



Transport losí samice z Dolního Dobřejova do Zoo Praha, zvíře je přepravováno v kontejneru

Transporting a female moose from Dolní Dobřejov to Prague Zoo, the animal is transported in a special container

Foto/Photo by Roman Vodička

Souhrn poznatků k výživě losa evropského (*Alces alces*) v lidské péči

Summary of findings on the nutrition of moose (*Alces alces*) in human care

IRENA SCHNEIDEROVÁ^{1,2}, IVETA MYŠKOVÁ¹, ROMAN VODIČKA¹

¹ Zoo Praha

² Katedra chovu zvířat a potravinářství v tropech, Fakulta tropického zemědělství, Česká zemědělská univerzita v Praze

Chov losa evropského (*Alces alces*) v lidské péči je považován za vysoce problematický. Ačkoliv v přírodě se losi mohou dožít 16–20 let, v lidské péči uhynie až 70 % losů během prvního roku života a 90 % jich uhynie do věku 6 let (Shochat et al., 1997). Tento problém je připisován několika faktorům, za jeden z nejzávažnějších je považována neschopnost uspokojit vysoké potravní nároky tohoto druhu. Dalšími často zmiňovanými problémy jsou náchylnost k hlavničce, nízká schopnost tolerovat vysoké teploty, samotářský způsob života a citlivost k parazitárním nákazám (Shochat et al., 1997; Clauss et al., 2002).

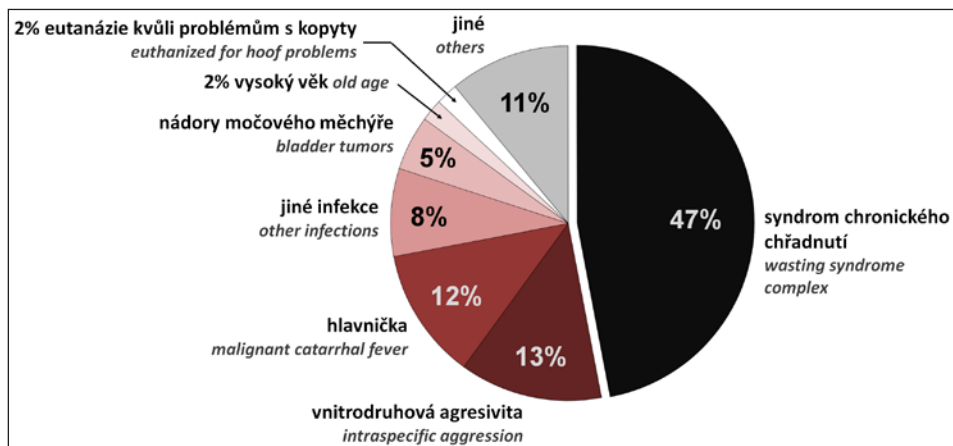
Také v Zoo Praha došlo v minulosti k náhlým úhynům relativně mladých zvířat, což vedlo ke snaze tuto situaci řešit. Čelakovská tak ve své diplomové práci v roce 2018 následně shrnula a zanalyzovala data o krmení a chovu losů ve 22 evropských zoo. Abychom zjistili, co vlastně o příčinách úhynů losů v zoologických zahradách víme, provedli jsme podrobnou literární rešerši. Cílem tohoto článku je podělit se o naše poznatky a oživit debatu o tom, zda vůbec a případně jak lze předčasným úhynům losů v zoologických zahradách zabránit. Podrobně se zaměříme především na problematiku výživy, přičemž mnohé zde uvedené poznatky a doporučení mohou být užitečné i při výživě jiných druhů přezývků.

Příčiny úhynů losů v zoologických zahradách

Příčinami úhynů losů v evropských zoologických zahradách se podrobněji zabýval již v roce 2002 kolektiv autorů, který měl možnost hodnotit dožitý věk a příčiny úhynů u 250 jedinců z 19 evropských zoologických zahrad (Clauss et al., 2002). Nejvyšší zaznamenaný věk byl 16 let, tohoto věku se však nedožilo ani 1,5 % narozených mláďat. Co se týče úhynů, v 12,4 % je tvořily předčasně a mrtvě narozená mláďata. U živě narozených mláďat pak byla nejvyšší mortalita zaznamenána do jednoho roku života. Početnost úhynů se s věkem nesnižovala, nýbrž kulminovala kolem 6. roku. Pokud vezmeme v úvahu pouze příčiny úhynů u jedinců starších tří měsíců, téměř v polovině případů se jednalo o tzv. syndrom chřadnutí¹ (wasting syndrome complex; Graf 1).

Pokud se podrobněji podíváme pouze na úhyny v důsledku syndromu chřadnutí, losi mu nejčastěji podlehlí kolem 6. – 8. roku života (Graf 2). To podporuje domněnku, že se v podstatě jedná o postupné gradující poškození trávicího traktu, které v určitém věku zvířete přesáhne únosnou mez a zvíře hyne (Shochat et al., 1997). Postižení losi vykazovali záněty zažívacího ústrojí a viditelně chřadli. U poloviny z nich byla zaznamenána přítomnost endoparazitů (především *Trichuris* spp.) a u pětiny z nich bakteriální infekce (především *Clostridium* spp.).

¹ Toto postižení by nemělo být zaměňováno s chronickým chřadnutím jelenovitých (chronic wasting disease), což je onemocnění způsobené prionovým proteinem a prokázané u jedinců jak ve volné přírodě, tak v lidské péči.



Graf 1. Příčiny mortality losů chovaných v evropských zoologických zahradách podle Clauss et al., (2002). Syndrom chřadnutí je příčinou většiny úhyňů nejen v Evropě, ale i v Severní Americe.

Chart 1. Causes of mortality of moose kept in European zoos according to Clauss et al., (2002). Wasting syndrome complex is the cause of most deaths in both Europe and in North America.

Syndrom chřadnutí

Pod syndromem chřadnutí se skrývá komplex problémů zahrnující nespecifické záněty střev, chronický průjem a ztrátu tělesné kondice, často za spolupůsobení infekčních agens parazitárního a bakteriálního původu (Shochat et al., 1997). Příčiny vzniku tohoto syndromu jsou zatím předmětem debat a jistou dobu existovala neshoda mezi Evropou a zámořím v otázce toho, jakou roli zde sehrává pastva (Clauss et al., 2002). Ačkoliv v přírodě tvoří traviny méně než dvě procenta potravy losa (viz kapitola Okusovač se specializací), v zoologických zahradách se losi pasou poměrně ochotně a některé zoologické zahrady uvádějí, že s jejich chovem měly problémy do té doby, dokud je držely v travnatých výběžích (Shochat et al., 1997). Zatímco v Severní Americe se mělo za to, že syndrom chřadnutí má na svědomí samotná konzumace travin, v Evropě se odborníci přikláněli spíše k tomu, že skrze pastvu se losi snadněji nakazí střevními parazity (Shochat et al., 1997). Losi jakožto tzv. okusovači², kteří se navíc pohybují většinou soliterně na velkém území, nejsou proti podobným nákazám pravděpodobně příliš dobře evolučně vybaveni.

Pastvou ale seznam podezřelých v kauze „syndrom chřadnutí“ nekončí. V současné odborné literatuře zaměřené na výživu přežvýkavců se také poměrně často setkáváme s problémem subakutní bacherové acidózy (subacute ruminal acidosis).

Subakutní bacherová acidóza

Subakutní bacherová acidóza byla poprvé popsána v roce 1970 u domácího skotu (Dirksen, 1970). Jedná se o přechodný pokles pH bacheru přežvýkavců (Graf 3). K tomuto nežádoucímu poklesu pH dochází při nedostatečném příjmu vlákniny, a naopak zvýšeném příjmu koncentrovaných krmiv obsahujících jednoduché, rychle kvasící cukry. V zemědělském průmyslu je příčinou vzniku tohoto problému snaha o co nejvyšší produkci. Zvířata jsou místo objemu ve formě sena krmena koncentrovanými krmivy v podobě granulátů na bázi obilovin, jejichž úkolem je zajistit co nejvyšší výtěžek. Výsledkem však také

² Okusovači (browsers) se živí především listím, letorosty stromů a keřů a širokolistými dvouděložnými bylinami, zatímco potravou spásáčů (grazers) jsou převážně či výhradně traviny. Přechodové typy býložravců neboli intermediáti (intermediate feeders) se významnou měrou živí obojím.



Samice ve velmi špatném zdravotním stavu, není schopna se postarat o mládě. I přes intenzivní léčbu musela být 3 dny poté utracena. Tento příklad ukazuje, že narození mláděte bezpodmínečně neznamená vyváženou krmnou dávku.

A female in very poor condition, unable to take care of young. Despite intensive treatment, she was euthanased 3 days later. This example shows that breeding, respective giving birth to a young by a female, does not necessarily mean that we have optimal feeding ration.

Foto/Photo by Roman Vodička

bohužel bývá nutnost porazit v šesti letech ze zdravotních důvodů zvířata, která se normálně mohou dožít i 20 let (Khiaosa-Ard et Zebeli, 2018). Subakutní bachorová acidóza se však netýká jen skotu. Už v roce 1978 byla připsána vzniku trávicích potíží u několika druhů přežvýkavců chovaných v zoologických zahradách, jmenovitě u pižmoně, jelena milu a žirafy (Elze et al., 1978). Později se ukázalo, že má také co do činění s problémem přerůstání paznehtů, dotčenými zvířaty byli v tomto případě tahr himálajský a antilopa jelení (Zenker et al., 2009).

V prostředí zoologických zahrad je subakutní bachorová acidóza výsledkem podávání nevhodných krmiv, jako je ovoce, některé druhy zeleniny a obiloviny. Ovoce i mnoho druhů zeleniny pěstovaných pro lidskou konzumaci (např. jablka, banány a mrkev) obsahují vysoké množství velmi rychle zkvasitelných jednoduchých cukrů, jejichž fermentace je popisována jako výbušná (Oftendal et al., 1996). Subakutní acidózu bachoru ale může způsobit i přílišné a nevhodné krmení granuláty, zvláště pak těmi, které obsahují obiloviny (Schilcher et al., 2013; Tahas et al., 2018). Příkladem nevhodného krmení je raní podávání granulátu za účelem přemístění a oddělení zvířat na úklid. Pokud zvířata přijmou velké množství granulátu, aniž by před tím měla přístup k objemovému krmivu, může v jejich předžaludku granulát působit obdobným způsobem jako krmiva s vysokým obsahem jednoduchých cukrů.

Jak může subakutní bachorová acidóza, kterou často ani nejsme schopni navenek na dotčeném přežvýkavci pozorovat, vést k jeho zdravotním problémům a v extrémním případě až k jeho úhynu? Za prvé, trávicí trakt představuje jedno z nejdůležitějších propojení mezi tělem jedince a vnějším světem. Jeho úkolem je nejen vstřebávat živiny, ale také hraje velkou roli v obranyschopnosti a imunitě organismu. Za druhé, v bachoru přežvýkavců žije obrovské množství mikroorganismů, které pomáhají trávit celulózu, což je velmi složitý proces. Jejich přítomnost je zde tolerována imunitním systémem, přičemž tento křehký vztah „symbiotické mikroorganismy – imunitní systém“ se vyvíjel velmi dlouhou dobu (Garcia et al., 2017).

