

**ANIMAL
WELFARE**

20. évf. 2. sz. (2024)

Etológia és Tartástechnológia Ethology and Housing Systems

A MATE Állattenyésztési Tudományok Intézet Állattenyésztés-technológiai
és Állatjóléti Tanszékének tudományos folyóirata



AWETH



MATE



Etológia és Tartástechnológia
Ethology and Housing Systems



Animal Welfare, Etológia és Tartástechnológia

Animal Welfare, Ethology and Housing Systems

20. évfolyam, 2024. 2. szám
Volume 20, 2024 Issue 2

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Gödöllő, 2024



Animal Welfare,

Etológia és Tartástechnológia
Ethology and Housing Systems



Animal Welfare, Etológia és Tartástechnológia



Animal Welfare, Ethology and Housing Systems

A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Állattenyésztési Tudományok Intézet,
Állattenyésztés-technológiai és Állatjálléti Tanszékének tudományos folyóirata

20. évfolyam, 2024. 2. szám

Főszerkesztő:

Dr. Pajor Ferenc PhD

Kiadja

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE)

A kiadó székhelye

2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

Felelős kiadó

Prof. Dr. Gyuricza Csaba, rektor

Közreadó

Állattenyésztési Tudományok Intézet, Állattenyésztés-technológiai és Állatjálléti
Tanszék

A közreadó székhelye (szerkesztőség címe):

MATE Szent István Campus 2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

Intézetigazgató: Dr. Áprily Szilvia

Tanszékvezető: Prof. Dr. Póti Péter

Megjelenik évi két alkalommal.

ISSN 1786-8440 (online)

Honlap:

<https://journal.uni-mate.hu/index.php/aweth>

TARTALOM

HOFFMANN FLÓRA ADÉL, OROSZ SZILVIA, BALOGH KRISZTIÁN MILÁN: <i>Olasznád mint alternatív tömegtakarmány.....</i>	85–100
HALÁSZ ANDRÁS, CSÍZI ISTVÁN, VARGA KRISZTINA, BOJTÉ CSILLA, BODNÁR ÁKOS, EGERSZEGI ISTVÁN, KERN LÁSZLÓ, MÁTHÉ LÁSZLÓ: <i>Gyapotmag mint potenciális új fehérjeforrás - Magyarországi tapasztalatok</i>	101–106
GAÁL ZSÓFIA ESZTER, POSTA JÁNOS: <i>A generációs intervallum, a beltenyésztettség és a pedigrelteljesség vizsgálata a hazai haflingi lóállományban</i>	107–112
SZILÁGYI SZABINA, BENK ÁKOS: <i>A tejtermelés és a tejminőség vizsgálata különböző fejési technológiával működő dél-alföldi telepeken.....</i>	113–130
NAWEL HLEL, GABRIELLA HOLLÓ, BENCE BUS, ÁGNES SÜLI, ZSÓFIA NYÚL, MIKLÓS GÁBOR SZABARI: <i>Correlations of production factors in automated milking system in a Hungarian dairy farm.....</i>	131–145

TABLE OF CONTENTS

FLÓRA ADÉL HOFFMANN, SZILVIA OROSZ, KRISZTIÁN MILÁN BALOGH: <i>Giant reed, as a forage alternative</i>	85–100
ANDRÁS HALÁSZ, ISTVÁN CSÍZI, KRISZTINA VARGA, CSILLA BOJTÉ, ÁKOS BODNÁR, ISTVÁN EGERSZEGI, LÁSZLÓ KERN, LÁSZLÓ MÁTHÉ: <i>Cottonseed as protein source - Hungarian case study</i>	101–106
ZSÓFIA ESZTER GAÁL, JÁNOS POSTA: <i>Evaluation of the pedigree data of the Hungarian Haflinger population</i> ...	107–112
SZABINA SZILÁGYI, ÁKOS BENK: <i>Examination of milk production and milk quality in Southern Great plain farms with different milking technologies</i>	113–130
NAWEL HLEL, GABRIELLA HOLLÓ, BENCE BUS, ÁGNES SÜLI, ZSÓFIA NYÚL, MIKLÓS GÁBOR SZABARI: <i>Correlations of production factors in automated milking system in a Hungarian dairy farm</i>	131–145

Olasznád mint alternatív tömegtakarmány

Hoffmann Flóra Adél¹, Orosz Szilvia², Balogh Krisztián Milán¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élettani és Takarmányozástani Intézet,
2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.

²Allattenyésztési Teljesítményvizsgáló Kft., 2100 Gödöllő, Dózsa György út 58.

Received/Érkezett: 08. 10. 2024.

Accepted/Elfogadva: 12. 02. 2024.

Összefoglalás: Vizsgálatunk célja az olasz nád (*Arundo donax L.*) széleskörű megismerése, azon belül is a takarmány célú felhasználásának lehetőségeinek felmérése volt. Az olasz nád egy évelő, lágyszárú fűféle. A világ számos táján természetik és használják fel bioetanol, biogáz, biomassza előállításra, de a bútóriparban és építőiparban is alkalmazzák. Az olasz nád kiváló alternatívája lehet a silótakarmányoknak, azonban a hazai hasznosítása még nem eléggé kidolgozott, további tesztelést és vizsgálatokat igényel. Célunk ezen új takarmány etethetőségének, hasznosíthatóságának és a takarmánybázisban betölthető szerepének tudományos alátámasztása volt. A kutatás során különböző időpontokban és különböző fenológiai jellemzőkkel rendelkező növények kerültek betakarításra, majd a növény erjesztéses tartósítására és szarvasmarhákkal történő etetésre is sor került. A kapott eredmények alapján több, a gyakorlat számára hasznos következtetés fogalmazható meg. A különböző fenológiai fázisokban betakarított mintákból kapott eredmények alapján levonható az a következtetés, hogy a 180 cm feletti magasságban történő betakarítás kerülendő. Másik megállapítás, hogy az olasz nád szilázs esetén a nyersrost meghatározása kémiai analízissel, helyettesítheti az NDF mérését, amennyiben erre nincs lehetőség. Sejt-falhatás szempontjából az olasz nád klasszikus tendenciát mutat. A hazai eredmények összevethetőek az Azori-szigeteken végzett kutatásokkal, amelyek hasonló eredményeket hoztak mind szárazanyag-tartalom, mind pedig szervesanyag emészthetőség terén. A modellszilázs esetében az erjedési paraméterek megfelelőek voltak. Ezeken felül az üzemi betakarítás és az üszőkkel folytatott próbaetetés igazolta, hogy az olasz nád betakarítása megfelelően kivitelezhető és az állatok szívesen fogyasztják, nem válogatják ki a TMR-ből az olasz nád szilázst. Mindezen megállapítások alapján kijelenthető, hogy az olasz nád potenciálisan kiegészítheti a hazai takarmánybázist, mint erjesztéssel tartósítható tömegtakarmány. Értékei növendékeknek, húsmarháknak optimálisak lehetnek, hazánk pedig alkalmas a termesztésére.

Kulcsszavak: olasz nád, *Arundo donax*, tömegtakarmány, szarvasmarha

Giant reed, as a forage alternative

Flóra Adél Hoffmann¹, Szilvia Orosz², Krisztián Milán Balogh¹

¹Hungarian University of Agricultural and Life Sciences, Institute of Physiology and Nutrition,
Páter Károly utca 1. 2100 Gödöllő, Hungary

²Livestock Performance Testing Ltd., Dózsa György út 58., 2100 Gödöllő, Hungary

Abstract: The aim of this study was to gain a broad knowledge of giant reed (*Arundo donax* L.), including the possibilities of its use as fodder. Giant reed is a perennial, herbaceous grass. It is globally planted and used for bioethanol, biogas and biomass production, but it is also commonly used in furniture and construction industries. The giant reed can be an excellent alternative as silage fodder, but its domestic use has not been sufficiently developed yet and requires further testing and research. Our aim in this research was to get a scientific proof on the feed ability, utility of this new forage and its possible role in the feed base. Plants at different stage of growth were harvested, ensiled and fed to cattle. The results of the study led to several practical conclusions. Based on the results obtained from samples harvested at different phenological stages, it can be concluded that harvesting at heights above 180 cm should be avoided. Another finding is that, in case of giant reed silage, determination of crude fibre by chemical analysis can replace the measurement of NDF where its measurement is not possible. Cell wall effect shows a classic trend in giant reed. The Hungarian results match the results of studies carried out in the Azores, which have produced similar results regarding dry matter content and organic matter digestibility. In case of the model silage, fermentation parameters were appropriate. In addition, on-farm harvesting and test feeding with heifers confirmed that harvesting of giant reed was feasible and animals were willing to consume the giant reed silage and did not reject it from the TMR. Based on all these findings, it can be concluded that giant reed has the potential to complement the domestic feed base as a fermentable forage. Its nutritive values meet the requirements of growing and beef cattle, and our country is suitable for its cultivation.

Key words: giant reed, *Arundo donax*, forage, cattle



Bevezetés és célkitűzések

Az elmúlt évek aszályos időjárása miatt indokoltá válik a kukorica kiegészítésére, akár leváltására alkalmas növény behozatala a magyar mezőgazdaságba. Az olasz nád (*Arundo donax L.*) egy magasra növő, nagy biomasszát adó, évelő fűféle. Energetikai és építőipari felhasználása régóta ismert, azonban az éghajlatváltozás következtében takarmány célú előállítás is meggondolandó hazánk területén. Termesztése a talajra rendkívül kedvező hatással van, csökkenti az eróziót, nitrogént köt, illetve egyes toxikus anyagokat (pl. Cd, Pb) is képes kivonni a talajból. A gödöllői központú Állattenyésztési Teljesítményvizsgáló Kft. 2021-ben kezdte meg az olasz nád takarmány célú felhasználásának vizsgálatait, melyek elsődlegesen jó eredményeket hoztak, táplálóanyag értékei megfelelnének szarvasmarha növedékeknek, húsmarháknak, anyateheneknek. Vizsgálatunk során célunk volt ezen új takarmány etethetőségét, hasznosíthatóságát és a takarmánybázisban betölthető szerepét tudományosan alátámasztani. A kutatás alapja a szarvasi olasz nád-ültetvényről származó korai időpontban, de 2,5 magasságban betakarított olasz nád minták laboratóriumi vizsgálati eredményei (2022.06.29.), különböző fenológiai jellemzőkkel (fenotípus és fenológiai fázis szerint) rendelkező olasz nád minták laboratóriumi vizsgálati eredményei (2022.08.08.), erjesztés céljából betakarított fiatal hajtás és abból készült modellszilázs laboratóriumi vizsgálati eredményei (betakarítás: 2022.10.05.), valamint ezt követően egy „élesben” történő üzemi betakarítás, üzemi tartósítás, majd állatokkal való próbaetetés volt (2023.06.24. Szarvasi Agrár Zrt.). Ezen eredmények alapján értékeltük a növény táplálóanyag-tartalmát és táplálóértékét különböző fenológiai fázisokban, valamint különböző fenotípusos jellemzők esetében. Továbbá vizsgáltuk silózhatóságát, etethetőségét és pozicionáltuk a takarmányozásban betölthető szerepe alapján.

Szakirodalmi áttekintés

Az olasz nádban rejlő lehetőségek

Az olasz nád egy évelő, lágyszárú fűféle. Akár 4-6 méter magasra is megnőhet, robosztus szárai kemények. A világ számos táján termesztik és használják fel bioetanol, biogáz, biomassza előállításra, de a bútoriparban és építőiparban is alkalmazzák. Ezeken felül a környezetvédelmi vonatkozása is megemlítendő, rizómás növény ugyan, de nem terjed messzire, valamint nem inváziós faj. Nagyobb beruházást a telepítése igényel, azonban ezen túl nem igényel jelentős talajművelést, gyomirtást, valamint a tápanyagigénye is elenyésző. Klímaváltozásokkal szemben ellenálló, a szárazságot mélyre hatoló gyökere révén kitűnően tolerálja. Hazánkban a hidegebb telek veszélyeztethetik. Az ültetvény élettartama akár 20 évnél is több lehet. Az Azori-szigeteki Egyetemen 2014-2020 között futott egy projekt (Inv2Mac), melynek során több kutatás és kísérlet zajlott inváziós fajok ipari felhasználásának kapcsán. E pályázat keretében az olasz nád is több ízben górcső alá került. Vizsgálták a tápérték potenciálját: kémiai összetételét, *in vitro* emészthetőségét, bendőbeli gáztermelését, valamint becslések történtek az energiatartalmára vonatkozóan is. Tömegtakarmányként a következő értékek kerültek vizsgálatra: nyersfehérje és a különböző rostfrakciók: neutrális detegens rost (NDF) savdetergens rost (ADF), savdetergens lignin (ADL). A kutatások során az eredmények jó emészthetőséget, de gyenge takarmányértéket mutattak (Nunes et al. 2022, Maduro Dias et al. 2023).

Az olasz nád kiváló alternatívája lehet a silótakarmányoknak, azonban a hazai hasznosítása még nem eléggé kidolgozott, további tesztelést és vizsgálatokat igényel (Orosz 2022). Gödöllőn, az Állattenyésztési Teljesítményvizsgáló Kft. 2021-ben és 2022-ben folytatott kísérletei kimutatták, hogy a fiatal, korai fenológiai fázisban betakarított hajtások silózott tömegtakarmányként is hasznosíthatóak tenyésznövényedékeknek, extenzív húsmarháknak, valamint anyateheneknek (Orosz 2022).

Biológiája, termesztése

A ma már Európa mediterrán térségeiben és Amerikában is elterjedt növény eredeti élőhelye Kelet-Ázsia (Gyuricza 2014). A pázsitfűfélék (*Poaceae*) családjába tartozó, C3-típusú fotoszintézist folytató, évelő, lágyszárú növény, szára sima, üreges, akár a 6 métert is elérheti, gyökereit 4-6 méterre is lejuttatja (Orosz 2022). Széles, kékeszöld levelei lehajlóak. Magyarországi éghajlaton magjai sterilek, nem termőképeseek, ezáltal nem tekinthető inváziós, kiirthatatlan fajnak (Simon 2017). Fejlődéséhez hazánk hőmérséklete megfelelő, az átlagosnál hidegebb telek árthatnak neki, a fiatal állomány kifagyhat.

Talaj vonatkozásában nem kimondottan igényes, kedveli a laza, homokos, vízzel jól ellátott talajokat, azonban szárazabb, szikes, meszes talajon is sikerrel termesztendő. A talaj kémhatása szempontjából tűrőképessége széles, 5,0-8,7 közötti pH értéket kedveli (Simon 2017). Időszakos szárazságot jól tolerálja, aszályos és hőstresszes időszakot is átlagos terméssel vészeli át (Orosz 2022). A csapadékra igényes, vízparti, vízhez közeli területeken termesztendő a leghatékonyabban, ennek ellenére az időszakos szárazságot jól tűri, az termésbeli változást nem okoz. Fontos, hogy a talaj 2-3 méteres mélységében legyen talajvíz. A csapadék mennyiségére és eloszlására igényesebb, mint a talaj adottságaira (Gyuricza 2014, Simon 2017). Vegetációs időszakban a vízszükséglete 300-700 mm. A növény legnagyobb tömegét, megközelítőleg 80%-át a szár adja, a maradékot a levelek teszik ki (Simon 2017).

Előveteményre nem igényes, előnyösek a korán lekerülő kalászosok, kevésbé megfelelőek az őszi betakarított növények (Gyuricza 2014). Az őszi 30-40 cm-es mélyszántást meghálálja, tömörödött, 70-80 cm mélyen eketalpas talajt lazítani szükséges, homoktalajt elegendő tavasszal elmunkálni. Aprómorzsás, elmunkált talajba a legkedvezőbb a telepítése. Törekedni kell a talajnedvesség megtartására. Telepítés előtt szükséges totális gyomirtót használni, akár többször is (Gyuricza 2014, Simon 2017, Orosz 2022). A telepítéskori tápanyagok nagy részét a rizómák segítségével a növény újrahasznosítja, így a tápanyagutánpótlás igénye elenyésző. Ennek ellenére a nitrogén műtrágyázás kedvezően hat a termés mennyiségére (Simon 2017, Orosz 2022). Évi 20 mm szarvasmarha hígtrágya kijuttatása esetén 30-70%-os hozamemelkedés várható (Ceotto et al. 2015). Telepítése igényli a legnagyobb beruházást, illetve munkálatokat. Ideje március végétől május elejéig tart, hazánkban inkább május eleje-közepe az alkalmas. Telepítéséhez a 10°C-os talajhőmérséklet megfelelő (Gyuricza 2014). A telepítési sűrűség mérsékelt éghajlaton 5-10 ezer db/ha, melegebb térségekben 10-20 ezer db/ha. Telepíthetjük 70 cm-es sortávval és 50 cm-es tőtávval, illetve 1x1 méteres kvadrátokba. Az ültetési mélység 10-15 cm (Simon 2017, Orosz 2022). Vetéskor, valamint az első évben száraz időszakban ajánlott öntözni az állományt, ezzel segítve a növekedés megindulását. Ez végezhető lajtoscocsival, vagy egyéb öntözési technológiával (Orosz 2022). Növényvédelme csupán a gyomirtásra korlátozódik, melyet első évben kell elvégezni, ezt követően a záródó növényzet miatt elnyomja a konkurens gyomokat. A nád megeredését követően használhatunk kétszikű gyomok ellen hormonhatású gyomirtót (pl. 2,4-D (diklorofenoxi-ecetsav)). Jelentős kártevők és kórokozók

egyelőre nem ismertek, ezért növényvédőszerrel nem igényel. Nagyfokú rezisztenciát mutat betegségekkel szemben. Elmondható, hogy egyéb szántóföldi kultúrában termesztett növényekkel összehasonlítva kevés növényvédelmet igényel (Simon 2017, Acharya et al. 2018, Orosz 2022).

Betakarítása történhet egy, vagy két menetben, jól gépesíthető. Egy menetben azonnali aprítással és szállítással, két menetben a renden fonnyasztható a növény, majd silózható vagy bálázható. Számolni kell a szár magas nedvességtartalmával, melynek értéke 36-49% őszi betakarításkor (Gyuricza 2014). Takarmánynövényként betakarítva 25-30% az elérhető szárazanyag-tartalom (Orosz 2022). Tömegtakarmány előállítás szempontjából előnyösebb az egy menetben való betakarítás: a hamutartalom így alacsony, a nyersfehérje-tartalma mérsékelt, a cukortartalom elegendő az erjesztéshez. Ekkor a betakarított anyag vizesebb, javasolt szalma aprítékkal, abrakdarával történő keverése. Két menetben való betakarításkor a 35%-os szárazanyag-tartalom könnyebben elérhető (Orosz 2022). Az energetikai iparban egyéves vágásforduló a mérvadó, ekkor termésátlagosa 10-35 t/ha (Gyuricza 2014).

A fajtaválasztást befolyásolja a termesztés célja. Tömegtakarmány előállítási céllal törekedni kell olyan fajta kiválasztására, amely az optimális nedvességtartalmat produkálja 1,5-2 méteres magasságnál (Simon 2017, Orosz 2022).

Felhasználása, termesztési célok

Ipari felhasználása rendkívül sokoldalú. Közvetlenül felhasználható égetéssel történő hőfejlesztésre és áramfejlesztésre, pellet, apríték vagy brikett formájában. Fűtőértéke megközelíti a többi energianövényével ($18,7 \pm 1,2$ MJ/kg). Energetikai célú felhasználás során a korábban említett nagy hamutartalom nem előnyös. Egyéb energianövényekhez mérten, – a kimagaslóan nagy hektárra vetített biomassa-tartalom miatt – több bioetanol állítható elő; 11 ezer l/ha. Biogáz hozama egy hektárra vetítve kedvező. A benne található lignocellulózok segítségével biodízel állítható elő (Simon 2017). Az energetikai felhasználáson kívül az olasz nád jó alapanyag az építőiparban, valamint a bútoriparban; falpanel, forgácslemez, bútortábla készül belőle. Számos egyéb célra is megfelel, – a teljesség igénye nélkül – hangszerek (pl. fuvolák), papíripari hasznosítás, műszaki textíliák, biopolimer, bioolaj, élelmiszeraroma, humuszanyagok létrehozására alkalmas (Alshaal et al. 2013, Simon 2017).

Meleg éghajlatú, déli országokban az olasz nád inváziós fajként számoltartott növény (Cavallaro et al. 2014). Hazánk mérsékelt övében ez nem okoz problémát, ezen a klímán nem hoz termékeny magot (Simon 2017). Mélyre hatoló gyökerével, és a szélsőséges talajviszonyok között is megél és védi a talajt az eróziótól (Visconti et al. 2020). Megköti a szerves anyagokat a talajban, ezzel javítva a talaj minőségét (Simon 2017, Orosz 2022). Az olasz nád alacsony vízellátottság mellett is képes hatékonyan felvenni a rendelkezésre álló vizet. Ez az eredmény azt jelzi, hogy a száraz időszakokban mérsékelt öntözés mellett is termesztendő (Cosentino et al. 2014). A különböző genotípusok eltérhetnek a gyökérszóna vízfelvevő képességében (Zegada-Lizarazu et al. 2017).

Az olasz nád rizómái segítségével egyaránt képes a talajok és a szennyvizek fitoremediációjára. A fitoremediáció növények és a hozzájuk tartozó mikrobák használatát jelenti a talajban, vízben és levegőben. Ezekkel kivonható és stabilizálható több nehézfém, mellyel csökkenthető a kockázata a szennyeződéseknek és megfertőződéseknek (Fernando et al. 2016).

Aszálytűrő képességével, gyors növekedésével, sótűrésével, alacsony input anyag igényével és a széleskörű felhasználási lehetőségekkel egy kiválóan alkalmas növény erre a célra (Di Mola et al. 2018). 2014-ben végeztek vizsgálatokat nehézfémekkel szennyezett talajokon, amelyeken olasz nádát telepítettek. Arra az eredményre jutottak, hogy több csapadék mellett a növények biomasszájában magasabb a nehézfémek – cink és króm – abszorpciója, tehát a megfelelő mennyiségű csapadék elengedhetetlen ezen anyagok fitoextrakciójához. Toxikus nehézfémeket tartalmazó szennyvíziszappal történő kezelés hatására az állomány nehézfém koncentrációja a következő két évben szignifikáns növekedést mutatott, a föld feletti szervekben a toxikus anyagok (kadmium, ólom) nem voltak nagyobb mennyiségben kimutathatók. Kutatások kimutatták, hogy termesztésének hatására növekedett a talajenzimek aktivitása, különös tekintettel a kataláz, dehidrogenáz és ureáz enzimekre. Ezáltal a növény képes a vörös iszap által károsodott talajok javítására (Papazoglou et al. 2004, Fernando et al. 2016).

Takarmány célú felhasználása

Az Állattenyésztési Teljesítményvizsgáló Kft. 2021-ben és 2022-ben kísérleti céllal betakarított olasz nád mintákat közeli infravörös (near infrared, NIR) spektroszkópiával vizsgálta. Ezen eljárás a fény és a minta kölcsönhatásán alapul. A szerkezet által kibocsátott fotonok részben elnyelődnek, részben áthaladnak rajta, a felületéről verődnek vissza, vagy a belső rétegekbe hatolnak, és onnan verődnek vissza. A NIR szempontjából utóbbi releváns. Előnye, hogy gyors, hatékony és nem roncsolja a mintát. Egyaránt alkalmas talajok, állati termékek, takarmányok, bendőtartalom stb. vizsgálatára (Bázár and Romvári 2009).

Az Állattenyésztési Teljesítményvizsgáló Kft. Takarmányanalitikai Laboratóriumának több, mint 10 éves tapasztalata van az közeli infravörös tartományú szinképelemzéssel. Ezeket a vizsgálatokat helyben, a Hollandiában található wageningeni központú Eurofins Agro céggel együttműködésben alapították és működtetik jelenleg is. A takarmánymintákat széles körben vizsgálják, a szilázsoktól, szenázsoktól, a szénaféléken át, egészen a különböző abraktakarmányokig terjed a palettájuk. Az analitika pontosságát a különböző takarmánytípusokra való különböző kalibrációk biztosítják (<https://www.eurofins.com>).

Anyag és módszer

Az eljárás leírása

Az alkalmazott módszerek az alábbi célok megvalósítását szolgálták. Vizsgáltuk a szarvasi olasz nád-ültetvényről származó

- korai időpontban, de 2,5 magasságban betakarított olasz nád minták táplálóanyag-tartalmát és emészthetőségét (2022.06.29.),
- különböző fenológiai jellemzőkkel (fenotípus és fenológiai fázis szerint) rendelkező olasz nád minták táplálóanyag-tartalmát és emészthetőségét (2022.08.08.),
- erjesztés céljából betakarított fiatal hajtás és abból készült szilázs minták táplálóanyag-tartalmát és emészthetőségét (betakarítás: 2022.10.05.), valamint
- üzemi betakarításból származó minták táplálóanyag-tartalmát és emészthetőségét.

Az üzemi tartósításból származó szilázst tenyésznövendékkel etetve vizsgáltuk az étvágyat (2023.06.24. Szarvasi Agrár Zrt.). A növény Szarvason a MATE Szent István Cam-

pus Szarvasi Képzési Hely területén az Arundo Bioenergy Kft. közreműködésével lett telepítve 2018-ban. A laboratóriumi analízisek 2022. és 2023. folyamán történtek, a kísérleti etetésre pedig 2023-ban került sor.

Mintavételezés

Az első vizsgálatok alkalmával a növény kézzel, metszőollóval, megadott magasságban került betakarításra és már a betakarítás napján el lett szállítva a takarmánylaboratóriumba, ahol ágdarálóval megfelelő méretűre lett szecskázva.

Kétféle fenotípust különböztettünk meg az olasz nád esetében ezen a területen: mediterrán és sűrű levélzetű. A mediterrán típus egy nyurgább, vékony szárral rendelkező, hosszú ízközű fenotípus, míg a sűrű levélzetű vastag szárral és rövid ízközökkel rendelkezik.

Három különböző alkalommal történt betakarítás a vizsgálat céljára, majd 2023-ban egy teljesen gépesített betakarítás alkalmával készült az állatoknak szánt takarmány.

