....	25
3.3.3	Selen – Se.....	26
3.3.4	Chrom – Cr.....	27
3.4	Metabolismus minerálních látek.....	28
3.4.1	Metabolismus sodíku a draslíku.....	28
3.4.2	Metabolismus fosforu a vápníku.....	29
3.4.3	Metabolismus hořčíku.....	31
3.4.4	Metabolismus mědi.....	33
3.5	Aplikace minerálních látek do krmné dávky.....	34
3.6	Potřeba minerálních látek ve výživě dospělého skotu.....	35
3.6.1	Minerální látky ve výživě býků.....	37
3.6.2	Minerální látky ve výživě jalovic a krav.....	38
3.7	Minerální látky ve výživě telat.....	39
4	Doporučení pro praxi.....	41
	Závěr.....	44
	Seznam použité literatury.....	45
	Seznam obrázků.....	55
	Seznam tabulek.....	56
	Seznam použitých zkratk.....	57

Úvod

Chov masného skotu je nedílnou součástí zemědělské výroby. Maso je jedna ze základních živočišných složek potravy, jež jsou na trhu nabízeny. Skot má vynikající schopnost přeměňovat kvalitní objemná krmiva na kvalitní živočišné produkty.

Plemeno charolais je nejvíce chovaným masným plemenem v České republice. Charakteristická je jeho pastevní schopnost. Jeho chov probíhá z největší části na pastvině, pouze omezeně pak ve stájích. Jatečná zvířata tohoto plemene vynikají velmi dobrou výkrmností, vysokým přírůstkem a nízkým podílem tuku. Dle Českomoravského svazu chovatelů produkuje plemeno charolais díky vysoké plodnosti a růstovým schopnostem potomstva nejvyšší živou hmotnost telat na krávu a rok.

Výživa tvoří velmi důležitou část chovu masného skotu. Netýká se pouze kvality masa, ekonomiky a zisků, ale je také velmi zásadní pro zachování psychické, ale i fyzické pohody zvířat. Nedílnou součástí výživy jsou minerální látky, které jsou významnými regulátory metabolických pochodů v těle. Tyto látky organismus potřebuje pro růst, vývin, fyziologickou rovnováhu a dobrý zdravotní stav.

Deficit minerálních látek v krmné dávce se nemusí vždy projevit zřetelnými příznaky onemocnění, ale velmi často probíhá za příznaků subklinických. U samic se snižuje laktace, projevují se poruchy reprodukce, mláďata se rodí málo životná, dosahuje se nízkých denních přírůstků a je snižena odolnost zvířat vůči infekcím.

Minerální látky se skotu dodávají pomocí krmných dávek v dostatečném množství a v nejlépe využitelné formě. Nejvyužívanější formou doplňování minerálních látek jsou minerální lizy a minerální premixy.

1 Charakteristika masného skotu

Chov skotu je důležitou součástí udržitelného zemědělství ve velké části Evropy. Údržba venkovské krajiny byla jedním z faktorů upřednostňujících zachování širokého spektra plemen hovězího masa. Druhým důležitým využitím hovězích býků je zlepšení kvality jatečně upravených těl a masa jatečných zvířat chovaných v systémech chovu dojníc (Wolfová et al., 2004).

Hovoříme-li o masné užitkovosti a jejím hodnocení, setkáváme se s termíny výkrmnost a jatečná hodnota. Výkrmnost představuje kvantitativní stránku a jatečná hodnota kvalitativní užitkové vlastnosti. Masná užitkovost úzce souvisí s plodností. Množství vyprodukovaného jatečného skotu je dáno počtem telat, která jsou pro výkrm k dispozici. Dalším faktorem, který ovlivňuje celkový objem vyprodukovaného jatečného skotu, je porážková hmotnost. Dosahovaný průměrný denní přírůstek ovlivní jen délku výkrmu (Skládanka, 2014).

Pod pojmem plemeno se rozumí skupina domestikovaných zvířat, která jsou si v podstatných morfologických a fyziologických znacích podobná a mají společný původ a vznik. Na utváření užitkového typu se podílí celá řada činitelů – od dědičného založení přes morfologickou a fyziologickou stavbu orgánů až po tělesné rozměry a živou hmotnost. Masný užitkový typ skotu oproti kombinovanému a mléčnému typu představuje nejvýznamnější zdroj masa díky dobré konverzi živin, vysoké intenzitě růstu, jatečné výtěžnosti a kvalitě masa (Zahrádková et al., 2009).

Masný užitkový typ má schopnost dobré masné produkce při vysoké intenzitě růstu. Je charakterizován mohutně vyvinutým svalstvem a jemnou kostrou. Hlava je menší, v čele široká a má široké žuchvy. Krk je krátký, silný a osvalený. Hrudník je krátký, hluboký a klenutý za lopatkou. Žebra jsou k ose páteře postavena kolmo. Kohoutek je široký, méně výrazný a osvalený, trup je kratší, hluboký a široký. Vemeno je slabě vyvinuté, vazivové, končetiny krátké a klouby výraznější (Frehlich et al., 2001).

Cíl chovu by měl odrážet produkční a ekonomické podmínky v těch prostředích, ve kterých mají plemenná zvířata genetický vliv. Vzhledem k velké rozmanitosti environmentálních, manažerských a marketingových podmínek chovu hovězího masa je téměř nemožné definovat obecný chovatelský cíl, a to i v rámci plemene. V takových situacích je obecný ekonomický model popisující rozdílné strategie produkce, krmení

a řízení chovu důležitým nástrojem pro definování alternativních cílů chovu (Wolfová et al., 2004).

1.1 Plemeno charolais

Plemeno charolais patří k celosvětově nejrozšířenějším masným plemenům (Zahrádková et al., 2009).

Na konci 18. století došlo v Charolais, rodišti plemene charolais, k významnému vývoji. Plemeno vzniklo z původního francouzského žlutého skotu. Jak se chov vyvíjel a výběr plemeno zlepšoval, došlo v cyklu produkce skotu k rozdělení úkolů mezi chovatele specializující se na narození telat a chovatele vykrmující dobytek. Díky selekci došlo ke vzniku jedinců vyznačujících se raností a nadprůměrným masným užitkovým typem (Fayard, 2013).

V Severní Americe, kam bylo plemeno charolais exportováno ve 30. letech 20. století, byl postupně založen odlišný typ než ve Francii. Zvýšila se u něho ranost, díky které se krávy telí poprvé ve věku 24 měsíců. Tento zámořský typ vykazuje jemnější kostru a horší osvalení (Šeba et al., 2006).

Plemeno charolais se obecně vyznačuje vysokou intenzitou růstu do vyšších porážkových hmotností, velmi dobrým osvalením a nízkým podílem tuku v jatečném těle. Využívá se v čistokrevné plemenitbě, ale také k užitkovému křížení s ostatními masnými plemeny. Krávy dosahují v dospělosti 750 kg a více, býci pak i 1 200 kg a více (Zahrádková et al., 2009).

Zbarvení je jednotně bílé až smetanové a sliznice je růžová beze skvrn. Hlava je relativně malá a krátká – se širokým plochým čelem, širokým mulcem a silnými lícemi. Oči jsou výrazné a uši jemné. Krátký a silně osvalený krk plynule navazuje na hluboký hrudník, kde se nachází okrouhlá žebra, která jsou dobře svázaná s plecí. Dále je výrazným znakem rovný, široký a dobře osvalený hřbet a prostorná bederní krajina. Končetiny jsou silné a dobře stavěné, mají výrazné a uzavřené paznehty (Šeba et al., 2015).

Významnou vlastností je mléčnost krav, kdy telata mají vysoké přírůstky do 120 dnů věku. Také se vyznačují plodností a dlouhověkostí. Růst telat je intenzivnější i v prenatalním období (Zahrádková et al., 2009).

Telení jalovic probíhá kolem třetího roku, u tohoto plemene je vysoká porodní hmotnost, což souvisí s vyšším podílem těžkých porodů, díky šlechtitelské práci se

však podařilo četnost těžkých porodů snížit. Z důvodu vysoké růstové schopnosti jsou tato plemena náročnější na výživu a krmení (Šarapatka et al., 2006).

Býci plemene charolais se používají v čistokrevných pářeních a jako plemenici pro křížení s kombinovanými plemeny skotu (Wolfová et al., 2005).

Růstová schopnost patří mezi ty nejdůležitější parametry týkající se produkce hovězího masa. Živá hmotnost je růstový parametr a hodnotí se u telat ve 120, 210 a 365 dnech věku. Hmotnost ovlivňuje prodejnost telat a celkovou ekonomiku chovu. Býci plemene charolais dosahují vyšší hmotnosti než jalovice. Obecně výzkumy naznačují, že živá porodní hmotnost telete roste s počtem otelení matky. Růst porodní hmotnosti pokračuje u plemene charolais do čtvrtého otelení. Tyto výsledky zdůrazňují význam dlouhověkosti masného skotu (Toušová et al., 2014).



Obrázek 1.1.1: Charolais (hovezimaso.cz)

2 Trávicí soustava přežvýkavců

Trávicí soustava zajišťuje přísun organických i anorganických látek nutných pro růst a vývoj zvířete, ale také pro udržení všech funkcí organismu. Funkcí trávicí soustavy je příjem krmiva, rozklad jeho složek na látky vstřebatelné a nevstřebatelné a následné vyloučení nestravitelných zbytků z těla ven (Bouška, 2006).

K základním částem trávicí soustavy patří dutina ústní, hltan, jícen, žaludek a střevo. Náleží sem také slinné žlázy, játra a slinivka břišní, které pomáhají mechanickému a chemickému trávení svými výměšky (Reece, 2011).

Trávicí soustava u přežvýkavců je specializována především na využití celulózy, která je podstatou rostlinných tkání. Přežvýkavci nemohou trávit rostlinnou vlákninu autoenzymaticky, jelikož neprodukují enzymy pro rozklad přijatého krmiva, ale spoléhají se za tímto účelem na střevní mikroflóru tvořenou mikroorganismy. Výjimečné zmenšení velikosti částic poživatiny, kterého přežvýkavci dosahují díky přežvykování, je jejich charakteristickým znakem. Umožňuje jim zvýšit příjem potravy, aniž by byla ohrožena stravitelnost. Této zvýšené žvýkáci účinnosti není dosaženo zuby, ale třídícím mechanismem závislým na hustotě v předžaludku, který odděluje malé částice od velkých, ty se poté regulují, aby se znovu žvýkaly (Clauss and Hummel, 2017).

2.1 Předžaludek

Předžaludek přežvýkavců je adaptován pro bakteriální fermentaci přijaté potravy. Díky tomu získávají energii, která by se jinak získat nedala (Reece, 2011).

Předžaludek skotu má tři oddíly, kterými jsou bachor, čepce a kniha. Na předžaludek navazuje slez, jež je vlastním žaludkem (Bouška, 2006).

U narozeného telete je výrazně větší vlastní žaludek (slez), až příjem objemného krmiva stimuluje vývoj předžaludku, který je potom v dospělosti mnohonásobně větší než slez (Jelínek et al., 2003).

2.1.1 Bachor

Bachor je největší částí předžaludku. Většinu prostoru zaujímá na levé polovině dutiny břišní, přiléhá k bránici a ke stropu břišní dutiny. Do bachorové předsíně ústí jícen nálevkovitým česlem. Bachorová předsíň komunikuje s čepcem pomocí trvale otevřeného čepcobachorového ústí. Ventrální bachorový vak se kraniálním směrem

vychlípí v bachorovou výduť. Sliznice se vyskytuje v podobě papil, které jsou jazykového tvaru. Střední vrstva je tvořena hladkou svalovinou, na povrchu bachoru se vyskytuje seróza, která přechází v opony (Reece, 2011).

Bachorový mikrobiom tvoří hustou a komplexní směs anaerobních bakterií, prvoků, virů a hub. Mikrobiální populace bachoru společně úzce interaguje, aby degradovala a fermentovala složitý rostlinný materiál na živiny pro metabolismus hostitele. Tento proces také produkuje další vedlejší produkty, jako je metan. Díky bachorovým bakteriím je celulóza hydrolyzována na mastné kyseliny, jako je kyselina octová, propionová a máselná. Tyto mastné kyseliny využívají určité druhy bakterií spolu s amoniakem k syntéze aminokyselin a proteinů. Bachorové mikroby slouží jako významné zdroje bílkovin a dalších živin (Andersen et al., 2021).

2.1.2 Čepece

Čepece slouží jako pumpa, která způsobuje to, že se tekutina dostává do bachoru a zase zpět, díky tomu udržuje v bachoru stálou vlhkost. Řídí průchod řídkého obsahu bachoru do knihy a pumpuje potravu k česlu pro rejekci a následné přežvýkování (Reece, 2011).

Čepece je uložen mezi bránicí a bachorem. Je nejmenší část předžaludku a jeho tvar má podobu zploštělé koule (Bouška, 2006).

Čepcobachorové ústí spojuje čepece a bachor. S knihou dochází ke komunikaci díky čepcoknihovému otvoru. Od česla postupuje po dorzální ploše bachorové předsíně a po pravé straně na vnitřní ploše čepce čepcový žlab, který je spirálovitý a ohraničený svalovinou. Při kontrakci svaloviny se oba otvory přiblíží a z čepcového žlabu vznikne uzavřená trubice. Tekutá potrava (zejména mléko u mláďat) poté proudí přímo z jícnu do knihy (Marvan, 2017).

2.1.3 Kniha

Kniha se nachází na pravé polovině bránice, kde se dotýká jater. Její tvar je oválný až kulovitý. Po stěně knihy probíhá žlab, který je ohraničený řasami sliznice. Knihový žlab končí v knihoslezovém ústí (Marvan, 2017).

Sliznice knihy vytváří vysoké řasy, které se označují jako listy knihy a pronikají až do středu. Kniha umožňuje pokračování fermentace, resorpce a reguluje přemístování potravy mezi čepcem a slezem (Reece, 2011).

Předpokládá se, že jeho hlavní funkcí je zpětná absorpce tekutiny přítomné v trávenině. Usnadňuje třídění částic, trávení a sklizeň mikrobů. Méně zředěná trávenina je podrobena enzymatickému štěpení v dolním zažívacím traktu (Ehrlich et al., 2019).