Od krmné dávky k imunitnímu systému

Předžaludek přežvýkavců je přizpůsoben pro mikrobiální fermentaci objemového krmiva s vysokým obsahem vlákniny. Produktem fermentace vlákniny jsou směsi těkavých mastných kyselin, jež se dále mohou vstřebávat bachorovým epitelem do těla. Neustálý přísun vlákniny udržuje mikrobiom bachoru

v dostatečném množství a správném zastoupení. Navíc se pomnožené nebo odumřelé mikrobiální buňky stávají, po své pasáži do tenkého střeva, hlavním zdrojem zásobením přežvýkavce jakožto hostitelského organismu aminokyselinami. Význam objemového krmiva je pro přežvýkavce tudíž prvořadý.

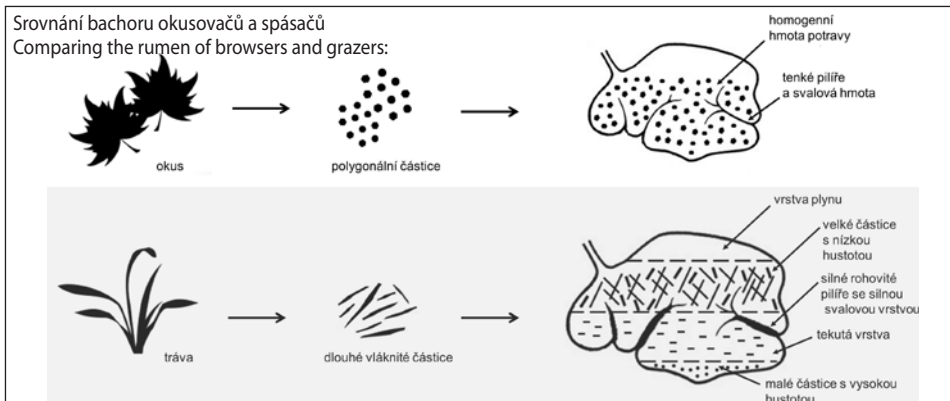
Správné a vyvážené pH bacheru je zcela zásadní proto, aby mikroorganismy mohly dobře pracovat a optimalizovat využití živin, to vše při vzájemném bezproblémovém soužití s hostujícím organismem. Vlivem snižování nebo výkyvů pH bacheru dochází k narušení tohoto vztahu, v trávicím traktu se začínají množit některé druhy bakterií na úkor jiných a vzniká tzv. dysbióza. Současně také dochází k narušení integrity stěn epitelů trávicího traktu. Ty se tak stávají lépe prostupné pro bakteriální endotoxiny, které se v podmínkách dysbiózy v trávicím traktu vyskytují v nepřiměřeném množství. Jakmile endotoxiny začnou procházet stěnou trávicího traktu, začínou získávat pozornost buněk imunitního systému, které se aktivují a navozují zánětlivou reakci. Tato reakce je zcela správným postupem – za standardní situace by měla vést k vítězství nad patogeny, které se snaží dostat do těla. Nad kontinuálním přísunem nevhodných krmiv se však zvítězit nedá. Imunitní systém tak zůstává ve stavu mírné, ale permanentní aktivace. A ta si vybírá svou daň v podobě energie. Endotoxiny navíc postupují dále do těla, dostávají se do krevního oběhu a pomocí něho do jater a dalších orgánů. Tam opět aktivují imunitní systém, který spouští odpovídající obrannou odpověď. Endotoxiny tak začínají rozvracet normální metabolické pochody příslušných orgánů (García et al., 2017; Khiaosa-Ard and Zebeli, 2018). To je jedna z příčin, jak může subakutní bacherová acidóza vést ke zhoršení zdravotního stavu zvířete.

Nevhodnou krmnou dávkou se tak můžeme propracovat například k problémům se zánětem šikry paznehtu (tzv. laminitidě), parakeratóze (degeneraci slizničních papil v bacheru, která může vyústit až k zánětlivým změnám na sliznici) nebo zánětům dalších orgánů (Khiaosa-Ard et Zebeli, 2018). Subakutní bacherová acidóza bude pravděpodobně stát i za tím, že zvířata krmená pestřejšími krmnými dávkami mohou mít paradoxně horší kondici než zvířata krmená pouze okusem a senem, jak bylo zjištěno u bonga horského (Wright et al., 2011). Studie porovnávající krmné dávky a jejich výživovou hodnotu v osmi anglických zoologických zahradách vůbec přinesla pozoruhodné výsledky. Jedním z nich bylo, že při krmení okusem, směsí vojtěškového a lučního sena a granulátem mohou mít antilopy bongo perfektní kondici. Zpestřování krmných dávek zeleninou nebo ovocem tedy autoři považují za zbytečné (Wright et al., 2011).

Výše zmíněná studie také ukázala, že krmná dávka pro bonga se mezi různými zahradami lišila a že v podstatě neexistuje jednotný koncept, jak tato zvířata krmit. Z této souvislosti vyplývá, že slepé přebírání krmných dávek od jiných zoologických zahrad tedy nemusí vůbec představovat optimální krmnou dávku. Optimální krmná dávka by měla být navrhována specialistou na výživu na základě znalostí specifických potřeb daného druhu. Základní komponenty krmné dávky se stanovují dle potravy v přírodě – navrhovaná krmiva by se v rámci možnosti měla co nejvíce podobat struktuře a biologické hodnotě této potravy. Při výběru jednotlivých komponent sledujeme jejich energetickou hodnotu, kvalitu dusíkatých látek, obsah sušiny, minerálních látek a vitamínů. V neposlední řadě sledujeme též dietetické a další specifické vlastnosti krmiva, například kolik obsahují vlákniny nebo sekundárních rostlinných metabolitů. Tyto látky se v potravě nacházejí v různém množství a vyvážená krmná dávka by je měla obsahovat všechny v určitém poměru. Pokud se krmná dávka v tomto ohledu jakkoliv odlišuje od normy, může u zvířat dojít k různým metabolickým poruchám. Co tedy víme o potravě losů v přírodě?

Okusovač se specializací

Z dlouhodobých ekologicko-nutričních studií vyplývá, že v přírodě tvoří potravu losa především druhy stromů, jako jsou vrba (*Salix* spp. – především *S. cinerea*, *S. caprea*, *S. pentandra*, *S. phylicifolia*, *S. myrsinifolia*, *S. arbusculoides* a *S. alaxensis*), bříza (*Betula* spp. – především *B. pubescens*, *B. pendula*, *B. papyrifera*, *B. glandulosa*), jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*), topol osika (*Populus tremula*), jalovec obecný (*Juniperus communis*), olše šedá (*Alnus incana*), borovice lesní (*Pinus silvestris*), jedle balzámová (*Abies balsamea*) nebo smrk ztepilý (*Picea abies*). Losi se také živí některými druhy keřů a bylin, například brusnicí borůvkou (*Vaccinium myrtillus*), ostružiníkem maliníkem (*Rubus idaeus*), vřesem obecným (*Calluna vulgaris*) nebo vrbovkou úzkolistou (*Epilobium angustifolium*); Hörnberg, (2001); Shipley, (2010); Wam and Hjeljord, (2010). Všechny tyto druhy tvoří potravu losa z hlediska celého jeho areálu rozšíření v Americe i Eurasii. Pokud se zaměříme na konkrétnější místa, na většinu z nich představuje potravu losů malé



Po rozžvýkání tvoří okus malé polygonální částice, zatímco tráva dlouhé vláknité částice. Bachor okusovačů (nahore) je v porovnání s bachorem spásáčů (dole ve světle šedém poli) menší. Má také slabší pilíře s menší vrstvou svalové hmoty, to proto, že nepotřebuje tak silně promíchávat a posouvat potravu. Potrava se v něm nevrství jako u spásáčů, ale vytváří homogenní viskózní hmotu. Upraveno dle Clauss et al., (2003).

After chewing, browse forms small, polygonal particles, whereas grass forms long, fibrous particles. A browser's rumen (top) is smaller than a grazer's rumen (bottom in light grey box). It also has weaker pillars with a smaller layer of muscle mass, because it does not need to mix and move the food so strongly. The food does not form layers as it does in a grazer, instead it forms a homogeneous, viscous mass. Modified from Clauss et al., (2003).

množství druhů, přičemž některé druhy zjevně dominují, nejčastěji vrba a bříza v letním období a borovice lesní, jedle balzámová nebo smrk ztepilý v zimním období (Graf 4 a 5, Box 1). Los je tedy, co se jeho potravního zaměření týče, okusovačem – fakultativním³ specialistou.

Jednou z mnoha adaptací okusovačů je jejich schopnost zpracování sekundárních rostlinných metabolitů (např. tříslovin) obsažených v jejich potravě. Tato schopnost je jednak dána vysokou aktivitou jater a za druhé souvisí s tvorbou bílkovinných látek ve slinách, které jsou na sebe schopné tyto specifické metabolity navázat do nerozpustných komplexů. U specialistů se však očekává, že spektrum vybraných konzumovaných tříslovin je relativně úzké – jsou tedy přizpůsobeni právě těm druhům, které jsou součástí jejich potravy v lokalitě jejich výskytu. I z tohoto hlediska je porovnání losů s ostatními jelenovitými zajímavé – bílkovinné látky ve slinách jelenů ušatých (*Odocoileus hemionus*), kteří mají v přírodě různorodější potravu, dokáží vázat mnohem širší spektrum tříslovin (Shipley, 2010). Sekundární rostlinné metabolity jako jsou třísloviného charakteru: myricetin, salicyláty a terpeny, které jsou hojně obsažené v některých druzích stromů a keřů, jež losi konzumují ve volné přírodě, jim pravděpodobně také pomáhají v boji proti střevním parazitům, patogenním bakteriím, nadýmání, stejně jako cheláty železa (Clauss, 2003).

Pověstná je u losů také konzumace vodních rostlin. Studie z kanadského Ontaria ukázala, že vodní rostliny vyhledávají zdejší losi především v období od konce května do poloviny července a přibližně ve stejném období vyhledávají také minerální lizy (Fraser et al., 1982). Vodní rostliny jsou pro ně v tomto období bohatým zdrojem sodíku, jež mimo jiné napomáhá efektivnějšímu trávení většího objemu potravy.

Problém s okusovači a vhodným krmením

Okusovači obecně, tedy i losi, patří v zoologických zahradách k náročnějším a choulostivějším chovancům. Proč tomu tak je, lze lépe pochopit při srovnání se spásáči. Travniny a listy se vyznačují zásadními rozdíly v chemické a fyzikální struktuře. Vzhledem k rozdílné skladbě přirozené potravy tedy existuje značné množství anatomických a fyziologických rozdílů v trávicí soustavě a samotném procesu trávení

³ Fakultativní specialisté nejsou tak přísně vázáni na určitou potravu a příležitostně mohou přijímat širší spektrum druhů. Naopak obligatorní specialisté jsou často téměř výhradně vázáni na určitou potravu – příkladem může být třeba koala medvídkovitý, který se živí téměř výhradně listy blahovičníků.

mezi spásací živíci se převážně trávou a okusovači upřednostňujícími listí stromů. Okusovači mají například v porovnání se spásací nižší korunky třenových zubů a stoliček (Kaiser et al., 2009). U okusovačů dále nacházíme menší bachor a v něm rovnoměrně rozložené bachorové papily a tenké bachorové pilíře. Okusovači mají také knihu s velmi nízkými retikulárními hřebeny, což je vysvětlováno jejich nižší potřebou reabsorpce vody v tomto orgánu v porovnání se spásací (Clauss et al., 2006). Všechny tyto vlastnosti jsou předpokladem pro kratší retenční čas průchodu částic krmiva trávicím traktem (Clauss et al., 1998; Clauss and Lechner-Doll, 2001).

