

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

Sáfár Orsolya

MOSONMAGYARÓVÁR

2006

**NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI
KAR
MOSONMAGYARÓVÁR
ÁLLATTUDOMÁNYI INTÉZET**

*Az állati termék-előállítás biológiai, technológiai,
ökológiai, takarmányozási és ökonómia kérdései
doktori iskola*

Doktori Iskola vezetője:

Dr. Schmidt János
egyetemi tanár

**Az állati terméktermelés nemesítési és tartástechnológiai
vonatkozásai
program**

Programvezető:

Kovácsné Dr. habil Gaál Katalin
intézetigazgató, egyetemi tanár

Témavezető:

Kovácsné Dr. habil Gaál Katalin
intézetigazgató, egyetemi tanár

**A MAGNÉZIUM-ADAGOLÁS HATÁSA A
TYÚKOK TERMELÉSI
TULAJDONSÁGAIRA**

Írta:

Sáfár Orsolya

Mosonmagyaróvár
2006

**A MAGNÉZIUM-ADAGOLÁS HATÁSA A TYÚKOK
TERMELÉSI TULAJDONSÁGAIRA**

Írta:

Sáfár Orsolya

**Készült a Nyugat-Magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és
Élelmiszertudományi Kar**

*Az állati termék-előállítás biológiai, technológiai, ökológiai, takarmányozási és
ökonómia kérdései*
Doktori Iskola

*Az állati terméktermelés nemesítési és tartástechnológiai
vonatkozásai*
programja keretében

Témavezető: Kovácsné Dr. habil. Gaál Katalin

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton.....%-ot ért el,

Mosonmagyaróvár,

.....
a Szigorlati Bizottság Elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen/nem)

Első bíráló (Dr.) igen/nem

(aláírás)

Második bíráló (Dr.) igen/nem

(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján%-ot ért el.

Mosonmagyaróvár,

A Bírálóbizottság elnöke

Doktori (PhD) oklevél minősítése.....

Az EDT elnöke

Tartalomjegyzék

1. ABSTRACT	6
2. KIVONAT	8
3. BEVEZETÉS.....	10
4. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	12
4.1 A MAGNÉZIUM SZEREPE AZ ÁLLATI SZERVEZET FELÉPÍTÉSÉBEN ÉS MŰKÖDÉSÉBEN.....	12
4.1.1 <i>Az ásványianyagok szerepe az állati szervezetben</i>	<i>12</i>
4.1.2 <i>Magnézium az állati szervezetben</i>	<i>13</i>
4.1.3 <i>A magnézium felszívódása és kiválasztása.....</i>	<i>14</i>
4.1.4 <i>Magnézium a vérben.....</i>	<i>17</i>
4.2 A MAGNÉZIUM SZEREPE A BIOKÉMIAI FOLYAMATOKBAN	19
4.2.1 <i>A magnézium és komplexei az állati szervezetben</i>	<i>19</i>
4.2.2 <i>A magnézium, az adenosin-trifoszfát (ATP) és a mitokondriumok kapcsolata</i>	<i>20</i>
4.2.3 <i>A magnézium és az oxidatív foszforiláció</i>	<i>22</i>
4.2.4 <i>A magnézium szerepe a glikolízisben</i>	<i>25</i>
4.2.5 <i>A riboszómák magnéziumigénye</i>	<i>25</i>
4.2.6 <i>A magnézium és a sejtmembrán permeabilitása</i>	<i>26</i>
4.2.7 <i>A magnézium szerepe az ingerület-átvitelben.....</i>	<i>27</i>
4.3 A MAGNÉZIUM SZEREPE A TOJÓTYÚKOK TAKARMÁNYOZÁSÁBAN	28
4.3.1 <i>Ásványianyagok jelentősége a takarmányban</i>	<i>28</i>
4.3.2 <i>Ásványianyagok a tojásban</i>	<i>30</i>
4.3.3 <i>A tojótyúk magnéziumigényének meghatározása.....</i>	<i>34</i>
4.3.4 <i>Hipo- és hipermagnazémia tojótyúkokban</i>	<i>36</i>
4.3.4.1 <i>Magnézium-túladagolás</i>	<i>37</i>
4.3.4.2 <i>Magnéziumhiány</i>	<i>38</i>
4.3.5 <i>A takarmány-kiegészítőként alkalmazott különböző magnézium-források hatékonysága tojótyúkokban.....</i>	<i>42</i>
4.3.6 <i>A magnézium-kiegészítés hatásai</i>	<i>44</i>
4.3.6.1 <i>A magnézium-kiegészítés hatása a tojáshéj minőségére, összetételére</i>	<i>44</i>
4.3.6.2 <i>A tojások keltethetőségének és héjminőségének kapcsolata a magnézium-kiegészítés függvényében</i>	<i>46</i>
4.3.6.3 <i>Magnézium-adagolás hatása a tojás-darabszámra, a tojássúlyra, valamint a tyúkok takarmány-fogyasztására</i>	<i>47</i>
4.4 A MAGNÉZIUM SZEREPE AZ EMBRIÓFEJLŐDÉSBN.....	50
4.4.1 <i>Ásványianyag-forgalom az embrió fejlődése során</i>	<i>50</i>
4.4.2 <i>Az máj szerepe az embrionális anyagcserében</i>	<i>53</i>
4.4.3 <i>Magnézium-kiegészítés hatása az embriófejlődésre ...</i>	<i>55</i>

5. SAJÁT VIZSGÁLATOK	57
5.1 A KÍSÉRLET CÉLKITŰZÉSEI	57
5.2 ANYAG ÉS MÓDSZER	57
5.2.1 Kísérleti állatok és takarmányozásuk.....	57
5.2.2 Kelési % kiszámítása	63
5.2.3 Embrióboncolás.....	63
5.2.4 A tojótyúkok magnézium-hasznosítása	64
5.2.5 Az eredmények statisztikai értékelése	64
5.2.6 A kísérletek során alkalmazott kémiai vizsgálatok.....	65
6. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	66
6.1 A KELTETÉS PARAMÉTEREINEK VIZSGÁLATA	66
6.2 AZ EMBRIÓ BELSŐ SZERVEINEK VIZSGÁLATA	71
6.3 A BELSŐ SZERVEK MAGNÉZIUM-TARTALMÁNAK VIZSGÁLATA.....	79
6.4 A TYÚKOK MAGNÉZIUM-HASZNOSÍTÁSA	80
7. KÖVETKEZTETÉSEK	90
7.1 A MAGNÉZIUM HATÁSA A KELTETHETŐSÉGRE.....	90
7.2 A MAGNÉZIUM HATÁSA A TOJÁSSÚLYRA ÉS A NAPOSCSIBÉK SÚLYÁRA.....	91
7.3 A MAGNÉZIUM HATÁSA AZ EMBRIÓFEJLŐDÉSRE	92
7.4 A MAGNÉZIUM HATÁSA AZ EMBRIÓ LÉTFONTOSSÁGÚ BELSŐ SZERVEIRE	93
7.5 A TYÚKOK MAGNÉZIUM-HASZNOSÍTÁSA	94
8. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	99
9. ÖSSZEFOGLALÁS	101
9.1 EREDMÉNYEK	102
10. SZAKIRODALOM JEGYZÉKE	105
11. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	131

1. Abstract

Magnesium is involved in many biochemical processes. Its action is closely associated with calcium and phosphorus. Experimental data indicate the economic potential of magnesium feeding in the improvement of animal production. The precise determination of magnesium requirement of farm animals is necessary, depending on the stage of growth, performance and reproduction of the animals.

The aim of the study was to investigate the effects of magnesium supplementation on the parameters of egg producing for breeding, hatching yields and embryonic development and the mineral content of intestines of chick embryo.

Three magnesium rations were applied in the experiments (Mg 1. 300, Mg 2. 400, Mg 3. 500 mg Mg/day) in the form of the product HAMAG LP.

It can be stated, that magnesium feeding benefits the quality of breeding eggs, improves hatching yield.

With the increase of magnesium supplementation the growth of the embryo showed a linear increase at all the four times of dissection.

Furthermore we investigated the weight of the viscera (the brain, the liver, the heart, the stomach) of embryo at the age of 14, 16, 18 and 20 days. In comparison with the

control, there were not observed consecutive gain on weight of the viscera in the test groups. The magnesium content of the viscera organs of the embryo did not demonstrate changes following the magnesium feeding either days of the dissection.

As a summary we can state that magnesium feeding benefits the quality of breeding eggs, improves hatching yield, raise the eggweight and the embryoweight but magnesium does not incorporate into the viscera of the embryo although brain and liver may have a function of storing organs for magnesium intake above the requirement.

2. Kivonat

A magnézium biokémiai folyamatokban betöltött szerepe igen jelentős az állati szervezetben. Hatásmechanizmusa szorosan kapcsolódik a kalcium és a foszfor működéséhez. Az állati termelésben a pótlólagos magnézium-etetés gazdasági jelentőségét számos tudományos kutatás támasztja alá. Gazdasági állataink magnéziumigényének pontos meghatározása különösen indokolt, mert az ásványianyag-igény nem csak fajtól, fajtától függ, hanem tartástechnológiai és termelési körülmények is befolyásolhatják.

Kísérletemben azt a célt tűztem ki, hogy megvizsgáljam a magnézium-adagolás hatását a tenyésztóságok súlyára, keltethetőségére, a kikelt naposcsibék átlagsúlyára, az embriófejlődés intenzitására, az embrió létfontosságú belső szerveinek súlyváltozására, magnézium-tartalmára, továbbá megvizsgáltam a tojótyúkok magnézium-hasznosítását is.

Az előzetes kutatások eredményeit figyelembe véve kísérletemben három szinten adagoltam magnéziumot: 300 (Mg 1.), 400 (Mg 2.), 500 (Mg 3.) mg Mg/nap, HAMAG LP készítmény formájában.

A magnézium-adagolás kedvezően befolyásolta a keltetési eredményeket, és az embriófejlődést. Annak ellenére, hogy a 20. napi boncoláskor az embriósúly mindhárom

kísérleti csoportnál meghaladta a kontroll csoport embriósúlyát, a napos csibemérésnél a kísérleti csoportok eredményei elmaradtak a kontrolltól.

A keltetés 14., 16., 18. és 20. napján megvizsgáltam az embrió létfontosságú szerveinek (agy, szív, máj, gyomor) súlyváltozásait. A kísérleti csoportok embrionális szerveinél nem mutatkozott következetes súlyváltozás a kontrollhoz viszonyítva.

Az embrió zsigereinek magnézium-tartalma a laboratóriumi vizsgálatok során sem a magnézium-adagolás hatására, sem a boncolási napok előrehaladtával nem változott.

A magnéziumszint növelése ugyanezen elem retenciójának emelkedését okozta a magnéziummal kezelt csoportokban. Összefoglalóan megállapítható, hogy a magnézium-adagolás kedvezően befolyásolja a tenyésztetés minőségét, javítja a kelési eredményeket, a tojás- és embriósúlyt, ugyanakkor nem épül be az embrió belső szerveibe annak ellenére, hogy az agy és a máj raktározó szervnek számít a szükségleti értéken felüli magnézium-bevitel esetében.

3. Bevezetés

Ahhoz, hogy háziállataink szervezetének működése kifogástalan legyen, valamint hogy haszonállataink termelése megfelelő gazdasági eredményt mutasson, elengedhetetlen az adott mennyiségű és beltartalmi értékű takarmány alkalmazása. Előzetes tudományos kutatások alapján az életfenntartó szükségleti értékeket, valamint az átlagos termeléshez kialakított takarmányok táplálóanyag-értékét szabványok rögzítik. Ezek az állattenyésztésben alkalmazott takarmányozási szabványok különös figyelmet fordítanak a takarmányok fő táplálóanyag-értékeire. Ide tartozik a nyersfehérje, a nyerszsír, a nyersrost, az energiatartalom stb.

Az utóbbi évtizedekben kitenyésztett nagyteljesítményű új fajták és hibridek megjelenése maga után vonta az igények pontosabb meghatározását, elsősorban vitamin- és ásványianyag-kiegészítés tekintetében. Ezek az állományok ugyan kiváló genetikai adottságokkal rendelkeznek, de képességeiket csak a számukra kialakított tartási és takarmányozási feltételek mellett képesek realizálni. Ez vonatkozik a kettőshasznosítású, kevésbé intenzív fajtákra is. Az elmúlt pár év kutatásai rámutattak arra, hogy az ásványianyagok között találhatunk olyan makro-, illetve mikroelemeket, melyek

az alaptakarmányozási szabványban rögzített értéken felül kiegészítő premixként adagolva a genetikailag nagy értékű fajták és hibridek esetében a termelés fokozódását eredményezhetik.

A szervezet működését jótékonyan befolyásoló ásványianyagok vizsgálatok során számos makro- és mikroelem mellett igazolták a magnézium-kiegészítés életfolyamatokra gyakorolt kedvező hatását. A magnézium hatékonyságával kapcsolatos tudományos kutatások elsősorban a humán gyógyászat területén bizonyították eredményességüket. Az emberi vonatkozásokban folytatott magnézium-kísérletek sikere ösztönözte a kutatókat arra, hogy eredményeiket az állattenyésztés területén is felhasználják.

Saját vizsgálataimmal ezekhez a kísérletekhez kívántam csatlakozni abból a célból, hogy megfigyeljem a kiegészítésként adagolt magnézium hatását a tyúkok termelési eredményeire.

4. Irodalmi áttekintés

4.1 A magnézium szerepe az állati szervezet felépítésében és működésében

4.1.1 Az ásványianyagok szerepe az állati szervezetben

Az ásványianyagok sokféle feladatot látnak el az állati szervezetben. A csontvázrendszer alkotóelemeiként biztosítják a vázrendszer strukturális stabilitását, alkotórészei a fogaknak, továbbá bizonyos szerves vegyületeknek, így a fehérjék és a lipidek egy részének, amelyek az izomrendszer, a létfontosságú szervek és más lágy szövetek felépítésében is részt vesznek. Az ásványianyagok számos enzim aktivátorai, illetve a metalloenzimek aktív centrumát képezik. Emellett oldott sók formájában különböző funkciókat látnak el a vérben és más testfolyadékban (*Mézes, 2003*).

Az ásványianyagokat makro- és mikroelemek csoportjába soroljuk, attól függően, hogy g/kg, vagy mg/kg illetve µg/kg nagyságrendben fordulnak elő. A szervezetben előforduló létfontosságú elemek közül a szén, a nitrogén, az oxigén és a hidrogén nem tartozik az ásványianyagok közé. A makroelemek mindegyike, míg a mikroelemek

nagy része az állati szervezet életfolyamatai szempontjából esszenciálisnak, míg más részük esetlegesen esszenciálisnak vagy esetenként potenciálisan toxikusnak tekinthető (*Henry és Miles, 2001*).

A természetben előforduló 94 elem közül 32 található meg az állati szervezetben. Kémiai elemzéskor az izzítás során a hamuban visszamarad 28 elem. Ezek közül 16 esszenciális elem szerepét ismerjük. A szervezetben betöltött szerepük alapján statikai funkciót betöltő, homeosztázist fenntartó és enzimfunkciót ellátó elemeket különböztetünk meg. A magnézium e felosztás szerint a homeosztázist fenntartó elemek közé sorolható (*Kovácsné Gaál, 1992; Lall, 1989*).

4.1.2 Magnézium az állati szervezetben

Az állati szervezet mintegy 0,05 % magnéziumot tartalmaz testsúlyarányosan. Ennek közel 60 %-át a csontokban, 40 %-át a lágy szövetek sejtjeiben és megközelítőleg 1 %-át az extracelluláris folyadékban találhatjuk (*Rook és Storry, 1962; Bigi és mtsai, 1992*). Fiatal állatokban a csontokból mobilizálható mennyiség 30 %, ami a kor előrehaladtával fokozatosan csökken. A csontvázban lévő magnézium a csont szerves felülete és a testnedvek közötti heteroionos kicserélődési folyamat eredménye.

Nagyrészt Mg^{2+} és $MgOH^+$ -formában kötődik elektrosztatikus vonzás segítségével. *Blaxter* (1956) szerint a teljes csontváz részt vesz a magnézium mobilizálásában a kiürítéskor, míg *Smith* (1961) úgy találta a csontváz analízisekor, hogy a mobilizálás elsősorban az ujjpercekből, a csigolyákból valamint a bordákból történik. Ezt bizonyította juhokban az intravénás magnézium-adagolás, mert az ily módon történt beadás után az egyes csontok specifikus aktivitásában jelentős különbségek mutatkoztak (*Günther*, 1985).

Az ásványianyagok eloszlása testrészek szerint változik minden faj esetén. Tyúkokban az ásványianyagok nagyobb mennyiségben találhatóak az izomzatban, mint kakasok esetében (*Myoungheon és Sangkeun*, 1999). Tojótyúkokban az egyes szervek magnézium-koncentrációja csökkenő tendenciát mutatott a tojásrakást megelőző időszakban (*Ogawa és mtsai*, 1999).

4.1.3 A magnézium felszívódása és kiválasztása

A magnézium a vékonybél falán át szívódik fel passzív diffúzióval. Felszívódási sebességét a bélnedv és a vérplazma közti koncentráció-különbség határozza meg. Ha a plazma Mg-szintje magas, a felszívódás romlik (*Bronner és Thompson*, 1961). Az endogén magnézium-

veszteségek között a legnagyobb részt a bélsárral való kiürülés teszi ki. A különböző háziállatokban az emésztőrendszer és a bélcsatorna eltérő felépítése miatt a kiválasztási és az abszorpciós folyamatok eltérőek. A magnézium-kiválasztást befolyásolja a vastagbél hosszúsága, az áthaladás sebessége, a pH és a mikrobiális aktivitás. A madarak magnézium-ürítésének pontos meghatározásakor figyelembe kell vennünk, hogy az emésztőkészülék, a húgy- és ivarszervek közös kivezetőnyílásban, a kloákában végződnek. Így a takarmány magnézium-tartalmának felhasználása a takarmánnyal bevitt és a bélsárral kevert vizelettel, továbbá a tojással ürült magnézium különbségéből határozható meg (*Karsai, 1982; Ferment és Touitou, 1985*).

A vese elsődleges szerepet játszik a magnéziumszint szabályozásában. ²⁸Mg izotóppal végzett vizsgálatok azt mutatták, hogy a magnéziumionok a vizeletbe elsősorban a glomerulusokban való szűrés után, transztubuláris áramlással, vagy a tubuláris hámon való diffúziót követően kerülnek, nem pedig aktív, vagy nettó szekréció eredményeként. A glomerulusok által kiszűrt, vagy a tubulusok által reabszorbeált magnézium mennyiségét befolyásoló tényezők hatnak a vizelettel történő magnézium-kiválasztásra (*Bronner és Thompson, 1961*). A

vizelet magnézium-tartalma és a plazma magnéziumszintje között szoros kapcsolat van (*Karsai, 1982; Ferment és Touitou, 1985*).

Hipermagnazémia esetén gyenge veseműködést figyelhetünk meg, míg a hipomagnazémia kialakulását a vese túlműködése okozza (*Agus és mtsai, 1982*).

Elsődleges magnézium-tárolónak a szervezet vázrendszerét tekinthetjük. A csontozatból illetve a csontozatba való vándorlását több hormon is szabályozza: parathormon, kalcitonin, ösztrogének.

Bain (1954) megállapítása szerint a magnézium és a tiroxin közötti funkcionális kapcsolat során a magnézium akadályozza a tiroxin működését az oxidatív foszforiláció folyamatában. A pajzsmirigy-működés szabályozásához egy optimális tiroxin-magnézium egyensúly szükséges (*Gluszek, 1975; Loughhead és mtsai, 1991*).

Így tehát hatással van az endokrin mirigyek működésére, ezáltal a létfontosságú belső szervek, valamint az izmok magnézium-tartalmára is (*Welsh és mtsai, 1981; Shils, 1980*). Normális ellátottsági szint esetén sertésekben az izom magnézium-tartalma 0,066 % száraz tömegre számítva, a szívizom magnézium-tartalma pedig 0,072 % (*Günther és Mohme, 1985*). *Lahucky és munkatársai*

(2003) kísérletükben azt igazolták, hogy magnézium-oxid adagolásával növelhető a sertések izomzatának magnézium-tartalma, melynek következtében csökken a hús csepegési vesztesége, tehát ebből a szempontból javul a húsminőség.

4.1.4 Magnézium a vérben

A vérplazma magnézium-tartalmát természetesen számos tényező befolyásolja, többek között az etetett takarmányok magnézium-tartalma, a felszívódást befolyásoló faktorok, a hőmérséklet-ingadozások, amelyek a pajzsmirigyműködés aktivitását befolyásolják, és így a magnéziumionok és a tiroxin közötti kapcsolat révén hatnak a vérplazma magnéziumszintjére (*Günther és Mohme, 1985*).