A betakarítások időpontjai: 2022.06.29, 2022.08.08., 2022.10.05. és 2023.06.24. 2022-ben az első alkalommal egy magasságban, 250 centiméteresen lett levágva a mediterrán típusú minta. A második mintavételezés alkalmával mindkét fenotípus görcső alá került, a mediterrán típus 180 és 220 centiméteres magasságban, a sűrű levélzetű pedig 180 centiméteresen. 2022. őszén a mediterrán típusú olasz nád 150 centiméteres magasságban került vágásra. Ez utóbbi mintavételből származó zöldtakarmány az aprítás után műanyag vödörökben lett tömörítve és tárolva.

NIR spektroszkópia

A vizsgálat során a mintákat előszárítják 70 °C-os hőmérsékleten. Ezt követi a minták finomra darálása (1 mm), majd boroszilikát üvegebe mérése. Ezeket helyezik a NIR készülékbe, amely elkészíti a színeképet.

A NIR módszer a következő értékeket mérte ezen takarmányminta esetében: szárazanyag (g/kg), nyersfehérje, nyerszsír, nyershamu, cukor, keményítő, hamuval korrigált és amiláz enzimmal előkezelt neutrális detergens rost (aNDF_{om}), savdetergens rost (ADF), savdetergens lignin (ADL), nem rost jellegű szénhidrátok (NFC), oldódó nyersfehérje százalékban és g/kg szárazanyagban kifejezve, nitrát, szerves anyagok emészthetősége (OM_{d48}, %), 48 órás inkubációs idő alatt a bendőben lebontható NDF (dNDF₄₈).

Statisztikai elemzés

Az adatok leíró statisztikai értékeléséhez (átlag, szórás, variációs koefficiens /CV%/) a Microsoft Excel 2019 (Microsoft Corp.) programot használtuk. Az adatok normál eloszlásának vizsgálatát és a különböző paraméterek közötti kapcsolat felmérést (lineáris regresszióanalízis) a GraphPad Prism 9.5.1 (GraphPad Software Inc.) programmal végeztük. A vizsgált paraméterek közötti lineáris kapcsolat ábrázolására a GraphPad InStat 3.05 programot (GraphPad Software Inc.) használtuk.

Az azonos magasságban betakarított, két eltérő fenotípusba tartozó olasz nád, valamint az azonos fenotípusba sorolható, de két eltérő fenológiai fázisban (magasság mellett) betakarított olasz nád esetében mért paraméterek átlagértékeinek összevetése kétmintás t-próba segítségével történt. Amennyiben a szórásérték között az f-próba alapján statisztikailag igazolható eltérés mutatkozott, a kétmintás t-próbát Welch-korrektció mellett végeztük el. A munkához a GraphPad InStat 3.05 programot (GraphPad Software Inc.) használtuk.

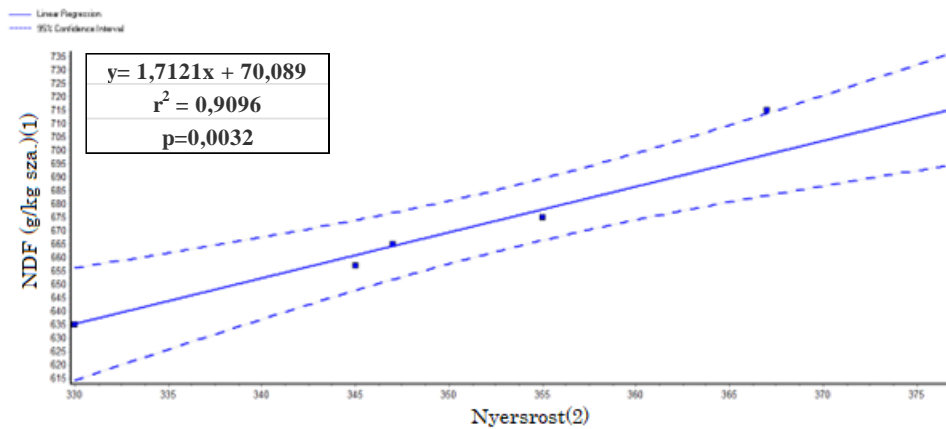
Eredmények

A korai időpontban, 2,5 magasságban betakarított zöld olasz nád minták táplálóanyag-tartalma és emészthetősége (2022.06.29.)

Összefüggés-vizsgálat a minták táplálóanyag-tartalma és emészthetősége között

A vizsgálat során hat minta került elemzésre, melyek közül három esetben volt statisztikailag igazolható lineáris összefüggés a vizsgált paraméterek között.

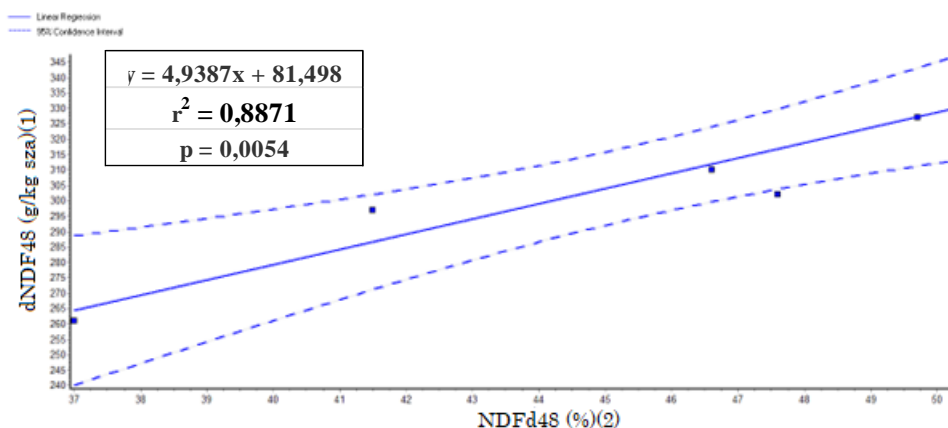
A vizsgált olasz nád minták nyersrost tartalma 330 és 377 g/kg szá. között alakult, 354 g/kg szá. átlagérték mellett. Az 1. ábrán látható az összefüggés az olasz nád minták nyersrost-tartalma és NDF tartalma között. A két változó között igen erős pozitív korreláció mutatkozott ($r = 0,953$), mely statisztikailag igazoltnak bizonyult, $p < 0,01$ szignifikancia-szinten.



1. ábra. Az olasz nád minták nyersrost-tartalma és NDF-tartalma közötti kapcsolat (n=6, 2022.06.29., Szarvas)

Figure 1. Relationship between crude fibre content and NDF content of giant reed samples (n=6, 29.06.2022, Szarvas)
NDF (g/kg DM) (1), crude fibre (2),

Az olasz nád minták %-ban kifejezett bendőbeli NDF lebonthatóságának (NDF_{d48}) és a bendőben lebontható összes NDF tartalmának ($dNDF_{48}$) összefüggése a 2. ábrán látható. Ahogy az ábráról leolvasható, a változók között igen erős pozitív korreláció mutatkozott ($r = 0,9395$). A két változó közötti összefüggés statisztikailag igazoltnak bizonyult, $p < 0,01$ szignifikanciaszinten.

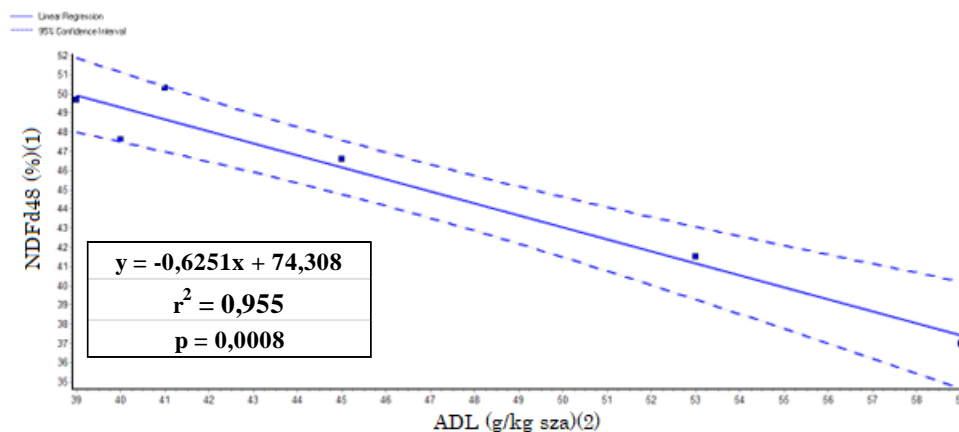


2. ábra. Az olasz nád-minták bendőbeli NDF lebonthatósága (NDF_{d48}) és a bendőben lebontható összes NDF (dNDF₄₈) tartalom közötti kapcsolat (n=6, 2022. 06.29., Szarvas)

Figure 2. Relationship between ruminal NDF degradability (NDF_{d48}) and total ruminal degradable NDF content (dNDF₄₈) of giant reed samples (n=6, 29.06.2022, Szarvas)
dNDF48 (g/kg DM) (1), NDFd48 (%) (2),

A vizsgálatra került olasz nád minták savdetergens lignin (ADL) tartalma 39 és 59 g/kg szá. között változott, 46 g/kg szá. átlagérték mellett.

Az ADL-tartalom és a minták NDF tartalmának %-ban kifejezett bendőbeli lebonthatóságának (NDF_{d48}) értékei közötti korreláció a 3. ábrán látható. Megfigyelhető, hogy igen erős negatív korreláció mutatkozott a változók között ($r = -0,9772$). A két változó közötti összefüggés statisztikailag igazoltnak bizonyult, $p < 0,001$ szignifikanciaszinten.



3. ábra. Az olasz nád minták ADL tartalma és az NDF bendőbeli lebonthatósága (NDF_{d48}) közötti kapcsolat (n=6, 2022. 06.29., Szarvas)

Figure 3. Relationship between ADL content and the ruminal NDF degradability (NDF_{d48}) of giant reed samples (n=6, 29.06.2022, Szarvas)
NDFd48 (%) (1), ADL (g/kg DM) (2),

A különböző fenológiai jellemzőkkel rendelkező zöld olasz nád minták táplálóanyag-tartalma és emészthetősége (2022.08.08.)

Ezen mintavétel alkalmával a növény két különböző magasságban és két különböző fenotípusos változatban került betakarításra.

Az eltérő fenofázisban betakarított zöld olasz nád minták táplálóanyag-tartalma és emészthetősége

Az 1. táblázatban az eltérő fenológiai fázisban (magasságban) betakarított zöld olasz nád mintákból mért, a nedves kémiai vizsgálatok (weendei analízis) során rutinszerűen meghatározásra kerülő táplálóanyagok értékei olvashatók. Statisztikailag igazolható különbség egyik paraméter esetében sem volt kimutatható a különböző fenológiai fázisban betakarított minták esetében.

1. táblázat. Az eltérő fenofázisban betakarított zöld olasz nád minták szárazanyag, nyersfehérje, nyerszsír, nyersrost és nyershamu tartalma (n=3, 2022.08.08., Szarvas)

		Száraz- anyag	Nyers- fehérje	Nyers- zsír	Nyers- rost	Nyers- hamu
		(g/kg)(1)	(g/kg szá.)(2)	(g/kg szá.)(3)	(g/kg szá.)(4)	(g/kg szá.)(5)
220 cm	Átlag (6)	333	57	23	359	87
	Szórás (7)	24,2	16,5	3,6	51,8	6,1
	CV%	7,3	29,0	15,7	14,4	7,0
180 cm	Átlag	338	61	26	323	74
	Szórás	22,6	15,3	4,0	21,9	7,5
	CV%	6,7	25,2	15,3	6,8	10,1

Table 1. Dry matter, crude protein, crude fat, crude fibre and crude ash content of green giant reed samples harvested at different phenophases (n=3, 08.08.2022, Szarvas)

Dry matter (g/kg DM) (1), crude protein (g/kg DM) (2), crude fat (g/kg DM) (3), crude fibre (g/kg DM) (4), crude ash (g/kg DM) (5), mean (6), standard deviation (7)

A 2. táblázatban a 220 és 180 centiméteres magasságban betakarított zöld olasz nád mintákból mért Van Soust-féle rostfrakció értékek, így a neutrális detergens rost (NDF), savdetergens rost (ADF) és savdetergens lignin (ADL) értékei láthatók. Bár a 220 cm-es magasságban betakarított olasz nád esetében 5,7% -kal nagyobb NDF és 5,8% -kal nagyobb ADF-tartalom, valamint 13,6% -kal több ADL volt mérhető, mint az alacsonyabb minták esetében, a különbség egyik esetben sem volt szignifikáns.

2. táblázat. Az eltérő fenofázisban betakarított zöld olasz nád minták NDF, ADF és ADL tartalma (n=3, 2022.08.08., Szarvas)

		NDF (g/kg szá.)(1)	ADF (g/kg szá.)(2)	ADL (g/kg szá.)(3)
220 cm	Átlag (4)	673	400	50
	Szórás (5)	48,6	54,0	7,2
	CV%	7,2	13,5	14,6
180 cm	Átlag	637	378	44
	Szórás	26,4	21,1	1,7
	CV%	4,14	5,57	3,94

Table 2. NDF, ADF and ADL content of green giant reed samples harvested at different phenophases (n=3, 08.08.2022, Szarvas)

NDF (g/kg DM) (1), ADF (g/kg DM) (2), ADL (g/kg DM) (3), mean (4), standard deviation (5)

A különböző fenotípusba tartozó zöld olasz nád minták táplálóanyag-tartalma és emésztetősége

A 3. táblázatban a különböző fenotípusos változatba tartozó zöld olasz nád mintákból a weendei analízis keretében rutinszerűen meghatározott táplálóanyagok értékei tekinthetők meg. Statisztikailag igazolható különbség kizárólag a nyersfehérje esetében volt kimutatható ($p < 0,05$), ahol a sűrű levelű, mediterrán fenotípusba tartozó növény esetében 72,1% -kal nagyobb átlagértéket kaptunk, mint az azonos magasságban vágott másik fenotípusú növényben. Ez utóbbi növény szárazanyag tartalma – azonos napon betakarítva – ugyan 13,8% -kal meghaladta a mediterrán fenotípusba tartozó növény átlagértékét, de a különbség nem bizonyult statisztikailag is igazolhatónak.

3. táblázat. Az eltérő fenotípusba tartozó zöld olasz nád minták szárazanyag, nyersfehérje, nyerszsír, nyersrost és nyershamu tartalma (n=3, 2022.08.08., Szarvas)

		Száraz- anyag (g/kg)(1)	Nyers- fehérje (g/kg sza.)(2)	Nyers- zsír (g/kg sza.)(3)	Nyers- rost (g/kg sza.)(4)	Nyers- hamu (g/kg sza.)(5)
Sűrű levelű (6), 180 cm	Átlag (7)	297	105	30	328	84
	Szórás (8)	4,9	9,0	2,1	25,7	4,9
	CV%	1,7	8,6	7,0	7,8	1,7
180 cm	Átlag	338	61*	26	323	74
	Szórás	24,2	16,5	3,6	51,8	24,2
	CV%	7,3	29,0	15,7	14,4	7,3

A táblázat adott oszlopában *-al jelölt átlagértékek szignifikáns mértékben eltérnek egymástól ($p < 0,05$).

Table 3. Dry matter, crude protein, crude fat, crude fibre and crude ash content of green giant reed samples belonging to different phenotypes (n=3, 08.08.2022, Szarvas)

Dry matter (g/kg DM) (1), crude protein (g/kg DM) (2), crude fat (g/kg DM) (3), crude fibre (g/kg DM) (4), crude ash (g/kg DM) (5), densely leafy (6), mean (7), standard deviation (8)

*The mean values marked with * in the given column of the table are significantly different from each other ($p < 0.05$).*

A zöld olasz nád mintákból meghatározott Van Soest-féle rostfrakció értékekben, így a neutrális detergens rost (NDF), savdetergens rost (ADF) és savdetergens lignin (ADL) tartalmakban megfigyelhető különbségek egyik esetben sem voltak szignifikánsak (4. táblázat).

4. táblázat. Az eltérő fenotípusba tartozó zöld olasz nád minták NDF, ADF és ADL tartalma (n=3, 2022.08.08., Szarvas)

		NDF (g/kg szá.)(1)	ADF (g/kg szá.)(2)	ADL (g/kg szá.)(3)
Sűrű levelű (4), 180 cm	Átlag (5)	629	377	43
	Szórás (6)	12,1	21,2	3,0
	CV%	1,9	5,6	7,0
180 cm	Átlag	637	378	44
	Szórás	26,4	21,1	1,7
	CV%	4,14	5,57	3,94

Table 4. NDF, ADF and ADL content of green giant reed samples belonging to different phenotypes (n=3, 08.08.2022, Szarvas)

NDF (g/kg DM) (1), ADF (g/kg DM) (2), ADL (g/kg DM) (3), densely leafy (4), mean (5), standard deviation (6)

Az erjesztés céljából betakarított fiatal hajtásból készült modellszilázs erjedési paramétere (betakarítás: 2022.10.05.)

A fiatal olasz nád hajtásokból készült modellszilázs erjedési paramétere az 5. táblázatban olvashatók.

5. táblázat. A modellszilázs pH, NH₃, tejsav, ecetsav tartalma és ez utóbbiak aránya (n=1, 2022.10.05., Szarvas)

pH	NH ₃ (g/kg szá.)	Tejsav (g/kg szá.)(1)	Ecetsav (g/kg szá.)(2)	Tejsav/ecetsav (3)
4,5	11	53	9	5,9

Table 5. The pH value, NH₃, lactic acid, acetic acid concentration and the ratio of the latter of the giant reed model silage (n=1, 05.10.2022., Szarvas)

lactic acid (g/kg DM) (1), acetic acid (g/kg DM) (2), ratio of lactic acid to acetic acid (3)

Az eredmények alapján megállapítható, hogy az olasz nád modellméretben jól silózható és kedvező erjedési profilt kaptunk eredményként.

Az üzemi betakarításból származó olasz nád szilázs-minták táplálóanyag-tartalma és emészthetősége

Az egy menetes üzemi betakarításra 2023.06.24-én került sor. Ezen alkalommal egy John Deere önjáró járvaszecskázó takarította be a növényt, sorfüggetlen adapterrel. A tervezett szecskaméret 2 centiméteres volt, a járvaszecskázó gond nélkül takarította be a növényt. Az átlagos növény magasság 2,0-2,2 méter volt, 20 centiméteres tarlómagassággal. Üzemi körülmények között a hozam hektáronként 15 tonna szecska lett.

A szecskázott anyag hagyományos taposással, falközi silóba, fóliatakarással lett a depóba helyezve. Csigas típusú hurkatöltővel nem sikerült fóliatömlőbe tölteni az anyagot. 2023.08.08 és 11.-e között került sor a siló megbontására és a szűz üszőkkel történő kísérleti etetésre.

A 6. táblázatban az olasz nád szilázs-minták táplálóanyag értékei láthatóak.

6. táblázat: Az üzemi olasznádszilázs-minták szárazanyag, nyersfehérje, nyerszsír, nyersrost, nyershamu és cukor tartalma (n=3, 2023.08.08., Szarvas)

	Száraz- anyag	Nyersfe- hérje	Nyerszsír	Nyersrost	Nyershamu	Cukor
	(g/kg)(1)	(g/kg sza.)(2)	(g/kg sza.)(3)	(g/kg sza.)(4)	(g/kg sza.)(5)	(g/kg sza.)(6)
Átlag (7)	223	91	22	403	106	12
Szórás (8)	2,0	0,0	1,2	5,5	7,2	0,0
CV%	0,9	0,0	5,3	1,4	6,8	0,0

Table 6. Dry matter, crude protein, crude fat, crude fibre, crude ash and sugar content of giant reed silage samples (n=3, 08.08.2023, Szarvas)

Dry matter (g/kg) (1), crude protein (g/kg DM) (2), crude fat (g/kg DM) (3), crude fibre (g/kg DM) (4), crude ash (g/kg DM) (5), sugar (g/kg DM) (6), mean (7), standard deviation (8)

Az olasznádszilázs-minták emészthetőségének értékeit és erjedési paramétereit a 7. és 8. táblázat tartalmazza.

7. táblázat. Az üzemi olasznádszilázs-minták NDF, ADF, ADL, OMd, NDF₄₈ és dNDF₄₈ értékei (n=3, 2023.08.08., Szarvas)

	NDF	ADF	ADL	OMd	NDF ₄₈	dNDF ₄₈
	(g/kg sza.)(1)	(g/kg sza.)(2)	(g/kg sza.)(3)	(%)(4)	(%)(5)	(g/kg sza.)(6)
Átlag (7)	687	440	54	60	45	308
Szórás (8)	5,1	4,4	1,0	0,8	1,3	11,3
CV%	0,7	1,0	1,9	1,3	2,9	3,7

Table 7. NDF, ADF, ADL content and OMd, NDF₄₈ and dNDF₄₈ values of giant reed silage samples (n=3, 08.08.2023, Szarvas)

NDF (g/kg DM) (1), ADF (g/kg DM) (2), ADL (g/kg DM) (3), OMd (%) (4), NDF₄₈ (%) (5), dNDF₄₈ (g/kg DM) (6), mean (7), standard deviation (8)

8. táblázat. Az üzemi olasznádszilázs-minták erjedési jellemzői (n=3, 2023.08.08., Szarvas)

	pH	Tejsav	Ecetsav	Tejsav/ecetsav (3)
		(g/kg sza.)(1)	(g/kg sza.)(2)	
Átlag (4)	4,63	45	25	1,8
Szórás (5)	0,1	7,0	1,2	0,4
CV%	1,2	15,5	4,6	19,6

Table 8. Fermentation characteristics of the giant reed silage samples (n=3, 08.08.2023., Szarvas) *lactic acid (g/kg DM) (1), acetic acid (g/kg DM) (2), ratio of lactic acid to acetic acid (3), mean (4), standard deviation (5)*

Az üzemi betakarításból (2023.06.24.) és tartósításból származó olasznádszilázs tenyésznövendékekkel való próbaetetése (Szarvasi Agrár Zrt.).

Az olasz nád-szilázs szűz üszőkkel való etetésére 2023.08.08 és 11.-e között került sor. A telepen ezen időszakban az állatok által fogyasztott TMR összetétele 3 kg/nap/üsző tritikálészilázs, 5 kg/nap/üsző kukoricaszilázs, 4 kg/nap/üsző nedves CGF, 3 kg/nap/üsző réti széna és 2 kg/nap/üsző abrakkeverék volt. Ebben a keverékben a tritikálészilázs helyére került 5 kg/nap/üsző mennyiségben az olasznádszilázs. A próbaetetés alkalmával azt a megállapítást tettük, hogy a 114 növendék üsző a vizsgálat során (4 nap) szívesen fogyasztotta az 5 kg/nap mennyiségben bekevert olasznádszilázst. Megfigyelésünk szerint az állatok a TMR-ből nem válogatták ki és nem hagyták ott az olasznádszilázst.

Értékelés és következtetések

A korai időpontban, 2,5 magasságban betakarított zöld olasz nád mintákból mért adatok között talált összefüggés alapján kijelenthető, hogy annak ellenére, hogy a weende-i analízis keretében a nyersrost-tartalom meghatározása viszonylag elavult módszernek tekinthető, de helyettesítheti az NDF-mérést limitált laboratóriumi körülmények esetében (1. ábra).

A kapott eredmények közötti összefüggés alapján azt a következtetést is levonhatjuk, hogy az olasz nád minták klasszikus tendenciát követtek abból a szempontból is, hogy a növekvő lignintartalom a sejtfalhasadás következtében csökkenő rostemészthetőséget vont maga után. Az NDF_{d48}-érték hiányában az ADL-tartalom növekedése egyben a rost emészthetőségének csökkenését jelzi (indikátor paraméter) és az egyenlet alapján kalkulálható a vizsgált ADL-tartományban (3. ábra).

Az eltérő fenológiai fázisban betakarított növényekből vett minták eredményei alapján megállapítható, hogy a 180 cm-es magasságban, fiatalabban betakarított olasz nád-minták táplálóanyag-tartalma, emészthetősége, valamint táplálóértéke tendenciaszerűen kedvezőbbnek bizonyult, így célszerű a 180 cm-t meghaladó betakarítást kerülni. Hozzá kell tenni azonban, hogy a mintaszám növelésével további vizsgálatokra lenne szükség az eltérések statisztikai igazolására.

A hazai eredményeket összevetettük Nunes et al. 2022-es, valamint Maduro Dias et al. 2023-as eredményeivel. Mivel ezen vizsgálatok esetében a fenológiai fázis nem lett megjelölve és a tápanyagpótlás mértéke sem ismert, továbbá az Azori-szigetek klímája is eltér a magyarországi viszonyoktól, ezért részleteiben nem összevethetőek az adatsorok. Az azonban megállapítható, hogy az Azori-szigeteken termesztett olasz nád minták alacsonyabb szárazanyag-tartalom mellett lettek betakarítva nagyobb nyersfehérje-tartalommal (szárazanyag: 244 g/kg és 236 g/kg; nyersfehérje 169 g/kg szá. és 157 g/kg szá.). A Nunes et al. által mért (2022) OMD érték hasonló (59,62%) volt a 180 cm magasságban betakarított hazai olasz nád értékéhez.

Összevetve a 2022-ben és a 2023-ban vett olasz nád-minták szárazanyag-tartalmát, jelentős különbség látható (2022.08.08.: 297-338 g/kg; 2023.08.08.: 223 g/kg szá.). Annak ellenére, hogy statisztikai elemzés nem végezhető, feltételezzük, hogy az olasz nádnek nem jellemzője a 300 g/kg értéket meghaladó szárazanyag-tartalom 180-220 cm-es magasságban augusztus folyamán, hanem ez az emelkedett érték évjáráthatás. Tekintettel arra, hogy a 2022-es nyár extrém aszályos és hőstresszes volt (nyári országos átlag: 134 mm, forrás: [https 2](https://www.hvg.hu/2022/08/08/nyari_orzagos_atlag_134_mm)) hazánkban, míg a 2023-as év nyara csapadékosabb volt (nyári országos átlag: 220,7 mm, forrás: [https 3](https://www.hvg.hu/2023/08/08/nyari_orzagos_atlag_220_7_mm)). Összevetve az Azori-szigeteken (nyári országos átlag:

115 mm, forrás: <https> 4) folytatott vizsgálatok eredményeivel (Nunes et al. 2022, Dias et al. 2023) megállapítható, hogy hasonló szárazanyag-tartalom értékeket kaptak, mint a hazai 2023-as szárazanyag-értékek.