V zoologických zahradách okusovači nepřijímají travní seno tak ochotně jako spásací. V zásadě k tomu mají dva důvody. Za prvé, jejich zuby jsou přizpůsobeny k oštipování listů, jež kladou menší odpor pro rozmělnění než tráva. Za druhé, tráva se v bachoru vrství a ukládá, což může vzhledem k relativně malému bachoru blokovat jeho činnost pro správné trávení okusu. Okus se, na rozdíl od trávy v předžaludku, takto neusazuje a nevrtává, rozpadá se na ploché polygonální částice a po přežvýkání tvoří homogenní viskózní hmotu. Ve vztahu k subakutní acidóze bachoru, ale i dalším výživovým problémům, jsou tedy citlivějšími zvířaty v zoologických zahradách právě okusovači, neboť jejich zcela logická neochota žrát dostatečné množství předkládaného travního sena vede k nepochopitelnému příjmu objemových a koncentrovaných krmiv. Jako jediné a ideální se v podmínkách zoologických zahrad jeví nerealizovatelné řešení – výhradní krmení dostatečným množstvím okusu (Shochat et al., 1997). Nakrmit velké kopytníky pouze okusem je prostě nemožné, jelikož požadované množství často převyšuje logistické a finanční možnosti většiny zoologických zahrad. Existuje tedy nějaká alternativa?

Dle chemického složení i fyzikální struktury listů a stonků je pro okusovače včetně losa vhodným kompromisem vojtěškové seno. Hlavními strukturálními složkami rostlinných vláknitých buněčných stěn jsou celulóza, hemicelulózy, lignin a křemičitany. Energie z celulózy a hemicelulózy je pro zvíře dostupná jen díky štěpení mikrobiomem. Matrix buněčné stěny tvoří voda, hemicelulózy a pektiny. Oproti travnímu senu obsahuje vojtěška, podobně jako okus, více pektinů a má i podobný poměr v zastoupení ligninu vůči celulóze a hemicelulóze (Tabulka 1). Nevyžaduje až tak důkladné přežvýkání, zajišťuje vyšší rychlost fermentace a ve srovnání s travním senem také vyšší příjem energie. Nejlepší způsob, jak těmto zvířatům zajistit více energie není podávat jim škroby a jednoduché cukry, nýbrž podávat jim vlákninu a pektiny. Taktéž obsah dusíkatých látek ve vojtěškovém seně se blíží tomu v okusu, na rozdíl od travního sena. Pokud vezmeme v úvahu, že okusovači by měli přijmout 80 % celkové sušiny v podobě objemových krmiv a koncentrace neutrálně detergentní vlákniny (neutral detergent fiber, NDF) v těchto krmivech by měla být nad 50 %, lze pro ně za vyhovující a dostatečnou pro udržení zdravého bachoru a prevenci subakutní bachorové acidózy považovat pouze krmiva jako je okus, vojtěškové seno nebo směs vojtěškového sena se sušeným okusem a travním senem (Lintzenich et Ward, 1997; NRC 2001). I tak ale mohou nastat chvíle, kdy losi potravu příliš nepřijímají.

Sezonní změny v příjmu potravy a metabolismu

Los je při svém areálu rozšíření vystaven velkým sezonním změnám podnebí a dostupnosti potravy. V letním období má kolem sebe dostatek potravy, v zimě se však musí vypořádat s jejím nedostatkem a zároveň s nízkými teplotami. K tomu mu dopomáhá celá řada morfologických i fyziologických adaptací. Z těchto morfologických si pozornost rozhodně zaslouží slinné žlázy – v létě jsou těžší než v zimě (Hofmann et Nygrén, 1992a). O obrovském významu zdravé fungujícího bachoru již byla řeč – i ten však u losa podléhá sezonním změnám. Studium bachorové stěny 25 losů zastřelených ve Švédsku a Finsku ukázalo, že její sliznice má díky svým četným papilám, které ji pokrývají, mnohonásobně větší absorpční povrch než třeba sliznice domácího skotu. A to i v zimě, kdy se zmenšuje asi o 50 %! Počet papil, jejich výška i šířka – to vše se na zimu snižuje a zmenší (Hofmann et Nygrén, 1992b). Reinhold Hofman a Kaarlo Nygren do své studie zahrnuli i sedm losů ze tří zoologických zahrad a zjistili, že absorpční povrch sliznice bachoru těchto losů byl o 31 % menší než absorpční povrch 25 losů z volné přírody. Také počet papil byl nižší, přesně o 24 % (Hofmann et Nygrén, 1992b).

Zajímavé je, že pomocí experimentů bylo prokázáno, že losi přestávají přijímat potravu i v situaci, kdy mají celoročně dostupné stejné množství stejně výživného krmení (Schwartz et al., 1984). Dvanáct losů z aljašského výzkumného centra pomohlo v těchto experimentech odhalit, jakým způsobem losi přijímají potravu v průběhu roku. Tito losi měli největší příjem potravy v průběhu června, července a srpna, v období říje jej výrazně snížili a nízký příjem vykazovali také koncem zimy (od února do dubna,

Graf 6). Ochota přijímat potravu se samozřejmě odráží v jejich tělesné hmotnosti. Samci měli nižší hmotnost během říje, samice v době kolem porodů. Lehký pokles tělesné hmotnosti byl u obou pohlaví zaznamenán také koncem zimy.

Los se v průběhu podzimu musí připravit i na výrazný pokles teplot. Začíná šetřit tělesným teplem, snaží se zabránit jeho úniku a udržovat co nejmenší výkyvy tělesné teploty. Toho lze docílit například snížením počtu nádechů, které jsou však hlubší (Kochan, 2001). Los postupně snižuje intenzitu svého metabolismu. Veškeré tyto sezonní změny jsou podle fotoperiody (délky dne), okolní teploty a dostupnosti potravy v přírodě řízeny hormonálně (Pösö, 2005).

Je možné předčasným úhynům losů předejít?

Nelze vyloučit, že los evropský patří k druhům, kterým se v lidské péči nedaří a nikdy dařit nebude. Losi jsou chovatelskou výzvou nejen z hlediska krmení – ale mají také určité nároky na prostor, a vzhledem k tomu, že jsou samotáři, hůře snášejí pobyt ve výběhu společně s příslušníky svého druhu. Pokud ale shrneme naše poznatky o problematice výživy a porovnáme je s krmnými dávkami a způsoby krmení losů v zoologických zahradách (Šeráková, 2012; Šeráková, 2014; Čelakovská, 2018), lze navrhnout několik doporučení, která by mohla pomoci předejít některým častým problémům.

Prioritou by mělo být zajištění dostatečného množství okusu. Výběr jednotlivých nabízených druhů by měl co nejpřesněji odpovídat a co nejvíce podpořit přirozené potravní chování volně žijících losů (viz kapitola Okusovač se specializací). Měli bychom upřednostnit oblíbené druhy, oblíbenost se však může v průběhu roku měnit. Dobře naplánovaná logistika krmení okusem musí být součástí každého chovu losa evropského. Okus může být doplněn o vojtěškové seno nebo směs vojtěškového sena a travního sena. Během zimního období je vhodné zkrmovat oblíbené jehličnany, okus nasušený a větve i bez listů. Konzervace okusu silážováním je další možný způsob, jak navýšit jeho podíl v zimním období (Hatt and Clauss, 2001).

Je třeba vzít v úvahu, že losi jsou zvířata fyziologicky adaptována k zásadním metabolickým změnám v průběhu roku. Krmná dávka by tedy měla vykazovat sezonnost a podpořit svým složením anabolický metabolismus a růst v období května až října, a naopak katabolický metabolismus v období listopadu až dubna. Z nutričního hlediska by tato sezonnost přirozeného výběru potravy losa odpovídala potřebě pro zachování organismu s obsahem dusíkatých látek 6–8 % v sušině krmiva (Schwartz et al., 1987), ale naopak až 25 % dusíkatých látek v sušině pro reprodukci a růst (shrnuto v Dryden, 2011). Pokud v zimě pro nedostatek okusu navíc při přilepšování sáhnete po granulátu nebo mrkvi, riskujeme vznik metabolických problémů.

Naprostou klíčovou je vážením nabízeného a zbylého krmiva přesně stanovit množství objemového krmiva, které losi přijímají – to by mělo tvořit minimálně 60 % krmné dávky. Seno, které leží nedotčeno tři dny v jeslích nelze v žádném případě považovat za krmení objemem *ad libitum*. Při současném zkrmování granulátů, zeleniny a ovoce může vznikat velký nepoměr mezi příjmem objemových a koncentrovaných krmiv vedoucí ke vzniku subakutní bacherové acidózy.

Granulované krmivo by mělo být vnímáno pouze jako doplňkové, pomocí něhož jsou zvířatům podávány důležité vitamíny a minerály. Jejich obsahem lze také regulovat sezonnost kvality potravy. Mělo by být vyrobeno z vhodných surovin, např. na bázi listové nebo vojtěškové drtě, v žádném případě z obilovin. Listová nebo vojtěšková drť zaručuje další přísun vlákniny. Granuláty by měly obsahovat vhodný doporučený premix vitamínů a minerálů pro konkrétní druh zvířete, například dostatečné množství sodíku, odpovídající množství mědi, zinku, železa a selenu, vápník, fosfor a hořčík ve správném poměru atd. Granulovaná krmiva musí být krmena restriktivně, alespoň dvakrát nebo třikrát denně v menších dávkách. Neměla by být podávána, pokud zvířata před tím neměla možnost přijímat objemové krmivo.

Důležité je zcela eliminovat podávání jednoduchých, rychle zkvasitelných cukrů ve formě ovoce a některých druhů zeleniny (nejčastěji jablek a mrkve). Vzhledem ke složení potravy losů v přírodě není takové zpestřování jídelníčku nutné a tělu losa v zásadě nic pozitivního nepřináší. Naopak, pomáhá v bacheru vytvářet prostředí, které zatěžuje jeho tělo a v důsledku čehož vlastně ani nedokáže pořádně využít živiny z jakéhokoliv krmiva. Rozmanitost koncentrovaných krmiv, zeleniny a ovoce navíc vede u zvířat ke zvýšenému přebírání. Vrozená schopnost přežít vytrvat si nutričně vyvážené krmivo bývá často překonána, pokud jsou konfrontováni velkým množstvím koncentrátů a růz-

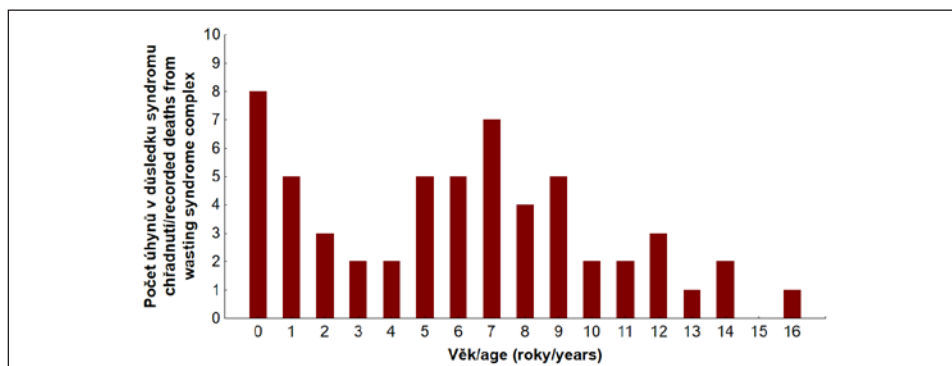
	Trávy - Grasses	Bobovité - Legumes	Okus - Browse
Rozpuštěné cukry - Soluble sugars	5 - 15	2 - 16	5 - 15
Škroby - Starches	1 - 5	1 - 7	
Pektiny - Pectins	1 - 2	5 - 10	1 - 12
Hemicelulóza - Hemicelluloses	15 - 40	3 - 10	8 - 12
Celulóza - Cellulose	20 - 40	7 - 35	12 - 30

Tabulka 1. Zastoupení sacharidů uvedené v procentech v sušině u trav, bobovitých (resp. vojtěšky) a okusu.

