
Effect van split-feeding bij biologisch gehouden leghennen op de fosforexcretie en schaalkwaliteit

M.M. van Krimpen, G.P. Binnendijk en R.A. van Emous

Wageningen Livestock Research, afdeling Diervoeding

Dit onderzoek maakte deel uit van 'het publiek-private samenwerkingsproject 'Vermindering fosforexcretie door biologisch gehouden varkens en pluimvee' en is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research, in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoek thema 'TKI-AF-BIO' (projectnummer BO-22.04-007-006)

Wageningen Livestock Research
Wageningen, september 2018

Rapport 1120

Krimpen, M.M. van, G.P. Binnendijk en R.A. van Emous, 2018. *Effect van split-feeding bij biologisch gehouden legkippen op de fosforexcretie en schaalkwaliteit*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1120.

Samenvatting

Dit rapport beschrijft de resultaten van een studie naar het effect van split-feeding op productieresultaten, ejschaalkwaliteit en fosforexcretie van biologisch gehouden leghennen. Uit deze studie blijkt dat split-feeding toegepast kan worden om de fosforexcretie van biologische leghennen te verminderen, zonder dat dit negatieve effecten heeft op de productieprestaties van de leghennen en de kwaliteit van de eieren.

Summary

This report describes the results of an experiment, in which the impact of split-feeding on hen performance, egg shell quality and phosphorus excretion of organic housed laying hens was investigated. This study shows that split-feeding can be applied to reduce phosphorus excretion of laying hens without negatively affecting laying hen performance and egg quality.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/458247> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).

© 2018 Wageningen Livestock Research

Postbus 338, 6700 AH Wageningen, T 0317 48 39 53, E info.livestockresearch@wur.nl, www.wur.nl/livestock-research. Wageningen Livestock Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

Wageningen Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever of auteur.

Wageningen Livestock Research is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponneerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Wageningen Livestock Research Rapport 1120

Inhoud

| | | |
|----------|-------------------------------------------------------|-----------|
| | Woord vooraf | 5 |
| | Samenvatting | 7 |
| 1 | Inleiding | 9 |
| | 1.1 Hoge fosforexcretie | 9 |
| | 1.2 Mogelijkheden om fosforbenutting te optimaliseren | 9 |
| | 1.3 Focus op split-feeding | 13 |
| 2 | Materiaal en methode | 14 |
| | 2.1 Proeflocatie en proefomvang | 14 |
| | 2.2 Proefbehandelingen, proefdieren en proefopzet | 14 |
| | 2.3 Voer- en drinkwaterverstrekking | 15 |
| | 2.4 Huisvesting en klimaat | 15 |
| | 2.5 Verzameling van de gegevens | 15 |
| | 2.6 Verwerking van de gegevens | 16 |
| 3 | Resultaten | 17 |
| | 3.1 Analyses van de voeders en de faeces | 17 |
| | 3.2 Technische resultaten | 17 |
| | 3.3 Ei-kwaliteit | 18 |
| 4 | Discussie | 20 |
| 5 | Conclusies | 22 |
| | Literatuur | 23 |

Woord vooraf

Fosfor is een mineraal dat van essentieel belang is voor de stofwisseling van plant en dier. De voorraden fosfor in de wereld zijn echter eindig, zodat in de landbouw een zeer verantwoord gebruik van dit mineraal nagestreefd dient te worden. Om te komen tot evenwichtsbemesting van landbouwgewassen zijn de fosfaatgebruiksnormen de afgelopen jaren geleidelijk verlaagd. Op dit moment is fosfaat de limiterende factor voor de hoeveelheid mest die per hectare aangewend mag worden. Voor de biologische akkerbouwer zijn deze fosfaatgebruiksnormen een groot knelpunt, omdat wanneer de maximale hoeveelheid fosfaat is aangevoerd, er nog steeds ruimte en behoefte is om stikstof aan te voeren, terwijl deze niet als kunstmest mag worden aangevoerd. Voor de biologische varkens- en pluimveehouder is de mestafzet door beperkte plaatsingsruimte van biologische mest binnen Nederland problematisch vanwege o.a. een ongunstige (lage) N/P-verhouding in de mest. De excretie van fosfor (P) via de mest van biologisch gehouden varkens en pluimvee is hoger ten opzichte van mest van gangbaar gehouden dieren. Het hogere P-gehalte hangt samen met het feit dat het enzym fytase niet toegevoegd mag worden aan biologisch voer.

In de stofwisseling van leghennen is er een sterke koppeling tussen de benutting van calcium en fosfor. De calcium- en fosforbehoefte variëren gedurende de dag. Overdag wordt het eiwit en de eidooier grotendeels gevormd en hierbij is er een constante behoefte aan fosfor. De eischaal wordt met name 's avonds en 's nachts gevormd en tijdens dit proces is er met name behoefte aan calcium. Door split-feeding toe te passen kan mogelijk gericht ingespeeld worden op de calcium- en fosforbehoefte van de hennen over de dag heen en daarmee de fosforbenutting verbeteren. In deze studie is nagegaan wat het effect is van split-feeding in vergelijking met het verstrekken van controlevoer op de productie, eiscaalkwaliteit en fosforefficiëntie van biologisch gehouden leghennen. Het experiment is uitgevoerd op het bedrijf van dhr. G.J. Slingenbergh te Ane. De onderzoekers bedanken hem hartelijk voor het beschikbaar stellen van zijn bedrijf voor dit project en voor de geleverde inzet. In dit project is samengewerkt met producenten van biologisch veevoer en vertegenwoordigers van de biologische varkens- en pluimveehouders. De auteurs bedanken de partners van het project voor hun waardevolle inbreng.

Marinus van Krimpen, projectleider

Samenvatting

Mest van biologische leghennen bevat in vergelijking met mest van conventioneel gehouden leghennen, zowel absoluut als relatief, veel fosfaat ten opzichte van stikstof. Dit is het gevolg van de hoge fosforexcretie van biologische leghennen en de vervluchtiging van stikstof in de vorm van ammoniak. Hierdoor is binnen de biologische akkerbouw sector fosfaat de beperkende factor voor de hoeveelheid mest die per hectare aangewend kan worden. Dit heeft tot gevolg dat een biologische akkerbouwer de aanwendingsruimte voor stikstof niet optimaal kan benutten, zodat een groot deel van de biologische leghennenmest moet worden geëxporteerd en de kosten van mestafzet toenemen.

Split-feeding is een methode waarmee de opname en behoefte van verschillende nutriënten beter op elkaar afgestemd kunnen worden. Hierbij krijgen leghennen gedurende de ochtend een ander voer dan gedurende middag. Onderzoek met conventionele leghennen heeft aangetoond dat het toepassen van split-feeding onder andere zorgde voor een lagere dagelijkse opname van calcium en opneembaar fosfor, resulterend in lagere fosfor- en calciumexcretie. Veelal gaat split-feeding gepaard met verbetering van de eischaalkwaliteit, terwijl de productieprestaties van de hennen niet beïnvloed worden.

