

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA
FAKULTA AGROBIOLOGIE, POTRAVINOVÝCH A PŘÍRODNÍCH ZDROJŮ

KATEDRA AGROENVIRONMENTÁLNÍ CHEMIE A VÝŽIVY ROSTLIN



Obsah selenu v krvi sportovních a rekreačních koní

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: prof. Ing. Jiřina Száková csc.

Autor práce: Nikola Žáková

© 2014 ČZU v Praze

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Obsah selenu v krvi sportovních a rekreačních koní jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne:

.....

Nikola Žáková

Děkuji paní prof. Ing. Jiřině Szákové, CSc. za odborné vedení a cenné rady, které mi poskytla v průběhu zpracování diplomové práce. Neméně také děkuji všem, kteří mi byli nápomocni při řešení dané problematiky, především paní doc. Ing. Aleně Fučíkové, CSc a Ing. Janě Najmanové.

Souhrn

Koně jsou nám lidem dobrými společníky už několik tisíc let, proto je naší povinností zajistit jim za jejich dobré služby a přátelství dlouhý život a to především dobrou péčí a kvalitní výživou. Nezbytnou součástí výživy jsou minerální látky, které si organismus nedokáže sám vytvořit, a proto je musí přijmout v potravě.

Cílem této diplomové práce bylo zhodnocení obsahu selenu v krvi vybraných skupin sportovních a rekreačních koní v závislosti na obsahu tohoto prvku v půdě a vegetaci v dané lokalitě.

Teoretická část práce se zabývá významem a využitím minerálních látek především selenu, který je hlavním prvkem antiradikálové ochrany organismu, proto je zodpovědný za jeho celkový zdravotní stav. Práce popisuje jeho funkci a zastoupení v organismu, v půdě a rostlinách. Zabývá se problémy související s jeho nadbytkem a nedostatkem. Neopomenuté jsou další stopové prvky zinek, mangan, železo a měď, které jsou pro organismus neméně důležité. Zohledněny jsou v práci také rizikové prvky arsen, olovo a kadmium, které se kumulují v půdě, čímž negativně zasahují do metabolismu rostlin a živočichů. Další část práce se zabývá výživou koní, která je nepřehlédnutelně nejdůležitějším projevem vlivu prostředí na chov zvířat. Je zde popsána technologie krmení a základní používaná krmiva v chovu koní. Část práce se věnuje zvláštnostem a zásadám ve výživě a krmení rekreačních a sportovních koní.

V praktické části jsou charakterizována pokusná zvířata a jejich chov. Do pokusu bylo zařazeno 42 koní ze dvou farem zaměřených na chov sportovních a rekreačních koní. Zvířatům byly odebrány vzorky krve, ze kterých byl stanoven obsah selenu a dalších esenciálních stopových prvků. Byla také stanovena aktivita enzymu glutathionperoxidasy. Na pozemcích farem využívaných k pastvě zvířat byly odebrány vzorky půdy a vegetace, ve kterých byl také stanoven obsah selenu a dalších stopových prvků. Naměřená data byla vyhodnocena a porovnána s literaturou. U všech koní byl zjištěn vysoký obsah selenu v krvi, což značí dobré zásobení selenem. Bylo ale prokázáno, že obsah selenu v píci na sledovaných lokalitách je nízký a dostatečný příjem selenu je zaručen jen přidavkem krmných směsí bohatých na tento prvek.

Klíčová slova: selen, kůň, esenciální prvky, rizikové prvky, výživa

Summary

Horses have been good companions to people for several thousand years. Therefore, it is our duty to ensure long life for them in return for their good service and friendship, mainly through good care and high-quality diet. Minerals are an essential part of the diet, that must be taken in food.

The aim of this dissertation was to evaluate the content of selenium in the blood of select sports and recreational horses depending on the content of this element in soil and vegetation in the locality.

The theoretical part deals with the meaning and use of minerals, especially selenium, which is the main component of the antiradical protection of the organism. Therefore it's responsible for its overall health. This work describes the function of selenium in the organism, soil and plants. It deals with problems related to its excess and deficiency. Other important essential elements are zinc, manganese, iron and copper. The dissertation also deals with risk elements arsenic, lead and kadmium. They accumulate in the soil and affect negatively the metabolism of plants and animals. The next part deals with nutrition of horses, which is a very important factor in animal breeding. It described the technology of feeding and main feed used in horse breeding. Next part deals with the peculiarities and principles of nutrition and feeding of recreational and sport horses.

In the practical part there are characterized experimental animals and their breeding. The experiment included 42 horses from two farms dealing with breeding sport and recreational horses. Horse blood was collected into tubes, than it was determined the content of selenium and other essential trace elements from it. The enzyme glutathione peroxidase was also determined. There were sampled soil and vegetation on land used for grazing. Than it was determined selenium and other trace elements from these samples. The measure data were evaluated and compared with the literature. It was showed a high content of selenium in the blood of all horses. It shows the good supply of selenium. However, it was found out very low content of selenium in the forage on the monitored locations. But the adequate amount of selenium is taken in compound feed.

Key words: selenium, horse, essential elements, risk elements, nutrition

Obsah

1	ÚVOD	8
2	CÍL PRÁCE	9
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED	10
3.1	Stopové prvky	10
3.1.1	Selen.....	10
3.1.1.1	Charakteristika a funkce selenu.....	10
3.1.1.2	Výskyt selenu	12
3.1.1.3	Resorpce selenu.....	16
3.1.1.4	Exkrece selenu.....	17
3.1.1.5	Potřeba selenu	18
3.1.1.6	Intoxikace selenem.....	19
3.1.1.7	Nedostatek selenu a onemocnění způsobená nedostatkem selenu	21
3.2	Ostatní stopové prvky	25
3.3	Rizikové prvky	31
3.4	Výživa a krmení koní	34
3.4.1	Technologie krmení.....	34
3.4.2	Základní krmiva	35
3.4.3	Voda	41
3.4.4	Výživa a krmení rekreačních koní	42
3.4.5	Výživa a krmení sportovních koní	43
4	MATERIÁL A METODY	46
4.1	Pokusná zvířata a jejich ustájení	46
4.2	Odběr vzorků.....	46
4.3	Analytické metody	46
4.3.1	Stanovení půdní reakce	46
4.3.2	Stanovení pseudocelkových obsahů prvků v půdě ve výluhu lučavkou královskou.....	47
4.3.3	Stanovení obsahu prvků ve výluhu 0,11 M CH ₃ COOH.....	47
4.3.4	Stanovení prvků ve vzorcích rostlinného materiálu.....	47
4.3.5	Stanovení prvků ve vzorcích krve	48
4.3.6	Spektrofotometrické stanovení glutathionperoxidasy	48
4.4	Zpracování a statistické zhodnocení dat	49
5	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	50

5.1	Sledované parametry	50
5.1.1	Hodnoty pH půdy	50
5.1.2	Obsah prvků v půdě.....	50
5.1.3	Obsah prvků ve vzorcích rostlinného materiálu a v krmné dávce	53
5.1.4	Obsah prvků ve vzorcích krve.....	57
5.1.5	Hodnota glutathionperoxidasy v krvi.....	59
6	ZÁVĚR.....	61
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	62
8	PŘÍLOHY	69

1 Úvod

Koně jsou nám lidem dobrými společníky po několik tisíc let. Už v pravěku sloužili lidem jako potrava, ale po domestikaci byli využíváni především jako pracovní síla. V dnešní době převládá chov koní pro rekreační a sportovní účely. Naší povinností je zajistit jim za jejich dobré služby a přátelství dlouhý život a to především dobrou péčí a kvalitní výživou. Té musíme věnovat mnohem větší pozornost, pokud po koni vyžadujeme náročnější sportovní výkon. Každý by si měl uvědomit, jakou práci bude jeho kůň vykonávat a podle toho mu zajistit dostatečný příjem energie. Následně pak sestavit optimální krmnou dávku se správným poměrem živin. Hlavními živinami jsou bílkoviny, sacharidy a lipidy, z kterých kůň čerpá potřebnou energii. Dalšími důležitými složkami potravy jsou minerální látky. Ty jsou zapojeny do všech chemických dějů v organismu, proto jsou nepostradatelné. Požadavky koně na příjem minerálních látek závisí na jeho váze, věku, fyzické kondici a stupni zatížení.

Selen (Se) je jedním ze stopových prvků, který je v posledních letech velmi pozorovaný. Vyskytuje se ve všech buňkách, tkáních i tekutinách jako součást různých selenoproteinů. Je to biogenní prvek, který má nezastupitelnou funkci v mnoha biochemických pochodech v organismu na celulární i subcelulární úrovni. Jelikož chrání organismus před volnými radikály, zabraňuje jeho poškození. I proto je základním kamenem imunitního systému. S jeho přísunem v krmné dávce to však není tak jednoduché. V našich krajích je selen v celém potravním řetězci spíše deficitní. U zvířat bývá problém nedostatku především v pastevním chovu. Většina chovatelů řeší tuto situaci podáváním minerálních lizů, které však selen mnohdy neobsahují. V půdách je všeobecně v České republice selenu nedostatek. Díky tomu je nedostatek i v rostlinách a tím pádem i v krmné dávce. U koní chovaných stájově nebo u koní majitelů, kteří se koním snaží zpestřit jídelníček různými doplňky, není většinou selen problémem, jelikož ho mnoho doplňků obsahuje dostatečné množství. Potom je však důležité sledovat hladinu selenu v jednotlivých doplňcích, aby nebyla překročena doporučená denní krmná dávka a nedocházelo k potížím způsobeným nadbytkem selenu.

2 Cíl práce

Cílem této diplomové práce bylo zhodnocení obsahu selenu v krvi vybraných skupin sportovních a rekreačních koní v závislosti na obsahu tohoto prvku v půdě a vegetaci v dané lokalitě.

Uvedené cíle práce povedou k ověření či vyvrácení hypotézy, že obsah selenu v píci souvisí s obsahem a dostupností tohoto prvku v půdě a následně ovlivňuje hladinu selenu v organismu koní.

3 Literární přehled

3.1 Stopové prvky

3.1.1 Selen

3.1.1.1 Charakteristika a funkce selenu

Selen jako chemický prvek objevil roku 1817 Jöns Jakob Berzelius, jenž ho pojmenoval podle řecké bohyně Měsíce Selené. Zpočátku byl selen pokládán jen za jedovatou látku, která je příčinou intoxikací zvířat i lidí. S postupem času se však zjistilo, že tomu tak je pouze ve vyšších koncentracích. Selen patří mezi stopové prvky. Vyskytuje se ve všech buňkách, tkáních i tekutinách. Je to biogenní prvek, který má nezastupitelnou funkci v mnoha biochemických pochodech v organismu na celulární i subcelulární úrovni (Jelínek a kol., 2003).

Jelínek a kol. (2003) udává, že v organismu zvířat je však obsah selenu velmi nízký, přičemž nejvyšší množství selenu je ve svalové tkáni. Obsah selenu v organismu zvířat se pohybuje v rozmezí 15 – 25 µg na kg živé hmotnosti. Podle Kořínka (2009) je nejvíce selenu obsaženo v játrech, ledvinách a slinivce. Je součástí tzv. ochranného faktoru, který chrání játra koní před nekrózou způsobenou nesprávnou výživou. Jelínek a kol. (2003) pak dodává, že nízkou koncentraci selenu má nervová tkáň a plíce. Nejmenší obsah selenu je ve tkáni tukové. Množství selenu v jednotlivých orgánech a tkáních je přímo závislá na příjmu selenu v potravě a na jeho chemické formě.

V malých dávkách je selen nezastupitelný esenciální prvek, ale v nadměrném množství je toxický. Selen je díky svým vlastnostem velmi zajímavý. V posledních dvou desetiletích naše znalosti o tomto prvku značně vzrostly. Významný je především objev nových selenoproteinů. Přestože nejsou ještě plně známy všechny funkce těchto selenoproteinů, zjistilo se, že společně s aktivitou glutathionperoxidasy (GSH-Px) se nacházejí ve spermiích, v seminální tekutině a varlatech, v ovariích i ve vajíčku. Selen má mnoho důležitých funkcí v organismu. Ovlivňuje koncentraci imunoglobulinů v kolostru. Důležitý je pro prevenci nádorových onemocnění, imunitní funkci a kardiovaskulární onemocnění. Díky experimentům na zvířatech se zjistilo, že selen je antagonistou arsenu, rtuti a kadmia.

Podle Passwata (1999) snižuje selen riziko srdeční příhody nebo infarktu tím, že udržuje krev „kluzkou“, zabraňuje shlukování krevních destiček a tím vytváření sraženin. Tento prvek je také důležitým faktorem ve vlastní produkci koenzymu Q₁₀ tělem. Jako selenoprotein W je potřebný pro vlastní pohyb kosterního svalstva. Podle Roedigerové – Streubelové (1995) je také nedostatek selenu příčinou narušení cirkulace vápníku. Kořínek (2009) uvádí, že dostatek selenu chrání svalovou a srdeční tkáň před dystrofií, tím že podporuje stavbu svalstva a jeho správnou funkci. Selen léčí různá svalová onemocnění či jim předchází. Je součástí enzymu účastníkem se přeměny hormonu štítné žlázy na aktivní formu tyroxinu, který má vliv na metabolismus (vývoj a růst organismu). Jelínek a kol. (2003) doplňuje, že selenoenzym dejodasa katalyzuje dejodaci aktivního tyroxinu T₄ na aktivní trijodthyronin T₃. Passwater (1999) doplňuje, že selen má vliv na správnou funkci štítné žlázy díky důležitým enzymům jodthyronin dejodinasám obsahujícím selen. Tyto enzymy odstraňují jod z molekul thyroïdního hormonu. Jejich úlohou je aktivovat tyroxin a inaktivovat trijodthyronin. Tyto thyroïdní hormony regulují přepis genů, rychlost metabolismu a také vývoj diferenciaci tkání. Nízká produkce thyroïdního hormonu – hypotyreosa je příčinou zpomalení metabolismu, nedostatku energie zvýšení obsahu tuku. Jod a selen jsou nepostradatelné pro normální metabolismus thyroïdního hormonu. Při nedostatku jednoho z nich se může objevit prudká hypotyreóza a neurologický kretenismus.

Selen také udržuje elasticitu tkání, zpomaluje stárnutí buněk a jeho účinky zvyšují odolnost tkání proti oxidaci. Je součástí tkáňového dýchání. Byly zjištěny i další biologické funkce selenu jako jeho pozitivní vliv na vývoj a motilitu spermií a zdravotní stav mléčné žlázy. Selen a jeho sloučeniny také vymezují úroveň imunity, chrání buňky před bakteriální a virovou infekcí (zlepšuje funkci T lymfocytů a makrofágů) (Kořínek, 2009).

Podle Duška a kol. (1999) sehrává selen důležitou roli již v prenatálním vývoji hřibat. Jelikož selen prochází skrz placentu, suplementací selenu do krmné dávky klisny můžeme předcházet jeho nedostatku u hřibat. U novorozeneých hřibat se objevují problémy jako svalová slabost, ataxie, obrny, ulehnutí či nechutí nebo nemožností sát z vemene matky.

V souhrnu z NRC (2007) se uvádí, že ve formě peroxidas patří selen mezi nejaktivnější složky antioxidační a antiradikálové ochrany organismu. Spolu s vitamínem E je součástí ochranného systému proti špatnému vlivu oxidace. Společně pracují v partnerství, které pomáhá chránit tělesné tkáně před poškozením volnými radikály, které nastane během oxidace (konverze krmiva na energii). Chovají se jako obranný mechanismus proti poškození buněčných membrán a enzymů. Jelínek a kol. (2003) popisuje, že zatímco vitamín E blokuje

útoky volných radikálů na lipidy, selen jako součást enzymu glutathion peroxidasy vytváří tzv. „aktivní polohu glutathionu, díky níž ničí radikály, které vznikly peroxidací tuků a byly uvolňovány do buněk (Grycová, 2013). Volné kyslíkové radikály patří mezi velmi reaktivní sloučeniny, které se tvoří při metabolických procesech v organismu. Mají ve vnější sféře elektronového obalu alespoň jeden nespárovaný elektron a proto má potřebu tento chybějící elektron získat z okolních struktur. Dochází k tzv. oxidativnímu stresu. Ve velkém množství vznikají volné radikály za různých patologických procesů. Jejich toxicita spočívá v reakci s dvojnými vazbami nenasycených mastných kyselin a přeměně jejich vazby na peroxidickou. Tato nežádoucí zvýšená tvorba lipoperoxidů zapříčiňuje poruchy buněčných membrán i cytoplazmy (Lehotský a Kaplán, 1997).

3.1.1.2 Výskyt selenu

Výskyt selenu v půdě

„Selen je sice všudypřítomný (v zemské kůře je na 60. místě s koncentrací 50 – 200 µg/kg), ale v půdě je rozdělen velmi nerovnoměrně (v ornici kolísá obsah selenu mezi 0,1 až 1000 mg/kg). V rostlinných a zprostředkovaně i v živočišných potravinách se selen vyskytuje v množstvích odpovídajících jeho dostupnosti z půdy“ (Suková, 2008).

Zjistilo se, že dostupnost půdního selenu pro rostliny je ovlivněna půdním pH, půdní strukturou, obsahem vody a vzduchu v půdě (Nehasilová, 2005). Podle Kvasničkové (1998) se selen vyskytuje ve všech půdách alespoň v minimálním množství, přičemž se jeho obsah pohybuje v rozmezí od 0,1 µg/g po více než 1 mg/g (selenoželezité oblasti). Většina půd obsahuje 1,0 - 1,5 µg Se/g. Kalač a Míka (1997) uvádějí, že obsah selenu u rizikových půd se pohybuje v desítkách mg/kg, a to především ve formě selenanů.

Forma, ve které se selen vyskytuje, je nejdůležitějším faktorem využitelnosti selenu rostlinami. Celkový obsah selenu v půdě není tak podstatný (Kvasničková, 1998). Lépe dostupné formy selenu obsažené v půdě jsou oxidované formy. Redukované formy jsou resorbované hůře (Nehasilová, 2005).

„Selen rozpuštěný v půdě nebo vázaný na iontoměníče (např. v humusu) je pro rostliny snadno dostupný, selen obsažený v minerálech a uzavřený v biologickém materiálu lze využít jen obtížně. Ve vlhkých alkalických půdách vytváří dobře využitelné rozpustné selenany, což může vést až k toxické akumulaci selenu v rostlinách. V suchých kyselých půdách se vyskytuje

špatně rozpustný selenit železa. Elementární selen je velmi stabilní a v podstatě nevyužitelný“ (Suková, 2008).

Výskyt selenu v rostlinách

„Akumulace selenu závisí také na druhu rostliny“ (Suková, 2008). Kalač a Míka (1997) uvádějí, že nejvýraznější kumulace byla zaznamenána u několika severoamerických druhů rodu kozinec (*Astragalus*). U nich obsah selenu dosahuje až několik tisíc mg Se/kg sušiny. Průměrný obsah v pícech a obilovinách je pouze 0,01 až 1 mg/kg sušiny.

Velké rozdíly v obsahu selenu jsou také mezi jednotlivými částmi rostliny. Vegetativní části rostlin mají mnohem nižší koncentraci selenu než části generativní. V rostlinách je selen obsažen ve formě organické, kdy se váže na aminokyseliny a peptidy převážně jako selenomethionin. Tato forma je velmi dobře využitelná všemi druhy zvířat, jelikož se selen v této formě vstřebává jako aminokyselina a v organismu je také jako aminokyselina inkorporován do tkání. (Nehasilová, 2005).

Hartikainen (2005) dodává, že v 80. letech 20. století bylo poprvé publikováno, že dostatečné množství selenu v půdě podporuje růst rostliny a zvyšuje obsah sušiny. A to především tehdy, obsahuje-li půda málo síry. Bylo dokázáno, že napomáhá v obraně rostliny proti kyslíkovým radikálům produkovaných během fotosyntézy a dýchání. Také snižuje posklizňové ztráty a pomáhá udržovat biologickou hodnotu zeleniny.

Selen je zastoupen jak v píci, tak v obilovinách. V krmivech, která jsou pro koně přirozená, se běžně nachází ve formě selenu aminokyselin, selenocystinu, selenocysteinu a nejčastěji jako selenomethionin. Častými anorganickými zdroji tohoto prvku je seleničitan a selenan sodný.

„Podle některých odborných prací se zjišťuje malý rozdíl mezi zdroji selenu, pokud se posuzují podle stavu tohoto prvku v krvi. Jiné odborné práce uvádějí, že organické zdroje selenu jsou mnohem účinnější než anorganické zdroje“ (Schneiderová, 2005).

Významným organickým zdrojem selenu jsou kvasnice obohacené selenem. V chovu koní je významný při řešení problémů s nedostatkem tohoto prvku, jenž ovlivňuje užitkovost a zdraví všech kategorií koní. Zlepšuje stav selenu u koní v tréninku, u odstavených hříbat i plemenných klisen. Při výzkumech bylo zjištěno, že kvasnice obohacené selenem je velmi dobře stravitelný a přispívá více ke kladné bilanci selenu než seleničitan sodný. Také byl stanoven vyšší obsah selenu v séru hříbat poté, co jejich matky byly krmeny

kvasnicemi obohacenými selenem. Ve srovnání se seleničitanem byl obsah selenu v kolostru a v mléce taktéž vyšší po aplikaci kvasnic. Bylo určeno že, doplněk 3 mg selenu za den v průběhu odstavu příznivě ovlivňuje imunitní stav hříbat, působí proti stresu při odstavu a později během života působí příznivě v období tréninku koní. Dostupnost selenu v této organické formě kvasnic obohacených selenem je v chovu koní významná při řešení problémů s nedostatkem tohoto prvku, který ovlivňuje užitkovost a zdraví všech kategorií koní (Schneiderová, 2005).

V minulých letech, kdy bylo zjištěno, že Česká republika patří mezi oblasti s deficitem selenu (podobně jako další státy v Evropě), nabylo zajištění dostatečného množství selenu v krmivech pro hospodářská zvířata na vážnosti (Šimáně a kol., 2004).

Výskyt selenu v organismu

V organismu živočichů se nachází selen v mnoha sloučeninách – selenoproteinech, které mají enzymatickou aktivitu. Tyto enzymy chrání organismus před působením organických peroxidů, peroxidu vodíku a hydroxylových radikálů, ať už přijaté z prostředí nebo z produkce vlastního metabolismu (Kvíčala a Lapčík, 2002). Dosud bylo identifikováno 25 selenoproteinů (předpokládá se existence asi 50 selenoproteinů) které zahrnují:

1) Peroxidas - mají protizánětlivými účinky a chrání buněčné membrány před poškozením volnými radikály.

Glutathionperoxidasa (GPx) se v organismu vyskytuje v několika formách, které se liší svou lokalizací a specifickými funkcemi (Vašková, 2005). Nachází se uvnitř buňky v cytosolu i v buněčných membránách (Mácová, 2003).

Murray a kol. (1998) vysvětlují, že glutathionperoxidasa katalyzuje rozklad peroxidu vodíku a hydroperoxidů mastných kyselin pomocí glutathionu, který v reakci poskytuje jeden elektron. Konečné produkty těchto reakcí jsou příslušné alkoholy a voda. Díky těmto reakcím je zabráněno hromadění peroxidu vodíku a hydroperoxidů mastných kyselin, které vznikají při beta-oxidaci lipidů.