Összességében megállapítható, hogy az olasz nád mind zölden, mind silózva táplálóanyag-tartalmában, emészthetőségében egy gyenge minőségű, extenzív réti szénához (pl. ősgyep) vagy egy gyenge minőségű, extenzív fűszilázshoz hasonló értéket képvisel. A modell- és az üzemi kísérlet eredményei alapján az olasz nád járvaszecskaóval betakarítható, erjeszthető és a szűz üszők szívesen fogyasztották 5 kg/nap mennyiségben a TMR-be keverve. További vizsgálatok szükségesek azonban annak megállapítására, hogy hogyan hat az állati termelésre.

Mindezen megállapítások alapján kijelenthető, hogy az olasz nád potenciálisan kiegészítheti a hazai takarmánybázist, mint erjesztett tömegtakarmány. Értékei növényeknek, húsmarháknak optimálisak lehetnek, hazánk pedig alkalmas a termesztésére. Azonban kiemelő, hogy mivel a jelen kutatás nagy része egy extrém aszályos és hőstresszes évben (2022) zajlott, ez az adat torzíthatja az olasz nád alapvető tulajdonságait, mint például a nitrát-tartalom. Ezen okból, illetve az alacsony mintaszám miatt a növény további vizsgálatait indokoltak.

Köszönetnyilvánítás

A munkát az Állattenyésztési Szakkollégium hallgatóinak tudásának fejlesztése a modernizáció irányába c. NTP-SZKOLL-23-0034 számú pályázat támogatta.

Irodalomjegyzék









- Acharya, M., Burner, D.M., Ashworth, A.J., Fritsch, F.B. & Adams, T.C. (2018) Growth rates of giant miscanthus (*Miscanthus × giganteus*) and giant reed (*Arundo donax*) in a low-input system in Arkansas, USA. *American Journal of Plant Sciences*, 9, 2371–2384. <https://doi.org/10.4236/ajps.2018.912172>
- Alshaal, T., Domokos-Szabolcsy, É., Márton, L., Czakó, M., Kátai, J., Balogh, P., Elhawati, N., El-Ramady, H., Gerócs, A., Fári, M. (2013): Restoring soil ecosystems and biomass production of *Arundo donax* L. under microbial communities-depleted soil, *BioEnergy Research*, 7, 268–278. <https://doi.org/10.1007/s12155-013-9369-5>
- Bázár, Gy. Romvári, R. (2009): A közeli infravörös (NIR) spektroszkópia lehetőségei az állattermék előállítás folyamatában. *Állattenyésztés és takarmányozás*, 58(3), 265–280.
- Cavallaro, V., Patané, C., Cosentino, S.L., Di Silvestro, I., Copani, V. (2014): Optimizing in vitro large scale production of giant reed (*Arundo donax* L.) by liquid medium culture. *Biomass and Bioenergy*, 69, 21–27. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.07.004>
- Ceotto, E., Castelli, F., Moschella, A., Diozzi, M., Di Candilo, M. (2015): Cattle slurry fertilization to giant reed (*Arundo donax* L.): biomass yield and nitrogen use efficiency. *BioEnergy Research*, 8, 1252–1262. <https://doi.org/10.1007/s12155-015-9577-2>
- Cosentino, S.L., Scordia, D., Sanzone, E., Testa, G., Copani, V. (2014): Response of giant reed (*Arundo donax* L.) to nitrogen fertilization and soil water availability in semi-arid Mediterranean environment. *European Journal of Agronomy*, 60, 22–32. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2014.07.003>

- Di Mola, I., Guida, G., Mistretta, C., Giorio, P., Albrizio, R., Visconti, D., Fagnano, M., Mori, M. (2018): Agronomic and physiological response of giant reed (*Arundo donax* L.) to soil salinity. *Italian Journal of Agronomy*, 13, 31–39. <https://doi.org/10.4081/ija.2018.995>
- Fernando, A.L., Barbosa, B., Costa, J., Papazoglou, E.G. (2016): Giant reed (*Arundo donax* L.): A multipurpose crop bridging phytoremediation with sustainable bioeconomy. *Bioremediation and Bioeconomy*, 77–95. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802830-8.00004-6>
- Gyuricza, Cs. (2014): *Energianövények, biomassza termelés és felhasználás*. Szent István Egyetem, Gödöllő, 143 p.
- https 1: NIR takarmányanalitika. <https://www.atkft.hu/szolgáltatasaink/> (2023. július)
- https 2: 2022 nyarának időjárása. https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evszakok_idojarasa/main.php?no=5&ful=4, (2024. április)
- https 3: 2023 nyarának időjárása. https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evszakok_idojarasa/main.php?no=1&ful=4 (2024. április)
- https 4: Climate – Azores, <https://www.climatestotravel.com/climate/azores> (2024. április)
- Maduro Dias, C. S. A. M., Nunes, H., Vouzela, C., Madruga, J., Borba, A. (2023): In vitro rumen fermentation kinetics determination and nutritional evaluation of several non-conventional plants with potential for ruminant feeding. *Fermentation*, 9, 416. <https://doi.org/10.3390/fermentation9050416>
- Nunes, H.P.B., Teixeira, S., Maduro Dias, C.S.A.M., Borba, A.E.S. (2022): Alternative Forages as Roughage for Ruminant: Nutritional Characteristics and Digestibility of Six Exotic Plants in Azores Archipelago. *Animals*, 12, 3587. <https://doi.org/10.3390/ani12243587>
- Orosz, Sz. (2022): *Arundo: egy évelő nád, ami túri a szárazságot - alternatív növedéktakarmány*. Partnertájékoztató Hírlevél, Állattenyésztési Teljesítményvizsgáló Kft., XXII. 7., 20–28
- Papazoglou, E.G., Karantounias, G.A, Vemmos, S.N., Bouranis, D.L. (2004): Photosynthesis and growth responses of giant reed (*Arundo donax* L.) to the heavy metals Cd and Ni. *Environment International*, 31(2), 243–249. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2004.09.022>
- Simon, L. (2017): *Az olasz nád (Arundo donax L.) termesztése és hasznosítása*. Szemle, Nyíregyházi Egyetem Műszaki és Agrártudományi Intézet, Nyíregyháza, 20 p.
- Visconti, D., Fiorentino, N., Cozzolino, E., di Mola, I., Ottaiano, L., Mori, M., Cenvinzo, V., Fagnano, M. (2020): Use of giant reed (*Arundo donax* L.) to control soil erosion and improve soil quality in a marginal degraded area, *Italian Journal of Agronomy*, 15, 1764, 332–338. <https://doi.org/10.4081/ija.2020.1764>
- Zegada-Lizarazu, W., Della Rocca, G., Centritto, M., Parenti, A., Monti, A. (2017): Giant reed genotypes from temperate and arid environments show different response mechanisms to drought, *Physiologia Plantarum*, 163, 490–501. <https://doi.org/10.1111/ppl.12701>

A műre a Creative Commons4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik: CC-BY-NC-ND-4.0.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.



A gyapotmag mint potenciális új fehérjeforrás – Magyarországi tapasztalatok

Halász András¹  , Csízi István² , Varga Krisztina² , Bojté Csilla² ,
Bodnár Ákos¹ , Egerszegi István¹ , Kern László³, Máthé László⁴ 

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Állattenyésztési Tudományok Intézet, Állattenyésztés technológia és Állatjóléti Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter Károly u.1.

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Karcagi Kutatóintézet, Juhászati és Gyepgazdálkodási Kutatások Osztály, 5300 Karcag Kisújszállási út 166.

³Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Állattenyésztési Tudományok Intézet, Precíziós Állattenyésztési és Állattenyésztési Biotechnika Tanszék, 7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

⁴Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Biztonságkutató Központ, Trópusi-Szubtrópusi Fejlesztési Divízió, 2100 Gödöllő, Páter Károly. u. 1.









Received/Érkezett: 06. 11. 2024.

Accepted/Elfogadva: 05. 12. 2024.

Összefoglalás: Gyapotgenotípusok termeléstehnológiai tesztelését végezték el 2024-ben a MATE Karcagi Kutatóintézetben. Az utolsónak kiadott, 1951-es, minisztériumi agrotechnikai útmutatót hasonlították össze az aktuális termesztési lehetőségekkel. A laboreredmények alátámasztották, hogy a gyapottermesztés melléktermékének tartott magtermés kimagasló nyersfehérje tartalmú. Az irodalmak alapján a gyapotmaggal kiegészített kukorica szilázs etetése igazoltan kevesebb kiürülő rostot eredményez a tejelő tehének takarmányozása során. Az extrahált gyapotmag 43% nyersfehérjét tartalmaz, ezért megfontolásra érdemes szója-helyettesítő lehet. Aminosav összetétele alapján elsősorban kérődzők számára lehet receptúra alkotó. Tapasztalataik alapján, a korai érésű, alacsonyabb szármagasságú genotípusokat célszerű hazai viszonyok között termesztésbe vonni.

Kulcsszavak: gyapotmag, érési idő, szármagasság, nyersfehérje

Cottonseed as protein source - Hungarian case study

András Halász¹  , István Csízi² , Krisztina Varga² , Csilla Bojté² ,
Ákos Bodnár¹ , István Egerszegi¹ , László Kern³, László Máthé⁴ 

¹*Hungarian University of Agriculture and Life Science, Institute of Animal Sciences, Department of Animal Husbandry and Animal Welfare, 2100 Gödöllő, Páter Károly 1.*

²*Hungarian University of Agriculture and Life Science, Research Institute of Karcag, Department of Sheep Husbandry and Grassland Management, 5300 Karcag Kisújszállási 166.*

³*Hungarian University of Agriculture and Life Science, Institute of Animal Sciences, Department of Precision Livestock Farming and Animal Biotechnics, 7400 Kaposvár, Guba Sándor 40.*

⁴*Hungarian University of Agriculture and Life Science, Szent Istvan Security Research Center, Tropical and Subtropical Development Division, 2100 Gödöllő, Páter Károly 1.*

Abstract: Cotton genotypes were tested for production technology in 2024 at the MATE Research Institute in Karcag. We compared the latest agrotechnical guidelines of the Ministry of Agriculture and Forestry from 1951 with the current cultivation possibilities. The laboratory results confirmed that the seed crop, considered as a by-product of cotton production, has an excellent crude protein content. Maize silage with cottonseed supplementation has result resulted in less shed fibre. Extracted cottonseed contains 43% crude protein and maybe a soy substitute worth considering. Its amino acid composition makes it an optimal formulation for ruminants in particular. Based on our experience, early maturing genotypes with lower stalk height should be cultivated under domestic conditions.

Key words: cottonseed, ripening period, stem height, crude protein

Bevezetés

A gyapotmagot, mint a gyapottermesztés legfontosabb melléktermékét évezredek óta használják kérődzők takarmányaként (Blauwickel et al., 1997; Nofstger et al., 2000). Napjainkban a *magmirigy*ekben található mérgező terpenoid, a gosszipol mennyiségének géntechnológiával történő csökkentése után, monogasztrikus állatok takarmányaként és emberi fogyasztásra is alkalmas (Keerti et al., 2020). Figyelembe véve, hogy bolygónkon napjainkban kb. 4 millió hektáron természetesen gyapotot, igen jelentős potenciális táplálékforrásként tekinthetünk rá. A *gyapottok* tömegének 65 százalékát a magok teszik ki, így fontos ezen nyersanyagforrás hasznosítása (Ruziev, 2023).

A gyapot a trópusi géncentrumából fokozatosan terjedt a mérsékeltébb klímájú termőterületekre. A Kárpát-medencéhez legközelebb Görögországban és Törökországban természetesen nagyobb területen. Magyarországon több hullámban indult el a termesztése. A legnagyobb vetésterületet 1950-ben érte el, 6100 hektárt. Alátámasztja a növény melegigényét, hogy míg ekkor az országos termésátlag 56 kg/ha volt, addig Csongrád megyében ennek tízszerese, 510 kg/ha (Rotchnek, 2016). 1953-tól állami utasításra csökkentették, majd megszüntették termesztését hazánkban.

Hazánkban a *gyapotmag* importja az azóta eltelt évtizedekben is zajlott. Beltartalmi értékei miatt, figyelembe véve a gosszipol tartalom kockázatát, elsősorban kifejlett kérődzők abraktakarmány keverékének összetevőjeként használható fel. Lizinben szegény, közepesen emészthető fehérjét tartalmaz (Mézes, 2018). Barabás (1969) kifejti, hogy ha 1 kg/nap adagnál többet eszik a tehén, a tej mellékízét kaphat, de javasolja pörköléssel közbősíteni a gosszipol tartalmat.

A *gyapottokból* a mag héjasan, szőszösen (*magpihe*) kerül ki a *vattacsomó*ból. Takarmányozási szempontból lényeges különbség, hogy milyen feldolgozottsági szinten alkalmazzák a gyapotmagot takarmányforrásként. Barabás (1969) a kezeletlen, szőszös, héjas gyapotmag nyersfehérje tartalmát 17-23% között mérte. Farkas (1976) szerint a gyapotmag nyersfehérje tartalma szősztelenítés nélkül, héjasan 19%, szősztelenítve, héjasan 26%, míg szősztelenítve és héjtalanítva 43%. Schmidt (1993) az extrahált gyapotmag nyersfehérje tartalmát 42,9% -ban, emésztési együtthatóját 84% -ban állapította meg.

Konkrét hazai takarmányozási kísérletként Pordánné Katona (1997) vajhádi tehenészeti telepen végzett vizsgálatai figyelemreméltók, aki 100-100, azonos laktációjú holstein-fríz tehénnel beállított kutatómunkája során, 2 kg/nap gyapotmaggal egészítette ki a kísérletbe vont 100 tehén takarmányadagját, a kukoricaszilázs mellett. Bélsár analízis során megállapította, hogy a konzisztencia azonos volt a kísérleti s a kontroll csoport egyedeinél, a gyapotmag olajtartalma ellenére is. A gyapotmagot fogyasztó állatok bélsárának szárazanyag és rosttartalma viszont igazoltan alacsonyabb értékű volt, mint a kontroll csoporté.

A MATE Karcagi Kutatóintézetében 2024 tavaszán kezdtük két gyapot genotípus adaptációs tesztelését. Kutatási célkitűzésünk az eddigi termesztéstechnológiai tapasztalataink, morfológiai és beltartalmi adatok összehasonlítása az akkori Földművelésügyi Minisztérium által kiadott 1951. évi útmutatással.

Anyag és módszer

A tápiószelei génbankból kapott gyapotgenotípusok (RCAT04006, RCAT04007), napjaink klimatikus viszonyai közé adaptált, termesztés technológiájának tesztelését kezdtük el 2024-ben, a MATE Karcagi Kutatóintézetben egy 12 m² alapterületű üvegházban. Napjaink kései kitavaszkodását figyelembe véve palántanevelést alkalmaztunk, az őszi hűvös éjszakák miatt szeptember második felétől, mobil polikarbonát üvegházat helyeztünk rá, illetve fólia sátrat feszítettünk ki az ültetvény fölé.

A folyamatosan beérő tokterméseket genotípusonként külön leszedtük és a szükséges magmennyiséget kibontva a vattacsomóból, de héjazatlanul és szöszösen lemértük a beltartalmi mutatókat TANGO-NIR készülék segítségével. Genotípusonként 10-10 növényen megszámoltuk a képződött tokok számát, illetve tokonként a bennük található magok számát. Genotípusonként 10-10 növény magasságát átlagoltuk, mivel a megdőlés veszélye miatt, lényeges morfológiai elemnek kell tekintenünk a gyapotnövény magasságát.

A gyapotvetőmagot héjasan és szöszösen kaptuk a génbankból. Az FM 1951. évi agrotechnikai útmutatásával ellentétben, szükségtelenül fülleszteni. Azonnal el lehet vetni palántaföldbe. Tűzdelést nem alkalmaztunk, mivel palántanevelő cserepekbe direkt vetettünk. Helyrevetést a tenyészidőszak hosszának biztosítása miatt, a kísérlet első évében nem alkalmaztunk. Magvetési idő palántanevelésre március 14. volt 2024-ben, a kísérletünkben. Az 50-es években helyrevetést alkalmazva, április 20-30. között ajánlották. De az utóbbi évek kései kitavaszkodása miatt ezt nem mertük kockáztatni, ami utólag helyes döntésnek bizonyult.

Kikelési idő viszonylag gyors és erőteljes, nálunk 7-9 napra történt. 2024-ben 85% -s volt a kelési arány, figyelembe véve, hogy többéves magot sikerült csak szerezni. A kiültethető, életerős palánták aránya 71% lett, 100 db vetőmagból számítva. Palántadőlés ellen preventív védekeztünk réztartalmú szerrel, bár tüneteket nem tapasztaltunk.

A kiültetési idő május 15-én történt. Talajfertőtlenítőszerrel és érett istállótrágyát kevertünk a palánták tápkockáit övező talajba. A palánták tövét búzaszalmával mulcsoztuk, mivel a gyapot gyökere a talaj levegőtleniségére érzékeny, de ugyanakkor nagy vízigényű kultúra. Az ültetvény talaja agyagos vályog volt, ez állt rendelkezésre. Lazább szerkezetű talajféleség kedvezőbb lehetett volna, a szakirodalom egyöntetű ajánlása szerint. 70 x 70 cm sor és tőtávolságra ültettünk, a fent említett FM kiadványt alapul véve. Ennyi tenyészterület elegendőnek bizonyult, de a tokok tömege és a növénymagasság miatti megdőlés miatt, az ültetvény egy része nehezen járható volt. Gyengébb tápanyag ellátottságú talajon, a prognosztizálhatóan alacsonyabb szármagasság miatt nem lépett volna fel ilyen probléma.

Hetente kétszer öntöztük az állományt kisebb vízádagokkal (5 l/növény), a reggeli időszakban, hogy kevesebb stressz érje a hideg kútvíztől a gyapotnövényeket. Növényvédelem tekintetében csak levéltetvek és takácsatkák ellen kellett védekezni, rövid hatástartalmú szerrel, összesen 4 alkalommal. Gyapottok bagolylepke hernyójának a kártételét vártuk, de a kártévő nem jelent meg. Mindig hajnalban permeteztünk, a beporzó rovarok védelme érdekében, mivel a virágzás folyamatos volt. A virágok színe mindkét genotípusnál a csontfehérből lilásba váltott a virágzás folyamán. A tokok szedését folyamatosan végeztük szeptember elejétől.

Eredmények és értékelésük

A gyapot tesztelési eredményeinket elsősorban a gyakorlat számára szándékozunk szolgáltatni, saját termelési tapasztalatainkat megosztva.

Az RCAT04007 genotípus két héttel hamarabb produkált érett tokokat, augusztus 26-tól már szedhetők voltak a kinyílt fehér vattacsomójú tokok. Az RCAT04006 genotípusnál átlagosan 11 toktermés fejlődött, tokonként átlagosan 22 maggal. Az RCAT04007 genotípusnál átlagosan 15 toktermés fejlődött, tokonként átlagosan 24 maggal. A magok mérete azonos volt mindkét genotípusnál.

A két gyapotgenotípus növénymagasság tekintetében is eltért egymástól. Az RCAT04007 típus átlagmagassága 101 cm, az RCAT04006 típusé 122 cm. Az utóbbiból több egyed megdőlt.

A TANGO-NIR készülékkel végzett beltartalmi vizsgálat az RCAT04006 genotípus magjának nyersfehérje tartalmát 48,9% -ban, a nyersrost tartalmát 16,8% -ban, a nyerszsír tartalmát 0,9% -ban állapította meg. Az RCAT04007 genotípus esetén a nyersfehérje tartalom 50,3%, a nyersrosttartalom 19,1%, a nyerszsír tartalom 1,7%. Figyelemreméltó, hogy a közölt beltartalmi paraméterek a korábbi érésű, megdőlésre kevésbé hajlamos RCAT04007 genotípus esetén voltak magasabbak (1. táblázat).

1. Táblázat. Tápiószelei gyapotgenotípusok beltartalmi, magassági és magszám összehasonlítása

Tulajdonság(1)	RCAT04006	RCAT04007
Tisztított mag(2)		
Nyersfehérje (%) (3)	48,9	50,3
Nyersrost (%) (4)	16,8	19,1
Nyerszsír (%) (5)	0,9	1,7
Növény(6)		
Átlagmagasság (cm) (7)	122	101
Tokonkénti magszám (db) (8)	22	24

Table 1. Comparison of two Tapioszele cotton varieties - nutritional composition, stalk height and seed count

parameter (1), delinted cotton seed (2), crude protein (3), fibre (4), fat (5), cotton plant (6), average stalk height (7), seed count in boll (pc) (8)

Gyapottermesztésünk első éve alapján, egyértelműen az alacsonyabb szármagasságú, és korábbi érésű gyapotgenotípusokat célszerű előnybe részesíteni termesztési elképzelés esetén.

Két gyapotgenotípus termelési tesztelése során megállapítottuk, hogy a korábbi szedési ideje, alacsonyabb szármagassága, nagyobb tokszám, nagyobb tokonkénti magszáma, valamint magtermésének kedvezőbb beltartalmi értéke miatt termesztési célra az RCAT04007 javasolt.

Az általunk tesztelt gyapotgenotípusok esetén magasabb nyersfehérje tartalmat állapítottunk meg (49-50%), mint a szakirodalomban közölt érték, ami 43% körüli (Farkas, 1976; Schmidt, 1993). Ennek magyarázatát a jó táperőben lévő talajban s a rendszeres öntözésben látjuk. Üzemi körülmények között az irodalomban közölt értékek lesznek prognosztizálhatóak.

Piaci igény esetén, a gyapot mint hazai növénytermesztési skálát bővítő növény szerepéhez juthat a klímaváltozás miatt útját kereső agráriumunkban. Melléktermékként szereplő magjának kimagasló fehérjetartalma révén szerepet kaphat gazdasági állataink fehérjeigényének ellátásában.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönettel tartoznak a TANGO-NIR készülék használatáért a Flextralab cég kutatás-fejlesztésért elkötelezett munkatársainak. Köszönet illeti Rácz-Németh Ibolya asszisztentst a gyapotültetvény lelkiismeretes gondozásáért.

Irodalomjegyzék

- Barabás E. (1969): Takarmányozás. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 97.
- Blauwickel R., Xu S., Harrison J.H., Loney K.A., Riley R.E., Calhoun M.C. (1997): Effect of whole cottonseed, gossypol, and ruminally protected lysine supplementation on milk yield and composition. *Journal of Dairy Science*. 80(7), 1358–1365. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76064-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76064-8)
- Farkas J. (1976): Keveréktakarmányok előállítása és felhasználása a nagyüzemekben. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 59.
- Földművelésügyi Minisztérium (1951): Az öntözetlen gyapottermelés agrotechnikai szabályai az 1951. évre. Mezőgazdasági Kiadó. 3–20.
- Keerti S.R., Pandeya D., Campbell L.M., Wedegaertner T.C., Puckhaber L., Stipanovic R.D., Thenell J.S., Hague S., Hake K. (2020): Ultra-low gossypol cottonseed: selective gene silencing opens up a vast resource of plant-based protein to improve human nutrition. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 39(1), 1–29. <https://doi.org/10.1080/07352689.2020.1724433>
- Mézes M. (2018). Alternative protein sources in the nutrition of farm animals. *Acta Agraria Debreceniensis*, 150, 21–31. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/150/1699>
- Nofstger S.M., Hopkins B.A., Diaz D.E., Brownie C., Whitlow L.W. (2000): Effect of Whole and Expanded-Expelled Cottonseed on Milk Yield and Blood Gossypol. *Journal of Dairy Science* 83. 2539–2547. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75146-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75146-0)
- Pordánné Katona Cs. (1997): A gyapotmag takarmányozása tejtermelő tehenekkel. Szakdolgozat. Debrecen. 18–22.
- Rotchnek J. (1916): Gyapottermelés Magyarországon. *Természettudományi Közlemények* 1916. 603–607.
- Ruziev A. (2023): Technological clearances in machines for mechanical processing of cotton seeds. *Web of Conferences*. 383, 04062. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338304062>
- Schmidt J. (1993): Takarmányozástan. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 216.

A műre a Creative Commons4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik: CC-BY-NC-ND-4.0.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.



A generációs intervallum, a beltenyésztettség és a pedigrelteljesség vizsgálata a hazai haflingi lóállományban

Gaál Zsófia Eszter , Posta János 

Debreceni Egyetem, Állattudományi, Biotechnológiai és Természetvédelmi Intézet, Állattenyésztési Tanszék, 4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

*Received/Érkezett: 05. 11. 2024.
Accepted/Elfogadva: 09. 12. 2024.*

Összefoglalás: Egy adott populáción belül a genetikai variabilitásnak és a génáramlásnak megbecsülése nélkülözhetetlen a már meglévő genetikai állományhoz tartozó szelekciós program kidolgozása előtt. Vizsgálatunkban a hazai haflingi állományt – a 2023. évvel bezárólag Magyarországra importált, majd tenyésztőszervezeti nyilvántartásba vett egyedek, illetve azok tenyészállattá minősített leszármazottai – a pedigrelteljesség, a generációs intervallum, a genetikai variabilitás, a legmeghatározóbb egyedek hozzájárulásának mértéke, az átlagos rokonsági fok, valamint a beltenyésztettség értékelésével jellemeztük. A származási adatokat a Póni és Kislótenyésztők Országos Egyesülete bocsátotta rendelkezésünkre. A származási adatokat az Endog és GRain szoftverekkel értékeltük. A referencia állományban a maximálisan ismert nemzedékek száma meghaladta a 26 generációt. A leghosszabb generációs intervallumot 9,09 év a tenyészkanca - kancacsikó leszármazási úton tapasztaltuk. A teljes állomány átlagos rokonsági fok értéke 11,57%, míg a referencia populációban 14,33%. A 2023-ban aktív haflingi állomány beltenyésztettségének az értéke 9,56%.