Er is een onderzoek uitgevoerd op een praktijkbedrijf met biologische leghennen. Uit de praktijkkoppel zijn 60 hennen geselecteerd, die verdeeld werden over 6 kleine grondhokken, waar ze na een gewenningsperiode van 1 week gedurende 6 weken zijn gevolgd. Daarna is er een tweede ronde uitgevoerd, waarbij dezelfde procedure is toegepast.

In het onderzoek zijn twee proefbehandelingen vergeleken:

- 1) Controlegroep: aan de leghennen is een standaard legvoer één maal daags verstrekt;
- 2) Split-feeding groep: aan de leghennen is in de ochtend een ochtendvoer verstrekt en in de middag een middagvoer.

De belangrijkste conclusies uit dit onderzoek zijn als volgt:

- Het toepassen van split-feeding bij biologische leghennen verminderde de berekende fosforexcretie met 3,4% als uitgegaan wordt van de geanalyseerde fosforgehalten en met 7,5% als uitgegaan wordt van de berekende fosforgehalten.
- Split-feeding had geen effect op de fosforbenutting.
- Er was geen effect van split-feeding op de productieprestaties van de leghennen.
- Het toepassen van split-feeding had geen effect op de kwaliteitskenmerken van de eieren.

Split-feeding kan dus toegepast worden om de fosforexcretie van biologische leghennen te verminderen, zonder dat dit negatieve effecten heeft op de productieprestaties van de leghennen en de kwaliteit van de eieren.

1 Inleiding

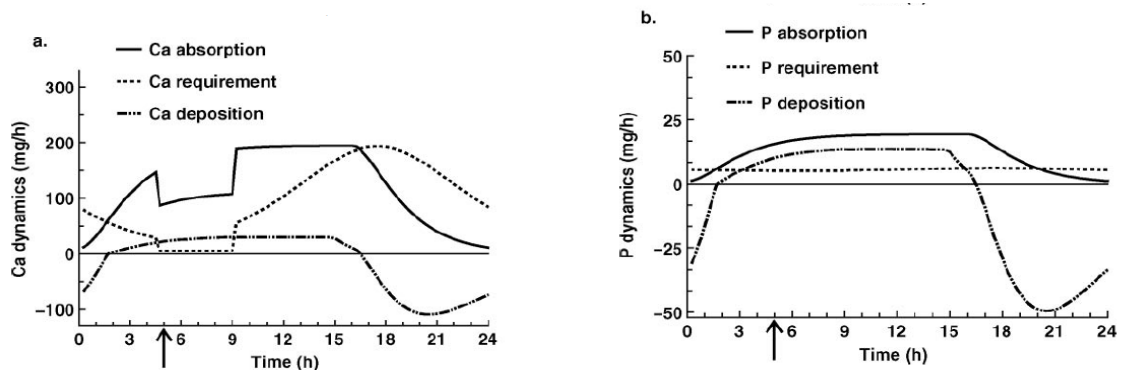
1.1 Hoge fosforexcretie

Mest van biologische leghennen bevat in vergelijking met mest van conventioneel gehouden leghennen, zowel absoluut als relatief, veel fosfaat ten opzichte van stikstof (Bikker et al., 2012). Dit is het gevolg van de hoge fosforexcretie van biologische leghennen en de vervluchtiging van stikstof in de vorm van ammoniak. Hierdoor is fosfaat de beperkende factor voor de hoeveelheid mest die per hectare aangewend kan worden. Dit heeft tot gevolg dat een biologische akkerbouwer de aanwendingsruimte voor stikstof niet optimaal kan benutten, zodat een groot deel van de biologische leghennemest moet worden geëxporteerd en de kosten van mestafzet toenemen. Voedingsmaatregelen die zorgen voor een betere fosforbenutting en als gevolg daarvan verminderde fosfaatexcretie van biologisch gehouden leghennen dragen bij aan betere plaatsing van de mest van deze dieren.

1.2 Mogelijkheden om fosforbenutting te optimaliseren

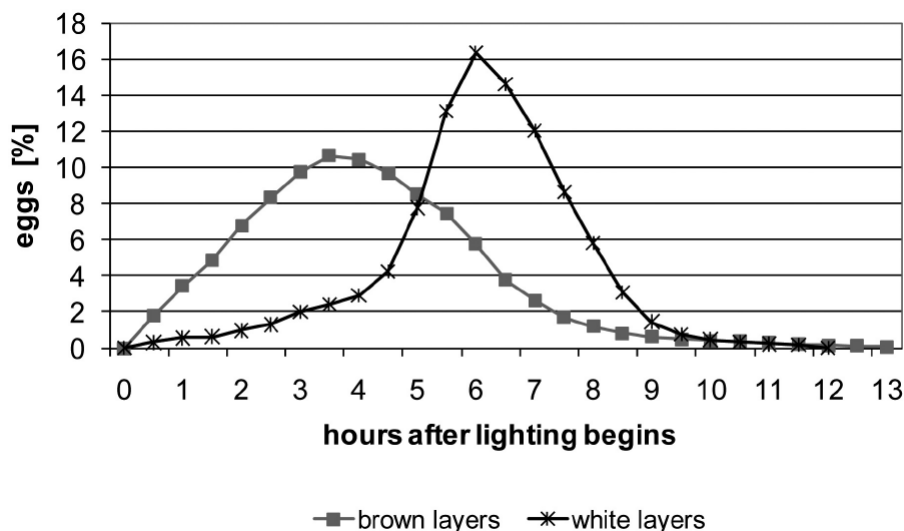
Ei-vorming

Tussen het leggen van 2 eieren zit ongeveer 24 uur of iets meer (Keshavarz, 1998). Ongeveer 30 minuten na het leggen van een ei vindt de ovulatie plaats en start de vorming van het volgende ei. Gedurende de eerste 4 uren wordt het eiwit gevormd, waarna gedurende ca 20 uur de schaalvorming plaats vindt (Leeson and Summers, 2005). Doordat de meeste eieren gedurende de ochtend worden gelegd (Icken et al., 2012) vindt de schaalvorming dus met name plaats gedurende de namiddag, avond en de nacht. Tijdens deze periode neemt een legkip normaal geen voer meer op en moet de benodigde calcium voor de eischaalvorming vanuit het resterende voer in de darmen worden opgenomen of vanuit de botten worden vrijgemaakt. Bij een donkerperiode van 8 uur en een verblijftijd van het voer tot en met het jejunum van maximaal 5 uur zal de kip gedurende 3 uur geen Ca en P vanuit het maagdarmkanaal verkrijgen (Van der Klis and Blok, 1997). Dit betekent dat het dier in deze periode de benodigde Ca en P vanuit het bot gaat mobiliseren. Omdat Ca in het bot samen met fosfor is opgeslagen in de vorm van hydroxyappetiet, komt dus ook fosfor vrij wanneer calcium wordt vrijgemaakt ten behoeve van de eischaalvorming. Het fosfor wordt via de urine uitgescheiden naar de feces, omdat het op dat moment niet kan worden benut (Van der Klis and Blok, 1997). Verondersteld wordt dat de behoefte aan calcium gedurende de dag een verloop heeft die samenhangt met de schaalvorming, terwijl die voor fosfor relatief constant is (Figuur 1) (Kebreab et al., 2009). Dat de behoefte voor fosfor relatief constant is gedurende de dag, komt omdat deze voor het merendeel (90%) bepaald wordt door de vorming van de dooier, hetgeen een continu proces is (Kebreab et al., 2009).