Az állatok életkora és fajtája is jelentősen befolyásolja a szérum ezen ásványianyag-tartalmát. A cerebrospinalis folyadék magnézium-koncentrációja kissé magasabb, mint a vérplazmáé. A normális magnézium-koncentráció a vérplazmában bikaborjakban 0,9 mmol/l, tejelő tehenekben 1,00 mmol/l, juhokban 0,97-1,20 mg/100 cm³, sertésekben 3,50 mg / 100 cm³ (*Chicco és mtsai, 1973; Boling és mtsai, 1979; Samson és mtsai, 1982*).

A vérben lévő magnézium mennyisége szorosan összefügg tehát az állati szervezetben lejátszódó hormonális változásokkal. A vér magnéziumszintjét elsősorban a parathormon befolyásolja a kalcium-koncentráció szabályozása révén. A $2,2 \text{ mmol/dm}^3$ –nél kisebb kalciumszint 1 mmol/dm^3 feletti magnéziumszinttel jár együtt (Gönye, 1987). A parathormon mellett szabályozó szerepet játszik az aldoszteron és a D-vitamin is. Az extracelluláris tér magnézium-tartalmát elsősorban a veseműködés regulálja (Agus és mtsai, 1982; Johansson, 1982). Waddell és munkatársainak (1991) vizsgálatai kimutatták, hogy tojáshéj-képződéskor csökken a tyúkok vérszérumának magnézium- és kalciumszintje. Ezt a folyamatot szintén egy összetett hormonális hatás támogatja.

A vérplazma magnézium-tartalmának értékelésekor feltétlenül figyelembe kell venni a Ca : Mg, P : Mg (Ca+Mg) : P arányokat is. A fent említett hormonális tevékenység szabályozásán túl az elemek egymáshoz viszonyított aránya ugyancsak befolyásolja a vér magnéziumszintjét (Günther és Mohme, 1985).

4.2 A magnézium szerepe a biokémiai folyamatokban

A magnézium biokémiai folyamatokban betöltött szerepe három fő területre terjed ki: a makroerg vegyületek szintézisére; a proton és elektronátvivők szintézisére a redoxifolyamatokban; az enzimek szintézisére, valamint aktiválására (*Kovácsné Gaál, 1992*).

A magnézium az állati szervezetben megközelítőleg 300 enzimátikus folyamatban vesz részt, többek között a foszfát-csoportokat szállító kinázok, valamint foszfatázok és szintetázok működéséhez szükséges (*Nemesánszky és Gerencsér, 1992*).

4.2.1 A magnézium és komplexei az állati szervezetben

A magnéziumnak két fő- és négy mellékvegyértéke van. A biológiai rendszerekben általában komplex vegyületeket alkot. A metalloenzimek aktív centruma magasabb energiaállapotban van, mint az enzim többi része. Ezt az energiadús, nem természetes állapotot *Williams* (1971) után entatikus állapotnak nevezzük. A metalloenzimek entatikus állapotban lévő része – amely legtöbb esetben a fém és környezete – nagyon hajlamos különböző kémiai reakciókra. A különböző fémproteinek (pl. kataláz)

aktivitása is ilyen entatikus állapotú komplex létezésével magyarázható.

A magnéziumionok és a kalciumionok olyan kétértékű kationok, melyek kapcsolódás szempontjából előnyben részesítik az oxigéntartalmú gyököket (pl. foszfát- és karboxilát-csoport). A kalcium nagyobb hatékonysággal képes ezen csoportokhoz kapcsolódni, ezért már relatíve kisebb mennyiségben is háttérbe szorítja a magnéziumot. A két kation a foszfát- vagy karboxilát-csoport között hidat képezve a szerves molekulák stabilitásában játszik szerepet (Coulomb-féle kölcsönhatás). Ilyen módon a magnézium a DNS szerkezetének stabilizálásában a foszfát – magnézium hidakon keresztül jelentős szerepet játszik. Ezáltal biztosítja, hogy a mitózis és a génexpresszió során a nukleinsav szerkezetének állandó változása mellett is fennmaradjon a fiziológiás, háromdimenziós rend (*Ohlenschläger*, 1992).

4.2.2 A magnézium, az adenzin-trifoszfát (ATP) és a mitokondriumok kapcsolata

A Coulomb-féle affinitás-összefüggéssel érthető meg, hogy a foszfát-csoportokat átvivő, foszfát-észtereket hasító vagy szintetizáló enzimek aktivitása nagymértékben

függ a magnézium-ellátottságtól. Ekképpen a trifoszfátok szerkezeti stabilitása is magnéziumfüggő.

Az ATP az élő szervezet minden sejtjében előfordul. Az élő szervezetben lejátszódó legtöbb – szabadenergia-változással járó – folyamat az ATP szintézisével vagy elbomlásával kapcsolatos. Az ATP minden reakciójában fontos szerepet játszik a magnézium, mint koenzim (*Rubin és Chu, 1978; Ohlenschläger, 1992*).

Valamennyi mitokondrium elsődleges funkciója az, hogy a tárolt kémiai energiát (szénhidrátok, zsírok stb.) oxidáció útján felszabadítsa és a foszforilálással (ATP-képzés) összekapcsolja. Így a mitokondriumok az ATP-szintézis legfontosabb helyei. A mitokondrium kerekded, vagy pálcika alakú, néhány μm nagyságú és 10^{-13}g szárazanyagtömegű sejtszervecskék. Sejtenkénti számuk 20-2500 között változik. Energetikai hatásra az intracelluláris folyadék felvételével, illetve leadásával képesek megváltoztatni térfogatukat. A megduzzadt mitokondriumok összehúzódását az ATP csak magnézium jelenlétében tudja kiváltani. Kicsiny ($\text{pMg}=4-2,3$) magnézium-koncentráció esetén a magnézium-tartalom növelése fokozza az ATP képződését. Mivel a magnéziumhiány egymaga is előidézhetheti a duzzadást, ebből következik, hogy a mitokondriumok duzzadása a

magnézium-koncentrációval fordítottan arányos (Ohlenschläger, 1992).

4.2.3 A magnézium és az oxidatív foszforiláció

Az oxidatív foszforiláció tipikus, mitokondrium szerkezetéhez kötött energia-szolgáltató folyamat. Az oxidatív légzés a citromsavciklusban redukálódott NADH és FADH hidrogénjének és a molekuláris oxigénnek vízzé egyesítése. Az így felszabadult energia ATP-képződésben hasznosul. Ez az oxidatív foszforiláció (Zieve, 1975; Paymaster, 1976).

A citromsavciklusban keletkezett NADH és FADH molekuláris oxigénnel közvetlenül nem képesek reagálni. Oxidálódásuk a citokrómrendszeren át történik, a mitokondriumokban. A NAD és a citokrómok közötti elektronvándorlást a magnézium stimulálja. Ehhez a folyamathoz a szükséges optimális magnézium-koncentráció $10^{-4} - 10^{-5}$ mol/dm³. Ezt a magnézium-mennyiséget nem találjuk meg az intramitokondriális vizes fázis szabad kationjai között, mivel az összes magnézium kétharmada szorosán a membránhoz kötötten helyezkedik el. A magnéziumion növeli az ATP-áz kötődését a mitokondrium membránjához. Ez az enzimmembrán kötődés anélkül következik be, hogy a

kötődési pontok száma szaporodott volna. Ez csak úgy lehetséges, hogy a magnéziumion, az enzim és a membrán között elhelyezkedve egy speciális ún. terciér komplexet hoz létre. Ez a komplex megkönnyíti az energia átadását (*Saris és mtsai, 2000*). Az elektrontranszport-lánc tagjai szorosan kötődnek a membránhoz, és csak kötött állapotban fejthetik ki hatásukat. Ha az elektrontranszport és az O₂-felvétel ATP szintézise nélkül megy végbe, ezt ún. szétkapcsolt (uncoupling) állapotnak nevezzük. Ilyen esetekben az ATP-képződés helyett csak hő termelődik. A magnéziumion jelenléte az ATP-képződésnek, míg a csökkent magnéziumion-koncentráció a szétkapcsolt állapotnak kedvez (*Ahsan, 1997*). Tehát az oxidatív foszforilációban a magnézium szerepe kettős: struktúrafenntartó és enzimaktivátor. Ezért mondhatjuk, hogy a magnézium a szervezet energetikai folyamataiban részt vevő ATP -áz kofaktora (*Lopez Martinez és mtsai, 1997; Miles, 2000; Bohl és Volpe, 2002*).

A sejtmembrán felületén különböző ATP-ázok végzik az ATP hidrolízisét. Az ATP-áz magnéziumhiányban nem hidrolizálja az ATP-t, mivel aktivitása csekély. Az izomkontrakció egyik molekuláris eleme a miozin, amelynek ATP-áz aktivitása van. A kontrakció energiaforrása az ATP. Az ATP- Mg- miozin komplex kölcsönhatása révén tesz szert a miozin a kontrakcióhoz

szükséges extra energiára (*Nemesánszky és Gerencsér, 1992*).

A Ca- és a Mg- ATP-ázok aktivitása a tojásrakási folyamatokban lévő tyúk és fürj méhének mitokondrium- és mikroszóma-frakciójában lényegesen nagyobb, mint a szexuálisan inaktív madarak méhében (*Kovácsné Gaál, 1992*).

Voinova és munkatársai (1982) brojler kakasok szervezetében vizsgálták a különböző szintű magnézium-adagolás enzimműködésre irányuló hatásait. Az 56 napon át tartó kísérletben 4 csoportra osztották az állatokat. A kontroll csoport alaptakarmányt, az egyes kísérleti csoportok pedig 100, 300 és 500 mg/kg magnézium-kiegészítést kaptak. 100 mg/kg magnézium-adagolással szignifikáns ($P < 0,01$) növekedést figyeltek meg a p-nitrofenil-foszfataz, az ATP-áz és az 5'-nukleotidáz enzim aktivitásában a bélnyálkahártyában. Nagyobb mennyiségű magnézium etetésekor ez a figyelemreméltó változás nem mutatkozott.

Egy japán kutatócsoport (*Umeda és mtsai, 2003*) csirkeembriók szemlencséjéből elkülönített egy foszfataz enzimszoprotot. Laboratóriumi körülmények között bizonyították, hogy ennek az enzimszoprotnak a

szabályozásában kizárólag magnézium- és kalciumionok vesznek részt. Míg a magnézium az aktiválásban, addig a kalcium az enzimgátlásban játszik szerepet.

4.2.4 A magnézium szerepe a glikolízisben

A magnézium jelentős szerepet tölt be a glikolízisben. A cukorbontás a citoplazmában lejátszódó enzimatikus részreakciókon keresztül megy végbe. E folyamatokban az optimális szabad magnézium-koncentráció a sejtben 0,5 mmol/kg. A magnézium azáltal fejt ki hatását, hogy a reakciópartnereket, pl. komplexálással, közelebb hozza egymáshoz a térben, elősegítve a kedvező ütközést (*Rosol és Capen, 1996*).

4.2.5 A riboszómák magnéziumigénye

A magnézium fontos szerepet tölt be a riboszómák szerkezetének fenntartásában is. A riboszómák gömbalakú alegységekből épülnek fel, melyek csaknem 1:1 arányban proteinből és RNS-ből állnak. A riboszómák feladata a fehérjeszintézis lebonyolítása. Szerkezeti stabilitásukhoz 10^{-3} mol/kg magnézium-koncentráció szükséges. Ha a magnézium-koncentráció 10^{-4} mol-ra csökken, akkor a riboszóma alegységeire válik szét. Ha a magnézium-koncentrációt 10^{-2} mol-ra növeljük, akkor két

alapriboszóma egyesül, dimerizálódik. Sem az alegységek, sem a dimerek nem képesek az aminosavakat proteinné szintetizálni. Az alegységek kapcsolódása és a dimerek képződése reverzibilis és a magnézium-koncentráció függvénye. A fehérjeszintézis csaknem kizárólag poliriboszómákon játszódik le. A poliriboszómákban az alapriboszómák gyöngysorszerűen kapcsolódnak össze, de csak a kritikus 10^{-3} mol/kg magnézium-koncentráció esetén. Az optimális polimerizáltság foka fehérjénként változik. A riboszómát alkotó fehérjéket és az RNS-eket magnéziumion köti össze ún. alapriboszómává oly módon, hogy a kétértékű magnézium az alegységek közötti elektrosztatikus taszítóerőt lecsökkentve lehetővé teszi az addhízió érvényesülését. A magnézium a riboszómán kétféle kötésben fordul elő. A gyengébb kötésű dialízissel lecserélhető, az erősebben kötött magnézium valószínűleg az RNS-hez tartozik, és azt köti össze a fehérjével (Rubin, 1975; Ohlenschläger, 1992).

4.2.6 A magnézium és a sejtmembrán permeabilitása

A magnézium fontos szerepet játszik a sejtmembrán permeabilitásának kialakításában. A sejtekben az alapvető életfolyamatok a membránok által határolt terekben, a membránokhoz kapcsolódva történnek. A magnézium közvetlen membrán-stabilizációs hatása abban nyilvánul

meg, hogy a magnézium-tartalom csökkenésével növekszik a membrán kálium-, nátrium- és kalciumion áteresztése (Rubin, 1975). A mitokondriumokkal végzett vizsgálatok azt mutatták, hogy a magnéziumionok a membrán felületén, a foszfolipideken kötődnek meg és már 5 mmol/kg magnézium-koncentrációnál telítődnek. Magnéziumhiány esetén lecsökken a sejten belüli káliumszint, ugyanakkor megnövekszik a kalcium- és nátriumszint. Ezért a magnézium nélkülözhetetlen szerepet játszik az intracelluláris nátriumszint csökkentésében, ezáltal a keringési zavarok megelőzésében (Zumkley és Lehnert, 1984; Roof és Maguire, 1994).

4.2.7 A magnézium szerepe az ingerület-átvitelben

A magnézium az acetilkolin-anyagcserében is részt vesz, ugyanis az idegrostok véglemezkéin felszabaduló acetilkolin mennyisége a $Ca^{2+} : Mg^{2+}$ arány függvénye (Freudenrich és mtsai, 1992). Az acetyl-kolin-észteráz csak magnézium jelenlétében aktív. Feladata az acetyl-kolin folyamatos elbontása kolinra és ecetsavra. Ha ez a bontás nem kellő intenzitású, akkor az acetyl-kolin felszaporodik, ami végül súlyos görcsöket, szívnekrózist okoz (Murphy és mtsai, 1989; Nemesánszky és Gerencsér, 1992).

4.3 A magnézium szerepe a tojótyúkok takarmányozásában

4.3.1 Ásványianyagok jelentősége a takarmányban

Az ásványianyag-ellátottságot elsősorban a takarmánykomponensekkel felvett ásványi elemek, és azok kémiai formája határozza meg, illetve a felvétel, a felszívódó mennyiség, az értékesülés, az eloszlási folyamatok és a mobilizálható készletek befolyásolják. Az értékesülést elősegíti a gyomor sósavtartalma, a kedvező Ca:P arány és a megfelelő D-vitaminellátás, akadályozhatja viszont többek között a fitin, a glükozinolátok, a szervezetben feleslegben rendelkezésre álló Ca, Mg, P, Cu, Ni, Cd és zsírsavak, továbbá a hasmenés, az ivóvízhiány, stb. Ezeket a hatásokat bizonyos határokon belül az állati szervezet kompenzálni képes. Az ásványianyagok értékesülésében nagy szerepet játszik az abrakfélékben levő fitin, ami gátolja a P, a Ca, a Mg, a Fe és – nagymértékben – a Zn értékesülését is. A fitinhez kötött ásványi elemek nehezen hasznosulnak az állati szervezetben, a fitázenzim azonban képes a lebontásra, és ezzel nemcsak a P szabadul fel, de a további elemek is értékesülhetnek.

A fitintartalmú abrakfélék különböző mennyiségben tartalmaznak fitinbontó enzimeket, amelyek képesek a fitinhez kötött komplexből az elemek lebontására. Így pl.

a búza fitázban gazdagabb az árpánál, és nagyon csekély a kukorica fitázaktivitása, ami azt jelenti, hogy pótlólagos fitáz-kiegészítés nélkül a búzában lévő P jobban értékesül, mint az árpában vagy kukoricában levő (*Régiusné Mőcsényi, 2004*).

Háziállataink szervezetének működéséhez, valamint a haszonállatok termeléséhez tehát adott mennyiségű és tápanyagértékű takarmányra van szükség. Az életfenntartó szükségleti értékek, valamint az átlagos termeléshez szükséges tápanyagértékek szabványok által meghatározottak. Ez vonatkozik a takarmányok fő tápanyagértékeire (nyersfehérje, metabolizálható energiatartalom, nyersrost stb.), de természetesen az ásványianyagokra és a vitaminokra is. Az állatok ásványianyag-szükségletét, így a magnéziumét is befolyásolja a faj, fajta, testsúly, kor, valamint a termelés mértéke (*Kovácsné Gaál, 1992; Forgács, 1997*).

A baromfifélék az ásványianyag-szükséglete több tényezőtől is függ, melyek megnehezítik ezen igény fedezését. Ilyenek például: a tartási körülmények, az állat kora, az ivar, a tojástermelés intenzitása. Az intenzív tojástermelés fokozott kalcium-, foszfor- és magnéziumigénnyel jár együtt (*Forgács, 1997*).

4.3.2 Ásványianyagok a tojásban

A tojás különböző összetevői viszonylag állandóak. Ide tartozik a víz-, a fehérje-, az aminosav, a zsír- és a makroelem-tartalom. Mindezek meglehetősen változatlanok, függetlenek a tartási és takarmányozási körülményektől. Ugyanakkor a mikroelemek, a vitaminok és a zsírsavak arányát a tápanyagellátás nagymértékben befolyásolja. A magnézium - melynek hiánya a fehérje szerkezetének problémáit idézheti elő – kiegészítő adagolása a takarmányban növeli a tojásfehérje ezen elem tartalmát. A mangán-, a cink-, a jód- és a szelénpótlás ugyanezt a hatást váltja ki (*Bogenfürst, 2000a*).

A tojásban előforduló ásványianyagokat legnagyobb koncentrációban a sárgája tartalmazza. A tojássárgájának két fontos összetevőjét különböztetjük meg, melyek a különböző ásványianyagok megkötéséért felelősek: az egyik a lipovitellin, a másik a foszvitin. A foszfor legnagyobb része (több mint 61%-a) a tojássárgájában található foszfolipidek formájában, a foszvitinhez kötődve (*Sugino és mtsai, 1997*). A foszvitin képes továbbá a vas megkötésére is (*Taborsky, 1980*).

A tojásfehérje kisebb koncentrációban tartalmaz ásványianyagokat. A fellelhető vas, cink, réz, szelén és

mangán itt köztudottan speciális fehérjékhez kötöten fordul elő: ilyen például az ovalbumin és a konalbumin (*Magat és Sell, 1979; Goux és Venkatasubramanian, 1986; Burley és Vadehra, 1989; Palmer és Guillette, 1991*). A fehérjében előforduló ásványianyagok is fontos szerepet töltenek be az embriófejlődésben. A sárgája ugyanis később befogadja a tojásfehérjét, és az amnionfolyadék alapját képezve hozzájárul az embriogenezishez. A fehérjékhez kötött elemek speciális szerepe a embriófejlődés úgynevezett korai szakaszában bontakozik ki (*Richards, 1997*).

A tojáshéj szilárdsága miatt nagyon fontos az ásványianyagok anion - kation viszonyának figyelemmel kísérése (*Palmer és Guillette, 1991*). *Manson és munkatársai* (1993) fehér leghorn tojótyúkok tojásainak ásványianyag-analízisét végezték el. A sárgájában és a fehérjében meghatározták a Ca, Cl, Fe, Mg, P, K, Na és S mennyiségét. Néhány elemnél (Na, Ca, P) igen nagy egyedi eltérések mutatkoztak. A tojásfehérjében a vas csak kis mennyiségben fordult elő, de a sárgájában ennél az elemnél is nagy volt az egyedi különbség. A keltethetőség és a fehérje kálium-koncentrációja között negatív korrelációt ($P < 0,001$) állapítottak meg, hasonlóképpen a sárgájában lévő vas esetében ($P < 0,01$).

