GRANT journal
ISSN 1805-062X, 1805-0638 (online), ETTN 072-11-00002-09-4

EUROPEAN GRANT PROJECTS | RESULTS | RESEARCH & DEVELOPMENT | SCIENCE

Problematika zdraví vemene a plodnosti dojnic v České republice

Kateřina Ječmínková[1, 2]
Jitka Kysel'ová[3]
Ivan Majzlík[4]
Ludmila Zavadilová[5]

[1] Česká zemědělská univerzita, fakulta obecné zootechniky a etologie; Kamýcká 129, 165 21 Praha, Česká republika; Jecminkova@af.czu.cz
[2] Výzkumný ústav živočišné výroby, v. v. i.; Přátelství 815, 104 00 Praha, Česká republika; Jecminkova.Katerina@vuzv.cz
[3] Výzkumný ústav živočišné výroby, v. v. i.; Přátelství 815, 104 00 Praha, Česká republika; Kyselova.Jitka@vuzv.cz
[4] Česká zemědělská univerzita, fakulta obecné zootechniky a etologie; Kamýcká 129, 165 21 Praha, Česká republika; Majzlik@af.czu.cz
[5] Výzkumný ústav živočišné výroby, v. v. i.; Přátelství 815, 104 00 Praha, Česká republika; Zavadilova.Ludmila@vuzv.cz

Grant: MZERO0714
Název grantu: Institucionální podpora ministerstva zemědělství na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace
Oborové zaměření: GI - Šlechtění a plemenářství hospodářských zvířat

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

Abstrakt Nejvyšší ztráty v chovu skotu jsou způsobeny sníženou úrovní zdraví a reprodukce. Problémem šlechtění na tyto vlastnosti je jejich nízká dědivost, díky které je tradiční selekce neúčinná a doporučuje se využití markery asistované selekce.
Cílem práce je vnést přehled do situace ohledně vybraných funkčních znaků a markery asistované selekce v České republice. Dále studie přináší první výsledky studie polymorfní oblasti genu Leptinu známé jako A80V v české populaci českého strakatého skotu. V této oblasti byly zmapovány genotypové frekvence dojnic jako pilotní studie u tohoto plemene.

Klíčová slova: Polymorfismus, Genetický marker, Skot, Leptin, A80V

1. ÚVOD

Z hlediska šlechtění, přeje dnešní doba rozvoji nových metod. Uplatnění nachází i markery asistovaná selekce či genomické hodnocení zvířat. Převážná část ekonomicky důležitých primárních (dojivost) i sekundárních vlastností (zdraví, reprodukce) jsou ovlivněny velkým množstvím genů. Tyto geny spolu vzájemně působí a ovlivňují mimo jiné zdravotní stav zvířete nebo jeho produkci. Tyto znaky jsou však ovlivněny i prostředím ve kterém se zvíře vyskytuje. Dalším problémem při šlechtění těchto vlastností je jejich nízká dědivost.

Elegantním řešením zmíněných problémů, při šlechtění vlastností s nízkou dědivostí, by mohla být právě markery asistovaná selekce (MAS). Tato metoda je pokládána za účinnější, než využití tradičních metod šlechtění (Togashi a Lin, 2010). Výhodou MAS je snadné zjištění genotypu zvířete, rychlost a možnost provádět analýzy v jakékoli etapě života zvířete.

V budoucnu se ve šlechtění skotu předpokládá také uplatnění genomické selekce zvířat. Genomika počítá s využitím velice hustých molekulárních čipů, které detekují bodové mutace v genetickém kódu zvířat (SNP), a následným výpočtem genomické plemenné hodnoty, která bere v úvahu informace o jednotlivých mutacích, kterých je zvíře nositelem. Proto jsou SNP v tuto chvíli velmi významným nástrojem šlechtění zvířat.

2. REŠERŠE

2.1 Mastitis

Nejrozšířenějším onemocněním, které se v chovu skotu vyskytuje je mastitida, Ruegg (2003) uvádí skóre výskytu mastitidy ve stádě mezi 25 % – 60 %. Toto onemocnění také podstatně zvyšuje náklady na chov skotu. Ve Velké Británii se ztráty způsobené mastitidou se vyšplhaly na částku vyšší než 7 000 Kč/rok/kus (Hillerton a Berry, 2005), v USA se celková ztráta předpokládá 30–60 miliard korun ročně nebo ztráty až 11 % z celkové mléčné produkce (Ferrero et al., 2014). V České republice uvádí Kvapilík (2014a) průměrnou ztrátu 565 kg mléka na jeden výskyt klinické mastitidy, což činí ztrátu 9 000 Kč (Kvapilík, 2014b). Za nejvýznamnější ztráty způsobené mastitidou považuje Kvapilík (2014b) nižší dojivost v průběhu a po vyléčení mastitidy (Graf 1, 2), stejně jako nižší objem prodaného mléka z důvodu vyřazení mléka z dodávky.