Figuur 1 Verloop van de calcium- (links: a) en fosforopname (rechts: b), -behoefte en -vastlegging van een leghen, die 5 uur (pijl) nadat het licht aan is gegaan een ei legt (Kebreab et al., 2009).

De meeste hennen leggen hun ei tijdens de ochtend (Etches, 1987; Appleby et al., 2004). Er is wel een verschil in piekproductie te zien tussen witte en bruine hennen, waarbij de bruine hennen hun piek 3,5 uur nadat het licht is aangegaan bereiken, terwijl de witte die na 6 uur bereiken (Figuur 2) (Icken et al., 2012). Bij het ouder worden van de hennen verschuift het moment van ei leggen naar een later tijdstip van de dag, zoals door Zakaria et al. (2005) is aangetoond bij vleeskuikenouderdieren.



Figuur 2 Verdeling van het leggen van eieren gedurende de dag bij bruine en witte legkippen (Icken et al., 2012)

Gedurende de nacht, wanneer er geen voedsel meer in het maagarmkanaal is, wordt calcium gemobiliseerd vanuit de botten om te voldoen aan de vraag voor eischalvorming (Van der Klis and Blok, 1997). Daarbij komt het aan het calcium gebonden fosfor vrij. Waarna het wordt uitgescheiden via de urine. Een goede strategie voor het verbeteren van de fosforefficiëntie is om de mobilisatie van calcium vanuit de botten gedurende de nacht te verminderen, waardoor minder fosfor onbenut verloren gaat en beschikbaar blijft voor het dier. Om de fosforbenutting gedurende de nacht te optimaliseren zijn 3 verschillende mogelijkheden beschikbaar:

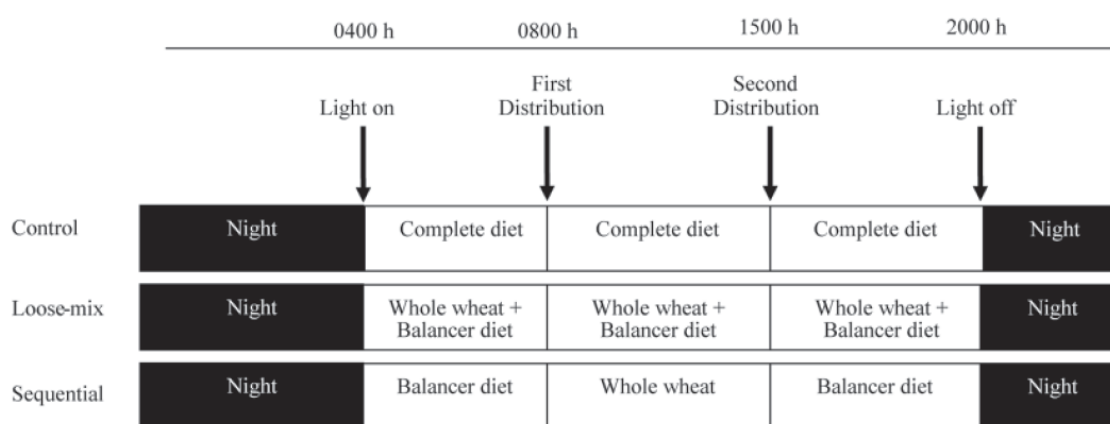
1. Split-feeding
2. Choice-feeding
3. Midnight feeding

Split-feeding

Om de opname en behoefte van de verschillende nutriënten beter op elkaar af te stemmen, is het gewenst om de dieren gedurende de ochtend een ander voer te verstrekken dan gedurende het einde van de dag. In een onderzoek van Nutreco paste men 'split-feeding' toe, waarbij de dieren tijdens de ochtend een voer kregen dat tegemoet kwam aan de nutriëntbehoefte van de eerste fase van eivorming en tijdens de namiddag een voer om met name de eischalvorming te faciliteren (De Los Mozos and Sanchez, 2014). Er is geen informatie beschikbaar over de samenstelling van de voeders, maar Nutreco adviseert bij toepassing van split feeding in de morgen een voer te verstrekken met ten opzichte van een controlevoer verhoogde gehalten aan eiwit-/aminozuren en opneembaar fosfor, terwijl geadviseerd wordt om in het middag-/avondvoer de gehalten aan energie, eiwit/aminozuren en opneembaar fosfor te verlagen en het calciumgehalte te verhogen. Uit het onderzoek bleek dat het toepassen van split-feeding een lagere dagelijkse opname van energie (-2%), ruw eiwit (-3%), calcium (-5%) en opneembaar fosfor (-15%) gaf. Dit resulteerde in een 10% lagere stikstof-, 5% lagere fosfor- en 4,1% lagere calciumexcretie. Daarnaast was het vochtgehalte in de feces ca. 9% lager wat de mest- en strooiselkwaliteit ten goede komt.

Ondanks de lagere opname aan nutriënten waren het eischaalgewicht (+1.3%), de eischaaldikte (+1.3%) en het eischaalgewicht per oppervlakte (+1.9%; mg/cm²) hoger. Daarnaast zag men tussen 95 en 98 weken leeftijd 30% minder breuk en windeieren.

Een andere methode van split-feeding, 'sequential feeding' genoemd, werd toegepast door Faruk et al. (2010). Hierbij werden gedurende de dag verschillende voeders verstrekt (Figuur 3). In de ochtend (direct nadat het licht aanging; 04:00 uur) kregen de hennen een Balans voer (laag energie en hoog eiwit, calcium en fosfor). Vanaf 8.00 tot 15.00 uur werd hele tarwe (hoog energie en laag eiwit, calcium en fosfor) verstrekt, waarna de dieren vanaf 15:00 uur weer het Balans voer kregen. Dit werd vergeleken met een standaard voer en een mix van het Balans voer en hele tarwe. Men zag geen verschillen in productie, maar wel een lagere voeropname (-5,6%) bij de sequential feeding wat resulteerde in een 100 gram lager diergewicht (46 wk lft) en een lagere voederconversie (-0,10 t.o.v. controle voer). Toepassing van sequential feeding gaf een verlaging van respectievelijk 6.5 en 3.0% in dagelijkse energie- en eiwitopname. Er werd geen informatie verstrekt over de calcium- en fosforopname, maar het lijkt aannemelijk dat dit als gevolg van de lagere voeropname ongeveer in dezelfde orde van grootte (5-6%) verlaagd was.



Figuur 3 Overzicht van de drie verschillende voerschema's: i) controle voer, ii) mix voer (combinatie van Balansvoer en hele tarwe) en iii) sequential feeding (afwisseling van Balansvoer en hele tarwe gedurende de dag) (Faruk et al., 2010).

In tegenstelling tot het onderzoek Faruk et al. (2010) zagen Traineau et al. (2015) geen grote verschillen in voeropname bij het toepassen van sequential feeding. In dit experiment werden verschillende combinaties van gehalten aan energie, eiwit en calcium in de ochtend- en avondvoerders onderzocht (Tabel 2). De voeders hadden allemaal een gelijk gehalte aan (opneembaar) fosfor. Ondanks verschillen in energie- en eiwitopname in de ochtend en namiddag werden gemiddeld over de hele dag geen verschillen in energie- en eiwitopname waargenomen. De onderzoekers concludeerden dan ook dat leghennen hun energie- en eiwitopname goed kunnen reguleren, ondanks het verstrekken van verschillende voeders per dagdeel.