2.2 Slez

Ve slezu, jež je vlastním žaludkem, probíhá mechanické i chemické trávení rozloženého krmiva ze zbytků fermentace, které se doposud nevstřebaly. Tráví se zde i mikrobi namnožení při fermentaci v předžaludku (Reece, 2011).

Slez má u skotu tvar hruškovitého vaku a vystýlá ho žláznatá sliznice, jejíž žlásky produkují žaludeční šťávu. Knihoslezový otvor spojuje slez s knihou dvěma uzavíratelnými chlopněmi, s tenkým střevem je spojen vrátníkem (Bouška, 2006).

Žaludeční šťáva se u přežvýkavců vylučuje nepřetržitě. Hlavním podnětem a regulátorem jejího nepřetržitého vylučování je u dospělých přežvýkavců chymus předžaludku, který zajišťuje stálé dráždění receptorů sliznice (Jelínek, 2003).

2.3 Střevo

Střevo je nejdelším úsekem trávicí trubice přizpůsobený k trávení potravy a ke vstřebávání základních složek – včetně minerálních látek a vody. Podílí se i na vylučování vody a zbavuje tělo nestrávených zbytků potravy (Marvan, 2017).

2.3.1 Tenké střevo

Tenké střevo je nejdůležitější úsek pro trávení a vstřebávání. Tvoří pokračování vrátníku žaludku a skládá se ze tří úseků (Marvan, 2017).

První částí je dvanáctník, který vytváří kličku – ohýbá se z levé strany na pravou. Do dvanáctníku ústí vývody pankreatu, jehož šťáva se významně podílí na trávení. Žlučovým vývodem se dostává do dvanáctníku žluč, která se tvoří v játrech (Reece, 2011).

Druhým a nejdelším úsekem tenkého střeva je lačník. Posledním úsekem je kyčelník, který ústí do slepého střeva (Bouška, 2006).

Sliznice tenkého střeva je opatřena klky, které několikanásobně zvětšují resorpční plochu střeva. Vstřebávání živin též napomáhá aktivní pohyb klků (Reece, 2011).

2.3.2 Tlusté střevo

Tlusté střevo je důležité pro konečné využití krmiva, vstřebávání vody, minerálních látek a vitaminů. Sliznice tlustého střeva nemá klky (Jelínek, 2003).

Začíná slepým střevem a na něho navazuje hlavní úsek tlustého střeva – tračník. Dle průběhu se člení na vzestupný, příčný a sestupný (Reece, 2011).

Posledním úsekem je konečník, který navenek vyústíuje řitním otvorem. Zde se shromažďují nestrávené zbytky potravy a formují výkaly (Jelínek, 2003).

V tlustém střevě neprobíhá enzymatické trávení, ale trávení je zde výsledkem činnosti bakterií. Finální produkty trávení jsou těkavé mastné kyseliny, především jde o kyselinu octovou, propionovou a máselnou. Tyto organické kyseliny jsou po své resorpci významným energetickým zdrojem. Mikroorganismy, které uskutečňují mikrobiální trávení mikroorganismů, jsou pak samy stráveny a poskytují zdroj aminokyselin (Reece, 2011).

3 Minerální látky a jejich význam

Minerální prvky jsou nezbytné pro výživu zvířat a jejich potřeba by měla být pokrývána stravou, jelikož si tělo tyto látky nedokáže syntetizovat. Ve vyvážených koncentracích pomáhají acidobazické rovnováze, dále napomáhají vytvářet strukturální složky, jako jsou enzymatické kofaktory, a přenášet energii. U hospodářských zvířat je nedostatek minerálních látek způsoben především výživou. Nedostatky vedou ke zdravotním problémům, nízké produkci masa, ale mohou způsobit i smrt (Silva et al., 2020).

3.1 Makroprvky

Makroprvky jsou v živočišném organismu obsažené ve větším množství, skot jich potřebuje více. Vyskytují se v krmivu (v anorganické a organické formě) a jsou nezbytné pro správné fungování organismu (Jeroch et al., 2006).

3.1.1 Vápník – Ca

Nejhojnějším minerálem v těle živočichů je vápník, který má zásadní význam pro regulaci různých procesů. Přibližně 99 % tělesného vápníku má strukturální funkce jako součást kostí a zubů. Pouze asi 1 % se nachází v tkáních a extracelulárních tekutinách (Wild et al., 2021).

Vápník je rozhodující pro regulaci různých procesů v těle, jako je srážení krve, svalové kontrakce, buněčná signalizace, propustnost membrán, stabilizace enzymů, aktivace a uvolňování hormonů. Vzhledem k vysoké fyziologické důležitosti je koncentrace vápníku v krvi jemně regulována pomocí parathormonu, kalcitoninu a metabolitů vitamínu D. Parathormon je produkt příštítných tělísek a zvyšuje hladinu vápníku v krvi. Parathormon působí na produkci vitamínu D v ledvinách, který podněcuje zvýšené vstřebávání vápníku z trávicího traktu (Wilde, 2006).

Resorpce vápníku probíhá v tenkém střevě. Aktivní resorpci vyvolávají nízké koncentrace vápníku v zažívatelně trávicího ústrojí a zvýšené požadavky na vápník v graviditě nebo laktaci. Tato resorpce je závislá na parathormonu. Negativně na resorpci vápníku působí vysoká koncentrace fosforu, hořčíku, draslíku, železa nebo amoniaku (Jelínek et al., 2003).

Hypokalcemie je metabolické onemocnění, ke kterému dochází při poruchách homeostatických mechanismů. Při náhlém snížení vápníku v krvi dochází zvýšením

nervosvalové dráždivosti ke křečím. Obvykle k tomu dochází na konci březosti a na začátku laktace (Silva et al., 2020).

Fyziologickou odpovědí na hypokalcemii je zvýšení kostní mobilizace následované zvýšenou gastrointestinální absorpcí. Pokud jsou tyto mechanismy narušeny, zhoršuje se rozsah a délka hypokalcemie. To má za následek zvýšené riziko rozvoje různých onemocnění v časně laktaci. Zdá se, že předporodní krmná dávka s nízkým obsahem fosforu má příznivé účinky na homeostázu vápníku, a to pravděpodobně kvůli dopadu na mobilizaci kostí a metabolismus vitamínu D. K omezení příjmu fosforu může dojít z ekonomických důvodů, dalším důvodem je pak chování zvířat na nedostatkových pastvinách, což může být zvláště důležité u rostoucích a výkrmových zvířat (Wilkens and Mucher-Banse, 2020).

Prevenčí hypokalcemie je podpora mobilizace vápníku z kostní tkáně aplikací vitamínu D před porodem a po porodu. K mobilizaci vápníku také dochází stimulací vylučováním parathromonu díky zkrmování na vápník chudé krmné dávky před porodem (Zahrádková et al., 2009).

V krmné dávce nestačí pouze dostatek vápníku, ale ten také musí být ve správném poměru k fosforu (2:1). Nedostatek vápníku se nejvíce projevuje poruchami tvorby kostí. U mladých zvířat vede ke vzniku křivice (postihuje především telata), u dospělých zvířat dochází k měknutí kostí. Vápník se nachází v jetelovinách, luskovinách a v zelené řepce (Suchý et al., 2011).

3.1.2 Fosfor – P

Fosfor je znám jako aktivátor a inhibitor určitých enzymů a účastní se metabolických reakcí. Nejvíce fosforu se nachází v kostech, zbytek je uložen v měkkých tkáních a tělních tekutinách (Tucker and Taylor-Pickard, 2005).

V přírodě se fosfor vyskytuje ve formě fosforečnanů. Ve výživě zvířat se používají především fosforečnany alkalických kovů a fosforečnany vápenaté a hořečnaté. Fosfor se vstřebává v tenkém střevě ve formě fosfátů. Jeho stravitelnost je ovlivněna ionty vápníku a hliníku, se kterými tvoří nerozpustné sloučeniny. Fosfor je také ovlivněn obsahem vápníku v krmné dávce. Společně s vápníkem se uplatňuje při tvorbě kostí, účastní se metabolismu bílkovin, tuků a cukrů, tvorby vitamínů skupiny B a podílí se na přenosu energie (Spears and Weis, 2014).

Fosfor je důležitý při fermentačních procesech v předžaludku, jelikož je nezbytný pro tvorbu mikrobiálních enzymů, těkavých mastných kyselin a mikrobiálních proteinů. Také podporuje trávení celulózy (Jelínek, 2003).

Homeostázu fosforu řídí parathormon a vitamin D, jež umožňují aktivní resorpci fosforu v tenkém střevě. Parathormon uvolňuje vápník a fosfor ze skeletu a podporuje resorpci těchto prvků v ledvinách. Vitamin D je nezbytný pro mineralizaci kostní tkáně a při ukládání vápníku a fosforu. Homeostázu fosforu u přežvýkavců ovlivňují slinné žlázy v ledvinách (Tucker and Taylor-Pickard, 2005).

Nedostatek fosforu vzniká přebytkem vápníku v krmné dávce, jeho důsledkem může dojít ke sníženému příjmu potravy, pozdnímu pohlavnímu dospívání a ovlivnění plodnosti. Nedostatek zvyšuje vylučování vápníku močí a způsobuje odvápnění kostí. U skotu se vyskytují degenerativní změny kloubů a kostí (Minson, 2012).

Nadbytek fosforu narušuje přeměnu vitamínu D na kalcitriol a omezuje resorpci vápníku, zinku, železa a mědi. Toxicita fosforu se projevuje především kazivostí zubů, dysfunkcemi štítné žlázy, poruchami regulace krevního cukru, potížemi s pasením, někdy dokonce předčasnou smrtí (Asembo et al., 2021).

3.1.3 Sodík – Na

Sodík je obsažen především v mezibuněčných tekutinách a jeho přebytek je vylučován močí. U přežvýkavců je významný pro udržování optimálního pH v předžaludku. Ovlivňuje zde fermentační procesy a resorpci živin z trávicího ústrojí (Zahrádková et al., 2009).

Je hlavním kationtem extracelulární tekutiny. V buňkách je zastoupen v malém množství, vysoká koncentrace sodíku je v kostní tkáni, ledvinách, játrech a kůži. Hlavní funkce sodíku je regulace osmotického tlaku a acidobazické rovnováhy, nervosvalová dráždivost a přenos impulsů. Sodík je důležitý v procesech transportu řady látek a metabolitů přes buněčné membrány. Ovlivňuje transport a distribuci vody v organismu, zasahuje do metabolismu draslíku, hořčíku, chloridů a dalších látek (Jelínek et al., 2003).

Ke změnám koncentrace sodíku dochází při výrazných změnách vnitřního prostředí organismu, především při poruchách acidobazické rovnováhy a při poruchách regulace. Resorpce sodíku probíhá v celém úseku trávicího ústrojí. Při nedostatku sodíku se snižuje žravost, intenzita růstu, produkce mléka a plodnost. Dochází k dehydrataci, svalové slabosti a projevům lízavky (Jelínek et al., 2003).

Při požití nadměrného množství sodíku a nedostatku vody tělo zadržuje vodu, aby si zachovalo osmolaritu krevní tekutiny. Chronické zvýšení objemu krve vyvolá hypertenzi v tepnách a otoky končetin, dochází k nechutenství, poruchám trávení a vše může vést k intoxikaci, kdy přichází křeče. Intoxikace většinou končí úhynem (Reddy et al., 2015).

Sůl označuje jakoukoli neutrální sloučeninu, která při disociaci poskytuje ionty. NaCl je nejběžnější a hlavní zdroj sodíkových kationtů, které pomáhají udržovat osmotický tlak v extracelulární tekutině a vedení akčních potenciálů v neuronech (Reddy et al., 2015).

3.1.4 Draslík – K

Draslík je nejhojnějším intracelulárním kationtem ve tkáni. Je nezbytný pro různé fyziologické procesy, jako je regulace objemu buněk, rovnováha elektrolytů, membránový potenciál a svalová kontrakce (Schneider et al., 2016).

Přebytek draslíku je vylučován močí. K sodíku má antagonistický vztah. Krmiva rostlinného původu obsahují draslíku více, než je optimální potřeba zvířat. Nadbytek draslíku při nedostatečném přísunu sodíku škodí (Zahrádková et al., 2009).

Nadbytek draslíku také omezuje resorpci hořčíku, kvůli tomu napomáhá ke vzniku tetanií, snižuje produkci a příjem krmiva. Kromě toho může vyvolat poruchy srdeční činnosti (Wittek et al., 2019).

Změny v množství draslíku dostupného pro metabolismus mohou mít vážné důsledky. Někteří autoři rozdělují tuto dostupnost na vnější a vnitřní rovnováhu draslíku. Externí rovnováhu draslíku určuje vstup krmiva a výdej. K tomuto dochází převážně díky ledvinám. Bilance draslíku může narušit pokles chuti k jídlu a selhání ledvin. Vnitřní rovnováha draslíku, která popisuje distribuci draslíku mezi intracelulárními a extracelulárními tělesnými komponenty, je také ovlivněna řadou faktorů (Schneider et al., 2016).

Vzhledem ke stravě bohaté na draslík skot obvykle absorbuje nadměrné množství draslíku, který musí být vylučován ledvinami. Náhlé snížení draslíku může vést k hypokalemii. Hypokalemie má klinický význam zejména u chorobných stavů, jako je zadržaná placenta, klinická mastitida a jaterní lipidóza. Může být způsobena souběžně částečnou nebo úplnou anorexií a průjmem. U zvířat se vyskytuje nechutenství, svalová slabost a poruchy srdeční činnosti (Wittek et al. 2019).

3.1.5 Hořčík – Mg

Hořčík se zařazuje mezi základní minerální živiny pro pasoucí se přežvýkavce, které jsou nezbytné pro zajištění zdravé kostry, energetického metabolismu, kardiovaskulárního a neuromuskulárního přenosu. Doporučená koncentrace hořčíku pro pasoucí se skot se pohybuje mezi 1300 a 2 200 mg/kg sušiny (Kumssa et al., 2020).

U hospodářských zvířat je 70 % hořčíku uloženo v kostře. Případný nadbytek hořčíku je rychle vylučován ledvinami. Nedostatek nelze kompenzovat mobilizací z velkého množství hořčíku v kostech nebo měkkých tkáních. Udržení potřebné fyziologické koncentrace hořčíku v plazmě závisí na kontinuální a dostatečné absorpci (Martens and Stumpff, 2019).