A nátrium és a kálium a tojásfehérjében, a kalcium a tojáshéjban fordul elő legnagyobb mennyiségben. A héjban és a héjhártyákban található még cink, réz, vas és mangán (*Mas és Arola, 1985; Burley és Vadehra, 1989*). Pulyka- és tyúktojás vizsgálatok megállapították, hogy a réz legnagyobb arányban a héjhártyákban mutatható ki (*Baumgartner és mtsai, 1978; Richards, 1991a*). Az még nem ismeretes, hogy a héjhártyában található elemek valóban lényeges szerepet töltenek-e be az embriófejlődésben (*Richards, 1997*). *Richards és Packard (1996)* meghatározták az átlagos méretű tyúktojás ásványianyag-összetételét: tehát egy 58 g-os tyúktojás sárgájában 112 mg foszfor, 27 mg kalcium, 20 mg kálium, 12 mg nátrium és 3 mg magnézium található, míg a fehérjében 5, 3, 49, 57 és 4 mg van ugyanezekből az elemekből. *Shen és Chen (2003)* megállapították, hogy leghorn tojótyúkok tojáshéja 0,3% P –t, illetve 0,3% Mg-t tartalmaz.

Az ásványianyagok és a vitaminok elegendő és kiegyensúlyozott mennyiségben szükségesek a takarmányban az optimális tojásösszetételhez. A magnézium-, a mangán-, a cink-, a jód- és a szelénpótlás növeli ezen elemek mennyiségét a tojásban (*Bogenfurst, 2004b*). A szerves kötésben lévő szelén pótlólagos adagolása esetén a tojásfehérje szeléntartalma

megnövekedett, míg a sárgájában nem történt változás (*Latshaw és Biggert, 1981; Swanson, 1987*). *Stahl és munkatársainak* (1988) kísérletében a takarmány cink-, réz- és vastartalmának növelése nem változtatta meg a tojásban ezen elemek koncentrációját. Meg kell említeni azonban, hogy a tojótyúkok takarmányához adagolt szelén és cink megakadályozta a kadmium beépülését a tojásba (*Nolan és Brown, 2000*), továbbá a szelénadagolás segítette a ludak májnekrozisának és brojlercsirkék exudatív diatézisének megelőzésében is (*Stibilj és mtsai, 2004*). Magnézium-kiegészítés hatására emelkedett a tojásfehérje kalciumtartalma, és csökkent a magnézium mennyisége. A magnézium csökkenése a két elem antagonizmusával magyarázható. A tojássárgájában szintén emelkedett a kalciumszint, de ezt az emelkedést nem követte a magnézium-mennyiség változása (*Kovácsné Gaál, 1981*).

A tojás ásványianyag-tartalmát tekintve a tojótyúkok kora és egyéb környezeti feltételek szintén befolyásoló tényezők lehetnek (*Cunningham és mtsai, 1960*). Fiatalabb állománytól származó tojások esetén nagyobb mortalitással kell számolnunk keltetéskor (*McNaughton és mtsai, 1978*). *Vieira és Moran* (1998) vizsgálati eredményei azt mutatták, hogy a 62 hetes tyúkok tojásai nehezebbek voltak, valamint több sárgáját tartalmaztak, mint a 27 hetes állomány tojásai. A nyersfehérje-, az

aminosav-, a hamu- és az ásványianyag-tartalomban azonban nem találtak komolyabb eltérést az egyes korcsoportok között.

4.3.3 A tojótyúkok magnéziumigényének meghatározása

Az állatok életfenntartó táplálóanyag- és ásványianyag-igénye anyagcsere-forgalmi vizsgálatokkal állapítható meg. Az ásványianyagok kihasználhatósága nem vizsgálható a klasszikus kihasználást elemző módszerekkel, a takarmány és az ürülék, a bevitel és a leadás mérlegével, mert a felszívódás mellett ugyanannak az elemnek a kiürülése is végbemegy. Legpontosabban csak nyomjelzett radioaktív elemek segítségével dönthető el az ürülékben lévő ásványianyag endogén vagy exogén volta. Az ásványianyag-ellátás optimális, ha az mindenkor fedezi az állat szükségletét és az elemek az élettani folyamatok által megkívánt egyensúlyban vannak. Az állat szervezete bizonyos mértékig képes szabályozni a felszívódást és a kiválasztást eltérő ásványianyag-ellátottság mellett, de ha a takarmány kevés ásványianyagot tartalmaz, és az állat nem tudja ezt a legkedvezőbb hasznosítással sem ellensúlyozni, elsődleges hiány keletkezik. Másodlagos ásványianyag-hiányt eredményez, ha hiányzik a felszívódást elősegítő faktor (*Abdallah és mtsai, 1994*).

A tojótyúkok magnézium-szükségletét a szakirodalom 500-600 mg/kg értékben állapította meg (N.R.C., 1984). Ez az érték 100 g -os napi takarmány-fogyasztás esetén 50-60 mg magnézium-felvételt jelent. *Khokhlov és Kislyi* (1997) 40-90 mg magnéziumot javasol 100 g takarmányadaghoz. A Magyarországon etetett baromfi-takarmányok magnézium-tartalma 0,15 - 0,25 % közötti (*Kovácsné Gaál, 1993*), ami 1500-2500 mg/kg mennyiséget, tehát napi 100 g -os takarmány-fogyasztásra vetítve 150-250 mg magnézium felvételét jelenti. Egyes kísérletekben (*Kovácsné Gaál, 1993*) a 250 mg magnézium-tartalmú alaptakarmányt 2410 mg Mg/kg kísérleti takarmánnyal egészítették ki (MgO), ahol a megemelkedett napi magnézium-bevitel kedvezően befolyásolta a tojóssúly alakulását, a tojóshéj, a tojóssárgája és -fehérje magnézium-tartalmát. A tojótáp magnéziumszintjének emelését korábban több kutató is hasznosnak vélte (*Edwards és mtsai, 1962; Vogt, 1971*). Véleményük szerint a tolerancia felső határa meglehetősen magas, 0,6 - 1 % közötti. Ez az érték napi 600 - 1000 mg magnézium-felvételt jelent 100 g takarmány elfogyasztásakor.

4.3.4 Hipo- és hipermagnazémia tojótyúkokban

Az ásványianyagok között, a felszívódás szintjén fennálló antagonizmus egyik jó példája a tojáshéj minőségével kapcsolatosan a magnézium túladagolása. Erre a makroelemre a tojáshéj képzése során feltétlenül szükség van, amelyet az is bizonyít, hogy magnézium hiányában a tojáshéj elvékonyodásával kell számolni. A gyakorlatban magnéziumhiányból eredő problémák viszonylag ritkán jelentkeznek ugyan, de a trópusi országokban a folyamatosan fennálló hőstressz miatt a takarmányok magnézium-tartalmát is növelni szükséges intenzív tojóhibridek esetében. Magyarország ugyan nem trópusi ország, de a globális felmelegedés miatt nálunk is számolni kell a hőstressz kedvezőtlen hatásaival. A magnéziumnak a takarmányban lévő nagy - vagyis az aktuális szükségletet jelentősen meghaladó - mennyisége gátolja a kalcium és ezzel együtt a foszfor felszívódását is. A magnézium-túladagolás ugyan nem általános probléma, de a gyakorlatban a kalciumszükséglet kielégítésére esetenként - gazdasági megfontolásból és/vagy szakmai hozzá nem értésből - dolomit típusú kőzetekből készült ásványi kiegészítést is használnak. Ezek magnézium-tartalma a karbonát-típusú kőzetek még elfogadható 1-2 % -os mennyisége helyett elérheti a 10-12 % -ot is, amely viszont már kalcium-felszívódási

zavarokat okozhat még megfelelő kalcium- és D₃-vitamin-ellátottság mellett is (Mézses, 2004).

4.3.4.1 Magnézium-túladagolás

Toxikus mértékű adagolás hatására a naposcsibék sípcsontja megrövidül, megvastagszik, mikroszkópos vizsgálat során a csontlemezeken angolkórra jellemző tüneteket figyelhetünk meg nagyon kis számú oszteoblaszt sejttel (Lee és mtsai, 1980; Lee és Britton, 1980), valamint csökken a tojástermelés, a takarmányfelvétel és a testsúly (Hess és Britton, 1997). Túlzott magnézium-etetéskor lecsökken a vér kalciumszintje, antagonist hatás figyelhető meg a két elem között (Ding és mtsai, 1992; Paunier, 1992).

Monsey és munkatársainak (1977) kísérletében a magnéziumtöbblet a jércék hasmenését okozta, valamint hátráltatta a testsúly-gyarapodást. Hasonló eredmények születtek Lee és Britton (1987) kísérletében is.

Mitcham és Wobeser (1988) napos vadkacsák ivóvizébe különböző mennyiségben keverték magnéziumot és nátriumot. A kísérlet 28 napig tartott. Ez idő alatt megvizsgálták az állatok növekedését, és szöveteik fejlődését. Nagymennyiségű (1500-3000 mg/nap)

magnézium, illetve nátrium adagolása hátráltatta a kiskacsák tollfejlődését és növekedésüket. 3000 mg/nap magnézium és nátrium itatása esetén csökkent a thymus valamint megnövekedett a vese mérete. Ilyen magas szintű adagoláskor emelkedett a szérum nátrium- és kalciumszintje, csökkent a klorid- és foszforszintje. 14 napos kor után néhány kiskacsa abbahagyta a táplálékfelvételt, és 3 napon belül elpusztult. A megmaradt egyedek 20. napon történő vizsgálata súlyos szövetkárosodást és biokémiai rendellenességeket mutatott ki.

4.3.4.2 Magnéziumhiány

Az ásványianyag-ellátás zavarai úgynevezett hiánytünetekben jelentkezhetnek. A hiánybetegségek megelőzésének lehetősége az, ha figyelembe vesszük az etetett takarmányok laboratóriumban meghatározott mindenkori ásványianyag-tartalmát, mert a vérsavó-vizsgálatok már nagyon későn jelzik egy-egy ásványianyag vagy nyomelem hiányát (Mézes, 2004).

A túlzott kalciumbevitel csökkenti a magnézium felszívódását (Rogler és Parker, 1972). Shafey és munkatársainak (1991) kísérletei azt mutatták, hogy nagymennyiségű kalciumetetésekor megnövekszik a begy-

és az ileumtartalom pH-ja, ezáltal lecsökken az ásványianyagok oldhatósága, így a magnézium felszívódásában zavar keletkezhet, ami hiánybetegségekben mutatkozik meg. Nagymennyiségű (15,3 g, 21,8 g, 22,6 g/kg) kalcium, valamint (4,3 g, 4,3 g, 8,3 g/kg) hasznosítható foszfor adagolása esetén a vizsgált béltartalomban a kalcium, a vas, a magnézium és a cink közel 92% -a oldhatatlan formában szerepelt.

Magnéziumhiányos madarakban a kalciumabszorpció lecsökken, és hipokalcémia alakul ki, a csontok megvastagodnak (*Reddy és mtsai, 1973*). Ennek az az oka, hogy a csontok érzékenysége a parathormon iránt csökken. A csöves csontok középső része megvastagszik, és lecsökken az oszteoblasztok valamint az oszteociták aktivitása (*Chou és mtsai, 1979*). *Richards és Steele (1987a)* kísérletei rendellenes embriófejlődést, növekedésbeli visszamaradottságot mutattak. Nagyon fiatal csirkék magnéziumhiányos takarmányozása esetén a vérszérum T₃-szintje alacsonyabb volt, mint megfelelő táplálás esetén, T₄-szintje viszont változatlan maradt (*Mahoney és mtsai, 1992*). *Welsh és munkatársainak (1981)* kísérletében a magnéziumhiányos (150 mg/kg Mg) takarmányon nevelkedett csirkékben a 21. napra hipokalcémia alakult ki, ami a pajzsmirigy túlműködésével hozható összefüggésbe. Ennek

eredményeképpen a csontok magnézium-tartalma lecsökkent, kalciumszintje pedig emelkedett. *Wright és munkatársai* (1988) megfigyelték, hogy magnéziumhiányos csirkékben csökken a bélbolyhok membránján át történő kalciumfelszívódás.

Weaver és Welsh (1993) a D-vitamin szerepét vizsgálták magnéziumhiányos csirkéken. A 14 napos állatokat normális magnézium-ellátottságú kontroll csoportra, valamint magnéziumhiányos kísérleti csoportra osztották fel. A magnéziumhiányos madarakban $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ adagolásakor kétszeresére emelkedett a plazma $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ – és kalciumszintje, de nem emelkedett a magnézium-koncentráció. A D-vitamin adagolása sikeresen kiküszöbölte a magnéziumhiány okozta hipokalcémiát. Korábbi szakirodalmak alapján a klinikai hipomagnazémia maga után vonja a szövetek érzéketlenségét a D-vitamin iránt. Ennek a kísérletnek az eredményei mégis azt bizonyítják, hogy az elsődleges magnéziumhiány nem okoz D-vitamin-rezisztenciát.

Harland és munkatársai (1976) japán fürjeken végeztek kísérleteket. A naposokat 2 hetes korukig 35 %-os szójafehérje-tartalmú takarmánnyal etették. Ezután az állatokat 12 csoportra osztották, és csoportonként más-más mennyiségű magnézium-szulfátot adagoltak a

takarmányukhoz. 300 mg/kg magnézium-kiegészítés alatt jellegzetes hiánytünetek jelentkeztek: növekedésbeli visszamaradás, ingerlékenység, zihálás és rángatózás. 300 mg/kg magnézium-mennyiségnél a hiánytünetek megszűntek, ezért ezt a mennyiséget tekintették a japán fürjek magnéziumigényének. Ugyanakkor megfigyelték, hogy 200 és 1000 mg/kg magnézium etetésekor a madarak sápcsontjának magnézium-tartalma lineárisan növekedett. Következtetésképpen javasolták a sápcsont magnézium-tartalmának vizsgálatát, mellyel az állomány hiányos magnézium-ellátottsága egyértelműen meghatározható.

Tao és munkatársainak (1983) japán fürjekkel végzett vizsgálatai kimutatták, hogy az életkor előrehaladtával csökken a madarak magnéziumigénye. A magnéziumhiányos állapot pedig elkerülhető, ha az első élethéten nagymennyiségű (600 mg/kg) pótlólagos magnéziumot adagolunk az etetett takarmányhoz.

Didier és munkatársai (1984) szintén japán fürjekkel kísérleteztek, és megállapították, hogy magnéziumhiány esetében csökken a testsúlygyarapodás, növekszik az elpusztult állatok száma, csökken a vérplazma Mg- és Ca-koncentrációja, valamint 44 % -kal a szív magnézium-koncentrációja. A máj parenchima-állományának vizsgálatakor megfigyelték, hogy a mitokondriumok

sejtenkénti számaránya megváltozott. Mindez azzal magyarázható, hogy ezeknek a sejtalkotóknak az anyagcsere-folyamataiban energetikai zavar lépett fel.

Stafford és Edwards (1973) többszintű magnézium-adagolással (49 mg/kg, 118 mg/kg, 655 mg/kg, 1242 mg/kg, 2176 mg/kg, 4120 mg/kg) végzett kísérletei azt mutatták, hogy kevesebb magnézium esetében a tyúkok mája kisebb lesz, valamint az általuk termelt tojások magnézium-tartalma is alacsonyabbnak mutatkozik. A vérplazma magnéziumszintje az adagolás mennyiségének növelésével párhuzamosan változott, hasonló változást figyeltek meg a combcsont magnézium-tartalmának elemzésekor. A magnéziumszint emelkedése sem a csontok, sem pedig a tojáshéj szerkezetében nem eredményezett kóros elváltozásokat.

4.3.5 A takarmány-kiegészítőként alkalmazott különböző magnézium-források hatékonysága tojótyúkokban

A tojás ásványianyag-összetétele nagymértékben függ attól, hogy a tojótyúkok milyen formában és mennyiségben kapják az adott ásványokat (*Naber*, 1979; *Stadelman és Pratt*, 1989).

Sibbald és Cave (1976) megállapították, hogy a magnézium-szulfát kismennyiségű adagolása előnyös a testsúlygyarapodásra nézve.

Lindberg és munkatársai (1990) oldhatóság szempontjából a magnézium-citrátot előbbre helyezték a magnézium-oxidhoz képest.

Henry és munkatársai (1995) az általuk felállított kísérletekben kiegészítésként magnézium-szulfátot, magnézium-oxidot vagy -foszfátot adagoltak. Eredményeik azt igazolták, hogy mindhárom forrás közül a magnézium-szulfát a legalkalmasabb a magnézium pótlására könnyebb oldhatóságának köszönhetően.

Adams és munkatársai (1975) az ivóvízzel bejuttatott magnézium-szulfát hatását vizsgálták. 4000 mg/kg mennyiségtől már csökkent az állatok takarmány- és vízfogyasztása valamint a tyúkok napi tojástermelése.

Ha tojótyúkok részére kalciumforrásként mészkövet használunk, számításba kell vennünk annak magnézium-tartalmát is (*Yatskova és mtsai*, 1984).

Az oldható gritt (főként dolomit) mindazon túl, hogy a kalcium- és magnézium-szükségletet kielégíti, segít a

begyben történő aprítás során a takarmány feltárásában. A gyakorlatban arra jöttek rá a termelők, hogy a baromfi a napi takarmánya mellett nyújtott oldható grittet a táp (keverék-takarmány) 0,8 -1,2 százalékának megfelelő mennyiségben fogyasztja. Az elfogyasztott oldható gritt csökkenti a ketrecbénulást, a nagyobb testsúlyú állatok (például 9-16 kg -os pulykák) lábgyengeségeit, a tojásrepedést, a lágú héjú tojás mennyiségét, a kannibalizmust, a tollcsipkedést és növeli a tenyésztójások keltethetőségét (*Duduk, 1992*).

4.3.6 A magnézium-kiegészítés hatásai

4.3.6.1 A magnézium-kiegészítés hatása a tojáshéj minőségére, összetételére

A magnézium részben, mint enzimaktivátor vagy egyes enzimek kofaktora vesz részt a tojáshéjképzés folyamatában, illetve nagyon kis mennyiségben egyúttal a tojáshéj egyik szervesetlen alkotórésze (*Mézes, 2004*).

A tojáshéjképzés szempontjából sem elegendő kizárólag a kalcium és a foszfor szükségleti értékét meghatározni, amikor a tyúk ásványianyag-igényéről gondoskodni akarunk. Figyelemmel kell kísérni a magnézium-ellátottságot is, mert a két elem viszonyából adódóan a

tojáshéj szilárdságát csökkentheti egy magnéziumtúlsúly, ami mind a tenyésztójas-, mind pedig az árutojás-termelésben rendkívül fontos szerepet játszik (*Abdallah és mtsai*, 1994; *Spears*, 1999).

Atteh és Leeson (1983) megállapították, hogy 0,77 % magnézium-bevitel (770 mg Mg/100 g tak.) mellett a tojáshéj kalciumtartalma szignifikánsan csökkent ($P < 0,01$), magnézium-tartalma pedig növekedett, emellett negatív korrelációt állapítottak meg a héj magnézium-tartalma és a tojáshéj minősége között (deformációk).

Kovácsné Gaál (1981) kísérletei kimutatták, hogy 0,4%-os magnézium-oxiddal történő takarmány-kiegészítéskor a tyúktojások héjának magnézium-tartalma nőtt, kalciumtartalma pedig csökkent. A tojások héjszilárdsága és -vastagsága a magnézium-kiegészítés hatására nem változott.

Shen és Chen (2003) kutatási azt bizonyították, hogy kiegészítő magnézium-adagolás hatására a kacsák tojáshéjának magnézium-tartalma nem változik. Ellenben tyúktojások héjában az adagolással párhuzamosan növekedett a héj magnézium-tartalma.

Hossain és Rezende (1996) kísérletei azt igazolták, hogy a pótlólagos magnézium-adagolás nem befolyásolta a tojáshéj vastagságát. Ugyanakkor magnéziummentes takarmányozás esetén megvastagszik a tojások héja (*Ciurescu és mtsai*, 1995).

Cusack és munkatársai (2003) megállapították, hogy a magnézium nem egyenletesen rakódik le a tojáshéjban. A héj keresztmetszetét vizsgálva észrevették, hogy nagyobb mennyiségű magnézium halmozódik fel a külső rétegekben, különösen idősebb tojóállomány esetén.