Kulcsszavak: generációs intervallum, beltenyésztettség, pedigrelteljesség

Evaluation of the pedigree data of the Hungarian Haflinger population

Zsófia Eszter Gaál , János Posta 

University of Debrecen, Institute of Animal Science, Biotechnology and Nature Conservation Department of Animal Husbandry, 138. Böszörményi str, H-4032 Debrecen

Abstract: Estimating genetic variability and gene flow within a given population is essential before developing the selection program of the breed. Factors which might have a significant impact on the population structure and demographic composition could be revealed in this way. In our study, the local Haflinger population – individuals imported to Hungary up to 2023 and registered at the breeding organization, as well as their offspring that were classified as breeding animals – was characterized by evaluating the pedigree

completeness, generation interval, genetic variability, the contribution of the most important ancestors, average relatedness and inbreeding level. The pedigree data was supplied by the Association of Pony and Small Horse Breeders'. Pedigree data of the registered population was analysed using Endog and GRain softwares. In the reference population, the maximum number of known generations exceeded 26 generations. The longest generation interval (9.09 years) was calculated for the mare-to-daughter lineage. The average relatedness of the total population was 11.57%, while it was 14.33% for the reference population. The inbreeding coefficient of the active Haflinger population in 2023 was 9.56%.

Keywords: generation interval, inbreeding, pedigree completeness

Bevezetés

Az emberiség jól felfogott érdeke, hogy védekezzen a genetikai változatosság csökkenése ellen, valamint a kialakult kultúrfajták minél szélesebb körének a megőrzése. A tenyésztői tevékenység során minden egyes génváltozatra nagy szükség lehet, így fokozott figyelmet kell fordítani a jelenleg rendelkezésre álló genetikai alapok megtartására. A beltenyésztettség minimalizálása az árutermelő állományokban, nagy egyedszámú világfajták esetében is fontos.

Az állományok genetikai hátterének és összetételének a felderítése a származási adatok alapján pedigreanalízissel is lehetséges, amelynek megbízható elvégzéséhez minimum 3-4 teljes generáció ismerete elengedhetetlen (Vígh et al., 2008).

Korábban több hazai állományra is végeztek hasonló kutatásokat (Bokor et al., 2013, Klein et al., 2022). A haflingi fajtánál Gandini et al. (1992) és Sabbioni et al. (2007) az olasz, míg Druml (2012) az osztrák állományra vonatkozóan végzett elemzéseket.

Jelen munkánk célkitűzése a Magyarországra behozott, valamint itt született egyedek populációgenetikai mutatóknak vizsgálata a pedigrelteljesség, a generációs intervallum, a genetikai variabilitás, valamint a beltenyésztettség alapján.

Anyag és módszer

A vizsgálat alapját a 2023. évvel bezárólag Magyarországra importált, majd tenyésztő-szervezeti nyilvántartásba vett egyedek, illetve azok tenyészállattá minősített leszármazottai adták. A származási adatokat a Póni és Kislótenyésztők Országos Egyesülete biztosította rendelkezésünkre. Az alapítókig és az utolsó ismert ősig való visszakövetéshez nemzetközi adatbázisokat (www.allbreedpedigree.com, www.fnverlag.de/fn-erfolgsdaten/pferd, www.rimondo.com), valamint Preinerstorfer (2009) munkáját is felhasználtuk.

A teljes állományt felölelő adatbázis összesen 4341 egyedből állt. A 2023-as évben aktív, tenyésztésben lévő egyedek száma 88, ezeket az egyedeket vettük alapul referencia állományként.

A pedigrelteljességet több módon is meghatároztuk. A maximálisan ismert generációk száma megadja, az adott egyedtől legtávolabbi generációba eső ismert ősének nemzedékszámát. A teljes ismert ősi sorok száma kifejezi, hogy bármelyik egyed származása mennyi teljes generációra nézve ismert (Maignel et al., 1996). Így az a legtávolabbi generáció, amelyikben az összes ő ismert. A teljes generációs ekvivalens megadja, hogy átlagosan mennyi generációnyi információ áll rendelkezésre az egyedről az adatbázisban (Faria et al., 2018).

A generációs intervallum megmutatja a szülők átlagos életkorát azon utódaik születésekor, amelyek részt vesznek a következő generáció létrehozásában. Négyféle leszármazási úton számítottuk ki: a ménelőállító mén, kancaelőállító mén, ménnevelő kanca, kancanevelő kanca egyedek között. A négyféle leszármazási útvonal megfelelő nemzedékköz értékeit kétmintás t-próbával is összehasonlítottuk.

A populáció beltenyésztését többféleképpen jellemeztük. A Wright-féle beltenyésztetési együttható mellett a Kalinowski-módszerével (Kalinowski et al., 2000) a beltenyésztési együtthatót két részre osztottuk attól függően, hogy az azonos allélok már a múltban is homozigóta állapotba kerültek (F_Kal), vagy az utóbbi nemzedékekben váltak be (F_Kal_új). Ennek értékelése a beltenyésztéses leromlás vizsgálatokor lehet fontos.

Az elemzés során használt mutatók kiszámítását az ENDOG 4.8 (Gutiérrez és Goyache, 2005) és a GRain 2.2 (Doekes et al., 2020) szoftverek használatával végeztük.

Eredmények és értékelésük

A referencia populációba tartozó egyedekre számított pedigrelteljességet az 1. táblázat tartalmazza. A maximálisan ismert nemzedékek száma meghaladja a 26 generációt. Az általunk kapott érték elmarad Pjontek et al. (2012) shagya-arab lovakra számított értékeihez képest. A maximálisan ismert generációk száma lényegesen magasabb a Sabbioni et al. (2007) olaszországi haflingi állományra számított értékénél, míg hasonló mértéket mutat a Bokor et al. (2013) angol telivérekre közölt értékeivel. Klein et al. (2022) mezőhegyesi lófajtákra közölt értékei az általunk számítottnál lényegesen magasabbak. A hazai haflingi állomány 6,34 teljesen ismert generációval rendelkezik. A teljesen ismert nemzedékek száma meghaladja a Sabbioni et al. (2007) tanulmányában és a Klein et al. (2022) által közölt értékeket, míg hasonló Bokor et al. (2013) angol telivérekre közölt értékeihez. Az általunk becsült teljes generációs ekvivalens értéke magasabb Preinerstorfer (2009) és Druml et al. (2016) osztrák haflingi állományokra közölt értékeinél. Klein et al. (2022) mezőhegyesi lófajtákra közölt értékei az általunk közöltekénél magasabbak.

1. táblázat. A fajta referencia populációjának pedigrelteljesség értékei (generációk)

Mutató(1)	Érték(2)
Maximálisan ismert generációk száma(3)	26,51
Teljesen ismert ősi sorok száma(4)	6,34
Teljes generációs ekvivalens 5)	11,76

Table 1. Pedigree completeness values of the reference population of the breed parameter (1), value (2), maximum number of generations (3), number of complete generations (4), complete generation equivalent (5)

A négyféle leszármazási úton meghatározott generációs intervallum értékeket a 2. táblázat mutatja be. A haflingi populációban a leghosszabb generációs intervallumot 9,09 évet a tenyészkanca–kancacsikó leszármazási úton tapasztaltuk. Az egymást követő generációk között a legrövidebb időt a mén–méncsikó leszármazási úton kaptuk, 8,16 év. Számításaink szerint a kancákat közel egy évvel hosszabb ideig tartották tenyésztésben. A ménnevelő ménekre számított értékek és az egyes kanca leszármazási utak értékei kö-

zött szignifikáns eltérést tapasztaltunk ($P < 0,05$). A kancanevelő kancákra számított értékeink hasonlóak Gandini et al. (1992, 1997) közléseihez, a többi leszármazási útra számított értékeink rövidebbek. Az általunk kapott értékeknél lényegesen hosszabb generációs intervallumot közöltek Sabbioni et al. (2007) olaszországi haflingi állományra vonatkozóan. Becsléseink szerint a nemzedékváltás a haflingi fajtában gyorsabb, mint angol telivérek (Bokor et al., (2013), illetve mezőhegyesi lófajtákra (Klein et al., 2022) közölt értékek.

2. táblázat. A különböző leszármazási utakon meghatározott generációs intervallumok

Leszármazási utak(1)	N	Generációs intervallum(2)	Közéérték hibája(3)
Ménelőállító mén(4)	910	8,16 ^c	0,14
Kancaelőállító mén(5)	2293	8,83 ^{ab}	0,09
Ménnevelő kanca(6)	781	8,63 ^b	0,14
Kancanevelő kanca(7)	2049	9,09 ^a	0,09
Átlagosan(8)	6033	8,79	0,06

^{ab}: A különböző betűk szignifikáns ($P < 0,05$) eltéréseket jelentenek

Table 2. Generation intervals calculated in the various parent-offspring pathways *pathway (1), generation interval (2), standard error (3), sire-to-male progeny (4), sire-to-female progeny (5), dam-to-male progeny (6), dam-to-female progeny (7), mean (8)*

^{ab}: Different letters shows significant ($P < 0.05$) differences

3. táblázat. Az ősök változékonyságát leíró mutatók

Mutató(1)	Teljes állomány(2)	Referencia állomány(3)
Alapító ősök száma (Nf)(4)	490	412
Nem alapító ősök száma (Na)(5)	449	85
Alapító ősök effektív száma (fe)(6)	35	32
Nem alapító ősök effektív száma (fa)(7)	16	13
Nem alapító ősök effektív számának és az alapító ősök effektív számának aránya (fa/fe)(8)	0,46	0,41

Table 3. Parameters describing the variability of ancestors

parameter (1), total population (2), reference population (3), number of founders (4), number of ancestors (5), effective number of founders (6), effective number of ancestors (7), ratio of effective number of founders and effective number of ancestors (8)

A Magyarországra bekerült haflingi lóállomány őseire vonatkozóan a 3. táblázat nyújt áttekintést. Az alapító ősök számában a teljes és a jelenleg aktív tenyészállomány között alig tapasztalható eltérés. A nem alapító ősök tényleges száma az aktív populáció esetében lényegesen kevesebb egyeddel írható le. Az alapító ősök effektív száma az alapító ősök

számához hasonlóan közel megegyező. Az effektív és a valós számok közötti igen nagymértékű különbség miatt a genetikai variabilitás jelentős mértékű csökkenésére következtethetünk. Ennek feloldása a tenyészállatok (elsősorban fedezőmének, ménjelöltek) folyamatos behozatala, ami a vélhető minőségi javulás miatt előnyös lehet, de egyben jelentős anyagi teher is a tenyésztők számára. Az általunk számított értékek alacsonyabbak, mint Klein et al. (2022) mezőhegyesi lófajtákra valamint Bokor et al. (2013) angol telivérekre közölt értékei. A nem alapító ősök effektív számának és az alapító ősök effektív számának aránya jelentős palacknyak hatásra utal, ami haflingi fajta esetében a szelekció eredménye is lehet.

A 4. táblázat a fajta beltenyésztettségének értékeit mutatja különféle számítási módok alapján. A teljes állomány átlagos rokonsági fok értéke 11,57%, míg a referencia populációban 14,33%. A két állományban az eltérés szinte nem számottevő. Ezek magasabbak, mint Pjontek et al. (2012) lipicai (3,73) és shagya arab (3,08), valamint Duru et al. (2012) arab telivér (9,5) lovakra kapott értékei. A 2023-ban aktív haflingi állomány beltenyésztettségének az értéke 9,56%. A teljes populációnál számított értékhez képest a referencia állomány esetében növekedést tapasztaltunk. Gandini et al. (1992) alacsonyabb értékeket számítottak az olaszországi haflingi állományra, ahol a legnagyobb beltenyésztettséget az 1925-1933 közötti időszakra tették. A Wright-féle beltenyésztési együttható Kalinowski-féle szétbontásakor látható, hogy a beltenyésztettség nagyobb arányban régről jövő, a közelmúltban homozigóta állapotba került allél párok aránya kisebb. Ez a tendencia hasonló Klein et al. (2022) mezőhegyesi lófajtáknál tapasztalt eredményeihez.

4. táblázat. A fajta beltenyésztettségének alakulása (%)

Mutató(1)	Teljes állomány(2)	Referencia állomány(3)
Átlagos rokonsági fok(4)	11,57	14,33
Wright-féle(5)	6,35	9,56
Kalinowski-féle (F_Kal)(6)	3,98	7,57
Új Kalinowski-féle (F_Kal_új)(7)	2,37	1,99

Table 4. Inbreeding level of the breed parameter (1), total population (2), reference population (3), average relatedness (4), Wright's inbreeding (5), Kalinowski inbreeding coefficient (6), Kalinowski new inbreeding coefficient (7)

Következtetések és javaslatok

A pedigrelteljesség során kiszámított értékek a referencia populációra vonatkozóan, a maximálisan ismert generációk száma 26. Meglepő módon a leghosszabb generációs intervallumot (9,09 év) a tenyészkanca - kancacsikó leszármazási úton, míg a legrövidebbet a mén-előállító mén (8,16 év) leszármazási úton kaptuk. Bizonyítottnak látszik, hogy a fajta zárt törzskönyv mellett is a jelenlegi állomány beltenyésztettsége nagyobb arányban a fajta kialakításkor végzett szoros rokontenyésztés eredménye, napjainkra kevésbé jellemző.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány a Kulturális és Innovációs Minisztérium EKÖP-24-2-DE-75 kódszámú egyetemi kutatói ösztöndíj programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs alaphól finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Irodalomjegyzék

- Bokor, Á., Jónás, D., Bart, D., Nagy, I., Bokor, J., Szabari, M. (2013): Pedigree analysis of the Hungarian Thoroughbred population. *Livestock Science*, 151, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.10.010>
- Doekes, H.P., Curik, I., Nagy, I., Farkas, J., Kövér, Gy., Windig, J.J. (2020): Revised calculation of kalinowski's ancestral and new inbreeding coefficients. *Diversity*, 12, 155. <https://doi.org/10.3390/d12040155>
- Duru, S. (2017): Pedigree analysis of the Turkish Arab horse population: structure, inbreeding and genetic variability. *Animal*, 11, 1449–1456. <https://doi.org/10.1017/S175173111700009X>
- Druml T. (2012): Genetisches (Un)Gleichgewicht. *Pferderevue*, 11, 48–53.
- Faria, R.A.S., Maiorano, A.M., Bernardes, P.A., Pereira, L.G., Silva, M.G.B., Curi, R.A., Vasconcelos Silva, J.A. (2018): Assessment of pedigree information in the Quarter Horse: population, breeding and genetic diversity. *Livestock Science*, 214, 135–141. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.06.001>
- Gandini, G.C., Bagnato, A., Miglior, F., Pagnacco, G. (1992): Inbreeding in the Italian Haflinger horse. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 109, 433–443. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.1992.tb00424.x>
- Gandini, G.C., Samore, A., Pagnacco, G. (1997): Genetic contribution of the Arabian to the Italian Haflinger horse. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 114, 457–464. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.1997.tb00532.x>
- Gutiérrez, J.P., Goyache, F. (2005): A note on ENDOG: a computer program for analysing pedigree information. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 122, 172–176. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.2005.00512.x>
- Kalinowski, S.T., Hedrick, P.W., Miller, P.S. (2000): Inbreeding depression in the Speke's Gazelle captive breeding program. *Conservation Biology*, 14, 1375–1384. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.98209.x>
- Klein, R., Oláh, J., Mihók, S., Posta, J. (2022): Pedigree-based description of three traditional Hungarian horse breeds. *Animals*, 12, 2071. <https://doi.org/10.3390/ani12162071>
- Maignel, L., Boichard, D., Verrier, E. (1996): Genetic variability of French dairy breeds estimated from pedigree information. *Interbull Bulletin*, 14, 49–54.
- Pjontek, J., Kadlecik, O., Kasarda, R., Horny, M. (2012): Pedigree analysis in four Slovak endangered horse breeds. *Czech Journal of Animal Science*, 57(2), 54–64. <https://doi.org/10.17221/5132-CJAS>
- Preinerstorfer, A. (2009): Pedigree Analyse beim österreichischen Haflinger. Masterarbeit. Universität für Bodenkultur, Wien.
- Sabbioni, A., Beretti, V., Trezzi, M.F., Superchi, P. (2007): Genetic variability and population structure in the Italian Haflinger horse from pedigree analysis. *Annali della Facoltà di Medicina Veterinaria di Parma*, 27, 199–210
- Vígh Zs., Csató L., Nagy I. (2008): A pedigré analízisben alkalmazott mutatószámok és értelmezésük. *Szakirodalmi áttekintés. Állattenyésztés és Takarmányozás*, 57(6), 549–564

A műre a Creative Commons 4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik: CC-BY-NC-ND-4.0.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.



A tejtermelés és a tejminőség vizsgálata különböző fejési technológiával működő dél-alföldi telepeken

Szilágyi Szabina¹ , Benk Ákos²

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gazdaság- és Regionális Tudományok Doktori Iskola, 2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

²Szegedi Tudományegyetem, Mezőgazdasági Kar, 6800 Hódmezővásárhely, Andrásy út 15.

Received/Érkezett: 14. 06. 2024.

Accepted/Elfogadva: 02. 12. 2024.

Összefoglalás: Munkánk célja két tejtermelő gazdaság összehasonlítása tejtermelési és tejminőségi eredménye alapján. A vizsgálatba bevont egyedek genetikai hátterüket tekintve a holstein-fríz fajtájú állatok. Az elemzéshez a Riska programból gyűjtöttünk adatokat, melyeket összegeztük, analizáltuk, illetve vizsgáltuk a két telep adatai közötti különbséget. A két tehenészetet összehasonlítottuk a tehenek tejtermelése és az általuk megtermelt tej szomatikus sejtszáma alapján, magyarázatot keresve az eltérésekre, melyek igen jelentősek voltak a két tehenészet eredményei között. A hódmezővásárhelyi telep tehenei jóval több tejet termeltek, mindemellett a tőgygyulladás mutatója – a szomatikus sejtszám – alacsonyabb szinten volt. Kíváncsiak voltunk, miként alakul a megtermelt tej mennyisége az egyes laktációkban külön-külön, illetve miként változik a laktáció előrehaladtával – így megállapítottuk, hogy kivétel nélkül igaz minden esetben, hogy a laktáció kezdeti szakaszában növekszik a tejtermelés, majd a csúcspontot elérve, folyamatosan csökken. Megvizsgáltuk mindkét telep esetében, hogy az elléstől eltelt idő függvényében milyen tendenciát mutat a tehenek által előállított tej szomatikus sejtszáma. Jelenlegi kutatásunk zárásaként arra kerestük a választ, fennáll-e az évszakhatás a megtermelt tej szomatikus sejtszámára. Megnéztük tehát, miként alakulnak a két telep szomatikus sejtadatai az egyes évszakokban a laktáció előrehaladtával. Látszott az adatok elemzésekor, hogy a nyári kánikulában magasabb a megtermelt tej szomatikus sejt tartalma.

Kulcsszavak: tejtermelés, holstein-fríz, szomatikus sejtszám, laktáció

Examination of milk production and milk quality in southern great plain farms with different milking technologies

Szabina Szilágyi¹ , Ákos Benk²

¹*Hungarian University of Agriculture and Life Science, Doctoral School of Economic and Regional Sciences, 2100 Gödöllő, Páter Károly 1, Hungary*

²*University of Szeged, Faculty of Agriculture, 6800 Hódmezővásárhely, Andrásy 15., Hungary*

Abstract: The aim of our work is to compare two dairy farms based on milk production and milk quality results. In terms of their genetic background, the individuals included in the study are of the Holstein-Friesian breed. For the analysis, we collected data from the Riska program, which we summarized, analysed, and examined the difference between the data of the two sites. We compared the two dairies based on the milk production of the cows and the somatic cell count of the milk they produced, looking for an explanation for the differences, which were very significant between the results of the two dairies. The cows of the Hódmezővásárhely colony produced much more milk, and the indicator of mastitis - the somatic cell count - was also at a lower level. We were curious about how the amount of milk produced develops in each lactation separately, and how it changes as lactation progresses - so we found that it is true in all cases, without exception, that milk production increases in the initial stage of lactation, and then decreases continuously after reaching the peak. In the case of both farms, we examined the trend of the somatic cell count of the milk produced by the cows as a function of the time since calving. As the conclusion of our current research, we searched for the answer to whether there is a seasonal effect on the somatic cell count of the milk produced. So, we looked at how the somatic cell data of the two colonies developed in each season as lactation progressed. When analysing the data, it was seen that the somatic cell content of the milk produced is higher in the summer heatwave.

Keywords: milk-production, Holstein-Friesian, somatic cell count, lactation



Bevezetés

A jelenlegi szarvasmarha-ágazat legjelentősebb részét a tejelő szarvasmarhatenyésztés teszi ki. A világ összes tejtermelésének 83%-át adják a szarvasmarhák. 1961 és 2013 közötti időszakról elmondható, hogy a világ tehéntejtermelése megduplázódott. (Horváth és Komarek, 2016) Az ágazat elsődleges célja a megfelelő minőségű, fogyasztásra alkalmas nyerstej előállítása. A tehenek által megtermelt tej beltartalmi paramétereit, illetve mennyiségét azonban számos tényező befolyásolja.

A szarvasmarha ágazat legjelentősebb részét a tejelő szarvasmarhatenyésztés teszi ki, melynek elsődleges célja a megfelelő minőségű, fogyasztásra alkalmas nyerstej előállítása. A tehenek által megtermelt tej beltartalmi paramétereit, illetve mennyiségét számos tényező befolyásolja. Fontos szempont a tejelő tehenek genetikai háttere, ezért jelentős kiemelni, hogy a legnagyobb arányban világszerte elterjed holstein-fríz fajta - amelyet vizsgáltam – a legjobb tejtermelő képességgel rendelkezik. „A holstein-fríz képes feláldozni saját szervezetét a tejtermelés oltárán.” Természetesen a holstein-fríz mellett más fajták is alkalmasak tejtermelésre, s közülük is kiemelkedő eredményt produkál néhány fajta. Számos, a teheneket érő környezeti tényező is hatást gyakorol a tejtermelésre, így például a takarmányozás, az évszak, a tartási körülmények, így az istállók állapota is. A megfelelő minőségű nyerstej egyik alapkritériuma a tisztaság, így fontos kiemelni a tőgy higiéniáját is a fejés során. Hatással van rá az istállók tisztasága, a fekvő- és pihenő helyek tisztasága és almozottsága. Szennyezett körülmények között a baktériumok is nagyobb számban fordulnak elő, fokozzák a tőgygyulladás előfordulását, amely súlyos károkat okoz a tejtermelő ágazat számára. A fejési protokoll betartásának, illetve betartatásának hiányosságai, a rosszul beállított berendezések és a nem megfelelően dokumentált gyógykezelések több 100 liter nyerstej megsemmisítéséhez vezethetnek. Céloom két magyarországi tejelő szarvasmarhatelep vizsgálata, fejési technológiájuk elemzése, és az adott telepeken tapasztalt tőgygyulladások okának feltárása és megszüntetése.

Vizsgálatunk célja egy korábbi kutatás eredményeinek aktualizálása, és nagyító alá venni a dél-alföldi tehenészeti telepek tejtermelését. Összehasonlítani az egyes technológiák alkalmazását az alapján, hogy az egyedek életpályájuk és laktációjuk során mennyi tejet termelnek, illetve az évszakok változása miként befolyásolja a megtermelt tej szomatikus sejtszámát, mely a tőgygyulladás egyik mutatója.

A fejési protokoll és higiénia betartásának, illetve betartatásának hiányosságai, a rosszul beállított berendezések és a nem megfelelően dokumentált gyógykezelések több 100 liter nyerstej megsemmisítéséhez vezethetnek. Jelenlegi vizsgálatom célja két magyarországi tejelő szarvasmarhatelep tőgyegészségügyi szempontból való tanulmányozása, fejési technológiájuk elemzése.

Az emberiség történelmében a tejtermelés hosszú múltra tekint vissza. Kialakulása szoros összefüggést mutat a ma is erre a célra használt fajták domesztikációjával. Fő tejtermelők a szarvasmarha, a juh és a kecske, illetve már Kr. e. 6000-2000 között a ló és a bivaly, háziasításukat követően. A tevéet csak Kr. e. 2000-1000 között háziasították (Mérynyi és Schneider, 1999)

Rendkívül fontos az állatok genetikai háttere. Az egyes szarvasmarha fajták termelése között nagy különbségek tapasztalhatók, melyeket figyelembe kell vennünk egy tejtermelő telep létesítésekor (Babinszky, 1984).

A világon, és hazánkban is a leginkább elterjedt tejtermelő szarvasmarhafajta a holstein-fríz. Emellett másik négy tejelő fajta fordul még elő, mint a jersey, az ayrshire, az amerikai brown swiss és a svéd vörös (Béri, 2014). Fontos kiemelni, hogy az erre a célra a

legnagyobb arányban alkalmazott holstein-fríz fajtájú tehenek rendelkeznek a legjobb tejtermelő-képességgel a szarvasmarhafajták közül, de emellett számos más fajta is kiválóan termel.

Számos, a teheneket érő környezeti tényező is hatást gyakorol tejtermelésre, például a takarmányozás, az évszak, a tartási körülmények, így az istállók állapota is. Rendkívül nagy hatással van a tej mennyiségére, illetve beltartalmára (pl. tejsír, tejfehérje) a takarmányok minősége, illetve az összeállított takarmány receptúra is. Köztudott tény ugyanakkor, hogy a megfelelő minőségű nyerstej egyik alapkritériuma a tisztaság, így fontos kiemelni a tőgy higiéniáját is a fejés során és az elsődleges tejkezelés jelentőségét. Hatással van rá az istállók tisztasága, a fekvő- és pihenő helyek tisztasága és almozottsága. Szennyezett körülmények között a baktériumok is nagyobb számban fordulnak elő, így több tehenet fertőznek meg, fokozzák a tőgygyulladás előfordulását, amely súlyos károkat okoz a tejtermelő ágazat számára. A célunk a fizikai szennyeződésektől mentes, emberi fogyasztásra alkalmas tej nyérése a fejés során. Zárt fejési rendszer alkalmazása esetén, a levegőtől való utófertőződés minimális. Szállításkor és tároláskor lehetséges utófertőződés a nem megfelelően tisztított, tejjel érintkező gépektől ered (Tóth és Bak, 1994).