Převzato z EAZA Giraffe EEPs, (2006).

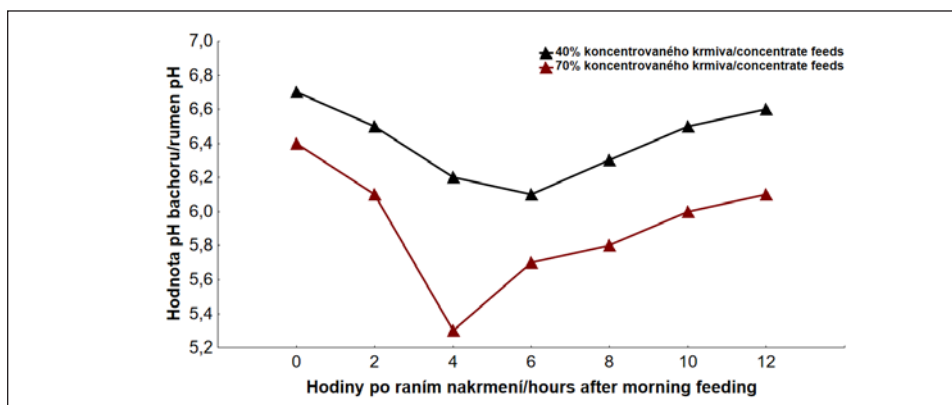
Table 1. Percentage of carbohydrates in dry matter in grasses, legumes (alfalfa) and browse.

Taken from EAZA Giraffe EEPs, (2006).



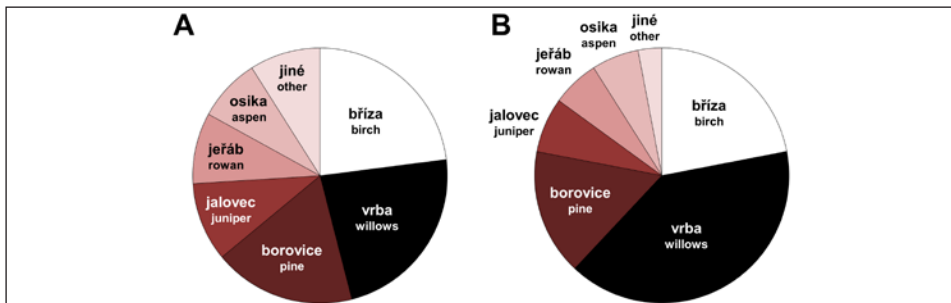
Graf 2. Nejvyšší mortalita v důsledku syndromu chřadnutí byla u losů chovaných v evropských zoologických zahradách zaznamenána do prvního roku života, poté kulminovala kolem sedmého roku života. Podle Clauss et al., (2002).

Chart 2. The highest mortality due to wasting syndrome complex was recorded in moose kept in European zoos within the first year of life, it then peaked around the seventh year of life. From Clauss et al., (2002).



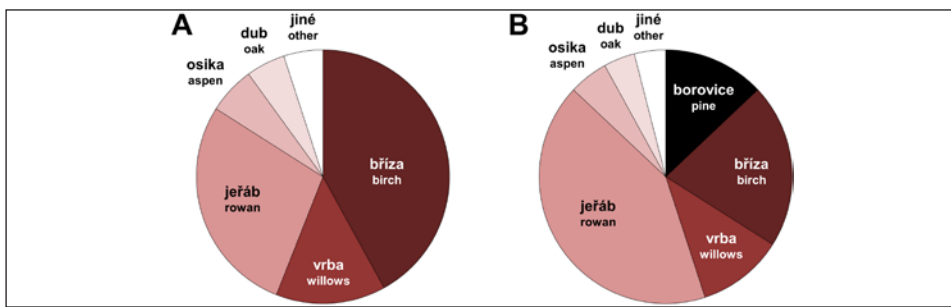
Graf 3. Ukázka denního kolísání pH bžachu u laktujících krav Holštýnského skotu, u kterých většinu krmné dávky tvořilo objemové krmivo (černá linie) nebo koncentrované krmivo v podobě granulátu na bázi obilovin (červená linie). Přechodný pokles pH k hodnotě 5,5 označujeme jako subakutní bžachorovou acidózu. Ideální pH bžachorového prostředí pro celulolytické mikroorganismy je 6,2 – 6,8. Jakmile poklesne hodnota pH pod 6, aktivita těchto mikroorganismů klesá, jejich počet se snižuje a jejich enzymy navíc ztrácejí účinnost (Kudrna a Poláková, 2006). Podle Mao et al., (2013).

Chart 3. Demonstration of daily rumen pH fluctuation in lactating cows of Holstein cattle, in which most of the diet was roughage (black line) or concentrated diet in the form of a cereal-based pellets (red line). A transient decrease in pH to 5,5 is called subacute ruminal acidosis. The ideal rumen pH for cellulolytic microorganisms is 6,2 - 6,8. When the pH drops below 6, the activity of these microorganisms decreases, their number decreases and, moreover, their enzymes lose efficiency (Kudrna a Poláková, 2006). From Mao et al., (2013).



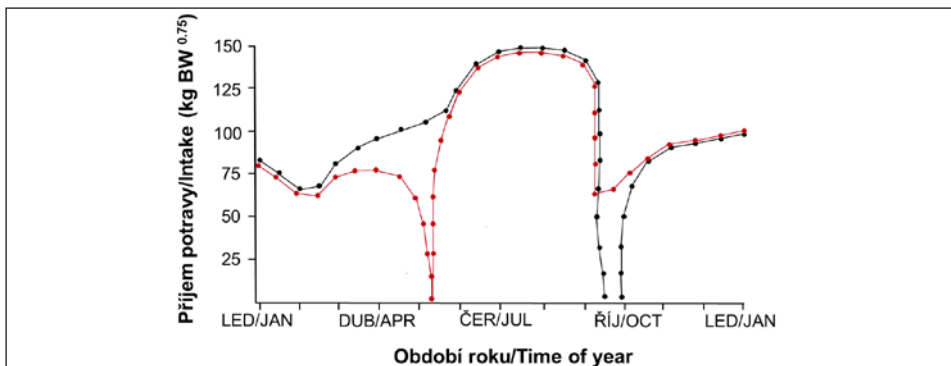
Graf 4. Zastoupení různých druhů stromů v celoroční potravě losů ve Švédsku (A) a v severním Švédsku (B) jak ukázala data z let 1969–1972. Výzkumy zaměřené na potravní chování losů ukazují, že zastoupení jednotlivých druhů stromů v potravě se mezi různými oblastmi může lišit (Graf 5). Graf podle Hörnberg, (2001).

Chart 4. The proportion of different tree species in year-round diet of moose in Sweden (A) and northern Sweden (B) as shown by data from 1969–1972. Studies on the feeding behaviour of mose show that the proportion of individual tree species in the diet may vary between regions (Chart 5). Chart from Hörnberg, (2001).



Graf 5. Zastoupení různých druhů stromů v potravě losů z jižního Norska v létě (A) a v zimě (B). V zimě losi konzumovali v porovnání s létem viditelně méně břízu, více však jeřáb, a navíc také borovici. V jiných oblastech mohou některé z těchto stromů (např. jeřáb) tvořit méně podstatnou část potravy (Graf 4). Graf podle Wam et Hjeljord, (2010).

Chart 5. Proportion of different tree species in moose diet from southern Norway in summer (A) and winter (B). In winter, moose consumed visibly less birch, compared to summer, but more rowan and also pine. In other areas, some of these trees (e.g. rowan) may make up a less substantial part of the diet (Chart 4). Chart from Wam et Hjeljord, (2010).



Graf 6. Příjem potravy u losů nemusí být celoročně stejný, nejvyšší je od června do srpna. U samců (černě) dochází k výraznému snížení příjmu potravy v období říje, u samic (červeně) zase kolem porodů mláďat. Sezonnost v příjmu potravy se u losů odráží v mnoha fyziologických a morfologických adaptacích. Podle Schwartz et al., (1984).

Chart 6. The food intake for moose is not necessarily the same throughout the year, the highest is from June to August. In males (black) there is a significant decrease in food intake during the rutting season, in females (red) it is around birth. Seasonality in the moose's food intake is reflected in many physiological and morphological adaptations. From Schwartz et al., (1984).



Zuby savců jsou velmi rozmanité a jejich stavba úzce souvisí s typem přijímané potravy. Okusovači s nižšími korunkami třenových zubů a stoliček mají tzv. brachyodontní typ zubů, zatímco spásací mají tzv. hypsodontní typ zubů (s vyššími korunkami). To je dáno částečně tím, že v přirozené potravě spásáčů se nachází větší množství křemičitanů s abrazivním účinkem. Do jisté míry také spásací spolu s potravou přijímají větší množství dalších abrazivních částic, například jemných zrněk písku. Fotografie nahoře znázorňuje stav chrupu horní čelisti mladého a dospělé losa v zoo. Na spodní fotografii jsou moláry a premoláry dospělé volně žijícího losa. K opotřebení v přírodě dochází vlivem věku, avšak v lidské péči navíc nevhodnou potravou obsahující křemičitany (travní seno).

The teeth of mammals are very diverse and their structure is closely related to the type of food ingested. Browsers with lower crowns on their premolars and molars have brachydont type teeth, whilst grazers have hypsodont type teeth. This is due, in part, to the fact that the natural diet of grazers contains far more abrasive silicates. To some extent, it is also because grazers ingest more abrasive particles, such as fine grains of sand, along with their food. The above photo shows the state of the upper jaw teeth of a young, adult moose that died at a zoo. The bottom photo shows the molars and premolars of an adult wild moose. In nature the wear is due to age, but in captivity it is also due to inappropriate food containing silicates (grass hay).