Tabel 2 Gehalten aan energie, ruw eiwit en calcium in de voeders die werden toegepast in het experiment van Traineau et al. (2015).

| Beh | Ochtendvoer (08.30-15.30 uur) | Avondvoer (15.30-08.30 uur)* |
|-----|-------------------------------|------------------------------|
| 1 | 2601 kcal, 16,5% RE, 1,2% Ca | 2600 kcal, 16,6% RE, 6,6% Ca |
| 2 | 2901 kcal, 19,5% RE, 0,6% Ca | 2303 kcal, 13,5% RE, 6,6% Ca |
| 3 | 2905 kcal, 13,5% RE, 0,5% Ca | 2302 kcal, 19,4% RE, 6,6% Ca |
| 4 | 2599 kcal, 19,6% RE, 0,6% Ca | 2597 kcal, 13,6% RE, 6,6% Ca |
| 5 | 2903 kcal, 16,4% RE, 0,6% Ca | 2302 kcal, 16,5% RE, 6,6% Ca |

*Donkerperiode tussen 20.00 en 04.00 uur)

Choice-feeding

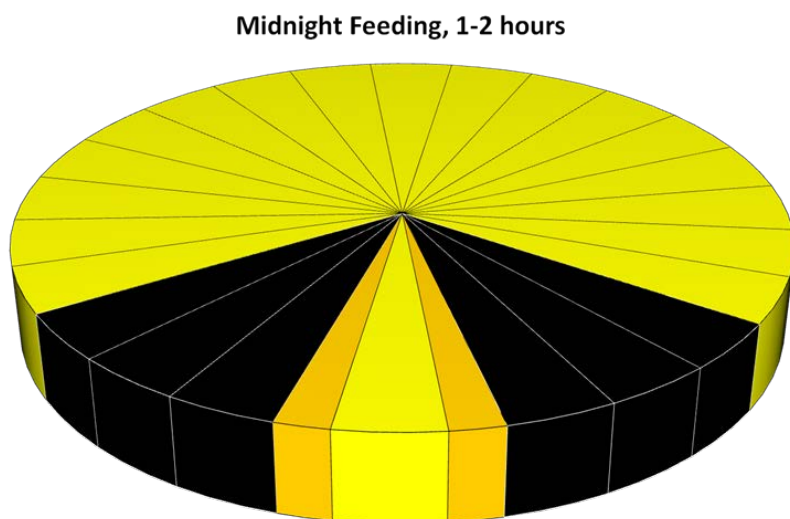
Choice-feeding is een voermethode waarbij hennen hun eigen dieet kunnen samenstellen op basis van verschillende voeders die tegelijkertijd worden aangeboden. In een choice-feeding studie (Chah and Moran, 1985) kregen legkippen standaard legvoer, of de keuze uit drie verschillende voeders: hoog energievoer, hoog eiwitvoer of schelpengrit (calcium). Hennen met choice-feeding namen in de ochtend relatief meer eiwit op, terwijl gedurende de middag meer calcium werd opgenomen. Dit had als gevolg dat de dagelijkse eiwitopname van deze hennen 11% lager was, de energieopname 8% lager en de calciumopname 26% lager ten opzichte van de hennen die standaard voer kregen. Het onderzoek ging niet in op de fosforopname. Er was geen effect van de behandelingen op de technische resultaten, maar de sterkte van de eischalen en de hoeveelheid ei-eiwit nam toe bij de dieren die choice-feeding kregen.

Bennett (2002) beschrijft een aantal praktische aspecten van choice-feeding. Het is een goede manier om meerdere soorten voer aan legkippen te verstrekken, zoals bijvoorbeeld een supplementvoer met daarnaast graan en kalksteensteentjes of schelpengrit. De auteur geeft een aantal adviezen voor het effectief toepassen van choice-feeding:

1. Beperkt het aantal soorten voer tot maximaal 3. Eventueel kunnen verschillende granen gemixt worden.
2. Geef onderscheidende soorten. Graan is rijk aan zetmeel en energie, supplementvoer is rijk aan eiwit, vitaminen en kalksteensteentjes is rijk aan calcium.
3. Bied choice-feeding 4 weken voordat de dieren gaan leggen aan, zodat ze voldoende tijd hebben om eraan te wennen.
4. Bied vitaminen of micromineralen niet apart aan. De dieren houden niet van de smaak.
5. Geef de dieren voldoende voerbaklengte.
6. Stem de samenstelling van het supplementvoer af op de andere componenten van het rantsoen, zoals het graan en kalksteensteentjes, zodat het gezamenlijk een compleet legvoer vormt. Het eiwitgehalte van het supplementvoer varieert doorgaans tussen de 25 en 40%.

Midnight-feeding

Midnight-feeding is een methode om de dieren tijdens de aanmaak van de eischaal (met name de nachtperiode) extra calcium via het voer te verstrekken. Na drie uur donker (nodig voor een goed licht programma) kan weer een uur licht verstrekt worden, zodat de dieren voer kunnen opnemen (Figuur 4). Midnight-feeding kan toegepast worden in combinatie met split-feeding of choice-feeding.



Figuur 4 Midnight-feeding licht programma. De 1e donkerperiode moet minimaal 3 uur zijn.

<http://www.hyline.com/asp/redbook/redbook.aspx?s=4&p=33>

Een voerbeurt 's nachts had een positief effect heeft op de eischealkwaliteit, maar overall nam de voeropname wel met 2-3% toe (Leeson, 2010).

Een probleem van midnight-feeding is mogelijk de maatschappelijke acceptatie, omdat een verstoorde donkerperiode een negatief effect kan hebben op het welzijn van de hennen.

1.3 Focus op split-feeding

Zoals hierboven is beschreven, zijn er meerdere methoden beschikbaar om de fosforefficiëntie van leghennen te verbeteren. In deze studie is ervoor gekozen om split-feeding toe te passen bij leghennen. Het doel van dit onderzoek was na te gaan wat het effect is van split-feeding op de fosforefficiëntie en -excretie, productieresultaten en ei-kwaliteit van biologisch gehouden leghennen.

2 Materiaal en methode

2.1 Proeflocatie en proefomvang

Het onderzoek is uitgevoerd in twee rondes van 6 weken in de periode januari tot en met mei 2017 op een praktijkbedrijf met biologische leghennen. Voor de eerste ronde zijn uit de aanwezige leghennenpopulatie op het bedrijf 60 leghennen (Lohmann Brown+) van 68 weken leeftijd geselecteerd voor het onderzoek. Na afloop van de ronde werden de hennen teruggeplaatst in de praktijkstal. Voor de tweede ronde zijn uit dezelfde aanwezige leghennenpopulatie op het bedrijf 60 andere leghennen van 76 weken leeftijd geselecteerd voor het onderzoek. De dieren werden verdeeld over 6 grondhokken met 10 hennen per hok. Deze hokken waren in een aparte stal gelokaliseerd.