Při nedostatku se reaktivnost svalových vláken zvyšuje a může dojít k tetanickým křečím. Pasoucí se přežvýkavci musí být neustále zásobováni krmivem, které splňuje jejich požadavky na hořčík. Je-li množství hořčíku dodávané krmivem nízké nebo je-li narušena absorpce v bachoru, může hladina hořčíku v krvi a mozkomíšním moku klesnout pod klinickou hranici a způsobit fyziologickou poruchu známou jako hypomagnezémická tetanie. Příznaky mohou zahrnovat nervovou dráždivost, skřípání zubů, slinění, nedostatečnou koordinaci pohybu svalů, ležení a svalové křeče, což může vyústit až ke smrti během několika hodin (Kumssa et al., 2019).

Hypomagnezémie se někdy objevuje po zahájení pastvy. V pastevním porostu je ve srovnání se zimním krmem nízký obsah hořčíku a jeho využitelnost je při zvýšeném obsahu dusíkatých látek a draslíku velmi malá (Zahrádková et al. 2009).

Kromě nerovnováhy kationtů v píci má svěží jarní tráva tendenci mít nízký obsah vlákniny a vysokou stravitelnost sušiny. To urychluje průchod bachorem a snižuje bachorovou absorpci hořčíku. To je dále umocněno nadměrnou aplikací draslíku jako hnojiva na travní porosty, a to včetně hnoje hospodářských zvířat (Kumssa et al., 2020).

Několik dní před zahájením pastevního období je vhodné dávku hořčíku zdvojnásobit. Nejčastějším zdrojem hořčíku je dolomitický vápenec nebo hořečnatý úlet z magnezitových závodů. Vyšší příjem hořčíku musí být zajištěn tak, že se do krmné dávky přidá tuk (Zahrádková et al., 2009).

3.1.6 Chlor – Cl

Chlor je nezbytný pro vodní rovnováhu, udržení acidobazické rovnováhy, osmotického tlaku a tvorby kyseliny chlorovodíkové v žaludku a slezu zvířat. Resorpce chloridů probíhá ve střevě a batoru. Homeostáza chloridů je závislá na sodíku a draslíku. Chloridy vždy doprovází ionty sodíku a draslíku, a to při přestupu mezi extracelulární a intracelulární tekutinou, ale i v ledvinách, které jsou pro ně hlavním exkretčním orgánem. Ke změnám koncentrace chloridů dochází v krevní plazmě při výrazném nedostatku v krmné dávce (Jelínek et al., 2003).

Potřeba chloridů je relativně velká. Běžně se s deficitem u zvířat nesetkáváme. Zvýšený příjem chloridů je doprovázen zvýšeným příjmem sodíku nebo draslíku. Organismus snadno chloridy vylučuje močí, aniž by měl vysoký příjem vliv na zdraví zvířat. Zvýšený příjem chloridu amonného vyvolává acidózu a využívá se při prevenci porodní parézy (Jelínek et al., 2003).

Potřeba chloru se nejsnadněji řeší dávkou krmné soli. Denní potřebu je možné pokrýt krmnou směsí s obsahem 1 % NaCl (Zahrádková et al., 2009).

3.1.7 Síra – S

Síra hraje zásadní roli v metabolických, strukturálních a regulačních funkcích všech živých organismů, a to i díky sloučeninám obsahujícím síru, jako jsou sirné aminokyseliny, hormony, vitaminy B a koenzymy. Síra ovlivňuje využití dusíkatých látek v krmné dávce (Wu et al., 2021).

Dostupná energie a dusík v batoru jsou dva nejdůležitější faktory ovlivňující syntézu mikrobiálního proteinu. Síra je však základní složkou mikrobiální syntézy methioninu v batoru, což je první limitující aminokyselina pro dobytek. Methionin je zdrojem pro syntézu cholinu, acetylcholinu, adrenalinu a kreatinu. Je důležitý pro syntézu bílkovin, hemoglobinu a lipoproteinů. Omezené hladiny síry v dávkách mohou vést ke snížení mikrobiální syntézy methioninu v batoru a snižovat metabolizovatelný methionin proudící do tenkého střeva u skotu (Zhao et al, 2021).

Nedostatek síry se projevuje omezením růstu, sníženou produkcí mléka, poruchami reprodukce, špatnou kvalitou rohoviny a paznehtů či poruchami imunity (Jelínek et al., 2003).

Naopak vysoké koncentrace síry mohou ovlivnit bariérovou funkci epitelu batoru a způsobit zánět (Wu et al., 2021).

Nadměrné množství síry ve stravě skotu může mít následky pro absorpci stopových minerálů, příjem sušiny a celkový růst skotu (Drewnoski et al., 2014).

Optimální poměr dusíku a síry je 10:1. Potřeba síry je vysoká a je ovlivněna mnoha faktory, jako je věk, druh zvířete nebo mléčná produkce. Doplňit síru je nezbytné, pokud do krmné dávky zařazujeme močovinu, mnoho kukuřičné siláže nebo seno špatné kvality. Zdrojem síry může být síran vápenatý a síran sodný (Zahrádková et al., 2009).

Kukuřičná siláž a kukuřičná zrna, která obvykle představují vysoký podíl krmných dávek pro hovězí dobytek, jsou chudými zdroji síry (Drewnoski et al., 2012).

3.2 Mikroprvky

Mikroprvky jsou definovány jako chemické prvky vyžadované živými organismy pouze v malých množstvích (méně než 100 mg na kilogram sušiny). V době, kdy je kladen důraz na dobré životní podmínky zvířat a intenzivní živočišnou produkci, je nutné si uvědomit, jakou roli hrají mikroprvky ve výživě zvířat. Vhodná dávka mikroprvků v doplňkových látkách používaných ve výživě skotu je vyžadována, aby se předešlo negativním účinkům nedostatku nebo nadměrného doplňování minerálů. Jak nutriční nedostatky, tak i intoxikace jsou zodpovědné za špatné zdraví zvířat a významné ekonomické ztráty v živočišné výrobě (Wysocka et al., 2019).

V období výkrmu je obzvláště vyžadováno doplnění hlavních mikroprvků, aby byly uspokojeny požadavky zvířat a optimalizovány bachorové a metabolické funkce. Následně se zlepšuje účinnost bachoru a výkonnost růstu (Rossi et al., 2020).

3.2.1 Železo – Fe

Železo je základní stopový minerál pro tvorbu hemoglobinu a hormonů štítné žlázy, hraje také důležitou roli v reprodukci dobytka. Příznaky toxicity a nedostatku jsou u skotu pozorovány jen zřídka (Van Emon et al., 2020).

Primárním zdrojem železa pro telata je mléko nebo mléčná náhražka, pro dospělé pak píče. Pitná voda může obsahovat různá množství železných iontů a může být také zdrojem tohoto prvku (Wysocka et al., 2020).

Železo není většinou skotu doplňováno, protože mnoho z konzumovaných krmiv poskytuje adekvátní koncentrace. Při nadměrné konzumaci železa je třeba postupovat

opatrně, protože to může způsobit antagonistické účinky s jinými minerály, jako je měď, mangan, selen a zinek (Van Emon et al., 2020).

Největší množství železa v těle je zabudováno do bílkovin hemoglobinu a myoglobinu. Tento prvek se účastní několika biochemických procesů, jako je produkce krve, transport kyslíku, energetický metabolismus a imunitní procesy (Wysocka et al., 2020).

Nedostatek železa může vyústit v anémii vyskytující se většinou u mladých telat. Toto je dáno nízkým obsahem železa v kravském mléce a vysokými požadavky organismu telat na tento prvek (Hansen et al., 2010).

K otravě železem většinou dochází v důsledku nadměrného příjmu železa. Je to způsobeno nevhodnou dávkou či náhodnou konzumací vysokých dávek doplňků. Nadměrný příjem železa může způsobit přetížení a poškození vnitřních orgánů. Oxidace železa v hemoglobinu může vést k methemoglobinémii a neschopnosti erytrocytů přenášet kyslík. Běžně je železo špatně absorbováno z většiny krmiv, ale jeho absorpce se může zdvojnásobit při nedostatku tohoto prvku. Množství železa ve stravě, které se vstřebává z trávicího traktu, je obvykle stanoveno individuálními faktory, věkem zvířete, stavem železa a zdravotním stavem zvířete (Wysocka et al., 2020).

3.2.2 Měď – Cu

Měď hraje klíčovou roli ve vývoji a metabolismu buněk, protože vykazuje silnou antioxidační aktivitu. Podílí se na regulaci procesů buněčného dýchání, metabolismu sacharidů, lipidů a tvorbě kolagenu. Nedostatek tohoto prvku má významný dopad na vývoj, růst a reprodukci skotu (Wysocka et al., 2019).

Způsobuje změny v hematologických parametrech a při nedostatku může dojít k anémii. Vyvolává také poruchy pigmentace srsti. Doplnění mědi u přežvýkavců je nutné věnovat pozornost, a to především kvůli nízkému rozpětí mezi nedostatkem a toxicitou z nadbytku, k čemuž jsou přežvýkavci náchylní (Kaczmarek, 2021).

Je nezbytné zvážit koncentrace hlavních antagonistů mědi, kterými jsou molybden, síra a železo. Nadměrné množství těchto prvků omezuje vstřebávání mědi, tím pak vzniká sekundární nedostatek. Nejvíce mědi je v játrech a její nadměrné skladování zde, kvůli zabránění nedostatku, se stává nebezpečným, pokud je měď přijímána nad požadavky organismu. Adekvátní koncentrace mědi v komplexních krmivech pro skot je 6–11 mg/kg sušiny. Na rozdíl od většiny základních stopových

prvků dostupné informace o koncentracích mědi v krmivech nepostačují k zajištění adekvátního přísunu mědi ve stravě skotu (Lopez-Alonso and Miranda, 2020).

3.2.3 Mangan – Mn

Mangan má zásadní roli ve fyziologických procesech skotu, syntéze a zpracování bílkovin, v metabolismu sacharidů a metabolismu lipidů. Ovlivňuje činnost centrální nervové soustavy a pohlavní funkce (Reis et al., 2014).

Mangan je v buňkách obsažen hlavně v mitochondriích. V krvi je koncentrace poměrně nízká, převážná část manganu se nachází v krvinkách. Mangan je důležitým prvkem pro růst organismu a vývoj kostí (Pavlata, 2009).

U přežvýkavců se špatně vstřebává z krmiva. Dietním faktorům, které mohou ovlivnit biologickou dostupnost manganu, se věnuje jen malá pozornost, a to pravděpodobně z důvodu, že nedostatek manganu není považován za závažný problém. Některé studie naznačují, že vysoký obsah vápníku a fosforu ve stravě může snížit biologickou dostupnost manganu (Spears, 2003).

Nedostatek manganu zvyšuje riziko poškození buněk kyslíkovými radikály. Dochází k tomu především u diety obsahující vyšší hladiny polynenasycených mastných kyselin. Příznaky deficitu jsou nespecifické a objevují se při poměrně výrazném deficitu prvku v organismu. U mláďat se setkáváme s abnormalitami v utváření skeletu a jeho vývoje. K dalším příznakům deficitu manganu se řadí poruchy reprodukce, kam patří poruchy ovulace, zhoršené zabřezávání a anestrus. U samců zapříčiňuje degeneraci varlat a zhoršené sexuální libido (Hostetler, 2003).

Příjem manganu u zvířat na pastvě závislých na píce může výrazně kolísat. Zvýšený příjem je však poměrně dobře tolerován, i když omezuje resorpci zinku. Případné intoxikace se projevují nervovými příznaky. Zvýšený příjem manganu pastvou a jeho zvýšená suplementace krmivem může způsobit snížení hladiny železa v játrech, plazmě a srdci. Metabolismus manganu je ovlivňován formou prvku, ale také vlákninou a přítomností fytátů. U přežvýkavců klesá význam fytátů v důsledku vlivu bachorové mikroflóry. Míra absorpce manganu je celkově velmi nízká a do značné míry závislá na koncentraci v krmivu (Pavlata, 2009).

Národní výzkumná rada doporučuje, aby hovězí dobytek přijímal během reprodukčního období 40 mg manganu na kilogram sušiny (Reis et al., 2014).

3.2.4 Zinek – Zn

Doplnění živočišné stravy vysoce biologicky dostupným zdrojem zinku je důležité pro maximalizaci užitkovosti zvířat. Zinek se nejvíce nachází ve svalech, játrech, mléčné žláze a kostech (Shaeffer et al., 2017).

Zinek má důležité funkce v reprodukčních procesech savců a jeho nedostatek může vést k poruchám reprodukce. Dále se nedostatek projevuje i problémy s paznehty nebo zvýšením somatických buněk v mléce (Galarza et al., 2020).

Tento prvek také ovlivňuje metabolismus sacharidů nebo bílkovin, reguluje imunitní systém a je součástí inzulinu. V kostech se účastní osifikace (Jelínek et al., 2003).

Je dobře zdokumentováno, že metabolismus zinku je homeostaticky řízen změnami v absorpci a endogenním vylučování. Resorpce zinku probíhá v tenkém střevě. Když je příjem zinku nízký, účinnost absorpce a zadržování zinku se zvýší. Pokud je zinek přiváděn v koncentracích výrazně nad požadavky, absorpce zinku je snížena a endogenní vylučování zinku je zvýšeno. Tyto děje probíhají ve snaze udržet koncentraci zinku v tkáních. Nadbytek vápníku v krmné dávce snižuje využití zinku z krmné dávky (Shaeffer et al., 2017).

Aktuální doporučení Národní výzkumné rady hovězího masa pro koncentraci zinku je 30 mg/kg sušiny. Nejnovější průzkum však uvedl, že odborníci na výživu udávají rozmezí 34 a 130 mg/kg sušiny zinku s průměrem 87,3 mg/kg, zatímco Evropská unie omezuje doplňování zinku na 120 mg/kg sušiny (Brodway et al., 2021).

Skot je krmen zvýšenými koncentracemi zinku pro podporu růstu. Potenciální mechanismy účinku tohoto prvku na podporu růstu jsou přičítány jejich antimikrobiálními aktivitám podobným antibiotikům v tom, že střevní mikrobiální flóra je pozměněna tak, aby se snížily ztráty fermentace živin a potlačily střevní patogeny. Zinek krmený ve zvýšených koncentracích může třídit bakterie, které jsou odolné nejen vůči těžkým kovům, ale také vůči antibiotikům (Jacob et al., 2010).