Több mutató is meghatározza a tejminőséget, így például a szomatikus sejtszám (SCC), a klinikai tőgygyulladások száma és a tőgygyulladásokból adódó kiesések aránya (Bakos, 2013). Nagy hatást fejt még ki rá a fejés műszaki, szakmai és emberi háttere is. A tőgygyulladás rontja a tehenek reprodukciós képességét, kiesést okoz az árutej termelésben és költséges a kezelése. A tőgygyulladás (Markus, 2002) soktényezős megbetegedés, egyben a szarvasmarhatenyésztés egyik legköltségesebb tényezője. Kialakulásában komoly szerepet játszanak a tartási körülmények, az anyagforgalom, a fejés technológiája, a lábvégek állapota és a takarmányozás. Egy tehenészeti telepen a tőgygyulladásból adódó gazdasági kártételeket nem lehet addig meghatározni, amíg nem ismerjük a tőgygyulladások jellegét, lefolyását, az okozott tejsökkenés mértékét és időtartamát (Ózsvári et. al., 2001).

A tehenészeti telepeket nagy jelentőségű problémája tehát a tőgygyulladás, azaz a mastitis. A beteg állat nem termel fogyasztásra alkalmas tejet, csak "hulladéktej", mely megsemmisítésre kerül. Így bevétel nem származik az adott egyed tejtermeléséből. Fennáll a fertőzésveszély a fejőberendezéseken keresztül, az állomány több egyede is megbetegedhet a tőgygyulladást okozó kórokozók jelenléte esetén. A beteg állatok gyógyítása költséges, a tőgyinfúziók és injekciók drágák, illetve hosszabb időre kizárják a fogyasztói tej termelésből az egyedet, az élelmezésügyi várakozási időnek megfelelően. A gyakorlatban a szomatikus sejtszám ellenőrzésével szűrhetjük ki az állományból a beteg egyedeket. A kaliforniai tőgygyulladás vizsgálat (CMT) egy gyorsan, telepi körülmények között elvégezhető ellenőrzés, amelyet a fejést végző személy is pillanatok alatt képes kivitelezni. A CMT masztiteszt során minden tőgynegyedből egyenlő mennyiségű tejmintát veszünk a masztiteszt tálcába, majd reagenst adunk a mintákhoz. A reagens lebontja a tejben lévő szomatikus sejtek membránját és reakcióba lép velük, így a magasabb szomatikus sejtszámú tej gél képez a mintából. A képződött gél sűrűségéből és színéből következtethetünk a tej szomatikus sejttartalmára, így kimutatható a tőgygyulladás enyhébb (szubklinikai) és súlyosabb (klinikai) formája, a látható tünetek nélküli tőgygyulladás.

A tőgygyulladásból származó gazdasági veszteségek számszerűsítésekor a következő (Ózsvári et. al., 2003) eredmények születtek: szubklinikai tőgygyulladásban lévő tehenek tejtermelése naponta 2,45 kg-mal maradt el az egészséges társaikétól. A tőgygyulladásból származó összes veszteség 71%-a a tejárbevétel csökkenéséből, 25%-a az idő előtti selejtezésből származott, míg a gyógykezelési költség a veszteségeknek csupán 4%-a volt.

Az USA-ban a tőgygyulladásokból eredő kiesés 10%-ot tesz ki évente. Több okból is fontos a magas szomatikus sejtszám kérdése. A 200 000 feletti szomatikus sejtszám 3%, 400 000 felett 4,3%, 600 000 felett 7% tejveszteséggel lehet számolni. Kutatások igazolják, hogy a magas szomatikus sejtszámú teheneknek magasabb a termékenyítési indexe. Ezenkívül kezelni kell a beteg teheneket is, amely szintén költséges. Fontos a megelőzés, a higiénia és a helyes fejési rutin kidolgozása. (Bakos, 2016)

A legjobb fejési eredmény elérése érdekében fontos a fejés előtti protokoll betartása.

A fejési protokoll és higiénia betartásának, illetve betartatásának hiányosságai, a rosszul beállított berendezések és a nem megfelelően dokumentált gyógykezelések több 100 liter nyerstej megsemmisítéséhez vezethetnek. Jelenlegi vizsgálatom célja két magyarországi tejelő szarvasmarhatelep tőgyegészségügyi szempontból való tanulmányozása, fejési technológiájuk elemzése.

Munkám során Czákó József gondolata vezérelt: "Mert jól termelni csak egészséges állattal tudunk!"

Anyag és módszer

Az elemzésre kerülő szarvasmarha állományok bemutatása, jellemzése

Hódmezővásárhelyi tehenészet

A jogelőd Gorzsei Állami Gazdaságból 1993-ban alakult át a Gorzsei Mezőgazdasági Zrt. A tejelő szarvasmarhatartás, a gabonatermesztés és a fűszerpaprika termesztés a társaság fő profilja. A Zrt. tulajdona 100%-ban egy Takarmánytermelő Kft. A megtermelt termékeket felhasználják az állattenyésztési ágazatban. A telep a Csongrád-Csanád vármegyei Hódmezővásárhelyen található.

A társaság 2200 szarvasmarhával rendelkezik, ebből 1350 fejőstehén és 850 üsző, amelyek az utánpótlást biztosítják a tehenészet számára. Három telepen van elosztva 2200 szarvasmarha, két telepen csak fejősteheneket tartanak. A tehenészeti telepen poligon elrendezésű fejőház található, 4x8 állással. A tőgyelőkészítés során a tőgybimbókat hagyományosan vízzel mossák le, majd papírtörölközővel törlik szárazra.

Orosházi tehenészet

A másik telep, melyet bevontunk a jelenlegi kutatásba, az Orosháza határában elhelyezkedő szarvasmarha-telepe, mely Békés megyében található. Gazdálkodási körét tekintve vegyes, hiszen mind növénytermesztéssel, mind állattenyésztéssel foglalkoznak.

A Kft. szarvasmarhatelepén jelenleg 1069 állat található összesen, ebből 573 tehén, melyekből nagyjából 480 egyedet fejnek nap mint nap. A telep maga gondoskodik az utánpótlásra szánt üszőborjak felneveléséről. A fejőház, mely az elmúlt években felújításon esett át, 2x8 állásos tandem rendszerű. A fejés előtti tőgyelőkészítés fertőtlenítőszeres törölközővel történik (Hypramaxx).

A vizsgálat módszertana

Korábban - a Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Karán, Hódmezővásárhelyen - már folytattunk kutatásokat három Csongrád-Csanád megyében található telepen, adatokat gyűjtöttünk és analizáltuk azokat. A kapott eredményeket folyamatosan publikáltuk. Jelenlegi elemzésünkben az általunk kiválasztott két dél-alföldi telepet hasonlítjuk össze a 2018-2020-as időszakot tekintve. A fejési paraméterek (befejési, tejmennyiségi és

-beltartalmi adatok) gyűjtésében segítségemre volt a telepeken alkalmazott Riska telep-irányítási program.

Fejőházi tartózkodásaink során megfigyeltük a fejés munkafázisait, a fejési protokoll betartását az egyes telepeken.

Az adatfeldolgozás menete, alkalmazott statisztikai módszerek

A telepi Riska telep-irányítási program segítségével összegyűjtött adatokat Microsoft Excel 2013 program segítségével rögzítettük, rendszereztük és átlagoltuk. A telepek közti különbségeket az IBM SPSS Statistics 24 programmal vizsgáltuk (kétmintás t-próba, ANOVA), 5%-os szignifikanciaszinten. A szomatikus sejtszámokkal történő számításokhoz az értékek 10-es alapú logaritmusát vettük, így kizárva a szélsőértékek miatti hibás eredményeket. Azonban ábrázolásnál a szomatikus sejtszámok feltüntetését választottuk, melyeket a logaritmusos értékek átlagolását követő visszaalakítással képeztünk.

Eredmények és értékelésük

Telepek napi tejtermelésének összehasonlítása

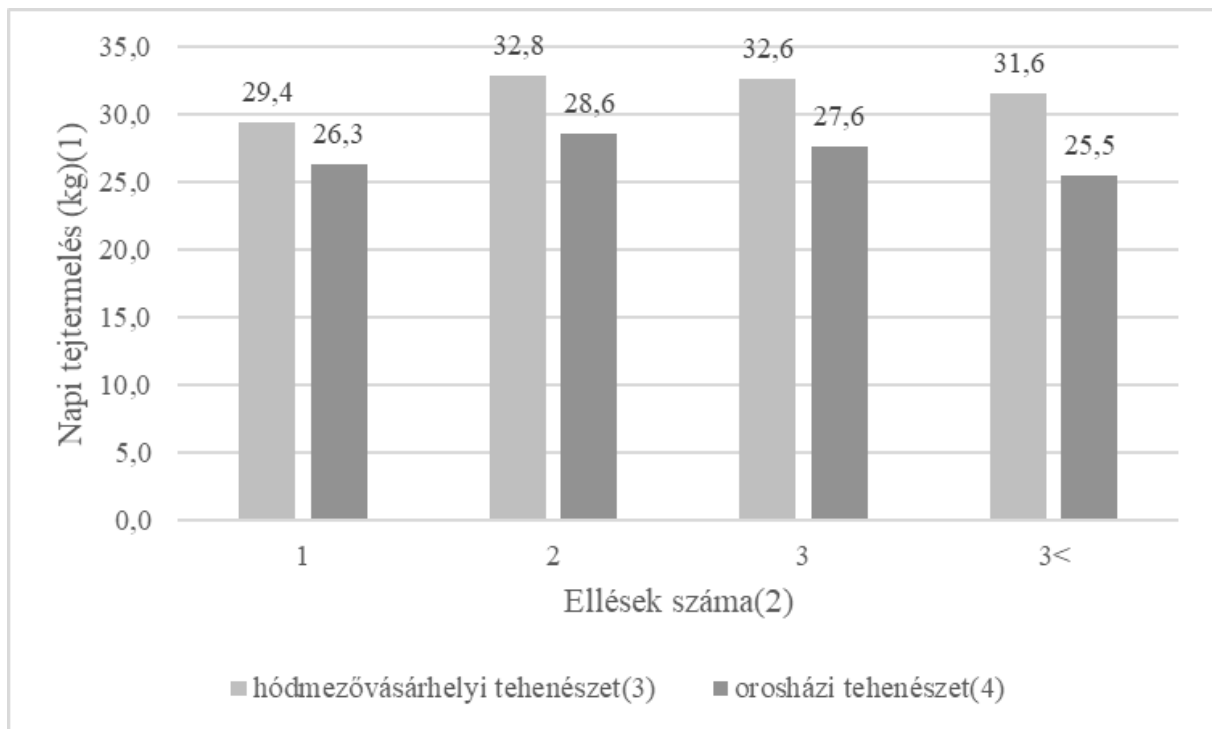
Elsőként az általunk vizsgált két telep napi tejtermelési adatait hasonlítottuk össze. Kapcsolatot kerestünk a napi tejtermelés és az ellések száma között, ezért négy csoportra bontottuk az általunk vizsgált egyedeket. A tehenekből az 1, 2, 3, illetve a 3 < laktációban lévő csoportjait alakítottuk ki telepenként. Az adatokat összevetettük az egyes laktációs csoportok közt, külön-külön a két telepen, majd az egyes ellési csoportokon belül a két telep adatát egymáshoz viszonyítva.

Az 1. ábra szemlélteti, miként alakult az átlagos napi tejtermelés az ellések számának változásával 2018-ban a vizsgált két tehenészeti telepen. A második és a harmadik laktációban levő tehenek tejtermelése mindkét telep esetében szignifikáns eltérést ($p < 0,05$) mutatott az első, és a háromnál többször ellett tehenek csoportjával. Ebből egyértelműen látszik, hogy a tehenek tejtermelése a második, illetve a harmadik ellésük után éri el a csúcspontját, ekkor képesek átlagosan a legtöbb tejet előállítani naponta. Az ellések számának növekedésével ezután folyamatosan csökken az általuk megtermelt tej mennyisége.

Az általunk vizsgált 4 ellési csoport mindegyikében tapasztalható volt szignifikáns eltérés ($p < 0,05$) a két telep napi tejtermelése között. Ennek oka, hogy a hódmezővásárhelyi telepen lévő tehenek genetikai adottságai jobbak, mint az orosházi tehenészetben találhatóké. A Csongrád-Csanád vármegyei telepen precízebb a takarmányozási protokoll betartása is.

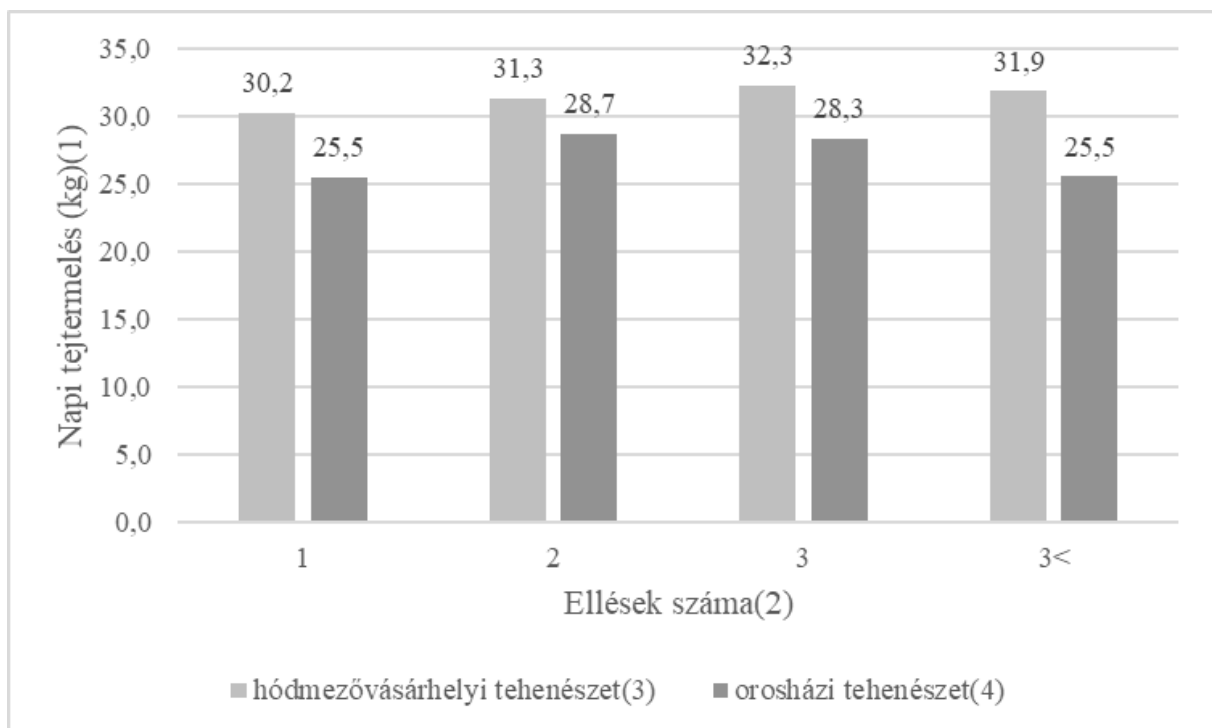
A 2. ábra az előző diagramhoz hasonlóan épül fel, ugyanazokat a szempontokat veszi figyelembe, az előzőt követő, 2019-es évre vonatkozóan. Az egyszer ellett tehenek napi átlagos tejtermelése a másik három csoporthoz képest szignifikáns eltérést ($p < 0,05$) mutatott mindkét telep esetében. Ennek oka, hogy a tehenek az első laktációjukban nem érik el termelésük maximumát, erre csak a második, illetve a harmadik ellésüket követően kerül sor.

A 2019-es évre vonatkozóan is elmondhatjuk, hogy mind a négy általunk kialakított csoport esetében szignifikáns különbséget tapasztaltunk a két telep adatai közt. Ennek hátterében a tehenek genetikája és az orosházi telep elmaradottsága áll.



1. ábra. A napi tejtermelés kapcsolata az ellések számával (2018)

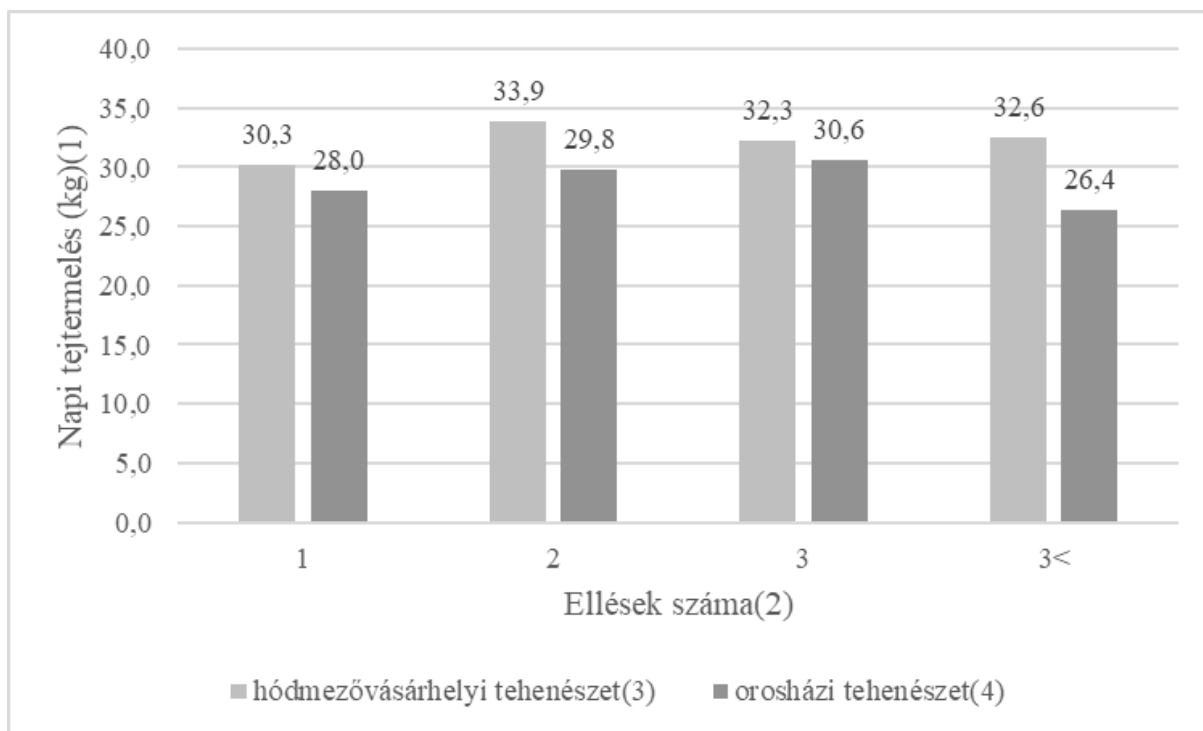
Figure 1. The relationship between daily milk production and the number of calvings (2018) *daily milk yield (1), number of calving (2), dairy herd at Hódmezővásárhely (3), dairy herd at Orosháza (4)*



2. ábra. A napi tejtermelés kapcsolata az ellések számával (2019)

Figure 2. The relationship between daily milk production and the number of calvings (2019)

daily milk yield (1), number of calving (2), dairy herd at Hódmezővásárhely (3), dairy herd at Orosháza (4)



3. ábra. A napi tejtermelés kapcsolata az ellések számával (2020)

Figure 3: The relationship between daily milk production and the number of calvings (2020) daily milk yield (1), number of calving (2), dairy herd at Hódmezővásárhely (3), dairy herd at Orosháza (4)

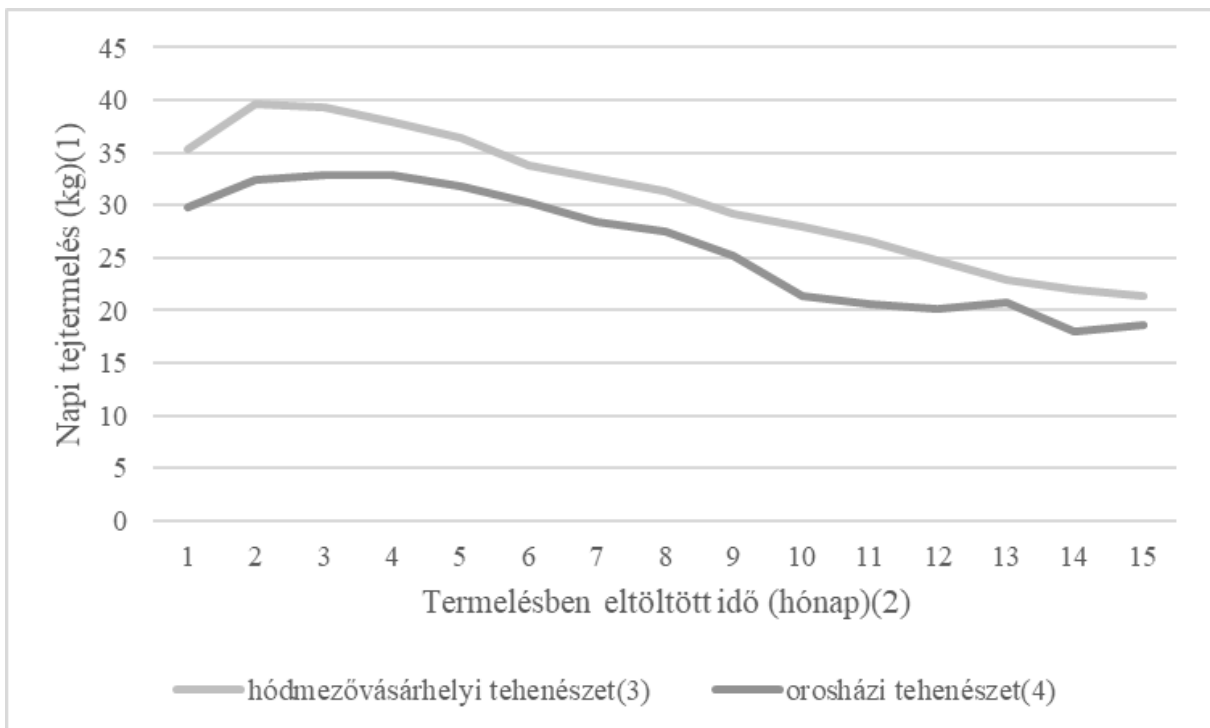
Azonban az is kivehető az ábrákból, hogy a 2018-as évhez képest javulást mutatnak az orosházi telep értékei, érezhető a változások hatása. A telepen 2018-ban történt vezetőváltás, az új vezető jobban odafigyelt a takarmányozásra, folyamatos kontaktban dolgozva a takarmányozási tanácsadóval, melynek már egy évet követően szemmel látható eredménye volt.

A 2020-as év adatait a 3. ábra mutatja be, hasonlóképp az előző két évhez. A második ellésű tehenek termelése, illetve az első és a negyedik csoport között szignifikáns eltérést ($p < 0,05$) tapasztaltunk. Ennek oka, hogy a tehenek átlagosan a második laktációjukban érik el a tejtermelésük csúcsát, ezt követően az ellések számának növekedésével csökken a tejtermelésük.

Mint az előző két év adatainak elemzésekor, a 2020-as évben szintén minden csoport esetében tapasztaltunk szignifikáns eltérést ($p < 0,05$) a két tehenészet adatai közt. Az orosházi tehenészetben ugyan látszódnak a változások pozitív hatásai, de még nem tudott termelésben felzárkózni a másik, általunk vizsgált telephez. Az orosházi tehenészetben a vezetőségváltáskor változott a tenyésztési cél, kiváló holstein-fríz bikák spermájával történik a tehenek termékenyítése, a legkedvezőbb termelési, egészségügyi tulajdonságokkal rendelkező teheneket szexált spermával termékenyítik, így biztosítva a kitűnő üszőutánpótlást az elkövetkezendő évekre, a genetikai előrehaladás gyorsítása érdekében.

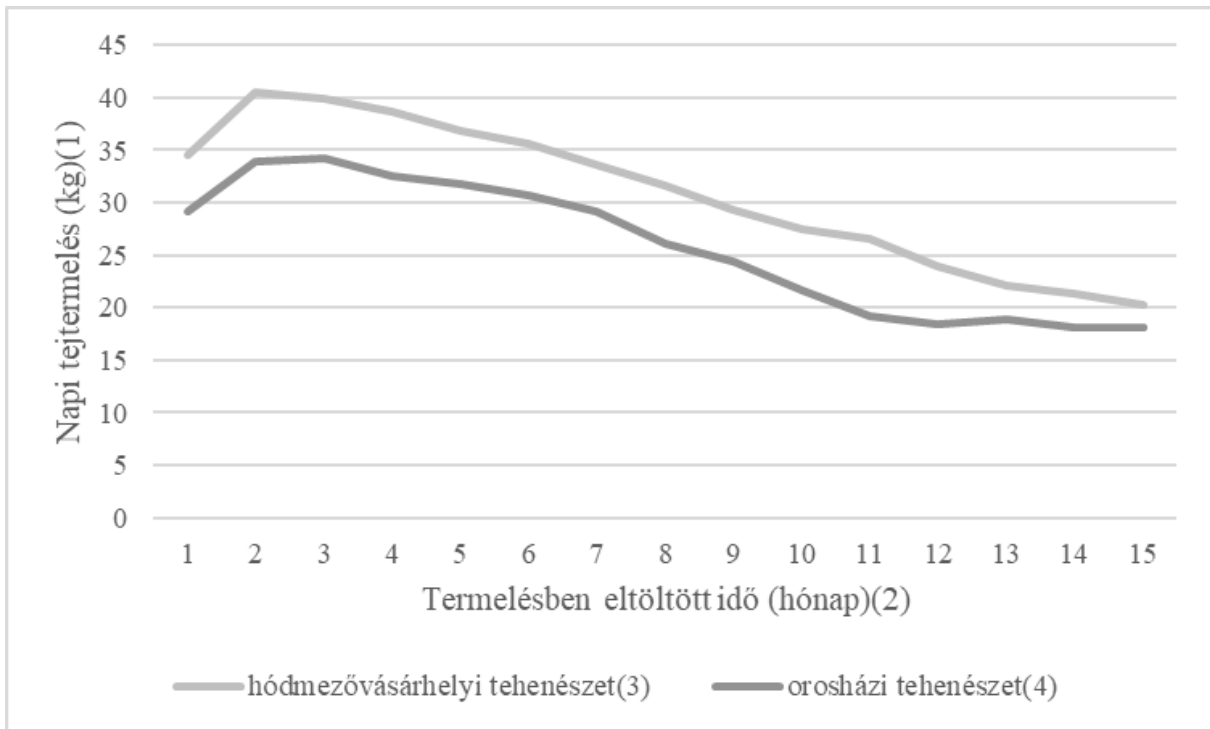
Az eredmények alapján megállapítható, hogy a két vizsgált telepen a tehenek a 2. és 3. laktációjukban termelték a legmagasabb napi tejmennyiséget. A vizsgált évek mindegyikében tapasztaltunk szignifikáns eltérést a két tehenészet eredményei között. Ennek számos oka lehet, az állatok genetikai adottságai, illetve a környezetükkel szemben támasztott igényeik nagyobb mértékben történő kiszolgálása, mint például előnyösebb takarmányozás. Az orosházi tehenészetben látszik az előrelépés, ugyanakkor még több év kell, hogy termelési színvonala megközelítse a hódmezővásárhelyi telepét. A fejőház teljes felújításának, a takarmányozási protokoll precízebb betartásának és az új tenyésztési programnak egyaránt értékelhetőek már a hatásai.