2.2 Proefbehandelingen, proefdieren en proefopzet

In het onderzoek zijn twee proefbehandelingen vergeleken:

- 3) Controlegroep: aan de leghennen is een standaard legvoer één maal daags verstrekt;
- 4) Split-feeding groep: aan de leghennen is in de ochtend een ochtendvoer verstrekt en in de middag een middagvoer.

De berekende gehalten (g/kg) van de voeders zijn weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3 Berekende gehalten (g/kg) van de voeders

| | Standaard legvoer | Ochtendvoer | Middagvoer |
|--------------|-------------------|-------------|------------|
| Ruw as | 128,0 | 108,0 | 148,0 |
| Ruw eiwit | 169,0 | 170,0 | 151,0 |
| Ruw vet | 49,0 | 54,0 | 53,0 |
| Ruwe celstof | 50,0 | 54,0 | 50,0 |
| Calcium | 39,0 | 30,5 | 47,5 |
| Fosfor | 5,5 | 5,6 | 5,0 |

Het ochtendvoer bevatte(berekend) meer eiwit (+ 19 g/kg), fosfor (+ 0,5 g/kg) en minder calcium (- 17 g/kg) ten opzichte van het middagvoer. Ten aanzien van calcium was er tussen de voeders wel een verschil in gehalte, maar niet in deeltjesgrootte van de calciumbron.

De selectiecriteria voor de leghennen die in dit onderzoek zijn ingezet waren: i) over een redelijk goed verenpak beschikken, ii) leggend zijn en iii) vrij zijn van verwondingen en beschadigingen. De 2x 60 geselecteerde leghennen zijn random over de 6 hokken verdeeld.

In de eerste ronde zijn drie hokken toegekend aan de controlegroep en drie hokken aan de split-feeding groep. Na een gewenningsperiode van een week is de meetperiode van 6 weken gestart. In de tweede ronde zijn de beide proefbehandelingen gewisseld. Hokken die in de eerste ronde het controlevoer verstrekt kregen hebben in de tweede ronde de split-feeding voeders gekregen, en andersom. Na de eerste ronde zijn de dieren abrupt overgeschakeld op het andere voer. Na een gewenningsperiode van twee weken is de tweede meetperiode van 6 weken gestart. Tijdens deze tweede gewenningsperiode is tevens het strooisel uit de hokken gehaald en is schoon strooisel in de hokken gedaan.

Tijdens de onderzoeksperiode kregen de dieren 16 uur licht met een lichtsterkte van minimaal 20 lux.

2.3 Voer- en drinkwaterverstrekking

De voeders zijn semi ad libitum verstrekt via voertonnen om de voeropname in beide proefgroepen op een vergelijkbaar niveau te houden. Overeenkomstig de werkwijze van De Los Mozos et al. (2014) is in de ochtend 40% van de geschatte dagelijkse opname verstrekt en in de middag 60%. De voeders zijn geproduceerd en geleverd door een commerciële voerleverancier. Het water werd gedurende de gehele proefperiode onbepaald verstrekt via ronddrinkers.

2.4 Huisvesting en klimaat

De dieren waren gehuisvest in een van de zes grondhokken in een aparte stal op het bedrijf. Ieder grondhok had een oppervlakte van circa 2 m² (5 leghennen per m²). In ieder grondhok waren zitstokken, legnesten, een voerton en een rondrinker geplaatst. Vanwege de risico's op vogelgriep was buitenuitloop ten tijde van het experiment niet toegestaan.

De stal met grondhokken was natuurlijk geventileerd. De temperatuur in de stal was mede afhankelijk van de buitentemperatuur en varieerde tussen circa 20°C (overdag) en 10°C ('s nachts).

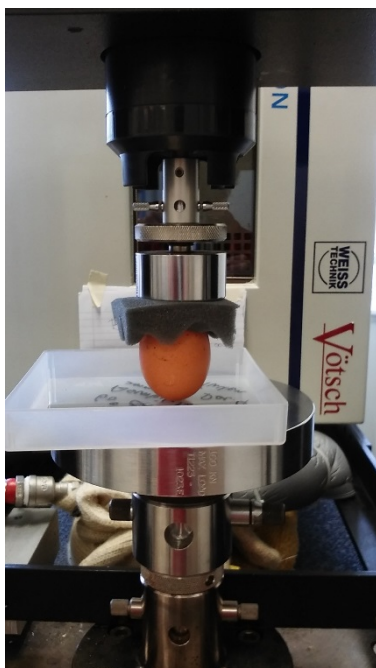
2.5 Verzameling van de gegevens

Van de drie verstrekte voeders is een representatief monster genomen. Deze voermonsters zijn geanalyseerd op drogestof (ISO 6496, 1998), ruw as (ISO 5984, 2002) en calcium en fosfor (ISO 11885, 1998).

Aan het begin van elke week zijn de voerzakken gewogen. Aan het einde van de week zijn de voerzakken terug gewogen. Op basis hiervan is de verstrekte hoeveelheid voer per hok per week bepaald.

De eiproductie en de sortering van de eieren (dubbeldooier, breuk/kneus, wind, vuil) zijn dagelijks genoteerd. Eénmaal per week zijn de verzamelde eieren in die week gewogen en is het gemiddelde eigewicht bepaald.

In beide ronden zijn per hok 10 eerste klas eieren van de 3^e en 6^e week van de proefperiode verzameld en gebruikt voor de metingen van de ei-kwaliteit. Bepaald zijn eigewicht, eischaaldikte en eischaalgewicht bij 5 eieren per hok, terwijl de maximale breuksterkte en de stijfheid (een maat voor de flexibiliteit) van de eischaal zijn bepaald bij de overige 5 eieren per hok. Hiervoor is gebruik gemaakt van een Instron® 5564 Texture Analyzer (Norwood, Massachusetts, US).



De oppervlakte van het ei is bepaald volgens de formule: Oppervlakte (cm²) = 4,835 x eigewicht (g)^{0,662} (Paganelli et al., 1974).

In beide ronden is aan het einde van de 3^e en 6^e week van de proefperiode de kwaliteit van het strooisel visueel beoordeeld (op rulheid en vocht) en zijn per hok een strooisel- en een mestmonster genomen. De mestmonsters zijn gevriesdroogd en geanalyseerd op drogestof (ISO 6496, 1998), ruw as (ISO 5984, 2002) en calcium en fosfor (ISO 11885, 1998). De mestanalyse van hok 1 in ronde 2 (controlevoer) was zeer afwijkend van de andere analyses en is niet meegenomen bij de verwerking van de data.

2.6 Verwerking van de gegevens

De gegevens met betrekking tot eiproductie, voeropname en ei-kwaliteit zijn geanalyseerd onder regressieanalyse met het statistische pakket Genstat met het model $Y = \text{constante} + \text{behandeling} + \text{rest}$. Hierbij zijn ronde, hoknummer en weeknummer binnen ronde (3 of 6) als random factoren opgenomen.

De breuksterkte en stijfheid bleek bij 13 van de 120 eieren zeer afwijkende waarden te geven. De waarden van deze eieren zijn beschouwd als uitbijters en niet meegenomen in de statistische analyse.