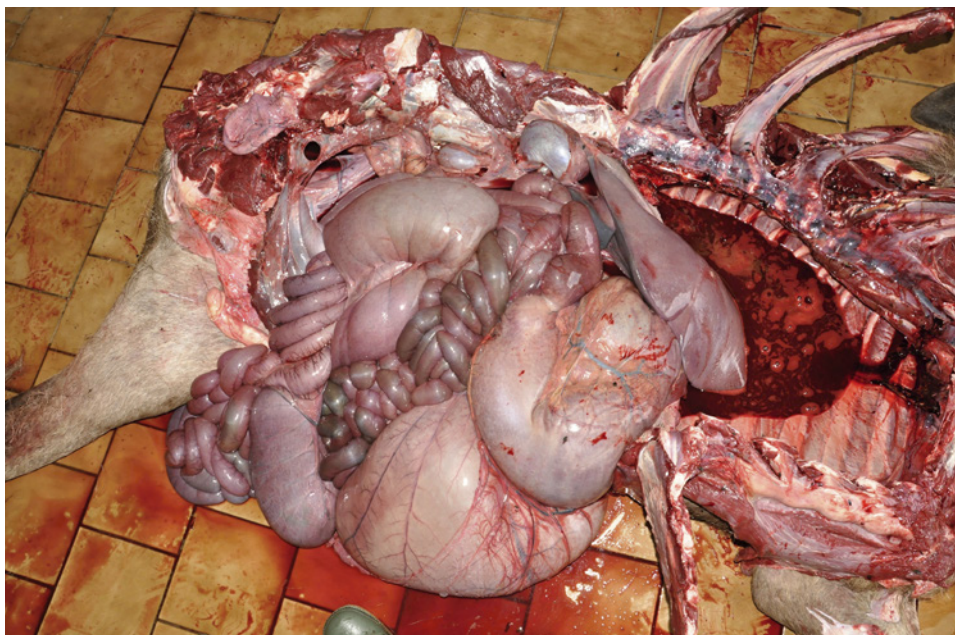
Foto /Photo by Roman Vodička (nahore) a Tomasz Kamiński (dole)



Akutně uhynulý samec losa evropského, špatná kondice, z předžaludků vytékalo větší množství bacherové tekutiny – zvíře se snažilo kompenzovat acidózu zvýšeným příjmem vody

Acute male moose death, poor condition, most ruminal fluid leaked from the forestomachs - animal tried to compensate the acidosis by increased water intake

Foto/Photo by Roman Vodička



Celkový pohled na orgány dutiny břišní losího samce – orgány jsou bez zásobního tuku, obraz špatné kondice

Overall view of the organs of the abdominal cavity of a male moose – the organs have no fatty deposits, one of typical signs of poor condition

Foto/Photo by Roman Vodička



Hnisavý zánět spojivky u losí samice, jeden z projevů klostridiové infekce
 Purulent conjunctivitis in a female moose, one of the symptoms of a *Clostridium* sp. infection

Foto/Photo by Roman Vodička



Pohled na gastrointestinální trakt losí samice, na první pohled je vidět krvavý zánět tenkého a slepého střeva
 A view of the gastrointestinal tract of a moose female; evident is a haemorrhagic inflammation of the small intestine and caecum

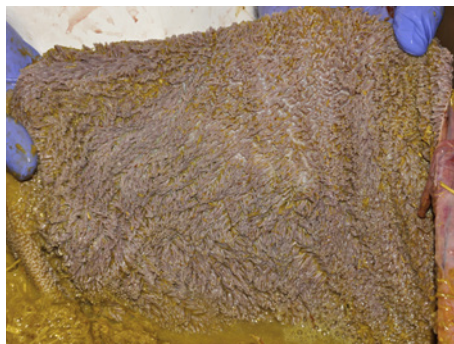
Foto/Photo by Roman Vodička



Pohled na obsah předžaludků a slezu – výrazný kontrast postiženého slezu (krvavě hlenovitý obsah) oproti relativně normální náplni bacheru a čepce (vlhčená drčená vláknina světle zelené barvy)

A view of the contents of the forestomachs and the abomasum - a marked contrast in the affected abomasum (hemorrhagic mucous content) compared to the relatively normal content of the rumen and reticulum (moist, ground fibre, light green in colour)

Foto/Photo by Roman Vodička



Překrvení bachorových papil – jeden ze symptomů acidózy

Hyperemia of the rumen papillae - one of the symptoms of acidosis

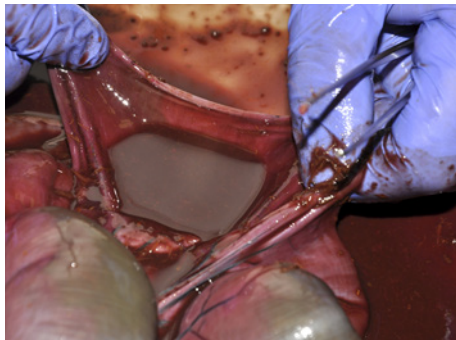
Foto/Photo by Roman Vodička



Masivní akutní difúzní hemoragický zánět sliznice slezu (edém, tečkovité krváceniny, drobné ulcerace a jizvy) - samec losa, klostridióza

Massive acute, diffuse, haemorrhagic inflammation of the mucous membrane of the abomasum (oedema, ecchymotic haemorrhages, minor ulcerations and scars) - male moose, clostridiosis

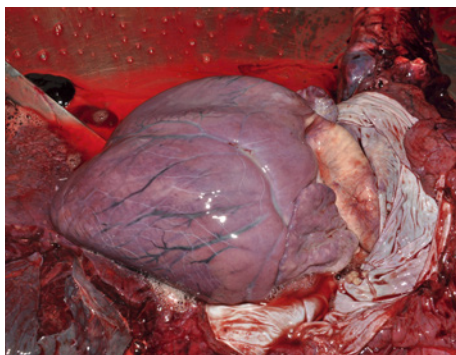
Foto/Photo by Roman Vodička



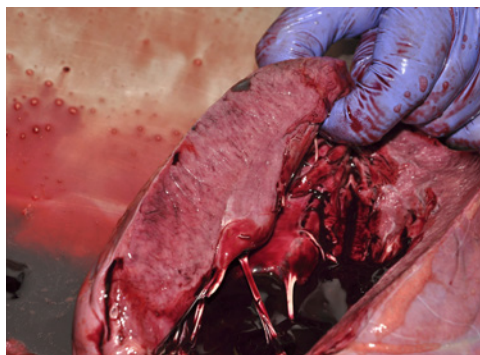
Výrazný akutní hemoragický zánět tenkých střev, v lumen zkalená krvavá tekutina – klostridiová infekce
Marked acute, haemorrhagic inflammation of the small intestine, blood in the lumen – *Clostridium* sp. infection
Foto/Photo by Roman Vodička



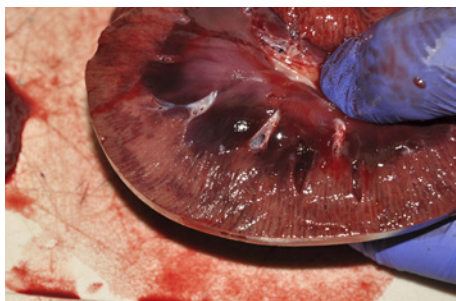
Sliznice slepého střeva – drobné krváceniny, infekce *Clostridium* sp.
Coecum - small haemorrhages, *Clostridium* sp. infection
Foto/Photo by Roman Vodička



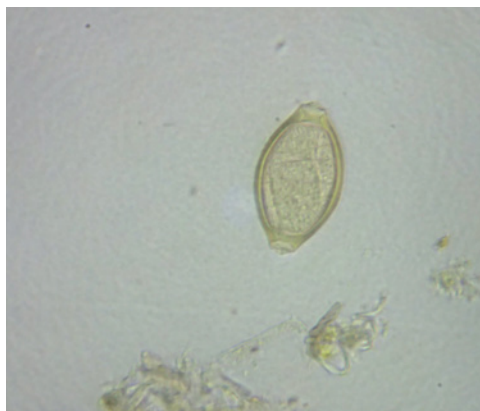
Srdce losího samce – ztráta zásobního tuku na epikardu
The heart of a male moose - loss of fatty deposits on the epicardium
Foto/Photo by Roman Vodička



Myokard srdce – cyanóza a degenerace, histologicky – výrazné akutní krvácení a ojedinělé sarkocysty v myokardu
Myocardium - cyanosis and degeneration, histologically – marked acute haemorrhages and sporadic sarcocysts in the myocardium
Foto/Photo by Roman Vodička



Řez ledvinou – parenchymatózní degenerace kůry, histologicky – masivní krvácení v tubulech na rozhraní kůry a dřeně a ve dření ledviny – infekce *Clostridium perfringens*
Kidney - parenchymatous degeneration of cortex, histologically - massive haemorrhaging in the tubules at the interface between the cortex and the medulla and in the renal medulla - infection by *Clostridium perfringens*
Foto/Photo by Roman Vodička



Detail vajíčka tenkohlavce *Trichuris* sp.
Detail of whipworm egg *Trichuris* sp.
Foto/Photo by Roman Vodička

ných druhů plodů. Situaci lze přirovnat k malému dítěti, jež si má vybrat mezi obloženým celozrnným chlebem na jedné straně a čokoládou a jinými cukrovinkami na straně druhé. Omezením podávání doplňkových krmiv jako jsou granuláty na bázi obilovin, zelenina a ovoce proto můžeme dokonce docílit zvýšeného zájmu o žádoucí příjem objemových krmiv (Clauss et al., 2013). Jestliže máme přeci jen potřebu krmnou dávku losům zpestřit, je lepší zvolit listovou zeleninu s vyšším obsahem vlákniny, např. kadeřávek, římský salát, dubový salát nebo mangold.

I když se to může zdát samozřejmé, chtěli bychom klást důraz na to, že jakékoliv změny v krmení přežvýkavců musí probíhat pozvolna a postupně. Mikroorganismy v bachoru se musí nové dietě přizpůsobit a kvůli rychlejší fermentaci se musí zvýšit počet bachorových papil. Tyto úpravy vyžadují 14–21 dní v závislosti na míře změn v krmení. Kromě toho si i zvířata potřebují zvyknout na nové chutě, proto by jakákoliv změna měla trvat minimálně 14 dní. Přísně vyvarovat se musíme změnám granulátu ze dne na den, dopady mohou být fatální. Co se týče většího množství píce, bachor musí postupně zvětšit svůj objem.

Box 1. Potrava losů v přírodě v Polsku

Potravou losa a dalších vybraných druhů jelenovitých se momentálně intenzivně zabývá francouzsko-polský tým badatelů. Pomocí molekulárních metod založených na analýze DNA ve vzorcích trusu sebraných na různých lokalitách v Polsku se snaží odhalit, jaké druhy rostlin tvoří potravu těchto kopytníků v přírodě. Předběžné výsledky studie prováděné v Biebrzanském národním parku potvrzují, že v porovnání se sympatricky se vyskytujícími srnci nebo jeleny jsou losi mnohem větší specialisté, jejichž potravu tvoří jen omezené množství druhů rostlinstva. V zimě se zjištěná druhová bohatost potravy losů pohybovala kolem deseti druhů, zatímco u srnce to bylo dvakrát a u jelena dokonce třikrát tolik druhů. Polští losi dále potvrzují, že traviny tvoří u volně žijících populací jen zanedbatelnou část potravy (méně než 1 %). Nejvýznamnějším druhem okusu se pro polské losy zdá být vrba (*Salix* sp.), která je v jejich potravě zastoupena v průběhu celého roku. Její konzumace vrcholí v říjnu, kdy tvoří až 60 % přijaté potravy, v zimním období je pak konzumována mnohem méně. Od listopadu do března totiž tvoří až 80 % přijaté potravy jehličnany, především borovice lesní (40–75 %), jalovec obecný (až 15 %) a smrk ztepilý (až 6 %). Různé druhy bylin (např. zástupci rodu brusnice) jsou až z 25 % součástí potravy přibližně od dubna do prosince, přičemž jejich příjem vrcholí v srpnu a je prakticky nulový v říjnu (Ratkiewicz et al., nepublikované výsledky).