A következő három ábra szintén az átlagos napi tejtermelést mutatja, de most a termelésben eltöltött idő függvényében, azaz a laktációs görbét szemléltetik mindkét gazdaság esetében, a vizsgált 3 évre vonatkozóan. A 4. ábra a 2018-ra vonatkozó adatokat mutatja. Elsőként szembetűnik a 4. ábrán is, amit már az előzőekben is tapasztaltunk, hogy a két telep adatai közt szignifikáns eltérés ($p < 0,05$) van. Jelen esetben ez az eltérés a laktáció teljes időszakára kiterjed. Az eltérés oka, hogy a hódmezővásárhelyi telepen kiválóbb az ott található tehenek genetikai háttere, illetve jobbák a tartási körülmények. Gondolunk itt a megfelelő mennyiségű és minőségű takarmányra, a megfelelőbb takarmányozási receptúrára. Korszerűbbek az istállók, a fejőház, a beteg állatok kezelésére jobban odafigyelnek, ezen a körülmények szintén elősegítik az állatok termelését, hiszen egy egészséges, nyugodt állat genetikai adottságai sokkal jobban kifejezésre juthatnak. Ez a tendencia érvényesül a laktáció teljes időszakára is. Ugyanez a szignifikáns különbség ($p < 0,05$) érvényesül a 2019-es és a 2020-as évre is, amiket az 5. és a 6. ábra szemléltet.



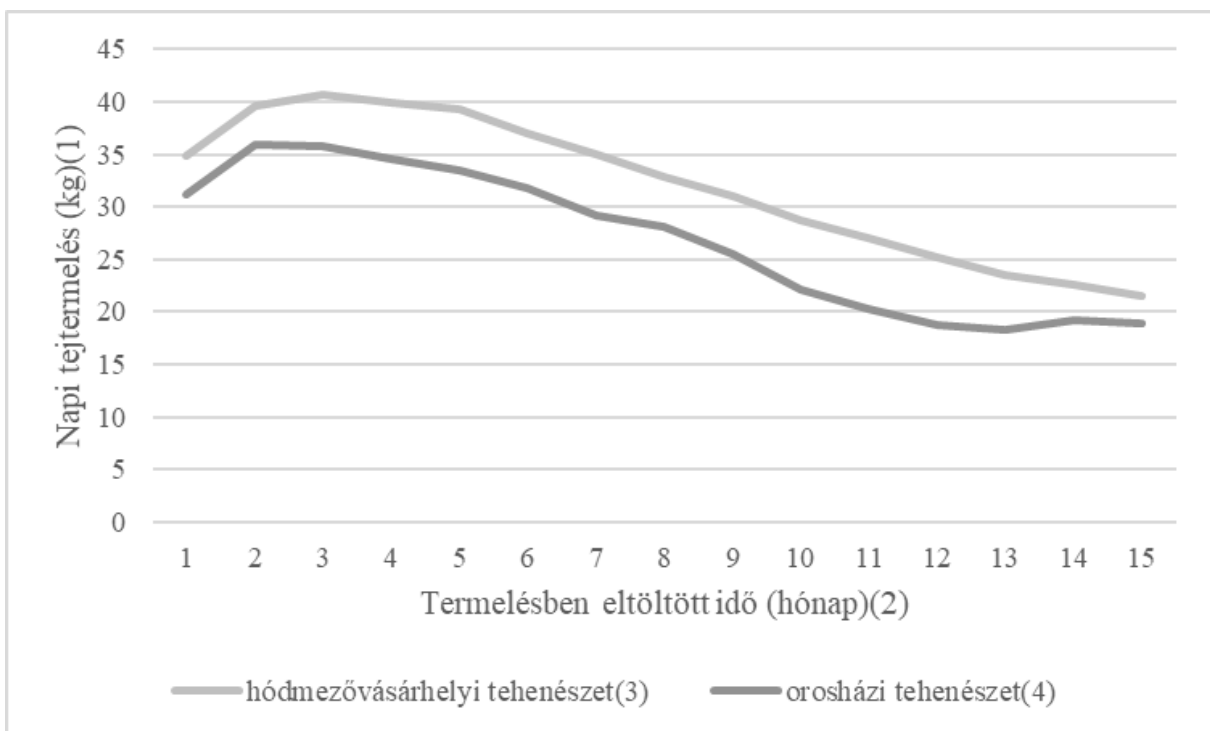
4. ábra. A napi tejtermelés alakulása a termelésben eltöltött idő függvényében (2018)

Figure 4. Development of daily milk production depending on the time spent in lactation (2018) *daily milk yield (1), months of lactation (2), dairy herd at Hódmezővásárhely (3), dairy herd at Orosháza (4)*



5. ábra. A napi tejtermelés alakulása a termelésben eltöltött idő függvényében (2019)

Figure 5. Development of daily milk production depending on the time spent in lactation (2019) *daily milk yield (1), months of lactation (2), dairy herd at Hódmezővásárhely (3), dairy herd at Orosháza (4)*



6. ábra. A napi tejtermelés alakulása a termelésben eltöltött idő függvényében (2020)

Figure 6. Development of daily milk production depending on the time spent in lactation (2020) *daily milk yield (1), months of lactation (2), dairy herd at Hódmezővásárhely (3), dairy herd at Orosháza (4)*

Az orosházi telepen is hasonlóak a tapasztalataink. A legmagasabb átlagértéket (32,9 kg) a termelés 4. hónapjában kaptuk, mely számottevően ($p < 0,05$) magasabb, mint a laktáció 5. hónapja után mért tejkilogrammatlagok. A legalacsonyabb értéket (17,9 kg) a 14. hónapban mértük, mely jókora ($p < 0,05$) különbséget mutat az ellést követő első 10 hónapban mértekkel.

A 2019-es évet az 5. ábra mutatja, a hódmezővásárhelyi telep esetében a legmagasabb érték meghaladja a 40 tejkilogrammot, a laktáció 2. hónapjában. Ez a termelési átlag jelentősen ($p < 5\%$) magasabb, mint a laktáció 5. és 15. hónapja közt tapasztalt értékek. A legalacsonyabb termelési mutatót (20,2 kg) szintén a vizsgált időszak utolsó hónapjában kaptuk, mely szignifikánsan ($p < 0,05$) elmarad a termelés első 12 hónapjának értékeitől.

A békés vármegyei telepen, ebben a vizsgált naptári évben, a 3. hónapban tapasztaltunk számottevően ($p < 0,05$) magasabb értéket (34,2 kg), mely csupán a 2. és a 4. eredménnyel nem mutatott jókora ($p < 5\%$) különbséget. A legalacsonyabb átlagértéket (18,08 kg) ebben az elemzett évben is a 14. hónapban találtuk, mely szignifikánsan ($p < 0,05$) alacsonyabb az első 10 hónapban mért értékekkel tapasztaltunk.

A 2020-as év is hasonlóképpen alakult, mint a másik két, kutatásunkba bevont év (6. ábra). A hódmezővásárhelyi telepen a tehének termelése ebben az esetben is a 3. hónapban érte el a maximumát, átlagosan 40,6 kg-ot, mely jelentősen ($p < 0,05$) magasabb, mint az 1. és az 5.-15. havi mérési átlag. A termelési minimum értéket szintén az általunk elemzett termelési időszak utolsó hónapjában kaptuk, mely számottevően ($p < 0,05$) elmarad a laktáció első 12 hónapjának adataitól.

Az orosházi telepen az eddig vizsgált évek adatát is meghaladó átlagot tapasztalunk a 2. hónapban, mely meghaladja a 35 tejkilogrammot. Ez az érték szignifikánsan ($p < 0,05$) magasabb, mint a termelés 1., illetve 5.-15. hónapjában mértek. A termelési minimum (18,3 kg) azonban most az elléstől számított 13. hónapban volt kimutatható, ez jelentősen ($p < 0,05$) alulmarad a laktáció első 10 hónapjában tapasztaltaktól.

Szomatikus sejtszám vizsgálata a termelésben eltöltött idő függvényében

A következő fejezetben azt elemezzük, miként alakult a két telepen a szomatikus sejtszám, a laktációban eltöltött idő függvényében. Általánosan kijelenthetjük mindhárom általunk vizsgált évre vonatkozóan, hogy az orosházi telep szomatikus sejttértékei lényegesen ($p < 0,05$) magasabbak voltak a termelés teljes időtartama alatt a hódmezővásárhelyi telep adataihoz képest, még a minőségi nyerstejet meghatározó határértéken belül volt.

A 7. ábra szemlélteti a 2018-as évre vonatkozó adatokat. Az egyes telepek havi átlagadatai közt azonban már nem találunk olyan fokú szignifikanciát, mint a tejtermelési adatok vizsgálatakor. Ha elsőként a hódmezővásárhelyi telep adatait vesszük, az 1., az 5. és a 15. havi átlagértékek között nem tapasztalunk ($p > 0,05$) eltérést. Ami leginkább szembevetődik, hogy a 2. és a 3. havi átlagadat számottevően ($p < 0,05$) alacsonyabban alakult, mint a 6.-14. havi értékek.

Az orosházi telep esetében már nem ennyire egyöntetűek az adatok a termelés vizsgált időszakában. A minimumértéket az 5. hónapban tapasztaltuk, mely szignifikánsan ($p < 0,05$) alacsonyabb a 9.-15. havi eredményekhez képest. Ugyanakkor a szomatikus sejttartalom maximumát a 15. hónap adatainak átlaga adta, de ez mindösszesen az 5. havi értékkel szemben mutat jelentős ($p < 0,05$) eltérést.

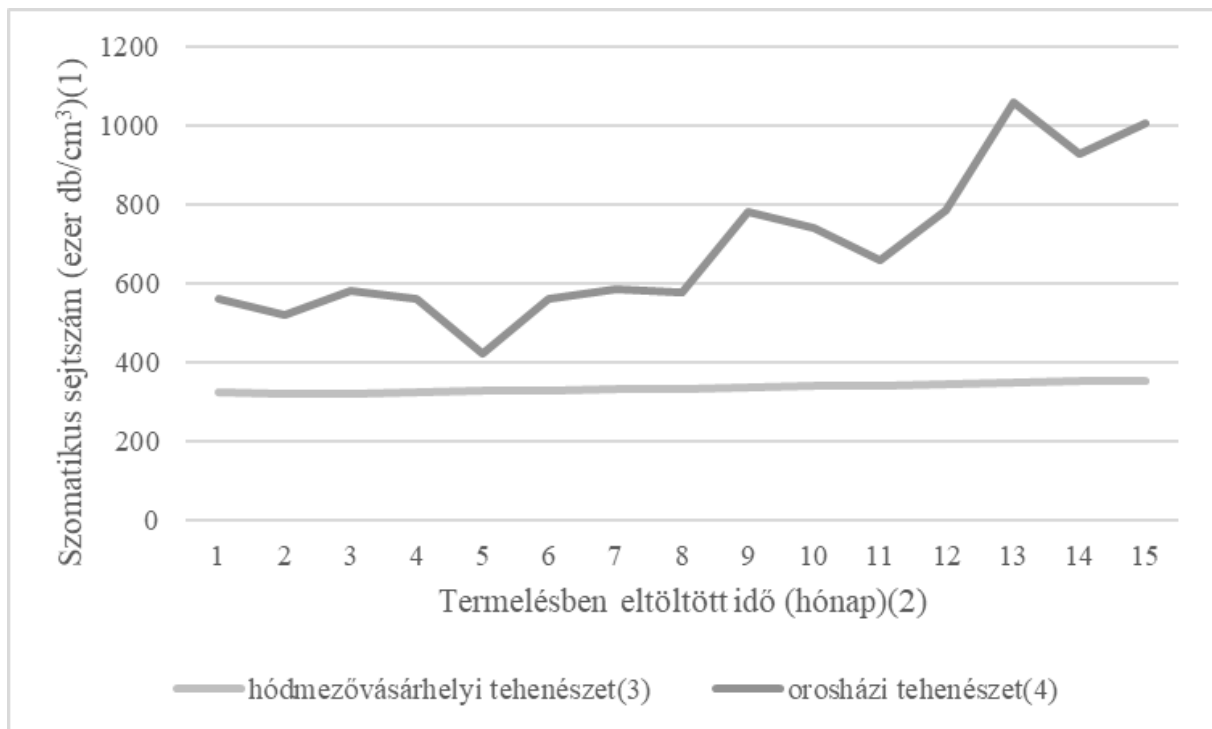
Az előző diagrammhoz hasonlóan alakul a 8. ábra is, mely a 2019-es évet mutatja be. A Csongrád-Csanád vármegyei tehenészet adatai közt számos esetben sem tapasztaltunk számottevő ($p < 0,05$) eltérést. Ugyanakkor a 2. és a 3. havi átlagértékek lényegesen ($p < 0,05$) kisebbek voltak többhavi adathoz képest (7., 9-11., 14., 15.). A legmagasabb érték, a 10. havi azonban csupán a 2. és a 3. havi értékkel mutat szignifikáns ($p < 0,05$) eltérést.

Ha az orosházi telep adatait szemügyre vesszük, a minimum értéket a 3. hónapban láthatjuk, mely jelentősen ($p < 0,05$) alacsonyabb, mint a 10.-14. hónapokban tapasztaltak. A legkimagaslóbb szomatikus sejttértéket a 12. hónap mutatja, mely szignifikánsan ($p < 0,05$) magasabb, mint az 1.-8. hónap eredményei, és átlépte a szomatikus sejtszámra vonatkozó nyerstejminőségi kategória határértékét.

A 9. ábra szemlélteti a 2020-as évre vonatkozóan, miként alakultak a telepeken a szomatikus sejttértékek a laktáció előrehaladtával. A hódmezővásárhelyi telep esetében a legalacsonyabb értéket a 2. hónap adataiból kaptuk, mely lényegesen ($p < 0,05$) alacsonyabb a 7.-14. hónapban tapasztaltakkal szemben. A maximumot a 13. havi átlag mutatja, mely szignifikánsan ($p < 0,05$) felülmúlja az 1.-4. hónapban számított átlagokat, de ebben az évben is jóval a minősítési kategória határértékén belül maradt.

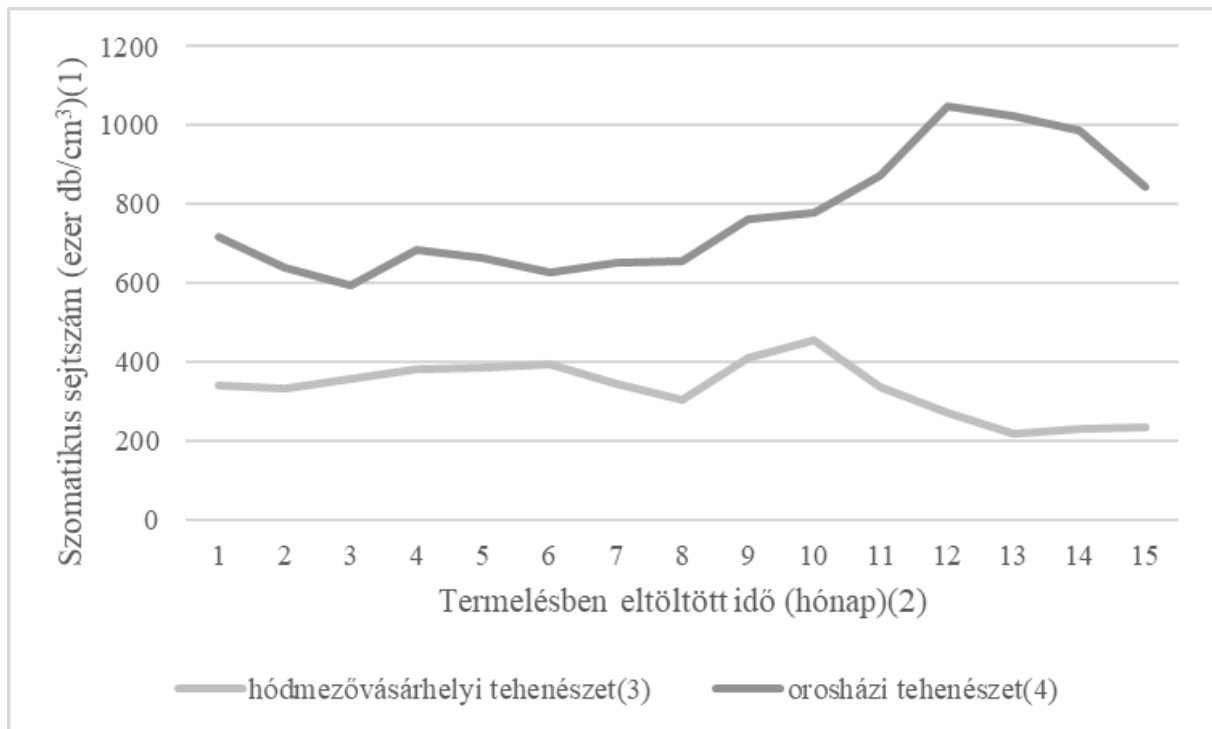
A másik telepen egyértelműen az 5. hónapban a legminimálisabb a megtermelt tej szomatikus sejtszáma, és számottevően ($p < 0,05$) kisebb a 9.-15. hónap eredményeihez képest. A 13. hónapban alakult a legmagasabb szinten a szomatikus sejtszám, mely szintén túllépte a határértéket.

Az előző ábrákat összefoglalva tehát kijelenthetjük, hogy mindhárom vizsgált évre igaz az, hogy a hódmezővásárhelyi telep egyedei szignifikánsan ($p < 0,05$) alacsonyabb szomatikus sejtszámú tejet termelnek átlagosan. Általánosan elmondhatjuk, hogy a laktációban eltöltött idő előrehaladtával növekszenek a szomatikus sejttértékek, ezt mindkét telep adataival végzett elemzéseink alátámasztják.



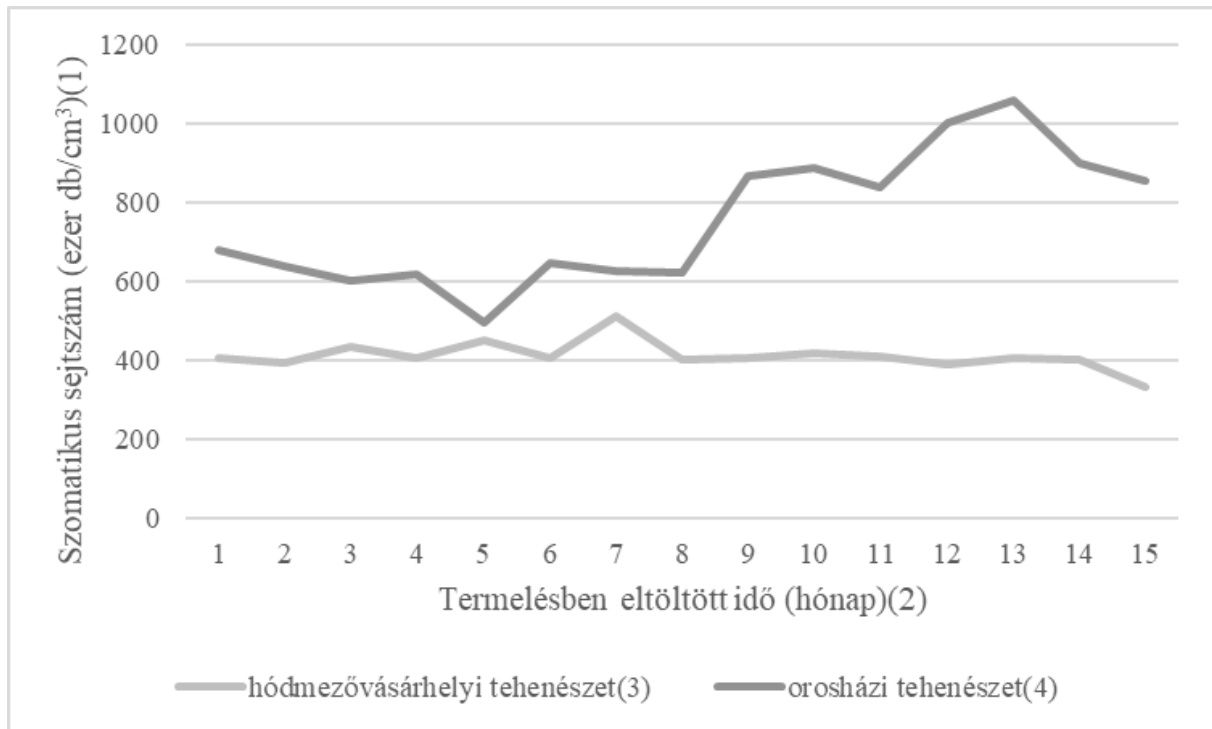
7. ábra. A szomatikus sejtszám alakulása a termelésben eltöltött idő függvényében (2018)

Figure 7. Evolution of the somatic cell count depending on the time spent in production (2018) *somatic cell counts (thousand cells per ml) (1), months of lactation (2), dairy herd at Hódmezővásárhely (3), dairy herd at Orosháza (4)*



8. ábra. A szomatikus sejtszám alakulása a termelésben eltöltött idő függvényében (2019)

Figure 8. Evolution of the somatic cell count depending on the time spent in production (2019) *somatic cell counts (thousand cells per ml) (1), months of lactation (2), dairy herd at Hódmezővásárhely (3), dairy herd at Orosháza (4)*



9. ábra. A szomatikus sejtszám alakulása a termelésben eltöltött idő függvényében (2020)

Figure 9. Evolution of the somatic cell count depending on the time spent in production (2020) *somatic cell counts (thousand cells per ml) (1), months of lactation (2), dairy herd at Hódmezővásárhely (3), dairy herd at Orosháza (4)*

Az évszakok hatása a szomatikus sejtszámra

Az utolsó vizsgálati részben a szomatikus sejttartalom változását elemezzük, miként hatnak rá az évszakok, mindezt a termelésben eltöltött idő függvényében ábrázoltuk. A kutatásba bevont teheneket jelen esetben nem a telepek szerint osztottuk két csoportra, hanem a mintavétel ideje szerint évszakonként 4 csoportra bontottuk azokat.

A 10. ábra szemlélteti a 2018-as évre vonatkozó adatok elemzését. Az egyes évszakok adatain belül a téli és a nyári időszakban tapasztaltunk a legkevesebb jelentős ($p < 0,05$) eltérést, ezen évszakok adatai a legegységesebbek.

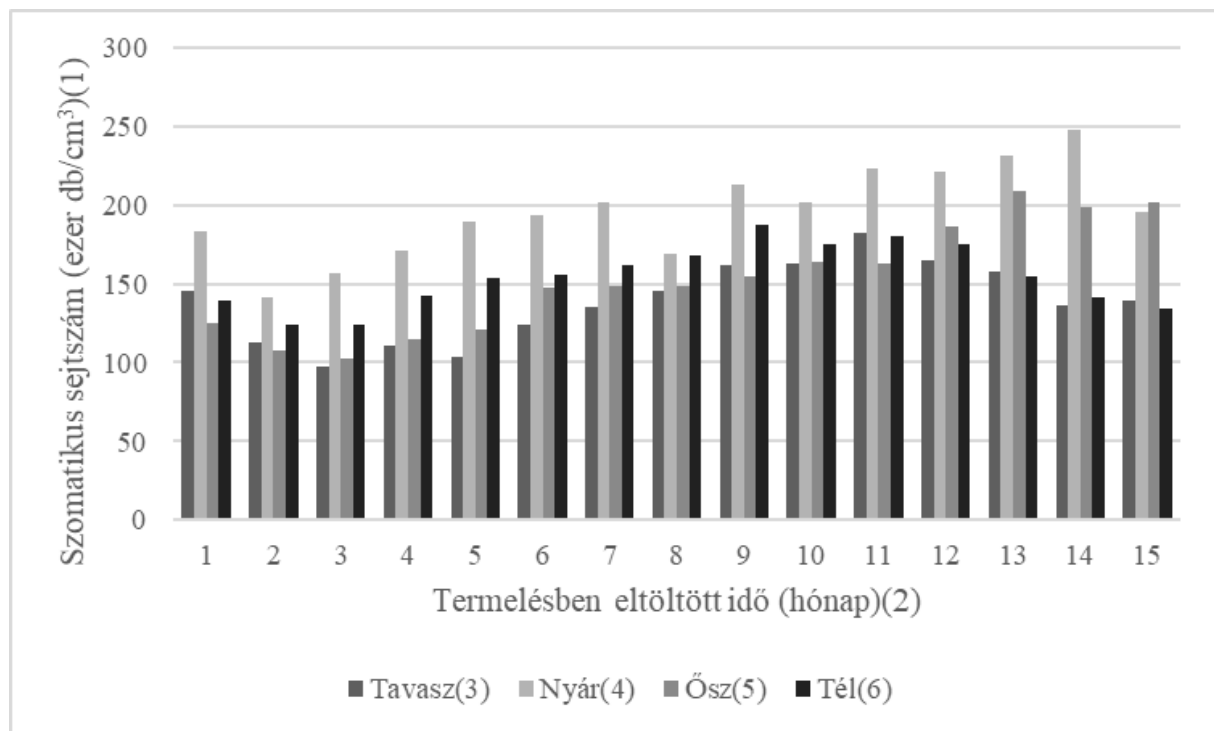
Az egyes évszakok közt mért értékek közt azonban már számos esetben tapasztaltunk jelentős különbségeket. A nyári adatok az 1., a 2., a 3., a 4., az 5., a 9. és a 11. hónapban szignifikánsan ($p < 0,05$) magasabban alakultak, mint az őszi időszakban mért értékek. A nyári és a tavaszi adatok közt is hasonló összefüggést találtunk több esetben, ahol szintén a nyári adatok bizonyultak számottevően ($p < 0,05$) magasabban. A 8., a 10., a 12. és a 13. hónapokban nem találtunk jelentős ($p < 0,05$) különbségeket az egyes évszakokban mért értékek között.