Op basis van de inputgegevens (voeropname en P-gehalte) en output gegevens (eimassa) is de fosforexcretie berekend. Dit is zowel gedaan op basis van het berekende als geanalyseerde P-gehalte van het voer. Voor het P-gehalte in het ei is uitgegaan van een vaste waarde van 1,95 g/kg ei (Lambert et al., 2014).

3 Resultaten

Tijdens dit onderzoek zijn geen dieren uitgevallen dan wel veterinair behandeld.

3.1 Analyses van de voeders en de faeces

Tabel 4 geeft de berekende en geanalyseerde gehalten (in g/kg) van de verstrekte proefvoerders weer.

Tabel 4 Berekende en geanalyseerde gehalten (g/kg) van de voeders

| | Standaard legvoer | | Ochtendvoer | | Middagvoer | |
|---------|-------------------|--------------|-------------|--------------|------------|--------------|
| | Berekend | Geanalyseerd | Berekend | Geanalyseerd | Berekend | Geanalyseerd |
| Vocht | - | 107.0 | - | 109.0 | - | 103 |
| Ruw as | 128.0 | 116.0 | 108.0 | 102.0 | 148.0 | 137.0 |
| Calcium | 39.0 | 34.4 | 30.5 | 31.1 | 47.5 | 42.4 |
| Fosfor | 5.5 | 5.5 | 5.6 | 5.5 | 5.0 | 5.4 |

Het geanalyseerde gehalte ruw as was bij alle voeders lager dan berekend. Het calciumgehalte was bij het standaard voer en het middagvoer ca. 5 g/kg lager dan berekend, terwijl deze gehalten bij het ochtendvoer redelijk vergelijkbaar waren. Het geanalyseerde fosforgehalte was bij het standaard legvoer en het ochtendvoer gelijk aan het berekende gehalte, maar bij het middagvoer 0.4 g/kg hoger dan berekend.

Tabel 5 Analyseresultaten van de faeces van leghennen die gedurende 6 weken een controlevoer of split-feeding voeders vertrekt kregen (g/kg ds)

| | Controle | Split-feeding | SEM ¹ | P-waarde |
|-------------------|----------|---------------|------------------|----------|
| Aantal monsters | 5 | 6 | | |
| Droge stof (g) | 471 | 409 | 63,2 | 0,352 |
| Fosfor | 2,1 | 2,0 | 0,28 | 0,773 |
| Calcium | 13,1 | 13,0 | 1,20 | 0,934 |
| Anorganische stof | 50,8 | 61,7 | 29,99 | 0,426 |

¹ SEM = gepoolde standard error van het gemiddelde;

Er was geen aantoon effect van behandeling op de gehalten aan droge stof, fosfor, calcium en anorganische stof (per kg ds) in de faeces.

3.2 Technische resultaten

In tabel 6 is de voeropname van de leghennen weergegeven, terwijl in tabel 7 de eiproductiegegevens zijn vermeld.

Tabel 6 Opname (g/d) van voer, droge stof, calcium, fosfor, en ruw as van leghennen die gedurende 6 weken een controlevoer of split-feeding voeders vertrekt kregen

| | Controle | Split-feeding | SEM ¹ | P-waarde |
|-----------------------------|-----------------|---------------|------------------|----------|
| Aantal hokken | 6 | 6 | | |
| Aantal dieren | 60 | 60 | | |
| Voeropname | 143,3 | 140,0 | 3,0 | 0,078 |
| Percentage ochtendvoer | Niet vastgelegd | 40,5 | | |
| Droge stof-opname | 128,0 | 124,7 | 2,7 | 0,054 |
| Calcium-opname ² | 4,93 | 5,30 | 0,124 | <0,001 |
| Fosfor-opname ² | 0,79 | 0,76 | 0,016 | 0,005 |
| Ruw as-opname ² | 16,63 | 17,20 | 0,41 | 0,014 |

¹ SEM = gepoolde standard error van het gemiddelde;

² Op basis van geanalyseerd gehalte in het voer.

De voeropname en droge stofopname neigden ($P < 0,10$) naar iets hogere waarden bij de hennen die het controlevoer kregen. Hennen met split-feeding namen per dag 0,37 g meer calcium, 0,03 g minder fosfor en 0,57 g meer ruw as op in vergelijking met hennen die het controlevoer kregen.

Tabel 7 Productiegegevens van leghennen die gedurende 6 weken een controlevoer of split-feeding voeders vertrekt kregen

| | Controle | Split-feeding | SEM ¹ | P-waarde |
|-----------------------------------------------|----------|---------------|------------------|----------|
| Aantal hokken | 6 | 6 | | |
| Aantal dieren | 60 | 60 | | |
| Legpercentage | 86,9 | 84,6 | 1,77 | 0,38 |
| Percentage bevuilde eieren | 17,1 | 20,9 | 5,64 | 0,16 |
| Percentage overige 2 ^e klas eieren | 0,9 | 0,7 | 0,31 | 0,65 |
| Eigewicht (g) | 65,2 | 65,2 | 1,24 | 0,99 |
| Eimassa (g/d) | 56,7 | 55,2 | 1,10 | 0,17 |
| Ei-oppervlakte (cm ²) | 76,8 | 76,8 | 0,56 | 0,98 |

¹ SEM = gepoolde standard error van het gemiddelde;

Hennen die split-feeding kregen hadden een vergelijkbaar legpercentage, percentage bevuilde eieren, percentage 2^e klas eieren, eigewicht, eimassa en berekend ei-oppervlakte als de leghennen die het controlevoer kregen.

3.3 Ei-kwaliteit

In tabel 8 zijn de resultaten van de eischaalgewicht en -dikte metingen weergegeven, terwijl in tabel 9 de resultaten van de breuksterktetest zijn vermeld.

Tabel 8 Eischaalgewicht (g), eischaaldikte (mm) en gewicht van eigeel en eiwit (g) van eieren van leghennen die gedurende 6 weken een controlevoer of split-feeding voeders vertrekt kregen

| | Controle | Split-feeding | SEM ¹ | P-waarde |
|-------------------------------|----------|---------------|------------------|----------|
| Aantal bemonsterde eieren | 54 | 53 | | |
| Vers eigewicht (g) | 65,7 | 66,0 | 1,70 | 0,84 |
| Gekookt eigewicht (g) | 65,2 | 65,4 | 1,85 | 0,90 |
| Eischaaldikte top (mm) | 0,421 | 0,413 | 0,0065 | 0,26 |
| Eischaaldikte midden (mm) | 0,423 | 0,420 | 0,0041 | 0,60 |
| Eischaaldikte onder (mm) | 0,431 | 0,428 | 0,0103 | 0,72 |
| Eischaaldikte gemiddeld (mm) | 0,425 | 0,421 | 0,0064 | 0,43 |
| Gewicht eigeel (g) | 17,30 | 17,27 | 0,58 | 0,95 |
| Gewicht eiwit (g) | 41,15 | 41,10 | 1,34 | 0,97 |
| Eischaalgewicht na 24 uur (g) | 6,27 | 5,28 | 0,087 | 0,97 |

¹ SEM = gepoolde standard error van het gemiddelde;

De eieren van hennen die split-feeding kregen hadden een vergelijkbare eischaaldikte en eischaalgewicht als de eieren van leghennen die het controlevoer kregen. Ook was er tussen de behandelingen geen verschil in het gewicht van eigeel en eiwit.