Poděkování

Děkujeme Barboře Dobiášové za připomínky a komentáře k první verzi manuskriptu. Za pomoc děkujeme také Miroslawu Ratkiewiczovi z Univerzity v Bělostoku, který nám poskytl cenné informace k potravě volně žijících losů v Polsku a poskytl komentáře k první verzi manuskriptu. Děkujeme také Martině Marešové, která poskytla fotografie losů z volné přírody, Rafalu Kowalczykovi a Tomaszovi Kamińskému, kteří poskytli fotografie chrupu losů umístěných v Mammaliologickém institutu v Bělověži.

Seznam literatury - References

- ČELAKOVSKÁ, E. (2018). Effects of feeding practices on the performance of Eurasian elk (*Alces alces*) in European zoos. Master thesis. (Česká zemědělská univerzita: Praha.)
- CLAUSS, M. (2003). Tannins in the nutrition of wild animals: a review. In: Zoo animal nutrition Vol. II. Fürth. A. L. Fidgett, M. Clauss, U. Ganslosser, J.-M. Hatt, J. Nijboer (eds), pp. 53–89. (Filander Verlag.)
- CLAUSS, M., Deutsch, A., Lechner-Doll, M., Flach, E. J., Tack, C. (1998). Passage rate of fluid and particle phase in captive giraffe (*Giraffa camelopardalis*). *Advances in Ethology* 33, 98.
- CLAUSS, M., Hofmann, R. R., Hummel, J., Adamczewski, J. Z., Nygrén, K., Pitra, C., Streich, W. J., Reese, S. (2006). Macroscopic anatomy of the omasum of free-ranging moose (*Alces alces*) and muskoxen (*Ovibos moschatus*) and a comparison of the omasal laminal surface area in 34 ruminant species. *Journal of Zoology* 270, 346–358.
- CLAUSS, M., Kienzle, E., Wiesner, H. (2002). Importance of the wasting syndrome complex in captive moose (*Alces alces*). *Zoo Biology* 21, 499–506.
- CLAUSS, M., Kohlschein, G.-M., Peemöller, A., Hummel, J., Hatt, J.-M. (2013). Short-term digestible energy intake in captive moose (*Alces alces*) on different diets. *Zoo Biology* 32, 484–489.
- CLAUSS, M., Lechner-Doll, M. (2001). Differences in selective reticulo-ruminal particle retention as a key factor in ruminant diversification. *Oecologia* 129, 321–327.
- CLAUSS, M., Lechner-Doll, M., Streich, W. J. (2003). Ruminant diversification as an adaptation to the physicomchanical characteristics of forage. *Oikos* 102, 253–262.
- DIRKSEN, G. (1970). Acidosis. In: Physiology of digestion and metabolism in the ruminant. A. T. Phillipson (ed), pp. 612–625. (Newcastle upon Tyne: UK: Oriel.)
- DRYDEN, G. M. (2011). Quantitative nutrition of deer: energy, protein and water. *Animal Production Science* 51, 292–302.
- EAZA Giraffe EEPs (2006). EAZA Husbandry and Management Guidelines for *Giraffa camelopardalis*. (Burger's Zoo: Arnhem.)
- ELZE, K., Krische, G., Eulenberger, K., Schüppel, K. F. (1978). Pansenazidose und Pansenalkalose bei Zoowiederkäuern. *Verhandlungsbericht Erkrankungen der Zootiere* 20, 101–107.
- FRASER, D., Thompson, B. K., Arthur, D. (1982). Aquatic feeding by moose: seasonal variation in relation to plant chemical composition and use of mineral licks. *Canadian Journal of Zoology* 60, 3121–3126.
- GARCIA, M., Bradford, B. J., Nagaraja, T. G. (2017). Invited Review: Ruminant microbes, microbial products, and systemic inflammation. *The Professional Animal Scientist* 33, 635–650.
- HATT, J.-M., Clauss, M. (2001). Browse silage in zoo animal nutrition: feeding enrichment of browsers during winter. *EAZA News, Zoo Nutrition Special Issue* 2, 8–9.
- HOFMANN, R. R., Nygrén, K. (1992a). Morphophysiological specialization and adaptation of the moose digestive system. *Alces Supplement* 1, 91–100.
- HOFMANN, R. R., Nygrén, K. (1992b). Ruminant mucosa as indicator of nutritional status in wild and captive moose. *Alces Supplement* 1, 77–83.
- HÖRNBORG, S. (2001). The relationship between moose (*Alces alces*) browsing utilisation and the occurrence of different forage species in Sweden. *Forest Ecology and Management* 149, 91–102.
- KAISER, T. M., Brasch, J., Castell, J. C., Schulz, E., Clauss, M. (2009). Tooth wear in captive wild ruminant species differs from that of free-ranging conspecifics. *Mammalian Biology* 74, 425–437.
- KHIAOSA-Ard, R., Zebeli, Q. (2018). Diet-induced inflammation: From gut to metabolic organs and the consequences for the health and longevity of ruminants. *Research in Veterinary Science* 120, 17–27.
- KOCHAN, T. I. (2001). Seasonal adaptation of metabolism and energy in the Pechora taiga moose (*Alces alces*). *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology* 37, 245–251.
- KUDRNA, V., POLÁKOVÁ, K. (2006). Stabilita bachorového prostředí. *Zemědělec* 14, 9–12.
- LINTZENICH, B. A., Ward, A. M. (1997). Hay and pellet ratios: considerations in feeding ungulates. *Nutrition Advisory Group Handbook, Fact Sheet* 006.
- MAO, S. Y., Zhang, R. Y., Wang, D. S., Zhu, W. Y. (2013). Impact of subacute ruminal acidosis (SARA) adaptation on rumen microbiota in dairy cattle using pyrosequencing. *Anaerobe* 24, 12–19.
- NRC (2001). Nutrient requirements of dairy cattle. 7th Revised Edition. (National Academy Press: Washington DC).

- OFTENDAL, O. T., Baer, D. J., Allen, M. E. (1996). The feeding and nutrition of herbivores. In: Wild Mammals in Captivity. D. G. Kleiman, M. E. Allen, K. V. Thompson, S. Lumpkin (eds), pp. 129–138. (The University of Chicago Press: Chicago.)
- PÖSÖ, A. R. (2005). Seasonal changes in reindeer physiology. *Rangifer* 25, 31–38.
- SCHILCHER, B., Baumgartner, K., Geyer, H., Liesegang, A. (2013). Investigations on rumen health of different wild ruminants in relation to feeding management. *Journal of Zoo and Aquarium Research* 1, 28–30.
- SCHWARTZ, C. C., Regelin, W. L., Franzmann, A. W. (1987). Seasonal weight dynamics of moose. *Swedish Wildlife Research Supplement* 1, 301–310.
- SCHWARTZ, C. C., Regelin, W. L., Franzmann, A. W. (1984). Seasonal dynamics of food intake in moose. *Alces* 20, 223–244.
- ŠERÁKOVÁ, V. (2014). Preference ve výživě losa evropského v zoologických zahradách. Diplomová práce. (Jihočeská univerzita: České Budějovice.)
- ŠERÁKOVÁ, V. (2012). Výživa losa evropského v zoologických zahradách. Bakalářská práce. (Jihočeská univerzita: České Budějovice.)
- SHIPLEY, L. (2010). Fifty years of food and foraging in moose: lessons in ecology from a model herbivore. *Alces* 46, 1–13.
- SHOCHAT, E., Robbins, C. T., Parish, S. M., Young, P. B., Stephenson, T. R., Tamayo, A. (1997). Nutritional investigations and management of captive moose. *Zoo Biology* 16, 479–494.
- TAHAS, S. A., Hetzel, U., Altenbrunner-Martinek, B., Martin Jurado, O., Hammer, S., Arif, A., Hatt, J.-M., Clauss, M. (2018). Microanatomy of the digestive tract, hooves and some visceral organs of addax antelope (*Addax nasomaculatus*) following a concentrate or forage feeding regime. *Anatomia, Histologia, Embryologia* 47, 254–267. doi:10.1111/ahe.12351
- WAM, H. K., Hjeljord, O. (2010). Moose summer and winter diets along a large scale gradient of forage availability in southern Norway. *European Journal of Wildlife Research* 56, 745–755.
- WRIGHT, D. J., Omed, H. M., Bishop, C. M., Fidgett, A. L. (2011). Variations in Eastern bongo (*Tragelaphus eurycerus isaaci*) feeding practices in UK zoological collections. *Zoo Biology* 30, 149–164.
- ZENKER, W., Clauss, M., Huber, J., Altenbrunner-Martinek, B. (2009). Rumen pH and hoof health in two groups of captive wild ruminants. In: Zoo Animal Nutrition IV. Fürth. M. Clauss, A. Fidgett, J. M. Hatt, T. R. Huisman, J. Hummel, G. Janssens, J. Nijboer, A. B. Plowman (eds), pp. 247–254. (Filander Verlag.)



Objemová krmiva jsou pro výživu losů naprosto zásadní, ne vždy je však v zoologických zahradách k dispozici dostatečné množství okusu. Vhodnou alternativou je vojtěškové seno, případně směs vojtěškového a travního sena.

Forage based diets are of essential importance for moose nutrition. The amount of browse in zoos can be limited. Alfalfa hay or a mixture of alfalfa and grass hay can be recommended as an alternative.

Foto/Photo by Roman Vodička

SUMMARY

Keeping and breeding moose (*Alces alces*) in human care is highly problematic. Although moose can live for 16–20 years in the wild, up to 70% of moose in human care die within the first year of life and 90% die by the age of 6 (Shochat et al., 1997). This problem is attributed to several factors, one of the most important is the inability to satisfy this animal's high demands on diet. Other frequently mentioned problems are susceptibility to malignant catarrhal fever, little ability to tolerate high temperatures, a tendency towards a solitary way of life and susceptibility to parasitic infections (Shochat et al., 1997; Clauss et al., 2002).

Prague Zoo has also experienced the sudden death of relatively young animals in the past, which led to an effort to solve this situation. In 2018 Čelakovská summarized the results of a questionnaire about nutrition of the mooses from 22 European zoos. In order to ascertain the current knowledge about the causes of moose death in zoos, we conducted a detailed review of the literature. The aim of this article is to share this knowledge and revive the debate on whether it is possible to prevent the death of relatively young moose in zoos and, if so, how. There is a detailed focus on the issue of nutrition and many of the findings and recommendations here may be useful when feeding other ruminant species.

The causes of moose death in zoos

The causes of moose death in European zoos were discussed in more detail in 2002 by a team of authors who had had the opportunity to assess the age and causes of death in 250 individuals from 19 European zoos (Clauss et al., 2002). The highest recorded age was 16 years, however as few as 1.5 % of births managed to live to this age. As concerns deaths, 12.4 % of them were premature and stillborn young. The highest mortality for live births was recorded within one year of life. The mortality rate did not decrease with age, instead it peaked around the 6th year. If only the causes of mortality in individuals over three months are taken into account, almost half of the cases concerned wasting syndrome complex¹ (Chart 1).