Mastitida však ovlivňuje nejen kvalitu mléka, ale promítá se i do celkového fungování organismu. Negativní vliv má také na reprodukční funkce plemenic, např. na servis periodu a inseminační index (Vacek et al., 2007). Výhodou šlechtění na zdraví vemene a ukazatele plodnosti se tedy zdá být jejich vzájemný pozitivní vztah (Buch a Norberg, 2008). Tyto úvahy dokládá i studie polských vědců, kteří uvádějí, že produkce mléka s obsahem somatických buněk nižším než 100 000 buněk/ml se promítla ve zlepšení zdraví a plodnosti krav (Olechnowicz a Jaskowski, 2013).

I přes významný vliv prostředí na mastitis, respektive odolnost vůči ní, může být genetického pokroku dosaženo selekcí. Díky rozdílům mezi plemeny, ale i jednotlivými zvířaty se jako vhodný nástroj nabízí právě MAS (Wojdak-Maksymiec et al., 2010).

2.2 Plodnost

Se zvyšující se dojivostí krav může docházet ke snižování jejich plodnosti (Norman et al., 2009). Jelikož je pravidelná reprodukce předpokladem rentabilního chovu skotu, způsobuje chovatelům zhoršení plodnosti plemenic a zdraví vemene významné ekonomické ztráty.

Z ekonomického hlediska je třeba brát v úvahu, že každé prodloužení servis periody nad 80 dní o 20 dní představuje ztrátu 0,3 až 0,4 telete v případě osmiletého využívání dojnice a 4% snížení užitkovosti ročně (Říha a Hanuš, 2001). S obdobnou studií přichází i Vacek a Kvapilík (2010), kteří uvádějí ztrátu 24 telat za rok/100 krav při prodloužení mezidobí o 3 měsíce. Zhoršením ukazatelů plodnosti se prodlužuje délka laktace. S jejím prodloužením sice dochází ke zvyšování produkce mléka za normovanou laktaci, ale snižuje se produkce mléka v přepočtu na jeden den. Tato situace negativně ovlivňuje náklady na litr vyprodukovaného mléka, jelikož dochází ke snížení produkce mléka v přepočtu na krávu/rok. Mezi další náklady je možné zahrnout například i vyšší počet inseminačních dávek potřebných k zabřeznutí.

2.3 Dlouhověkost

Velmi důležitou ze sledovaných funkčních vlastností je dlouhověkost. V kontrole užitkovosti za rok 2013/14 (metoda A) bylo vyřazeno více než 32 % krav z toho 25 % prvotelek (ČMSCH, 2015). Jelikož nejvyšší dojivosti dosahují krávy na třetí a čtvrté laktaci, jsou tato čísla pro chovatele značně nepříznivá. Procentuální zastoupení krav podle pořadí laktace (Graf 3) naznačují věkovou skladbu krav v rámci české populace.

Vyřazováním prvotelek dochází ke snižování dojivosti stáda, ale jelikož prvotelky bývají nositelkami genetického pokroku stáda, nemusí v chovu docházek k odpovídajícímu genetickému progresu. Nejčastějším důvodem vyřazení prvotelek z kontroly užitkovosti metody A (kromě ostatních zdravotních důvodů) byla v tomto kontrolním roce neuspokojivá plodnost (21,4 %), nízká užitkovost (9,1 %), onemocnění vemene (8,1 %) a těžký porod (9,9 %) (ČMSCH, 2015). Dlouhověkost zvířat je mimo jiné ovlivněna i plemenem, potažmo zastoupením holštýnské krve (Tab. 1).

2.4 Jednonukleotidový polymorfismus a markery asistovaná selekce

V současnosti je za budoucnost ve šlechtění skotu považováno dynamicky se rozvíjející odvětví genomiky. Kromě genomiky, která nalezne uplatnění při šlechtění na úrovni populace je za velice vhodnou metodu šlechtění považováno sledování jednonukleotidového polymorfismu (SNP) u kandidátních genů (Togashi a Lin, 2010). Některé geny mohou mít významnější podíl na fenotypovém projevu dané vlastnosti než ostatní. V tomto případě hovoříme o tzv. kandidátních genech, u kterých se předpokládá bezprostřední vliv na užitkové vlastnosti. Využití SNP zvýší efektivnost šlechtění nejen díky přispění ke zpřesnění odhadu plemenné hodnoty, ale umožní i zvýšení intenzity selekce a pravděpodobně zkrátí generační interval (Urban, 2009).