Nejvhodnějším zdrojem jsou organické formy zinku, ale také zink-metionin. Nejlevnějším zdrojem zinku v krmivech je oxid zinečnatý (Zahrádková et al., 2009).

3.3 Stopové prvky

Stopové prvky jsou v tkáních organismu obsaženy pouze v malém množství. Poskytnutí všech živin ke splnění požadavků hovězího dobytka je zásadní pro

maximální růst a výkon. Nedostatečné zásoby stopových prvků negativně ovlivňují zdraví. Existuje několik způsobů doplnění stopových prvků. Mají anorganické i organické formy a dle míry absorpce mohou mít různé reakce na produkci a zdraví zvířat (Lee at al., 2020).

Píce sama o sobě často neposkytuje dostatek stopových minerálů, které by splňovaly potřeby skotu (Willmore et al., 2021).

3.3.1 Kobalt – Co

Kobalt je důležitý stopový prvek ve stravě přežvýkavců, jelikož je využíván bachorovými mikroorganismy k syntéze vitamínu B12 (Silva et al., 2020).

V metabolismu savců je vitamin B12 nezbytnou součástí dvou enzymatických systémů zapojených do více metabolických reakcí. Patří sem metabolismus sacharidů, lipidů a některých aminokyselin (Gonzales-Montana et al., 2020).

Adenosylkobalamin ovlivňuje syntézu glukózy z propionátu, který je nutné přeměnit na glukózu pomocí sukcinátu v játrech. Tento proces je závislý na enzymu, který potřebuje vitamin B12. Nedostatek tohoto enzymu vede ke zvýšení kyseliny methylmalonové v moči a následnému nechutenství (Tucker and Taylor-Pickard, 2005).

Tyto koenzymy jsou nezbytné pro získání energie prostřednictvím bachorového metabolismu. Kobalt je také zásadní pro syntézu erytrocytů a udržování nervového systému. Prvními příznaky nedostatku kobaltu je ztráta hmotnosti a snížení rychlosti růstu, následně dochází ke ztučnění jater a bledosti sliznic. Požadavky pro skot na kobalt jsou okolo 0,11 mg/kg sušiny v krmivech. Nynější doporučení však hovoří o dodávání 0,20 mg/kg sušiny, což podle všeho zvyšuje produkci (Gonzalez-Montana et al., 2020; Tucker and Taylor-Pickard, 2005; Silva et al., 2020).

3.3.2 Jód – I

Jód je nezbytný stopový prvek přítomný hlavně v hormonech štítné žlázy, které ovlivňují vývoj plodu, imunitu a reprodukci (Leberon et al., 2006).

Jód je esenciální složkou hormonů tyroxin (T4) a trijodtyronin (T3) produkovanými štítnou žlázou (Tucker a Taylor-Pickard, 2005).

Hormony štítné žlázy hrají zásadní roli v diferenciaci, růstu, metabolismu a fyziologické funkci prakticky všech tkání. Hlavní vliv mají na spotřebu kyslíku

a rychlost metabolismu. Studie naznačují, že hormony štítné žlázy mají důležitou roli v rozvoji a funkci kardiovaskulárního, nervového, imunitního a reprodukčního systému (Klimiene et al., 2008).

U dospělého skotu je denní potřeba jódu pro syntézu hormonů štítné žlázy přibližně 10 mg, tj. 0,016 mg/kg tělesné hmotnosti (Paulikova et al., 2002).

Jód je dodáván v dávce především ve formě anorganických jodidů, elementárního jódu a organických jodidů. Nedostatek jódu se projevuje hypofunkcí a zvětšením štítné žlázy (struma), poruchami reprodukce, poklesem laktace a malou životností telat. Účinky nedostatku jódu může zhoršit nedostatek selenu (Leberon et al., 2006).

Půda a následně rostliny jsou primárními zdroji jódu. Protože je koncentrace jódu v půdách ve střední Evropě relativně nízká, krmiva nemohou zvířatům zajistit dostatečný příjem (Paulikova et al., 2002).

Některé rostliny a přísady mohou omezovat absorpci jódu a mají strumigenní účinek (Leberon et al., 2006).

Nadbytek jódu u skotu se projevuje přetrvávajícím kašlem, hypertermií, nazookulárním výtokem, snížením reprodukčních schopností, nechutenstvím, depresí, dermatitidou, alopecií a v některých případech i smrtí (Paulikova et al., 2002).

3.3.3 Selen – Se

Selen je obsažen v těle v játrech, pankreatu, žlázách s vnitřní sekrecí, mozku, srdci a slezině (Tucker and Taylor-Pickard, 2005).

Fyziologický požadavek selenu je nízký, ale pokud není splněn, je narušen antioxidační systém se škodlivými důsledky pro zdraví zvířat. Antioxidanty jsou velmi často závislé na minerálech (Mehdi and Dufrasne, 2016).

Selen je spolu s vitamínem E významný antioxidant. Tyto dvě látky jsou na sobě vzájemně závislé. Strava s nízkým obsahem vitamínu E může zvýšit množství selenu nezbytného k prevenci určitých anomálií (Tucker and Taylor-Pickard, 2005).

Nedostatek selenu by mohl být částečně kompenzován adekvátním příjmem vitamínu E a naopak. Nedostatek selenu a vitamínu E může mít za následek poruchu metabolismu štítné žlázy, což může způsobit snížení rychlosti růstu, snížení plodnosti a pokles odolnosti vůči některým chorobám (Mehdi and Dufrasne, 2016).

U telat vede nedostatek selenu a vitamínu E k nutriční svalové dystrofii, která zahrnuje hyalinní degeneraci svalových vláken a přispívá k poruchám pohyblivosti (Zarczynska et al., 2019).

Vzhledem k tomu, že je selen přenášen placentou k plodu, je velmi důležitý adekvátní přísun selenu kravám v období nitroděložního vývoje telat (Pavlatá et al., 2003).

Suplementace selenu může snížit výskyt metritidy a ovariálních cyst v poporodním období. Zvýšení plodnosti při přidání selenu je přičítáno snížení embryonální smrti během prvního měsíce březosti. Nutriční požadavek selenu se u dospělého skotu a telat odhaduje na 100 µg/kg sušiny (Mehdi and Dufrasne, 2016).

Hlavní zdroje selenu pro zvířata existují dva. Přírodní zdroj je ve formě různých selenoaminokyselin, jako jsou selenomethionin a selenocystein, existuje ale i možnost využití anorganického selenu. Nadměrné doplňování selenu je pro skot negativní, může vést k toxicitě a akutní otravě, což se projevuje těžkými poruchami centrálního nervového systému (Tucker and Taylor-Pickard, 2005).

3.3.4 Chrom – Cr

Chrom funguje v trojmocné formě a zvyšuje citlivost na inzulín. Účastní se procesů závislých na inzulínu (Spears, 2010).

Trojmocný chrom je životně důležitý a základní prvek pro zvířata. Účastní se regulace výměny uhlohydrátů, lipidů a bílkovin v organismu zvířat. Aktivuje enzymy, stabilizuje bílkoviny a nukleové kyseliny, podporuje růst a regeneraci tkání, zlepšuje imunitu a ovlivňuje procesy tvorby krve (Iskra et al., 2016).

Požadavky na chrom jsou nízké a obecně se předpokládalo, že praktické diety pro hospodářská zvířata obsahují dostatek chromu, aby splňovaly požadavky zvířat (Spears, 2010).

Nedostatečný příjem chromu se projevuje metabolickými poruchami, jejichž příznaky jsou podobné těm, které byly pozorovány u diabetu a kardiovaskulárních chorob lidí (Iskra et al., 2016).

Za posledních 15 let však výzkum naznačil, že strava skotu často může obsahovat nedostatečné množství biologicky dostupného chromu, aby se maximalizovala produktivita zvířat (Spears, 2010).

U zvířat bylo zjištěno, že chrom zvyšuje tělesnou hmotnost bez tuku, zlepšuje reprodukční parametry, růst, účinnost konverze krmiva, zvyšuje imunitu a snižuje úmrtnost (Zarczynska and Krzebietke, 2020).

Navzdory mnoha experimentům a klinickým testům prováděným na zvířatech nebyly mechanismy, které jsou základem aktivity a toxicity chromu, a faktory, jež

ovlivňují účinnost doplňků chromu, plně objasněny. V posledních letech se chrom ukázal jako jeden z nejkontroverznějších přechodných kovů, které jsou nezbytné pro zdraví přežvýkavců. Vzhledem k neprůkazným výsledkům studií zkoumajících toxicitu trojmocného chromu a jeho interakce s jinými prvky mohou doplňkové přípravky chromu představovat zdravotní rizika a měly by být podávány s maximální opatrností (Zarczynska and Krzebietke, 2020).

3.4 Metabolismus minerálních látek

Metabolismus znamená přeměnu látek, která je základním projevem života. Přijaté látky organismus využívá na výstavbu těla, k zajištění vnitřního prostředí, energetických dějů a rozmnožování. Aby metabolické děje mohly probíhat, musí se přijaté látky neustále přeměňovat. Přeměnou látek myslíme chemické děje, které řídí enzymové procesy (Pospíšilová a Černeka, 2003).

3.4.1 Metabolismus sodíku a draslíku

Sodné a draselné kationty významně přispívají k čerpacím mechanismům buněk, osmotické rovnováze, acidobazické rovnováze a funkci ledvin v systému zvířecího těla. Například pumpování Na^+ a K^+ buňkami se často používá k ilustraci potenciální role těchto silných iontů v metabolických procesech. Tento mechanismus vyžaduje ATP a aktivně udržuje vysoké hladiny K^+ a nízké hladiny Na^+ intracelulárně. Přebytky jednoho kationtu ve vztahu k druhému by zjevně způsobily, že čerpadlo nebude fungovat správně nad optimální úrovní (Hu and Kung, 2009).

Výměna tří iontů sodíku a dvou iontů draslíku probíhá přes cytoplazmatickou membránu během každého cyklu hydrolýzy jedné molekuly ATP a Na^+/K^+ . Enzym ATPáza tím vytváří koncentrační gradient pro sodík a draslík, což je životně důležité pro živočišné buňky. V klidu tato pumpa spotřebuje 20 až 30 % veškerého ATP v buňce (Morth et al., 2007).

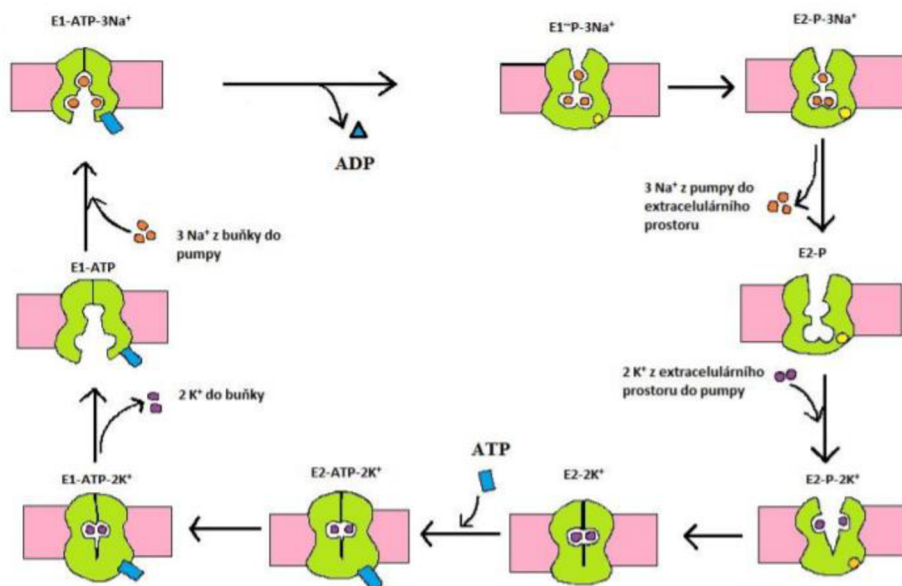
Ačkoliv Mg^{2+} není transportován přes cytoplazmatickou membránu, musí být v cytoplazmě přítomen jako esenciální kofaktor, aby se tyto děje mohly odehrávat (Gryčová et al., 2009).

Základní a důležitý fyziologický význam sodno-draselné pumpy je, že se podílí na tvorbě klidového membránového potenciálu, který je příčinou rozdílných

elektrických potenciálů mezi oběma povrchy membrán. Tento potenciál působí na každou molekulu, jež nese elektrický náboj (Lu and Hilgemann, 2017).

Další funkcí sodno-draselné pumpy je napomáhání udržení osmotické rovnováhy v buňce. Plazmatická membrána je propustná pro vodu. Když se koncentrace rozpuštěných látek liší, voda má snahu pronikat do míst o vyšší koncentraci tak dlouho, dokud se koncentrace nevyrovnají. Tomuto pohybu se říká osmóza. Velikost síly, která má vliv na pohyb vody, je rovna rozdílu v tlaku vody a nazývá se osmotický tlak (Lu and Hilgemann, 2017).

Sebemenší poškození funkce sodno-draselné pumpy může mít za následek ovlivnění její funkce, poškození celé buňky a posléze i celého organismu. Na správném fungování je závislé správné fungování membránového potenciálu, osmotická rovnováha a sekundární transport. Nefungování těchto procesů může zapříčinit různé nemoci (Schulpis et al., 2006).