4.3.6.2 A tojások keltethetőségének és héjminőségének kapcsolata a magnézium-kiegészítés függvényében

A héjminőség összefüggésben van a termékenységgel és a keltethetőséggel is. A kapcsolat gyökerét mindenképp előbb abban kell keresni, hogy valamennyi tényező elsősorban a tenyészállatok súlyával változik. A tojók optimálisnál nagyobb élősúlya (elzsírosodása) – bármikor a tojástermelés folyamán – a héjminőség és a termékenység romlását vonja maga után. Romlik a keltethetőség is, a tojások sűrűségének $0,005 \text{ g/cm}^3$ változásával 3 %-ot. Megfigyelések szerint a keltethetőség kapcsolatban van a tojáshéj porozitásával is. A keltetés során kiesett tojásokon számottevően kevesebb pórust találtak. Azt is

megállapították, hogy a rendellenes alakú, héjminőségű vagy színű tojásokon kevesebb pórus található. Ez gyenge keltethetőségük egyik oka (*Bogenfürst, 2004a*).

Christensen és Edens (1985) pulykatojások keltethetősége és héjminősége közötti összefüggéseket vizsgálva megállapították, hogy azokban a tojáshéjakban, amelyekből kikelt a napospipe, több magnézium és foszfor található, mint a befulladt tojások héjában. Ugyanakkor nem észleltek különbséget a kalcium tekintetében. Következésképpen megállapították, hogy a tojáshéj ásványianyag-tartalma befolyásolhatja az embriófejlődést és a keltethetőséget.

4.3.6.3 Magnézium-adagolás hatása a tojás-darabszámra, a tojássúlyra, valamint a tyúkok takarmány-fogyasztására

Egyes kutatók vizsgálatai azt igazolták, hogy a szükségleti értéken felüli magnézium-adagolás növeli a tojás-darabszámot (*Edwards és Nugara, 1968*) és a tojássúlyt (*Vogt, 1971; Hossain és Bertechini, 1998*). 0,4 % -os magnézium-oxiddal történő takarmány-kiegészítés lényeges ($P < 0,1$) tojásmenmnyiség-növekedést eredményezett (*Kovácsné Gaál, 1981*).

A magnéziumnak a kedvezőtlen hatások kivédésében betöltött szerepét bizonyítja, hogy a magnézium-kiegészítést kapott tojótyúkok előbb szoknak hozzá a ketreces tartástechnológiához, mint társaik (*Cox és Sell, 1967*).

Magnézium-adagolás esetén a takarmány foszforszintjét is nyomon kell követni, mert a magnézium-bevitel megnöveli az állatok foszforigényét (*Hess és Britton, 1997*). A magnézium- és a foszfor-kiegészítés pozitív módon befolyásolja a takarmány-felhasználást (*Hossain és Bertechini, 1998*). Hiányos kalcium- illetve foszforellátás esetén nagyobb arányban fordulhat elő a repedt vagy a keltetésre alkalmatlan tojások aránya (*Oloffs és mtsai, 1997*).

Shanaway (1984) kísérletei azt igazolták, hogy pótlólagos magnézium-kiegészítés hatására növekedett a tojások súlya.

Inal és munkatársai (2001) azt vizsgálták, hogy milyen hatással van a pótlólagos ásványianyag- valamint vitamin-kiegészítés a madarak termelési tulajdonságaira. A premixek és egyéb táplálék-kiegészítők nélkül fejlődő csoport tojástermelése és takarmány-fogyasztása

alacsonyabb volt. A tojássúlyok is alulmaradtak a kontroll csoporthoz viszonyítva.

Rogerson és Singesen (1976) naposcsibék takarmányába kiegészítésként 875, 1375 és 1875 mg /kg magnéziumot keverték. Az állatok felnevelése után vizsgálataik igazolták, hogy magnéziumszint fokozatos emelése a tojásdarabszám, illetve a tojássúly növekedését eredményezte. Mindezen túl megfigyelték, hogy a májban mért nátrium-koncentráció, és a vesében mért kalcium-koncentráció a magnézium adagolásával párhuzamosan csökkent. A szív szövetében nem észleltek szignifikáns változásokat.

A jelenlegi takarmányozási szabványok alapján nem beszélhetünk magnéziumhiányról, ennek ellenére - a fenti szakirodalmi adatokra alapozva - megállapíthatjuk, hogy az alaptakarmányon felüli magnézium-adagolás javíthatja a termelési eredményeket.

4.4 A magnézium szerepe az embriófejlődésben

4.4.1 Ásványianyag-forgalom az embrió fejlődése során

A normális embriófejlődés nélkülözhetetlen feltétele az ásványianyagok megfelelő mennyisége a tojásban. A friss tyúktojás belső ásványianyag-tartalma csaknem egyenlően oszlik meg a sárgája és a fehérje között. Összetételében azonban különbözik, ugyanis a szik több foszfort, magnéziumot, kalciumot és vasat tartalmaz, a fehérje viszont kénben, káliumban, nátriumban és klórban gazdagabb. A keltetés első hetében a szervetlen sók is átáramolnak a fehérjéből a szikbe, így azok fő forrása a szik lesz (*Bogenfurst*, 2000b). A sziktömlő membránjának belső felszínén lévő endodermális sejtek közvetlen kapcsolatban állnak a sárgájával. *Richards* (1997) vizsgálatai megmutatták, hogy a pulykaembrió sziktömlője nem csak az ásványianyagok tárolásában, hanem az embrió felé történő szállításban is szerepet játszik. A sziktömlő membránja tehát nem csupán határvonalat húz a szik tápanyagai és a fejlődő embrió között, hanem képes abszorbeálni a tárolt tápanyagokat, rövid ideig megkötni, majd folyamatosan elengedni az embrió fejlődő szövetei felé.

A különböző ásványianyagok az embriófejlődés során eltérő arányban épülnek be. A keltetés korai szakaszában a K-, a Na- és a Cl-forgalom van túlsúlyban, míg a későbbiekben a Ca, a foszfátok és szulfátok beépülése fokozódik. Végző fokon a tojásbeltartalom ásványianyagainak 75-95% -a beépül a csibe testébe. A kalciumszükséglet legnagyobb része a tojáshéjból szállítódik bikarbonát formájában az embrió részére, amihez CO₂ és víz jelenléte szükséges. Az embrió kalciumtartalma a 10-15. naptól kezdve megnő, amikor az erőteljes csontosodás megkezdődik (*Bogenfürst, 2000b*).

Christensen és Biellier (1982) pulykaembriók fejlődése közben vizsgálták a plazma kalcium-magnézium arányát, és megállapították, hogy a keltetés vége felé olyan fiziológiai mechanizmus észlelhető, ami elősegíti a tojás feltöréshez, valamint a tojásból való kibújáshoz szükséges izomaktivitás elindulását.

A kalciumforgalommal közvetlenül összefügg a foszforforgalom. Így a kalciumhoz hasonlóan, kb. a 10. naptól kezdődően az embrió foszfortartalma is megnő (*Bogenfürst, 2004c*).

Packard (1992) azt vizsgálta, hogy a D₃ –vitamin-adagolás milyen hatással van a fejlődő tyúkembriók ásványianyag-

forgalmára. A kísérlet során $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ -t adagolt a tojásokba a keltetés 10. napjától. Minden kalcitrioladag után megemelkedett a plazma kalcium- és magnézium-koncentrációja, melynek hatására foszforhiány alakult ki az embriókban.

Ono és Wakasugi (1984) japán fürjekkel kísérleteztek, és megvizsgálták az embrió ásványianyag-koncentrációjának alakulását különféle közegekben. A kísérlethez az embriókat 2,5 napos inkubáció után két csoportra osztva ásványokban gazdag (G) kultúrában valamint ásványianyag-mentes (M) közegben keltették tovább. A „G” csoportba tartozó embriók 82 % -a maradt életben a 14. npra. Kalciumszintjük a 10-12. naptól, magnézium-tartalmuk a 13. naptól fokozatosan növekedett, míg a nátrium- és káliumszintjük nem változott. Az „M” csoport embrióinak csupán 59 % -a maradt életben a 14. npra, és mind a négy, vizsgált elem szintje változatlan volt a keltetés során. Kísérletük eredményeit összehasonlították a korábbi, csirkeembriókkal végzett megfigyeléseikkel, és megállapították, hogy a fürjembriók a fejlődésük során felhasznált kalcium 81,5 % -át, a magnézium 30,8 % -át a tojáshéjból nyerik. Csirkeembriókban pedig a kalcium 84,2 % -át, a magnézium 23,5 % -át fedezi a tojáshéj ásványianyag-tartalma.

Packard és Packard (1993) a keltetőben lévő tojás vízveszteségét vizsgálták az embriófejlődés folyamán. Megállapították, hogy a vízveszteség nem volt hatással a sárgájában lévő kalcium, magnézium és foszfor mennyiségére. A plazma kalcium- és magnéziumion-tartalma ellenben megnövekedett a keltetés előrehaladtával. A tojások keltetés alatti túlzott vízvesztése káros következményekkel jár, hátráltatja az embrió egészséges fejlődését, embrióelhalást okozhat.

4.4.2 Az máj szerepe az embrionális anyagcserében

Az ásványianyagok tárolása és körforgása szempontjából az embriófejlődés során kulcsfontosságú szerepet tölt be a máj (*Richards és Steele, 1987a,b*). Ezen létfontosságú szerv ásványianyag-koncentrációja az embriófejlődés függvényében fokozatosan változik (*Sandrock és mtsai, 1983; Fleet és McCormick, 1988*). *Richards* (1991bc) vizsgálatai kimutatták, hogy a májban lévő nyomelemek ingadozó előfordulása kapcsolatba hozható a tojásból történő mobilizációval.

Az ásványianyagok csirkeembrióba való beépüléséért a chorioallantois membrán is felelős, a tojáshéjba beépülő magnéziumtöbblet bejut a fejlődő embrióba, és az a különböző szervekbe (agy, szív, máj), csontozatba

beépülve befolyásolja a biokémiai folyamatok szintézisét (*Richards and Packard, 1996; Grau és mtsai, 1979; Wilson, 1997; Richards, 1997*).

Shamsuddin és munkatársai (1977) azt vizsgálták, hogyan változik a csirkeembrió májának magnézium-koncentrációja a fejlődés során. A keltetés ideje alatt a 6., a 14. és a 18. napon mérték a legmagasabb magnéziumszintet. Mivel az enzimekkel kapcsolatos anyagcsere-folyamatok magnéziumigényesek, a keltetés ideje alatt megfigyelt magnéziumcsúcsok kapcsolatban vannak a biokémiai faktorok szintézisének növekedésével a fejlődő csirkemájban. A 14. napon mért magnéziumcsúcs összefügg a vérképződéssel, a 18. napon mutatkozó magnéziumtöbblet pedig kapcsolatban áll a kötőszövet és a mukopoliszacharidok képződésével.

Romanoff (1967) szerint mindig magasabb ásványianyag-koncentráció mérhető az embriófejlődés korai időszakában, hogy elősegítse az embrió súly gyors kifejlődését. *Kudriavtseva és munkatársai (1976)* szintén az embriófejlődés alatti ionváltozásokat vizsgálták az egyes szövetekben. Eredményeik a májban mért magnéziumion-koncentráció csökkenését igazolták.

4.4.3 Magnézium-kiegészítés hatása az embriófejlődésre

Az embrió növekedési erélye és a keltethetőség között pozitív összefüggés van. A keltetés korai szakaszában gyors növekedésű embriók jobb kelési eredményt adnak (Bogenfürst, 2000c). Bratova és Ganovski (1982) kísérletei az embriónövekedés és a keltethetőség közötti kapcsolatot vizsgálták, amikor Leghorn tojóknak táplálék-kiegészítésként tengeri algát adagoltak (1, 2 és 4 % -ban). Az algaetetés hatására - a megnövekedett ásványianyag-bevitel miatt – növekedett a tojáshéj Mg- és Ca-tartalma. 2 % -os takarmány-kiegészítésnél figyelték meg a legkedvezőbb változásokat az embriófejlődés és a keltethetőség tekintetében. A gyorsabb embriófejlődés következtében a keltethetőség 6,85 % -kal nőtt a kontroll csoporthoz képest. A kikelt naposcsibék súlya nagyobb volt a 2 % -os algaadagolásnál. Ugyanebből a kísérleti csoportból származó tojáshéjak súlya szintén nagyobbnak bizonyult.

Shanaway (1984) - a pótlólagos magnézium-kiegészítés hatására - a nagyobb tojásokban nagyobb embriókat talált a keltetés 18. napján, valamint a naposok súlya is nagyobbak bizonyult a kontroll csoporthoz viszonyítva. Továbbá azt is megfigyelte, hogy a kisebb tojásokból hamarabb keltek ki a naposcsibék.

A vitaminok és ásványianyagok hiánya csökkenti az embrió életképességét, ezáltal az embrióelhalások korábban következnek be és romlik a csibe minősége is. Az elpusztult embriók aránya és kora a hiány mértékére is utal. Minél nagyobb a hiány, annál magasabb a halandósági ráta és általában annál korábban következik be az elhalás (*Bogenfürst, 2000d*).

5. Saját vizsgálatok

5.1 A kísérlet célkitűzései

Kísérletemben azt a célt tűztem ki, hogy megvizsgáljam a magnézium-adagolás hatását a tenyésztójások súlyára, keltethetőségére, a kikelt naposcsibék átlagsúlyára, az embriófejlődés intenzitására, az embrió létfontosságú belső szerveinek súlyváltozására, magnézium-tartalmára továbbá megvizsgáltam a tojótyúkok magnézium-hasznosítását is.

5.2 Anyag és módszer

5.2.1 Kísérleti állatok és takarmányozásuk

Vizsgálataimat 3 egymást követő évben sárga magyar tojótyúkokkal végeztem. Az egyes kísérleti kezelésekből az alaptakarmányhoz 300 (Mg 1.), 400 (Mg 2.), illetve 500 (Mg 3.) mg/nap magnéziumot adagoltam.

A kísérletek minden esetben előtetéssel, a 20. tojóhéten kezdődtek. A magnézium-adagolás HAMAG LP (1/a táblázat) készítmény formájában történt (98,00 % -ban MgO, melynek magnézium-tartalma 58,67 %).

1/a táblázat

**A magnézium-kiegészítésként alkalmazott HAMAG LP
összetétele**

MgO	98,000 %
CaO	0,070 %
Fe₂O₃	0,020 %
Na₂O	0,002 %
K₂O	0,030 %
Mn₂O₃	0,020 %
SiO₂	0,010 %
Al₂O₃	0,010 %
SO₃	0,600 %
Cl⁻	0,900 %
Hg	0,021 mg/kg
As	0,170 mg/kg

15 dkg -os napi takarmány-fogyasztással számolva a készítményt először kisebb takarmány-mennyiségben elkevertem, majd hígítottam, ügyelve a homogenitás megtartására.

Az 1/b és 1/c táblázat a takarmány táplálóanyag-tartalmával, valamint összetételével kapcsolatos információkat tartalmazza.

1/b táblázat

A kísérletben felhasznált takarmány táplálóanyag- és ásványianyag-tartalma (g/kg sz.a.)

	Kontroll	Mg 1.	Mg 2.	Mg 3.
Száranyag g/kg	899,5	887,3	910,6	899,1
Nyersfehérje	145,16	146,66	145,33	140,74
Nyerszsír	13,90	11,95	14,16	16,46
Nyersrost	45,81	45,19	44,36	47,26
Nyersamu	85,51	84,53	97,72	99,30
P	7,70	7,40	7,90	8,00
Ca	26,10	25,40	26,30	28,70
Mg	2,80	4,79	5,45	6,11

1/c táblázat

A kísérletben felhasznált takarmány összetétele

	%
kukorica	33,72
búza	35,00
szója	12,00
napraforgó	14,00
DL-metionin	0,07
L-lizin	0,01
mész	4,00
MCP	0,50
só	0,20
tojó premix	0,50

A keltetés és az embriók vizsgálatakor minden kísérleti csoportba 40 tojótyúk és 4 kakas tartozott. A 10 napos előtételési időszakot 10 napos tojásgyűjtés követte (2/b táblázat).

A kísérlet értékelése a 3 év adatainak összevonásával történt. Így a csoportonként 3x40, tehát 120 tojótyúk eredményét együttesen kezeltem (2/b).

A tojótyúkok átlagsúlyát a 2/a táblázat tartalmazza.

2/a táblázat

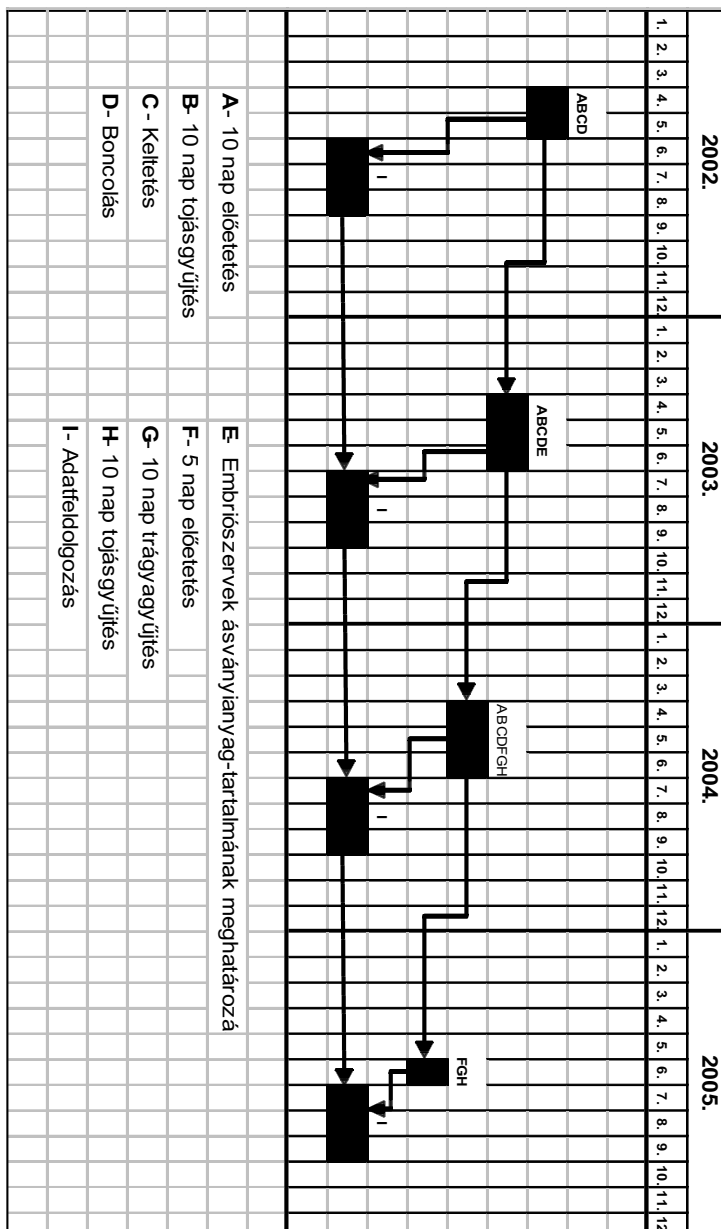
A tojótyúkok átlagsúlya a kísérlet kezdetén

Csoport	egyed	átlagsúlya (g)	szórás	CV%
Kontroll	120	1975,79	249,11	12,61
Mg 1.	120	1958,39	204,84	10,46
Mg 2.	120	1943,84	222,70	11,46
Mg 3.	120	1900,73	240,44	12,65

A magnézium-hasznosítás vizsgálatához kísérleti kezelésként 8 tojótyúkot helyeztem el ketrecekben. Az előtételési időszak ekkor 5 napig tartott, majd ezt követte a 10 napos kísérleti szakasz (2/b táblázat).

2/b táblázat

Kísérleti tematika



5.2.2 Kelési % kiszámítása

A keltetőbe kerülő tojásokat a keltetés 7. és 19. napján átvilágítottam. A lámpázás során kiválogattam a terméketlen, véres és elhalt tojásokat. A naposok kikelésékor újabb kiesésekkel kellett számolni. A ki nem kelt csibék a befulladt tojások kategóriájában szerepelnek. A kelési % -ot a kikelt naposok és a termékeny tojások hányadosa adta, figyelembe véve az embriók vizsgálatához csoportonként felhasznált 20-20 db (3 év összevonásával 60-60 db) tojást, melyek szintén levonásra kerültek.

A keltetés mind a négy csoport esetében egyazon gépben történt, a keltetőtojás gyűjtésének időtartama azonos volt. A kísérletbe vont tyúkok mind a három évben azonos törzsekből származtak (28., 30., 31., 32. törzs), tehát apai féltestvérek voltak.

5.2.3 Embrióboncolás

Az embrió szerveinek vizsgálatához kezelésként 5-5 db (3 év összevonásával 15-15 db) tojást vettem ki a keltetőből minden egyes kísérleti időpontban. A kivett tojásokat újból átvilágítottam. A vizsgálat az embriófejlődés 14., 16., 18. és a 20. napján történt. Így a

keltetés végére minden csoportból 20-20 db (3 év összevonásával 60-60 db) tojással kevesebb volt a keltetőben. A boncoláshoz felhasznált tojások, valamint az embriók súlyának mérése után, lemértem az embriók agy-, szív-, máj- és gyomorsúlyát továbbá megvizsgáltam ugyanezen szervek magnézium-tartalmát.