Výraz polymorfismus vychází z řecké předpony poly- (mnoho, více) a morphos (tvar). Záměna většinou jednoho páru nukleotidů (základní stavební prvky DNA) je důvodem výskytu jednonukleotidových polymorfismů. Záměna byť jen jednoho nukleotidu může způsobit zvýšení či snížení odolnosti vůči patogenům, zkrácení délky servise periody či časnější nástup říje po otelení. Právě SNP je možné využít jako marker (značku) podle kterého je možné se při selekci zvířat orientovat.

Vzhledem k nízké dědivosti se zlepšení reprodukčních ukazatelů při využití tradičních metod šlechtění považuje za velice složité (Campos et al., 1994). Za vhodnou náhradu tradičních postupů šlechtění se v dnešní době považuje markery asistovaná selekce (Togashi a Lin, 2010). Selekce zvířat, která je založena na principu genetických markerů a speciálně SNP vešla v povědomí jako markery asistovaná selekce (Lande a Thompson, 1990). Díky genetickým markerům, které je možné při selekci použít, můžeme zredukovat čas a zvýšit přesnost selekce (Meuwissen a Vanarendonk, 1992).

Stejně jako většina postupů se i MAS setkává s určitými omezeními. Její úskalí spočívá především v malém množství SNP na které jsme se zaměřili (Asaf et al., 2014). Vyhodnocení většího množství vzorků samostatně však může být časově i finančně náročné. Budoucnost MAS tkví v genomické selekci, kdy je možné v rámci jedné analýzy detekovat několik tisíc SNP, přičemž nezbytností je pravidelné sledování jednotlivých SNP a vyhodnocování jejich vztahu k vybraným vlastnostem. Užitečné je tedy využití MAS ve stádě za účelem zjištění menšího množství SNP, které ovlivňují vlastnosti našeho zájmu.

Dalším problémem může být rozdílné rozložení SNP různých plemen. Prozatím se ve světě provádí velké množství studií, které jsou z velké části prováděny jednostranně na holštýnském skotu. Vzhledem k tomu, že v České republice je do kontroly užitkovosti zapojeno skoro 40 % krav českého strakatého skotu (ČMSCH. 2015), je proto nezbytné zjistit genotypové frekvence kandidátních genů i na české populaci zvřat a provést asociační studie i na tomto plemeni. Jedním z významných genů, který je považován za kandidátní je Leptin.

2.5 Leptin

Gen Leptin se nachází na 4. bovinním chromozomu (Stone et al., 1996), obsahuje 16 735 kb (Taniguchi et al., 2002) a je překládán do 146 aminokyselin. Gen se skládá ze tří exonů a dvou intronů (Chen et al., 1995), přičemž první exon není transkribován a nevzniká tudíž žádný protein (Komisarek and Antkowiak, 2007).
Hormon leptin má významný vliv na udržování tělesné homeostázy. Pomocí leptinu je řízen příjem krmiva, uložení energetických rezerv a energetický metabolismus. Leptin hraje také důležitou roli v regulaci tělesné hmotnosti a růstu savců (Agarwal et al., 2009). Kershaw a Flier (2004) popisují ve své práci vliv leptinu na reprodukci, imunitní a renální systém, diferenciaci buněk i jejich proliferaci.

Dále bylo zjištěno, že vliv na uvedené vlastnosti má i genotyp, respektive varianty polymorfních oblastí v Leptinu, kterých bylo u skotu dosud podle databáze Ensembl popsáno 1165. Byl například prokázán vztah genotypu Leptinu k dojivosti (Banos et al., 2008), reprodukčním ukazatelům (Liefers et al., 2005; Agarwal et al., 2009) a složení mléka (Glantz et al., 2012, Kadlecová et al., 2014). Clempson et al. (2011) naznačují, že polymorfismus genu Leptinu má vliv i na kvalitu oocytů a následný embryonální vývoj. Brickell et al. (2010) dále nalezli závislost mezi genotypem Leptinu a perinatální mortalitou telat u holštýnských jalovic. Spekulují rovněž o vlivu Leptinu na rozvoj plic telete a o možné predispozici telat k respiratorním problémům po otelení v případě deficience leptinu.
Na jejich práci volně navazují výsledky Orrù et al. (2012), kteří jsou přesvědčeni, že hormon leptin má vliv na imunitní systém, a proto ve své práci naznačují využití Leptinu jako markeru pro zlepšení imunologické kondice v peripartálním období.