Obrázek 3.1: Schematické znázornění Na⁺/ K⁺ a enzymu ATPázy (Castillo et al., 2011)

3.4.2 Metabolismus fosforu a vápníku

Ve srovnání s monogastriickými zvířaty vykazují přežvýkavci některé zvláštnosti, pokud jde o regulaci minerální homeostázy. To lze považovat za koordinovanou souhru mezi gastrointestinální absorpcí, exkrecí a mobilizací kostí za účelem udržení

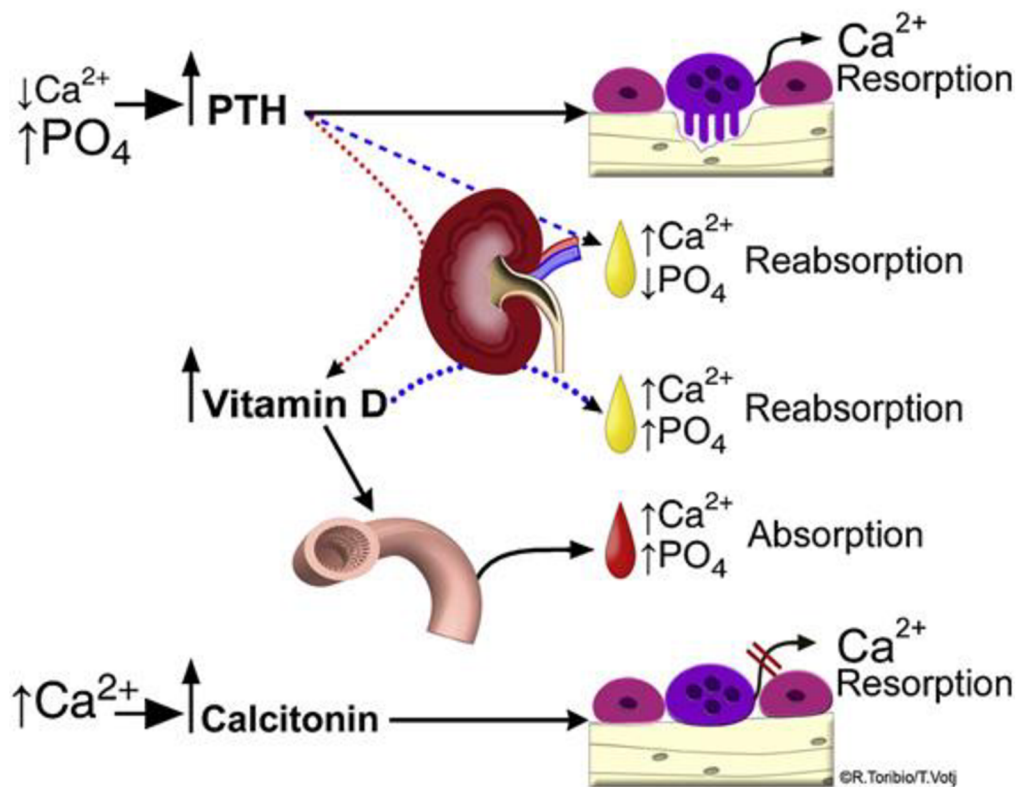
fyziologických koncentrací vápníku a fosfátů v krvi (Wilkins and Muscher-Banse, 2020).

Vápník z extracelulární tekutiny přechází hlavně do kostí, kde je součástí kostního minerálu. Výměna mezi kostní tkání a extracelulární tekutinou pomáhá vyrovnat obsah vápníku. Na jeho vylučování se podílí střevo a ledviny. Hladina vápníku v krvi je regulována parathormonem, kalcitriolem a kalcitoninem (Veum, 2010).

Koncentrace vápníku je řízena ledvinami, kostmi, gastrointestinálním traktem a také pomocí hormonů. Regulátorem zvyšujícím hladinu vápníku v krvi je parathormon a vitamin D. Snižujícím regulátorem je kalcitonin (Wilkins and Muscher-Banse, 2020).

Parathormon je produkován příštítnými tělísky. Patří mezi endokrinní regulátory kalciumfosfátového metabolismu společně s kalcitriolem a kalcitoninem. Hlavní význam parathormonu spočívá ve významu na homeostázu vápníku, jelikož reguluje množství vápníku v plazmě. U hypokalcémie dochází ke zvýšení sekrece parathormonu. Při hyperkalcémii je sekrece parathormonu snížena. Parathormon podporuje uvolňování vápníku a fosforu z kostí a zvyšuje zpětnou resorpci. Vitamin D zvyšuje absorpci vápníku ve střevu. Při nedostatečném přísunu zvyšuje jejich resorpci z kostí (Veum, 2010).

Kalcitriol je hlavní metabolit vitaminu D. Zvyšuje absorpci vápníku a fosfátu. Jeho hlavním úkolem je mineralizace kostí. Podporuje ukládání vápníku a fosforu do kostí, jelikož zvyšuje resorpci ve střevě i ledvinách. Kalcitonin je antagonist parathormonu v regulaci vápníku v krvi. Jeho působením na ledviny a kosti dochází ke snížení hladiny vápníku a fosfátů v krvi. Resorpce vápníku se uskutečňuje díky elektrickému gradientu, na jehož tvorbě se podílí sodno-draselná pumpa (Theobald, 2005).



Obrázek 3.1: Metabolismus fosforu a vápníku (Ramiro, 2011)

3.4.3 Metabolismus hořčíku

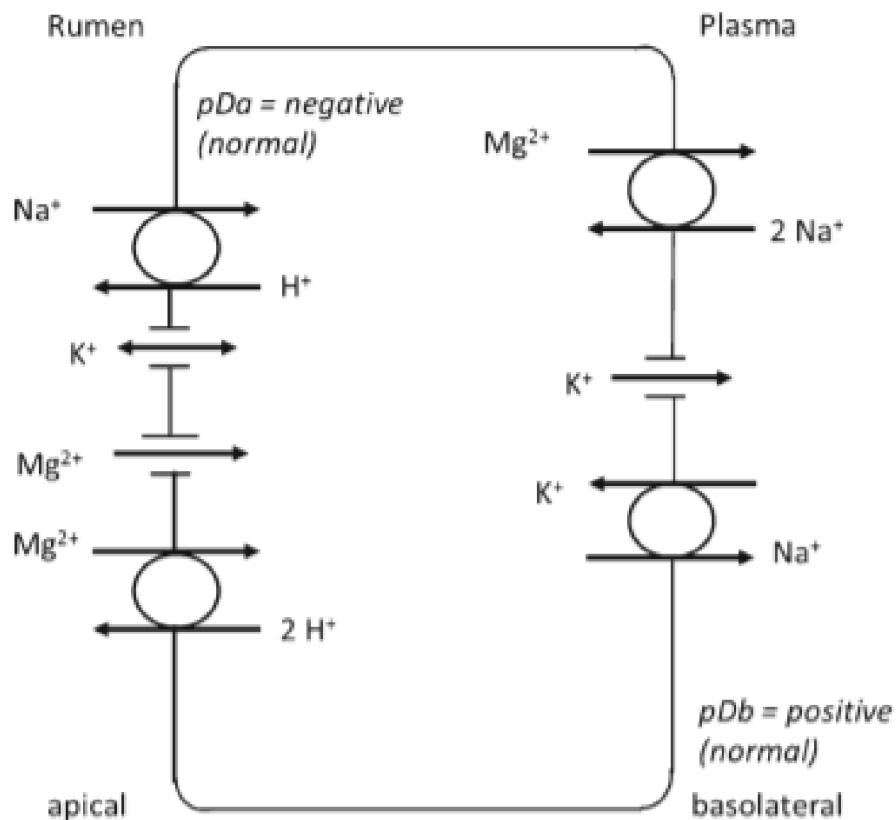
Hořčík je druhým nejhojnějším intracelulárním kationtem a čtvrtým nejhojnějším kationtem v těle. Hraje zásadní fyziologickou roli v mnoha funkcích těla. Této role je dosaženo dvěma důležitými vlastnostmi hořčíku. Má schopnost tvořit cheláty s důležitými intracelulárními aniontovými ligandy (zejména s ATP) a soutěžit s vápníkem o vazebná místa na proteinech a membránách. Hořčík je nezbytný pro syntézu nukleových kyselin a proteinů, pro intermediární metabolismus a pro specifické účinky v různých orgánech, jako je nervosvalový a kardiovaskulární systém (Swaminathan, 2003).

Na hořčíku je závislých více než 300 enzymů. Ovlivňuje aktivitu enzymů vazbou na ATP v enzymech, které ho vyžadují. Tohoto docílí vazbou na aktivní místo enzymu (např. enoláza, pyruvátkináza, pyrofosfatáza) způsobující konformační změnu během katalytického procesu – například Na^+/K^+ -ATPáza. Tím, že hořčík soutěží s vápníkem o vazebná místa na membráně a stimuluje propustnost vápníku sarkoplazmatickým retikulem, pomáhá udržovat nízkou klidovou intracelulární koncentraci volných vápníkových iontů. Toto je důležité pro mnoho buněčných funkcí. Elektrické

vlastnosti membrán a charakteristiky jejich propustnosti jsou také ovlivněny hořčíkem (Swaminathan, 2003).

Proces zachytávání hořčíku bachorovými buňkami epitelu se skládá z K senzitivní a K necitlivé transportní složky zprostředkované nosičem. Příjem hořčíku závisí na koncentraci draslíku. Při vysoké koncentraci draslíku v bachoru je pozorovaný pokles v absorpci hořčíku (Schonewille, 2013).

Hořčík vstupuje v nefronu přes přechodný kanál s potenciálem receptoru a je regulován epidermálním růstovým faktorem. Reabsorpce hořčíku je řízena potenciálem membrány indukovaným napětově řízeným draslíkovým kanálem. Na^+/K^+ -ATPáza je sodíková pumpa, která generuje sodíkový gradient používaný kotransportérem chloridu sodného pro reabsorpci sodíku. Draslík je dodáván do Na^+/K^+ -ATPázy a reguluje funkci sodíkové pumpy (Hoorn and Zietse, 2013).

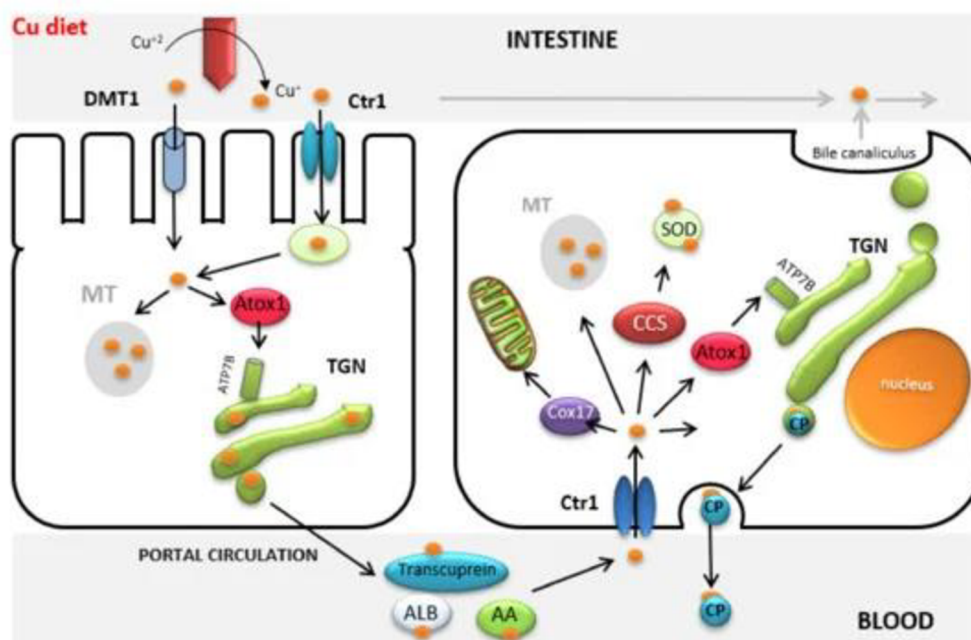


Obrázek 3.2: Metabolismus hořčíku (Schonewille, 2013)

3.4.4 Metabolismus mědi

První fáze absorpce mědi ve střevě spočívá v redukci mědi do enterocytu. Přibližně 70 % mědi je zachytáváno ve střevních buňkách specifickým přenašečem mědi. Zbytek mědi je pohlcen nespecifickým přenašečem. V enterocytech se měděné proteiny vážou a transportují měď do jiných specifických proteinů nebo ji začleňují do enzymů. Pokud je měď přítomná nad požadavky organismu, vstupuje do sekreční dráhy, aby se navázala na metalothionein, a je uložena v lysozomech, které chrání buňku před volnou mědí. Po vyloučení mědi z erytrocytů je měď vázána na specifický nosič v plazmě a albumin, aby byla transportována do jater (Lopez-Alonso and Miranda, 2020).

Játra hrají zásadní roli v metabolismu mědi, ve kterém homeostáza reguluje sekreci mědi ve žluči. Jakmile měď vstoupí do hepatocytu, je redukována a transportována v buňce stejným přenašečem mědi jako v enterocytu. Dále je transportována měď do cytosolu a mitochondrie, zatímco jiný přenašeč transportuje měď do Golgiho aparátu, aby byla začleněna do ceruloplasminu, než se vrátí do oběhu pro distribuci do jiných tkání. Ceruloplasmin je enzym, který převládá při přenášení mědi v krvi a po syntéze v játrech je zodpovědný za distribuci mědi do tkání. Když se však měď vrátí do jater, celá molekula je metabolizována a je vylučována žlučí. Stejně jako ve střevě je měď nakonec v přebytku k potřebě vázána na metalothionein, vstupuje do sekreční dráhy z Golgiho aparátu a je uložena v lysozomu, čímž chrání buňku před volnou buněčnou mědí (Lopez-Alonso and Miranda, 2020).



Obrázek 3.3: Metabolismus mědi (Lopez-Alonso and Miranda, 2020)

3.5 Aplikace minerálních látek do krmné dávky

Ekologické podmínky výroby píce a agrotechnika pro pěstování krmných zdrojů mají velký vliv na vlastnosti v chemickém složení a nutriční hodnotě místních krmiv, určují jejich výnos a ekonomickou stránku produkce. Pro určení potřeby krmení minerály musíme vědět, které minerální prvky jsou obsaženy v krmivu v nedostatečném množství, ale také které jsou v nadbytku (Tueva et al., 2020).

Organické mikroprvky a stopové minerální látky se liší od anorganických zdrojů. Odlišnost vzniká kvůli jejich chemické asociaci. Tyto prvky se obvykle vyskytují jako anorganické soli. Organické minerální prvky dle výzkumů mohou mít větší biologickou dostupnost ve srovnání s anorganickými. U kovových chelátů nebo komplexů, které tvoří organicky vázaný minerál, se předpokládá, že jsou stabilní v trávicím traktu a chrání kov před vytvářením komplexů s jinými složkami potravy, které by inhibovaly absorpci. Dle předpokladů umožňují větší absorpci minerálů. Využitelnost těchto anorganických forem stopových prvků je velmi nízká. Aby zvíře využívalo anorganické minerální prvky, musí je nejprve biologicky přeměnit na organické aktivní formy, jelikož stopové prvky fungují v těle výhradně jako organické (Harvey et al. 2021).