Taking a more detailed look at solely deaths as a result of wasting syndrome complex, the moose most often succumbed to it around 6–8 years (Chart 2). This supports the assumption that it is essentially a gradually escalating impairment of the gastrointestinal tract, which, at a certain age, exceeds the animal's ability to cope with it and the animal dies (Shochat et al., 1997). The affected moose showed inflammation of the digestive tract and visibly wasted away. Endoparasites (primarily *Trichuris* spp.) were recorded for half of these animals and one of them had bacterial infections (primarily *Clostridium* spp.); see photos on pages 49–51.

Wasting syndrome complex

Wasting syndrome complex hides a complex of problems including nonspecific intestinal inflammation, chronic diarrhoea and loss of physical condition, often with the joint influence of infectious agents of parasitic and bacterial origin (Shochat et al., 1997). So far, the causes of this syndrome are much debated and there has been some disagreement between European and North American zoos about the role of grazing (Clauss et al., 2002). Although grasses make up less than two percent of the moose's diet in the wild (see Specialized browser), in zoos they are quite willing to graze, and some zoos report having had trouble keeping them whilst they were kept in grassy enclosures (Shochat et al., 1997). While in North America it was thought that grass consumption alone was responsible for the wasting syndrome complex, in Europe, experts tended to think that moose were more easily infected with intestinal parasites through grazing (Shochat et al., 1997). Being browsers², which mostly roam solitarily over large areas, moose are probably not particularly well equipped evolutionarily against endoparasites.

However, the list of suspects in the case of "wasting syndrome complex" does not end with grazing. Currently, the problem of subacute ruminal acidosis is mentioned relatively frequently in the scientific literature on ruminant nutrition.

¹ This affliction should not be confused with chronic wasting disease, which is a disease caused by a prion protein and has been proven in cervids both in the wild and in human care.

² Browsers feed mainly on leaves, the annual shoots of trees and shrubs and broadleaf dicotyledon herbs, while grazers mainly or exclusively feed on grasses. Transitional types of herbivores or intermediate feeders feed on both to a significant extent.

Subacute ruminal acidosis

Subacute ruminal acidosis (SARA) was first described in 1970 in domestic cattle (Dirksen, 1970). It concerns a temporary decrease in the rumen pH of ruminants (Chart 3). This undesirable pH drop occurs due to insufficient roughage intake and, in contrast, an increased intake of concentrated food items containing simple, fast-fermenting sugars. The cause of this problem in the agricultural industry is an effort to increase production as much as possible. Instead of roughage in the form of hay, the animals are fed with concentrated food items in the form of pellets based on grains, the aim of which is to ensure the highest yield. Unfortunately, this also results in the need to sometime slaughter the animals at six years of age for health reasons, animals that would normally have lived up to 20 years (Khiaosa-Ard et Zebeli, 2018). However, SARA does not concern cattle alone. As early as 1978, it was attributed to the rise of digestive problems in several ruminant species kept in zoos, namely musk ox, Père David's deer and giraffe (Elze et al., 1978). It was later shown that it was also involved in the problem of hoof overgrowth, the animals concerned in this case were the Himalayan tahr and the blackbuck (Zenker et al., 2009).

SARA in zoos is the result of inappropriate diet, such as fruits, some vegetables and pellets based on grain. Fruits and many vegetables grown for human consumption (e.g. apples, bananas and carrots) contain high levels of very quickly fermentable simple sugars. Their fermentation is described as explosive (Oftendal et al., 1996). SARA can also be caused by excessive and inappropriate feed with pellets, especially those based on grain (Schilcher et al., 2013; Tahas et al., 2018). An example of inappropriate feeding is giving them pellets in the morning to move and separate the animals for cleaning. If animals receive large quantities of concentrated pellets without having access to roughage beforehand, the pellets can cause similar problems in the rumen as food items with a high content of simple sugars.

How can SARA, which often cannot be observed in the ruminant concerned, lead to its health problems and, in extreme cases, to its death? First, the digestive tract represents one of the most important connections between the individual's body and the outside world. Its task is not only to absorb nutrients, but it also plays a major role in the body's defence and immunity systems. Second, there is a huge number of microorganisms in the rumen of ruminants. These help to digest cellulose, which is a very complex process. Their presence is tolerated by the immune system, and this fragile relationship of the "symbiotic microorganisms - immune system" has developed over a very long time (Garcia et al., 2017).

From the feeding ration to the immune system

The rumen has been adapted for the microbial fermentation of roughage. This fermentation results in a mixture of volatile fatty acids which can then be absorbed by the rumen epithelium into the body. A constant supply of roughage keeps the rumen microbiome at sufficient numbers and right composition. In addition, microbial cells that have reproduced or died pass into the small intestine and are a major source of the amino acids supplied to the ruminant as the host organism. Therefore, roughage is of paramount importance to ruminants.

It is essential that the rumen pH is correct and balanced so that microorganisms can work well and optimize nutrient utilization, all whilst harmoniously coexisting with the host organism. With decreases or fluctuations in rumen pH this relationship is disturbed and some types of bacteria in the digestive tract begin to multiply at the expense of others giving rise to dysbiosis. At the same time, the integrity of the digestive tract's epithelial walls is impaired. They then become more permeable to bacterial endotoxins, which occur in excessive amounts during dysbiosis in the gastrointestinal tract. As soon as the endotoxins pass through the gastrointestinal wall, they begin to attract the attention of immune system cells that activate and induce an inflammatory response. This response is perfectly correct – under normal conditions it means pathogens that are trying to enter the body are overcome. However, it is not possible to overcome the continuous supply of inappropriate food items.

Thus, the immune system remains in a state of mild but permanent activation. This takes costs in the form of energy. In addition, endotoxins pass further into the body, into the bloodstream and through it into the liver and other organs. There they reactivate the immune system, which triggers a corresponding defence response. Thus, the endotoxins begin to disrupt the normal metabolic processes of the organs in question (Garcia et al., 2017; Khiaosa-Ard and Zebeli, 2018). This is one of the ways by which SARA can lead to a deterioration in the animal's health.

Thus inappropriate diet can be translated, for instance, into problems with inflammation of the hoof dermis (laminitis), ruminal parakeratosis (degeneration of the mucosal papillae in the rumen, which can lead to inflammatory changes in the mucosa) or inflammation of other organs (Khiaosa-Ardet Zebeli, 2018). SARA is also likely to be behind the fact that animals fed more varied diets may, paradoxically, be in worse condition than animals fed only with browse and hay, as found in the eastern bongo (Wright et al., 2011). A study comparing diets and their nutritional value in eight UK zoos brought remarkable results. One of them was that bongo antelopes can be in perfect condition when fed with browse, a mix of alfalfa and meadow hay and pellets. Thus, the authors consider it unnecessary to diversify diets with vegetables or fruit (Wright et al., 2011).

The above-mentioned study also showed that the diets for bongos varied between different zoos and that there was virtually no uniform concept of how to feed these animals. It follows that blindly adopting diets from other zoos does not necessarily constitute the best option. The optimal diet should be designed by a nutritionist based on knowledge of the specific needs of the species. The basic components of the diet are determined according to the diet in the wild - the proposed items should be as similar as possible to the structure and biological value of the wild diet. When selecting individual components, it is necessary to monitor their energy value, the quality of nitrogenous substances and the amount of dry matter, minerals and vitamins. Last but not least, it is also necessary to monitor the dietetic and other specific properties of the feed, for instance how much fibre or secondary plant metabolites it contains. These substances are present in the diet in varying amounts and a balanced diet in human care should contain all of them in a set proportion. If, in this respect, the diet differs in any way from the norm, the animals may be at risk of various metabolic disorders. So, what is known about the moose's diet in the wild?

Specialized browser

Long-term ecological-nutritional studies have shown that in the wild the moose's diet is predominantly made up of tree species such as willow (*Salix* spp. - primarily *S. cinerea*, *S. caprea*, *S. pentandra*, *S. phylicifolia*, *S. myrsinifolia*, *S. arbusculoides* and *S. alaxensis*), birch (*Betula* spp. - especially *B. pubescens*, *B. pendula*, *B. papyrifera*, *B. glandulosa*), rowan (*Sorbus aucuparia*), European aspen (*Populus tremula*), common juniper (*Juniperus communis*), grey alder (*Alnus incana*), Scots pine (*Pinus silvestris*), balsam fir (*Abies balsamea*) or Norway spruce (*Picea abies*). Moose also feed on some species of shrubs and herbs, such as the common bilberry (*Vaccinium myrtillus*), red raspberry (*Rubus idaeus*), heather (*Calluna vulgaris*), or rosebay willow herb (*Epilobium angustifolium*); Hörnberg, (2001); Shipley, (2010); Wam and Hjeljord, (2010).

All these species make up the diet of the moose in terms of its overall range in America and Eurasia. Looking at more specific sites, then in most of them the moose's diet constitutes a small number of species, with some clearly dominating, most often willow and birch in summer and Scots pine, balsam fir or Norway spruce in winter (Graphs 4 and 5, Box 1). Thus, as concerns its diet, the moose is a browser – a facultative³ specialist.

One of the many adaptations browsers have is their ability to process the secondary plant metabolites (e.g., tannins) contained in their diet. This ability is due, firstly, to the high activity of their liver and, secondly, to the production of proteinaceous substances in the saliva that are able to bind these specific metabolites into insoluble complexes. However, it can be expected that the spectrum of tannins that specialists consume is relatively narrow – i.e., they are tailored to those species that are part of their diet in the places where they occur. In this respect, it is interesting to compare moose with other cervids – the protein substances in the saliva of the mule deer (*Odocoileus hemionus*), which have a more diverse diet in the wild, can bind a much wider spectrum of tannins (Shipley, 2010).

Secondary plant metabolites that have a tannic nature, i.e. myricetin, salicylates and terpenes, which are abundant in some species of trees and shrubs that the moose consume in the wild, are also likely to help them against intestinal parasites, pathogenic bacteria, bloat, as well as helping them form iron chelates (Clauss, 2003).

³ Facultative specialists are not so strictly tied to a specific food items and can occasionally accept a wider spectrum of species. In contrast, obligatory specialists are often almost exclusively tied to a certain food item - for example, the koala, which feeds almost exclusively on eucalypt leaves.

Moose are also famous for their consumption of aquatic plants. A study from Ontario, Canada, showed that the local moose mainly search for aquatic plants in late May to mid-July, and they also seek out mineral licks in the same period (Fraser et al., 1982). At this time of year, the aquatic plants are a rich source of sodium for them. Sodium helps them digest large amounts of food more efficiently.

The problem with browsers and suitable diets

In general, browsers, including moose, are some of the more demanding and sensitive mammals at a zoo. Comparing them to grazers gives a better understanding of why this is so. Grasses and leaves are distinguished by fundamental differences in their chemical and physical structure. With regard to the different make up of their natural diet, there are a large number of anatomical and physiological differences in the digestive system and in the actual process of digestion between grazers, predominantly living on grasses, and browsers, favouring tree leaves. For example, browsers have lower crowns on the premolars and molars compared to grazers (Kaiser et al., 2009). Browsers also have a smaller rumen and evenly distributed rumen papillae and thin rumen pillars. Browsers also have an omasum with very low reticular ridges, which is explained by their lower need for water reabsorption in this organ as compared to grazers (Clauss et al., 2006). All of these properties are a prerequisite for a shorter retention time for feed particles through the digestive tract (Clauss et al., 1998; Clauss and Lechner-Doll, 2001).