Tabel 9 Breuksterktebepalingen van eieren van leghennen die gedurende 6 weken een controlevoer of split-feeding voeders vertrekt kregen

| | Controle | Split-feeding | SEM ¹ | P-waarde |
|------------------------------|----------|---------------|------------------|----------|
| Aantal bemonsterde eieren | 54 | 53 | | |
| Vers eigewicht (g) | 65,8 | 63,9 | 1,09 | 0,25 |
| Compressiedruk bij breuk (N) | 43,1 | 42,5 | 2,75 | 0,78 |
| Energie tot breuk (N-mm) | 0,0231 | 0,0247 | 0,0009 | 0,19 |
| Ei-stijfheid (N/mm) | 161,7 | 158,8 | 18,4 | 0,78 |

¹ SEM = gepoolde standard error van het gemiddelde;

De eieren van hennen die split-feeding kregen hadden een vergelijkbare compressiedruk, energie tot breuk en stijfheid als de eieren van de leghennen die het controlevoer kregen.

De berekende fosforexcretie per behandeling, op basis van zowel het berekende als geanalyseerde fosforgehalte in het voer, per behandeling is weergegeven in tabel 10.

Tabel 10 Berekende fosforexcretie van leghennen die gedurende 6 weken een controlevoer of split-feeding voeders vertrekt kregen

| | Controle | Split-feeding |
|------------------------------------------------------------|----------|---------------|
| Voeropname (g/d) | 143,3 | 140,0 |
| Berekend P-gehalte voer (g/kg) | 5,50 | 5,24 |
| Geanalyseerd P-gehalte voer (g/kg) | 5,50 | 5,44 |
| P-opname o.b.v. berekend P-gehalte (mg/d) | 788 | 734 |
| P-opname (o.b.v. geanalyseerd P-gehalte) (g/d) | | 762 |
| Eimassa (g/d) | 56,7 | 55,2 |
| P-vastlegging in ei (mg/d) | 111 | 108 |
| P-excretie o.b.v. berekend P-gehalte (g/d) | 677 | 626 |
| P-excretie o.b.v. geanalyseerd P-gehalte (g/d) | | 654 |
| P-benutting o.b.v. berekend P-gehalte (%) ¹ | 14,1 | 14,7 |
| P-benutting o.b.v. geanalyseerd P-gehalte (%) ¹ | | 14,2 |

¹ P-vastlegging/P-opname *100

Bij de controlebehandeling was er geen verschil in berekend en geanalyseerd P-gehalte van het voer, terwijl het berekend P-gehalte van het split-feeding voerpakket lager was dan het geanalyseerde P-gehalte (5,24 vs. 5,44 g/kg). Bij de split-feeding behandeling zijn de posten voor de P-balans daarom zowel berekend op basis van het berekende als het geanalyseerde P-gehalte. Hennen die split-feeding kregen namen 54 mg/d (op basis van berekend P-gehalte) of 26 mg/d (op basis van geanalyseerd P-gehalte) minder P op dan hennen die het controlevoer kregen. De P-vastlegging in ei was vrijwel gelijk voor beide behandelingen. Het berekende verschil in P vastlegging in het ei van 3 mg P per dag werd veroorzaakt door de numeriek lagere hoeveelheid eimassa bij de split-feeding hennen. Bij de berekening is aangenomen dat de P-vastlegging per kg ei voor beide behandelingen gelijk was (1,95 g P/kg ei). De P-excretie van hennen die split-feeding kregen was 51 mg/d (op basis van berekend P-gehalte) of 23 mg/d (op basis van geanalyseerd P-gehalte) lager dan hennen die het controlevoer kregen. Op basis van het berekende P-gehalte van het voer resulteerde split-feeding in 7,5% minder P-excretie ten opzichte van de controlebehandeling, terwijl dit 3,4% bedroeg als uitgegaan werd van de geanalyseerde P-gehalten in het voer.

4 Discussie

Aanleiding en hypothese

Het doel van dit onderzoek was na te gaan wat het effect is van split-feeding op de fosforefficiëntie en -excretie, productieresultaten en ei-kwaliteit van biologisch gehouden leghennen door middel van split-feeding. De onderliggende hypothese was dat het verstrekken van een middagvoer met een verhoogd calciumgehalte gedurende de nacht ten opzichte van een standaard voer zou resulteren in minder mobilisatie van calcium en fosfor vanuit het medullair bot en daardoor ook tot minder excretie van onbenut fosfor via de urine en faeces. Ook is er dan minder noodzaak om de andere dag het medullair bot weer opnieuw te calcificeren. Tegelijkertijd werd verondersteld dat het verstrekken van een ochtendvoer met een verlaagd calciumgehalte ten opzichte van een standaard voer zou resulteren in een verhoogde fosforabsorptie en fosforvastlegging in het lichaam van de hennen. Verondersteld werd dat het, vanwege deze hogere fosforbenutting, mogelijk zou moeten zijn om binnen een split-feeding systeem het aanbod van fosfor via het voer te verlagen zonder dat dit ten koste zou gaan van de productieresultaten en de kwaliteit van de eieren. Binnen dit project werd een vermindering van de fosforexcretie van 10% nagestreefd.

Berekend en gerealiseerd fosforaanbod

Op basis van de berekende waarden zou het gemiddeld fosforgehalte van het split-feeding voerpakket 5% lager moeten zijn dan het fosforgehalte van het controlevoer (5,24 vs. 5,50 g/kg). De geanalyseerde waarden gaven echter aan dat het verschil in fosforgehalte tussen beide behandelingen slechts 1% (5,44 vs. 5,50 g/kg). De voeders werden verstrekt in meelvorm, waarvan de homogeniteit in het algemeen minder goed is dan van gepelleteerd voer. Als gevolg daarvan is het niet volledig uit te sluiten dat de geanalyseerde voermonsters niet helemaal representatief waren voor de totale partij voer. Daarom is ervoor gekozen om de fosforbalans zowel te berekenen op basis van de berekende als de geanalyseerde fosforgehalten in het voer.

De fosforopname bij de hennen die split-feeding kregen was respectievelijk 3,4% (op basis van geanalyseerde fosforgehalte) en 7,5% (op basis van het berekende fosforgehalte) lager dan hennen die controlevoer kregen. De verschillen in fosforopname waren iets groter dan verwacht op basis van de gehalten in het voer, omdat de voeropname bij de split-feeding gevoerde hennen tendeerde naar een iets lagere waarde dan bij de controledieren (140,0 vs. 143,3 g/d). De pluimveehouder gaf aan dat de split-feeding hennen niet erg gretig waren bij het opnemen van het ochtendvoer, wat mogelijk een verklaring geeft voor de iets lagere voeropname. De gerealiseerde verschillen in fosforopname tussen controle en split-feeding gevoerde hennen weken duidelijk af van de studies die zijn uitgevoerd door Nutreco (De Los Mozos and Sanchez, 2014), waarbij de split-feeding hennen 15% minder (verteerbaar) fosfor kregen dan de controle hennen.