Nejběžnější způsob poskytování doplňkových minerálů jsou směsi minerálních látek. Směsi makroprvků se označují jako minerální krmné směsi a směsi mikroprvků jsou označovány jako minerální premixy. Minerální premixy bývají často součástí minerálních krmných směsí. Dávkují se přímo na objemové krmivo nebo se podávají ve směsích (Arthington and Ranches, 2021).

Pasoucím se skotu se míchají doplňkové minerály s kuchyňskou solí, toto označujeme jako minerální lizy. Tento systém je založen na předpokladu, že skot má přirozenou moudrost, která je nutí vyhledávat a konzumovat minerální liz na úrovni, jež odpovídá jeho požadavku pro minerál. Úspěch dobrovolného suplementačního systému na bázi soli je založen na konceptu, že dobytek přirozeně hledá sůl. Je proto nezbytné, aby doplňkové minerály byly smíchány přímo v soli, nikoli odděleny. Tento systém dodávání minerálních látek není bez komplikací, ale je ovlivněn mnoha faktory. Pokud je v píci nadbytek nějakého prvku, může se skot vyhybat minerálnímu doplňku. U pasoucích se krav se uvádí rozsah příjmu 0 g až 974 g na den, u telat je to od 0 g do 181 g na den. Minerální lizy obohacené o melasu jsou chutnější, díky tomu se zde vykazuje lepší přijatelnost minerálního lizu skotem (Arthington and Ranches, 2021).

Intravenózní zdroje stopových minerálů jsou k dispozici již několik desetiletí, zejména pro aplikace mědi a selenu. V příkladu mědi jsou zde sklony k vytváření reakcí v místě vpichu. V poslední době existují víceprvkové injekce obsahující kombinace mědi, zinku a manganu vázaného se seleničitanem sodným. Bylo také prokázáno, že intravenózní podávání mikroprvků a stopových minerálů zlepšuje reprodukční výkon mezi pasoucím se masným dobytkem (Willmore et al., 2021).

Nejllepší metodou, jak zajistit příjem doplňkových stopových minerálů, je obohacování energetických a proteinových doplňků. Jejich využitelnost je několikanásobně vyšší. Zde je použita organická forma, kdy jsou stopové prvky vázány na aminokyseliny a peptidy – jedná se o proteináty stopových prvků (Arthington and Ranches, 2021).

3.6 Potřeba minerálních látek ve výživě dospělého skotu

U chovného skotu a skotu na výkrm je v popředí zájmu zásobení vápníkem, fosforem, sodíkem, hořčíkem, železem, kobaltem, mědí, manganem, zinkem, jódem a selenem (Jeroch, 2006).

Tabulka 3.1: Minerální potřeba pro dospělý skot dle NRC (Anrington and Ranches, 2021)

Minerální prvek	Optimální požadavek
Selen	0,10 mg/kg sušiny
Kobalt	0,15 mg/kg sušiny
Měď	10 mg/kg sušiny
Jód	0,50 mg/kg sušiny
Železo	50 mg/kg sušiny
Mangan	40 mg/kg sušiny
Zinek	30 mg/kg sušiny

Odhadované potřeby vápníku byly vypočteny podle přidání dostupného vápníku potřebného pro údržbu, růst, březost, laktaci a korekci procenta absorbovaného vápníku z potravy. Potřeba vápníku pro dospělý skot byla vypočtena na 15,4 mg Ca/kg tělesné hmotnosti. Obsah vápníku v píci je ovlivněn druhem, zralostí, obsahem vápníku v půdě, ale i klimatem. Pícniny jsou obecně dobrým zdrojem vápníku, ale luštěniny ho obsahují ještě více. Obilná zrna mají malý obsah vápníku, takže vysoce obilná strava vyžaduje doplňování. Mezi zdroje doplňkového vápníku patří uhličitán vápenatý, mletý vápenec, kostní moučka, fosforečnan vápenatý, defluorovaný fosforečnan a síran vápenatý (National Research Council, 2000).

Pro pasoucí se přežvýkavce je vápník obecně dostačující v píci. Fosforu v těchto krmivech však může být nedostatek. Luštěniny obsahují vyšší hladiny vápníku, proto je třeba v těchto případech fosfor doplňovat. Obecně je požadavek dospělého skotu na fosfor 16 mg/kg tělesné hmotnosti. Při zkrmování obilných zrn, které mají mnohem vyšší obsah fosforu než vápníku, se musí vápník dodávat, aby byl zachován správný poměr (Ward and Lardy, 2005).

V krmné dávce skotu musí být vápník ve správném poměru k fosforu 1,5:1 až 2:1 (Suchý et al., 2011).

Požadavky na sodík u masného skotu nepřekračují 0,06 až 0,08 %. Studie s masným skotem spásajícím píci obsahující od 0,012 do 0,055 % sodíku a poskytováním soli *ad libitum* ukázala, že nebyla ovlivněna hmotnost telat při odstavu ani hmotnost krávy (National Research Council, 2000).

V průměru by skot měl spotřebovat 11 až 15 gramů soli na den, aby byly splněny nutriční požadavky (Ward and Lardy, 2005).

Sodíku je běžně ve stravě nedostatek, ale hladiny chloru jsou obvykle dostatečné. Oba minerály jsou přítomny v měkkých tkáních a tekutinách. Zde je velmi malé úložiště těchto prvků, takže konstantní příjem je velmi důležitý. Dobytek dobrovolně konzumuje více soli, když je píce mladá a šťavnatá, než když dozrává. Skot krmený siláží spotřebuje více soli než skot krmený senem (Steward, 2020).

Měď funguje ve spojení s molybdenem i s anorganickou sírou a vytváří několik důležitých enzymů. V důsledku toho je rovnováha mezi mědí a molybdenem důležitá. Měď a kobalt musí být v poměru 2:1 nebo 4:1 (Ward and Lardy, 2005).

3.6.1 Minerální látky ve výživě býků

U býků je důležité zásobení z hlediska výkrmu, ale i reprodukce. Reprodukční výkonnost zvířat je odrazem mnoha faktorů – ať už genetiky, výživy, managementu nebo prostředí (Parakash Pal et al., 2017).

Potřeba vápníku ve výkrmu skotu vzrůstá s hmotností zvířat od 20 g do 25 g vápníku na den, u fosforu od 18 g do 27 g na den. Dostatečné množství vápníku je 0,5 až 0,8 % a fosforu 0,25–0,40 % sušiny krmné dávky (Suchý et al., 2011).

Zinek hraje důležitou roli v reprodukci u plemenných býků, jelikož je na zinku závislá syntéza testosteronu. Nedostatek zinku snižuje vývoj varlat, snižuje produkci i kvalitu spermií a snižuje libido. $ZnSO_4$ a Zn propionát ve stravě býků zlepšuje sperma z hlediska kvalitativního, ale i kvantitativního (Parakash Pal et al., 2017).

Přiměřená suplementace krmiva selenem hraje klíčovou roli při snižování rizika imunodeficiency, zachování užitkovosti zvířat a zachování kvality masa u skotu na výkrm. Selen je nejčastěji doplňován v anorganické formě, ale i ve formě organické. Další formou je selenomethionin, jehož výhodou je oproti organickým zdrojům to, že je metabolizován jako složka methioninu, to vede k většímu zásobení selenem, což je velmi významné pro maso (Grossi et al., 2021).

Dalším důležitým prvkem u masných býků je měď. Tento prvek se podílí na ochraně spermií před volnými radikály. Nedostatek mědi vede ke snížení libida, nižší kvalitě spermatu a poškození tkáně varlat, což může způsobit neplodnost u býků. Ideální poměry zinku a mědi jsou 4:1, mědi a molybdenu 6:1 a železa a mědi 40:1. Správná suplementace a poměry jednotlivých prvků jsou velmi důležité pro reprodukci a kvalitu masa (Parakash Pal et al., 2017).

Požadavky hořčíku na výkrm skotu a chov jsou 0,45 g/kg živé hmotnosti (National Research Council, 2000).

Suplementace chromem je indikována zejména u zvířat vystavených zátěži. Dle provedených studií chrom zlepšuje kvalitu jatečně upravených těl zvýšením masitosti a snížením obsahu tuku, dále zvyšuje účinnost využití krmiva skotem (Pechová et al., 2002).

3.6.2 Minerální látky ve výživě jalovic a krav

Minerální stav matky ovlivňuje nejen její zdraví, ale i zdraví potomků. Oocyt i embryo jsou náchylné ke změnám minerálního stavu matky, tato náchylnost je zachována po celou dobu vývoje plodu. Dochází k tomu pomocí placentárního přenosu živin do systému jedince. Minerální stav matky ovlivňuje zdraví potomků prostřednictvím mleziva a mléka. Pro doplňování stopových prvků je důležité znát minerální status zvířat před doplňováním. U skotu je často snížena reprodukční výkonnost při sníženém příjmu mědi, kobaltu, manganu a zinku (Van Emon et al., 2020).

Výzkumy ukazují, že suplementace v březosti organickými komplexy nebo anorganickými zdroji kobaltu, mědi, manganu a zinku měla na potomstvo kladný vliv. Telata po narození měla snížený výskyt respiračních onemocnění a byla o 20 kg těžší od odstavení do porážky ve srovnání s telaty, jejichž matky doplňky nedostávaly (Harvey et al., 2021).

Vápník je u skotu nejdůležitější v poporodním období, jelikož dochází k jeho enormní spotřebě kvůli laktaci. Důležité je dodržet poměr vápníku a fosforu 2:1 (Suchý et al., 2011).

Potřeba vápníku pro laktaci byla vypočtena na 1,23 g Ca/kg mléka. Obsah vápníku pro výživu plodu byl vypočten na 13,7 g Ca/kg hmotnosti plodu. Tento požadavek byl distribuován během posledních 3 měsíců březosti (National Research Council, 2000).

Suplementace selenem může snížit výskyt metritidy a ovariálních cyst v poporodním období (Mehdi and Dufrasne, 2016).

Výzkumy naznačují, že matka odsouvá měď na podporu vývoje plodu a sama má poté nedostatek tohoto prvku. Požadavky plodu na minerály mají přednost před požadavky matek po celou dobu březosti (Harvey et al., 2020).

Při doplňování organických komplexních stopových prvků se zlepšila reprodukční výkonnost u skotu, došlo ke zkrácení intervalu do první říje, zlepšení průběhu březosti a imunity. Organická suplementace mědí, manganem a zinkem během pozdní březosti zlepšuje koncentrace imunoglobulinů v mlezivu, díky tomu dochází ke zlepšené imunitě i u telat (Harvey et al., 2021).

Požadavky na hořčík v laktaci jsou 0,12 g/kg mléka a v březosti 0,12 g na den pro časně březí, 0,21 g na den v polovině březosti a 0,33 g na den v pozdní březosti (National Research Council, 2000).

3.7 Minerální látky ve výživě telat

U telat je velmi důležité zásobení vápníkem, fosforem, hořčíkem, sodíkem, železem, kobaltem, mědí, manganem, zinkem, jódem a selenem (Suchý et al., 2011).

Kvalita a množství mleziva má významný vliv na zdraví telat bezprostředně po otelení a připravuje imunitní systém na růst a produkci. Kvalita kolostra je ovlivněna několika faktory, jako je genetik, věk, plemeno a výživa. Největší vliv na kvalitu kolostra má, když je kravám podávána v krmné dávce nekvalitní píče bez doplňkového krmiva. Pro telata je důležité, aby se napila kolostra co nejdříve, jelikož do šesti hodin po porodu je v kolostru nejvíce minerálních látek (Van Emon et al., 2020).

Tabulka 3.2: Potřeba makroprvků pro telata g/kus/den (Jeroch et al., 2006)

Věk (měsíce)	Živá hmotnost (kg/kus)	Ca [g]	P [g]	Mg [g]	Na [g]
1	60	10	6	1,5	1,5
2	80	14	8	2,2	2,2
3	100	18	10	2,9	2,9
4	125	22	12	3,6	3,6
5	150	24	13	3,9	3,9

Tabulka 3.3: Potřeba stopových prvků pro telata na 1 kg krmné sušiny (Jeroch et al., 2006)

Mikroprvky a stopové prvky	Koncentrace [mg] na 1 kg krmné sušiny
Železo	50
Kobalt	0,20
Měď	10
Mangan	40 až 50
Zinek	40 až 50
Jód	0,25
Selen	0,15

Jak bylo dříve pozorováno, telata preferují příjem zdroje hydroxychloridu obohaceného zdroji mědi, zinku a manganu ve srovnání s doplňky obohacenými pouze organickými a sulfátovými zdroji stejných minerálů. Větší rozpustnost sulfátů a organických zdrojů by mohla mít za následek kovovou chuť, což může snižovat příjem krmiva u telat. Studie naznačují, že telata od narození do odstavu mohou mít vyšší požadavky na měď a selen (Ranches et al., 2021).

U přežvýkavců se přenos selenu z krávy na novorozence děje přes placentu a mléko. Přenos přes placentu je účinnější. Důvodem může být vyšší koncentrace selenu v krevním séru než v mléce. Poslední měsíce březosti krav představují kritické období pro dostupnost selenu. K přenosu selenu na plod a na tele dochází i při nedostatku selenu u krav. Krávy obětují selen, který mají k dispozici, aby byl zajištěn dostatečný příjem pro tele. Tuto situaci vysvětluje skutečnost, že hladiny selenu v ledvinách u plodu zůstávají nezměněny, zatímco u krav na konci březosti klesá (Mehdi and Dufrasne, 2016).

Při nadměrné konzumaci minerálních doplňků se sírou dochází u telat k narušení metabolismu mědi a selenu před odstavem a negativně se ovlivňuje růst. Je proto nezbytné tyto minerální látky doplňovat (Ranches et al., 2021).

U mladých telat je optimum hořčíku 12 až 15 mg/kg živé hmotnosti (National Research Council, 2000).