Glutathionperoxidasa má antioxidační účinky podobně jako vitamin A, C, E, a proto se také tyto vitaminy mohou při nedostatečném příjmu částečně kompenzovat. Enzym má však na rozdíl od vitaminů výhodu, že se vzhledem k vazbě na bílkoviny nespotebovává tak rychle jako tyto další antioxidanty, ale také jsou jeho antioxidační účinky zhruba 1000x větší účinnost než vitamin E. GPx má kromě jiného schopnost skrz glutathion zpětné redukce

(reaktivovat) oxidovaný vitamin C a E (Mácová, 2003). GPx je selenoproteinem, který se vyskytuje v podobě čtyř izoenzymů (Jelínek a kol., 2003):

Cytosolová glutathionperoxidasa (GSH-Px, GPx-1) je antioxidantem a zásobní formou selenu.

„ GSH-Px je enzym přítomný v cytosolu a mitochondriální matrix buněk. Skládá se ze čtyř téměř identických podjednotek. Každá podjednotka obsahuje selen ve formě jednoduchého selenocysteinového zbytku (Ludvíková a Pavlata, 2005). Význam GSH-Px spočívá v odstraňování nadbytku peroxidu vodíku, a tím v ochraně nenasycených mastných kyselin buněčných membrán před poškozením lipoperoxidací a vznikem volných radikálů (ROS). $H_2O_2 + 2GSH \rightarrow GSSG + H_2O$ katalyzátorem GSH-Px. Mezi koncentrací selenu a aktivitou GSH-Px v krvi byla u koní prokázána výrazná pozitivní korelace ($r 0,97$, $r 0,84$)“ (Ludvíková a Pavlata, 2005).

Je obsažena v různé koncentraci ve všech buňkách a tkáních. Nejvyšší koncentrace jsou v hepatocytech, erytrocytech, leukocytech a trombocytech, v myokardu a kosterní svalovině (Jelínek, 2003). Cytosolová glutathionperoxidasa byla jako první protein objevena v roce 1957, kdy se zjistilo, že tento enzym má ochranný efekt v erytrocytech proti oxidačnímu poškození H_2O_2 v buněčném cytosolu a v mitochondriální matrix (Surai, 2006). Tento enzym je nejméně rezistentní k nedostatku selenu ze všech ostatních GPx (Néve, 2000). Cytosolová GPx působí projektivně proti oxidačnímu poškození buněk synergisticky s vitaminy A, C, E (Mácová, 2003).

Gastrointestinální glutathionperoxidasa (GPx-2) se nachází v hepatocytech a erytrocytech (Jelínek, 2003). Kvíčala (2001) uvádí, že nejprve byla tato peroxidasa nalezena v lidských játrech. Nyní je známá jako hlavní antioxidační obrana střevních buněk před vnějšími peroxidy a xenobiotiky z potravy.

Plasmatická glutathionperoxidasa (GPx-3) je extracelulární enzym obsažen v nízké koncentraci v krevní plazmě (tvoří asi 20 % plasmatických selenoproteinů) a má rovněž antioxidační aktivitu (Jelínek a kol., 2003). Surai (2006) doplňuje, že se plasmatická glutathionperoxidasa nachází v komorové vodě oka a v amniotické tekutině. GPx-3 je schopna redukovat lipidové hydroperoxydy v LDL a regulovat zánětlivou reakci ale funkce této peroxidasy není ještě zcela obeznámena. Podle Vaškové (2006) je GPx-3 také hlavní formou selenoproteinu v mateřském mléce.

Fosfolipid hydroperoxidová glutathionperoxidasa (PHGPx, GPx-4) se ve velkém množství nachází ve spermiích a varlatech. Je významným strukturálním proteinem nezbytným pro stavbu spermií, spermatogenezi, funkci spermií (Velíšek, 1999) Při jeho nedostatečném zastoupení může docházet k mužské neplodnosti (Vašková, 2005). Významnou funkcí tohoto enzymu je ochrana lipidových membrán před oxidací, jelikož detoxikuje lipidové peroxidy uvnitř membrány bez jejich předběžného uvolnění fosfolipasami (Surai, 2006). Má významnou funkci v regulaci vyšších nenasycených mastných kyselin, kdy tvoří regulační sloučeniny, jako prostacykliny, tromboxany a leukotrieny. Má také podstatně větší odolnost vůči nedostatku selenu než ostatní GPx (Kvičala, 2001).

2) Dejodiny - podílejí se na syntéze biologicky aktivních hormonu trijodtyroninu ve štítné žláze, které zajišťují regulaci buňky jeho tvorbou a rozkladem.

Selenoprotein jodtyronin-5-dejodasa kontroluje metabolismu štítné žlázy a umožňuje přeměny T4 - thyroxin na aktivní formu T3 – trijodtyronin. Ovlivňuje termoregulaci.

3) Bílkoviny, které jsou součástí reprodukce DNA

Selenoprotein P je zásobní formou plazmatického selenu. Má antioxidační účinky a krátký poločas rozpadu. Je využíván jako marker stavu selenu v organismu.

Selenoprotein W se váže na glutation a ovlivňuje jeho metabolismus.

Selenoprotein spermie zaručuje správnou morfologickou strukturu spermie a ovlivňuje její energetický metabolismus a pohyblivost.

Thioredoxin reduktáza je selenoprotein s enzymovou aktivitou, který je obsažen především v hepatocytech (Jelínek a kol., 2003).

3.1.1.3 Resorpce selenu

Vstřebávání selenu a jeho sloučenin probíhá podobně jako u ostatních prvků v tenkém střevě ve dvanáctníku aktivním způsobem, v menší míře také v tlustém střevě. Resorpce selenu závisí na složení krmné dávky, a to především na koncentraci antagonisticky působících látek jako je síra a rtuť. Resorpce selenu je také ovlivněna věkem zvířat či jejich zdravotním stavem. U přežvýkavců dochází k menšímu využití selenu než u zvířat monogastrických, a to díky vzniku redukovaných těžce rozpustných komplexů selenu v předžaludku, které se špatně vstřebávají. Sloučeniny selenu jsou vstřebávány buď ve formě

organické (selenomethionin, selenocystein), které přecházejí do buněk aktivním transportem nebo anorganické, především jako seleničitan sodný a draselný, které přecházejí do buněk pasivním transportem bez potřeby energie (Jelínek a kol., 2003).

Podle Passwata (1999) vitamin C pozitivně ovlivňuje vstřebávání organického selenu, avšak opačně účinkuje na anorganické formy selenu, protože v kontaktu s nimi přeměňuje tyto anorganické formy na inertní metalický selen, který tělo neumí využít. Vitamin C je kompatibilní s organickými formami doplňků a rovněž zvyšuje jejich začlenění do glutathionperoxidas.

Rezervy tohoto prvku v těle se vytvářejí pouze po přijetí organického zdroje selenu. Schopnost tvorby zásobního selenu upřednostňuje jeho organickou formu před anorganickou především ve stresových podmínkách. Zajímavým faktem je, že aktivita GSH-Px v krevním séru zůstává stejná jak po přijetí organicky vázané formy selenu, tak po přijetí anorganicky vázané formy selenu. Maximální aktivity GSH-Px je dosaženo již při koncentraci 0,1 mg na kg krmiva u organické i anorganické formy (Nehasilová, 2005).

U polygastrických zvířat je selen nejlépe vstřebatelný v organické formě jako selenomethionin, který je produkován rostlinami, kvasinkami (vstřebání téměř 100%). Míra vstřebávání selenu u monogastrů je vysoká a dosahuje až 80 %. Selen podávaný zvířatům ve vysokých dávkách je často ve formě anorganických sloučenin (seleničitan sodný), který se dokáže resorbovat i pasivním způsobem a díky tomu může vyvolat intoxikaci. Anorganické formy selenu jsou více toxické (Jelínek a kol., 2003).

Transport selenu v organismu probíhá díky jeho navázání na krevní bílkoviny. Ve vnitřním prostředí je jeho transport docela rychlý. Při stresu se obsah selenu v krvi velmi rychle snižuje a po odeznění zátěže se při normálním příjmu selenu normalizuje asi za 7 dní (Zadák, 2006).

3.1.1.4 Exkrece selenu

K exkreci selenu dochází močením, kálením, produkcí mléka a dýcháním. Ve výkalech se nachází selen, který se neresorboval nebo se do střeva vyloučil prostřednictvím žluči, pankreatické a střevní šťávy. V období laktace je selen vylučován jako součást mléka. Jeho koncentrace v mlezivu je čtyři až pětkrát vyšší než koncentrace v mléce a odráží se v něm tak stav zásobení organismu selenem (Underwood a Suttle, 1999). K ukládání selenu dochází hlavně při jeho karenci, kdy je resorpce selenu vyšší (Jelínek a kol., 2003). Podle

Kvasničkové (1998) se organický selen ukládá ve tkáních a to v játrech, ledvinách a svalovině, kde je vázán na methionin a anorganický selen se po saturaci organismu vylučuje močí. Je-li selen suplementován perorálně, vylučuje se u monogastrů hlavně močí (Kalač a Míka, 1997). Při intoxikaci selenem se jeho určité množství odvádí dechem a potem (McDowell, 1992). Při zvýšeném příjmu selenu se jeho koncentrace zvyšuje v produktech zvířat např. v mléce a vejcích (Jelínek a kol., 2003).

3.1.1.5 Potřeba selenu

Meyer a Coenen (2003) udávají potřebu selenu pro dospělého koně v rozmezí 0,1-0,12 mg/kg sušiny krmiva. Obsah pod 0,025 mg/kg sušiny je silně nedostatečný a může vést k poruchám metabolismu. Nejvíce náchylné jsou zejména plody a novorozená hříbata. Zvýšený příjem bílkovin a síranů zvyšuje potřebu selenu. Obsah selenu v rostlinách významně ovlivňují vlastnosti půdy, přičemž nižší hodnoty jsou na půdách písčitých, slatinných, s podložím ze zvětřelé žuly a naplavenin. Dále také závisí na intenzitě hnojení, průmyslových emisí, na vegetačním stadiu rostliny v době sklizně a způsobu skladování. Při sušení krmiva může také obsah selenu klesat, jelikož se začne měnit na těžký selenovodík.

Jelínek a kol. (2003) uvádějí potřebu selenu u zvířat 0,1 až 0,3 mg/kg sušiny v krmné dávce. Nejvíce potřebu ovlivňuje věk zvířat, intenzita růstu, produkce a gravidita. Nadbytek některých látek v krmné dávce může potřebu selenu zvýšit. Je tomu tak například při zvýšeném obsahu síry nebo nenasycených mastných kyselin v krmné dávce, tudíž je nutné selen doplnit. Dále ovlivňuje potřebu selenu i příjem vitamínu E.

Podle Schneiderové (2004) je potřeba selenu pro hříbata 3 mg na den. Suplementace příznivě ovlivňuje imunitní stav hříběte, působí antistresově při odstavu a později také příznivě působí v období tréninku koní.

Sedlinská (2007) uvádí, že optimální je selen do krmné dávky zakomponovat až po změření jeho skutečné koncentrace, respektive aktivity GPx v organismu koně. Pokud pro nás není stanovení aktivity GPx dostupné, lze selen suplementovat takzvaně naslepo podle doporučeného dávkování výrobce námi vybraného preparátu. V žádném případě ale nesmíme překračovat doporučené denní dávkování, ani preparáty jednoho výrobce a krmiva s obsahem selenu kombinovat s jinými bez konzultace s odborníkem.

„Vzhledem k tomu, že selen je inkorporován do erytrocytů v podobě selenocysteinu pouze v průběhu erythropoézy, stává se tak aktivita GSH-Px indikátorem dlouhodobého

zásobení organismu selenem. Naproti tomu stanovení koncentrace selenu v plné krvi je odrazem okamžitého stavu zásobení organismu. Pozitivní korelace mezi selenem a aktivitou GSH-Px umožňuje nahradit finančně a metodicky náročné přímé stanovení koncentrace selenu v plné krvi nepřímou metodou pomocí stanovení aktivity GSH-Px v plné krvi, které je levnější a pro laboratoře i dostupnější'' (Ludvíková a Pavlata, 2005).

3.1.1.6 Intoxikace selenem

Nebezpečím nemusí být jen nedostatek selenu, rizikem je i nadbytek tohoto prvku. V České republice se nacházejí některé druhy rostlin (*Astragalus spp.*, *Senecio spp.*), které mohou aktivně přijímat selen do svých pletiv, ale díky nižší koncentraci selenu v půdě k intoxikacím nedochází. V ČR se vyskytují půdy s nízkým obsahem selenu. Jako nejpravděpodobnější vznik intoxikace v našich podmínkách se tedy nabízí předávkování selenem z preventivních či terapeutických příčin. Tolerance koní vůči nadbytku selenu je nízká. Maximální tolerovaná dávka selenu u koní byla stanovena na 2 mg/kg krmné dávky. Obsah selenu potřebný ke vzniku akutní intoxikace (v podobě seleničitanu sodného) leží mezi 3,3 mg/kg a 6 mg/kg ž. hm. Toxický účinek vzniká díky fyzikálně-chemické podobnosti selenu se sírou, kterou nahrazuje v některých metabolicky důležitých sloučeninách (Ludvíková a kol., 2005).

Podle Meyera a Coenena (2003) byly akutní příznaky otravy – koliky a pocení zaznamenány po orálním příjmu 12 a více mg seleničitanu sodného (tj. cca 300 mg selenu/kg živé hmotnosti) denně.

Jelínek a kol. (2003) uvádí, že intoxikace může vzniknout při spásání porostů s vysokým obsahem selenu (5 – 40 mg/kg sušiny), ale také při předávkování sloučeninami selenu. U zvířat pak dochází k tzv. alkalóze, která má mnoho projevů. Koně trpí kolikovými bolestmi, ztrácí chuť, nekoordinovaně se pohybují a v nejhorších případech dochází i k jejich úhynu.

První příznaky akutní intoxikace se objevují přibližně od šesté hodiny od přijetí selenu. Podle Podle Ludvíkové a kol. (2005) se jako příznaky objevují pocení, diarhea, tachykardie, tachypnoe, mírná pyrexie, letargie a střední až těžká kolika. Za 24 hodin může následovat smrt. Před smrtí se může kůň projevovat tlačáním hlavy proti zdi. Podle Banhofera (1996) patří ke klinickým příznakům akutní otravy také česneková vůně dechu. Chronická intoxikace popisovaná také jako „alkali disease“ (selenóza) zvaná alkalická choroba, dostala svůj název v minulosti kvůli předpokladu, že byla způsobena vysokým

obsahem alkalií v půdě a ve vodě. Ludvíková a kol. (2005) uvádějí, že chronická intoxikace může být důsledkem týdnů až měsíců přijímání nadměrného množství selenu v krmivu. Projevy chronické intoxikace jsou bezcílné blouhání nebo manéžový pohyb, svalová slabost, inkoordinace, dyspnoe a snížená schopnost vidění. V poslední fázi se objeví paralýza a následuje smrt.

Podle Meyra a Coenena (2003) se chronická otrava dostaví při množství od 20 mg Se/kg sušiny krmiva. Jejími projevy je většinou kroužkovité zaškrcení kopyt, vypadávání žíní z hřívý a ocasu a nespecifickou malátností, přičemž příčinou je absence síry při tvorbě keratinu.

Při chronické intoxikaci může také docházet k patologickým změnám, které postihují myokard, játra, ledviny, ale i kopytní rohovinu (Jelínek a kol., 2003).

Ismay (2012) popsal, že toxikóza se projevuje hubnutím, ztrátou žíní a kulháním. Patrný může být i otok korunky, poté dochází k příčnému praskání kopytní stěny distálně od korunkového okraje. V krajních případech se kopyto vyzuje z rohového pouzdra.

Během první poloviny 20. století byla popisována nemoc slepá závrať „blind staggers“, která se projevovala výskytem kožních lézí a neuropatie u koní, a jiných zvířat při příjmu rostlin, které obsahovaly více než 10 µg/g selenu. Příznaky této nemoci byla anorexie, úbytek hmotnosti, slepota, ztráta orientace a respirační obtíže. Avšak nebylo vyloučeno i jiné vysvětlení pro tyto příznaky, takže spojitost mezi chronickou selenózou a neurologickým onemocněním zůstává sporná (Barceloux, 1999).

První příznaky intoxikace se mohou objevit pouhé tři týdny po příjmu těchto rostlin (Ludvíková a kol., 2005).

Briggs (2001) uvádí, že při menším nedostatku selenu může být jediným příznakem zvýšená náchylnost k onemocnění, kvůli depresi imunitního systému. Závažné nedostatky selenu nejsou tak časté.

Neexistuje žádná léčba pro akutní otravy selenem. Léčba chronické toxicity je zaměřena na snížení příjmu selenu z krmné dávky za současného vyvážení vysokým obsahem bílkovin. V době, kdy je diagnostikována chronická forma onemocnění, určuje léčbu stupeň degenerace kopyt a jiných postižených částí těla. Důležitá je pak spolupráce s veterinářem a podkovářem (Ismay, 2012).

3.1.1.7 Nedostatek selenu a onemocnění způsobená nedostatkem selenu

Příčiny karence

Mezi faktory, které predisponují koně k deficienci selenu, patří nevhodná krmiva. Příčinou může být nažluklé krmivo, suplementace oleje do krmiva, špatné či dlouhodobé skladování jadrných krmiv či nízká kvalita sena. Jelikož je nedostatek selenu v píci především ovlivněn malým obsehem selenu v půdě, příčinou nedostatku selenu u koní je dlouhodobý příjem krmiva, které bylo vypěstováno v selen deficitních oblastech (kde je obsah selenu v půdě menší než 0,1 mg/kg). Jeho nedostatek je velmi často na kyselých půdách, na půdách s nedostatečným provzdušněním, v půdách s vysokým obsahem síry a na půdách vulkanického původu. Malé zásobení je také zapříčiněno pravidelným používáním superfosfátových hnojiv. V Evropě jsou za selen-deficitní země považovány Švédsko, Norsko, Finsko a Dánsko, severní Anglie, Skotsko, jižní Francie a balkánské země. V České republice se nejvíce deficitní oblasti nacházejí v západních, severních, severovýchodních Čechách a na severní Moravě (Ludvíková a kol., 2005).

Projevy nedostatku selenu jsou u zvířat velmi rozmanité. Je známa celá řada zdravotních poruch při karenci selenu. Nejvíce náchylná jsou přirozeně mláďata. Příčinou deficiencie u hříbat je neadekvátní zásobení matek selenem v době jejich gravidity a laktace. Proto se v tomto období často suplementuje selen a vitamin E injekčně. Problémy se pak umocňují za současného nedostatku vitamínu E. Nedostatek selenu se projevuje malou životností hříbat či jejich vysokou nemocností. Mláďata trpí zduřelými mízními uzlinami a mají problémy se sáním. U dospělých koní se vyskytují srdeční poruchy, ztížené dýchání a poruchy reprodukce (Briggs, 2001). U klisen se objevují ovariální cysty, zadržetí lůžka a následné endometritidy, mastitidy. U hřebců se vyskytují degenerativní změny na varlatech (Jelínek a kol., 2003).

Podle Roedigerové – Streubelové (1995) je také nedostatek selenu příčinou narušení cirkulace vápníku.

Onemocnění způsobená nedostatkem selenu

Důležité problémy spojené s nedostatkem selenu u sportovních a dostihových koní jsou svalová onemocnění omezující možnosti tréninku. Mezi nejčastěji se vyskytující onemocnění svalstva patří lokální myopatie. Lokální myopatie je nazývána také „tying up“ syndrom, což je onemocnění, které postihuje hřbetní a bederní svalstvo v některých případech

i svalstvo hýžd'ové a stehenní. Klinické příznaky onemocnění se začnou objevovat bezprostředně po intenzivní zátěži, někdy už i v průběhu zátěže. Jejimi projevy jsou tuhost, napětí a bolestivost postižených svalů. Následkem bolestivosti těchto svalů je výrazné nefyziologické předvádění pánevních končetin (tzv. klouzavý chod). Při doteku postižených míst - kartáčováním či hřebelcováním nebo přímo při nasedání jezdce se kůň prohýbá ve hřbetu a snaží se uniknout bolesti. Teplota koně se může zvýšit až na 40 nebo 40,5 °C. Při závažném poškození svalů se z tkáně může uvolňovat myoglobin, který přechází do krve a dále do moči. Ta má pak tmavě černou barvu. Při zanedbání léčby akutního procesu, nemoc přechází do chronického stavu. Často se také vyskytují recidivy. V těchto případech dochází často k atrofii postižených svalů (Cubbitt, 2014).

Z rozboru krmiva a zjištění obsahu selenu v krevním séru koní postižených myopatií vyplynulo, že se tento problém u sportovních koní s velkou pravděpodobností vztahují na kombinovaný nedostatek vitamínu E a selenu. Také byla dokázána určitá genetická predispozice ke vzniku tohoto onemocnění (Sedlinská, 2007).

Nutriční svalová degenerace hříbat

Nedostatek selenu v krmné dávce koní může způsobit onemocnění nazývané nutriční svalová dystrofie nebo také nutriční myodegenerace (NMD). To se objevuje především u hříbat od narození do stáří přibližně 7 měsíců. Případy tohoto onemocnění u starších koní jsou poměrně vzácné. V jednom stádě se však může jednat pouze o jediný případ nebo se může vyskytnout i několik postižených hříbat (Sedlinská, 2007).

Podle Ludvíkové a kol. (2008) se nutriční myodegenerace vyskytuje v oblastech s nízkou koncentrací selenu v půdě. U postižených koní nebyla zjištěna pohlavní ani věková predispozice vzniku onemocnění. Zjistilo se však, že v průběhu roku je nejvyšší četnost případů v období hřebení klisen. Mezi důležité faktory zapříčiňující nutriční myodegeneraci je stres. To by například vysvětlovalo i fakt, že ve stádě koní krmených stejnou krmnou dávkou a přijímající stejné množství selenu se onemocnění objeví jen v omezeném počtu případů (většinou pouze jeden kůň). Může to být způsobeno jak stresem environmentálním (psychickým), tak stresem ze zvýšené fyzické zátěže.

„Klinické příznaky mohou být různé v závislosti na distribuci svalových lézí a na rozsahu poškození. U hříbat do věku dvou měsíců se vyskytuje perakutní průběh onemocnění v podobě náhlého srdečního selhání způsobeného pravděpodobně fatální arytmii. Při následně pitvě bývají nejčastěji postiženy myokard, bránice a dýchací svaly. U starších hříbat a

dospělých koní se vyskytuje ve formě onemocnění se subakutním průběhem. Zde bývají nejčastěji postiženy žvýkácí svaly a velké svalové skupiny pánevních končetin a krku. Z lokalizace postižení také vyplývají nejčastější klinické příznaky, kterými jsou dysfagie, slabost, otok a bolestivost postižených svalů. Pohyb bývá ztuhlý, nepřírozený, objevuje se myoglobinurie. Častým následkem dysfagie je aspirační pneumonie, která také může být příčinou úhynu “(Ludvíková, 2008).