In zoos, browsers do not eat grass hay as readily as grazers. There are basically two reasons for this. First, their teeth are adapted to nibble leaves that put up less resistance to grinding than grass. Secondly, grass becomes layered and stratified in the rumen, which, due to the relatively small rumen, can block its activity for proper digestion. Browse, unlike grass, does not settle or layer in the rumen in this way, instead it disintegrates into flat polygonal particles and forms a homogeneous viscous mass after cud-chewing. In relation to SARA, but also other nutritional problems, browsers are the more sensitive animals in zoos due to their quite logical unwillingness to eat sufficient quantities of roughage offered, which leads to a disproportion in the intake of roughage and concentrates. The only and ideal solution in zoos seems to be an unrealistic one - only feeding with sufficient amounts of browse (Shochat et al., 1997). It is simply impossible to feed large ungulates with browse alone, as the amount required often exceeds the logistical and financial possibilities of most zoos. So, is there an alternative?

Going by the chemical composition and physical structure of leaves and stems, alfalfa hay is a good compromise for browsers, including moose. The main structural components of plant fibre cell walls are cellulose, hemicelluloses, lignin and silicates. The energy in cellulose and hemicellulose is only available to the animal if it is broken down by the microbiome. The cell wall matrix is made up of water, hemicelluloses and pectins. Compared to grass hay, alfalfa, like browse, contains more pectins and has a similar ratio of lignin to cellulose and hemicellulose (Table 1). It does not require such thorough chewing, it ensures a higher rate of fermentation and also a higher energy intake compared to grass hay. The best way to provide these animals with more energy is not to give them starches and simple sugars, but to give them fibre and pectins.

Likewise, the amount of nitrogenous substances in alfalfa hay is similar to that in browse, unlike grass hay. Taking into account that browsers should ingest 80 % of the total dry matter in the form of roughage and the concentration of neutral detergent fibre (NDF) in these items should be above 50 %, then only feed such as browse, alfalfa or a mixture of alfalfa with dried browse and hay can be considered satisfactory and sufficient for maintaining a healthy rumen and preventing SARA (Lintzenich et Ward, 1997; NR-C2001). Even so, there may be times when the moose do not want to feed anyway.

Seasonal changes in feed intake and metabolism

Due to its range, the moose is exposed to large changes in the seasonal climate and plant species availability. In summer it has enough plants around it, but in winter it has to cope with a lack of feed as well as with low temperatures. It is helped in this by a number of morphological and physiological adaptations. Of the morphological aspects, the salivary glands deserve attention - they are heavier in summer than in winter (Hofmann et Nygrén, 1992a).



Lokalita s výskytem losů v červenci (Norsko, poblíž města Kopperfjell). Borovice (*Pinus* sp.) je oblíbenou potravou losů, na mnoha místech v potravě dominuje především v zimě.

Location where moose are found in Norway, near Kopperfjell, in July. Pine (*Pinus* sp.) is a popular elk food, but in many places it dominates the diet mainly in winter.

Foto/Photo by Martina Marešová



Losi mohou mít dokonce i trojčata, jak dokládá snímek samice v červenci poblíž švédského města Kalix

Mooses can even have triplets like this female pictured in July near the Swedish city of Kalix

Foto/Photo by Martina Marešová

The huge importance of a healthy rumen has already been mentioned - but it too is subject to seasonal changes in the moose. A study of the rumen wall of 25 moose shot in Sweden and Finland showed that, due to the numerous papillae that cover it, its mucous membranes have a much greater absorption surface than is the case in domestic cattle. Even in winter, when it shrinks by about 50 %! The number, height and width of the papillae are all reduced and decreased in winter (Hofmann et Nygrén, 1992b). Reinhold Hofman and Kaarlo Nygren also included seven moose from three zoos in their study and found that the absorption surface of the mucous membranes in these moose' rumen was 31 % smaller than that of the 25 wild moose. Also, the number of papillae was lower, by 24 % (Hofmann et Nygrén, 1992b).

Interestingly, experiments have shown that moose stop feeding even when they have the same amount of equally nutritious items available throughout the year (Schwartz et al., 1984). Twelve moose from the Alaska Moose Elk Research Center helped in these experiments to uncover how moose eat during the year. These moose had the highest food intake during June, July and August, they significantly reduced it during the rutting season and also showed low intake at the end of winter (February to April, Chart 6). Naturally, the willingness to eat was reflected in their body mass. Males had the lowest mass during rutting, females around the time of birth. A slight decrease in body mass was also observed at the end of winter in both sexes.

Over the autumn the moose must be prepared for a significant drop in temperatures. It begins to conserve body heat, trying to prevent it from escaping and keeping body temperature fluctuations as low as possible. This can be achieved, for example, by reducing the number of breaths, which are deeper (Kochan, 2001). The moose gradually lowers the intensity of its metabolism. All these seasonal changes are hormone-controlled depending on the photoperiod (day length), ambient temperature and food availability in the wild (Pösö, 2005).

Is it possible to prevent deaths of young moose?

It cannot be ruled out that the moose belongs to those species that do not do well in captivity and will never do well. Moose are a challenge for breeding, not just from the point of view of nutrition - but also due to their spatial needs and, given that they are solitary, they are less tolerant of staying in an enclosure with members of their own species. However, summarizing the current findings on the issue of nutrition and comparing them with diets and feeding in zoos (Šeráková, 2012; Šeráková, 2014; Čelakovská, 2018), several recommendations can be suggested that could help to prevent some frequent problems.

A priority should be to ensure sufficient browse. The selection of the individual species on offer should correspond as close as possible and support as much as possible the natural dietary behaviour of wild moose (see Specialized browser). Favourite species should be prioritised; however, this fondness may change over the course of the year. Well planned logistics for feeding with browse must be part of all moose breeding. The browse can be supplemented with alfalfa hay or a mixture of alfalfa hay and grass hay. During the winter season it is advisable to feed them with preferred conifers, dried browse and branches even without leaves. Preserving browse by silage is another possible way to increase its percentage in winter (Hatt and Clauss, 2001).

It should be taken into account that moose are animals that are physiologically adapted to fundamental metabolic changes during the year. The diet should therefore be seasonal and its make up should support anabolic metabolism and growth between May and October, and, in contrast, catabolic metabolism between November and April. From a nutritional point of view, this seasonality of the moose's natural selectivity would correspond to the need of a nitrogen content of 6-8 % in the dry matter of the feed for maintaining the organism (Schwartz et al., 1987), but, in contrast, up to 25 % nitrogen in the dry matter for reproduction and growth (summarized in Dryden, 2011). If, there is a lack of browse in the winter, reaching for the pellets or carrots to improve the diet risks the rise of metabolic problems.

It is absolutely crucial to precisely weigh the amount of feed that the moose receives by weighing the amount offered and that remaining – this should be at least 60 % of the diet. In no way can hay lying intact for three days in a manger be considered *ad libitum* feeding. If they are fed pellets, vegetables and fruit at the same time, there may be a large imbalance between the intake of roughage and concentrated feeds leading to SARA.

Pellets should only be seen as a supplement so that the animals receive important vitamins and minerals. The pellet's content can also regulate the seasonality of feed quality. It should be made from suitable raw materials, e.g. on the basis of ground leaves or alfalfa, but in no way should it be based on grain.

Ground leaves or alfalfa ensure an extra supply of fibre. The pellets should contain a suitable, recommended premix of vitamins and minerals for the particular animal species, for example sufficient sodium, the corresponding amounts of copper, zinc, iron and selenium, calcium, phosphorus and magnesium in the correct proportions, etc. Pellets should be restricted to smaller doses about two or three times a day. It should not be given unless the animals have previously had the opportunity to eat roughage.

It is important to completely eliminate simple, quick-fermentable sugars from the diet, in the form of fruits and some vegetables (mostly apples and carrots). Considering the composition of moose food in the wild, such a variegation of the diet is not necessary and, in essence, it brings no benefit to the moose's organism. On the contrary, it helps to create an environment in the rumen that burdens its organism and, as a result, the moose actually fails to properly utilize nutrients from any feed item. In addition, the diversity of concentrated feeds, vegetables and fruit leads to increased fussiness in the animals.

The innate ability of ruminants to choose a nutritionally balanced diet is often repressed when confronted with a large number of concentrates and various kinds of fruits. The situation can be compared to a small child who has to choose between a whole grain bread sandwich on one side and chocolate and other sweets on the other. Therefore, by reducing the use of supplementary feeds such as grain-based pellets, vegetables and fruit, it is even possible to achieve increased interest in the desirable intake of browse and roughage (Clauss et al., 2013). If it is still necessary to diversify the diet for moose, it is better to choose leafy vegetables with a higher fibre content, such as kale, romaine lettuce, oak-leaf lettuce or chard.

Although this may seem self-evident, it must be emphasized that any changes in feeding ruminants must be slow and gradual. The rumen microorganisms have to adapt to the new diet and, due to the more rapid fermentation, the rumen papillae must be increased. These adjustments require 14-21 days, depending on the rate of change in feeding. Apart from this, the animals also need to get used to the new tastes, so any change should take at least 14 days. Strictly avoid suddenly changing the pellets, the effects can be fatal. As concerns a greater amount of fodder, the rumen must gradually increase in volume.

Box 1. Diet of free-ranging moose in Poland

The diet of moose and other selected deer species is currently being investigated in detail by a French-Polish team of researchers. Using molecular methods based on DNA metabarcoding approach from faecal samples collected at different locations in Poland, it is endeavouring to discover what plant species make up the main food items of these ungulates in the wild. Preliminary results of a study conducted in the Biebrza National Park, NE Poland confirm that, in comparison to sympatrically occurring roe or red deer, moose are far greater specialists whose diet is made up of just a limited number of plant species. In winter, the species richness of the moose diet was around ten species, whereas in roe deer it was twice this value and in red deer even three times more. Diet analysis of moose in Poland further confirm that grasses in wild populations account for only a negligible proportion of the diet (less than 1 %) as they are strict browsers. The most important browse species for Polish moose seems to be willow (*Salix* spp.), which is found in their diet throughout the whole year. Its consumption peaks in October, when it accounts for up to 60 % of the food intake, whilst in winter it is consumed far less. From November to March, up to 80 % of food intake consists of conifers, mainly Scots pine (40-75 %), common juniper (up to 15 %) and Norway spruce (up to 6 %). Various herbs (e.g., bilberry species and others) make up to 25 % of the food from roughly April to December, peaking in August and dropping to practically zero in October (Ratkiewicz et al., unpublished results).

Acknowledgements

Our thanks go to Barbora Dobiášová for her comments on the first version of the manuscript. We would also like to thank Miroslaw Ratkiewicz from the University of Białystok, who provided us with very valuable information on free-ranging moose diet in Poland and who also commented on the first version of the manuscript. We would also like to thank Martina Marešová who provided photographs of moose from the wild and Rafał Kowalczyk and Tomasz Kamiński, who provided photos of the moose dentition located at the Mammal Research Institute in the Białowieża.