Ve studii, která se zaměřila mimo jiné na pravděpodobnost předčasného vyřazení dojnice ze stáda na základě genotypu, je zřejmé, že obecně mají vyšší pravděpodobnost vyřazení zvířata

s nepříznivým genotypem v Leptinovém genu (Szyda et al., 2011). Vliv genotypu na zdraví zvířat naznačuje i Oikonomou et al. (2009), kteří pozorovali snížení rezistence dojnic proti onemocnění mastitidou.

3. MATERIÁL A METODIKA

Do sledování bylo zapojeno 50 zvířat českého strakatého skotu narozených v roce 2003 a 2004, ze tří různých chovů po 8 plemenících. Studovaným genem byl Leptin - polymorfní varianta umístěná na 3. exonu (rs29004508), která způsobuje záměnu 59. aminokyseliny v řetězci leptinu a to Alaninu za Valin (A80V).
Genomická DNA byla získána z krve a izolována na automatickém izolátoru ABI PrepStation 6100. Genotypy byly stanoveny metodou PCR-RFLP, primery byly navrženy podle Haegeman et al. (2000).
PCR reakce obsahovala 20 – 100 ng genomické DNA, 2mM $MgCl_2$, 20 mM dNTP, 5 % DMSO, 0,5 U Taq Purple polymerázy (Top-Bio, s.ro.; Česká republika), 10 pmol primerů (R, F) (Generi Biotech, Česká republika), 1x PCR pufr. Teplotní profil reakce byl: 94 °C (10 min) 1 cyklus, 94 °C (30 s), 54 °C (30 s), 72 °C (1 min) ve 30 cyklech, se závěrečnou elongací 72 °C (10 min) v 1 cyklu.
Amplifikované fragmenty byly následně 12 hodin štěpeny při 37 °C pomocí 5U enzymu *HphI* (Thermo Fisher Scientific, USA), štěpené fragmenty byly vizualizovány na 3,5 % agarózovém gelu. Délka získaných fragmentů byla pro alelu C 331 bp, pro alelu T 311 bp a 20 bp.

4. VÝSLEDKY A DISKUZE

Laboratorní analýzy prokázaly výskyt tří genotypů (Tab. 2). Z frekvence alel je zřejmá převaha alely C, naopak nejméně frekventované pozorování bylo alely T. Sledovaná populace zvířat se, v tomto genu, nenachází v Hardy-Weinbergově rovnováze. Tento výsledek byl očekáván, jelikož ve sledované populaci dochází jak k selekci, tak nenáhodnému připařování zvířat což vyvrací základní podmínky pro vytvoření rovnovážné populace. Díky tomu je i zřejmé, že v populaci dochází ke šlechtění v rámci studované oblasti.
Sledované genotypové frekvence se nelišily od výsledků Szyda a Komisarek (2007) získaných z polské populace holštýnských býků nebo Liefers et al. (2002, 2003) pocházející z Nizozemí. Obdobné rozložení genotypových frekvencí avšak s vyšším podílem CC homozygotů uvádí ve své práci na holštýnském plemeni z Velké Británie i Clempson et al. (2011).
Oproti výsledkům Glantz et al. (2012), kteří studovali holštýnskou populaci ve Švédsku, výsledky našeho pozorování vykazují nižší podíl heterozygotních jedinců, ve prospěch genotypu CC. Vyšší podíl heterozygotních jedinců je popsán i v dalších studiích (Szyda a Komisarek, 2007(holštýn); Komisarek a Antkowiak, 2007 (Jersey)).

5. ZÁVĚR

Zjištěné genotypové frekvence se, navzdory odlišnému plemeni i užitkovému typu zvířat, v rozložení jednotlivých genotypů neliší od většiny dostupných prací. Rozdíly v rozložení genotypů jsou popsány pouze u polské a švédské populace. Navzdory převaze zvířat s alelou C výsledky naznačují, další možnost šlechtění i v této mutaci.

V posledních letech se výzkum začíná orientovat i na vlastnosti, které se tradičními metodami šlechtění nedařilo zlepšovat. Jelikož jsou v tuto chvíli ve světě již známy genotypy, které příznivě ovlivňují např. plodnost nebo zdraví vemene, probíhá v současnosti intenzivní výzkum i na populaci českých krav. Zdá se tedy, že molekulární genetika začne ve šlechtění skotu mít klíčovou roli.

Tato práce byla realizována za podpory projektu Ministerstva zemědělství ČR MZERO0714 v rámci institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace.