5.2.4 A tojótyúkok magnézium-hasznosítása

A ketrecekben elhelyezett állatok ürülékét, valamint a termelt tojásokat folyamatosan gyűjtöttem össze. Az ürülék- és takarmányminták, továbbá a vizsgált tojások magnézium-, kalcium- és foszfortartalmának meghatározása laboratóriumban történt. A takarmánnyal felvett és az ürülékkel, illetve tojással ürült magnézium-, kalcium- és foszformennyiség ismeretében meghatároztam az egyes ásványianyagok retencióját.

5.2.5 Az eredmények statisztikai értékelése

Kísérleti eredményeim statisztikai értékeléséhez (átlag, szórás, CV% és szignifikancia-vizsgálat) a Microsoft Excel 2002, továbbá az StatSoft Statistica 6.0 statisztikai programcsomagot használtam.

5.2.6 A kísérletek során alkalmazott kémiai vizsgálatok

A kísérletekben etetett takarmányok szárazanyag-, nyersfehérje-, nyerszsír-, nyersrost-, nyershamu- és ásványianyag-tartalmát (Ca, Mg, P) a *Magyar Takarmánykódex (1990)* 2. kötetében ajánlott módszerekkel (5.1., 6.1., 7.1., 8.1., 10.1., 11.3., 11.4.2., 11.6. fejezetek) állapítottuk meg. Az ürülék, a tojás és az embriószervek szárazanyag- és ásványianyag-tartalmát (Ca, Mg, P) ugyancsak az említett módszerekkel vizsgáltuk a Nyugat-Magyarországi Egyetem Takarmányozástani Tanszék laboratóriumában, valamint a Veszprémi Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar Állatélettani és Takarmányozástani Tanszék laboratóriumában.

6. Eredmények és értékelésük

6.1 A keltetés paramétereinek vizsgálata

A tojások súlyát a keltetőbe helyezés előtt lemértem, melynek eredményeiről a 3. táblázat tájékoztat. Megállapítható, hogy az Mg 1. és Mg 2. csoportokba tartozó tojások súlya $P < 0,01$ szinten, az Mg 3. kísérleti csoportba tartozó tojások súlya $P < 0,05$ szinten szignifikánsan magasabb a kontroll csoporthoz viszonyítva. A tojássúlyok statisztikai értékelését a 4. táblázat tartalmazza.

3. táblázat

A magnézium-adagolás hatása a tojások súlyára

Csoport	n	átlagsúly (g)	szórás	CV%
Kontroll	829	58,05	4,56	7,85
Mg 1.	838	58,28	4,51	7,73
Mg 2.	832	58,30	4,38	7,51
Mg 3.	871	59,92	4,57	7,62

4. táblázat

A tojássúlyok statisztikai értékelése

Csoport	Kontroll	Mg 1.	Mg 2.	Mg 3.
Kontroll		**	**	*
Mg 1.			NS	**
Mg 2.				**
Mg 3.				

(NS=nem szignifikáns, *P<0,05; **P<0,01)

A keltetés folyamán, az 1. és a 2. lámpázáskor kiesett tojások, a befulladt valamint a boncoláshoz felhasznált tojások darabszámát, az 5. táblázat tartalmazza.

5. táblázat

Tojásokiesések a keltetés alatt

Csoport	Berakott tojás (n db)	1. Lámpázás		2. Lámpázás	Befulladt (db)	Tojás (n-60db)	Kikelt naposcsibe (db)
		Terméketlen (db)	Véres (db)	Elhalt (db)			
Kontroll	829	146	34	52	89	769	448
Mg 1.	838	125	38	51	71	778	493
Mg 2.	832	82	28	54	50	772	558
Mg 3.	871	131	32	33	86	811	529

Ha százalékban fejezzük ki az abszolút számokat, akkor a 6. táblázatban látható, hogy a véres és befulladt tojások az Mg 2. kezelésben szerepelnek a legkisebb mennyiségben

3,37 illetve 6,01 % -kal, míg az elhalt tojások esetében az Mg 3. csoport eredménye volt a legjobb (3,79 %).

6. táblázat

A magnézium-adagolás hatása a keltetés alatti tojáskiesésekre

Csoport	Véres (%)	Elhalt (%)	Befulladt (%)
Kontroll	4,10	6,27	10,74
Mg 1.	4,53	6,09	8,47
Mg 2.	3,37	6,49	6,01
Mg 3.	3,67	3,79	9,87

A kelési % alakulását a 7. táblázat valamint az 1. diagram szemlélteti. Kiszámításánál a termékeny tojások számából levonásra került az a 60-60 db tojás, amit az embriók boncolásához felhasználtam. A táblázatban látható, hogy a magnézium-adagolás javította a keltetési eredményeket. A kelési % az Mg 2. csoport esetében bizonyult a legeredményesebbnek 80,87 % -kal. Ezt követi az Mg 3. (77,79 %), majd az Mg 1. (75,50 %) kísérleti csoport. A legalacsonyabb eredményt a magnézium-kiegészítés nélküli kontroll csoport mutatja, ahol a keltetőbe helyezett tojásoknak 71,91 % -a kelt ki. A kontroll és az Mg 2. csoport kelési eredményei között 8,96 % különbség

figyelhető meg a kísérleti csoport javára, amit jól szemléltet az 1. diagram.

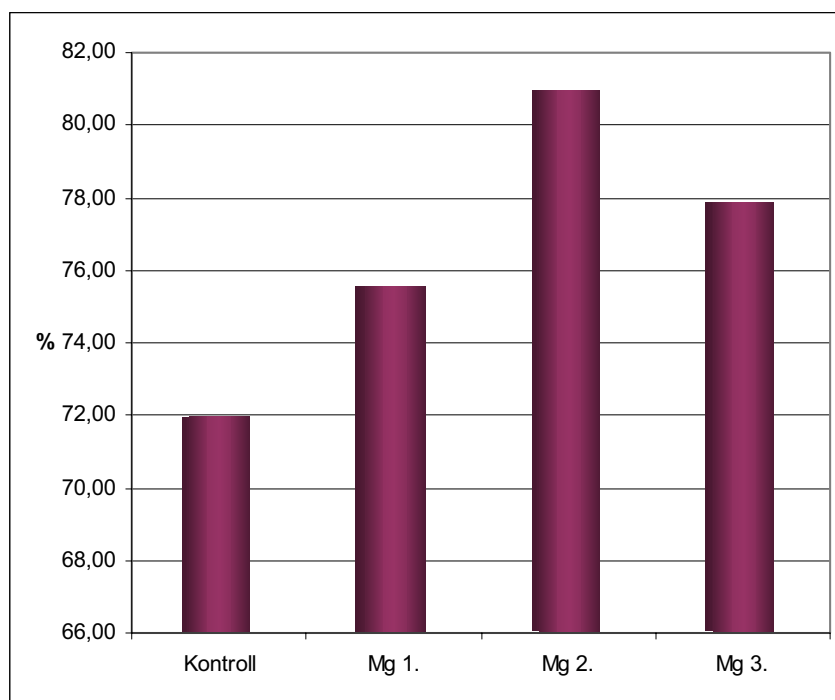
7. táblázat

A kelési % alakulása a magnézium-adagolás függvényében

Csoport	Termékeny tojások	Termékeny tojások -60 db	Kikelt naposcsibe (db)	Kelési %
Kontroll	683	623	448	71,91
Mg 1.	713	653	493	75,50
Mg 2.	750	690	558	80,87
Mg 3.	740	680	529	77,79

1. diagram

Kelési % a különböző magnéziumszintek mellett



A kikelt naposcsibék átlagsúlyát a 8. táblázat tartalmazza. A naposcsibék átlagsúlya 40,06 g volt a kontroll csoportban. Magnézium-adagoláskor az Mg 1. csoportban 39,02 g, az Mg 2. csoportban 38,25 g, míg az Mg 3. csoport esetén 38,49 g átlagos naposcsibesúlyt figyelhetünk meg. Annak ellenére, hogy a 20. napi boncoláskor az embriósúly mindhárom kísérleti csoportnál meghaladta a kontroll csoport embriósúlyát (10. táblázat), a napos csibemérésnél a kísérleti csoportok elmaradtak a kontrolltól ($P < 0,01$). Az ok kiderítése újabb vizsgálatokat indokol. Feltételezhető, hogy a nagyobb embriójú tojásokból a csibék előbb keltek ki és a bújtatóban súlyvesztést okozott a keltetőgépből történő egyidejű kiszedés. A naposcsibék átlagsúlyának statisztikai értékelését a 9. táblázat tartalmazza.

8. táblázat

A kikelt naposcsibék átlagsúlya

Csoport	Kikelt naposcsibék	Kikelt naposcsibék súlya		
	db	átlagsúly (g)	szórás	CV%
Kontroll	448	40,06	3,76	9,38
Mg 1.	493	39,02	3,57	9,15
Mg 2.	558	38,25	3,07	8,04
Mg 3.	529	38,49	3,63	9,44

9. táblázat

A naposcsibék átlagsúlyának statisztikai értékelése

Csoport	Kontroll	Mg 1.	Mg 2.	Mg 3.
Kontroll		**	**	**
Mg 1.			**	*
Mg 2.				NS
Mg 3.				

(NS=nem szignifikáns, *P<0,05; **P<0,01)

6.2 Az embrió belső szerveinek vizsgálata

A 14, 16, 18 és 20 napos embriók (15 db embrió/boncolási időpont) átlagsúlyának tojáshoz viszonyított %-os arányát a 10. táblázat mutatja be. Mg 3. csoportból származó embriók átlagsúlya a boncolás 14. napján 3,92 % -kal (NS), a 16. napon 7,92 % -kal (P<0,01), a 18. napon 2,73 % -kal (NS), míg a 20. boncolási napon 7.73 % -kal (P<0,01) haladta meg a kontroll csoport eredményeit. Az embriósúly (15 db embrió/boncolási időpont) statisztikai értékelését a 11. táblázat tartalmazza. A 2. diagramból látható, hogy az embriófejlődés mind a négy boncolási időpontban a magnézium-kiegészítés hatására növekedett.

10. táblázat

A magnézium-adagolás hatása a csirkeembrió súlyára

Csoport	14. nap			16. nap		
	tojás	embrió	arány (%)	tojás	embrió	arány (%)
	súly (g)			súly (g)		
Kontroll	53,97	8,03	14,88	55,85	11,64	20,83
Mg 1.	54,07	8,83	16,34	55,06	12,16	22,08
Mg 2.	52,37	9,29	17,74	54,97	12,55	22,84
Mg 3.	51,93	9,76	18,80	54,72	15,73	28,75

Csoport	18. nap			20. nap		
	tojás	embrió	arány (%)	tojás	embrió	arány (%)
	súly (g)			súly (g)		
Kontroll	53,69	21,81	40,61	52,96	24,86	46,95
Mg 1.	51,25	21,21	41,39	50,94	25,45	49,95
Mg 2.	52,07	22,46	43,13	53,75	27,81	51,74
Mg 3.	54,84	23,77	43,34	51,76	28,30	54,68

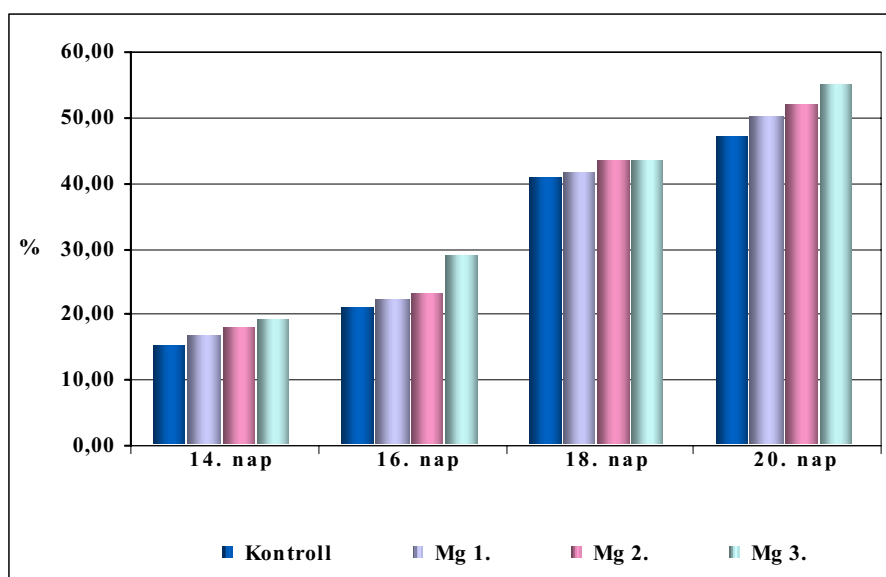
11. táblázat

Az embriósúly statisztikai értékelése

Csop.	14. nap				Csop.	18. nap			
	Kont.	Mg 1	Mg 2	Mg 3		Kont.	Mg 1	Mg 2	Mg 3
Kont.		NS	NS	NS	Kont.		NS	NS	NS
Mg 1	NS		NS	NS	Mg 1	NS		NS	NS
Mg 2	NS	NS		NS	Mg 2	NS	NS		NS
Mg 3	**	**	**		Mg 3	**	NS	NS	
	16. nap					20. nap			

(NS=nem szignifikáns, *P<0,05; **P<0,01)

2. diagram

A magnézium-adagolás hatása a csirkeembrió súlyára

Az embriók átlagos agy-, szív-, máj- és gyomorsúlyának alakulását a tojássúlyhoz viszonyítva, százalékos értékben a 12. táblázat tartalmazza. A vizsgált belső szervek súlyának (15 db/boncolási időpont) statisztikai értékelése a 13., 14., 15. és 16. táblázatban található. A keltetés 14. napján az embriószív súlya szignifikánsan kisebb a magnéziummal kezelt csoportokban ($P < 0,05$) a kontroll csoporthoz képest. A 16. boncolási napon a kontroll csoporthoz viszonyítva szignifikáns csökkenés figyelhető

meg az Mg 3. csoport szív súlyában ($P < 0,01$), valamint az embriógyomor súlyában ($P < 0,05$). A 18 napos embriószív és -máj súlya szignifikánsan kisebb ($P < 0,01$) az Mg 3. csoportban a kontroll csoporthoz képest. A 20. napi boncoláskor az Mg 1. kísérleti csoportban mutatkozik szignifikáns növekedés ($P < 0,05$) az embriógyomor súlyában a kontroll csoporthoz viszonyítva. Mivel a különböző boncolási időpontokban és kísérleti csoportokban csak néhány esetben tapasztalható szignifikáns változás, összességében megállapítható, hogy az életfontosságú belső szervek embrióhoz viszonyított arányát nyomon követve nem figyelhetünk meg összefüggést a magnézium-adagolás mértéke és az egyes szervek súlyváltozása között. Ezt szemlélteti a 3., a 4., az 5. és a 6. diagram.

12. táblázat

A belső szervek súlyának változása az embrió súlyához viszonyítva

Csoport	14. nap				16. nap			
	embrióhoz viszonyított (%)				embrióhoz viszonyított (%)			
	agy	szív	máj	gyomor	agy	szív	máj	gyomor
Kontroll	4,33	1,17	2,14	4,02	4,03	1,16	1,90	4,82
Mg 1.	4,35	0,92	1,99	3,19	4,22	1,00	0,77	3,25
Mg 2.	4,10	0,92	1,91	3,40	4,07	1,15	1,97	3,32
Mg 3.	3,83	0,93	2,10	3,52	3,34	0,83	1,67	3,84

Csoport	18. nap				20. nap			
	embrióhoz viszonyított (%)				embrióhoz viszonyított (%)			
	agy	szív	máj	gyomor	agy	szív	máj	gyomor
Kontroll	3,05	0,80	2,19	5,07	2,80	0,84	2,68	5,48
Mg 1.	3,13	0,75	2,09	5,70	2,96	0,88	2,31	7,13
Mg 2.	2,87	0,76	2,03	4,95	2,78	0,86	2,33	5,46
Mg 3.	2,91	0,66	1,77	4,41	2,78	0,76	2,42	5,13

13. táblázat

Az embrióagy súlyának statisztikai értékelése

	14. nap					18. nap			
	Kont.	Mg 1	Mg 2	Mg 3		Kont.	Mg 1	Mg 2	Mg 3
Kont.		NS	NS	NS	Kont.		NS	NS	NS
Mg 1	NS		NS	NS	Mg 1	NS		NS	NS
Mg 2	NS	NS		NS	Mg 2	NS	NS		NS
Mg 3	NS	**	*		Mg 3	NS	NS	NS	
	16. nap					20. nap			

(NS=nem szignifikáns, *P<0,05; **P<0,01)

14. táblázat

Az embriószív súlyának statisztikai értékelése

	14. nap					18. nap			
	Kontr.	Mg 1	Mg 2	Mg 3		Kontr.	Mg 1	Mg 2	Mg 3
Kontr.		*	**	*	Kontr.		NS	NS	**
Mg 1	NS		NS	NS	Mg 1	NS		NS	*
Mg 2	NS	NS		NS	Mg 2	NS	NS		NS
Mg 3	**	NS	**		Mg 3	NS	NS	NS	
	16. nap					20. nap			

(NS=nem szignifikáns, *P<0,05; **P<0,01)

15. táblázat

Az embriómáj súlyának statisztikai értékelése

	14. nap					18. nap			
	Kontr.	Mg 1	Mg 2	Mg 3		Kontr.	Mg 1	Mg 2	Mg 3
Kontr.		NS	NS	NS	Kontr.		NS	NS	**
Mg 1	NS		NS	NS	Mg 1	NS		NS	*
Mg 2	NS	NS		NS	Mg 2	NS	NS		*
Mg 3	NS	NS	*		Mg 3	NS	NS	NS	
	16. nap					20. nap			

(NS=nem szignifikáns, *P<0,05; **P<0,01)

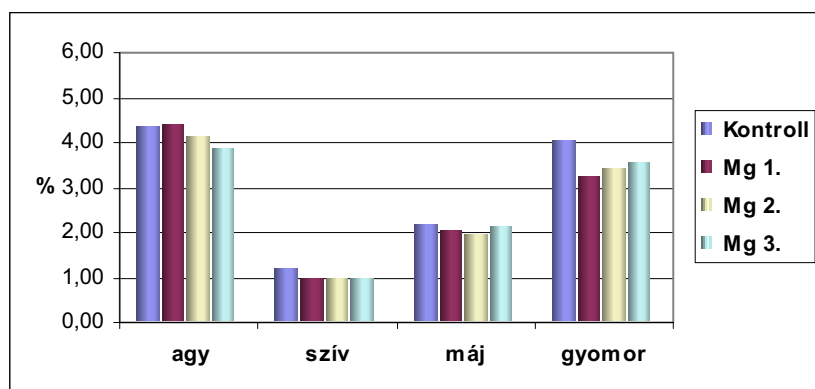
16. táblázat

Az embriógyomor súlyának statisztikai értékelése

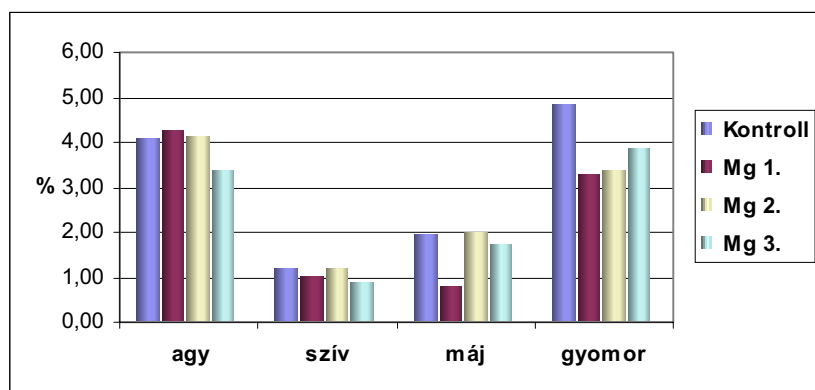
	14. nap					18. nap			
	Kontr.	Mg 1	Mg 2	Mg 3		Kontr.	Mg 1	Mg 2	Mg 3
Kontr.		NS	NS	NS	Kontr.		NS	NS	NS
Mg 1	**		NS	NS	Mg 1	*		NS	**
Mg 2	**			NS	Mg 2	NS	*		NS
Mg 3	*	NS	NS		Mg 3	NS	*	NS	
	16. nap					20. nap			

(NS=nem szignifikáns, *P<0,05; **P<0,01)

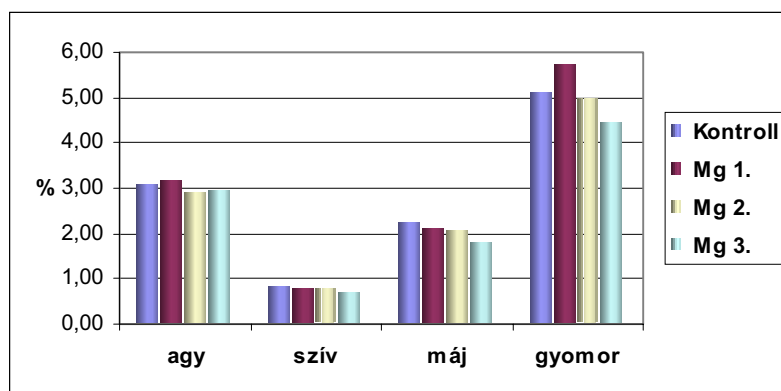
3. diagram

A belső szervek súlyának változása az embrió súlyához viszonyítva a 14. napon

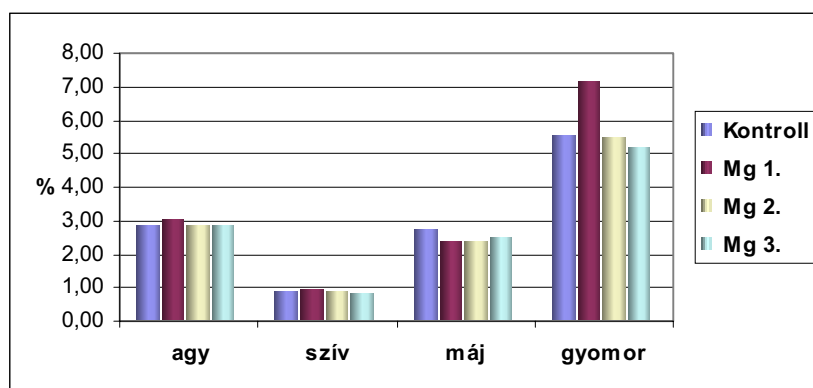
4. diagram

A belső szervek súlyának változása az embrió súlyához viszonyítva a 16. napon

5. diagram

A belső szervek súlyának változása az embrió súlyához viszonyítva a 18. napon

6. diagram

A belső szervek súlyának változása az embrió súlyához viszonyítva a 20. napon

6.3 A belső szervek magnézium-tartalmának vizsgálata

Az embrió belső szerveinek magnézium-tartalma a laboratóriumi vizsgálatok során sem a magnézium-adagolás hatására, sem a boncolási napok előrehaladtával nem változott (17. táblázat).