A 11. ábra a 2019-es év adatait szemlélteti. Az évszakokon belüli különbségek a tavaszi és a téli időszakban mutattak a legkevesebb szignifikáns ($p < 0,05$) különbségeket, ezen évszakok adatai a legegységesebbek a termelés általunk vizsgált időszaka alatt. Az egyes évszakok közt 2019-ben sem találtunk a laktáció minden hónapjában releváns ($p < 0,05$) különbségeket, így a 2., a 4., a 6., a 11., a 13., a 14. és a 15. hónapban sem. A nyári szomatikus sejtszámok jelentősen ($p < 0,05$) magasabbak voltak az ősziéknél a termelés 1., 3. és 5. hónapjában, a tavasziaknál pedig az elléstől számított 1., 3., 7. és a 9. hónapokban.

Ezekből az elemzésekből jól kivehető, hogy a nyári, melegebb időszakban bizonyítottam magasabb szomatikus sejtszámú tejet termelnek átlagosan az általunk vizsgált tehenek.

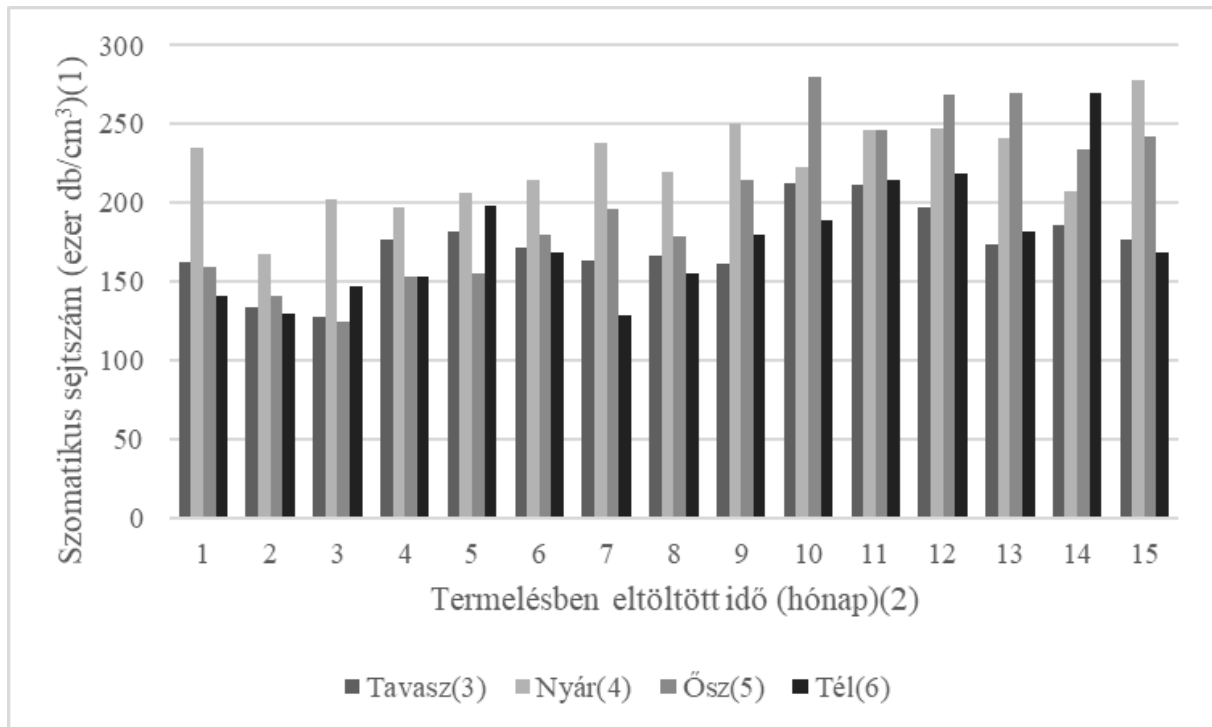
A tanulmányozásba bevont 3 év közül az utolsó, 2020-as esztendő mutatóinak illusztrálására készítettük a 12. ábrát. Először az egyes évszakokon belüli adatok közt néztük meg a különbségeket a laktációban, a legkevesebb szignifikáns ($p < 0,05$) eltérést a nyári adatok közt találtuk, így kijelenthetjük, statisztikai szempontból ebben az évszakban a leggyöngyöttebbek az adatok. Az évszakok közt ebben az időszakban sem találtunk minden esetben szignifikáns különbségeket, így az 5., a 6., a 9., a 10. és a 15. hónapban sem. A termelés első 4 hónapjában jelentősen ($p < 0,05$) alacsonyabban alakultak az ősszel mért adatok a nyári évszakhoz képest. A nyári időszakban mért értékek számos esetben lényegesen ($p < 0,05$) magasabban alakultak a tavaszi eredményekhez képest, így a laktáció 4., 7., 8., 11., 13. és 14. hónapjában is.

A három évnyi analízis egyértelműen rámutatott, hogy az általunk vizsgált két dél-alföldi telepen a tehenek a nyári évszakban számottevően ($p < 0,05$) magasabb szomatikus sejtszámú tejet termelnek.



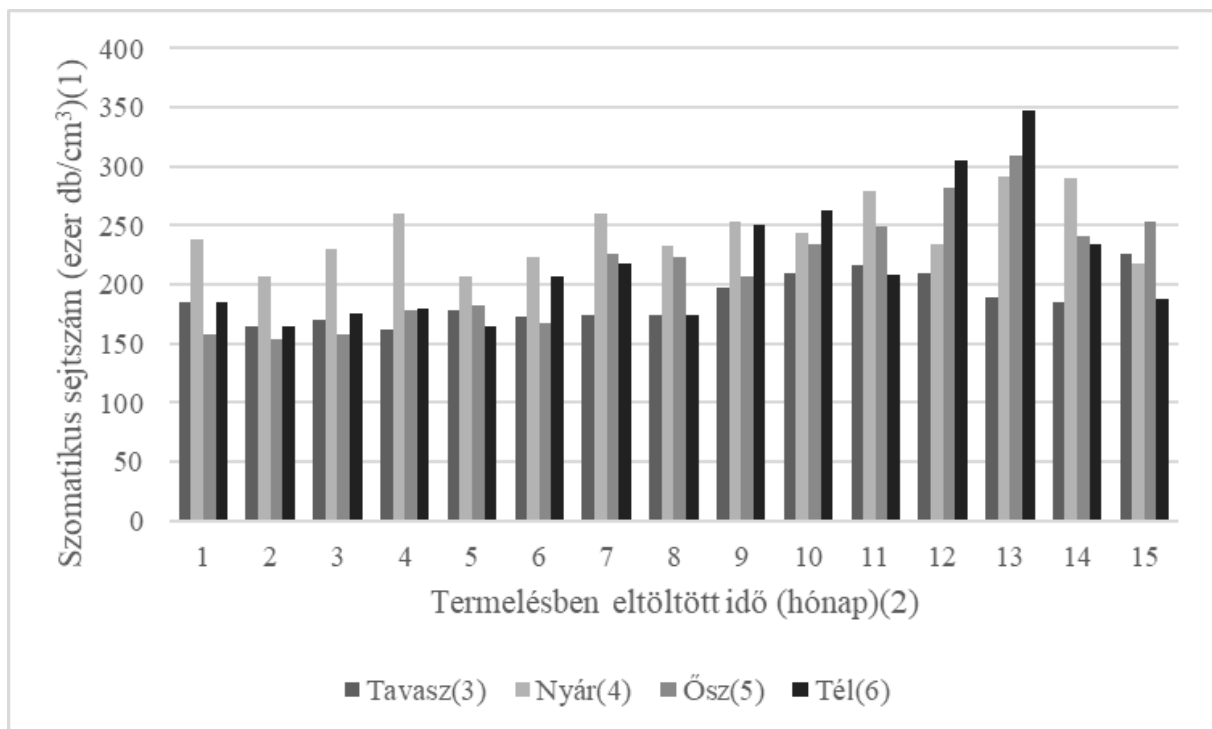
10. ábra. A szomatikus sejtszám alakulása a termelésben eltöltött idő függvényében az egyes évszakokban (2018)

Figure 10. Evolution of the somatic cell count depending on the time spent in production in each season (2018)
somatic cell counts (thousand cells per ml) (1), months of lactation (2), spring (3), summer (4), autumn (5), winter (6)



11. ábra. A szomatikus sejtszám alakulása a termelésben eltöltött idő függvényében az egyes évszakokban (2019)

Figure 11. Evolution of the somatic cell count depending on the time spent in production in each season (2019)
somatic cell counts (thousand cells per ml) (1), months of lactation (2), spring (3), summer (4), autumn (5), winter (6)



12. ábra. A szomatikus sejtszám alakulása a termelésben eltöltött idő függvényében az egyes évszakokban (2020)

Figure 12. Evolution of the somatic cell count depending on the time spent in production in each season (2020)
somatic cell counts (thousand cells per ml) (1), months of lactation (2), spring (3), summer (4), autumn (5), winter (6)

Következtetések és javaslatok

Összegezve tehát, a fejés jelentős szakértelmet igénylő munkafolyamat (Kovács 2013). A mindennapi tapasztalat az, hogy a fejőházi dolgozók általában tisztában vannak a megfelelő fejéstechnológiai műveletek sorrendjével, jelentőségével. Ennek ellenére, mivel a munkafolyamatok kissé futószalag szerűek, monotonitásuk miatt az egyes munkaműveletek felgyorsítása kihagyása nem ritka eset. Ezért elengedhetetlen a fejési munkaműveletek folyamatos ellenőrzése, a tej minőségének biztosítása érdekében. Negatív irányú változás esetében a háttérben álló problémákat fel kell kutatni és meg kell szüntetni.

Vizsgálataink alátámasztották, hogy a tehenek a második és a harmadik ellésüket követően képesek a legmagasabb tejtermelésre a vizsgált két tehenészetben. A harmadik laktációt követően általánosan csökken az általuk megtermelt tej mennyisége. A hódmezővásárhelyi tehenészet egyedei szignifikánsan ($p < 0,05$) magasabb tejmennyiséggel rendelkeztek átlagosan mindkét csoportosítási szempont - az ellések száma és a laktációban eltöltött idő függvényében való összevetés - alapján. Azonban fontos kiemelni, hogy az orosházi tehenészet jelentős átalakításokon, fejlesztéseken ment keresztül az elmúlt években, amelyet például a három év eredményeinek pozitív változása is teljes mértékben alátámaszt. Számításaink igazolták, hogy vizsgálatunk kezdő évéhez képest lényegesen magasabb tejet termelnek átlagosan a tehenészet egyedei.

A tej szomatikus sejtszámát illetően, szignifikánsan ($p < 0,05$) magasabb értékeket mértek az orosházi telepen a vizsgálatba bevont 3 év adatai alapján. Azonban folyamatosan dolgoznak, hogy csökkentsék a megtermelt tej szomatikus sejtszámát: a tőgygyulladásos egyedek termelésből való kivonásával, kezelésével, újabb, hatékonyabb tőgyelőkészítési protokoll bevezetésével és betartatásával, valamint a fejést követő utófürösztéssel, hogy két fejés közt lezárják a tőgybimbó nyílását, így megakadályozva, hogy baktériumok juszanak be a bimbócsatornába, ezzel tőgygyulladást okozva. Az istálló almozásával, tisztán tartásával. Ugyanakkor ki kell emelni, hogy a hódmezővásárhelyi tehenészetben mindhárom évben jóval a határérték alatti értékeket tapasztaltunk, ebben a nyerstej minősítési kategóriában.

Az évszakhatás szempontjából fontos kiemelni, hogy a nyári kánikulában magasabb szomatikus sejtszámú tejet állítanak elő a tehenek. Ennek magyarázatául szolgál, hogy a nyári fülledt melegben könnyebben terjednek a baktériumok. Ugyanakkor az is okozhatja, hogy a nyári meleg időben a tehenek is hamarabb fekszenek a pocsolyás, bélsárral szennyezett istálló/karám részre, így hűtve magukat, ez azonban növeli a kórokozók bejutásának esélyét a tőgybe, így kedvezve a tőgygyulladás kialakulásában.

Irodalomjegyzék

- Babinszky M. (1984): Szarvasmarha a kisgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, pp. 9–12.
Bakos G. (2013): A nyereséges tejtermelés hat tényezője (fordítás). Holstein magazin, 21(5), 48–49.
Bakos G. (2016): A tejtermelés eredményességét meghatározó tényezők - szubjektív szemmel. Holstein magazin, 24(2), 14–16.

- Béri B. (2014): Kevésbé elterjedt koncentrált tejű fajták. Az adottságokhoz igazodó gazdaságos tejtermelés. *Kistermelők lapja*, 58(6), 12-13.
- Horváth J., Komarek L. (2016): A világ mezőgazdaságának fejlődési tendenciái Hódmezővásárhely. *Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Kar, Hódmezővásárhely*, pp. 204-207. <https://doi.org/10.1556/9789634546030>
- Kovács P. (2013): A leggyakoribb fejéstechnológiai hibák, és ezek hatása a tőgyegészségügyre, *Holstein magazin*, 21(3), 32–36.
- Markus G. (2002) Kórokozó-profil a tehenészetek tőgyegészségügyi állományprogramjának kidolgozásában. *Holstein magazin*, 10, 9–10.
- Merényi I., Scheider F. (1999): A tej és termelése. *Gazda Kiadó, Budapest*, pp. 7.
- Ózsvári L., Antal L., Illés B.C., Bartyik J., Szenci O. (2001) A szubklinikai tőgygyulladás okozta tejtermelés-csökkenésből eredő veszteségek számszerűsítése az egyedi szomatikus sejtszám alapján. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 123, 10, 600–604.
- Ózsvári L., György K., Illés B.C., Bíró O. (2003) A tőgygyulladás által okozott gazdasági veszteségek számszerűsítése egy nagyüzemi holstein-fríz tehenészetben. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 125, 273–279.
- Tóth L., Bak J. (1994): Gépi fejés - A minőségi tejtermelés technikája. *Mezőgazda Kiadó, Budapest*, pp. 122.

A műre a Creative Commons4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik: CC-BY-NC-ND-4.0.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.



Correlations of production factors in automated milking system in a Hungarian dairy farm

Nawel Hlel^{1,2}, Gabriella Holló², Bence Bus³, Ágnes Süli⁴, Zsófia Nyúl², Miklós Gábor Szabari²

¹*Institute of Animal Science and Technology, Universitat Politècnica de València (UPV), 46022 Valencia, Spain.*

²*Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Animal Sciences, Department of Precision Livestock Farming and Biotechnology, 7400 Kaposvár, Guba Sandor 40, Hungary*

³*Farm Management Support Advisor, Lely Center Gödöllő, Hungary*

⁴*University of Szeged, Faculty of Agriculture, 6800 Hódmezővásárhely, Andrásy 15., Hungary*

Received/Érkezett: 09. 09. 2024.

Accepted/Elfogadva: 12. 02. 2024.

Abstract: Nowadays the use of automated milking systems (AMS) is increasingly popular as a technology that can reduce labor, increase milk production, and maximize profit. This study, which was carried out on a private dairy farm located in West Hungary, aimed to examine the relationship between AMS and production efficiency in lactating cows with herd sizes ranging from 267 to 322 Holstein-Friesian cows in the middle of lactation specifically 165 ± 10 days in milk. The result of this study indicates that on average, an AMS unit milked 49 ± 3 cows daily with each cow being milked 2.7 ± 0.1 times per day and producing a daily milk yield of 32.5 ± 1.3 kg per cow. The data was statistically analyzed using Pearson correlations and multiple linear regression analysis. The study found that daily milk yield was positively correlated with milking frequency ($r = 0.61$, $p < 0.01$) and negatively correlated with failed milkings ($r = -0.34$, $p < 0.01$) but had no correlation with refusals ($p > 0.05$). As we expected, a positive correlation was observed between the amount of concentrate offered in AMS per cow per day and both milk yield ($r = 0.52$, $p < 0.01$) and milking frequency ($r = 0.27$, $p < 0.01$). Finally, the fat content was negatively correlated with daily milk yield ($p < 0.05$) and the amount of concentrate, however, there was no correlation observed for protein content with daily milk yield or the amount of concentrate in the AMS ($p > 0.05$). Detailed knowledge of these factors such as milking frequency and concentrate intake associated with increasing milk yield by using AMS will help guide future recommendations to producers for maximizing milk yield and decreasing the cost on dairy farms.

Key words: milk yield, milking frequency, milking composition, automatic milking system (AMS), concentrate

Introduction

The EU is a significant participant in the global dairy industry, with a substantial share of production for various dairy products. In 2022, it produced about 160 million tonnes of raw milk. The increase in milk yield of dairy cattle coincides with multiple challenges imposed on the cows (Probo et al. 2018). During the past century, the dairy industry has embraced technological advancements to optimize its output and financial gains. There is a strong connection between technological advancements and structural changes in agriculture. The livestock industry's fascination with automation and precision technologies is continuously growing (Cogato et al. 2021). European dairy farms are presently undergoing a phase of transition to acclimate to modern dairy technology. The objective is to enhance various activities, such as management, consulting, physical labor, data collection, and analysis (McKinsey Global Institute, 2017). The persistent shortage of labor and the dairy farmers' aspirations to enhance their quality of life and professionalize their farms have resulted in the continuous evolution and modernization of dairy farming practices. This transformation has progressed from conventional bucket milking systems to tie-stall systems and milking parlors, and more recently, to the implementation of automatic milking systems (AMS). The adoption and proliferation of automated milking systems in European agriculture follow this trend. As of 2020, AMS manufacturers estimated that roughly 50,000 units were operational worldwide (Simões Filho et al. 2020). By 2025, it is projected that 50% of dairy farms in northwestern Europe will be equipped with AMS (Hansen et al. 2019). AMS farms generate significant volumes of data associated with the milking process, cow activity, concentrate feed intake, and rumination time. This data can be utilized to enhance the herd's production level and improve the welfare of the animals (De Koning, 2010). With the growing adoption of robotic milking, numerous studies have investigated the impact of automated milking on various factors. These include milk yield and quality (Lessire et al. 2020), animal behavior, health, and welfare (Piwczyński et al. 2020), herd management (Penry et al. 2018), and labor efficiency (Hansen and Stræte, 2020). Schewe and Stuart (2015) observed that the implementation of AMS has altered the dairy farm's operations and organization, leading to a restructuring of the relationships between farmers, animals, technology, and the environment. The objective of this study was to assess the impact of utilizing an Automatic Milking System on the production efficiency of dairy farms. The study examined various factors such as milk yield, milking frequency, visit time, feed intake, milk composition, and more.

Literature survey

Precision Livestock Farming (PLF) is a novel method of animal husbandry that employs advanced technologies to collect data on every animal within a farm by improving productivity. One of the most significant developments in some countries is the introduction of milking robots, or AMS, which has transformed the daily work of farmers and the relationship between farmers and animals (Hårstad, 2019). By 2020, AMS manufacturers predicted worldwide adoption of 50,000 units (Marcos et al. 2020), dairy farmers are increasingly evolving toward automation of their farms (Boscaro et al. 2015) automatic concentrate dispensers and automatic milking systems (AMS) have been utilized for years, and several manufacturers have introduced automatic feeding systems

(AFS) during the past decade (Unal and Kuraloglu, 2015). The application of this system delivers lower feeding costs, improved breeding performance, and healthy, productive cows (Lencsés et al. 2014). When considering the introduction of milking systems, several factors should be considered, such as the special features of the stable, the extra investment cost of the equipment compared to conventional milking, the potential yield and quality improvement, higher income, indirect effects such as fewer herd diseases, better production parameters, and possible subsidies (Lencsés et al. 2017).

Historical evolution of AMS

The number of dairy farms using an automatic milking system (AMS) is increasing rapidly, especially in Northwest Europe (Figure 1). The majority of AMS are in northern Europe (90%) and Canada (9%), with only about 1% located in the United States (de Koning, 2010). Though adoption rates have been slower in the States than in Europe, automatic milking systems seem to be on the rise (Marques et al, 2023).

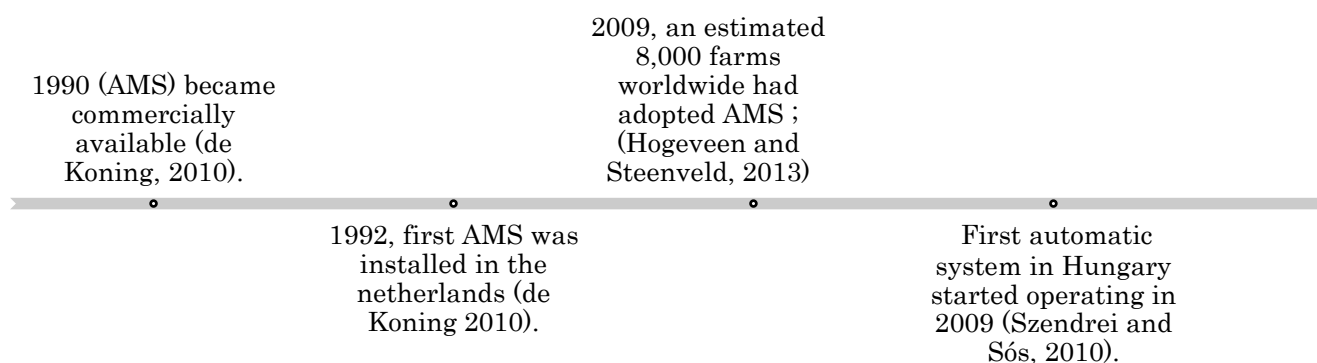


Figure 1. Evolution of AMS

According to Svennersten-Sjaunja and Pettersson (2008), the introduction of an AMS requires not only new milking technology but also a new management system that encompasses cow traffic, feeding, cow behavior, grazing, and milk quality. The use of AMS is most effective on farms with 60-260 cows (Gustavsson, 2010). Table 1 shows the benefits and disadvantages of the AMS.

In an AMS, in the standby position, the rear door is open, and the front door remains closed. When the cows voluntarily (motivated by the supply of concentrate) enter the milking box (de Koning et al. 2004) they will be detected by the infrared entry cell and then identified by their collar. The back door closes, and the computer checks if the cow is ready to milk. If so, she gets her dose of concentrate. Its mass is recorded using sensors located under the robot's cage. The system cleans the udder, milks the cow, and analyses the milk to detect any abnormalities (Freiss, 2009).

Table 1. Pros and cons of the introduction of AMS

Pros	Cons
Reduce the need for hired labour	Expensive cost between \$150,000 to \$200,000 (Bijl et al. 2007).
An increase in milk production is due to more frequent milking (Svennersten-Sjaunja and Pettersson, 2008).	Behavioural or conformational issues. For example, if a cow has an unfavourable teat position or variations in udder quarter size, cluster attachment may be challenging if teat cup attachment fails. (Bach and Busto, 2005).
Less time is spent on milking, and less need for relief in the cow house (Hansen 2015),	Requires approximately 3 to 4 weeks of intensive labour to achieve a success rate of 80 to 90% of cows voluntarily using the system (Jacobs et al. 2012).
Improve their quality of life and achieve a more flexible working day (Hårstad, 2019).	

Effect of AMS on Animal performance

Milk Yield: Automatic milking systems have the potential to increase milk production by up to 12%, decrease labor by as much as 18%, and simultaneously improve dairy cow welfare by allowing cows to choose when to be milked (Jacobs et al. 2012).

Milking frequency: Studies have shown that increasing milking frequency can increase milk production by up to 10.4 % when milking cows three times per day compared to twice Melin et al. 2005. Milking frequency depends on the cows' willingness to voluntarily visit the milking unit continuously during the day (Melin et al. 2005).

Milking intervals: Shorter milking intervals have been shown to increase milk production and reduce somatic cell count (SCC) in dairy cows (Wright et al. 2013).

Compositional Aspects: According to a study by Abeni et al. (2005), the type of milking system does not appear to have an impact on the protein and fat content in milk, nor does it affect the levels of lactose and urea in milk as found by Hopster et al. (2002). Instead, research suggests that the interval length between milkings and variation in milk yield per milking have more of an impact on fat content, as noted by Friggens and Rasmussen (2001). Some evidence exists indicating that levels of Free Fatty Acid (FFA) are increased in milk collected from farms that milk cows with AMS (de Koning and Rodenburg, 2004).

Milk Quality Aspects: Automatic milking units are fitted with sensors that measure milk quality, for instance, somatic cell count (SCC) and electrical conductivity (Jacobs et al. 2012). The milk's electrical conductivity (EC) is a measure of its concentration of anions and cations. Cows that are suffering from mastitis have an increased level of Na⁺ and Cl concentration in the milk, which increases the EC and can be detected with the robotic milking system (Hovinen and Pyörälä, 2011).

Environment: Recently, robotic milking systems allowed the estimation of methane emissions using towers equipped with fast-response methane sensors and wind speed/direction sensors, combined with atmospheric transport modelling. More specifically, it uses signal processing to detect burping peaks of methane (CH₄) released by dairy cows during robotic milking. It reduces environmental pressure by using resources more efficiently. By keeping the animal healthier, less will be out, which will

need to be replaced by fewer heifers, thus reducing the ecological footprint (Van Breukelen et al, 2023).