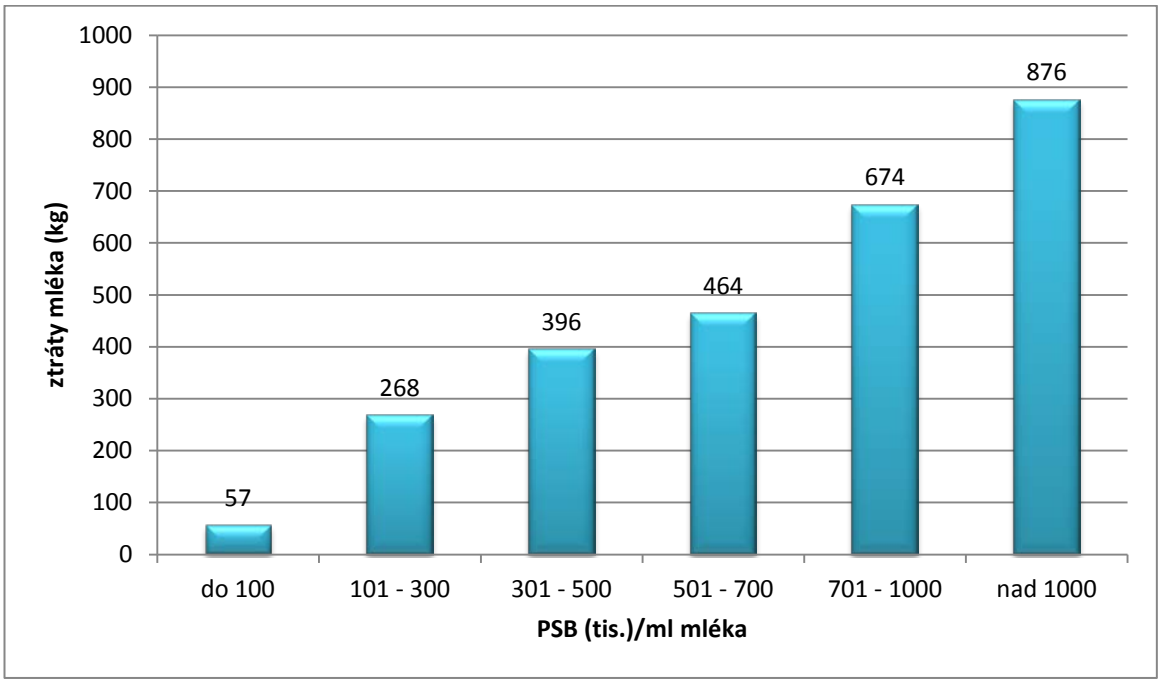
Zdroje

1. Agarwal, R., Rout, P. K., Singh, S. K. 2009. Leptin: A biomolecule for enhancing livestock productivity. Indian Journal of Biotechnology. 8(2). 169–176.
2. Asaf, V. N. M., Kumar, A., Rahim, A., & Sebastian, R. 2014. An overview on single nucleotide polymorphism studies in mastitis research. Veterinary World. 7(6). 416-421.
3. Banos, G., Woolliams, J. A., Woodward, B. W., Forbes, A. B., Coffey, M. P. 2008. Impact of Single Nucleotide Polymorphisms in Leptin, Leptin Receptor, Growth Hormone Receptor, and Diacylglycerol acyltransferase (DGAT1) Gene Loci on Milk Production, Feed, and Body Energy Traits of UK Dairy Cows. Journal of Dairy Science. 91(8). 3190–3200.
4. Brickell, J. S., Pollot, G. E., Clempson, A. M., Otter, N., Wathes, D. C. 2010. Polymorphisms in the bovine leptin gene associated with perinatal mortality in Holstein-Friesian heifers. Journal of Dairy Science. 93(1). 340–347.
5. Buch, L. H., Norberg, E. 2008. Genetic analysis of protein yield, udder health, and female fertility in first-parity Danish Holstein cows. Acta Agriculturae Scandinavica Section a-Animal Science. 58(1). 5–9.
6. Campos, M., Wilcox, C., Becerril, C., Diz, A. 1994. Genetic-Parameters for Yield and Reproductive Traits of Holstein and Jersey Cattle in Florida. Journal of Dairy Science. 77(3). 867–873.
7. Clempson, A. M., Pollott, G. E., Brickell, J. S., Bourne, N. E., Munce, N., Wathes, D. C. 2011. Evidence that leptin genotype is associated with fertility, growth and milk production in Holstein cows. Journal of Dairy Science. 94(7). 361–3628.
8. ČMSCH - Českomoravská společnost chovatelů, a.s. Výsledky kontroly užitkovosti v České republice kontrolní rok 2013 – 2014. 2015. [online] [cit. 2015-01-02]. Dostupné z <http://www.cmsch.cz/store/kontrola-uzitkovosti-2013-2014-web.pdf >.
9. Ensembl. Gene: OB ENSBTAG00000014911. Ensembl [online]. [cit. 2015-29-04]. Dostupné z: <http://www.ensembl.org/Bos_taurus/Gene/Variation_Gene/Table?db=core;g=ENSBTAG00000014911;r=4:93249874-93266624;t=ENSBTAT00000019853>.
10. Ferrero, F. J., Valledor, M., & Campo, J. C. 2014. Screening method for early detection of mastitis in cows. Measurement. 47. 855–860.
11. Glantz, M., Lindmark Månsson, H., Stålhammar, H., Paulsson, M. 2012. Effect of polymorphisms in the leptin, leptin receptor and acyl-CoA: diacylglycerol acyltransferaze 1 (DGAT1) genes and genetic polymorphism of milk proteins on bovine milk composition. Journal of Dairy Research. 79(1). 110–118.
12. Haegeman, A, Van Zeveren, A., Peelman, L. J. 2000. New Mutation in Exon 2 of the Bovine Leptin Gene. Animal Genetics. 31(1). 79–79
13. Hillerton, J. E., Berry, E. A. 2005. Treating mastitis in the cow - a tradition or an archaism. Journal of Applied Microbiology. 98(6). 1250–1255.
14. Chen, H. Y., Quon, M. J., Reitman, M. 1995. The mouse obese gene: Genomic organization, promoter activity, and activation by CCAAT/enhancer-binding protein alpha. Journal of Biological Chemistry. 270(48). 2887–28891.
15. Kadlecová, V., Němečková, D., Ječmínková, K., Stádník, L. 2014. Association of bovine DGAT1 and leptin genes