17. táblázat

A magnézium-adagolás hatása az egyes szervek magnézium-tartalmára (mg/kg sz.a.)

	Kor	Kontroll	Mg 1.	Mg 2.	Mg 3.
Agy	14. nap	0,196	0,175	1,185	0,222
	16. nap	0,206	0,175	0,167	0,178
	18. nap	0,213	0,215	0,235	0,211
	20. nap	0,205	0,240	0,238	0,231
Szív	14. nap	0,455	0,338	0,519	0,508
	16. nap	0,674	0,339	0,386	0,340
	18. nap	0,350	0,312	0,363	0,578
	20. nap	0,360	0,319	0,316	0,345
Máj	14. nap	0,653	0,591	0,592	0,678
	16. nap	0,804	0,564	0,582	0,652
	18. nap	0,644	0,597	0,616	0,578
	20. nap	0,619	0,624	0,569	0,614
Gyomor	14. nap	0,269	0,299	0,240	0,241
	16. nap	0,285	0,320	0,283	0,314
	18. nap	0,230	0,230	0,206	0,255
	20. nap	0,386	0,377	0,386	0,412

6.4 A tyúkok magnézium-hasznosítása

A magnézium - mérleg vizsgálatához kísérleti kezelésként 8 tojótyúkot helyeztem el ketrecekben. Az előtetés 5 napig tartott, majd ezt követte a 10 napos vizsgálat időszak. A kísérleti állatok takarmányának táplálóanyag- és ásványianyag-tartalma (Mg, Ca, P) az 1/b táblázatban (4.2.1 fejezet) látható. A kontroll csoport magnézium-kiegészítés nélküli alaptakarmányt, az egyes kísérleti kezelések pedig az előzetes vizsgálatoknak megfelelően 300, 400, illetve 500 mg/nap magnézium-kiegészítést kaptak. A takarmány kalcium- és foszfortartalma minden kezelésben változatlan volt.

A vizsgálati időszak alatt a kezelések napi takarmányfogyasztását feljegyezve kiszámítottam az elfogyasztott összmenyiséget, melyből megállapítottam az átlagos egyedi takarmányfogyasztást (18. táblázat). A kontroll csoport egyedei átlagosan 110,5 g, az Mg 1. csoport 111,35 g, az Mg 2. csoport 117,6 g míg az Mg 3. csoport egyedei átlagosan 120,75 g takarmányt fogyasztottak naponta. Az eredmények azt mutatják, hogy a magnéziumszint emelésével nőtt ($P < 0,05$) a tyúkok takarmányfogyasztása. A napi takarmányfogyasztás (10 napos kísérleti szakasz) statisztikai értékelése a 19. táblázatban található.

18. táblázat

Az tyúkok takarmányfogyasztása

	Kontroll	Mg 1.	Mg 2.	Mg 3.
takarmány-felvétel (8tyúk/10nap) g	8840,00	8908,00	9408,00	9660,00
átlagos takarmány-felvétel (tyúk/nap) g	110,50	111,35	117,60	120,75

19. táblázat

A tyúkok takarmányfogyasztásának statisztikai értékelése

Csoport	Kontroll	Mg 1.	Mg 2.	Mg 3.
Kontroll		*	*	*
Mg 1.			NS	*
Mg 2.				NS
Mg 3.				

(NS=nem szignifikáns, *P<0,05; **P<0,01)

A tyúkok ásványianyag-felvételéről (Mg, Ca, P) a 20. táblázat tájékoztat.

20. táblázat

**A tyúkok magnézium-, kalcium- és foszfor-felvétele
(mg/nap/tyúk)**

	Kontroll	Mg 1.	Mg 2.	Mg 3.
Mg-felvétel	309	533	640	737
Ca-felvétel	2884	2828	3092	3465
P-felvétel	850	823	929	966

Az állatok ürülékét kezelésként gyűjtöttem össze, majd a 10 napos kísérleti időszak végeztével, annak gondos összekeverése után minden egyes csoporttól mintát vettem. Az ürülékminták laboratóriumi vizsgálatával meghatározásra került azok magnézium-, kalcium- és foszfortartalma (21. táblázat).

21. táblázat

A tyúkok ürülékének magnézium-, kalcium- és foszfortartalma (g/kg sz.a.)

	Mg	Ca	P
Kontroll	5,20	46,70	28,50
Mg 1.	5,60	45,40	29,80
Mg 2.	5,80	41,70	30,10
Mg 3.	6,00	40,00	30,60

Az ürülék ásványianyag-tartalmának ismeretében meghatároztam az egy állatra vetített, ürülékkel távozó magnézium-, kalcium- és foszfor átlagos mennyiségét (22. táblázat).

22. táblázat

Az tyúkok ürülékével távozott magnézium, kalcium és foszfor mennyisége (mg/nap/tyúk)

	Kontroll	Mg 1.	Mg 2.	Mg 3.
ürülékkel távozott Mg	93,66	113,38	111,69	99,11
ürülékkel távozott Ca	841,12	919,18	802,99	660,71
ürülékkel távozott P	513,32	603,34	579,61	505,44

A 22. táblázatban összefoglalt eredményekből látható, hogy az ürülék átlagos magnézium-tartalma 93,66 mg-nál (kontroll) néhány mg -mal minden kísérleti kezelésben magasabb volt. Hasonló változás figyelhető meg a foszforürítés esetében is, ahol a kontroll értéke 513,32 mg volt. A foszforürítés mértéke párhuzamosan változott a magnézium-ürítéssel. Az ürülék kalciumtartalma a

kontroll csoportban 841,12 mg, melynek értékét csak az Mg 1. kísérleti csoport haladta meg (919,18 mg).

A kísérleti időszak során csoportonként gyűjtöttem össze a 10 nap alatt termelt tojásokat (23. táblázat). A tojások darabszáma, és átlagsúlya a magnézium-kiegészítéssel növekedett. Ez az érték azonban a biometriai értékelés során nem mutatkozott szignifikánsnak.

23. táblázat

A tojások darabszáma és átlagsúlya

	Kontroll	Mg 1.	Mg 2.	Mg 3.
tojásdarab (8tyúk/10nap)	40	42	38	50
tojások átlagsúlya (g)	55,39	56,29	56,33	56,70

Az összegyűjtött tojások ásványianyag-tartalmának (24. táblázat) laboratóriumi meghatározása után kiszámítottam a tojásokkal ürült magnézium-, kalcium- és foszformennyiséget (25. táblázat).

24. táblázat

**A tojások Mg-, Ca- és P -tartalma
(g/kg sz.a.)**

	Mg	Ca	P
Kontroll	2,16	105,08	5,57
Mg 1.	2,18	104,12	5,63
Mg 2.	2,66	109,68	5,52
Mg 3.	1,96	103,94	5,64

25. táblázat

**A tojásokkal ürült magnézium, kalcium és foszfor
mennyisége (mg/nap/tyúk)**

	Kontroll	Mg 1.	Mg 2.	Mg 3.
tojással ürített Mg	20,28	22,07	22,92	22,56
tojással ürített Ca	975,87	1053,04	950,13	1196,54
tojással ürített P	51,71	56,92	47,70	65,09

A 25. táblázatban a kontroll csoportban megfigyelt 20,28 mg magnézium-ürítést mindegyik kísérleti kezelés felülmúlta. Az Mg 3. csoport 22,56 mg -os értéke megtöri ugyan a növekedés ütemét, de meghaladja a kontroll csoportot. A kalcium- és foszforürítés esetében közel hasonló eredmények figyelhetők meg: a kontroll értékeit (975,87 mg Ca és 51,71 mg P) - az Mg 2. csoport (950,13 mg Ca és 47,70 mg P) kivételével - szintén felülmúlták az egyes kísérleti csoportok.

A vizsgált ásványianyagok retenciójának megállapításához a takarmánnyal felvett (20. táblázat) és az ürülékkel (22. táblázat), illetve a tojással (25. táblázat) távozott összmenyiségek ismeretére volt szükség. Ezen adatok alapján a magnézium-, kalcium- és foszfor-retenció értékeit a 26/a táblázat tartalmazza.

26/a táblázat

A magnézium, a kalcium és a foszfor retenciója

	Kontroll	Mg 1.	Mg 2.	Mg 3.
Mg-felvétel (tyúk/nap) mg	309,40	533,37	640,92	737,78
Mg ürítés (ürülék + tojás) (tyúk/nap) mg	113,94	135,45	134,61	121,67
Mg-retenció (tyúk/nap) mg	195,46	397,92	506,31	616,12
Mg retenció (tyúk/nap) %	63,17	74,60	79,00	83,51
Ca-felvétel (tyúk/nap) mg	2884,05	2828,29	3092,88	3465,53
Ca ürítés (ürülék + tojás) (tyúk/nap) mg	1816,99	1972,22	1753,11	1857,24
Ca-retenció (tyúk/nap) mg	1067,06	856,07	1339,77	1608,28
Ca retenció (tyúk/nap) %	37,00	30,27	43,32	46,41
P-felvétel (tyúk/nap) mg	850,85	823,99	929,04	966,00
P-ürítés (ürülék + tojás) (tyúk/nap) mg	565,03	660,26	627,31	570,53
P-retenció (tyúk/nap) mg	285,82	163,73	301,73	395,47
P-retenció (tyúk/nap) %	33,59	19,87	32,48	40,94

26/b táblázat (előző év adataival)

A magnézium, a kalcium és a foszfor retenciója

	Kontroll	Mg 1.	Mg 2.	Mg 3.
Mg-felvétel (tyúk/nap) mg	241,27	493,35	594,31	685,26
Mg ürítés (ürülék + tojás) (tyúk/nap) mg	116,55	131,24	141,22	134,98
Mg-retenció (tyúk/nap) mg	124,72	362,11	453,09	550,28
Mg retenció (tyúk/nap) %	51,69	73,40	76,24	80,30
Ca-felvétel (tyúk/nap) mg	3063,08	3231,50	3409,78	3407,99
Ca ürítés (ürülék + tojás) (tyúk/nap) mg	1794,13	1922,73	2138,49	2201,13
Ca-retenció (tyúk/nap) mg	1268,95	1308,77	1271,29	1206,85
Ca retenció (tyúk/nap) %	41,43	40,50	37,28	35,41
P-felvétel (tyúk/nap) mg	744,79	908,50	912,48	891,70
P-ürítés (ürülék + tojás) (tyúk/nap) mg	587,38	651,68	605,03	634,33
P-retenció (tyúk/nap) mg	157,41	256,82	307,44	257,37
P-retenció (tyúk/nap) %	21,13	28,27	33,69	28,86

A 26/a és 26/b táblázatokban feltüntetett eredmények azt mutatják, hogy a magnéziumszint növelése ugyanezen elem retenciójának emelkedését okozta a magnéziummal kezelt csoportokban. A kontroll csoport 63,17 % -os értéke 300 mg/nap kiegészítéskor (Mg 1.) 74,60 % -ra, 400 mg/nap esetén (Mg 2.) 79,00 % -ra, 500 mg/nap (Mg 3.) magnézium-adagolásnál 83,51 % -ra növekedett.

A kalciumretenció kontrollhoz (37,00 %) viszonyított növekedési ütemébe csak az Mg 1. csoport értéke (30,27 %) nem illeszkedett. A foszfor retenciójánál az Mg 1. (19,87 %) és Mg 2. (32,48 %) csoportban csökkenés, míg az Mg 3. (40,94 %) csoport esetében növekedés figyelhető meg a kontrollhoz képest (33,59 %).

7. Következtetések

7.1 A magnézium hatása a keltethetőségre

Kísérletemben a magnézium-adagolással növekedett a keltethetőség az egyes kísérleti kezelésekben a kontroll csoporthoz képest. A kelési % az Mg 2. csoport esetében bizonyult a legeredményesebbnek 80,87 % -kal. Ezt követi az Mg 3. (77,79 %), majd az Mg 1. (75,50 %) kísérleti csoport. A legalacsonyabb eredményt a magnézium-kiegészítés nélküli kontroll csoport mutatja, ahol a keltetőbe helyezett tojásoknak 71,91 % -a kelt ki. A kontroll és az Mg 2. csoport kelési eredményei között 8,96 % különbség figyelhető meg a kísérleti csoport javára.

A keltetés során kiesett tojásokat megvizsgálva kitűnik, hogy a véres és a befulladt tojások az Mg 2. csoportban (400 mg/nap Mg) szerepelnek a legkisebb mennyiségben, míg az elhalt tojások számára az Mg 3. csoport (500 mg/nap Mg) magnéziumszintje volt kedvezőbb hatással. *Christensen és Edens* (1985) kísérletei szintén azt igazolták, hogy azon tojások héjában, amelyekből kikeltek a napos állatok, több magnéziumot és foszfort találtak, mint a befulladt tojások héjában. Következésképpen megállapították, hogy a tojáshéj ásványianyag-tartalma befolyásolhatja az embriófejlődést és a keltethetőséget.

A szakirodalom az ásványianyagok tekintetében ugyanakkor figyelmeztet az optimális mennyiség megállapítására is, mert a toxikus mértékű magnézium-adagolás hatására csökken a tojástermelés, a takarmányfelvétel és a testsúly, ezáltal csökkenhet a keltethetőség is (*Hess és Britton*, 1997). A kelési % -ra gyakorolt kedvező magnéziumhatást figyelembe véve a saját kísérletekben alkalmazott magnéziumszintek (300, 400 illetve 500 mg/nap) nem jelentettek túlzott magnézium-bevitelt.

7.2 A magnézium hatása a tojássúlyra és a naposcsibék súlyára

Saját vizsgálataimban azt tapasztaltam, hogy a magnézium-adagolás hatására az Mg1. és Mg 2. kezelésekre tartozó tojások súlya $P < 0,01$ szinten, az Mg 3. kísérleti csoportba tartozó tojások súlya $P < 0,05$ szinten szignifikánsan nagyobbak voltak a kontroll csoport tojásaihoz viszonyítva. Eredményeimet a szakirodalom is alátámasztotta (*Vogt*, 1971; *Hajj és Sell*, 1969; *Inal és munkatársai*, 2001; *Shanaway*, 1984).

Kísérletemben a kikelt naposcsibék átlagsúlya a magnézium-adagolással csökkent, mely megállapítás

ellentétben áll a szakirodalom eredményeivel (*Bratova és Ganovski, 1982; Shanaway, 1984*). Az általam elvégzett vizsgálatokban a naposcsibék átlagsúlya 40,06 g volt a kontroll csoportban. Magnézium-adagoláskor az Mg 1. csoportban 39,02 g, az Mg 2. csoportban 38,25 g, míg az Mg 3. csoport esetén 38,49 g átlagos naposcsibesúlyt figyelhetünk meg. Annak ellenére, hogy a 20. napi boncoláskor az embriósúly mindhárom kísérleti csoportban meghaladta a kontroll csoport embriósúlyát, a napos csibeméréskor elmaradtak a kontrolltól ($P < 0,01$). Az ok kiderítése újabb vizsgálatokat indokol. Feltételezhető, hogy a nagyobb embriójú tojásokból a csibék előbb keltek ki és a bújtatóban súlyvesztést okozott a keltetőgépből történő egyidejű kiszedés.

7.3 A magnézium hatása az embriófejlődésre

Kísérleteimben a pótlólagos magnézium-kiegészítés pozitívan befolyásolta az embriófejlődést. A magnéziumszint emelkedésével nőtt a tojások magnézium-tartalma az Mg 3. csoport kivételével (Kontroll: 2,16; Mg 1.: 2,18; Mg 2.: 2,66; Mg 3.: 1,96 mg/kg sz.a.), és nagy valószínűséggel ez eredményezte az embriósúlyok növekedését. Az Mg 3. csoportból származó embriók átlagsúlya a boncolás 14. napján 3,92 % -kal (NS), a 16. napon 7,92 % -kal ($P < 0,01$), a 18. napon 2,73 % -kal (NS),

míg a 20. boncolási napon 7,73 % -kal ($P < 0,01$) haladta meg a kontroll csoport eredményeit.

7.4 A magnézium hatása az embrió létfontosságú belső szerveire

A szakirodalom szerint az embrionális anyagcserében kiemelkedő szerepet tölt be a máj az ásványianyagok tárolása és körforgása szempontjából (*Richards és Steele, 1987a,b*). Ezen létfontosságú szerv ásványianyag-koncentrációja az embriófejlődés függvényében fokozatosan változik (*Sandrock és mtsai, 1983; Fleet és McCormick, 1988*), miközben hozzájárul az embrió növekedési ütemének felgyorsításához.

Egyes kutatók (*Romanoff, 1967; Kudriavtseva és mtsai, 1976; Shamsuddin és mtsai, 1977*) a keltetés ideje alatt a 6., a 14. és a 18. napon mérték a legmagasabb magnéziumszintet a májban.

A fenti szakirodalmi eredményekre alapozva további vizsgálatokat végeztem a magnéziumnak az embrió életfontosságú belső szerveire gyakorolt hatása tekintetében. Saját kísérletemben a keltetés 14., 16., 18. és 20. napján mért embrióagy, embriószív, embriómáj és embriógyomor súlyát vizsgálva azonban nem mutatkozott

összefüggés a magnézium-adagolás mértéke és a különböző szervek súlyváltozása között. Az embrió belső szerveinek magnézium-tartalma a laboratóriumi vizsgálatok alapján sem a magnézium-adagolás hatására, sem a boncolási napok előrehaladtával nem változott.

7.5 A tyúkok magnézium-hasznosítása

Valamely elem „emészthetőségét” a táplálóanyagokhoz hasonlóan a fogyasztás és az ürülés különbsége alapján számíthatjuk ki. Így kapjuk meg az állat számára emészthető hányadot. Ez a módszer azonban általánosságban nem alkalmas az ásványianyagok kihasználásának megállapításához. A különböző elemek felszívódása ugyanis a szükséglettől függően alakul, azonkívül az ásványianyagok emészthetőségéről nem is beszélhetünk olyan értelemben, mint a táplálóanyagok esetében. Valódi emészthetőségük megállapítása igen körülményes, mert az egyes elemekből a bélsárral kiürülő mennyiség nagyon változó. Az elem endogén kiürülését a bélsárban többféleképpen állapíthatjuk meg. A vizsgálandó elemet nem tartalmazó takarmány etetésével a létfenntartáshoz szükséges mennyiség határozható meg. Pontosabb eredményeket kaphatunk az adott elem izotópjának alkalmazásával (*Régisné Mőcsényi, 1982*).