Sedlinská (2007) dodává, že ve vážných případech hříbě vylučuje černou moč v důsledku vylučování tmavého svalového barviva myoglobinu, který odchází z poškozených svalových buněk. Pokud hříbě přežije akutní nástup tohoto onemocnění, po dlouhou dobu u něho může přetrvávat svalová ztuhlost a onemocnění vede ke zpomalení růstu a vývoje hříběte. U starších koní se nedostatek selenu většinou nijak specificky neprojevuje. Koně netrpí bolestmi zad, ztuhlostí, ani vylučováním tmavého zbarvení moče (pokud nejsou následkem NMD) a jeho eventuální nedostatek není ani příčinou špatného osvalení koně. Přesto je nutná dostatečná suplementace selenu i těmto koním.

Terapie

U perakutního průběhu, kdy dochází k náhlému srdečnímu selhání je reakce na léčbu jen velmi výjimečná a obvykle velmi rychle končí úhynem hříběte. Ale i léčba subakutní formy, při které dochází k postižení kosterní svaloviny, nedává velké naděje. Hlavní zásadou je zabezpečení naprostého klidu. Musí se také zamezit sebemenšímu pohybu a redukovat jakýkoli stres. Pokud hříbě trpí dysfágickými potížemi, pak je nutné zajistit příjem tekutin a jeho krmení nosojícovou sondou, popřípadě zavést kompletní parenterální výživu. Ulevit hříběti částečně od bolesti a pomoci redukovat otoky svalů může podání protizánětlivých léčiv. Okamžitá intramuskulární aplikace selenu v dávce 0,05 až 0,07 mg/kg pomůže dodat do organismu potřebný selen, ale trvá několik dnů až týdnů než se uskuteční jeho zabudování do GPX a následně se zvýší aktivity glutathionperoxidasy. I z tohoto důvodu je prognóza tohoto onemocnění málo příznivá. Nejlepší terapií tedy i v tomto případě je preventivní opatření (Sedlinská, 2007).

Laboratorní diagnostika

Laboratorní diagnostika je založena na stanovení aktivity kreatinkinasy (CK), aspartátaminotransferasy (AST), laktátdehydrogenasy (LDH) a glutathionperoxidasy (GSH-Px), případně stanovení koncentrace selenu v plné krvi. Vzhledem k tomu, že selen je

inkorporován do erytrocytární GSH-Px v podobě selenocysteinu pouze v průběhu erytropoézy, stává se tak aktivita GSH-Px indikátorem dlouhodobého zásobení organismu selenem. Naproti tomu stanovení koncentrace selenu v plné krvi je odrazem okamžitého stavu zásobení organismu. Patomorfologické vyšetření odhalí bilaterálně symetrické oblasti bledé svaloviny (vzhled vařeného masa). Histopatologicky se prokáže hyalinní degenerace s fragmentací a lýzou myofibril v akutních případech. Typickým histopatologickým nálezem v případech s protražovaným průběhem je multifokální polyfázická reakce. V postižených svalech je pozorován současný výskyt degenerace svalových vláken, leukocytární invaze a regenerace. Nejčastěji postiženým typem vláken jsou vlákna typu 1 a 2A.2 Základem terapie je okamžitá parenterální aplikace selenu. Další terapie hřibat postižených NMD je stejná jako u koní postižených jakoukoliv rbdomyolýzou: infuzní terapií zajistit dostatečnou hydrataci pacienta a perfuzi ledvin, analgezie, monitoring koncentrace draslíku v plazmě a korekce případné hyperkalémie nebo hypokalémie a acepromazin (0,04 mg/kg i. v. 4 x denně). Velmi důležitou součástí terapie je ošetrovatelská péče o hřibě (zajistit tepelný komfort a výživu, monitoring koncentrace glukózy, ulehlá hřibata udržovat ve sternální poloze). V případě postižení polykacích svalů a následné dysfagie je nutné zajistit výživu hřiběte sondou a zahájit antibiotickou terapii jako prevenci aspirační pneumonie. Prognóza je vždy nejistá (Ludvíková a kol., 2008).

„Dalším onemocněním lokalizovaným především na svalstvu sportovních a dostihových koní je tzv. abstinenční syndrom. Toto onemocnění se objevuje nejčastěji v podzimních měsících, při omezení nebo náhlém vysazení koně z tréninku. Nejčastěji je vyvoláno náhlou změnou tréninkového stereotypu. Klinické příznaky se projevují ztuhlostí a bolestivostí postižených svalů, zejména hýžd'ových a stehenních, případně i svalů hřbetních a bederních, zřídka svalů hrudních končetin. Dispozice ke vzniku tohoto onemocnění jsou stejné jako u lokální myopatie a taktéž léčba obou onemocnění spočívá na stejném základě. Protože nejdůležitějším faktorem pro vznik těchto onemocnění je nedostatek vitamínu E a selenu, spočívá léčba především v jejich doplnění do krmné dávky. Vitamin E a selen mají zásadní význam pro správnou funkci svalstva. Ještě než se jejich nedostatek demonstruje zřejmou myopatií, projevuje se často subklinickou ztrátou výkonnosti. Obě účinné látky tvoří za sebou řazený ochranný systém biologických membrán, ve kterém se látkovou výměnou vznikající peroxidy a hydroperoxidy přeměňují na neškodlivé vazby. Nedostatkem vitamínu E a/nebo selenu se přerušuje tento řetěz látkové výměny a vede ke zničení buněčných membrán, ke kterému jsou buňky kosterních svalů zvláště citlivé. Včasným dodáním vitamínu E a selenu

do krmné dávky můžeme tyto patologické procesy zastavit a zahájit regeneraci buněk svalové tkáně. Preventivní obohacování krmné dávky o vitamín E a selen těmto svalovým onemocněním pomáhá předcházet a podporuje rozvoj a funkci svalstva“ (Kerhartová, 2003).

3.2 Ostatní stopové prvky

Zinek

Zinek má mnoho důležitých funkcí v organismu. Je stavební jednotkou a aktivátorem nejméně 160 enzymů a hormonů a tím zajišťuje nerušený průběh metabolismu bílkovin a tuků (Roedigerová-Streubelová, 1995). Hlavními enzymy jsou karboanhydrasy, alkalické a kyselé fosfatasy, superoxidodismutasy, laktátdehydrogenasy, peptidasy, deaminasy a další. Je nepostradatelným prvkem pro tvorbu bílkovin. Plní důležité funkce při syntéze proteinů a nukleových kyselin, proto je nepostradatelný pro správný růst zvířat a metabolismus kostí. Zinek má významnou roli v imunitním systému, který celkově podporuje. Je nepostradatelný pro tvorbu leukocytů a jejich funkci, tím ovlivňuje fagocytózu a také tvorbu protilátek. Má významnou roli v apoptóze buněk. Účastní se fyziologických procesů v kůži a kožních derivátech. Příznivě ovlivňuje vývoj pohlavních orgánů a také jejich činnost. Má vliv na aktivitu hormonu pankreatu glukagonu a hormonu hypofýzy kortikotropinu (Jelínek a kol., 2003).

Zinek se ve velkém množství nachází v prostatě a celkově zajišťuje správnou funkci reprodukčních orgánů u hřebců. Zinek zajišťuje vstřebávání a transport vitamínu A. Nově se také ukazuje, že má velký význam pro správnou činnost mozku (Roedigerová-Streubelová, 1995). Má podíl také na udržování stálé hladiny jiných stopových prvků, jako jsou mangan, hořčík, měď nebo selen. Užitečné účinky zinku v organismu spočívají vyjma všeobecného zlepšení metabolismu také v urychleném zhojení ran, zvláště při poraněních kůže (Kořínek, 2005). Podle Birdové (2004) je zinek společně se selenem a vitamíny A, C a D nápomocný při syntéze bílých krvinek, čímž výrazně posiluje imunitní systém. Pozitivně ovlivňuje činnost dýchací a oběhové soustavy. Kořínek (2005) uvádí, že jako první projevy při nedostatku zinku se objevují ztráta chuti k jídlu, zhoršení plodnosti, nedostatečné vyžrávání pohlavních znaků, onemocnění kůže, nedostatek pigmentu, rychlejší projevy stárnutí, náchylnost k infekčním onemocněním. Dalšími negativními projevy mohou být pohybová onemocnění, špatné a dlouhé hojení ran, zhoršení kvality kopytní rohoviny a celkové zpomalení růstu. Někdy dochází i k otravám zinkem. Požívání nadměrného množství zinku

vyvolává nežádoucí vedlejší účinky. Škodlivost zinku se váže zejména na druhotný deficit mědi. Akutní intoxikace zinkem způsobuje slabost a zamezuje řádnému prokrvení. Nadbytek tohoto prvku je také jednou z hlavních příčin vzniku nádorových onemocnění.

Tolerance dospělých koní vůči vysokému množství zinku v dietě je velká, avšak rostoucí hříbata jsou na množství velmi vnímavá a na sekundární nedostatek mědi reagují kontrakturou šlach, při které dochází ke snížené pohyblivosti a ohybnosti šlach a osteochondrózou. Také březí klisny by měly mít kontrolovaný příjem zinku, neboť při jeho nadměrném příjmu hrozí nebezpečí ukládání v játrech plodu (Meyer a Coenen, 2003).

Zinek má stejně jako měď a mangan mnohostranný význam v organismu. Nachází se ve všech buňkách v organismu. Jeho celkový obsah v tělech živočichů je desetkrát až patnáctkrát vyšší než obsah mědi. Z celkového množství zinku v organismu je nejvíce zastoupen v kostech. V kosterní soustavě je zinek obsažen především v místech aktivní osteogeneze, a to jako stavební jednotka alkalické fosfatasy a karboanhydrasy. Velké množství zinku se nachází také v cévnatce oka a prostatě. Značně vysoké množství se vyskytuje také v kůži a kožních derivátech, pankreatu, játrech, varlatech, ledvinách. V pankreatu se zinek shromažďuje v beta buňkách Langerhansových ostrůvků, kde hraje nezastupitelnou roli při tvorbě inzulínu. Ve svalové tkáni je koncentrace zinku menší. Nejméně je zinek zastoupený v nervové a plicní tkáni. V hepatocytech v játrech se zinek nachází v mitochondriích, cytoplasmě, buněčném jádru i v mikrosomech. Největší množství zinku v hepatocytech se nachází ve formě metaloenzymů, částečně se poměrně pevně váže také na nukleové kyseliny.

V krvi je zinek součástí jak krevní plazmy, tak krevních částic erytrocytů, leukocytů a trombocytů. Přibližně jedna třetina zinku v krevní plazmě se volně váže na protein albumin, zbytek se pevně váže na globuliny. Zinek, který je součástí erytrocytů, se nachází v převážně většině ve formě karboanhydrasy. V malé míře se může zinek nacházet i jako součást jiných enzymů obsažených v erytrocytech. Superoxiddismutasy, fosfatázy a dalších metaloproteiny jsou formy sloučenin obsahující zinek v leukocytech. Koncentrace zinku v krvi a krevní plazmě se odvíjí podle změn obsahu zinku v přijatém krmivu. Vysoký obsah zinku v potravě zvyšuje koncentraci zinku v krvi a naopak při malém příjmu zinku dochází ke snížení obsahu zinku v krvi. Vstřebávání zinku probíhá v tenkém střevě, obzvláště v duodenu, a to aktivní formou za dodání energie. V duodenu se zinek v první fázi navazuje na specifický protein v enterocytech a pak přestupuje do lymfy a krve. Míra resorpce zinku je ovlivněna především jeho koncentrací v zažitině. Dále se odvíjí podle potřeby organismu. Záleží na věku zvířat, na

chemické formě, v jaké je zinek přijat a pak také na jeho rozpustnosti v duodenu. Vstřebávání zinku závisí na působení řady ostatních prvků a živin obsažených v zažitině střev. Stravitelnost zinku negativně ovlivňuje nadměrné množství vápníku, fosforu, železa, mědi, kadmia, olova, hrubé vlákniny a kyseliny fytové v krmné dávce. Vstřebávání je sníženo i při malém obsahu bílkovin v krmné dávce při zánětlivých procesech na sliznici duodena. U rostoucích mláďat je míra resorpce zinku vyšší než u dospělých zvířat.

K exkreci endogenního zinku dochází prostřednictvím slin, pankreatické a střevní šťávy a žluči. Velké množství takto vyloučeného zinku do tenkého střeva se může znovu vstřebat. Většina zinku se však zpětně neresorbuje a odchází z těla výkaly společně s neresorbovaným zinkem z krmné dávky. Podstatné množství zinku se vylučuje prostřednictvím kolostra a mléka. Homeostáza zinku je udržována kontrolovanou resorpcí a exkrecí (Jelínek a kol., 2003).

Mangan

Mangan je jedním z nenahraditelných prvků pro organismus koně. Mangan významně zasahuje do tkáňových oxidoredukčních procesů. Hlavní roli má především v metabolismu sacharidů a tuků. Mangan má významné funkce ovlivňující správný růst, vývoj a reprodukci zvířat. Tento prvek je zodpovědný za syntézu sulfátu chondrotinu, který je potřebný pro tvorbu kloubní chrupavky (Briggs, 2011). Podle Jelínka a kol. (2003) je důležitým komponentem v mnoha enzymech, prostřednictvím kterých zasahuje do energetického, bílkovinného, lipidového a minerálního metabolismu. Zásadními enzymy obsahující mangan jsou alkalická fosfatasa, arginasa a pyruvát karboxylasa. Pro mnoho dalších enzymů je mangan aktivátorem. Pozitivně ovlivňuje mineralizaci skeletu a krevtvorbu. V krvi je zastoupen jak v krevních elementech tak i krevní plazmě. V plazmě se váže na bílkovinu beta globulin, jenž je nazýván jako transmanganin. Je to hlavní transportní forma manganu. U polygastrů je zásadní pro růst a rozmnožování bachorové mikroflóry. Napomáhá syntéze a aktivitě trávicích enzymů tvorbě těkavých mastných kyselin a mikrobiální bílkoviny. K resorpci manganu dochází ve dvanáctníku v tenkém střevě a to aktivní formou. Celková míra resorpce z celkové krmné dávky je velmi nízká. Nemalý vliv má na špatné vstřebávání manganu krmivo s vysokou koncentrací draslíku, vápníku a fosforu. Exkrece endogenního manganu se uskutečňuje produkcí žluče. Mangan tak putuje do střeva, kde se vylučuje společně s neresorbovaným manganem výkaly. Vylučování manganu močí je nepatrné. Rovněž koncentrace manganu v mléce má velmi nízké hodnoty. V kolostru jsou však

naměřené obsahy manganu vyšší. Kontrolovaná exkrece a variabilní resorpce udržuje homeostáza manganu v organismu v závislosti na potřebě manganu a jeho obsahu v denní krmné dávce. Potřeba manganu je poměrně nízká, ale u mladých rostoucích zvířat, které mají vyšší požadavky na příjem manganu díky rychlému růstu a přestavby chrupavek a skeletu je potřeba relativně vyšší.

Mangan patří mezi minerální prvky s nejmenší toxicitou. Díky jeho malé resorpci, která se pohybuje v rozmezí 1 – 5 % dochází k intoxikaci velmi zřídka. Při příjmu velkého množství manganu však může docházet ke sníženému využití železa z krmné dávky, což má za důsledek vznik anémie. Nedostatek manganu je u koní taktéž vzácný, díky jeho bohatému zastoupení v krmivech. Nejvíce manganu obsahují pšeničné otruby a zelená píce.

Železo

Železo je stopový prvek tvořící mnoho enzymů a sloučeniny bílkovin, které se účastní oxidačně-redukčních pochodů. Jeho množství ovlivňuje stav červených krvinek, správnou činnost srdce a buněčné dýchání. Hraje důležitou úlohu při procesech buněčného dělení, hormonálních změn, při růstu svalů. Ovlivňuje také celkový stav imunitního systému. Železo je hlavní složkou bílkovin účastnících se nitrobuněčného dýchání. Největší část železa je využívána k syntéze hemoglobinu, který přenáší kyslík a myoglobinu, jenž kyslík uskládá ve svalech. Železo je součástí také mnoha dalších enzymů, které mají účast na buněčném dýchání. Zbytek tohoto prvku se nahromaduje hlavně v játrech a slezině. Vysoký obsah železa obsahují motýlokvěté rostliny a jadné krmivo. Přítomnost vitamínu C pozitivně ovlivňuje resorpci v tenkém střevě, kdežto fosfor zabraňuje správnému využití železa (Kořínek, 2005).

Nejvýznamnější funkcí železa je tvorba krve, na kterou jsou citlivá zejména novorozená hříbata. Ta mají vzhledem k relativně velkému objemu krve a vyšší hodnotě hematokritu určité omezené zásoby železa v krvi (celkem se v krvi hříbat nachází 80 % celkového množství železa přítomného v organismu), takže nedostatečný příjem železa v mléce může být zpočátku kompenzován těmito rezervami. Problémy mohou nastat u předčasně narozených hříbat. Nestačí rezervy z krve ani množství uložených zásob, jelikož se až 50 % jeho celkového množství ukládá až v posledním měsíci březosti (Meyer a Coenen 2003).

Dospělí koně jsou železem většinou zásobeni dostatečně, jelikož běžně používaná krmiva obsahují větší množství železa, než jsou hodnoty jeho normované potřeby. A to i přes

to, že je železo v mnoha krmivech (obilná zrna, olejné pokruty) obsažené většinou ve formě fyfátů, které nejsou pro koně snadno využitelné. Nedostatek železa se může objevit při vysokém obsahu manganu v krmivu, který má za následkem sníženou absorpci železa. Příznaky nedostatku železa se mohou projevit i u dostihových koní, kteří trpí těžkým napadením parazity (Meyer a Coenen, 2003).

Větší spotřebu tohoto prvku mají intenzivně sportovně zatěžovaní koně, jelikož významné množství je vydáváno při těžké práci při pocení, což vede ke ztrátě energie. Proto je u těžce pracujících koní nezbytná suplementace (Birdová, 2004). Meyer a Coenen (2003) dodávají, že zvýšenou potřebu železa mají koně při začínajícím tréninku, kdy se zvyšuje počet červených krvinek. Nutná je také suplementace při ztrátě většího množství krve v důsledku poranění. Vyšší potřebu mají také mladí koně, březí a kojící klisny. Na zvýšený příjem železa jsou zvláště citlivá hřebata v prvních dnech jejich života. Přebytky železa se ukládají v různých tkáních, zejména v játrech.

Při vysoké hladině železa mohou být jedinci náchylnější k bakteriálním infekcím, jelikož se bakterie množí při větším příjmu železa mnohem efektivněji. Náchylnost koně k bakteriálním infekcím mohou zvýšit kortikosteroidy, které jsou zdrojem železa (Briggs, 2001).

Nedostatek železa může způsobit stavy slabosti, dyspnoe, anemii či chudokrevnost. Všeobecně nedostatek železa omezuje růst jedinců a dochází k celkovému vyčerpání organismu. Většinou je příčina v malém obsahu vstřebatelných forem tohoto kovu v krmivu nebo poruchami resorpce železa. Následně dochází ke sníženému vstřebávání dalších složek potravin (Kořínek, 2005). Hřebata pak mohou trpět depresemi, dehydratací, průjmami. Dochází k selhání jater a exitu. Je důležité si uvědomit, že tělo nemá žádný způsob, jak vylučovat nadbytek železa. Jeho jediným prostředkem ochrany je snížení absorpce, kterou mohou podpořit perorální doplňky (Meyer a Coenen, 2003).

Měď

Měď patří mezi stopové prvky a vyskytuje se především v krvi, ledvinách, játrech, mozku a také ve svalové tkáni. Tento stopový prvek je součástí mnoha enzymů a metaloproteinů, které se zapojují do oxidačně-redukčních procesů (Briggs, 2001). Jelínek a kol. (2003) uvádějí, že mezi důležité metaloenzymy se řadí monoaminoxidasa, diaminoxidasa, superoxididmutasa, tyrozinasa, cytochromoxidasa, laktasa, dehydrogenasa atd. Tyto enzymy ovlivňují řadu biochemických reakcí na celulární a subcelulární úrovni a

zasahují tak do metabolismu. Metaloproteiny obsahující měď jsou ceruloplasmin, erytrokuperin a cerebropuperin.

Měď udržuje také elasticitu vaziva a má také funkce ve stabilizaci kostního kolagenu (Briggs, 2001). Působí v kompetici s dalším stopovým prvkem zinkem, s kterým bojuje proti poškozením, která jsou vyvolávána volnými kyslíkovými radikály (Kořínek, 2005). Měď má nezastupitelnou funkci v krevním metabolismu a je nepostradatelnou součástí krve. Není přímo jeho chemickou složkou, ale v krvinkách se vyskytuje jako hemokuperin. Účastní se také jako katalyzátor při reakcích, kdy vzniká krevní barvivo hemoglobin. (Dušek a kol., 1999). Jelínek a kol. (2003) doplňuje, že v krvi se měď nachází rovnoměrně v plazmě a erytrocytech. V erytrocytech se váže na specifickou bílkovinu erytrokuperin a hemokuperin. V krevní plazmě se z 80 % měď nachází v ceruloplazminu a zbytek se váže na bílkovinu albumin. Malé množství mědi obsahují i leukocyty a trombocyty.

Při dlouhodobém nedostatku mědi mohou vznikat poruchy pigmentace srsti, poruchy plodnosti, především dochází k rané embryonální mortalitě. Při výrazné absenci mědi vzniká anémie, osteoporóza, defekty na stěnách aorty a cév i kardiomyopatie. U mláďat dochází ke vzniku ataxie a k poruchám nervové činnosti (Jelínek a kol., 2003). Absence mědi může dále způsobit všeobecnou slabost, snížené tkáňové dýchání a vředy na kůži. Naopak pravidelné požívání krmiva s velkým (i když netoxickým) množstvím mědi je svázáno s rizikem chronické otravy. Nejvíce jsou ohrožena mladá zvířata. Hlavními projevy nadbytku mědi jsou psychické poruchy a poškození ledvin (Kořínek, 2005). Podle Jelínka a kol. (2003) nadbytečné množství mědi zapříčiňuje dystrofii jater, hemolýzu erytrocytů, ikterus a hemoglobinurii.

Ke vstřebávání mědi dochází aktivním způsobem za potřeby energie v tenkém střevě. Při velmi vysoké koncentraci mědi v krmivu se měď může resorbovat i pasivním způsobem po směru koncentračního spádu (Jelínek a kol., 2003). Vstřebávání mědi významně omezují vyšší koncentrace některých dalších prvků v krmné dávce (železo, síra a molybden), takže je poněkud obtížné odhadnout, kolik mědi je využito. Vzniká sekundární karence (Briggs, 2001). Aktivní transport mědi do střevního epitelu významně ovlivňuje obsah aminokyselin a specifické bílkoviny, která obsahuje sulfhydrylové skupiny. Po přestupu do krevních kapilár se měď navazuje na krevní bílkovinu albumin a je transportována do jater. V játrech dochází k jeho transformaci na metaloproteiny a metaloenzymy, které plní svou funkci v mnohých metabolických pochodech. Částečně se také měď ukládá v játrech do zásoby, kde je pak regulován její metabolismus. Při nedostatku ji ukládá a při nadbytku je vyloučena. Játra jsou

hlavním exkretčním místem mědi. Dochází k přechodu mědi do žluče a k jejímu vylučování do tenkého střeva. Tam se měď může opět resorbovat, avšak z větší části se vylučuje exkrementy. V menším množství se měď odvádí močí. Slinami se vylučuje pouze její nepatrné množství (Jelínek a kol., 2003).