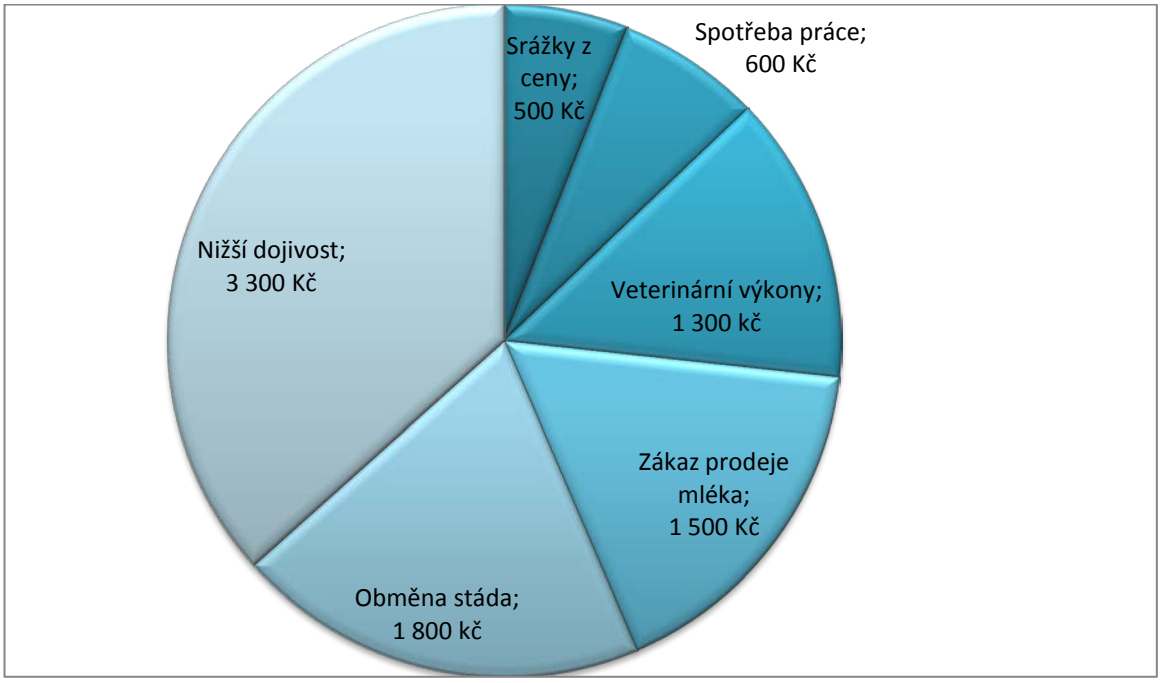
polymorphism with milk production traits and energy balance indicators in primiparous Holstein cows. Mljekarstvo. 64(1). 19-26.
16. Kershaw, E. E, Flier, J. S. 2004. Adipose tissue as an endocrine organ. The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism. 89(6). 2548-56.
17. Komisarek, J., Antkowiak, I. 2007. The relationship between leptin gene polymorphisms and reproductive traits in Jersey cows. Polish Journal of Veterinary Sciences. 10(4). 193–197.
18. Kvapilík, J. 2014a. Mastitidy a výrobní ztráty. Veterinářství. 64(7). 550 – 560.
19. Kvapilík. J. 2014b. Mastitidy dojených krav a ekonomické ztráty. Veterinářství. 64(12). 946-955.
20. Lande, R., Thompson, R. 1990. Efficiency of Marker-Assisted Selection in the Improvement of Quantitative Traits. Genetics. 124(3). 743–756.
21. Liefers, S. C., te Pas, M. F., Veerkamp, R. F., van der Lende, T. 2002. Associations between leptin gene polymorphisms and production, live weight, energy balance, feed intake, and fertility in Holstein heifers. Journal of Dairy Science. 85. 1633–1638.
22. Liefers, S. C., M. F. te Pas, R. F. Veerkamp, Y. Chilliard, C. Delavaud, R. Gerritsen, and T. van der Lende. 2003. Association of leptin gene polymorphisms with serum leptin concentration in dairy cows. Mammalian Genome. 14.657–663.
23. Liefers, S. C., Veerkamp, R. F., te Pas, M. F. W., Delavaud, C., Chilliard, Y., Platje, M., van der Lende, T. 2005. Leptin promoter mutations affect leptin levels and performance traits in dairy cows. Animal Genetics. 36. 111–118.
24. Lorenc, M. 2002. Šlechtitelská práce v chovu skotu, aneb, Cesta do hlubin genetiky skotu. Chovservis.
25. Meuwissen, T., Vanarendonk, J. 1992. Potential Improvements in Rate of Genetic Gain from Marker-Assisted Selection in Dairy-Cattle Breeding Schemes. Journal of Dairy Science. 75(6). 1651–1659.
26. Norman, H. D., Wright, J. R., Hubbard, S. M., Miller, R. H., Hutchison, J. L. 2009. Reproductive status of Holstein and Jersey cows in the United States. Journal of Dairy Science. 92(7). 3517–3528.
27. Oikonomou, G., Angelopoulou, K., Arsenos, J., Zygoyiannis, D., Banos, G. 2009. The Effects of Polymorphisms in the DGAT1, Leptin and Growth Hormone Receptor Gene Loci on Body Energy, Blood Metabolic and Reproductive Traits of Holstein Cows. Animal Genetic. 40(1). 10–17.