Mivel a fiziológiás szükségletet a szakirodalom már egyértelműen meghatározta, saját kísérletemben nem a szükséglet pontos értékét szerettem volna megismerni, hanem a takarmány, az ürülék és a tojás magnézium-tartalmának ismeretében olyan mérleget készíteni, ami szemlélteti a magnézium-adagolás hatására végbemenő retenció-változásokat.

A magnézium-retenció értékeléséhez szükség volt a kalcium- és a foszformérleg elkészítésére is, hiszen a három elem anyagforgalma kapcsolatban áll egymással. Ezen elemek antagonistá és szinergista hatásával több kutató is foglalkozott (*Rogler és Parker, 1972; Gönye, 1987; Shafey és mtsai, 1991; Ding és mtsai, 1992; Freudenrich és mtsai, 1992; Ohlenschläger, 1992; Paunier, 1992; Hess és Britton, 1997; Mézes, 2004*).

Mindezen kutatási eredményeket figyelembe véve az ásványianyag-mérleg elkészítéséhez meghatároztam a takarmány, az ürülék és a 10 napos kísérlet alatt termelt tojások magnézium-, kalcium- és foszfortartalmát, valamint feljegyeztem a takarmányfogyasztást és a tojások darabszámát.

Saját kutatásom adatainak értékelésekor azt tapasztaltam, hogy a magnéziumszint emelkedésével növekszik ($P < 0,05$)

a tyúkok takarmányfogyasztása. A kontroll csoport 110,5 g -os értékét 10,25 g -mal lépték túl az Mg 3. (120,75 g) csoport egyedei.

Hossian és Bertechini (1998), valamint *Inal és munkatársainak* (2001) kísérletei megerősítik eredményeimet.

A tojások darabszámát és súlyát feljegyezve megfigyeltem, hogy a kontroll csoportból származó tojások mennyiségét (40 db) megelőzte az Mg 3. csoport (50 db) annak ellenére, hogy a tojásgyűjtés időszaka rövid volt, 10 napig tartott. Az összegyűjtött tojások átlagsúlya növekedett a magnézium-adagolással. Az eredmények azonban a statisztikai értékelés alapján nem mutatkoztak szignifikánsnak.

A magnézium-adagolás és a tojások darabszáma, valamint a tojássúly közötti kapcsolatot több kutató is megfigyelte (*Edwards és Nugara*, 1968; *Vogt*, 1971; *Rogerson és Singesen*, 1976; *Kovácsné Gaál*, 1981; *Hossian és Bertechini*, 1998).

Kísérletemben a tyúkok kalcium-, és foszfor-felvétele, valamint ürülése a szakirodalmi adatokkal (*Günther és Lenkeit*, 1964) egyezően alakult (napi kalciumfelvétel: 2800 mg körüli, napi foszforfelvétel: 900 mg körüli, napi

kalciumürülés összesen: 1800 mg körüli, napi foszforürülés összesen: 580 mg körüli). Saját vizsgálatom eredményei azt mutatták, hogy a takarmány magnéziumszintjének emelése ugyanezen elem retenciójának növekedését okozta minden kísérleti csoport esetén. A kontroll csoport 63,17 % -os értéke 300 mg/nap kiegészítéskor (Mg 1.) 74,60 % -ra, 400 mg/nap esetén (Mg 2.) 79,00 % -ra, 500 mg/nap (Mg 3.) magnézium-adagolásnál 83,51 % -ra növekedett. A kalciumretenció kontrollhoz (37,00 %) viszonyított növekedési ütemét az Mg 1. csoport értéke (30,27 %) szakította meg. A foszfor retenciójában az Mg 1. (19,87 %) és Mg 2. (32,48 %) kezelésben csökkenés, míg az Mg 3. (40,94 %) csoport esetében növekedés figyelhető meg a kontrollhoz képest (33,59 %).

Összességében megállapítható, hogy a magnéziumszint emelkedésével nem növekedett a tyúkok magnéziumürítése. A retenció növekedése azt mutatja, hogy szervezetük képes raktározni a szükségleti értéknél nagyobb mennyiségben felvett magnéziumot, ami hozzájárul a tojások darabszámának növekedéséhez, a tojás-, az embriósúlyok és a kelési % értékének javulásához, valamint csökkenti a keltetés során kiesett tojások mennyiségét. A különböző magnéziumszintek hatását összevetve azt tapasztaltam, hogy a 400 mg/nap

magnézium-adagolás (Mg 2.) a keltetés paramétereinek vizsgálatokor számos esetben felülmúlta a többi kísérleti kezelés eredményeit.

8. Új tudományos eredmények

1. A tojótyúkok takarmányának magnézium-kiegészítése kedvezően befolyásolta a tojások keltethetőségét. A magnéziumszint emelése csökkentette a keltetés során kiesett tojások számát, ezáltal nöött a kelési % értéke. A legjobb kelési eredményt az Mg 2. csoportban tapasztaltam (80,87 %), ahol a véres és befulladt tojások a legkisebb mennyiségben fordultak elő (3,37 illetve 6,01 %). Az elhalt tojások esetében 500 mg –os magnéziumszint volt kedvezőbb hatással (3,79 %), ahol a keltethetőség 77,79 % volt. A különböző kezelések eredményei jobbnak bizonyultak a kontroll kezelés eredményeinél.
2. A 14, 16, 18 és 20 napos embriók átlagsúlyának tojáshoz viszonyított százalékos arányát megvizsgálva megállapítható, hogy a kiegészítő magnézium-adagolás pozitív hatással volt az embriófejlődésre. A különböző kísérleti kezelések embrióinak vizsgálata szignifikánsan nagyobb embriósúlyt eredményezett a kontroll csoport értékeihez viszonyítva. 500 mg magnézium-adagoláskor az embriók átlagsúlya a boncolás 14. napján 3,92 % -kal (NS), a 16. napon 7,92 % -kal ($P < 0,01$), a 18. napon 2,73 % -kal (NS), míg a

20. napon 7,73 % -kal ($P < 0,01$) haladta meg a kontroll csoport eredményeit.

3. Az életfontosságú belső szervek embrióhoz viszonyított arányát nyomon követve nem figyelhettünk meg összefüggést a magnézium-adagolás mértéke és az egyes szervek súlyváltozása között.
4. Az embrió belső szerveinek magnézium-tartalma a laboratóriumi vizsgálatok során sem a magnézium-adagolás hatására, sem a kor előrehaladtával nem változott.
5. A magnéziumszint emelkedésével nem növekedett a tyúkok magnéziumürítése. A kontroll csoport magnézium-retenciójának 63,17 % -os értéke 300 mg kiegészítésnél (Mg 1.) 74,60 % -ra, 400 mg -os adagolásnál (Mg 2.) 79,00 % -ra, 500 mg magnézium-adagolásnál (Mg 3.) 83,51 % -ra emelkedett. A szükségleti értéknél nagyobb mennyiségben felvett magnézium a szervezetben raktározódva javítja a 20. tojóhetes sárga magyar tyúk tenyésztójas-előállításának mennyiségi mutatóit, ami alátámasztja az elvégzett kísérlet pozitív eredményeit.

9. Összefoglalás

Kísérletemben azt a célt tűztem ki, hogy megvizsgáljam a magnézium-adagolás hatását a tenyésztójások súlyára, keltethetőségére, a kikelt naposcsibék átlagsúlyára, az embriófejlődés intenzitására, az embrió létfontosságú belső szerveinek (agy, szív, máj, gyomor) súlyváltozásaira, magnézium-tartalmára továbbá megvizsgáltam a tojótyúkok magnézium-hasznosítását is.

Vizsgálataimat sárga magyar tojótyúkokkal végeztem, ahol az alaptakarmányon felül 300 (Mg 1.), 400 (Mg 2.), 500 (Mg 3.) mg/nap magnéziumot adagoltam az egyes kísérleti csoportoknál.

A magnézium-adagolás HAMAG LP készítmény formájában történt (97,3 % -ban MgO, melynek magnézium-tartalma 58,67 %).

Minden kísérleti csoportba 120 (3x40) tojótyúk és 12 (3x4) kakas tartozott. A 10 napos előzetetési időszakot 10 napos tojásgyűjtés követte.

A magnézium-hasznosítás vizsgálatához csoportonként 8 tojótyúkot helyeztem el ketrecekben. Ekkor az 5 napos előzetetési időszakot 10 napos kísérleti szakasz követte.

9.1 Eredmények

A magnézium-adagolás kedvezően befolyásolta a tojássúly alakulását. Az Mg1. és Mg 2. kezelésekbe tartozó tojások súlya $P < 0,01$ szinten, az Mg 3. kísérleti kezelésbe tartozó tojások súlya $P < 0,05$ szinten szignifikánsan magasabb értéket képviselt a kontroll csoporthoz viszonyítva.

A magnézium-adagolás előnyös hatása a keltetési eredményekben is megmutatkozott. Csökkent a keltetés során kiesett tojások darabszáma. A véres és befulladt tojások az Mg 2. (400 mg) kezelésben szerepelnek a legkisebb mennyiségben, míg az elhalt tojások esetében az Mg 3. (500 mg) kezelés magnéziumszintje volt kedvezőbb hatással. A kelési % 400 mg (Mg 2.) magnézium-adagoláskor bizonyult a legeredményesebbnek 80,87 % -kal. A kontroll és az Mg 2. kezelés kelési eredményei között 8,96 % különbség figyelhető meg.

A magnézium-kiegészítés embriófejlődésre gyakorolt kedvező hatása az embriósúlyokban mutatkozott meg. A tojáshoz viszonyított embriósúly növekedett a magnézium adagolásával ($P < 0,01$). Annak ellenére, hogy a 20. napi boncoláskor az embriósúly mindhárom kísérleti csoportnál meghaladta a kontroll embriósúlyát, a napos

csibemérésnél a kísérleti kezelések elmaradtak a kontrolltól ($P < 0,01$).

Az embrió belső szerveinek súlyában lényeges változás nem tapasztalható, annak ellenére, hogy az agy és a máj raktározó szervnek számít a szükségleti értéken felüli magnézium-bevitel esetében. Az egyes belső szervek magnézium-tartalma nem változott a pótlólagos magnézium-etetés hatására.

Az ásványianyag-mérleg eredményei azt mutatták, hogy a takarmány magnéziumszintjének emelése ugyanezen elem retenciójának növekedését okozta a különböző kísérleti kezelésekben. A kontroll 63,17 % -os értéke 300 mg/nap kiegészítésnél (Mg 1.) 74,60 % -ra, 400 mg/nap esetén (Mg 2.) 79,00 % -ra, 500 mg/nap (Mg 3.) magnézium-adagolásnál 83,51 % -ra növekedett.

Összességében megállapítható, hogy a magnéziumszint emelésekor a sárga magyar tojótyúkok szervezete képes raktározni a szükségleti értéknél nagyobb mennyiségben felvett magnéziumot, ami hozzájárul a tojások darabszámának növekedéséhez, a tojás-, az embrió súlyok és a kelési % értékének javulásához, valamint csökkenti a keltetés során kiesett tojások mennyiségét. Az egyes kísérleti csoportok eredményeit összehasonlítva a kelési

paraméterek vizsgálatakor azt tapasztaltam, hogy a 400 mg/nap magnézium-adagolás (Mg 2.) kiemelkedő hatása számos esetben megmutatkozik.

10. Szakirodalom jegyzéke

ABDALLAH A.G. – HARMS R.H. – WILSON H.R. – EL-HUSSEINY O. (1994): Effect of removing trace minerals from the diet of hens laying eggs with heavy or light shell weight. *Poultry Science* 73 (2), 295-301.

ADAMS A.W. – CUNNINGHAM F.E. – MUNGER L.L. (1975): Some effects on layers of sodium sulfate and magnesium sulfate in their drinking water. *Poultry Science* 54 (3), 707-714.

AGUS, Z.S. – WASSERSTEIN, A. – GOLDFARB, A. (1982): Disorders of calcium and magnesium homeostasis. *The American Journal of Medicine*. 72, (3) 473-488.

AHSAN, S.K. (1997): Metabolism of magnesium in health and disease. *Journal of the Indian Medical Association*. 95, (9) 507-510.

ATTEH, J.O. - LEESON, S. (1983): Influence of increasing dietary calcium and magnesium levels on performance mineral metabolism and egg mineral content of laying hens. *Poultry Science* 62, (7) 1261-1268.

BAIN, J.A. (1954): The effect of magnesium upon thyroxin inhibition of phosphorylation. *Journal of Pharmacology* 110, 2.

BAUMGARTNER, S. – BROWN D.J. – SALVSKY E. – LEACH R.M. (1978): Copper deficiency in the laying hen. *Journal of Nutrition*. 108, 804-811.

BIGI, A. – FORESTI, E. – GREGORINI, R. – RIPAMONTI, A. – ROVERI, N. – SHAH, J.S. (1992): The role of magnesium on structure of biological apatites. *Calcified Tissue International*. 50 (5) 439-444.

BLAXTER, K.L. (1956): The magnesium content of bone in hypomagnesaemic disorders of livestock. *Bone Struct. Metab., Ciba Found. Symp.* 1955, 117.

BOGENFÜRST, F. (2000a): A tojás összetételének változása. *In: Bogenfürst, F.* (2000): *Keltetés*, Gazda könyvkiadó, Budapest

BOGENFÜRST, F. (2000b): Az ásványianyagok forgalma. *In: Bogenfürst, F.* (2000): *Keltetés*, Gazda könyvkiadó, Budapest

BOGENFÜRST, F. (2000c): A tyúkembrió fejlődésének fokozatai és a helyes fekvés kialakulása. *In:* Bogenfürst, F. (2000): Keltetés, Gazda könyvkiadó, Budapest

BOGENFÜRST, F. (2000d): A takarmánx vitamin- és ásványianyag-tartalmának hatása az embrióhalandóságra. *In:* Bogenfürst, F. (2000): Keltetés, Gazda könyvkiadó, Budapest

BOGENFÜRST, F. (2004a): A tojásválogatás és a keltethetőség. *In:* Bogenfürst, F. (2004): A keltetés kézikönyve, Gazda kiadó, Budapest

BOGENFÜRST, F. (2004b): A tojás méretét és összetételét befolyásoló tényezők. *In:* Bogenfürst, F. (2004): A keltetés kézikönyve, Gazda kiadó, Budapest

BOGENFÜRST, F. (2004c): Az embrionális anyagcsere-folyamatok. *In:* Bogenfürst, F. (2004): A keltetés kézikönyve, Gazda kiadó, Budapest

BOHL, C.V. – VOLPE, S.L. (2002): Magnesium and exercise. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 42, (6) 533-563.

BOLING, J.A. – OKOLO, T.O. – GAY, N. – BRADLEY, N.W. (1979): Effect of magnesium and energy supplementation on blood constituents of fall-calving beef cows. *Journal of Animal Sciences* 48, 5, 1209.

BRATOVA, K. – GANOVSKI K.H. (1982): Effect of Black Sea algae on chicken egg production and chick embryo development. *Veterinarno- Meditinski Nauki*. 19 (8) 99-105.

BRONNER, F. – THOMPSON, D.D. (1961): Mechanisms and functional aspects of intestinal magnesium absorption. *Journal of Physiologie* 157. 232.

BURLEY, R.W. – VADEHRA D.V. (1989): *The Avian Egg Chemistry and Biology*. John Wiley and Sons. 72-88.

CHICCO, C.F. – AMMERMAN, C.B. – LOGGINS, P.E. (1973): Effect of age and dietary magnesium on voluntary feed intake and plasma magnesium in ruminants. *Journal of Dairy Sciences* 56, 6, 822.

CHOU, H.F. - SCHWARTZ, R. - KROOK, L. - WASSERMAN, R.H. (1979): Intestinal calcium absorption and bone morphology in magnesium deficient chicks. Cornell University, *Journal of Nutrition*, 32, 56-59.

CHRISTENSEN, V.L. – BIELLIER, H.V. (1982): Physiology of turkey embryos during pipping and hatching. V. Plasma total calcium, magnesium concentrations, and total calcium to magnesium ratios. Poultry Science 61, (9) 1918-1923.

CHRISTENSEN, V.L. – EDENS, F.W. (1985): Magnesium, calcium and phosphorus content of shells from hatching and nonhatching turkey eggs. Poultry Science 64 (5), 1020-1027.

CIURESCU, G. - MOLDOVAN, I. - BEM, C. (1995): Contributions to the determination of the optimum level of magnesium in the diets for hybrid layers. Analele Institutului de Biologie si Nutritie Animala Balotesti 143-149.

COX, A.C. - SELL, J.L. (1967): Magnesium deficiency in the laying hen. Poultry Science 46, 675.

CUNNINGHAM, F.E. – COTTERILL, O.J. – FUNK, E.M. (1960): The effect of season and age of bird on the chemical composition of egg white. Poultry Science 39, 300-308.

CUSACK, M. – FRASER, A.C. – STACHEL, T. (2003): Magnesium and phosphorus distribution in the avian eggshell. *Biochem Mol Biology* 134 (1), 63-69.

DIDIER, R. – GUEUX, E. – RAYSSIGUIER, Y. (1984): Magnesium deficiency in Japanese quail. 79 (2), 223-227.

DING, S.T. - CHANG, C.C. - SHEN, T.F. (1992): The effect of dietary magnesium and calcium level on the eggshell quality and mineral content in plasma eggshell and bone in laying Tsaiya duck and Leghorn hen. Department Animal Husbandry, National Taiwan University, Taiwan

DUDUK, V. (1992): Az emésztőszervek, a légzőkészülék és a húgyszervek gyakoribb betegségei. *In: Duduk, V.* (1992): Állategészségtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

EDWARDS, H. M. – NUGARA, D. (1968): Magnesium Requirement of laying Hen. *Poultry Science*. 47, 963-966.

EDWARDS, H.M. - NUGARA, D. - DRIGGERS, J.C. (1962): Fate of endogenous ²⁸Mg in laying hens. *Poultry Science* 41. 1975-1976.

FERMENT, O. – TOUITOU, Y. (1985): Magnesium: metabolism and hormonal regulation in different species. *Comparative Biochemistry and Physiology.* 82 (4) 753-758.

FLEET, J.C. – MCCORMICK, C.C. (1988): The ontogeny and induction by zinc of hepatic chick embryo metallothionein. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 188, 52-60.

FORGÁCS, B. (1997): Takarmányozás. In: Zoltán, P. (1997): Baromfihús- és tojástermelők kézikönyve. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó Kft. Budapest

FREUDENRICH, C.C. – MURPHY, E. – LEVY, L.A. – LONDON, R.E. – LIEBERMAN, M. (1992): Intracellular pH modulates cytosolic free magnesium in cultured chicken heart cells. *American Journal of Physiology.* 262 (4 Pt 1) 1024-1030.

GLUSZEK, J. (1975): Magnesium and parathyroid function. *Polski Tygodnik Lekarski.* 30 (49) 2071-2073.

GOUX, W.J. – VENKATASUBRAMANIAN, P.N. (1986): Metal binding properties of hen ovalbumin and S-ovalbumin: characterization of the metal ion binding site

by ^{31}P NMR and water protein relaxation rate enhancements. *Biochemistry* 25. 84-94.

GÖNYE, S. (1987): Az ásványianyag-forgalom és zavarai. *In: Brydl E., Gönye S., Haraszti J., Kutas F., Sályi G., Sas B., Ványi A.* (1987): A szarvasmarha anyagforgalmi betegségei és mérgezései. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 142-188.

GRAU, C.R. – ROUDYBUSH T.E. – MCGIBBON W.H. (1979): Mineral composition of yolk fractions and whole yolk from eggs from restricted ovulator hens. *Poultry Science* 58, 1143-1148.

GÜNTHER, K. (1985): Mineralstoffbedarf und – Versorgung von Zucht – und Mastschweinen. *Kraftfutter*, 6, 204.

GÜNTHER, K. - LENKEIT, W. (1964): Langfristige Untersuchungen über den Calcium-, Phosphor- und Magnesiumumsatz der Legehennen. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermitt.*, 19, 265-290.

GÜNTHER, K. – MOHME, H. (1985): Zur ernährungsphysiologischen Wirksamkeit von

Magnesiumfumarat in der Ernährung des Schweines während der Mast. Kraftfutter 5, 163.