Podobně jako u železa dochází také k exkreci mědi při těžké práci pocením, proto je u těžce pracujících koní dodávání stejně tak potřebné (Birdová, 2004). Homeostázu mědi zaručuje regulovaná resorpce. Při nízkém obsahu mědi v organismu se resorpce zvyšuje, naopak při nadbytku mědi v potravě se resorpce snižuje (Jelínek a kol., 2003).

3.3 Rizikové prvky

Kontaminace půdy rizikovými prvky

Nejvíce kontaminovaných oblastí se nachází v blízkosti rozsáhlých průmyslových zón, které byly vystaveny imisemi těžkých kovů. Na zvýšení obsahu těžkých kovů v zemědělských půdách má vliv i aplikace čistírenských kalů, zejména těch, které pocházely z průmyslových závodů nebo byly produkty společného čistícího procesu odpadních vod průmyslu a domácností. Zdrojem kontaminace zemědělských půd je obvykle i aplikace hnojiv zejména fosforečných, popřípadě nadměrná aplikace pesticidů, které obsahují anorganické prvky či sloučeniny. Kontaminovaná půda těžkými kovy má mnoho omezení, a to nejen pro pěstování plodin zemědělské produkce, ale i její další využití může být rizikové jak pro zvířata a člověka, tak i pro okolní životní prostředí (Tlustoš a Habart, 2009).

Arsen

Průměrný obsah arsenu v zemské kůře je 1,8 mg/kg a v půdách se jeho hodnoty pohybují mezi 2 - 20 mg/kg. Velmi vysoká je koncentrace v jílových a jiných sedimentech. Nejbohatší na arsen jsou horniny obsahující sulfidy a uhelnou příměs.

Zamoření zemědělských půd arsenem vzniká především z popílku a odsiřovacích produktů z kotelen, které byly aplikovány do půdy, nebo se tam dostávají v podobě imisí. V půdách se vyskytuje arsen především ve formě arsenitanů a arzeničnanů železa a hliníku. Ty jsou málo rozpustné, zejména na kyselých půdách. Sorbovány jsou hydratovanými oxidy železa a hliníku, hydroxidy, půdním humusem, jílovými minerály i kationty těžkých kovů. V suchém klimatu jsou sloučeniny arsenu téměř nepohyblivé. Pokud není arsen sorbován, dochází k jeho biologické metylaci. Metylovaný arsen pak může být volatilizací uvolňován do

atmosféry. Detoxikovat půdu obsahující arsen je možné síranem železnatým, vápencem, vysokými dávkami fosforu (Richter, 2004).

Arsen je mimo jiné obsažen v herbicidech a ochranných nátěrech dřeva. Při požití vysokého množství arsenu může dojít k otravě. Arsen inhibuje sulfhydrylový enzymový systém, který ovlivňuje buněčnou respiraci a metabolismus sacharidů a tuků. Projevem otravy je neklid, bolesti dutiny břišní, krvavý průjem, ataxie, svalová slabost, polyurie, proteinurie, dehydratace, hypovolemický šok, paralýza. Při závažných otravách se dostavuje koma až smrt (Plunkett, 1993).

Olovo

Za průměrný obsah olova v půdách je považováno rozmezí 5 – 50 mg/kg, přičemž za přirozený obsah 2 – 300 mg/kg. Běžně se však vyskytuje v rozmezí 10 – 20 mg/kg. Olovo se vyskytuje v krystalových mřížkách různých draselných nerostů, jako jsou živce a slídy. V půdě se olovo nachází převážně ve formě Pb^{2+} . Tvoří velkou řadu různých minerálů, které jsou špatně rozpustné ve vodě. Olovo se váže také na oxidy manganu, hydroxidy Fe a Al a organickou hmotu. V některých půdách se nachází v částicích uhličitanu vápenatého nebo ve fosforečných sloučeninách. Nejvíce je zastoupeno v kyselých vyvěřelých horninách a směrem k ultrabazickým horninám jeho obsah klesá.

V půdě se olovo pohybuje díky jeho špatné rozpustnosti jen velmi málo. Malá pohyblivost je dána také tím, že je olovo dobře poutáno jílovými minerály i humusovými látkami. Za přítomnosti chalátů se však jeho mobilita překvapivě zvyšuje a stoupá tak jeho přijatelnost rostlinami. Sloučeniny olova se nejvíce vyskytují ve vrchní pěticentimetrové vrstvě půdy a s přibývajícím hloubkou obsah olova klesá. Olovo je rozpustné v kyselém prostředí. Při zvyšování pH (po vápnění) se pak jeho rozpustnost snižuje, protože se vysráží ve formě hydroxidu, fosforečnanu či uhličitanu. V kyselém prostředí tvoří olovo také organické komplexy.

Zvýšená pozornost je věnována tomuto prvku proto, že v důsledku antropogenní činnosti je přirozený obsah olova v půdě zvyšován nad hraniční hodnotu stanovenou směrnici ministerstva zemědělství (Richter, 2004).

Vstřebané olovo je transportováno krví do jater a ledvin, kde se kumuluje. Při intoxikaci olovem mohou být poškozeny ledviny a játra, krev, nervový systém a kardiovaskulární systém. Část olova v játrech se vylučuje žlučí do střeva. Malý podíl olova se

vylučuje močí. Při dlouhodobé expozici se olovo hromadí v kostech. Mimo kostí se olovo ukládá především v játrech a ledvinách (Cibulka a kol., 1991).

Plunkett (1993) uvádí, že důsledkem zatížení organismu olovem je poškozen periferní i centrální nervový systém, čímž dochází k poruchám hybnosti a poškození mozku. Objevují se nervové poruchy jako tonicko-klonické křeče, hysterie, změny chování, ataxie a slepota, případně ochrnutí dolních končetin. Objevují se také poruchy gastrointestinální soustavy jako špatné trávení, bolesti dutiny břišní, anorexie, zácpa či průjem. Olovo v organismu také snižuje množství hemoglobinu v erytrocytech a vzniká anémie.

Kadmium

Kadmium je velmi toxický prvek. V přírodě se vyskytuje jako součást minerálů, dále je v organických sloučeninách, vázané (sorbované) na půdní koloidy a také ve vodorozpuštěném stavu jako součást půdního roztoku.

Průměrný obsah kadmia v půdě se běžně pohybuje v rozmezí 0,01 - 1,1 mg/kg. V půdách ČR, které jsou mimo zdroje kontaminace, je běžný obsah kadmia 0,2 - 1,5 mg/kg. Podle literárních záznamů se za posledních 150 let obsah kadmia v půdě zvýšil o 27 - 55%. Ke kumulaci kadmia dochází nejvíce ve vrstvě 0 - 5 cm a s přibývajícím hloubkou se jeho koncentrace snižuje.

Při zvětvávání hornin kde jeho obsah nepřesahuje 0,3 mg/kg přechází do roztoku velmi snadno a vyskytuje se jako kationt Cd^{2+} . Může však tvořit i komplexní ionty a cheláty. Biologická dostupnost kadmia v půdě závisí na druhu rostliny, redoxním potenciálu a také na složení půdního roztoku. V silně oxidačních podmínkách má kadmium schopnost tvořit stálé minerály (CdO , $CdCO_3$) a hromadit se ve fosfátech a biogenních usazeninách. Mezi hlavní faktory limitující obsah kadmia v půdě je chemické složení mateční horniny. Důležitý je také faktor pH půdy. S klesajícím pH rozpustnost a pohyblivost kadmia stoupá. Nejpohyblivější je v půdě při pH 4,5 - 5,5. V zásaditém prostředí je kadmium poměrně málo pohyblivé. Při pH nad 7,5 přestává být rozpustné a proto o jeho přijatelnosti rozhoduje rozpustnost $CdCO_3$ a pravděpodobně také $Cd_3(PO_4)_2$. Rozpustnost kadmia také závisí na přítomnosti síranů v půdě. Při větším obsahu sírany dochází k vysrážení kadmia a tím ke snížení jeho rozpustnosti. Naopak chloridové ionty pohyblivost kadmia zvyšují.

Obsah kadmia v půdě významně ovlivňuje mikroorganismy žijící v půdě. Je známo, že vysoká koncentrace iontů kadmia v půdním výluhu má silný inhibiční efekt na půdní

mikroorganismy a půdní mikroflóru může přímo poškozovat. Výsledkem pak může být negativní vliv na růst rostlin z důvodů omezení fixace vzdušného dusíku, zpomalení mineralizace apod. (Richter, 2004).

Kadmium je přirozeně se vyskytující prvek, který je značně rozšířen v zemském povrchu. Do okolního prostředí je uvolňován zejména prostřednictvím důlního průmyslu, zpracováním rud a tavením zinkových a zinko-olověných rud. Kadmium se pak následně využívá při pokovování, výrobě barev a baterií (Salava, 2014).

Kadmium se nerozkládá, ale tvoří různé sloučeniny. Většinou zůstává velmi dlouhou dobu na místě, kde vstoupilo do životního prostředí. V půdách se pak může tento prvek splavit do vod nebo se kumuluje v rostlinách.

Kadmium se může do organismu dostat několika cestami. S malými prachovými částicemi vstupuje do dýchací soustavy, trávicí soustavou pak při polykání zažitiny. V plicích se vstřebává 10 - 40 % kadmia, což závisí na jeho chemické formě, páry obsahující kadmium se absorbují až z 50 %. V trávicím traktu se váže až 29 % kadmia.

K eliminaci kadmia dochází v organismu živočichů velmi pomalu. Nejvíce kadmia z celkového obsahu v organismu se kumuluje v ledvinách a játrech, kde je při syntéze methalothioneinu vázáno 80 - 90 % kadmia, které pak už na organismus negativně nepůsobí. V krvi koluje malé množství kadmia, ale přesto je nebezpečné pro vyvíjející se plod, jelikož může procházet placentou. Kadmium také může vytěsnit zinek z různých enzymů, a tím narušit průběh metabolických reakcí (Holoubek, 2004).

3.4 Výživa a krmení koní

3.4.1 Technologie krmení

Vogel (1993) uvádí, že hlavní zásadou je, aby krmná dávka koně obsahovala dostatek potřebných látek, jejich vyvážený poměr a vysokou stravitelnost. Při sestavování krmné dávky se musíme řídit úrovní metabolismu koně, jeho momentální kondicí, ale především stupněm zatížení koně. Při správně výživa pak může kůň podat optimální výkon, nezlepší se však jeho vrozené schopnosti. Nevhodná či špatná strava může však výrazně omezit schopnosti zvířete a snížit jeho výkonnost, ale může také způsobit závažná metabolická onemocnění.

Podle Čermáka a kol. (2002) je nutné koně krmit pravidelně několikrát denně ve stejný čas tak, aby mohl v klidu krmení požit a zpracovat. Na každé krmení by měly připadnout alespoň 2 hodiny. Nejčastěji chovatelé dělí celkovou denní krmnou dávku na ranní, polední a večerní krmení, přičemž jedna polovina denní dávky se krmí zásadně večer, z důvodu nejlepšího využití živin a druhá polovina se dělí mezi ranní a polední krmení. Díky důkladnému prokousání a proslinění v ústní dutině přijímají koně krmivo poměrně pomalu. Mezi krmením a tréninkem musí být dostatečná časová rezerva umožňující koni klidné trávení přijatého krmiva. Při dělení krmné dávky během dne musí každý chovatel vycházet z času, který má kůň na trávení a z času na trénink. Důležitou váhu má také skladba krmné dávky. Hůře stravitelná krmiva by se měla podávat na noc, protože má kůň nejvíce času na trávení. Také větší množství objemných krmiv se podává večer, aby příliš nezatěžovalo trávicí ústrojí během práce koně. Je tedy důležitá sladěnost výživy s pracovním zatížením.

Při přechodu na novou krmnou dávku koně, je třeba postupného navykání, nejlépe po dobu sedmi až deseti dnů. Začít by se mělo přimícháním malého množství nového krmiva do staré krmné dávky a postupně zvyšovat množství nového krmiva a snižovat množství starého, dokud není přechod kompletní. Pomalý postup umožňuje mikrobům ve střevě adaptovat se na novou krmnou dávku a snižuje riziko koliky nebo jiných trávicích poruch.

Meyer a Coenen (2003) upozorňují, že riziková je dokonce i záměna jednoho druhu sena nebo jadrného krmiva za jiné. Obecně platí, že čím delší je doba postupného navykání, tím je menší pravděpodobnost výskytu trávicích problémů. Nebezpečný je také přechod ze stájového krmení na pastvu.

Dušek a kol. (1999) uvádějí, že denní krmná dávka se dá rozdělit na část bílkovinnou, energetickou, minerální a vitamíny. Obecně lze konstatovat, že potřeba živin pro koně se mění podle jejich kategorie a stupně zatížení. Takže rekreačně využívaní koně budou mít odlišnou potřebu živin než sportovní nebo dostihoví koně. Hobby koně s lehkou prací či chovné klisny si vystačí s jednoduchou krmnou dávkou. Lze je krmit například jen pící a jedním druhem koncentrované směsi.

3.4.2 Základní krmiva

Jadrná krmiva

Jadrná krmiva jsou krmiva s vysokou koncentrací živin. U sportovních koní ve vysoké pracovní zátěži jsou nejvhodnější volbou pro pokrytí zvýšených energetických nároků. Do

jadrných krmiv zahrnujeme zrniny z obilovin, luštěnin a olejnin, které musí být samozřejmě podávány v optimální kombinaci se stravitelnou vlákninou a tukem. Využití jadrných krmiv se také odvíjí podle sportu, na který je kůň využíván. Krmení koní velkým množstvím jádra s sebou ale přináší zdravotní rizika jako je výskyt žaludečních vředů, kterými trpí nadpoloviční většina všech sportovních koní, nebo schvácení (Dušek a kol., 1999).

Švehlová (2007) vysvětluje, že nejvíce nebezpečné jádro pro vznik schvácení kopyt (laminitidy) je pšenice, kukuřice a ječmen (či jejich směsi, granule), nejméně pak oves. Jelikož jádro obsahuje lehce stravitelné cukry ve formě škrobů, na které není koňský organismus dobře adaptovaný, mohou tyto škroby projít velmi rychle tenkými střevy, kde by normálně mělo dojít k jejich rozkladu a vstřebání. Škrob se však dostane do střeva tlustého a slepého, kde dochází k bakteriální fermentaci. Bakterie ale tento typ cukrů štěpí velmi rychle a začínají se množit, což negativně ovlivňuje mikrobiální rovnováhu ve střevě. Dochází k úhynu jiných typů bakterií a rozkladem jejich těl vznikají takzvané endotoxiny. Škroby se rozkládají na kyselinu mléčnou, a to v takovém množství, které se nestíhá vstřebat do krve, proto se prostředí střeva okyselí. Kyselé prostředí a endotoxiny narušují střevní stěnu a tak do krve pronikají různé toxiny. Ty se díky dalším vzniklým látkám – aminům dostávají porušenou střevní stěnou až do vlásečnic v kopytech a dochází k akutní laminitidě (Švehlová, 2007).

Oves

Oves je nejběžnějším jadrným krmivem používaným ve výživě koní. Podstatně se odlišuje od ostatních druhů obilovin díky jeho vzájemnému podílu živin. Má poměrně velký obsah vlákniny 10 – 11,6 %, čímž snižuje stravitelnost organické hmoty na 70 %. Díky tomu má také nízkou hladinu stravitelné energie, která je oproti ječmenu menší o 10 % a kukuřici o 20 %. Obsahuje poměrně velké množství tuku 4,5 – 5,5 % stejně jako obsah stopových prvků manganu a kobaltu. Koncentrace železa, hořčíku, vápníku, zinku a vitaminů E a B1 je v ovsu vyšší než v ostatních jadrných krmivech (Dušek a kol., 1999). Oves se koním podává celý nebo mačkaný. Při zkrmování mačkaného ovsa, kdy jsou narušeny pluchy, dochází k větší využitelnosti živin, proto je dobré jej zkrmovat nemocným či starým koním, kteří nedokážou oves dostatečně rozdrtit a proslinit v ústní dutině. U zdravých koní však pluchy příznivě působí na organismus, jelikož mechanicky dráždí nervstvo trávicí soustavy. Šrotovaný oves není vhodné zkrmovat kvůli vysokému podílu prachových částic. Oves je pro koně vhodný také díky obsahu alkaloidu aveninu a glukosidu koniferou, který specificky působí na koňský organismus. Je vhodný i díky vysoké koncentraci kyseliny fosforečné, která rovněž příznivě

ovlivňuje činnost nervové soustavy. Oves je proto nenahraditelným krmivem zejména pro sportovní koně. Při zkrmování většího množství ovsu je potřeba ho rozdělit do několika krmných dávek během dne, aby nedocházelo k nadměrnému zatěžování organismu (Kolářová a Čermák, 1997).

Krmné směsi

Kromě jednotlivých jadrných krmiv jsou koním často podávány kompletní krmné směsi. Jsou to průmyslově namíchaná krmiva skládající se především z přirozených jadrných krmiv. Ty jsou obohacena o specifická krmiva a doplňky. Hlavními komponenty jsou zejména pšenice, sója, ječmen, oves, len, luskoviny ale také krmiva mlynářského průmyslu jako jsou otruby, klíčky, mouka a tukového průmyslu extrahované šroty a pokrutiny. Jednotlivé krmné směsi se liší obsahem organických živin, minerálních látek, vitaminů a jiných účinných látek tak aby odpovídaly fyziologickým potřebám jednotlivých kategorií koní podle jejich zaměření a využití (Dušek a kol., 1999).

Pratt-Phillips (2014) uvádí, že užívání krmných směsí je pohodlný způsob krmení koní s vyšším výdejem energie, kteří fyzicky nemohou konzumovat dostatek sena, aby vyhovoval jejich potřebám. Někteří majitelé koním krmivo raději míchají sami, ačkoliv je příprava směsi náročná a měla by být schválena či konzultována s odborníkem na výživu. Často však při sestavování krmné dávky dochází k závažným pochybením. Mnoho majitelů se při navrhování své vlastní krmné dávky domnívá, že více znamená lépe (zejména s ohledem na vitaminy nebo minerály). Některé minerální látky a vitaminy jsou však pro koně toxické i na relativně nízké úrovni a je snadné dosáhnout maximální přípustné hodnoty. Mnohdy se stává, že majitel zkrmuje komerčně dostupnou krmnou směs, která obsahuje dostatek potřebných vitaminů a minerálních látek a k tomu ještě koni podává vitamino-minerální směs. V takovýchto případech pak může docházet k intoxikaci minerálními prvky či vitaminy nebo deficitu ostatních důležitých prvků, které jsou díky prvkům v nadbytku málo absorbovatelné. Například selen je ve vysokých dávkách vysoce toxický prvek. Naopak vitamin E je v nadbytku relativně netoxický, ale může mít vliv na absorpci jiných živin. Proto je práce s odborníkem na výživu nejlepší způsob, jak zajistit, jestli je strava pro koně optimální.

Dalším aspektem výběru správného koncentrátu je správný zdroj kalorií. Pokud jde o energii, kalorie, které pocházejí z tuků, jsou stejné kalorie odvozené od sacharidů. Krmivo bohaté na škrob a cukr (např. obilná zrna) se v organismu rozkládá na glukózu. Někteří koně jsou však velmi citliví na glukózu v krvi a stávají se hyperaktivními. Takto temperamentní

koně by pak měli být krmeni jinými zdroji energie, které nemají vliv na jejich horkokrevnost (Pratt-Phillips, 2014).

Objemná krmiva

Zdrojem vlákniny v krmné dávce je její objemná část – píce. Ta může být zkrmována čerstvá, usušená či silážovaná. Zažívací trakt koně, na rozdíl od lidského, je uzpůsoben využívat rostlinnou vlákninu díky symbiotickým bakteriím ve velmi objemných slohách tlustého střeva. Kůň díky nim získává nejen glycidy a tuky, ale také aminokyseliny. Pokud kůň nedostává dostatečné množství objemných krmiv, zůstávají střevní slohy nenaplněné. Důsledkem toho může být vznik nebezpečných kolik (Vogel, 1995).

Kolářová a Čermák (1997) doplňují, že objemná krmiva tvoří hlavní část krmných dávek koní. Rozdělují se na šťavnaté (zelená píce, okopaniny, siláž o vyšší sušině) a suché (seno, úsušky, sláma).

Zelená píce

Ve výživě koní se zelená píce uplatňuje jako porost pastevní. U výkonných a hodnotných sportovních koní znamená však pouštění na pastvinu velké riziko. Ve výběhu se kůň může různými způsoby zranit, což je pro každého majitele nežádoucí. Nemocný kůň připravuje majitele o peníze a někdy se už nemusí vrátit k původní výkonnosti. Pokud tedy chtějí dopřát svému sportovnímu koně čerstvou píci, podávají ji v krmné dávce. Rekreační koně nebo koně soutěžící jen v lehčích sportovních disciplínách jsou však na pastvinu pouštění běžně. Stravitelnost organické hmoty zelené píce se pohybuje v rozmezí 65 – 75 % a obsah vegetační vody v píci činí 75 – 85 %. Stárnutím rostliny však dochází ke snižování stravitelnosti organické hmoty, menší využitelnosti živin a ke zvýšení obsahu hrubé vlákniny. Optimální složení porostu se odvíjí podle půdních, teplotních a vláhových podmínek. Pro koně by mělo být složení zhruba 75 % kulturních trav – malé množství jetelovin (jetel luční, zvrhlý, plazivý) a větší množství trávy – převážně volně trsnaté (bojínek, kostřava luční, srha, trojštět) a malé množství výběžkaté (kostřava červená, lipnice, psárka, psineček), 20 % vikvovitých a 5 % různých bylin. Často se samostatně zkrmuje jetel a vojtěška. Obsahují velké množství bílkovin a méně pohotové energie, proto zdaleka nepatří k nejvhodnějším objemným krmivům pro zdravé koně. Vojtěška je bohatá na minerální látky podporující růst kostí, mikroelementy (především mangan) a vitaminy. Jetel má stravitelných dusíkatých látek o něco méně než vojtěška, ale je oblíbený pro jeho dobrou chuť a kořeněné aroma. Vhodným doplňkem v krmné dávce jsou pro koně podvyživené, kterým mohou v přiměřeném množství

rychle dodat chybějící živiny. Ve větším množství jsou obě píce nevhodné zejména pro sportující koně. Při nařezání na krátké části dochází k rychlému zapaření, což může vyvolat kolikové potíže. Tyto byliny mohou být také příčinou schvácení kopyt (Dušek a kol, 1999). Oves a žito na zeleno, případně kukuřice či jiné obilné směsky mohou být vhodným zdrojem pro doplnění živin, zejména vitamínů, minerálních látek a vlákniny, ale také jen do určité míry (Kolářová a Čermák, 1997).