4 Doporučení pro praxi

S ohledem na zjištěné informace o minerálních látkách u masného skotu charolais je důležité se v chovech více zabývat minerálními prvky v krmné dávce. Je vhodné dodržovat optimální stav minerálů již od poslední třetiny gravidity. U telat je nutné nepodcenit napojení mlezivem v co nejkratším intervalu. Minerálních látek je v mlezivu nejvíce do šesti hodin po porodu. Ideální je, když se tele napije mleziva do dvou hodin po porodu a při prvním napojení přijme 1,5 až 2 litry mleziva.

V březosti je dobré se zabývat především stavem kobaltu, mědi, manganu a zinku. Tyto minerály mají vliv na reprodukční výkonnost, říjí a také na samotný plod. Organická suplementace těchto prvků ukazuje zlepšení koncentrace imunoglobulinů v mlezivu, díky tomu mají telata následně lepší imunitu. U březích krav a jalovic by bylo vhodné tyto minerální prvky doplňovat minerálními premixy. Pokud toto není možné, alternativou je přístup k minerálnímu lizu s obsahem těchto prvků. V poporodním období je důležité se zaměřit na kontrolu vápníku, jelikož kvůli laktaci dochází k jeho enormní spotřebě. Zde je při doplňování důležité podávat vápník a fosfor v poměru 2:1. Vápník se doplňuje nejčastěji v minerálních krmných směsích.

U plemenných býků jsou důležitými minerálními prvky zinek a měď. Zinek ovlivňuje syntézu testosteronu a má vliv na kvalitu, ale i množství spermií. Podáváním zinku se mohou zlepšit reprodukční schopnosti býka. Zinek se u býků nejčastěji podává formou $ZnSO_4$ v minerálních premixech nebo v minerálních lizech. Měď se podílí na ochraně spermií před volnými radikály a má také vliv na kvalitu spermií. Ideální poměry zinku a mědi jsou 4:1, mědi a molybdenu 6:1 a železa a mědi 40:1.

U skotu na výkrm je vhodné dbát na minerální prvky všeobecně, jelikož ovlivňují nutriční hodnotu masa pro lidskou spotřebu. Pro správný růst a vývin by doporučením bylo zaměřit se na vápník a fosfor. U cereálních diet může být nadbytek fosforu, tudíž je nutné vápník přidávat pro udržení optimálního poměru. Zajímavým minerálním prvkem je u výkrmu chrom, který dle studií vede ke zlepšení kvality jatečně upravených těl zvýšením masitosti a snížením obsahu tuku.

U všech kategorií skotu je třeba věnovat pozornost suplementaci selenem, který je v půdách nedostatkový. Selen má vliv na užitkovost zvířat, kvalitu masa, reprodukci a vývoj plodu. Nejvhodnější je doplňovat nedostatek organickým selenem. Selenmethionin by bylo vhodné zvolit u skotu na výkrm, jelikož má výhodu oproti organickým sloučeninám. Je totiž metabolizován jako složka methioninu, to vede

k lepšímu zásobení selenem, což se odráží na mase. Selen a měď jako doplňkové látky směji být využívány jen ve formě premixů s nosiči, na což je dobré si dát pozor. Přímo do směsí se mohou zpracovat jen v případě, když výrobní technologie zajišťuje homogenní zamíchání mědi a selenu v krmné směsi.

U skotu na pastvě je nejvhodnější podání minerálních látek pomocí minerálních lizů. Dle doporučení by bylo vhodné zařadit více druhů lizů, kdy si krávy dle své intuice mohou vybrat, protože je možné, že má kráva nějakého prvku nadbytek. Pokud tento prvek bude v daném minerálním lizu, skot nebude chtít liz konzumovat. Poté může dojít k deficitu ostatních minerálních prvků. U minerálních lizů je však nutné myslet na to, že ne všechna zvířata zkonzumují dostatek tohoto doplňku.

Hořčík je další prvek, kterému by se měla věnovat pozornost především u pastevního skotu. Nedostatek vede k hypomagnezémii, jež bývá často doprovázena i nedostatkem vápníku a narušením vzájemného poměru vápníku a hořčíku (včetně zastoupení dalších prvků – zejména sodíku a draslíku). Objevuje se nejčastěji po zahájení pastvy, kdy je málo hořčíku ve srovnání se zimním krměním. Několik dní před zahájením pastevního období je vhodné dávky hořčíku zdvojnásobit. Prevencí je proto dostupnost minerálních lizů s optimálním obsahem makroprvků a mikroprvků. V oblastech, kde je nedostatek hořčíku v půdě, je vhodné tento deficit kompenzovat hnojením porostů.

U všech kategorií skotu je nezbytné se zaměřit na sodík a draslík, které jsou nepostradatelné v metabolismu. Nejlépe tyto prvky doplníme ve formě soli. V průměru by skot měl spotřebovat 11 až 15 gramů soli na den. Skot potřebuje více soli, když se krmí šťavnatou pící nebo silážemi. Skot krměný senem naopak nespotřebuje soli takové množství.

Nejvhodnější doplněním minerálních látek do krmné dávky jsou zdroje v organicky vázaných formách, ty příznivě ovlivňují využití živin, zlepšují kvalitu a kvantitu produkce skotu. Jejich využitelnost v organismu je vyšší než u anorganických solí prvků. Anorganické minerální látky nedosahují ani 15 % vstřebatelnosti. Tato skutečnost je často příčinou vzniku sekundárního deficitu minerálních prvků s negativním projevem. Jako velmi vhodným doplňkem se ukázaly minerální proteináty, což jsou organicky vázané formy minerálních látek. Doporučením by bylo zařazení doplňků ve formě chelátů. Výzkumy ukazují, že dochází ke zvýšení příjmu krmiva a vyšších přírůstků.

Potřeba minerálních látek je závislá na znalosti obsahu a využitelnosti zdrojů. Zahraniční hodnoty potřeb minerálních látek nelze automaticky přenášet i do našich podmínek. To může vést k neobjektivnímu stanovení výživové hodnoty hlavně u objemných krmiv, u který je variabilita obsahu vysoká. Kvůli tomu často dochází k nesprávnému sestavování dávek, kdy není zohledňována kvalita objemných krmiv.

Požadavky na minerální látky v krmné dávce jsou závislé na potřebě zvířete, ale i na využitelnosti minerální látky, která je z různých zdrojů rozdílná. Variabilita vyplývá z rozdílů složení půdy, klimatických podmínek, stáří porostu, úrovní agrotechniky a mnoha dalších faktorů. Při sestavování krmných dávek bych nedoporučovala se vždy spoléhat na tabulkové hodnoty obsahu minerálních živin, ale je dobré vycházet z vlastních chemických rozborů (obzvláště u objemných krmiv).

Dále je vhodné v chovech na vybraných zvířatech z dané skupiny zjistit jejich stav minerálních látek. V tomto ohledu veterinář odebere krev a dle toho můžeme posoudit dostatečnost výživy. Je možné nechat testovat nejen jedince vykazující problémy, ale i zdravé jedince. Z tohoto hlediska se může buď včas objevit deficit, nebo zjistit, že je vše v pořádku. Z výsledků skupiny zvířat můžeme vyvodit závěr, zda je výživa v chovu dostatečná.

Závěr

Plemeno charolais je jedno z nejužitečnějších masných plemen. Požadavky na minerální výživu jsou pro masnou produkci velmi důležité. Minerální látky zajišťují fyzické i psychické zdraví zvířat, proto je důležité dbát na optimální stav a přísun minerálních látek již od narození telete. Potřebný je nejen jejich dostatek, ale také správný poměr látek mezi sebou, protože některé minerální látky na sebe působí antagonisticky. Jednotlivé kategorie skotu mají vlastní požadavky na množství minerálních látek v krmivu a také se u každé kategorie nadbytek a nedostatek těchto látek projevuje jinými příznaky.

Nedostatek minerálních látek může mít za následky různé projevy onemocnění, ale velmi často jsou příznaky subklinické. Dochází k poruchám reprodukce, imunitního systému nebo nervové soustavy. Nejen nedostatek, ale také nadbytek minerálních látek má vliv na organismus. Některé látky mohou způsobovat toxicitu, jež může vést až ke smrti jedince.

Vývoj plodu ovlivňuje minerální stav matky již v období březosti, proto je nezbytné klást na tuto problematiku důraz. Matka v období březosti může trpět nedostatkem, jelikož primární je dostatek látek pro plod. Pokud ani plod nemá dostatek minerálů, může docházet k potratům nebo narození slabých telat. U narozených telat jsou první minerální látky přijaty mlezivem. Nejvíce minerálních látek se v mlezivu vyskytuje šest hodin po porodu. Neoptimálnější je napojení mlezivem do dvou hodin po porodu, díky tomu telata získají potřebnou imunitu, ale také minerální látky.

U dospívajícího skotu na výkrm minerální látky ovlivňují kvalitu masa a jeho hodnotu pro lidskou spotřebu. Správný poměr minerálů v krmné dávce zajišťuje zvýšení užitkovosti skotu.

Minerální látky se nejčastěji doplňují v minerálních krmných směsích, premixech nebo minerálních lizech. Minerální lizy jsou nejvíce užívané především pro skot na pastvinách, avšak zde není kontrola nad příjmem minerálů. V případě deficitu je také možné doplnit minerály intravenózně.

Organické formy minerálů v krmivech se ukázaly daleko přijatelnější a stravitelnější pro skot. Anorganické látky dle výzkumů ukázaly nízkou stravitelnost a horší využitelnost v krmné dávce.

Seznam použité literatury

Andersen, T. O., Kunath, J. B., Hagen, L. H., Arntzen, M., Pope, P. B. (2021) Rumen metaproteomics: Closer to linking rumen microbial function to animal productivity traits. *Methods*, 186:42-51.

Arthington, J. D., Ranches, J. (2021) Trace Mineral Nutrition of Grazing Beef Cattle. *Animals*, 11(10):2767.

Asembo, E. O., Oliech, G. O., Wambu, E. W., Waddams, K. E., Ayiekod, P. O. (2021). Dental fluorosis in ruminants and fluoride concentrations in animal feeds, faeces, and cattle milk in nakuru county, kenya. *Fluoride*, 54(2):141-155.

Bouška, J. *Chov dojeného skotu*. Praha: Profi Press, 2006. ISBN 80-86726-16-9.

Broadway, P.R., Carroll, J., Burdick Sanchez, N., Word, A., Roberts, S., Kaufman, E., Richeson, J., Brown, M., Ridenour, K. (2021) Zinc Source and Concentration Altered Physiological Responses of Beef Heifers during a Combined Viral-Bacterial Respiratory Challenge. *Animals*, 11:646.

Castillo J. P., De Giorgis D., Basilio D., Gadsby D. C., Rosenthal J. J. C., Latorre R., Holmgren M., Bezanilla F. (2011). Energy landscape of the reactions governing the Na⁺ deeply occluded state of the Na⁺/K⁺-ATPase in the giant axon of the Humboldt squid. *Biophysics and Computational Biology*, 108(51):20556-20561.

Clauss, M., Hume, I. D., Hummel, J. (2010) Evolutionary adaptations of ruminants and their potential relevance for modern production systems. *Animals*, 4(7):979-992.

Clauss, M. a Hummel, J. (2017). Physiological adaptations of ruminants and their potential relevance for production systems. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46(7):606-613.

Drewnoski, M. E., Pogge, D. J., & Hansen, S. L. (2014). High-sulfur in beef cattle diets: a review. *Journal of animal science*, 92(9):3763-3780.

Drewnoski, M. E., Richter, E. L., Hansen, S. L. (2012). Dietary sulfur concentration affects rumen hydrogen sulfide concentrations in feedlot steers during transition and finishing. *Journal of animal science*, 90(12):4478-4486.

Ehrlich, C., Codron, D., Hofmann, R. R., Hummel, J., Clauss, M. (2019). Comparative omasum anatomy in ruminants: relationships with natural diet, digestive physiology, and general considerations on allometric investigations. *Journal of morphology*, 280(2):259-277.

Fayard, D. (2013). About the art of fattening cattle in Charolais, birthplace of the Charolais breed. *Anthropozoologica*, 48(1):137-151.

Frehlich, J., et al. *Chov skotu. 1.* České Budějovice, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zemědělská fakulta, 2001. ISBN 80-7040-512-0.

Galarza, E. M., Lizarraga, R. M., Anchordoquy, J. P., Farnetano, N. A., Furnus, C. C., Fazzio, L. E., Anchordoquy, J. M. (2020). Zinc supplementation within the reference ranges for zinc status in cattle improves sperm quality without modifying in vitro fertilization performance. *Animal Reproduction Science*, 221:106595.

González-Montaña, J. R., Escalera-Valente, F., Alonso, A. J., Lomillos, J. M., Robles, R., Alonso, M. E. (2020). Relationship between vitamin B12 and cobalt metabolism in domestic ruminant: An update. *Animals*, 10(10):1855.

Grossi, S., Rossi, L., De Marco, M., Sgoifo Rossi, C. A. (2021). The Effect of Different Sources of Selenium Supplementation on the Meat Quality Traits of Young Charolaise Bulls during the Finishing Phase. *Antioxidants*, 10(4):596.

Grycova, L., Sklenovsky, P., Lansky, Z., Janovska, M., Otyepka, M., Amler, E., Kubala, M. (2009). ATP and magnesium drive conformational changes of the Na⁺/K⁺-ATPase cytoplasmic headpiece. *Biochim Biophys. Acta*, 1788(5):91-1081.

Hansen, S. L., Ashwell, M. S., Moeser, A. J., Fry, R. S., Knutson, M. D., Spears, J. W. (2010). High dietary iron reduces transporters involved in iron and manganese metabolism and increases intestinal permeability in calves. *Journal of dairy science*, 93(2):656-665.

Harvey, K. M., Cooke, R. F., Marques, R. D. S. (2021). Supplementing Trace Minerals to Beef Cows during Gestation to Enhance Productive and Health Responses of the Offspring. *Animals*, 11(4):1159.

Hoorn, E. J. and Zietse, R. (2013). Disorders of calcium and magnesium balance: a physiology-based approach. *Pediatric Nephrology*, 28(8):1195-1206.

Hostetler, C. E., Kincaid, R. L., Mirando, M. A. (2003). The role of essential trace elements in embryonic and fetal development in livestock. *The Veterinary Journal*, 166(2):125-139.

Hu, W. and Kung, L. (2009). Effect of dietary ratio of Na: K on feed intake, milk production, and mineral metabolism in mid-lactation dairy cows. *Journal of dairy science*, 92(6):2711-2718.