28. Olechnowicz, J., Jaskowski, J. M. 2013. A Connection Between Mastitis During Early Lactation and Reproductive Performance of Dairy Cows - a Review. Annals of Animal Science. 13(3). 435–448.
29. Orrù, L., Abeni, F., Catillo, G., Grandoni, F., Crisà, A., De Matteis, G., Carmela Scatà, M., Napolitano, F., Moioli, B. 2012. Leptin gene haplotypes are associated with change in immunological and hematological variables in dairy cow during the peripartum period. Journal of Dairy Science. 90(1). 16–26.
30. Ruegg, P. L. 2003. Investigation of mastitis problems on farms. Veterinary Clinics of North America-Food Animal Practice. 19(1). 47–73.
31. Říha, J., Hanuš, O. 2001. Důležitá hlediska zajišťování pravidelné reprodukce dojnic. Výzkum v chovu skotu. 3. 12 - 19.
32. Stone, R. T., Kappes, S. M., Beattie, C. W. 1996. The bovine homolog of the obese gene maps to chromosome 4. Mammalian Genome. 7(5). 399–400.
33. Szyda, J., Komisarek, J. 2007. Statistical modelling of main and epistatic gene effects on milk production trans in dairy cattle. Journal of Dairy Science. 90(6). 2971–2979.
34. Szdyda, J., Morek-Kopec, M., Komisarek, J., Zarnecki, A. 2011. Evaluating markers in selected genes for association with functional longevity of dairy cattle. Biomedcentral Genetics. 12(30). 1-7.
35. Taniguchi, Y., Itoh, T., Yamada, T., Sasaki, Y. 2002. Genomic structure and promoter analysis of the bovine leptin gene. International Union of Biochemistry and Molecular Biology. 53(2). 131–135.
36. Togashi, K., Lin, C. Y. 2010. Theoretical efficiency of multiple-trait quantitative trait loci-assisted selection. Journal of Animal Breeding and Genetics. 127(1). 53–63.
37. Urban, T. Genetické markery. 2009. Virtuální svět genetiky 3 - principy genetiky populací a kvantitativních znaků. [online]. [cit. 2010-02-12]. Dostupné z: <http://user.mendelu.cz/urban/vsg3/qtl/qtl2.html>.
38. Vacek, M., Stádník, L., Štípková, M. 2007. Relationships between the incidence of health disorders and the reproduction traits of Holstein cows in the Czech Republic. Czech Journal of Animal Science. 52(8). 227.
39. Vacek, M., Kvapilík, J. 2010. Řízení stáda dojnic pro zlepšení ekonomiky výroby mléka. [online]. [cit. 2014-02-12]. Dostupné z: <http://www.cestr.cz/files/skalsky_dvur_2010/moderni_rizeni_chovu_c_dojnic_2010.pdf>.
40. Wojdak-Maksymiec, K., Kmiec, M., Kowalewska-Luczak, I., & Warlinski, M. 2010. DRB3 Gene Polymorphism and Somatic Cell Count in Milk of Jersey Cows. Journal of Animal and Veterinary Advances. 9(9). 1295–1300.