Seno

Podle Honsové (2008) je hlavním krmivem pro koně seno. Jako nejkvalitnější objemné krmivo je pro koně nepostradatelný, díky jeho dlouhému setrvání v trávicím traktu, které činí 35 – 50 hodin. Důležité při krmení senem je dbát na jeho správné složení a strukturu. Nikdy by nemělo být napadeno plísněmi a nesmí nadměrně prášit, neboť při dýchání v takto znečištěném vzduchu následně dochází k dýchacím potížím, negativně ovlivňují výkon koně i jeho zdraví. Dušek a kol. (1999) dodávají, že je seno nejčastěji zkrmovanou pící a je nezastupitelným krmivem v zimním období, kdy je nedostatek pastevního porostu. Z toho vyplývají vysoké nároky na jeho kvalitu, neboť by mělo seno zastupovat 40 – 50 % celkového množství potřebných živin. Seno pro koně musí být velmi kvalitní, a proto je častý i dovoz z okolních států. Optimální energetická hodnota sena 8 MJ na kg. Seno obsahuje velké množství vápníku, avšak koncentrace fosforu je velmi malá. Proto je nutné doplňovat jej koncentrovanými krmivými (jádro, krmné směsi), které nedostatek fosforu vykompenzují. Seno je také bohaté na obsah draslíku. Celkové množství minerálních látek je 4,9 – 9,8 %. Z vitamínů jsou v seně zastoupeny vitaminy skupiny B, vitamin E a D. Obsah vitamínů se však se stárnutím rostliny snižuje stejně jako stravitelná složka, takže staré seno už má podstatně menší koncentraci vitamínů či vůbec žádnou. Vencour (1997) dodává, že kvalitní seno by mělo obsahovat optimální množství bílkovin s esenciálními aminokyselinami a karotenem. V žádném případě nesmí obsahovat jedovaté rostliny jako je ocún, blatouch nebo pryskyřník, které mohou koním způsobit vážné zdravotní potíže.

Je známo několik druhů sena. Posečením zeleného obilí se získává obilné seno. Využívá se pšenice nebo ječmen a to v době před vytvořením klasů. Seno z těchto obilovin má podobné nutriční složení jako seno travní. Zkrmování koním však není příliš časté, jelikož jeho výroba se ekonomicky nevyplácí. Mnohem více používané seno je travní a luční. Seno luční je díky zastoupení tvrdých trav nejvhodnější (Kolářová a Čermák, 1997). Důležitá je správná příprava sena, která začíná posečením porostu (louky) ve správnou dobu, to je před kvetením, kdy obsahuje nejvíce živin. První sklizeň sena je nejkvalitnější a nazývá se senoseč

Nejvhodnějším obdobím pro senoseč je začátek června. Druhá fáze senoseče se nazývá otava a provádí se koncem srpna. Seno musí být dostatečně usušené a nesmí obsahovat více než 20 % vody, potom se může lisovat. Čerstvě usušené seno se nezkrmuje hned, nýbrž se musí nechat odležet minimálně tři měsíce, aby se odpařila veškerá zbytková voda a ustaly v něm fermentační pochody. Správně usušené seno, se musí skladovat v zakrytých budovách, do kterých nezatéká a nedostává se do nich vlhkost (Birdová, 2004). Vogel (1993) doplňuje, že koním musíme podávat vždy jen jakostní seno. Nekvalitní může vykazovat nejen nízkou nutriční hodnotu, ale také obsahovat vysoké množství nežádoucích plísňových spor, které způsobují respirační onemocnění.

Siláž o vyšší sušině (senáž)

Seno lze z určité části nahradit siláží o vyšší sušině (senáží). Ta se od sena liší vyšším obsahem vody a to 30 – 50 %. Kvalitní senáž by měla mít kyselou příjemnou vůni a jednotnou barvu - zelenou či nahnědlou až zlatavou. Na omak by měla být vlhká, ale nesmí být rozbředlá nebo až mazlavá. Sklízí se stejně jako seno v době největší koncentrace živin v rostlinách a uskladňuje se bez přístupu vzduchu a za poměrně vysoké vlhkosti (Birdová, 2004). Podle Kroulíka (1989) je při výrobě a skladování senáže nejdůležitější správná konzervace, při kterém je nutné dodržovat anaerobní podmínky, jinak hrozí pomnožení plísní, kvasinek a aerobních bakterií. V senáži žijí a rozmnožují se pouze bakterie anaerobní, díky kterým dochází k fermentaci rozpustných sacharidů, z nichž vytvářejí kyselinu mléčnou a těkavé mastné kyseliny (ve skutečnosti se podobný proces odehrává také ve slepém a tlustém střevě koně). Díky funkci anaerobních bakterií se v senáži stále zvyšuje kyselost, které během několika týdnů usmrtí bakterie a fermentace se zastavuje. Po celou dobu konzervace je nutné kontrolovat vlhkost v balíku. Příliš velká i malá vlhkost může způsobit nadměrné zvýšení teploty, čímž se znehodnotí veškeré živiny, nebo umožní růst plísním, kvasinkám a toxickým bakteriím.

Správně uskladněná senáž má velmi dlouhou trvanlivost, avšak po otevření balíku je nutné ji zkrmit přibližně do 4 dnů, aby nedošlo k rozmnožení mikroorganismů. Pokud je senáž vyrobena a skladována správně, je pro koně vhodnější než seno, jelikož není prašná a uchovává si také mnohem více živin, než má seno sušené na slunci. Avšak denní množství by nemělo přesáhnout 5 kg a měla by být kombinována se senem. Senáž obsahuje větší množství bílkovin, sacharidů, karotenu a vitaminů než jakákoliv jiná píce skladovaná jiným způsobem. Na druhou stranu má menší obsah vitamínu D (Birdová, 2004).

3.4.3 Voda

Jak uvádí Stachová (2010), voda je jednoduše nejvíce zastoupenou sloučeninou v koňském organismu a proto je pro jeho správnou funkci naprosto nezbytná. Tak jako člověk snáší kůň lépe pocit hladu než pocit žízně. Bez potravy může kůň přežít i několik týdnů, pokud má ovšem k dispozici vodu. Bez vody však nepřežije více než 4 až 5 dnů. Voda by měla tvořit dvě třetiny (asi 70 %) hmotnosti zdravého dospělého koně. Voda zastává důležité funkce v celém organismu. Je nezbytná pro transport živin v rozpustné formě k místu jejich absorpce, tvorbu tělních tekutin a ochlazování organismu. Kvalita vody je velmi důležitá. Voda musí být vždy čerstvá bez různých pachů a příchutí. Optimální teplota pitné vody je cca 10 °C. Nadměrně studená voda může způsobit kolikové bolesti.

Nedostatek vody vyvolává dehydrataci. Dehydratace (odvodnění) je stav organismu, když dojde ke ztrátě nadměrného množství vody z těla a to není schopno tuto ztrátu nahradit. Mírná dehydratace může narušit výkonnost koně. Příznaky jsou většinou nepatrné a většina lidí je nepostřehne. Pokud se však dehydratace zhoršuje a kůň stále ztrácí z těla vodu, začnou být projevy výraznější. Kůň je unavený, zpožděně reaguje na podněty, špatně koordinuje končetiny. U koní dochází ke snížení výkonnosti pravděpodobně při ztrátě asi 3 – 4 % vody. Těžká dehydratace je velmi nebezpečná. Dochází při ní k poškozením, které nejsou slučitelné se životem. Dochází k selhání ledvin a špatné činnosti střev, což může vyvolat koliku. Jsou poškozeny svaly a plíce, kde jsou zpomaleny čistící procesy odstraňující hlen, bakterie a mrtvé buňky. Těžká dehydratace způsobuje mnohačetná poškození různých orgánů a jejich selhání. Většinou končí smrtí.

Plemenná příslušnost může také z části ovlivnit příjem vody. Například plnokrevníci ztrácí při práci díky nadměrnému pocení velké množství vody, které musí doplnit, naopak arabové se potí jen velmi málo, tudíž potřebují doplnit menší množství. Potřeba vody se odvíjí také podle tělesné hmotnosti koně. Například chladnokrevný kůň vysoký 160 cm má velkou vrstvu podkožního tuku a svalstva, tudíž potřebuje více vody než jemnější kůň vysoký 180 cm. Potřeba vody denně pro dospělého koně, který nepracuje, se pohybuje mezi 38 - 45 litry (pokud jde o klisnu v laktaci nebo se kůň více potí, je potřeba vody vyšší). Průměrně stavěný pracující kůň potřebuje 40 – 60 litrů vody denně v závislosti na pracovním zatížení a teplotě okolí (Birdová, 2004).

3.4.4 Výživa a krmení rekreačních koní

Rekreační kůň je kůň, který nesportuje, a nepožadují se od něho velké výkony, tudíž nepotřebuje přijímat velké množství energie. Proto se může krmit tím pro něho nejpřirozenějším možným způsobem – vlákninou. Ta je zajištěna kvalitními objemnými krmivy, jako je seno či zelená píce. Proto je nejjednodušší nechat koně v pastevním období co nejvíce na pastvině, v zimě jim pak umožnit přístup k senu ad libitum. Venkovní odchov je pro rekreační koně vhodný i kvůli zajištění dostatečného pohybu, který jim majitelé nemohou pravidelně poskytnout.

Většina rekreačních koní s celodenním přístupem na kvalitní pastvu si vystačí s tím, co na ní během dne sežere a není potřeba je již ničím dokrmovat. Pokud není pastvina dostatečně velká s kvalitní píčí je nutné koně přikrmovat. U koní, kteří jsou využíváni jen velmi málo, je dobré volit pouze objemná krmiva - dobré luční seno, někdy postačí sláma. Avšak koně více využívané je možné dokrmovat i koncentrovanějšími krmivy. Samozřejmě ne všichni koně mají stejný metabolismus a bude jim stačit stejné množství krmiva. Ke každému se musí přistupovat individuálně.

Kůň s pomalejším metabolismem tzv. „easy keeper“ si vystačí s poměrně malým přísunem energie, snadno nabírá na váze a opravdu může čerpat pouze z objemných krmiv. Do této kategorie koní patří většina teplokrevníků, ponyů, a velmi snadno krmitelní jsou zejména plemena hucul nebo hafling.

Naopak kůň s rychlým metabolismem tzv. „hard keeper“ je kůň, který potřebuje vyšší příjem energie nejen na práci, ale i na záchovu. Patří sem vzrušiví teplokrevní koně a zejména plemena arabský a anglický plnokrevník. Pokud je „hard keeper“ využíván podobně jako „easy keeper“ a bude mít stejnou krmnou dávku, bude s největší pravděpodobností ztrácet na váze. Koně s rychlejším metabolismem mohou být z velké části krmeni objemnými krmivy, ale většinou je potřeba doplnit krmnou dávku o další zdroje energie. Vhodné jsou cukrovarské řízky nebo rýžové otruby, které jsou zdrojem pomalé energie, a trávicí trakt koně není zatížen nadměrným množstvím škrobu. Je důležité těmto koním podávat velmi kvalitní seno a pást je na pokud možno výživné pastvině pro uhrazení co největšího množství energie vlákninou (Mechová, 2013).

3.4.5 Výživa a krmení sportovních koní

Sportovní koně mají vysoké nároky na udržení dobré sportovní kondice, proto jim musí být poskytnuta adekvátní krmná dávka, která tyto nároky dokáže pokrýt. U těžce pracujících koní se potřeba živin odvíjí podle intenzity tréninkové práce. Neplatí lineární závislost na energii, proteiny, minerály a vitamíny, ale při zvyšující se zátěži roste potřeba energie až o 100 % oproti záchově, potřeba bílkovin se zvyšuje o 30 % a podobně lineárně se nezvyšuje ani potřeba minerálů a vitamínů. Proto je nejvhodnější krmnou dávku rozdělit na bílkovinný koncentrát, energetický koncentrát a vhodný minerálně vitamínový doplněk. Krmení sportovního koně je určeno v první řadě momentálními fyzickými nároky. Vysoce pracující sportovní koně potřebují zvýšený přísun živin, aby nedošlo ke snížení výkonnosti. To znamená více energie, bílkovin a vysokým nárokům odpovídající množství životně důležitých minerálních látek, aminokyselin, vitamínů a stopových prvků (Maroske, 2010). Energetická složka je důležitým prvkem ve výživě všech sportovních koní. Dodávání energie je rozhodující pro jeho záchovu i produkci. Pro všechny koně energie zajišťuje správnou svalovou činnost, obnovu tkání poškozených zátěží a neustálou obnovu kostí a šlach (Kerhartová, 2003).

Hlavním krmivem koně v jeho přirozeném prostředí je zelená píce, která plní jeho energetické potřeby. Nicméně, vysoce výkonný kůň potřebuje mít složení krmné dávky mnohem pestřejší. Ray (2001) tvrdí, že denní energetické potřeby koně v extrémním zatížení mohou být až dvakrát větší než u koní bez pracovní zátěže. Pagan a Nash (2006) udávají, že hlavními zdroji energie pro dostihové a parkurové koně by měli být sacharidy a tuky. Ty jsou nejvhodnější právě pro podání krátkého ale velmi náročného výkonu. Ray (2001) doplňuje, že proto musí být krmná dávka doplněna energeticky bohatými obilovinami pro nápravu energetického deficitu.

Celkové obsah přijatých bílkovin pro sportovní koně by se v krmivu měl pohybovat v rozmezí 10 - 12 %. Bílkoviny jsou u dostihových koní nežádoucím zdrojem energie. Při nejvyšších výkonech převažuje ve svalech anaerobní práce, díky které dochází k zakyselení organismu. Proto je vhodné podávat krmnou dávku s nižším obsahem bílkoviny kvůli udržení optimálního pH krve (Pagan, 1998d).

Dušek a kol. (1999) udává, že energetická potřeba dostihových koní je mnohem vyšší než u koní v jiných sportovních disciplínách. Při náročném tréninku či samotném závodu dochází k velkému zatížení organismu, kdy koně musí zvládat zvýšené nároky na

kardiovaskulární a dýchací systém a také na energetický a vodní metabolismus a regulaci tepla.

Krmení během závodu

Jak a kdy koně nakrmit během závodu je jedna ze zásadních otázek ve výživě sportovního koně. Špatnou technikou krmení během závodu se může velmi negativně ovlivnit výkon koně. Krmení v den závodu se výrazně liší od každodenního rutinního krmení, ale zároveň se musí brát v potaz, že příliš velké změny mohou vyvolat zažívací problémy. Samozřejmě musíme brát v úvahu individuální požadavky koní odvíjející se i podle stupně a druhu zatížení během závodu. Jinak se krmí koně, kteří pracují krátce a rychle a jiná technika krmení se využívá u koní účastnících se distančních dostihů.

Pro podání optimálního výkonu parkurových a dostihových koní se musí dodržovat striktní krmný režim, který neohrozí jejich zdraví. Nežádoucí je krmení velkých množství objemných krmiv kvůli jejich dlouhému trávení v tlustém střevě. Kůň pracující několikrát denně potřebuje být prázdný a lehký. Velké množství sena v trávicím traktu způsobuje odvod vody z organismu a má negativní dopady na kardiovaskulární systém. Menší množství objemných krmiv by se mělo podávat koni cca pět hodin před startem, čímž se zamezí vzniku nežádoucích efektů a nedojde tak k ovlivnění výkonu koně.

Správné načasování se musí dodržovat také při podání koncentrovaných krmiv, zejména obilnin, ve kterých je zdrojem energie škrob. Poslední krmení by mělo proběhnout pět až šest hodin před startem, čímž se zamezí negativnímu vlivu glykemické reakce organismu. Hodnoty inzulínu jsou totiž nejvyšší přibližně dvě hodiny po nakrmení. Za pět až šest hodin po krmení se dostávají opět na běžnou úroveň. Naopak příznivý vliv má podání přípravku s vysokou koncentrací glukózy po absolvování závodu. Glukóza pak koni pomáhá s regenerací, což umožňuje lepší připravenost pro následující zátěž. U dostihových koní, kteří se krmí velmi specificky, se často podává malé množství jadrného krmiva asi hodinu před dostihem.

U vytrvalých koní je klíčovým faktorem příjem objemných krmiv. Seno by mělo být koni podáno maximálně čtyři hodiny před dostihem, kvůli efektu vodní nerovnováhy organismu. Poslední dávku jadrného krmiva by měl kůň dostat čtyři až šest hodin před dostihem. V průběhu dostihu je možné koni podávat malé dávky koncentrovaných krmiv nebo malé množství glukózy, jenž nenaruší využití mastných kyselin, ale současně

udržuje hladinu krevní glukózy na optimální úrovni, čímž pomáhá předcházet únavě. Vhodné je také koni nabídnout cukrovarské řízky nebo vojtěškové úsušky (Mechová, 2013).

4 Materiál a metody

4.1 Pokusná zvířata a jejich ustájení

Do pokusu bylo zařazeno 21 dostihových a 21 rekreačních koní. Dostihoví koně jsou ustájeni v tréninkovém středisku v Bošovicích. Stáje jsou zděné, rozdělené do prostorných samostatných boxů o standardních rozměrech 3 x 3,5 m na hluboké slaměné podestýlce. Dostihoví koně jsou v majetku soukromých majitelů. Rekreační koně jsou ustájeni na Farmě Vysoká v Chrastavě taktéž ve zděných stájích se samostatnými prostornými boxy o rozměrech 3 x 3,5 m na hluboké slaměné či pilinové podestýlce. Koně mají k dispozici travnaté výběhy, které využívají každý den od 8:00 do 16:00 hodin. Koně jsou v majetku Farmy Vysoká či v majetku soukromých majitelů.

4.2 Odběr vzorků

První odběry vzorků krve rekreačních koní se konaly 3.6.2013 na Farmě Vysoká v Chrastavě. Krev byla pokusným koním odebrána v ranních hodinách z jugulární žíly do zkumavky s heparinem. Vzorky půdy, objemných a koncentrovaných krmiv byly z technických důvodů odebrány až 12.6.2013. Odběry vzorků u dostihových koní se konaly 5.6.2013 v tréninkovém středisku v Bošovicích. Krev byla stejně jako v Chrastavě odebrána v ranních hodinách z jugulární žíly do zkumavky s heparinem. Ty byly následně uloženy do chladicího zařízení. Odebrány byly také vzorky půdy, která se využívá k produkci píce a vzorky používaných objemných a jadrných krmiv. Vzorky byly po odebrání převezeny na Českou zemědělskou univerzitu v Praze. Vzorky krve byly zamrazeny a skladovány při teplotě -15 °C. Vzorky píce a půdy byly usušeny a následně i s koncentrovanými krmivy rozemlety na homogenní materiál.

4.3 Analytické metody

4.3.1 Stanovení půdní reakce

Do 100 ml kádinky bylo naváženo 10 g substrátu (přesátá a vysušená zemina) a k tomu bylo přidáno 50 ml 0,01 M CaCl_2 . Suspenze byla zamíchána skleněnou tyčinkou a

nechala se 24 hodin stát. Za pomoci pH metru a skleněné elektrody byla naměřena hodnota pH.

4.3.2 Stanovení pseudocelkových obsahů prvků v půdě ve výluhu lučavkou královskou

Bylo naváženo 0,5 g vzorku přesáté a vysušené zeminy, která byla zalita lučavkou královskou 10 ml ($\frac{3}{4}$ kyseliny chlorovodíkové a $\frac{1}{4}$ kyseliny dusičné). Takto připravený vzorek se extrahoval v teflonových reakčních nádobách v uzavřeném systému s mikrovlnným ohřevem v zařízení Ethos 1 (MLS GmbH, Německo) po dobu 33 minut při vysokém tlaku a teplotě 210 °C. Po louhování se extrakt zchladil díky výkonnému systému proudění vzduchu a následně byl kvantitativně převeden do zkumavky 25 ml a byl doplněn destilovanou vodou na 20 ml, poté byl uskladněn v lednici o teplotě 6 °C do doby měření. Obsah selenu byl stanoven metodou hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS, Agilent 7700x, Agilent Technologies Inc., USA). Pro stanovení ostatních prvků byla použita technika optické emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES) s axiálním uspořádáním plazmatu (VARIAN VistaPro, Varian, Australia). Pro zjištění kvality dat byl použit certifikovaný referenční materiál RM 7003 Silty Clay Loam (Analytika s.r.o, Česká republika).

4.3.3 Stanovení obsahu prvků ve výluhu 0,11 M CH₃COOH

Mobilní podíly prvků v půdách byly stanoveny extrakcí usušených půdních vzorků roztokem 0,11 M kyseliny octové CH₃COOH v poměru 1:20 (1 g půdy + 20 ml CH₃COOH). Extrakce probíhala po dobu 16 hodin v centrifuze Hettich Univerzal 30 RF (Německo). Reakční směs pak byla odstředěna při 3000 otáčkách za minutu po dobu 10 minut. Než byly vzorky změřeny, byly uchovány v teplotě 6 °C. Obsah selenu byl stanoven metodou hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS, Agilent 7700x, Agilent Technologies Inc., USA). Pro analýzu ostatních prvků byla použita technika optické emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES) s axiálním uspořádáním plazmatu (VARIAN VistaPro, Varian, Australia).

4.3.4 Stanovení prvků ve vzorcích rostlinného materiálu

Bylo naváženo 0,5 g homogenizovaného vzorku rostlin, který byl zalit 8 ml 65 % kyseliny dusičné HNO₃ a 2 ml 30 % peroxidu vodíku H₂O₂. Takto připravený vzorek se

extrahoval v teflonových reakčních nádobách v uzavřeném systému s mikrovlnným ohřevem v zařízení Ethos 1 (MLS GmbH, Německo) po dobu 30 minut a teplotě 220 °C. Po částečném zchlazení byla ze vzorku odpařena kyselina. Po úplném zchlazení byl vzorek kvantitativně převeden do zkumavky 20 ml a byl doplněn destilovanou vodou na 20 ml, poté se uskladnil v lednici o teplotě 6 °C do doby měření. Obsah selenu byl stanoven metodou hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS, Agilent 7700x, Agilent Technologies Inc., USA). Pro stanovení ostatních prvků byla použita technika optické emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES) s axiálním uspořádáním plazmatu (VARIAN VistaPro, Varian, Australia).

4.3.5 Stanovení prvků ve vzorcích krve

Ke stanovení bylo připraveno 0,5 ml vzorku krve, který byl zalit 8 ml 65 % kyseliny dusičné HNO₃ a 2 ml 30 % peroxidu vodíku H₂O₂. Takto připravený vzorek se extrahoval v teflonových reakčních nádobách v uzavřeném systému s mikrovlnným ohřevem v zařízení Ethos 1 (MLS GmbH, Německo) po dobu 30 minut a teplotě 220 °C. Po částečném zchlazení byla ze vzorku odpařena kyselina. Po úplném zchlazení byl vzorek kvantitativně převeden do zkumavky 20 ml a byl doplněn destilovanou vodou na 20 ml, poté se uskladnil v lednici o teplotě 6 °C do doby měření. Obsah selenu byl stanoven metodou hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS, Agilent 7700x, Agilent Technologies Inc., USA). Pro stanovení ostatních prvků byla použita technika optické emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES) s axiálním uspořádáním plazmatu (VARIAN VistaPro, Varian, Australia).