HAIJ, R.N. – SELL, J.L. (1969): Magnesium requirement of the laying hen for reproduction. Journal of Nutrition, 97, 441-443.

HARLAND, B.F. – FOX, M.R. – FRY, B.E.Jr (1976): Magnesium deficiency, requirement and toxicity in the young Japanese quail. Poultry Science 55 (1), 359-364.

HENRY, P.R. – MILES, R.D. (2001): Heavy metals – Vanadium in poultry. Ciência Animal Brasileira 2 (1) 11-26.

HENRY, P.R. - BENZ, S.A. - AMMERMAN, C.B. - BAKER, D.H. - LEWIS, A.J. (1995): Magnesium bioavailability. Department of Florida, Academic Press 201-237.

HESS, J.B. - BRITTON, W.M. (1997): Effects of dietary magnesium excess in White Leghorn hens. Department of Poultry Science, University of Georgia, Poultry Science 76 (5), 703-710.

HOSSAIN, S.M. - BERTECHINI, A.G. (1998): Effects of varying levels of magnesium and available phosphorus on performance of layers. *Animal Feed Science and Technology* 71, (4) 363-368.

HOSSAIN, S.M. - REZENDE, M.J.M. (1996): Effects of varying levels of magnesium and phosphorus on performance of layers. Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinaria, Universidade Federal de Minas Gerais, Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia 2, (1) 445-461.

INAL F. – COSKUN B. – GULSEN N. – KURTOGLU V. (2001): The effects of withdrawal of vitamin and trace mineral supplements from layer diets on egg yield and trace mineral composition. *British Poultry Science* 42 (1), 77-80.

JOHANSSON, G. (1982): Magnesium and primary hyperparathyroidism. *Acta Medica Scandinavica Supplementum* 661, 9-11.

KARSAI, F. (1982): A magnézium-anyagforgalom. *In:* Karsai, F. (1982): Állatorvosi kórélettan. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest

KHOKLOV, A. - KISLYI, A. (1997): Let us control the mineral nutrition of laying hens. *Ptitsevodstvo* 2, (1) 20-21.

KOVÁCSNÉ GAÁL, K. (1981): A magnézium-adagolás hatása a tojás néhány jellemző tulajdonságára. *ATE Mezőgazdaságtudományi Kar Közleményei (Mosonmagyaróvár)* 23, 181.

KOVÁCSNÉ GAÁL, K. (1992): A magnézium szerepe az állatvilágban. *In: Fazekas, T. – Selmeczi, B. – Stefanovits, P. (1992):* A magnézium forrásai és jelentősége az élővilágban. Akadémiai Kiadó. Budapest

KOVÁCSNÉ GAÁL, K. (1993): A magnézium-adagolás hatása a sertés reprodukciójára és a baromfi néhány termelési tulajdonságára. *Kandidátusi Értekezés. MTA TMB, Budapest*

KUDRIAVTSEVA, G.V. – KOLOTILOVA, A.I. – GOVOROVA, L.V. – REDIKH, S.V. – BULAVKO, N.I. (1976): Ratio of concentration of ions of uni- and bivalent metals into the tissues of developing chick embryos and 1-day-old chickens. *Ontogenez* 7 (2), 160-165.

LAHUCKY, R. – KÜCHENMEISTER, U. – BAHNELKA, I. – ENDER, K. (2003): The effect of dietary magnesium oxide supplementation on muscle energetic and calcium metabolism and meat quality of pigs. 9th Symposium Vitamins and Additives in Nutrition of Man and Animal, Jena, Abstracts 74.

LALL, S.P. (1989): The Minerals. *In:* Halver, J.E. : Fish Nutrition. 2nd Edition, Academic Press, Inc. San Diego, 219-258.

LATSHAW, J.D. – BIGGERT, M.D. (1981): Incorporation of selenium into egg proteins after feeding selenomethionine of sodium selenite. Poultry Science 60. 1309-1313.

LEE, S.R.- BRITTON, W.M. - ROWLAND, G.N. (1980): Magnesium toxicity: bone lesions. Poultry Science 32, (4) 2403-2411.

LEE, S.R.- BRITTON, W.M. (1980): Magnesium toxicity: effect on phosphorous utilization by broiler chicks. Poultry Science 59, (9) 1989-1994.

LEE, S.R. - BRITTON, W.M. (1987): Magnesium-induced catharsis in chicks. Journal of Nutrition 117 (11) 1907-1912.

LINDBERG, J.S. - ZOBITZ, M.M. - POINDEXTER, J.R. - PAK, C.Y. (1990): Magnesium bioavailability from magnesium citrate and magnesium oxide. Journal of the American College of Nutrition 9 (1) 48-55.

LOPEZ MARTINEZ, J. - SANCHEZ CASTILLA, M. - GARCIA DE LORENZO Y MATEOS, A. - CULEBRAS FERNANDEZ, J.M. (1997): Magnesium: metabolism and requirements. Nutrición Hospitalaria 12, (1) 4-14.

LOUGHEAD, J.L. - MIMOUNI, F. - TSANG, R.C. - KHOURY, J.C. (1991): A role for magnesium in neonatal parathyroid gland function. Journal of the American College of Nutrition. 10 (2) 123-126.

MAGAT, W. - SELL, J.L. (1979): Distribution of mercury and selenium in egg components and eggwhite proteins. Proc. Soc. Experimental Biology and Medicine 161. 458-463.

MAHONEY C.P. – ALSTER F.A. – CAREW L.B. Jr (1992): Growth, thyroid function and serum macromineral levels in magnesium-deficient chicks. *Poultry Science* 71 (10), 1669-1679.

MANSON, J.M. – PICKEN, K.J. – DRAPER, M.H. – THOMPSON, R. (1993): Variation among individual White-Leghorn hens in the concentration of minerals in the albumen and yolk content of their eggs. *British Poultry Science* 34, (5) 899-909.

MAS, A. – AROLA L. (1985): Cadmium and lead toxicity effects on zinc, copper, nickel and iron distribution in the developing chick embryo. *Comp. Biochem. Physiol.* 80, 185-188.

MCNAUGHTON, J.L. – DEATON, J.W. – REECE, F.N. – HAYNES R.I. (1978): Effect of age of parents and hatching egg weight on broiler chick mortality. *Poultry Science* 57, 38-44.

MÉZES, M. (2003): Ásványianyagok. 79. *In: Schmidt János: A takarmányozás alapjai. Mezőgazda kiadó. Budapest*

MÉZES, M. (2004): A tojáshéj minőségének javítása – a kalciumon túl. *Agro Napló*. 7. évf. 4.

MILES, R.D. (2000): Trace minerals and avian embryo development. *Ciencia Anima Brasileira* 2, 1-10.

MITCHAM, S.A. – WOBESER, G. (1988): Effects of sodium and magnesium sulfate in drinking water on mallard ducklings. *Journal of Wildlife Diseases* 24 (1) 30-44.

MONSEY J.B. – ROBINSON D.S. – MILLER W.S. – ELLIS M. (1977): The effect of feeding magnesium-enriched diets on the quality of the albumen of stored eggs. *British Journal of Nutrition* 37 (1), 35-44.

MURPHY, E. – FREUDENRICH, C.C. – LEVY, L.A. – LONDON, R.E. – LIEBERMAN, M. (1989): Monitoring cytosolic free magnesium in cultured chicken heart cells by use of the fluorescent indicator Furaptra. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 86 (8) 2981-2984.

MYOUNGHEON, L. - SANGKEUN, K. (1999): The contents of minerals in muscle from various species.

College of Veterinary Medicine, Chungnam National University, Tae-jean, Korea Republic

NABER, E.C. (1979): The effect of nutrition on the composition of eggs. *Poultry Science* 58, 518-528.

NEMESÁNSZKY, E. – GERENCSÉR, ZS. (1992): A magnézium klinikai vonatkozásai. *Orvosi Hetilap* 133. 24. 1475-1479.

NOLAN, T.D. – BROWN, D. (2000): The influence of elevated dietary zinc, selenium and their combination on the suppressive effect of dietary and intraperitoneal cadmium on egg production in laying hens. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A*. 8. 549-565.

N.R.C. (1984): Nutrient requirements of poultry. Sth. Ed. National Academy Press, Washington

OGAWA, H. - VEHARA, M. - UCHINASI, H. - KUWAYAMA, T. - TAKANA, K. (1999): Changes in plasma calcium, phosphorus and magnesium concentrations during on ovipositon cycle in guinea fowls and chickens. Fuji Zootechnical Station, Tokyo University of Agriculture, Fujinomiya-shi, Japan

OHLENSCHLÄGER, G. (1992): Magnesium und Vitamin E. *Natur Heilpraxis mit Naturmedizin.* 45 (5), 490-502.

OLOFFS, K. – COSSA, J. – JEROCH, H. (1997): Phosphorus utilization from different vegetable feedstuffs by laying hens. *Arch. Geflügelkunde* 64. 24-28.

ONO, T. – WAKASUGI, N. (1984): Mineral content of quail embryos cultured in mineral-rich and mineral-free conditions. *Poultry Science* 63 (1), 159-166.

PACKARD, M.J. (1992): Use of slow-release pellets to administer calcitriol to avian embryos: effects on plasma calcium, magnesium and phosphorus. *General and comparative endocrinology.* 85 (1) 8-16.

PACKARD, M.J. – PACKARD, G.C. (1993): Water loss from eggs of domestic fowl and calcium status of hatchlings. *Journal of Comparative Physiology,* 163 (4), 327-331.

PALMER, B.D. – GUILLETTE, L.J. Jr (1991): Oviductal proteins and their influence on embryonic development in birds and reptiles. 29-46. *In: Deeming, D.C. – Ferguson, M.W.J. : Egg incubation.* Cambridge University Press, Cambridge, UK

PAUNIER, L. (1992): Effect of magnesium on phosphorus and calcium metabolism. *Monatsschr. Kinderheilkd.* 140 (9 Suppl 1) 17-20.

PAYMASTER, N.J. (1976): Magnesium metabolism: a brief review. *Annals of the Royal College of Surgeons of England.* 58 (4), 309-314.

REDDY, C.R. - COBURN, J.W. - HARTENBOWER, D.L. - FRIEDLER, R.M. - BRICKMANN, A.S. - MASSRY, S.G. - JOWSEY, J. (1973): Studies on mechanisms of hypocalcemia of magnesium depletion. *Journal of Clinical Investigation* 12, (1) 3000-3010.

RÉGIUSNÉ MŐCSÉNYI, Á. (2004): Makro- és mikroelemek a sertéstakarmányozásban. *Mezőhír* 8. évf. 1.

RICHARDS, M.P. (1991a): Distribution and storage of trace elements in the avian egg. *Trace Elements in Man and Animals.* Chapter 25, 21-23.

RICHARDS, M.P. (1991b): Mineral metabolism in the developing turkey embryo. The effects of developmental age and shell-less culture on trace element contents of

selected tissues. *Comp. Biochem. Physiol.* 100, 1009-1016.

RICHARDS, M.P. (1991c): Mineral metabolism in the developing turkey embryo. The role of the yolk sac. *Comp. Biochem. Physiol.* 100, 1017-1023.

RICHARDS, M.P. (1997): Trace mineral metabolism in the avian embryo. *Poultry Science* 76 (1), 152-164.

RICHARDS, M.P. – *PACKARD, M.J.* (1996): Mineral metabolism in avian embryos. *Poultry and Avian Biology Reviews* 7, 143-161.

RICHARDS, M.P. – *STEELE, N.C.* (1987a): Trace element metabolism in the developing avian embryo. *Journal of Exptl. Zool. Suppl.* 1, 39-51.

RICHARDS, M.P. – *STEELE, N.C.* (1987b): Zinc, copper and iron metabolism by turkey embryo hepatocytes. *Trace Elements in Man and Animals.* 6, 625-626.

ROGERSON, G. – *SINGSEN E.P.* (1976): Mineral metabolism in chicks on high dietary pyridoxine and magnesium. *Journal of Poultry Science.* 55 (4) 1187-1194.

ROGLER, J.C. - PARKER, H.E. (1972): Effects of excess calcium on a fluoride-magnesium interrelationship in chicks. Department of Animal Sciences, Journal of Nutrition 156, (3) 1699-1707.

ROMANOFF, A. L. (1967): Biochemistry of the Avian embryo. *In: A Quantitative Analysis of Prenatal Development.* John Wiley and Sons, New York, NY 311.

ROOK, J.A.P. – STORRY, J.E. (1962): Magnesium in the nutrition of farm animals. *Nutr. Abstr. Rev.* 32, 1055.

ROOF, S.K. – MAGUIRE, M.E. (1994): Magnesium transport systems: genetics and protein structure (a review). *Journal of the American College of Nutrition.* 13 (5) 424-428.

ROSOL, T.J. – CAPEN, C.C. (1996): Pathophysiology of calcium, phosphorus and magnesium metabolism in animals. *The Veterinary clinics of North America. Small animal practice.* 26 (5) 1155-1184.

RUBIN, H. (1975): Central role for magnesium in coordinate control of metabolism and growth in animal cells. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* Vol. 72. No. 9. 3551-3555.

RUBIN, H. – CHU, B. (1978): Reversible regulation by magnesium of chick embryo fibroblast proliferation. *American Journal of Cell Physiology* 94 (1) 13-19.

SAMSON, B.F. – MANSTON, R. – VAGG, M.J. – MALLINSON, C.B. – CONTRERAS, P.A. (1982): Berichte vom 12. Weltkongress für Rinderkrankheiten, Bd. 1. Amsterdam, 574.

SANDROCK, B. – KERN, S.R. – BRYAN, S.E. (1983): The movement of zinc and copper from the fertilized egg into metallothionein-like proteins in developing chick hepatic tissue. *Biol. Trace Element Research* 5, 503-515.

SARIS, N.E. – MERVAALA, E. – KARPPANEN, H. – KHAWAJA, J.A. – LEWENSTAM, A. (2000): Magnesium. An update on physiological, clinical and analytical aspects. *Clinica Chimica Acta; International Journal of Clinical Chemistry*. 294 (1-2) 1-26.

SHAFEY, T.M. – MCDONALD, M.W. – DINGLE, J.G. (1991): Effects of dietary calcium and available phosphorus concentration on digesta pH and on the availability of calcium, iron, magnesium and zinc from the

intestinal contents of meat chickens. *British Poultry Science* 32 (1) 185-194.

SHAMSUDDIN, M. - BHAUMIK, A. - NANDI, J. - MEDDA, J.N. (1977): Quantitative estimation of magnesium in differentiating liver of chick embryo. Department of Zoology, University of Burdwan, *Indian Journal of Physiology, Allied Science* 16, (2) 175-180.

SHANAWAY, M.M. (1984): Inter-relationship between egg weight, parental age and embryonic development. *British Poultry Science* 25 (4) 449-455.

SHEN, T.F. - CHEN, W.L. (2003): The Role of Magnesium and Calcium in Eggshell Formation in Tsaiya Ducks and Leghorn Hens. *Asian-Australian Journal of Animal Sciences* 16, (2) 290-296.

SHILS, M.E. (1980): Magnesium, calcium and parathyroid hormone interactions. *Annals of the New York Academy of Sciences*.355, 165-180.

SIBBALD, I.R. - CAVE, N.A. (1976): The responses of chicks to ammonium, calcium, magnesium, potassium and sodium sulphates and to ammonium and potassium carbonates. *Poultry Science* 55, (6) 2209-2213.

SMITH, R.H. (1961): Importance of magnesium in control of plasma calcium in the calf. *Nature* (London) 191, 181.

SPEARS, J.W. (1999): Reevaluation of metabolic essentiality of the minerals. *Asian-Australian Journal of Animal Sciences* 12: (6) 1002-1008.

STADELMAN, W.J. – PRATT, D.E. (1989): Factors influencing composition of the hen's egg. *World's Poultry Science J.* 45, 247-266.

STAFFORD, J.E.H. - EDWARDS, N.A. (1973): Magnesium-metabolism in the laying fowl. *British Poultry Science* 42, (4) 137-148.

STAHL, J.L. - COOK, M.E. – CREGER, J.L. (1988): Zinc, iron and copper contents of eggs from hens fed varying levels of zinc. *Journal of Food Composition and Analysis* 1. 309-315.

STIBILJ, V. – VADNJAL, R. – KOVAČ, M. – HOLCMAN, A. (2004): The effect of dietary arsenic additions on the distribution of selenium and iodine in eggs and tissues of laying hens. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology.* 46. 275-280.

SUGINO, H. – NITODA, T. – JUNEJA L.R. (1997): Nutritive evaluation of hen eggs. Hen eggs – Their basic and applied science 13-24.

SWANSON, C.A. (1987): Comparative utilization of selenite, selenomethionine and selenized yeast by the laying hen. Nutrition Research 7. 529-537.

TABORSKY, G. (1980): Iron binding by phosphovitin and its conformational consequence. Journal of Biol. Chem. 255. 2976-2985.

TAO, S.H. – FRY, B.E. Jr – FOX, M.R. (1983): Magnesium stores and anemia in young Japanese quail. Journal of Nutrition 113, (6) 1195-1203.

UMEDA, I.O. – KASHIWA, Y. – NAKATA, H. – NISHIGORI, H. (2003): Predominant phosphatase in the ocular lens regulated by physiological concentrations of magnesium and calcium. Life Sciences 73 (9) 1161-1173.

VIEIRA, S.L. – MORAN, E.T. (1998): Eggs and chicks from broiler breeders of extremely different ages. Journal of Appl. Poultry Research 7, 372-376.

VOGT, H. (1971): Magnesium in der Geflügelfütterung. Archiv für Geflügelkunde. 3, 105-109.

VOINOVA, R. – PROFIROV, I.A. – STANCHEV, K.H. (1982): Activity of various phosphatases, leucine aminopeptidase and resorption of L-35S-methionine in the jejunum of birds maintained on diets with different levels of magnesium. Veterinarno Meditsinski Nauki. 19 (1) 110-115.

WADDELL, A.L. – BOARD, R.G. – SCOTT, V.D. – TULLETT, S.G. (1991): Role of magnesium in egg shell formation in the domestic hen. British Poultry Science 32, (4) 853-864.

WEAVER, V.M. – WELSH, J. (1993): 1,25-dihydroxycholecalciferol supplementation prevents hypocalcemia in magnesium-deficient chicks. Journal of Nutrition 123 (4) 764-771.

WELSH, J. – SCHWARTZ, R. – KROOK, L. (1981): Bone pathology and parathyroid gland activity in hypocalcemic magnesium-deficient chicks. Journal of Nutrition 111, (3) 514-524.

WILLIAMS, R.J.P. (1971): Coordination chemistry of diselenophosphinate complexes. *Inorganic Chemistry Acta Rew.* 5, 137.

WILSON, H.R. (1997): Effects of maternal nutrition on hatchability. *Poultry Science* 76, (1) 134-143.

WRIGHT, S. – DELANEY, N. – MARTIN, W.G. (1988): Changes in intestinal calcium transport and binding in magnesium-deficient chicks. *Magnesium Research* 7 (1) 16-22.

YATSKOVA, E.G. - YATSOK, I.A. - CHECHENEVA, V.I. - KOLBAEVA, L.N. - DYMOV, V.S. (1984): Magnesium excess and mineral metabolic disorder in hens. *Veterinariya* 10, (1) 56-57.

ZIEVE, L. (1975): Role of cofactors in the treatment of malnutrition as exemplified by magnesium. *The Yale Journal of Biology and Medicine.* 48 (3), 229-237.

ZUMKLEY, H. – LEHNERT, H. (1984): Magnesium, potassium and hormonal regulation. *Magnesium Research.* 3 (4-6) 239-247.

11. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném kifejezni köszönetemet Kovácsné Dr. Gaál Katalin témavezetőmnek, aki számomra a kísérletek elvégzéséhez és a disszertáció megírásához szükséges feltételeket biztosította, valamint a dolgozat elkészítését szakmai észrevételével támogatta.

Köszönettel tartozom Dr. Husvéth Ferenc tanszékvezető úrnak és a Veszprémi Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar Állatélettani és Takarmányozástani Tanszék dolgozóinak, továbbá Dr. Schmidt Jánosnak és a Nyugat-Magyarországi Egyetem Takarmányozástani Tanszék dolgozóinak, akik a laboratóriumi munkák operatív szervezéséhez és kivitelezéséhez nyújtottak segítséget, valamint Konrád Szilárdnak és Földes Árpádnak, akik a vizsgálati eredmények statisztikai értékelésében és a kísérleti telepen folytatott munkák kialakításában voltak segítségemre.