Materials and Methods

Study design

The study was carried out on a private dairy farm located in West Hungary. The farm was characterized by a free-stall system housing 294 lactating cows with concrete floor and surface scrapers for the frequent removal of manure equipped with a ventilation system. There are 6 singles AMS units installed in the barn, all of which are Lely Astronaut A5 models from Lely Industries, based in the Netherlands. The milking robots were purchased from their resources. The prevailing breed was Holstein-Friesian. The original data were collected over 3 months per AMS from October 2022 to January 2023. In total, 49 Holstein cows were milked daily per AMS unit. The days in milk were 165 (mid-lactation) with a total of 9542.3 kg of milk production per herd per day.

Data Collection

The data were collected from the farm management software. Every milking and refusal were registered with the following data: cow ID, date and time of the milking, milk yield (kg) as measured by the milk meters installed on each AMS unit, milk quality, and type of visit. The AMS automatically collected all data and saved it as "log files". These log files included classifications for three types of cow visits: milkings, refusals, and failures. Milkings indicated that the cow was milked normally, refusals indicated that the cow was not permitted to be milked and failures indicated that the milking was not successful. The log files were processed using MS-Excel to calculate various metrics such as mean milk yield (kg/d/cow), milking frequency (n/d), refusal frequency (n/d) and visit frequency (n/d), amount of concentrate offered (kg/cow/day) and milk fat and protein content (% of milk volume) for each day of each feed delivery treatment.

Statistical analysis

A statistical analysis was carried out using Lely T4C and SPSS 12 (IBM Statistical Package for the Social Sciences). Descriptive statistics were calculated for almost all the variables. Results were analysed statistically by Pearson linear correlations at 0.95 and 0.99 probability levels. A single-trait model was used to measure the effect of increasing milk yield per AMS per day. Multiple linear regression data analysis was applied to model the linear relationship between the dependent variable (milk yield) and the independent variables. The model expressed the value of the dependent variable as a linear function of the predictor variables and an error term.

Results and discussion

The study found that the Daily Milk Yield (DMY) at this AMS farm averaged 32.5 ± 1.3 kg/cow/day, consistent with Tse et al. (2018) who reported 32.6 kg/cow/day using the same technology (Table 2).

This surpasses the average milk yield of 28 kg/d reported by Nixon et al. (2009). The observed milking frequency of 2.7 ± 0.1 per cow per day exceeds Gygax et al. (2007) range

of 2.38 to 2.56, and Bach et al. (2009) reported values for free (1.7 to 2.2) and forced (2.4 to 2.5) cow traffic. However, Madsen et al. (2010) noted 2.96 milkings per cow per day, suggesting potential for increased throughput. The high milking frequency may result from the smaller herd size (49 ± 3 cows) compared to Dussault's (2001) recommended range of 60 to 70 cows per AMS. Increasing herd size should be carefully managed to maintain optimal conditions. The concentrate offered per cow per day averaged 6 ± 0.1 kg, aligning with Rodenburg and Kelton (2001), who reported between 1.8 and 7.7 kg. Unsuccessful milkings were infrequent (0.1 ± 0) compared to refusal or rejection (2 ± 0.5), comprising only 3.7% of total milkings. Fat and protein content averaged $3.4 \pm 0.2\%$ and $3.3 \pm 0.1\%$, respectively, like Bach et al. (2007) protein levels but slightly lower than their fat content.

Table 2. Descriptive statistics of the production and operation variables for the automatic milking system (AMS) in West Hungary (n =100)

Variable	Mean	Minimum	Maximum	SD ¹
Days in Milk (DIM)	165	149	181	10
Total Cows milked (n ²)	294	267	322	16
Cows per milking unit (AMS) (n)	49	45	54	3
Total Milk Yield (kg/per herd/day)	9542.3	8463.1	11050.7	535
Daily Milk yield per cow per day (kg)	32.5	28.9	36.0	1.3
Milking frequency per cow per day (n)	2.7	2.3	3.0	0.1
Refusals frequency per cow per day (n)	2	0.9	3.4	0.5
Unsuccessful frequency per cow per day (n)	0.1	0	0.2	0
Separated Milk per herd per day (kg)	251.6	81.8	602.3	110.9
Fat content (%)	3.4	3.1	3.7	0.2
Protein content (%)	3.3	3.2	3.5	0.1
Total cc intake (kg/herd/day)	1566.2	1171	1767	65.56
Average concentrate offered per cow per day (kg)	6.0	5.8	6.4	0.1
Rest of cc per AMS (kg)	0.6	0.4	1.1	0.1

¹= Standard deviation; ²= Number

Correlation between milking, failure frequency, and milk production

The study found a strong positive correlation between daily milk yield (DMY) and milking frequency ($r = 0.61$, $p < 0.01$) (Table 3). Using a single-trait model (Model 1), the R² value for DMY as a function of milking frequency was 0.37, indicating some information gained (Table 4). In contrast, a multivariate linear model (Model 5) with a forward stepwise method yielded a higher R² value (0.72), identifying significant predictors of DMY including milking frequency, concentrate intake, total feed intake, failed milkings, refusals, fat, and ruminating minute (Table 5).

Increasing milking frequency typically leads to a proportional rise in milk production, as supported by Melin et al. (2005), who noted a 2% to 12% increase when frequency increased from

two to three times a day. However, Gygax et al. (2007) found no impact on milk yield when the milking frequency was increased in AMS cows with flavoured feed. Automated milking's primary advantage lies in adjusting milking frequency based on physiological state and milk production. Numerous studies, such as Knight et al. (1998), justified that milk secretion rate directly correlates with milking frequency due to mechanisms governing local milk secretion control.

A negative correlation was found between daily milk yield (DMY) and failed milking frequency ($r = -0.34$, $p < 0.01$) (Table 3). Unsuccessful milking can decrease milk yield and increase the risk of udder health issues, negatively impacting production. The primary cause of unsuccessful milking was failed teat cup attachments (72.4%). Failure to redirect a cow for subsequent milking after an unsuccessful attempt can result in production losses and compromise dairy welfare. Daily milk yield was not correlated with refusal frequency ($p > 0.05$). However, a negative correlation was observed between total milk yield and refusal frequency ($r = -0.29$, $p < 0.01$) (Table 3). An increase in refusal frequency leads to decreased milk production per AMS per herd per day.

Additionally, a strong positive correlation between milking and refusal frequency was found ($r = 0.67$, $p < 0.01$). Furthermore, our study revealed a positive correlation between total milk yield and herd size (number of cows) ($r = 0.61$, $P < 0.01$). As the number of cows per robot increased, milking frequency and daily milk yield tended to decrease ($p < 0.05$), consistent with findings by Castro et al. (2012).

Table 3. Linear correlations between production variables of lactating cows on Automated Milking Systems (Pearson correlation, n=100).

Parameters	DIM	Nc	TMY	DMY	MF	Refusals	Unsuccess Jul	Separated milk	Total CC intake	CC in AMS	Rest of CC	Fat	Protein	Rumination
Days in milk	1	-0.29**	-0.37**	-0.13	- 0.1	0.31**	-0.06	0.16	-0.32**	-0.1	0.09	-0.59**	-0.37**	-0.01
Number of cows		1	0.61**	-0.32**	-0.39**	-0.49**	0.24*	-0.11	0.45**	-0.58**	0.20*	0.70**	0.25*	0.014
TMY (kg/herd/d)			1	0.55**	0.16	-0.29**	-0.08	-0.01	0.81**	-0.07	-0.16	0.46**	0.30**	0.11
DMY (kg/cow/d)				1	0.61**	0.18	-0.34**	-0.004	0.45**	0.52**	-0.43**	-0.20*	0.09	0.12
Milking frequency (n/d)					1	0.67**	-0.23*	-0.07	0.49**	0.27**	-0.81**	-0.25*	-0.13	-0.01
Refusals (n/d)						1	-0.22*	0.02	0.04	0.16	-0.53**	-0.45**	-0.27**	-0.03
Unsuccessful (n/d)							1	-0.24*	-0.06	-0.14	0.13	0.04	-0.1	0.13
Separated milk (kg/d)								1	-0.22*	-0.05	0.20*	-0.12	0.17	-0.22*
Total cc intake (kg/herd/d)									1	-0.135	-0.514**	0.38**	0.19	0.01
CC offered in AMS (kg /cow/d)										1	-0.014	-0.34**	0.07	0.105
Rest of cc (kg)											1	0.174	0.14	0.135
Fat (%)												1	0.25*	0.04
Protein (%)													1	-0.35**
Rumination (min)														

*= Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed); **= Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

DMI: Days in Milk, NC: Number of cows, TMY: Total Milk yield, DMY: Daily Milk yield, MF: Milking frequency, CC: Concentrate, n: number, d: day

**Table 4. Single-trait model and multiple regression analysis output using the forward stepwise method
(dependent variable: daily milk yield)**

Model	R	R ²	Adjusted R ²	Std. error of the estimate	Change statistics					Durbin-Watson
					R ² change	F change	df1	df2	Sig. F change	
1	0.61 ^a	0.37	0.37	0.91615	0.374	58.636	1	98	0.000	
2	0.72 ^b	0.51	0.50	0.81371	0.137	27.229	1	97	0.000	
3	0.78 ^c	0.60	0.59	0.73615	0.093	22.517	1	96	0.000	
4	0.80 ^d	0.64	0.63	0.70445	0.037	9.833	1	95	0.002	
5	0.82 ^e	0.67	0.66	0.67472	0.033	9.557	1	94	0.003	
6	0.84 ^f	0.71	0.69	0.63902	0.037	11.795	1	93	0.001	
7	0.85 ^g	0.72	0.70	0.62830	0.013	4.203	1	92	0.043	1.394

- a. Predictors: (Constant). Milking frequency.
b. Predictors: (Constant). Milking frequency. Average total concentrate intake.
c. Predictors: (Constant). Milking frequency. Average total concentrate intake.
d. Predictors: (Constant). Milking frequency. Average total concentrate intake. Unsuccessful.
e. Predictors: (Constant). Milking frequency. Average total concentrate intake. Unsuccessful. Refusals.
f. Predictors: (Constant). Milking frequency. Average total concentrate intake. Unsuccessful. Refusals. Fat.
g. Predictors: (Constant). Milking frequency. Average total concentrate intake. Unsuccessful. Refusals. Fat. Chewing.
h. Dependent Variable: average daily milk yield.

**Table 5. Single-trait model and multiple regression analysis output using the forward stepwise method
(dependent variable: total milk yield)**

Model	R	R ²	Adjusted R ²	Std. error of the estimate	Change statistics					Durbin-Watson
					R ² change	F change	df1	df2	Sig. F change	
1	0.81 ^a	0.66	0.66	235	0.660	190.044	1	98	0.000	
2	0.87 ^b	0.76	0.75	199	0.099	40.021	1	97	0.000	
3	0.88 ^c	0.78	0.77	192	0.018	7.922	1	96	0.006	
4	0.89 ^d	0.79	0.78	189	0.010	4.608	1	95	0.034	1.275

- a. Predictors: (Constant). Total concentrate intake (robot).
b. Predictors: (Constant). Total concentrate intake (robot). Failures.
c. Predictors: (Constant). Total concentrate intake (robot). Failures. Rest of concentrate.
d. Predictors: (Constant). Total concentrate intake (robot). Failures. Rest of concentrate. Unsuccessful.
e. Dependent Variable: total milk yield.

Effect of the concentrate supply in the AMS on production efficiency

Total milk yield per herd per day exhibited a strong positive correlation ($r = 0.81$, $p < 0.01$) with total feed intake of concentrate (Table 3). Additionally, our study found a positive correlation between the amount of concentrate offered in the AMS per cow per day and both daily milk yield (DMY) per cow per day and milking frequency (MF) ($r = 0.52$, $r = 0.27$, $p < 0.01$). Conversely, the amount of remaining concentrate in the robot was negatively correlated with both DMY and MF ($r = -0.43$, $r = -0.81$, $p < 0.01$). Henriksen et al. (2018) noted increased milk yield with higher concentrate allocation, and Menajovsky et al. (2018) observed a tendency for increased milk yield.

Our findings align with previous research, showing that cows receiving a low concentrate amount and not fetched were milked 2.4 ± 0.1 times per day, while those receiving a high concentrate amount and not fetched were milked 2.7 ± 0.1 times per day, consistent with Bach et al. (2007). However, Halachmi et al. (2005) found no difference in milking attendance comparing different daily concentrate allowances at the AMS. Despite the common practice of feeding large quantities of concentrate, controlled studies suggest increasing concentrate quantity in the AMS doesn't necessarily improve visits or milk yield (Bach et al. 2007; Hare et al. 2018). In line with findings from Bach et al. (2007), no significant correlations were observed between refusal frequency and concentrate offered in the AMS ($p > 0.05$). However, negative correlations were identified between total milk yield/total concentrate intake and days in milk ($r = -0.37$; $r = -0.32$, $p < 0.01$) respectively, indicating that increased days in milk resulted in decreased milk production and concentrate intake. This may be explained by the high persistence of the robotic herd, and this could be the object of further investigation. Interestingly, days in milk exhibited a positive correlation with refusal frequency ($r = 0.31$, $p < 0.01$), as shown in Table 4.

Correlations between milk composition, milk yield, and feed intake

Examining milk production and cow traits (see Table 2), we found significant negative correlations between fat content and daily milk yield (DMY) ($r = -0.20$, $p < 0.05$), as well as between fat content and milking frequency ($r = -0.25$, $p < 0.05$). Fat percentage increases as milk yield decreases, likely due to energy allocation for body temperature maintenance. Additionally, a negative correlation was observed between fat content and AMS concentrate quantity ($r = -0.34$, $p < 0.01$), indicating a decrease in milk fat with increased concentration. However, protein content showed no significant correlations with DMY, milking frequency, or AMS concentrate quantity ($p > 0.05$) (see Table 3). Fat and protein content were negatively correlated with days in milk (DIM) ($r = -0.59$; $r = -0.37$, $p < 0.01$), respectively, while separated or poor-quality milk was negatively correlated with failed milking ($r = -0.23$, $p < 0.05$).

Conclusions

Milkings frequency was usually considered as an indicator of robot performance and researchers focused on ways to optimize it. It showed wide variability and positive correlation ($p < 0.01$) with daily milk yield. Consequently, with this increase in milking frequency, the average milk yield per cow per day would increase. In contrast, a negative correlation was observed between DMY and failed frequency ($p < 0.01$).

Daily milk yield per cow and milking frequency were positively correlated with the amount of concentrate offered in AMS per cow per day ($p < 0.01$).

Fat content did negatively correlate with daily milk yield. Milking frequency and amount of concentrate offered in automated milking systems ($p < 0.05$).

For protein content no correlations were observed with daily milk yield, milking frequency as well as the amount of concentrate in the AMS ($p > 0.05$).

Detailed knowledge of these factors such as milking frequency and concentrate intake associated with increasing milk yield by using AMS will help guide future recommendations to producers for maximizing milk yield and decreasing the cost on dairy farms.

Continuously monitoring and adjusting the concentrate offering based on individual cow requirements can help maximize milk yield and optimize cow nutrition.

An integrated approach to milk quality: While the focus of the study was on milk yield and composition, a comprehensive approach to milk quality is essential. Additional research and monitoring can be conducted to evaluate other quality parameters such as somatic cell count, bacterial count, electrical conductivity, and other milk components that may impact overall milk quality. AMS can maximize milk production, improve milk composition, ensure overall herd health and welfare, and decrease the cost of dairy farms.

References

- Abeni, F., Degano, L., Calza, F., Giangiacomo, R., Pirlo, G. (2005): Milk quality and automatic milking: Fat globule size, natural creaming, and lipolysis. *Journal of Dairy Science*, 88, 3519–3529. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73037-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73037-X)
- Bach, A., Busto, I. (2005): Effects on milk yield of milking interval regularity and teat cup attachment failures with robotic milking systems. *Journal of Dairy Research*, 72, 101–106. <https://doi.org/10.1017/S0022029904000585>
- Bach, A., Devant, M., Iglesias, C., Ferrer, A. (2009): Forced traffic in automatic milking systems effectively reduces the need to get cows but alters eating behavior and does not improve milk yield of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 92, 1272–1280. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1443>
- Bach, A., Iglesias, C., Calsamiglia, S., Devant, M. (2007): Effect of amount of concentrate offered in automatic milking systems on milking frequency, feeding behavior and milk production of dairy cattle consuming high amounts of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 90, 5049–5055. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0347>
- Boscaro, D., Pezzuolo, A., Grigolato, S., Cavalli, R., Marinello, F., Sartori L. (2015): Preliminary analysis on mowing and harvesting grass along riverbanks for the supply of anaerobic digestion plants in north-eastern Italy. *Journal of Agricultural Engineering*, 46(3), 100–104. <https://doi.org/10.4081/jae.2015.465>
- Castro, A., Pereira, J. M., Amiama, C., Bueno, J. (2012): Estimating efficiency in automatic milking systems. *Journal of Dairy Science*, 95, 929–936. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3912>
- Cogato, A., Brščić, M., Guo, H., Marinello, F., Pezzuolo, A. (2021): Challenges and tendencies of automatic milking systems (AMS): A 20-year systematic review of literature and patents. *Animals*, 11(2), 356. <https://doi.org/10.3390/ani11020356>
- De Koning, C.J.A.M., Rodenburg, J. (2004): Automatic milking: State of the art in Europe and North America, 25–37.

- De Koning, K. (2010): Automatic milking—Common practice on dairy farms. Proc. Second North Am. Conf. Robotic Milking, Toronto, Canada, Precision Dairy Operators, Elora, Canada, V59–V63.
- Dussault, M. (2001): Les systèmes de traite robotisée et leurs technologies. Symposium sur les bovins laitiers, CRAAQ https://www.agrireseau.net/bovinslaitiers/documents/2001_marcel_dussault.pdf.
- Lencsés, E., Kovács, A., Dunay, A., Mészáros, K. (2007): Changes to the HACCP system in a dairy farm due to the installment of an automatic milking system. 16(6), 313–319. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.205906>
- Freiss, J. (2009) Évolution de la qualité du lait lors de l'installation d'un robot de traite : description et facteurs de variation. Thèse Doct., École nationale vétérinaire de Nantes, pp 214.
- Friggens, N. C., Rasmussen, M. D. (2001): Milk quality assessment in automatic milking systems: Accounting for the effects of variable intervals between milkings on milk composition. *Livestock Production Science*, 73, 45–54. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00228-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00228-7)
- Gustavsson, A. (2010): Automatiska Mjölkningsystem - Så Påverkas Arbetstid Och Arbetsmiljö. JTI informerar, No. 124, JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik.
- Gygax, L., Neuffer, I., Kaufmann, C., Hauser, R., Wechsler, B. (2007): Comparison of Functional Aspects in Two Automatic Milking Systems and Auto-Tandem Milking Parlors. *Journal of Dairy Science*, 90, 4265–4274. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0126>
- Halachmi, I., S. Ofir, Miron. J. (2005): Comparing two concentrate allowances in an automatic milking system. *Animal Science*, 80, 339–344. <https://doi.org/10.1079/ASC40480339>
- Hansen, B.G. (2015): Robotic milking-farmer experiences and adoption rate in Jæren, Norway. *Journal of Rural Studies*. 41, 109–117. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2015.08.004>
- Hansen, B.G., Herje, H.O., Höva, J. (2019): Profitability on dairy farms with automatic milking systems compared to farms with conventional milking systems. *International Food and Agribusiness Management Review*, 22, 215–228. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2018.0028>
- Hansen, B.G., Stræte. E.P. (2020): Dairy farmers' job satisfaction and the influence of automatic milking systems. *NJAS - Wageningen Journal of Life Science*, 92, 100328. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2020.100328>
- Hare, K., DeVries, T., Schwartkopf-Genswein, K., Penner, G.B. (2018): Does the location of concentrate provision affect voluntary visits, and milk and milk component yield for cows in an automated milking system? *Canadian Journal of Animal Science*, 98, 399–410. <https://doi.org/10.1139/cjas-2017-0123>
- Hårstad, R.M.B. (2019): Bonden, familien og melkeroboten – en ny hverdag. Research report. <https://hdl.handle.net/11250/3013496> (last assessment: 30 August 2024)
- Henriksen, C.S., Munksgaard, L., Weisbjerg, M.R. (2018): Short-term responses in production and behavior during periods of change in concentrate allowance for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101, 7942–7953. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14624>
- Hogeveen, H., Steenveld, W. (2013): Integrating it all: Making it work and pay at the farm Proc. Precision Dairy 2013, University of Minnesota, Rochester, MN. St. Paul, pp. 113–121.
- Hopster, H., Bruckmaier, R. M., Van der Werf, J. T. N., Korte, S. M., Macuhova, J., Korte-Bouws, G., van Reenen, C.G. (2002): Stress responses during milking: Comparing conventional and automatic milking in primiparous dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 85, 3206–3216. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74409-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74409-3)
- Hovinen, M., Pyörälä, S. (2011): Invited review: Udder health of dairy cows in automatic milking. *Journal of Dairy Science*, 94, 547–562. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3556>

- Jacobs, J., Siegford, J. (2012): The impact of automatic milking systems on dairy cow management, behavior, health, and welfare. *Journal of Dairy Science*, 95, 2227–2247. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4943>
- Knight, C.H., Peaker, M., Wilde, C.J. (1998): Local control of mammary development and function. *Review of Reproduction*, 3, 104–112.
- Lessire, F., Moula, N., Hornick, J., Dufrasne, I. (2020): Systematic review and meta-analysis: Identification of factors influencing the milking frequency of cows in automatic milking systems combined with grazing. *Animals*, 10, 913. <https://doi.org/10.3390/ani10050913>
- Madsen, J., Weisbjerg, M. R., Hvelplund, T., (2010): Concentrate composition for automatic milking systems —Effect on milking frequency. *Livestock Science*, 127,45–50. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.08.005>
- Marcos, L., Filho, S., Lopes, M.A., Brito, S.C., Rossi, G., Conti L., Barbari, M. (2020): Robotic milking of dairy cows: A review. *Semina Ciências Agrárias*, 41, 2833–2850. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n6p2833>
- Marques, T.C., Lage, C.F.A., Bruno, D.R., Fausak, E.D., Endres, M.I., Ferreira, F.C., & Lima, F.S. (2023). Geographical trends for automatic milking systems research in non-pasture-based dairy farms: A scoping review. *Journal of Dairy Science*, 106, 7725–7736. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23313>
- McKinsey Global Institute. (2017): A future that works: Automation, employment, and productivity. *Future-that-works-Executive-summary*. Accessed 3rd May 2021.
- Melin, M., Svennersten-Sjaunja, K., Wiktorsson, H. (2005): Feeding patterns and performance of cows in controlled cow traffic in automatic milking systems. *Journal of Dairy Science*, 88, 3913–3922. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73077-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73077-0)
- Menajovsky, S.B., Walpole C.E., DeVries, K.S. Schwartzkopf-Genswein, M.E. Walpole, G.B. Penner (2018): The effect of the forage-to-concentrate ratio of the partial mixed ration and the quantity of concentrate in an automatic milking system for lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 101, 9941–9953. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14665>
- Nixon, M., Bohmanova, J., Jamrozik, J., Schaeffer, L.R., Hand, K., Miglior, F. (2009): Genetic parameters of milking frequency and milk production traits in Canadian Holsteins milked by an automated milking system. *Journal of Dairy Science*, 92, 3422–3430. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1689>
- Piwczyński, D., Brzozowski, M., Sitkowska B. (2020): The impact of the installation of an automatic milking system on female fertility traits in Holstein-Friesian cows. *Livestock Science*, 240, 104140. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104140>
- Probo, M., Pascottini, O.B., LeBlanc,S., Opsomer, G., Hostens,M. (2018): Association between metabolic diseases and the culling risk of high-yielding dairy cows in a transition management facility using survival and decision tree analysis. *Journal of Dairy Science*, 101, 9419–9429. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14422>
- Rodenburg, J. Kelton, D.F. (2001): Automatic Milking Systems in North America: Issues and Challenges Unique to Ontario, *Proc. of the 40th Ann. Mtg. of the National Mastitis Council*, pp 162.
- Schewe, R., Stuart, D. (2015): Diversity in agricultural technology adoption: How are automatic milking systems used and to what end? *Agriculture and Human Values*, 32, 199–213. <https://doi.org/10.1007/s10460-014-9542-2>
- Simões Filho, L.M., Lopes, M.A., Brito, S.C., Rossi, G., Conti, L., Barbari,M. (2020): Robotic milking of dairy cows: A review. *Semina Ciências Agrárias*, 41, 2833–2850. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n6p2833>

- Svennersten-Sjaunja, K.M., Pettersson, G. (2008): Pros and cons of automatic milking in Europe. *Journal of Animal Science*, 86, 37–46. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0527>
- Szendrei, Z., Sós, Sz. (2010): Robotfejés a gyakorlatban – az első fél év tapasztalatai. *Holstein Magazin*, 18, 60–62.
- Tse, C., Barkema, H. W., DeVries, T. J., Rushen, J., Pajor, E. A. (2018): Impact of automatic milking systems on dairy cattle producers' reports of milking labor management, milk production, and milk quality. *Animal*, 12, 2649–2656. <https://doi.org/10.1017/S1751731118000654>
- Unal, H., Kuraloglu, H. (2015): Determination of operating parameters in milking robots with free cow traffic. *Engineering for Rural Development*, 14, 234–240.
- Van Breukelen, A.E., Aldridge, M.N., Veerkamp, R.F., Koning, L., Sebek, L.B., de Haas Y. (2023): Heritability and genetic correlations between enteric methane production and concentration recorded by GreenFeed and sniffers on dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 106, 4121–4132. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22735>
- Wright, J.B., Wall, E.H., Mcfadden, T.B. (2013): Effects of increased milking frequency during early lactation on milk yield and udder health of primiparous Holstein heifers. *Journal of Animal Science*, 91, 195–202. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5692>

A műre a Creative Commons4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik: CC-BY-NC-ND-4.0.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