4.3.6 Spektrofotometrické stanovení glutathionperoxidasy

Aktivita glutathionperoxidasy byla stanovena v laboratoři Katedry veterinárních disciplín pomocí testu (Ransel) v podobě komerčně dostupných kitů od firmy Rendox (Northern Ireland). Jedná se o metodu kdy glutathionperoxidasa katalyzuje oxidaci glutathionu pomocí kumenhydroperoxidu (2-hydroperoxypropan-2-ylbenzenu). Aktivita enzymu byla stanovena z plně heparizované krve. Vzorek krve byl připraven zředěním 0,05 ml krve s ředícím roztokem 2 ml (rozpuštění obsahu lahvičky *Diluting agent 4* ve 200 ml redestilované vody). Do zkumavky bylo odměřeno 1 ml činidla R1a (připraveno rozpuštěním obsahu lahvičky s přiměřeným množstvím pufru). Před měřením byl do zkumavky odpipetován připravený vzorek krve 0,02 ml a 0,04 ml kumenhydroxyperoxidu. Vše bylo

ihned promícháno, přelito do kyvety a měřeno na UV-VIS spektrofotometru při teplotě 37 °C a vlnové délce 340 nm. Koncentrace glutathionperoxidasy byla počítána podle vzorce (U/l v hemolyzátu) = $8412 \times (dA \text{ vzorku} / \text{minutu při } 340 \text{ nm})$. Výsledek byl pak přepočten na $\mu\text{kat}/l$ ($1 \text{ U} = 0,01667 \mu\text{kat}$).

U= dřívější jednotka enzymové aktivity

kat= jednotka katalytické aktivity enzymů

$dA = (A_3 - A_2) - A_1$ (A_1 = počáteční absorbance odečtená po jedné minutě, A_2, A_3 = absorbance změřená po další jedné a druhé minutě)

4.4 Zpracování a statistické zhodnocení dat

Experimentální data byla zpracována v programech Microsoft Word 2007, Microsoft Excel 2007 a Stastica 12 (Stat Soft). Data získaná z analýzy krve (GSH-Px a Se) byla testována na normalitu pomocí vizuální aspekce histogramů. Byl proveden test závislosti GSH-Px na Se v krvi pomocí vícenásobné regrese. V programu Statistica byly vyhodnoceny základní popisné statistické charakteristiky (GSH-Px a Se).

5 Výsledky a diskuze

5.1 Sledované parametry

5.1.1 Hodnoty pH půdy

Tabulka 1 Naměřené hodnoty pH v půdě

pH	Vzorek 1	Vzorek 2
Bošovice I.	5,46	5,43
Bošovice II.	5,71	5,71
Chrastava I.	5,57	5,58
Chrastava II.	5,17	5,15

Naměřené pH se pohybuje od 5,15 do 5,71 (Tabulka 1), což značí, že je půda slabě kyselá. Na půdě s kyselější půdní reakcí se podle Richtera (2004) daří trvalým travním porostům.

5.1.2 Obsah prvků v půdě

Tabulka 2a Pseudocelkové obsahy prvků v půdě stanovené ve výluhu lučavkou královskou

	As mg/kg		Cd mg/kg		Cu mg/kg		Fe mg/kg	
Bošovice1 a	3,84	4,98 ± 1,6	0,091	0,108 ± 0,02	10,2	10,2 ± 0,02	14471	15368 ± 1269
Bošovice1 b	6,11		0,125		10,2		16267	
Bošovice2 a	8,29	8,37 ± 0,11	0,232	0,313 ± 0,11	12,6	12,4 ± 0,25	20438	20084 ± 500
Bošovice2 b	8,44		0,395		12,3		19730	
Chrastava1 a	11,73	11,2 ± 0,78	0,193	0,186 ± 0,01	5,90	6,78 ± 1,25	13935	13164 ± 1090
Chrastava1 b	10,63		0,180		7,66		12393	
Chrastava2 a	17,33	16,1 ± 1,78	0,403	0,324 ± 0,11	8,37	8,04 ± 0,47	11499	11914 ± 587
Chrastava2 b	14,82		0,246		7,71		12330	
Max. příp. hodnoty	30		0,4		60			

Tabulka 2b Pseudocelkové obsahy prvků v půdě stanovené ve výluhu lučavkou královskou

	Mn mg/kg		Pb mg/kg		Zn mg/kg		Se mg/kg	
Bošovice1 a	284	297 ± 18	10,9	14,1 ± 4,4	43,1	47,0 ± 5,5	0,193	0,233 ± 0,06
Bošovice1 b	310		17,2		50,9		0,273	
Bošovice2 a	528	510 ± 25	17,9	18,0 ± 0,1	68,7	67,0 ± 2,4	0,386	0,404 ± 0,03
Bošovice2 b	492		18,1		65,3		0,422	
Chrastava1 a	504	492 ± 17	21,1	21,4 ± 0,4	35,1	41,9 ± 9,7	0,449	0,470 ± 0,030
Chrastava1 b	480		21,7		48,7		0,491	
Chrastava2 a	340	359 ± 26	27,4	26,7 ± 1,0	60,7	61,3 ± 0,9	0,474	0,507 ± 0,05
Chrastava2 b	377		26,0		62,0		0,541	
Max. příp. hodnoty			100		130			

Tabulka 2 znázorňuje pseudocelkové obsahy prvků (arsenu, kadmia, mědi, železa, manganu, olova, zinku a selenu) v půdě stanovené ve výluhu lučavkou královskou. Z tabulky je zřejmé, že obsahy rizikových prvků naměřených ze vzorků půdy odebrané v Chrastavě a v Bošovicích jsou v normě a nepřesahují maximální přípustné koncentrace. Pouze obsah kadmia naměřené v půdě v Chrastavě dosahuje maximální přípustné hodnoty pro lehké půdy (Anonym, 1994).

Celkový obsah arsenu v půdě byl poměrně vysoký, přičemž nejvyšší obsah arsenu byl naměřen v Chrastavě na místě B, kde hodnota dosahovala až $16,1 \pm 1,8$ mg/kg, což je zhruba polovičního množství maximální přípustné hodnoty arsenu v půdě (30 mg/kg). Obsah kadmia v půdách byl vysoký. V Chrastavě byly naměřené hodnoty vyšší až $0,324 \pm 0,11$ mg/kg, přičemž maximální přípustná hodnota kadmia v půdě je 0,4 mg/kg. Nejvyšší obsah mědi byl zjištěn v Bošovicích $12,4 \pm 0,3$ mg/kg, kde byla hodnota zhruba dvakrát větší než v Chrastavě. Obsah železa se v půdách pohyboval od 11914 ± 587 mg/kg v Chrastavě do 20084 ± 500 mg/kg v Bošovicích. Obsah manganu byl v Bošovicích velmi rozdílný 297 ± 18 mg/kg a 510 ± 25 mg/kg. V Chrastavě nebyly hodnoty tak rozdílné. Vyšší obsah olova byl naměřen v Chrastavě 267 ± 1 mg/kg, přičemž maximální přípustná hodnota v půdě je 100 mg/kg. Obsah zinku byl naopak celkově vyšší v Bošovicích až $67,0 \pm 2,4$ mg/kg, což je poloviční hodnota maximální přípustné hodnoty v půdě pro zinek. Obsahy selenu citovanou vyhláškou regulovány nejsou, ale Bitterli a kol. (2010) uvádějí, že běžné obsahy Se v půdách se pohybují v rozmezí 0,2 - 0,5 mg/kg, kdy jako průměr se uvádí hodnota 0,4 mg/kg. Severní Evropa je uváděna jako oblast s nízkým obsahem Se v půdě. Gupta a Gupta (2000) našli ve

skandinávských půdách obsahy selenu v rozmezí 0,42-0,57 mg/kg, tedy hodnoty srovnatelné s půdou v Chrastavě; v Bošovicích byly nalezeny obsahy dokonce nižší. Obsah selenu v půdách ČR se pohybuje v rozpětí 0,14 - 1,65 mg/kg (ÚKZÚZ, 2010). Uvádí se, že jestliže půdy obsahují méně než 0,6 mg/kg selenu, pak krmiva pěstovaná na této půdě nemají dostatečný obsah selenu pro optimální výživu zvířat (Gupta a Winter, 1975). Obsahy selenu ve vzorcích odebrané půdy byly tedy velmi nízké a potvrdily tak jeho nedostatečné zastoupení ve sledovaných půdách.

Tabulka 3a Obsah prvků v půdních výluzích 0.11 M CH₃COOH

	As mg/kg		Cd mg/kg		Cu mg/kg		Fe mg/kg	
Bošovice1 a	0,268	0,201 ± 0,09	0,052	0,047 ± 0,01	0,072	0,057 ± 0,02	3,82	4,39 ± 0,8
Bošovice1 b	0,134		0,042		0,042			
Bošovice2 a	0,156	0,144 ± 0,02	0,031	0,031 ± 0,01	0,069	0,072 ± 0,01	3,59	3,49 ± 0,14
Bošovice2 b	0,132		0,031		0,075			
Chrastava1 a	0,203	0,258 ± 0,08	0,065	0,067 ± 0,01	0,089	0,078 ± 0,02	2,13	2,25 ± 0,17
Chrastava1 b	0,313		0,069		0,066			
Chrastava2 a	0,421	0,421 ± 0,00	0,103	0,104 ± 0,01	0,064	0,075 ± 0,02	5,06	4,64 ± 0,58
Chrastava2 b	0,421		0,105		0,086			

Tabulka 3b Obsah prvků v půdních výluzích 0.11 M CH₃COOH

	Mn mg/kg		Pb mg/kg		Zn mg/kg		Se mg/kg
Bošovice1 a	69,1	67,1 ± 2,7	0,215	0,264 ± 0,07	3,30	3,20 ± 0,15	<
Bošovice1 b	65,2		0,314		3,10		
Bošovice2 a	111,7	108 ± 5	0,521	0,42 ± 0,14	1,98	1,95 ± 0,05	<
Bošovice2 b	104,8		0,319		1,91		
Chrastava1 a	114,3	114 ± 0	0,316	0,331 ± 0,02	1,67	1,68 ± 0,01	<
Chrastava1 b	114,4		0,347		1,69		
Chrastava2 a	104,9	110 ± 8	0,266	0,296 ± 0,04	7,20	7,92 ± 1,01	<
Chrastava2 b	115,8		0,326		8,63		

Tabulka 3 znázorňuje naměřené hodnoty výše zmíněných prvků naměřené ve výluzích 0.11 M CH₃COOH. Tento výluh slouží k odhadu podílu prvku přijatelného rostlinou (Sastre a kol., 2004). Z tabulky vyplývá, že prvky velmi dobře přijatelné rostlinou jsou kadmium a mangan. Dobře mobilní je také arsen a zinek, méně pak železo a olovo. Nejhuře přijatelný rostlinou je selen, jehož koncentrace byla tak nízká, že v půdních výluzích 0.11 M CH₃COOH

byla pod mezí detekce stanovení. Nízká mobilita selenu tak vynikne v kontrastu s kadmíem, které se v půdách nacházelo v porovnatelných pseudocelkových koncentracích, ale jeho mobilní podíly se pohybovaly v rozmezí od 10 do 55 % celkového obsahu.

5.1.3 Obsah prvků ve vzorcích rostlinného materiálu a v krmné dávce

Tabulka 4 Složení krmné dávky Bošovice – obsah selenu v KD

Složka	Denní množství v kg	Obsah selenu v mg/kg	Obsah selenu celkem mg
Seno	10	0,021	0,21
Oves	4	0,011	0,044
Granule	0,5	0,082	0,041
Múslí	1,5	0,465	0,698
celkem	16	0,062 ^a	0,993

a) Hodnota váženého průměru

Tabulka 4 znázorňuje denní krmnou dávku koní v Bošovicích. Skládá se ze sena (10 kg), ova (4 kg), granulí (0,5 kg) a múslí (1,5 kg). Celkový příjem krmiva na den na jednoho koně je tedy v Bošovicích 16 kg. Nejvíce bohaté na selen je múslí, kde jeho obsah dosahuje hodnoty 0,465 mg/kg. V granulích je obsah selenu podstatně menší 0,082 mg/kg. Nejméně zastoupený je selen v seně 0,021 mg/kg a v ovsu 0,011 mg/kg. Celkový denní příjem selenu tedy činí 0,993 mg/kg. Denní dávky doporučené různými autory se liší. Kalač a Míka (1997) uvádějí potřebný obsah selenu v krmivu v dávce 0,05 až 0,1 mg/kg. Podle Meyera a Coenena (2003) je potřeba selenu pro dospělého koně v rozmezí 0,1-0,12 mg/kg sušiny krmiva, naopak obsah selenu pod 0,025 mg/kg sušiny je nedostatečný a vede s velkou pravděpodobností k metabolickým poruchám. Montgomery a kol. (2012) udávají potřebu selenu 0,3 mg/kg sušiny krmiva, Dušek a kol. (1999) udávají, že požadavky všech kategorií koní na selen jsou 0,1 mg v sušině krmné dávky a za toxické se považuje množství 2,4 mg v 1 kg sušiny krmné dávky.

Tabulka 5 Složení krmné dávky Chrastava - obsah selenu v KD

Složka	Denní množství v kg	Obsah selenu v mg/kg	Obsah selenu celkem mg
Siláž o vyšší sušiny	5	0,033	0,164
Seno	6	0,028	0,168
Oves	3	0,01	0,03
Granule	2	0,198	0,396
Čerstvá píče	6	0,01	0,062
celkem	19	0,043 ^a	0,82

a) Hodnota váženého průměru

Tabulka 5 udává složení krmné dávky koní v Chrastavě. Znázorňuje, že je obohacena o siláž o vyšší sušiny (senáž) a jelikož koně využívají i pastvinu, mají k dispozici čerstvou píču. Naopak mýslí v Chrastavě zkrmováno není. Skladba krmné dávky je tedy: siláž o vyšší sušiny 5 kg, seno 6 kg, oves 3 kg, granule 2 kg a čerstvá píče 6 kg. Celkový příjem krmiva na den na jednoho koně je tedy v Chrastavě 19 kg. Největší obsah selenu je v granulích 0,198 mg/kg. Menší obsah je v siláži o vyšší sušiny 0,0328 mg/kg a v seně 0,028 mg/kg. Nejmenší hodnoty byly naměřeny v čerstvé píči 0,01025 mg/kg a v ovsu 0,01 mg/kg. Celkový denní příjem selenu v Chrastavě je 0,82 mg/kg, což je o 0,173 mg/kg menší zásobením než v Bošovicích. Je ale zřejmé, že obsah selenu v krmné dávce je na dolní hranici doporučených obsahů a to pouze díky přidávku komerčních krmných směsí, které z hlediska obsahu selenu výrazně převyšují obsah selenu v rostlinné produkci z obou oblastí.

Tabulka 6 Průměrné obsahy prvků v rostlinách a v půdě (Šetlík a kol., Minerální a organická výživa rostlin.)

Prvek	Obsah prvku (mg/kg sušiny)		
	Rostliny rozmezí	Rostliny průměr	Půda průměr
Železo	20-300	100	38000
Mangan	10-100	50	900
Zinek	2-0,020	20	50
Měď	0,1-1	6	20

Tabulka 7 Složení krmné dávky Bošovice – obsah zinku, mědi, manganu a železa

Složka	Denní množství v kg	Obsah zinku mg/kg	Celkem zinku mg/den	Obsah mědi mg/kg	Celkem mědi mg/den	Obsah manganu mg/kg	Celkem manganu mg/den	Obsah železa mg/kg	Celkem železa mg/den
Seno	10	16,1	163	2,73	27,3	38,0	380	55,7	557
Oves	4	19,9	79,4	2,22	8,88	25,7	103	48,1	192
Granule	0,5	27,5	13,8	3,77	1,89	40,3	20,1	350	175
múslí	1,5	141	212	22,5	33,8	88,2	132	378	567
celkem	16		468		71,8		635		1492

Tabulka 8 Složení krmné dávky Chrastava - obsah zinku, mědi, manganu a železa v KD

Složka	Denní množství v kg	Obsah zinku mg/kg	Celkem zinku mg/den	Obsah mědi mg/kg	Celkem mědi mg/den	Obsah manganu mg/kg	Celkem manganu mg/den	Obsah železa mg/kg	Celkem železa mg/den
Siláž	5	7,33	36,7	1,2	6,00	81,8	409	51,2	256
Seno	6	15,7	94,1	3,02	18,12	176	1054	95,6	574
Oves	3	24,4	73,2	2,77	8,31	49,1	147	59,7	179
Granule	2	84,7	169	11,6	23,14	85,0	170	355	708
Zel. píče	6	0,96	5,76	3,82	22,9	12,0	71,9	24,9	149
celkem	19		379		78,5		1851		1868

Podle Šetlíka a kol. (Tabulka 6) je rozsah obsahu jednotlivých prvků v sušině rostlin poměrně široký. Jejich obsah je ovlivněn mnoha faktory a to mezidruhovými rozdíly, obsahem a dostupností jednotlivých solí v substrátu, na němž rostlina roste. Železo je rostlinami přijímáno jako kationt Fe^{2+} nebo Fe^{3+} . Jeho obsah v pletivech se pohybuje mezi 20 - 300 mg/kg (Šetlík a kol.). Podle Daviese (2009) se potřeba železa u koní 500 kg pohybuje od 100 – 125 mg za den podle stupně zátěže. Maximální přijatelné množství železa v krmné dávce dospělých koní je 1000 mg/kg Fe sušiny. Vyšší dávky železa (např. při silné kontaminaci trávy na pastvě zeminou) mohou nepříznivě ovlivnit resorpci fosforu, mědi, manganu, zinku (Meyer a Coenen, 2003). Podle Jelínka a kol. (2003) se spontánní intoxikace železem nevyskytuje. Při vysokých parenterálních dávkách může vznikat oxidativní stres, hemosideróza, může dojít k poškození jater a pankreatu a následně i k úhynu zvířat. Denní množství přijatého železa v Bošovicích nabývá hodnoty 1492 mg/den (Tabulka 7), tudíž maximální přijatelná hodnota je překročena cca o 50%. V Chrastavě je denní přijaté množství

železa ještě vyšší a to 1868 mg/den (Tabulka 8). Z tabulky č. 3. a 4. můžeme vyčíst, že nadměrný příjem železa v KD je způsoben jeho vysokým obsahem v granulích a mýslí krmených Bošovicích a vysokým obsahem v granulích využívaných v Chrastavě.

Zinek je přijímán jako kationt Zn^{2+} . Jeho obsah v rostlinách se pohybuje mezi 2 – 20 mg/kg (Šetlík a kol.). Podle Daviese (2009) se potřeba zinku u koně 500 kg pohybuje mezi 400 – 500 mg/den. U klisen se pak potřeba výrazně zvyšuje u klisen v období gravidity a vysoké laktace až na 625 mg na den. Denní množství přijatého zinku v Bošovicích nabývá hodnoty 468 mg/den (Tabulka 7). V Chrastavě je denní přijaté množství zinku menší a to 379 mg/den (Tabulka 8).

Mangan je rostlinou přijímán jako kationt Mn^{2+} . Šetlík a kol. uvádějí (Tabulka 6) obsah manganu v rostlinách 10 – 100 mg/kg. Davies (2009) udává potřebu manganu pro koně 500 kg 400 – 500 mg na den. Nadměrné množství manganu v zeleném krmení (600-1200 mg/kg suš.) může přispívat ke vzniku anémie. Koncentrace manganu v zeleném krmení a v seně jen málokdy klesne pod hranici 30 mg/kg sušiny. Nižší hodnoty byly naměřeny jen na vápenatých půdách, kde byla vysoká hodnota pH a na lehkých písčitých půdách, silně provápněných, které jsou přirozeně chudé na mangan (Meyer a Coenen, 2003). Denní množství přijatého manganu v Bošovicích 635 mg/den (Tabulka 7). V Chrastavě je denní přijaté množství manganu výrazně vyšší a to 1851 mg/den (Tabulka 8). Přijaté množství je cca 4 krát vyšší než jeho potřeba.

Měď je rostlinami přijímána jako kationt Cu^{2+} a její příjem neovlivňují žádné jiné ionty. V sušině rostlin se její obsah pohybuje 0,1 – 1 mg/kg. Davies (2009) udává denní potřebu mědi 100 – 125 mg pro koně 500 kg podle stupně zátěže. Denní množství přijaté mědi v Bošovicích nabývá hodnoty 72 mg/den (Tabulka 7). V Chrastavě je denní přijaté množství mědi mírně lepší 78 mg/den (Tabulka 8). Obě hodnoty jsou ale nedostačující denní potřebě.

Je ale třeba vzít v úvahu, že prvek obsažený v krmivu nemusí být organismem zvířat přijatelný. To ukazují například Intawongse a Dean (2008) a Tremlová a kol. (2013), kteří studovali biologickou dostupnost prvků z rostlinného materiálu *in vitro* metodou, která simuluje procesy probíhající v trávicím traktu. Z námi sledovaných prvků byla zaznamenána nejvyšší biologická dostupnost u manganu (v průměru 85-90% dle jednotlivých plodin), zatímco u Cu, Zn, Fe se pohybovala mezi 50 a 80%. (Intawongse a Dean 2008). Z tohoto pohledu vyžaduje pozornost zejména nízký obsah mědi na obou lokalitách.