Iskra, R., Vlizlo, V., Fedoruk, R. (2016). Role of chromium (III) in the nutrition of pigs and cattle. *Agricultural Science and Practice*, 3(2):36-62.

Jacob, M. E., Fox, J. T., Nagaraja, T. G., Drouillard, J. S., Amachawadi, R. G., Narayanan, S. K. (2010). Effects of feeding elevated concentrations of copper and zinc on the antimicrobial susceptibilities of fecal bacteria in feedlot cattle. *Foodborne pathogens and disease*, 7(6):643-648.

Jelínek, P., Koudela, K. *Fyziologie hospodářských zvířat*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003. ISBN 80-7157-644-1.

Jeroch, H., Čermák B., Kroupová V. *Základy výživy a krmení hospodářských zvířat: vědecká monografie*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2006. ISBN 80-7040-873-1.

Kaczmarek, B., Adaszek, L., Mietkiewska, K. (2021). Effect of mineral deficiencies on the red blood cell parameters in cattle. *Medycyna weterynaryjna-veterinary medicine-science and practice*, 77(10):480-483.

Kegley, E. B. and Spears, J. W. (1999). Chromium and cattle nutrition. *The Journal of Trace Elements in Experimental Medicine*, 12(2):141-147.

Klimienė, I., Mockeliūnas, R., Špakauskas, V., Černauskas, A., Sakalauskienė, R. (2008). Metabolic changes of thyroid hormones in cattle. Review. *Veterinarija ir zootechnika*, 42(64):1392-2130.

Kumssa, D. B., Penrose, B., Bone, P. A., Lovatt, J. A., Broadley, M. R., Kendall, N. R., Ander, E. L. (2019). A reconnaissance survey of farmers' awareness of hypomagnesaemic tetany in UK cattle and sheep farms. *PloS one*, 14(10):0223868.

Kumssa, D. B., Lovatt, J. A., Graham, N. S., Palmer, S., Hayden, R., Wilson, L., Broadley, M. R. (2020). Magnesium biofortification of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* L.) via agronomy and breeding as a potential way to reduce grass tetany in grazing ruminants. *Plant and Soil*, 457(1):25-41.

Lebreton, P., Garnier, C., Radigue, P. E. (2006). Iodine deficiency in cattle. *Point veterinaire*, 37(265):48.

Lee, C., Copelin, J. E., Dieter, P. A., Berry, E. A. (2020). Effects of trace mineral supply from rumen boluses on performance, carcass characteristics, and fecal bacterial profile in beef cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 269:114626.

Lopez-Alonso, M., and Miranda, M. (2020) Copper supplementation, a challenge in cattle. *Animals*, 10:1890.

Lu, F. M. and Hilgemann, D. W. (2017). Na/K pump inactivation, subsarcolemmal Na measurements, and cytoplasmic ion turnover kinetics contradict restricted Na spaces in murine cardiac myocytes. *Journal of General Physiology*, 149(7):727-749.

Martens, H. and Stumpff, F. (2019). Assessment of magnesium intake according to requirement in dairy cows. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 103(4):1023-1029.

Marvan, F. *Morfologie hospodářských zvířat*. Vydání šesté. Ilustroval Jelínek, K. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze v nakladatelství Brázda, 2017. ISBN 978-80-213-2751-1.

Mehdi, Y. and Dufrasne, I. (2016). Selenium in cattle: a review. *Molecules*, 21(4):545.

Minson, D. (2012). Forage in ruminant nutrition. *Elsevier*, 382-393.

Morth, J. P., Pedersen, B. P., Toustrup-Jensen, M. S., Sørensen, T. L. M., Petersen, J., Andersen, J. P., Nissen, P. (2007). Crystal structure of the sodium–potassium pump. *Nature*, 450(7172):1043-1049.

National Research Council (2000) *Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh Revised Edition*. The National Academies Press, Washington, DC, 2000.

Pal, R. P., Mani, V., Mir, S. H., Singh, R. K., Sharma, R. (2017). Importance of Trace Minerals in the Ration of Breeding Bull. A review. *International J of Current Microbiology and Applied Science*, 6:218-224.

Paulíková, I., Kovac, G., Bires, J., Paulik, S., Seidel, H., Nagy, O. (2002). Iodine toxicity in ruminants. *Veterinarii medicina Praha*, 47(12):343-350.

Pavlata, L. a Pechová, A. *Poruchy metabolismu mikroprvků*, Česká buiatrická společnost, Brno, 2009, ISBN 978-80-865442-19-5 1149.

Pavlata, L., Prášek, J., Podhorský, A., Pechova, A., Haloun, T. (2003). Selenium metabolism in cattle: maternal transfer of selenium to newborn calves at different selenium concentrations in dams. *Acta Veterinaria Brno*, 72(4):639-646.

Pechova, A., Illek, J., Šindelář, M., Pavlata, L. (2002). Effects of chromium supplementation on growth rate and metabolism in fattening bulls. *Acta Veterinaria Brno*, 71(4):535-541.

Pospíšilová, D. a Černek, L. *Zdravé mláďatá – základ úspěšného chovu*. Slovenský chov. 2003, roč. 8, č. 11, s. 37-38. ISSN 1335-1990.

Ramiro E. Toribio (2011) Disorders of Calcium and Phosphate Metabolism in Horses. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 27(1):190-147.

Ranches, J., De Oliveira, R. A., Vedovatto, M., Palmer, E. A., Moriel, P., Silva, L. D., Arthington, J. D. (2021). Low moisture, cooked molasses blocks: A limited intake method for supplementing trace minerals to pre-weaned calves. *Animal Feed Science and Technology*, 273:114793.

Reddy, V., Sridhar, A., Machado, R. F., Chen, J. (2015). High sodium causes hypertension: evidence from clinical trials and animal experiments. *Journal of integrative medicine*, 13(1):1-8.

Reece, William O. *Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3282-4.

Reis, L. S. L. S., Ramos, A. A., Camargos, A. S., Oba, E. (2014). Effect of manganese supplementation on the membrane integrity and the mitochondrial potential of the sperm of grazing Nelore bulls. *Animal reproduction science*, 150(1-2):1-6.

Rossi, C. A. S., Grossi, S., Compiani, R., Baldi, G., Agovino, M., Rossi, L. (2020). Effects of different mineral supplementation programs on beef cattle serum Se, Zn, Cu, Mn concentration, health, growth performance and meat quality. *Large Animal Review*, 26(2):57-64.

Shaeffer, G. L., Lloyd, K. E., Spears, J. W. (2017). Bioavailability of zinc hydroxychloride relative to zinc sulfate in growing cattle fed a corn-cottonseed hull based diet. *Animal Feed Science and Technology*, 232:1-5.

Schonewille, J. T. (2013). Magnesium in dairy cow nutrition: an overview. *Plant and soil*, 368(1):167-178.

Schneider, S., Müller, A., Wittek, T. (2016). Concentration of potassium in plasma, erythrocytes, and muscle tissue in cows with decreased feed intake and gastrointestinal Ileus. *Journal of veterinary internal medicine*, 30(2):679-685.

Schulpis, K. H., Giannoulia-Karantana, A., Papaconstantinou, E. D., Parthimos, T., Tjamouranis, I., Tsakiris, S. (2006). Erythrocyte membrane Na, K-ATPase and Mg²⁺-ATPase activities in subject with methylenetetrahydrofolate reductase (MTHFR) 677 C→T genotype and moderate hyperhomocysteinemia. The role of L-phenylalanin and L-alanine. *Clin Chem Lab Med*, 44(4):423-427.

Silva, G. P. T., Farias, L. B., Pereira, R. A., Corrêa, M. N., Del Pino, F. A. B., Brauner, C. C. (2020). Metabolic evaluation of a polymer intravaginal device for the administration of calcium and magnesium in ruminants. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 72(1):153-160.

Silva, W. J., Guizelini, C. C., Franco, G. L., Veiga, R. C., Arruda, W. G., Nascimento, V. A., Lemos, R. A. (2021). Cobalt deficiency in cattle and its impact on production. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 40:837-841.

Skládanka, J. *Chov strakatého skotu*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2014. ISBN 978-80-7509-258-8.

Spears, J. W. and Weiss, W. P. (2014). Mineral and vitamin nutrition in ruminants. *The professional animal scientist*, 30(2):180-191.

Spears, J. W. (2003). Trace mineral bioavailability in ruminants. *The journal of nutrition*, 133(5):1506-1509.

Spears, J. W. (2010). Chromium in dairy cattle nutrition. *Department of Animal Science at the New York State College of Agriculture and Life Sciences*, 38.

Stewart, L. (2010). Mineral supplements for beef cattle. *Extension Animal Scientist*, 895.

Suchý et al. *Výživa a dietetika II. díl – Výživa přežvýkavců*. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2011. ISBN 978-80-7305-599-8.

Šarapatka, B. a Urban, J. (2005) *Ekologické zemědělství: učebnice pro školy i praxi*. 1. vyd. Šumperk: PRO-BIO Svaz ekologických zemědělců. ISBN 80-903583-0-6.

Šeba, K. et al. (2015) Plemeno charolais. *Náš chov*, 5:7-14.

Šeba, K., et al. *Šlechtitelské programy masných plemen skotu*. Praha: Český svaz chovatelů masného skotu, 2006.

Swaminathan, R. (2003). Magnesium metabolism and its disorders. *The Clinical Biochemist Reviews*, 24(2):47.

Theobald, H. E. (2005). Dietary calcium and health. *Nutrition Bulletin*, 30(3):237-277.

Toušová, R., Ducháček, J., Stádník, L., Ptáček, M., Beran, J. (2014). The effect of selected factors on the growth ability of Charolais cattle. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendeliana brunensis*, 62(1):255-260.

Tuaeva, E., Krasnoshchekova, T., Sogorin, S., Pasechnik, N., Kurkov, Y. (2020). Effect of balancing feed additive on growth, development and productivity of cattle. *EDP Sciences*, 203:01006.

Tucker, L.A. and Taylor-Pickard, J.A. Redefining Mineral Nutrition. *British Library Cataloguing in Publication Data*, 2005. ISBN 1-904761-30-5.

Van Emon, M., Sanford, C., McCoski, S. (2020). Impacts of bovine trace mineral supplementation on maternal and offspring production and health. *Animals*, 10(12):2404.

Veum, T. L. *Phosphorus and calcium nutrition and metabolism*. CAB International, 2010. ISBN 978-1-84593-626-6.

Vrtac, K. P., Jezek, J., Staric, J., Kalcher, G. T., Strajn, B. J. (2016). Zinc, recent advances and research prospects. *Slovenian veterinary research*, 53:219-221.

Ward, M. and Lardy, G. (2005). Beef cattle mineral nutrition. *NDSU Department of Animal and Range Sciences*.

Wild, K. J., Siegert, W., Windisch, W. M., Südekum, K. H., Rodehutschord, M. (2021). Meta-analysis-based estimates of efficiency of calcium utilisation by ruminants. *Animal*, 15(8):100315.

Wilkens, M. R. and Muscher-Banse, A. S. (2020). Regulation of gastrointestinal and renal transport of calcium and phosphorus in ruminants. *Animal*, 14:29-43.

Willmore, C. J., Hall, J. B., Drewnoski, M. E. (2021). Effect of a Trace Mineral Injection on Performance and Trace Mineral Status of Beef Cows and Calves. *Animals*, 11(8):2331.

Wittek, T., Müller, A. E., Wolf, F., Schneider, S. (2019). Comparative study on 3 oral potassium formulations for treatment of hypokalemia in dairy cows. *Journal of veterinary internal medicine*, 33(4):1814-1821.

Wolfová, M., Wolf, J., Přibyl, J., Zahradková, R., Kica, J. (2005). Breeding objectives for beef cattle used in different production systems: 1. Model development. *Livestock Production Science*, 95(3):201-215.

Wu, H., Li, Y., Meng, Q., Zhou, Z. (2021). Effect of High Sulfur Diet on Rumen Fermentation, Microflora, and Epithelial Barrier Function in Steers. *Animals*, 11(9):2545.

Wysocka, D., Snarska, A., Sobiech, P. (2019). Copper-an essential micronutrient for calves and adult cattle. *Journal of Elementology*, 24(1).

Wysocka, D., Snarska, A., Sobiech, P. (2020). Iron in cattle health. *Journal of elementology*, 3.

Zahrádková, R. et al. (2009) *Masný skot od A do Z*. Český svaz chovatelů masného skotu, Praha. ISBN 978-80-254-4229-6.

Zarczynska, K., Babinska, I., Snarska, A., Sobiech, P. (2019). Levels of selenium and vitamin E in the blood and morphological changes in the biceps femoris muscle during nutritional muscular dystrophy of calves. *Journal of Elementology*, 24(4).

Zarczyńska, K. and Krzebietke, S. J. (2020). The effect of chromium on ruminant health. *Journal of Elementology*, 25(3):893-903.

Zhao, Y., Xie, B., Gao, J., Xiao, M., Zhao, G. (2021). Balancing the dietary ratio of nitrogen to sulfur by adding inorganic sulfur improves nitrogen retention and consequently decreases urine nitrous oxide emissions in steers. *Animal Feed Science and Technology*, 274:114711.

Seznam obrázků

Obrázek 1.1.1: Charolais.....	10
Obrázek 3.1: Metabolismus fosforu a vápníku	31
Obrázek 3.2: Metabolismus hořčíku	32
Obrázek 3.3: Metabolismus mědi	34

Seznam tabulek

Tabulka 3.1: Minerální potřeba pro dospělý skot dle NRC	36
Tabulka 3.2: Potřeba makroprvků pro telata g/kus/den	39
Tabulka 3.3: Potřeba stopových prvků pro telata na 1 kg krmné sušiny	39

Seznam použitých zkratek

ATP – adenosintrifosfát

Ca – vápník

Cl – chlor

Co – kobalt

Cr – chrom

Cu – měď

F – fluor

Fe – železo

I – jód

K – draslík

kg – kilogram

Mg – hořčík

mg – miligram

Mn – mangan

Mo – molybden

Na – sodík

NaCl – chlorid sodný

NRC – Národní rada pro výzkum

S – síra

Se – selen

Si – křemík

T4 – tyroxin

T3 – trijodtyronin

Zn – zinek

ZnSO₄ – síran zinečnatý