Příloha

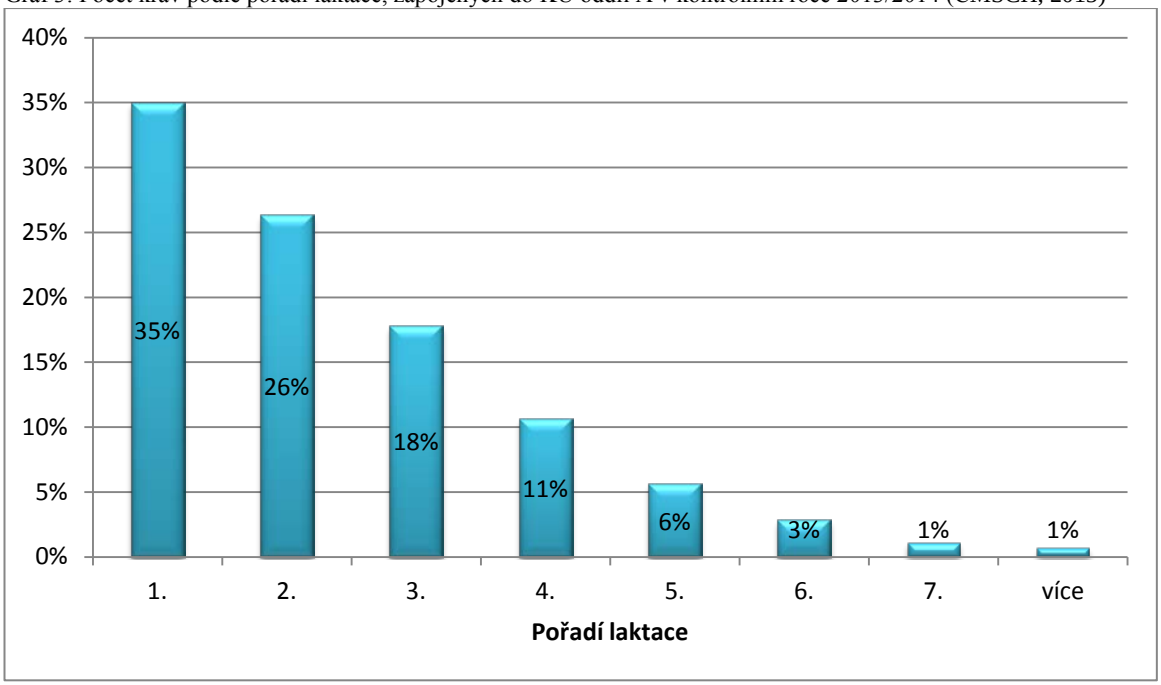
Graf 1: Počet somatických buněk (PSB) v mléce krav a pokles produkce mléka (kg/rok) (Kvapilík, 2014a)



Graf 2: Kalkulace jednotlivých složek ztrát způsobených mastitidou (Kvapilík, 2014b)



Graf 3: Počet krav podle pořadí laktace, zapojených do KU oddíl A v kontrolním roce 2013/2014 (ČMSCH, 2015)



Tab. 1: Vztah mezi dlouhověkostí, dojivostí a plemennou příslušností krav (Lorenc, 2002)

Plemeno	Podíl holštýnské krve	Průměrný počet laktací (A)	1. laktace podíl mléka	Všechny laktace průměr (B)	Celoživotní užitkovost AxB
Simentál	2,3 %	4,1	5 159	6 047	24 793
Fleckvieh	56,4 %	4,1	5 694	6 705	27 491
Red holštýn	82,9 %	3	6 273	7 194	21 582
Holštýn	-	2,2	6 759	7 299	15 238

Tab. 2: Genotypové a alelické frekvence v genu Leptinu (A59V)

Genotyp	Genotypové frekvence	Alela	Alelické frekvence
CC	0.5098	**C**	0.6961
CT	0.3725		
TT	0.1176	**T**	0.3039