5.1.4 Obsah prvků ve vzorcích krve

Tabulka 9a Obsah prvků ve vzorcích krve - Bošovice

	Cu	Fe	Mn	Zn	Se
vzorek	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	0,550	269	0,027	1,94	0,140
2	0,584	326	0,051	2,77	0,127
3	0,563	355	0,028	1,95	0,129
4	0,457	390	0,037	1,94	0,175
5	0,425	366	0,084	1,75	0,141
6	0,455	362	0,098	1,76	0,142
7	0,702	391	0,031	2,19	0,171
8	0,319	308	0,054	1,59	0,125
9	0,540	341	0,057	1,90	0,195
10	0,654	407	0,024	3,02	0,180
11	0,725	361	0,029	2,82	0,209
12	0,530	281	0,092	2,04	0,131
13	0,723	390	0,046	2,25	0,180
14	0,641	388	0,045	2,34	0,143
15	0,632	352	0,027	2,15	0,153
16	0,671	341	0,083	2,45	0,161
17	0,805	442	0,074	2,80	0,181
18	1,116	428	0,082	2,99	0,183
19	0,625	365	0,064	2,09	0,200
20	0,523	360	0,081	2,37	0,174
21	0,577	375	0,019	2,41	0,204

Tabulka 9b Obsah prvků ve vzorcích krve - Chrastava

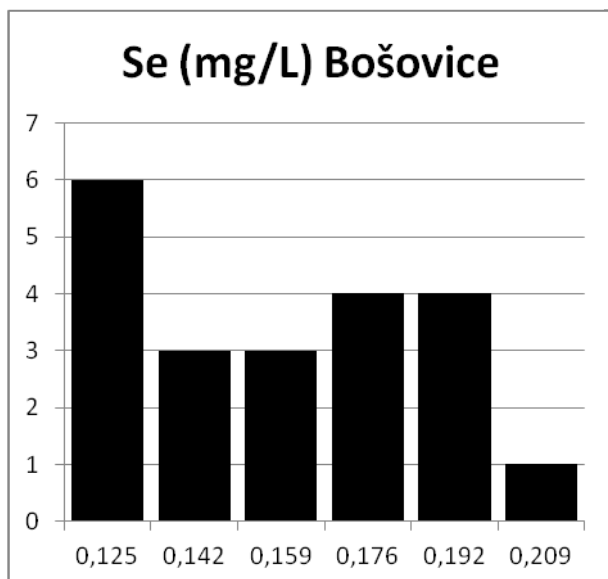
	Cu	Fe	Mn	Zn	Se
vzorek	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	0,722	334	0,032	2,56	0,066
2	0,515	339	0,141	1,94	0,044
3	0,628	339	0,022	2,10	0,053
4	0,608	364	0,022	2,67	0,083
5	0,592	320	0,016	2,54	0,050
6	0,719	365	0,026	2,32	0,060
7	0,504	303	0,035	1,84	0,104
8	0,553	308	0,188	1,70	0,058
9	0,451	301	0,064	2,04	0,050
10	0,643	339	0,025	2,48	0,094
11	0,527	333	0,027	2,55	0,122
12	0,580	367	0,106	1,81	0,091
13	0,542	350	0,164	2,37	0,131
14	0,595	413	0,093	3,24	0,054
15	0,739	344	0,027	1,61	0,106
16	0,702	298	0,037	1,77	0,125
17	0,441	354	0,031	1,78	0,116
18	0,561	295	0,029	1,93	0,110
19	0,624	332	0,142	2,10	0,126
20	0,535	265	0,037	2,32	0,179
21	0,634	353	0,049	2,50	0,215

Tabulka 9 znázorňuje obsah naměřených prvků (měď, železo, mangan, zinek, selen) ve vzorcích krve. Obsah selenu v krvi u dostihových koní (Bošovice) byl vcelku vyrovnaný $0,164 \pm 0,03$ mg/L. U rekreačních koní (Liberec) byl zjištěn obsah selenu v rozmezí $0,097 \pm 0,04$ mg/L. Ludvíková a kol. (2005) uvádějí hodnoty selenu naměřené v Jihočeském kraji $0,089$ mg/L a hodnoty selenu naměřené v Libereckém kraji $0,175$ mg/L, jejich výsledky tedy naznačují opačný trend než v našem případě. Ostatní sledované prvky v obou stájích dosahovaly srovnatelných výsledků. V Bošovicích byl vyšší obsah zinku $2,26 \pm 0,42$ mg/L, železa 362 ± 43 mg/L a mědi $0,610 \pm 0,16$ mg/L. V Chrastavě byly pak vyšší hodnoty manganu $0,063 \pm 0,05$ mg/L.

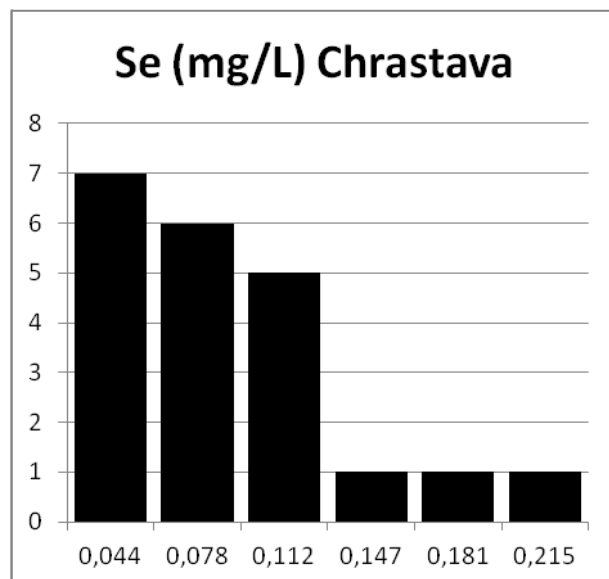
Lineární korelační analýza neprokázala statisticky významný vliv koncentrace Se v krvi zvířat na obsahy dalších esenciálních prvků. Obsahy Cu, Fe a Zn v krvi zvířat z lokality Bošovice ale vykazovaly trend ke zvyšování koncentrací se zvyšující se koncentrací Se ($r = 0,457$ pro Cu, $r = 0,534$ pro Fe a $r = 0,457$ pro Zn). Naopak v případě manganu naznačují

výsledky analýzy tendenci k opačné interakci ($r = -0,198$). Na lokalitě Chrastava ale podobné trendy pozorovány nebyly, hodnoty korelačních koeficientů nepřekročily hodnotu 0,25.

Graf 1a Histogram rozdělení četnosti hodnot obsahu Se (mg/L) v krvi Bošovice



Graf 1b Histogram rozdělení četnosti hodnot obsahu Se (mg/L) v krvi Chrastava



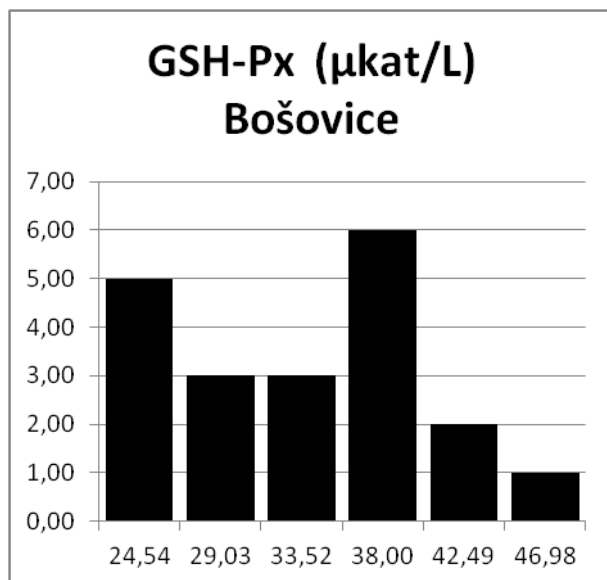
Tabulka 10 Základní popisné statistické charakteristiky naměřených hodnot

Obsah selenu	Bošovice	Chrastava
minimum	0,125	0,044
maximum	0,209	0,215
průměr	0,164	0,097
směrodatná odchylka	0,027	0,045
median	0,171	0,094
modus	0,18	0,05

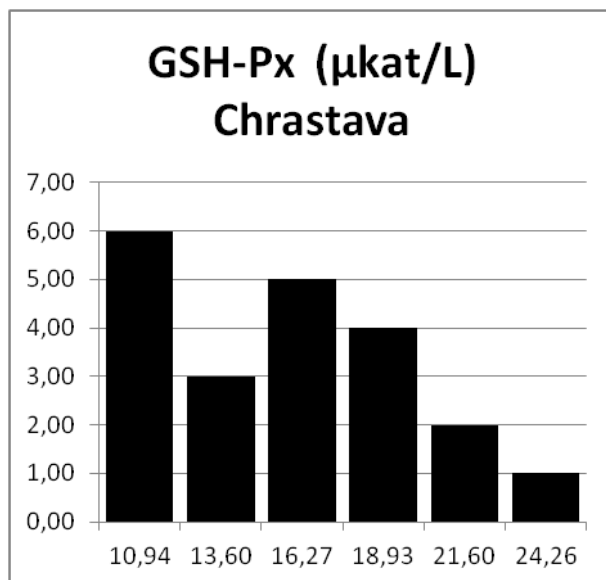
Z grafu 1 vyplývá, že větší obsah selenu v krvi měli koně v Bošovicích, přičemž se jeho obsah pohyboval od 0,125 mg/L do 0,209 mg/L. V Chrastavě se hodnoty obsahu selenu pohybovaly od 0,044 mg/L do 0,215 mg/L. Z tabulky 10 je patrné, že v Bošovicích je obsah selenu mezi koňmi pravidelně rozložený $0,164 \pm 0,027$ mg/L. V Chrastavě jsou hodnoty mnohem nižší $0,097 \pm 0,045$ mg/L, pouze tři naměřené hodnoty se vymykají.

5.1.5 Hodnota glutathionperoxidasy v krvi

Graf 2a Histogram rozdělení četnosti hodnot aktivity GSH-Px ($\mu\text{kat/L}$) v krvi Bošovice



Graf 2b Histogram rozdělení četnosti hodnot aktivity GSH-Px ($\mu\text{kat/L}$) v krvi Chrastava



Tabulka 11 Základní popisné statistické charakteristiky naměřených hodnot

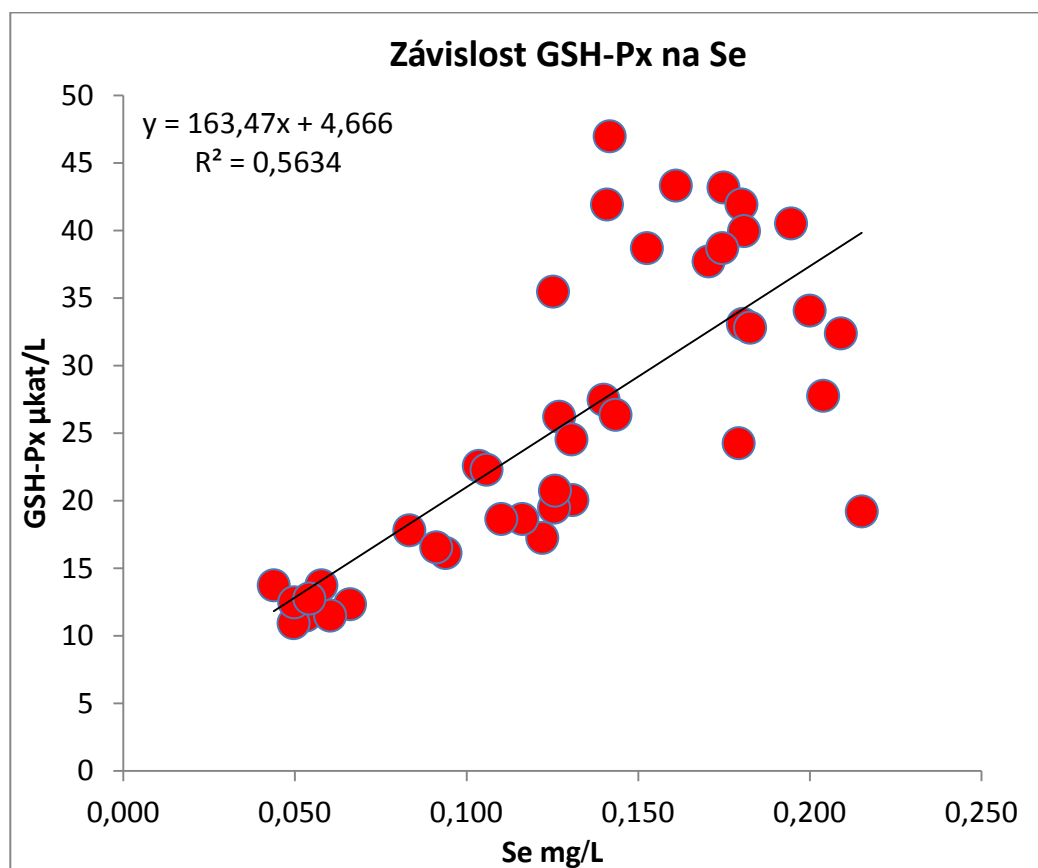
Aktivita GSH-Px	Bošovice	Chrastava
minimum	24,54	10,94
maximum	46,98	24,26
průměr	33,97	16,79
směrodatná odchylka	10,11	4,07
median	35,48	17,25
modus	41,93	13,74

V grafu 2 jsou uvedeny hodnoty aktivity enzymu glutathionperoxidasy ve vzorcích krve u dostihových a rekreačních koní. Ludvíková a Pavlata (2005) uvádějí, že aktivita GSH-Px je indikátorem dlouhodobého zásobení organismu selenem, kdežto koncentrace selenu v plné krvi představuje okamžitý stav zásobení. Enzym GSH-Px je také funkční podobou selenu v organismu, a tudíž je přesnější (Sedlinská a Ludvíková, 2007).

Z tabulky 11 vyplývá, že větší obsah GSH-Px v krvi měli koně v Bošovicích. Hodnoty se pohybují od 24,5 – 47,0 $\mu\text{kat/L}$, přičemž průměrná hodnota je $34,0 \pm 10,1 \mu\text{kat/L}$. V Chrastavě jsou hodnoty mnohem nižší a více variabilní. Obsahy se pohybují od 10,9 – 24,3

$\mu\text{kat/L}$ a jejich průměrná hodnota činí $16,8 \pm 4,1 \mu\text{kat/L}$. Ludvíková a kol. (2005) zjistili obsah GSH-Px u jednoho koně v Libereckém kraji $711 \mu\text{kat/L}$. V Jihočeském kraji zjistili obsah GSH-Px u pěti koní $491 \mu\text{kat/L}$, jejich výsledky tedy naznačují opačný trend než v našem případě, ale vykazují větší variabilitu dat ve srovnání s naším pokusem.

Graf 3 Závislost aktivity enzymu glutathionperoxidasy na koncentraci selenu v krvi



Podle grafu 3 prokázala lineární korelační analýza statisticky významný nárůst koncentrace glutathionperoxidasy v krvi zvířat se zvyšující se koncentrací selenu (ovlivnění z 56%). Síla závislosti glutathionperoxidasy na selenu je středně velká, tedy 0,498. Výsledky tedy naznačují dobrou utilizaci přijatého selenu.

6 Závěr

1. Byl zhodnocen stav zásobení koní selenem na dvou farmách zaměřených na chov sportovních a rekreačních koní. Z odebraných vzorků krve byl stanoven obsah selenu a dalších esenciálních stopových prvků. Dále byla stanovena aktivita enzymu glutathionperoxidasy, která je indikátorem dlouhodobého zásobení organismu selenem, kdežto koncentrace selenu v krvi představuje okamžitý stav zásobení. Na pozemcích farem využívaných k pastvě zvířat byly odebrány vzorky půdy a vegetace, ve kterých byl také stanoven obsah selenu a dalších stopových prvků. Naměřená data byla vyhodnocena a porovnána s literaturou.
2. Obsahy rizikových prvků naměřených ve vzorcích půdy odebrané v Chrastavě a v Bošovicích byly v normě a nepřesáhly maximální přípustné koncentrace. Obsahy selenu ve vzorcích odebrané půdy byly velmi nízké a potvrdily tak jeho nedostatečné zastoupení ve sledovaných půdách. Obsah selenu ve vzorcích půdy byl naměřen nižší než 0,6 mg/kg selenu, tudíž krmiva pěstovaná na této půdě nemají dostatečný obsah selenu pro optimální výživu zvířat. Krmiva podávaná na obou farmách však obsahovala dostatečné množství selenu i ostatních esenciálních prvků. Pouze obsah mědi přijatý v krmivu byl mírně nižší než denní doporučené množství.
3. Vysoký obsah selenu v krvi koní značil dobré zásobení selenem. Aktivita glutathionperoxidasy nabývala ovšem nízkých hodnot, což mohlo být způsobeno prodlevou mezi odebráním krve a jejím zamražením. Lineární korelační analýza však prokázala statisticky významný nárůst koncentrace glutathionperoxidasy v krvi zvířat se zvyšující se koncentrací selenu, což ukazuje na dobrou utilizaci přijatého Se.

7 Seznam použité literatury

Anonym (1994) Vyhláška č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu. Ministerstvo životního prostředí. Praha 1994.

Bankhofer H., Bio-selen. 1996. Olomouc: Fin. 1. vydání. 19 s. ISBN: 80-7182-029-6.

Barceloux D. G.: Selenium, Clinical Toxicology. 1999. vol. 37. Iss. 2, p. 145-172.

Bender I. 2000. Praxishandbuch Pferdefütterung. Stuttgart: Kosmos Verlags. s. 351. ISBN 3-440-06904-4.

Birdová J. 2004. Chov koní přirozeným způsobem. Slovart. Praha. s. 152–169. ISBN: 8072096443.

Bitterli C., Banuelos G. S., Schulin R., 2010, Use of transfer factors to characterize uptake of selenium by plants. Journal of Geochemical Exploration, 107, 206-216.

Briggs K. Amazing Minerals. The Horse [online]. 10. 4. 2001 [cit. 2014- 1-25]. Dostupné z <<http://www.thehorse.com/ViewArticle.aspx?ID=453>>.

Cibulka J., Domažlická E., Kozák J., Kubizňáková J., Mader P., Machálek E., Maňkovská B., Musil J., Pařízek J., Píša J., Pohunková H., Reisnerová H., Svobodová Z. Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře. Praha: Academia. 1991. s. 70-213. ISBN: 80-200-0401-7.

Cubbit T. What is Tying up in horses. Hygain.com [online]. 17.01.2014 [cit. 2014- 1-25]. Dostupné z: <<http://www.hygain.com.au/tying-horses/>>.

Čermák B., Brucknerová, M., Kolářová, S. 2002. Zásady krmení koní. Praha, Ústav zemědělských a potravinářských informací. s. 34.

Davies Z.: Introduction to horse nutrition. Blackwell. Chichester. s. 71 – 76. ISBN: 9781405169981.

Dušek J., Misař, D., Müller, Z., Navrátil, J., Rajman, J., Tluchoř, V., Žlumov, P. 1999. Chov koní. Praha, Nakladatelství Brázda, s.r.o., s. 238 – 270. ISBN: 8020903526.

Grycová L.: Volné radikály, antioxidanty. Gate2Biotech [online]. 31.1.2013 [cit. 2014- 1-25]. Dostupné z <<http://www.gate2biotech.cz/volne-radikaly-antioxidanty/>>.

Gupta U. C., Gupta S. C., 2000, Selenium in soils and crops, its deficiencies in livestock and humans: implications for management. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 31, 1791-1807.

Gupta U. C., Winter K. A., 1975. Selenium content of soils and crops and effects of lime and sulfur on plant selenium. Canadian Journal of Soil Science 55 (2), 161–166.

Hartikainen H.: Biogeochemistry of selenium and its impact on food chain quality and human health, Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2005, vol. 28, p. 309-318.

Holoubek I. 2004: Chemie životního prostředí IV. Polutanty s dlouhou dobou života v prostředí. Těžké kovy (HMs) – Cd, Pb, As. Recetox - Tocoen and Associates, Brno. Arnika.org [online]. 2004 [cit. 2014-03-17] Dostupné z: <http://arnika.org/index.php?option=com_k2&id=6495&print=1&tmpl=component&view=item&Itemid=819>.

Honsová H. Výživa koní má svá pravidla. Farmář. 2008. 7. s. 40 – 41.

Intawongse M., Dean J. R. Use of the physiologically-based extraction test to assess the oral bioaccessibility of metals in vegetable plants grown in contaminated soil. Environmental Pollution. 2008. 152: 60 – 72.

Ismay J. Selenium Poisoning in Horses (Alkali disease). iGrow [online]. 14.3.2014 [cit. 2014-03-17] Dostupné z: <<http://igrow.org/livestock/horse/selenium-poisoning-in-horses-alkali-disease/>>.

Jelínek P., Koudela K., Doskočil J., Illek J., Kotrbáček V.: Fyziologie hospodářských zvířat. 1. vyd. Brno: MZLU, 2003. 414s. ISBN 80-7157-644-1.

Kalač P., Míka V. Přirozené škodlivé látky v rostlinných krmivech. 1. vyd. Praha: ÚZPI, 1997. 317 s. ISBN 80-85120-96-8.

- Kaplán P., Lehotský J. Fyzická zátěž a kyslíkové volné radikály. Vesmír. 1997/6. 76. 313. Dostupné z: <<http://www.vesmir.cz/clanek/fyzicka-zataz-a-kyslikove-volne-radikaly>>.
- Kerhartová. Výživa koní s pohybovými problémy. Orling [online]. 2003 [cit. 2014-03-17] Dostupné z: <<http://www.oring.cz/cz/o-konich-1265796587/odborne-clanky/vyziva-koni-s-pohybovymi-problemy.html>>.
- Kolářová S., Čermák B. 1997. Zásady krmení koní. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství v Praze. s. 3 - 20. ISBN: 8071051470.
- Kořínek D. Neviditelné látky s viditelným účinkem. Jezdeckví. 2009. 9. s. 77.
- Kroulík J. 1989. Výživa a krmivářství. Státní zemědělské nakladatelství Praha. s. 63 – 91. ISBN: 8020900136.
- Kvasničková A. Minerální látky a stopové prvky: esenciální minerální prvky ve výživě. 1. vyd. Praha: ÚZPI, 1998. 128 s. ISBN 80-85120-94-1.
- Kvíčala J. Selen v antioxidantní ochraně organismu. DMEV. 2001. 4. č. 1, s. 32-33.
- Kvíčala J. Lapčík O. Případ jedenadvacáté aminokyseliny. Vesmír. 2002. č. 81. s. 193 - 195.
- Ludvíková E., Pavlata L. Selen a vitamín E v chovech koní v České republice. Veterinářství 2005. 55. 642-645.
- Ludvíková E., Fictum P., Jahn P., 2008. Nutriční myodegenerace u sajících hříbat – soubor klinických případů. Klinika chorob koní, Ústav patologické morfologie Fakulty veterinárního lékařství Veterinární a farmaceutické univerzity Brno. Veterinářství; 58:566-570.
- Ludvíková E., Jahn P., Pavlata L., Vyskočil M.: Selenium and vitamin E status correlated with myopathies of horses reared in farms in the Czech Republic. Acta Veterinaria Brno 2005, 74: 377–384.
- Maroske H. Výživa sportovních koní. Jezdeckví. 2010. 1. s. 44 – 49.
- Mácová D. Selen ve výživě člověka a jeho obsah v luštěninách. Diplomová práce. Brno: Masarykova univerzita, Fakulta lékařská, 2003.

Mechová M. Nakrm si svého koně 3: Jak nakrmit hobby koně? equichannel.cz [online]. 2013-02-28 [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <<http://www.equichannel.cz/nakrm-si-sveho-kone-3-jak-nakrmit-hobby-kone>>.

McDowell R. L. Minerals in animal and human nutrition. 1. ed. San Diego: Academic Press, 1992. 524 s. ISBN 0-12-483369-1.

Meyer H., Coenen M.: Krmení koní-současné trendy ve výživě. Praha: Ikar, 2003. 256s. ISBN 80-249-0264-8.

Montgomery J. B., Wichtel J. J., Wichtel M. G., McNiven M. A., McClure J. T., Markham F., Horohov D. W. The Effects of Selenium Source on Measures of Selenium Status of Mares and Selenium Status and Immune Function of Their Foals. *Journal of Equine Veterinary Science* 32. 2012. 352-359.

Murray R. K., Granner D. K., Mayes P. A., Rodwell V. W. Harperova Biochemie. Jinočany: nakladatelství H&H, 1998, 872 s. ISBN 80-85787-38-5.

Nehasilová D. Stopové prvky ve výživě hospodářských zvířat. *Agronavigator* [online]. [cit. 2014-03-17] Dostupné z: <www.agronavigator.cz>.

Néve J. Approaches to assess selenium status and requirement. *Nutrition Reviews*, 2000, roč. 58, č. 12, s. 363-369.

NRC. 2007. Nutrient requirements of Horses. Washington DC, National academies press.

Pagan J. D. 1998d. Protein requirements and digestibility: A review. In: *Advances in Equine Nutrition*. Pagan, J.D. (Ed.). Nottingham University Press, UK. pp. 43-50.

Passwater R. A. Vše o selenu. Praha: Pragma. 1999. s. 19-90. ISBN: 80-7205-902-5.

Pagan J. D., Nash D. 2006. Managing growth to produce a sound athletic horse. In: *Proc. 15th Ann. Kentucky Equine Research Conf.*, Lexington, KY, pp. 71-81.

Plunkett S. J. Toxikologická pohotovost. 1993. Odborné články. Veterinární klinika Richterovi. terripet.cz [online]. [cit. 2014-03-17]. Dostupné z:

<http://www.terripet.cz/joomla/index.php?option=com_content&view=article&id=26:otravy&catid=7:odborne-clanky&Itemid=13>.

Pratt-Phillips T. S. Formulating equine diets. thehorse.com [online]. 2014-01-28 [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <<https://www.thehorse.com/articles/33278/formulating-equine-diets>>.

Ray G. Matching diet to activity level. thehorse.com [online]. 2001-12-01 [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <<http://www.thehorse.com/articles/12754/matching-diet-to-activity-level>>.

Richter R. Těžké kovy v půdě. Živný režim půd. [online] 2004 [cit. 2014-03-18] Dostupné z: <http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/puda_tk.htm>.

Roederigová-Streubelová S. Minerální látky a stopové prvky. Český Brod: Železný. 1995. ISBN: 80-237-3490-3

Salava J. Fytoremediace. Gate2Biotech.cz [online]. 2014 [cit. 2014-03-17]. Dostupné z www: <<http://www.gate2biotech.cz/fytoremediace-1/>>.

Sastre J., Hernández E., Rodríguez R., Alcobé X., Vidal M., Rauret G. Use of sorption and extraction tests to predict the dynamics of the interaction of thace elements in agricultural soils contaminated by a mine tailing accident. Science of the Total Environment 2004. 329, 261-281.

Sedlinská, M., Ludvíková, E. Nedostatek selenu v chovech koní – nutriční svalová degenerace hříbat. Náš chov. LXVII, 4, 2007. s. 84-85.

Schneiderová P. Organický selen - účinný antioxidant pro koně. Agronavigátor [online]. 2005-01-13 [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=119&ch=1&typ=1&val=32279>>.

Stachová D. Voda v těle. ifauna [online]. 2010-01-01 [cit. 2013-11-29]. Dostupné z: <<http://www.ifauna.cz/clanek/kone/voda-v-tele/2020/>>.

Suková I., Selen – zdroje, účinky a zásobování. Agronavigátor [online]. 2008-11-06 [cit. 2013-12-02]. Dostupné z: <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=147&ch=13&typ=1&val=85921>>.

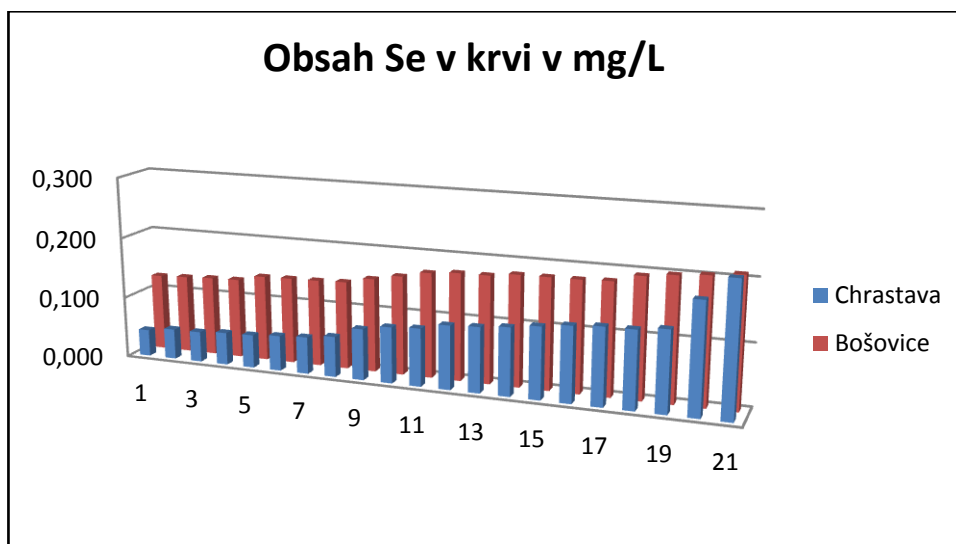
- Surai P. F. Selenium in nutrition and health. Nottingham. 2006. 955 s. ISBN 1-904761-16-X.
- Šetlík, Seidlová, Šantrůček. Fyziologie rostlin. Kapitola 10. Minerální a organická výživa rostlin. [cit. 2013-12-02]. Dostupné z: <http://kebr.prf.jcu.cz/download/lectures/KFR220/KFR220_S10.pdf>.
- Šimáně J., Hubený M., Zita L. 2004. Selen – významný prvek ve výživě drůbeže i člověka. Náš chov. 2004. č. 5, s. 60.
- Švehlová D. Když se řekne laminitida. Jezdectví. 2007. č. 4. 55. s.78 – 79.
- Tlustoš P., Habart J. Využití průmyslových rostlin k remediaci kontaminovaných půd. Biom.cz [online]. 2009-12-07 [cit. 2014-03-17]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-prumyslovych-rostlin-k-remediaci-kontaminovanych-pud>>. ISSN: 1801-2655.
- Tremlová J., Száková J., Sysalová J., Tlustoš P. Bioavailability of arsenic, cadmium, iron and zinc in leafy vegetables amended with urban particulate matter suspension. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2013. 93. 1378-1384.
- Underwood E. J.; Suttle N. F. The mineral nutrition of livestock. 3. ed. Wallingford : CABI Publishing : CAB International, 1999. s. 614. ISBN 0-85199-128-9.
- Poláková Š. Obsah selenu (Se) v zemědělských půdách ČR. ÚKZÚZ v Brně. [online]. 2010-08-24 [cit. 2014-03-17] Dostupné z: <<http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/hnojiva-a-puda/bezpecnost-pudy/monitoring-pud/obsah-selenu-se-v-zemedelskych-pudach-cr.html>>.
- Vašková P. Selen v lidské výživě. Bakalářská práce. Brno: Masarykova univerzita, Fakulta lékařská, 2006.
- Velíšek J. Chemie potravin II, Tábor: Osis, 1999. ISBN 80-86659-01-1.
- Vencour I. 1997. Učební texty pro školení a zkoušky cvičitelů jezdeckví. Česká jezdecká federace. s. 88.
- Vogel C. 2003. Velká kniha péče o koně. Praha, Ottovo nakladatelství. s. 108 – 113. ISBN 80-7181-810-0.

Zadák Z. Magnesium a další minerály, vitaminy a stopové prvky ve službách zdraví. 1.ydání.
Zlín: Presstempus. 2006. s. 62-63. ISBN: 80-903350-7-1.

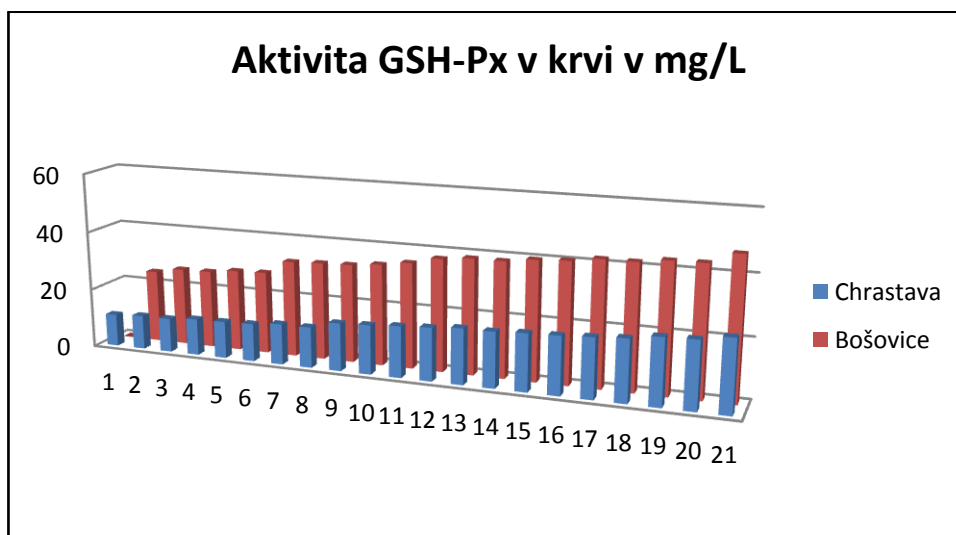
8 Přílohy

Seznam příloh: Příloha 1 – 14

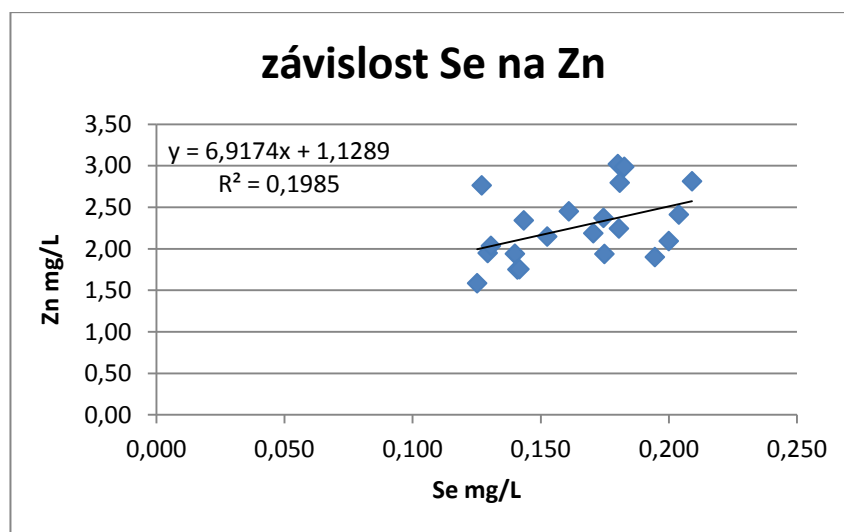
Příloha 1 Porovnání obsahu selenu v krvi dostihových koní (Bošovice) a rekreačních koní (Chrastava)



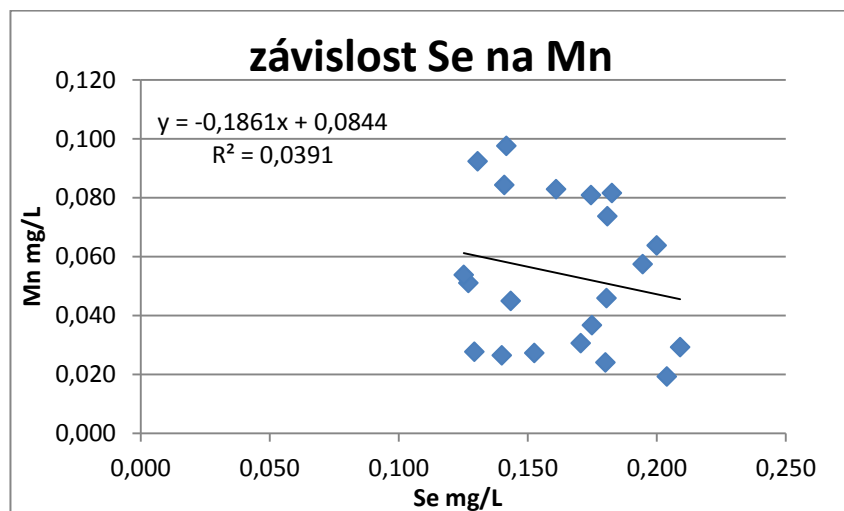
Příloha 2 Porovnání aktivity enzymu glutathionperoxidasy v krvi dostihových koní (Bošovice) a rekreačních koní (Chrastava)



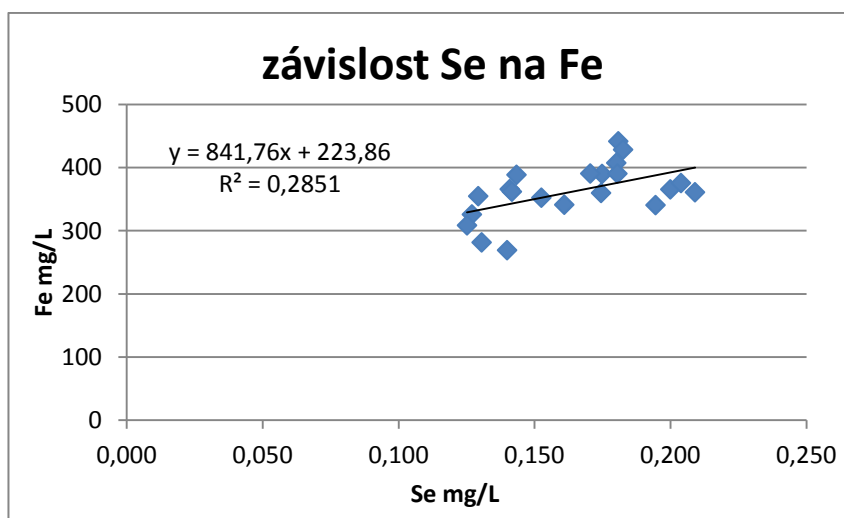
Příloha 3 Závislost koncentrace selenu na koncentraci zinku v krvi dostihových koní



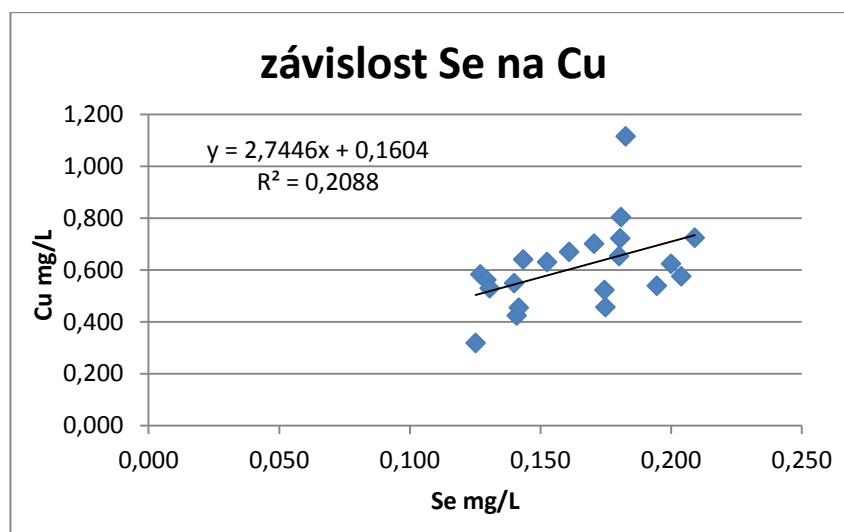
Příloha 4 Závislost koncentrace selenu na koncentraci zinku v krvi dostihových koní



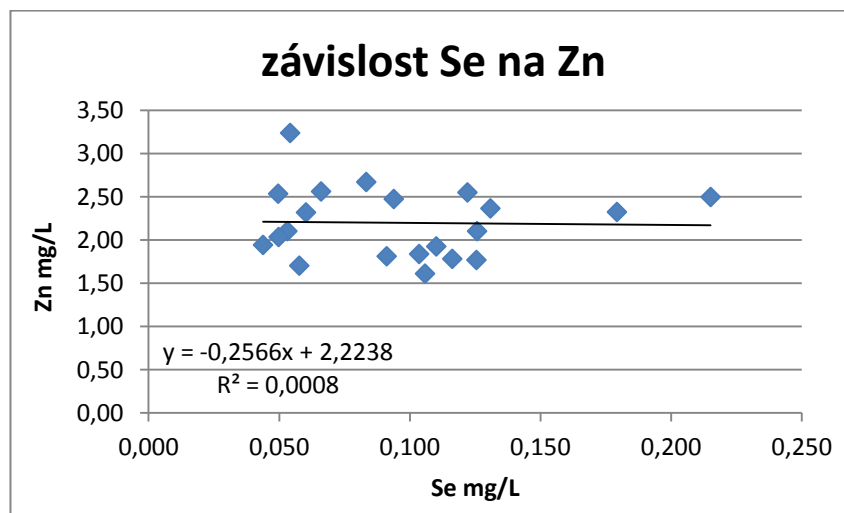
Příloha 5 Závislost koncentrace selenu na koncentraci zinku v krvi dostihových koní



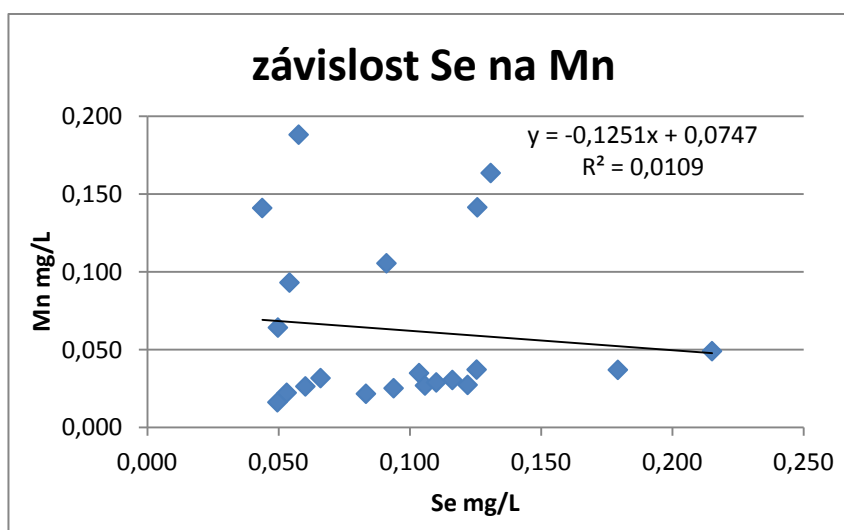
Příloha 6 Závislost koncentrace selenu na koncentraci zinku v krvi dostihových koní



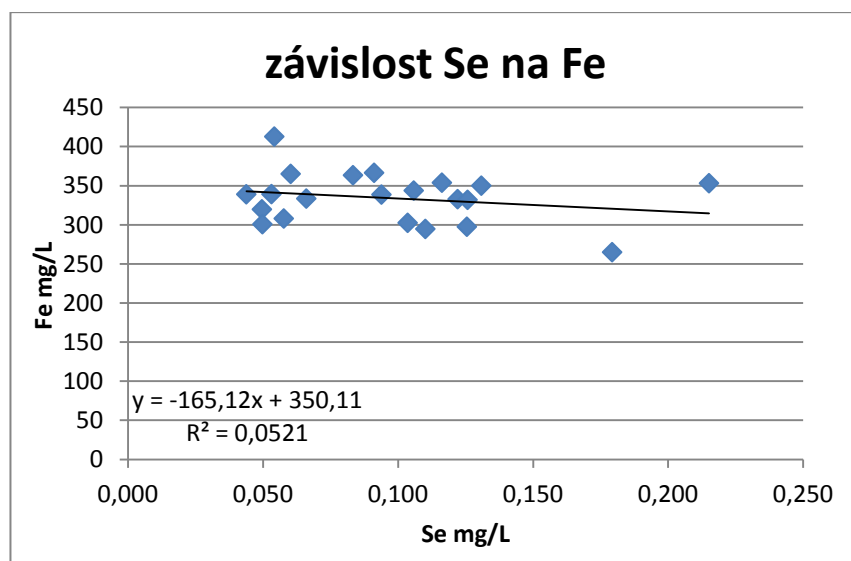
Příloha 7 Závislost koncentrace selenu na koncentraci zinku v krvi rekreačních koní



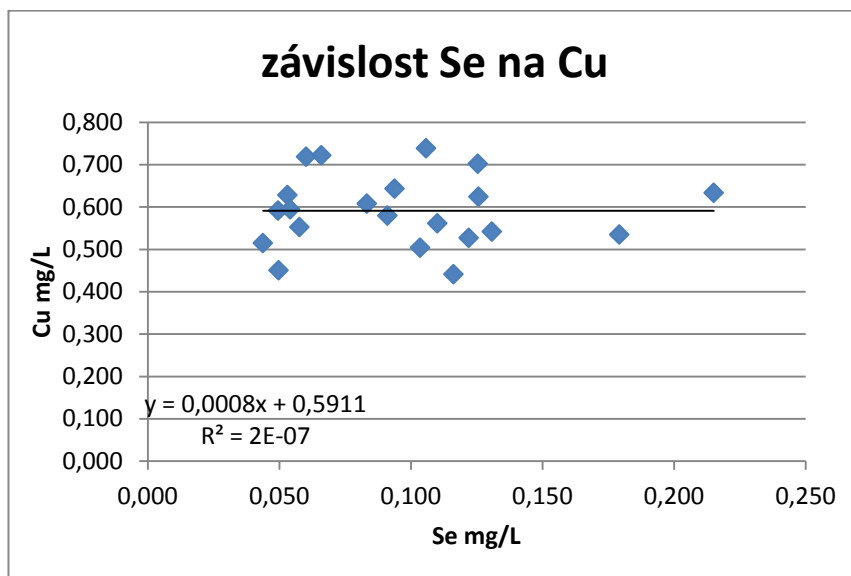
Příloha 8 Závislost koncentrace selenu na koncentraci manganu v krvi rekreačních koní



Příloha 9 Závislost koncentrace selenu na koncentraci železa v krvi rekreačních koní



Příloha 10 Závislost koncentrace selenu na koncentraci mědi v krvi rekreačních koní



Příloha 11 Obsah stopových prvků ¹⁾ u různých krmiv (mg/kg sušiny), podle Meyera a Coenena (2003)

	železo	zinek	mangan	jod	měď	selen	kobalt
Luční tráva, hnoj.	225	30	130	0,40	4-9	0,04	0,17
Seno luční, střed. kval.	200	30	110	0,27	4-6	0,10	0,12
Seno vojtěškové	250	25	50	0,24	9	0,06	0,15
Kukuřičná siláž	210	30	45		8	0,18	0,09
Krmná řepa	130	30	85	0,36	7	0,03	0,16
Melasa	150	30	35	0,85	11	0,03	0,92
Sušená řepa	500	20	75	1,00	14	0,05	0,60
Mrkev	60	35	25	0,35	6	0,02	0,15
Oves	65	35	50	0,11	5	0,08	0,07
Pšeničné otruby	170	90	130	0,35	15	0,05-0,04	0,09
Sójový extrah. šrot	160	70	35	0,25	19	0,2-0,4	0,25

¹⁾ obsahy se mohou měnit zvláště u zelené píce a sena podle stanoviště, hnojení, stáří rostlin

Příloha 12 Denní potřeba mikroprvků (v mg) u středně velkých koní (450 kg živé hmotnosti), podle Bendera (2000)

Mikroprvek	Potřeba v mg
Železo	540-720
Zinek	450
Mangan	360
Jod	0,90-1,80
Měď	63-90
Selen	1,35
Kobalt	0,45-0,90

Příloha 13 Výběhy koní v Chrastavě



Autor: Vendula Svobodová

Příloha 14 Odebírání vzorků rostlin v Chrastavě



Autor: Ing. Jana Najmanová