In een studie van Keshavarz (1998) werd nagegaan wat het effect was van verschillende strategieën van fosforverstrekking gedurende de dag. De onderzoeker concludeerde dat het geen verschil maakte voor fosforretentie, botkwaliteit en dierprestaties wanneer de fosfor met name gedurende de ochtend, de middag, of gelijk verdeeld over ochtend en middag werd verstrekt, zolang de voorziening van verteerbaar fosfor maar de behoefte van de hennen dekte.

Fosforbenutting

Verwacht werd dat de split-feeding gevoerde hennen een hogere fosforbenutting zouden hebben dan de hennen op het controlevoer, maar dit was niet het geval. Het berekende calciumgehalte van het ochtendvoer was 8,5 g/kg (22%) lager dan van het controlevoer. Uit een eerdere studie met leghennen (Rodehutsord et al., 2002) bleek dat 9 g/kg verlaging van het calciumgehalte (van 37 naar 28 g/kg) resulteerde in een verhoging van de fosforbenutting van 4,8 naar 13,1%. Het hogere calciumgehalte in het voer remt mogelijk de afbraak van fytaat in het maagdarmkanaal. Op basis van deze bevindingen werd aangenomen dat de fosforbenutting van de split-feeding hennen in het huidige experiment gedurende de ochtend hoger zou zijn dan van de controle hennen. Het geanalyseerde calciumgehalte van het controlevoer was echter aanzienlijk lager dan het berekende gehalte, terwijl

het geanalyseerde calciumgehalte van het ochtendvoer weer iets hoger was dan de berekende waarde. Op basis van de geanalyseerde gehalten in het voer was het werkelijke contrast in calciumgehalte dus veel kleiner dan vooraf berekend, wat deels een verklaring kan geven voor het feit dat er geen verschil was in fosforbenutting tussen beide behandelingen. Tegelijkertijd was het geanalyseerde calciumgehalte in het avondvoer lager dan het berekende calciumgehalte (42,4 in plaats van 47,5 g/kg). Hierdoor was er gedurende de middag/avond minder calcium vanuit het voer beschikbaar voor eischaaivorming dan vooraf berekend, waardoor er mogelijk toch een noodzaak was om calcium en fosfor te mobiliseren vanuit de botten (Kebreab et al., 2009), met als vermoedelijk gevolg dat het vrijgemaakte fosfor grotendeels weer werd uitgescheiden.

Op basis van de geanalyseerde calciumgehalten in het voer hebben de split-feeding hennen uiteindelijk 7,5% meer calcium opgenomen dan de controle hennen, terwijl 4,4% meer calciumopname was voorzien. De gerealiseerde verschillen in calciumopname tussen controle en split-feeding gevoerde hennen weken duidelijk af van de studies die zijn uitgevoerd door Nutreco (De Los Mozos and Sanchez, 2014), waarbij de split-feeding hennen 5% minder calcium kregen dan de controle hennen.

Fosforexcretie

Op basis van het berekende fosforgehalte van het voer resulteerde split-feeding in 7,5% minder fosforexcretie ten opzichte van de controlebehandeling, terwijl dit 3,4% bedroeg als uitgegaan werd van de geanalyseerde fosforgehalten in het voer. Het behaalde resultaat van 7,5% minder fosforexcretie op basis van de berekende fosforgehalten benadert de doelstelling van het project, namelijk om de fosforexcretie met 10% te reduceren. De verminderde berekende fosforexcretie van de hennen die split-feeding kregen ging niet gepaard met een aantoonbaar lager fosforgehalte in de faeces, hoewel het fosforgehalte in de faeces van split-feeding hennen numeriek 5% lager was (van 2,1 naar 2,0 g/kg ds). Ook in de studies van Nutreco daalde het fosforgehalte in de faeces bij split-feeding van 2,1 naar 2,0 g/kg ds (De Los Mozos and Sanchez, 2014). Mogelijk hebben de hennen die in het huidige experiment split-feeding kregen minder faeces geproduceerd. In deze studie is de hoeveelheid faeces per hok echter niet kwantitatief verzameld, zodat de werkelijke fosforexcretie niet vast te stellen is.

Productieresultaten en ei-kwaliteit

Hoewel er bij de split-feeding gevoerde hennen een tendens was tot iets lagere voeropname was er geen verschil in leg-percentages, eigewicht en eimassa. Ook in de studies van Nutreco werd geen effect gevonden van split-feeding op de technische resultaten (de Los Mozos et al., 2014; De Los Mozos and Sanchez, 2014; De los Mozos et al., 2015).

In het huidige experiment werd geen effect gevonden van behandeling op de parameters gerelateerd aan ei-kwaliteit. In de studies van Nutreco resulteerde split-feeding in minder breuk van eieren en minder 2^e soort eieren, met als gevolg een hoger percentage verkoopbare eieren (van 66,7 naar 69,3%). Deze effecten worden toegeschreven aan een betere synchronisatie van nutriënten als gevolg van split-feeding.

Vanwege de risico's op vogelgriep was buitenuitloop ten tijde van het experiment niet toegestaan. Het is niet bekend of dit de uitkomsten van deze studie heeft beïnvloed.

Structuur van calciumbron

Diverse onderzoekers hebben in split-feeding studies het effect van fijne en grove calciumbronnen vergeleken. Aanbevolen wordt om in het ochtendvoer uitsluitend een fijne calciumbron toe te voegen, zodat de hennen kort na de eerste voerbeurt weer calcium beschikbaar hebben voor het afronden van het proces van eischaaivorming, terwijl in het avondvoer alle extra calcium via een grove calciumbron verstrekt kan worden ter ondersteuning van de eischaaivorming tijdens de nacht (Molnar et al., 2017; Molnar et al., 2018). Deze wijze van calcium verstrekking resulteerde bij oudere hennen (75-92 weken leeftijd) in eieren met een hogere breeksterkte en dynamische stijfheid ten opzichte van eieren vanuit andere varianten van split-feeding. Ook andere onderzoekers vonden positieve effecten van een grove calciumbron (schelpengrit vs. fijn krijt) op de eischaaikwaliteit (Ahmad and Balander, 2004). In het huidige experiment verschilde wel het calciumgehalte tussen de voeders maar niet de grofheid van de calciumbron.

5 Conclusies

De belangrijkste conclusies uit dit onderzoek zijn als volgt:

- Het toepassen van split-feeding bij biologische leghennen verminderde de berekende fosforexcretie met 3,4% als uitgegaan wordt van de geanalyseerde fosforgehalten en met 7,5% als uitgegaan wordt van de berekende fosforgehalten.
- Split-feeding had geen effect op de fosforbenutting.
- Er was geen effect van split-feeding op de productieprestaties van de leghennen.
- Het toepassen van split-feeding had geen effect op de kwaliteitskenmerken van de eieren.

Split-feeding kan dus toegepast worden om de fosforexcretie van biologische leghennen te verminderen, zonder dat dit negatieve effecten heeft op de productieprestaties van de leghennen en de kwaliteit van de eieren.

Literatuur

- Ahmad, H. A., and R. J. Balander. 2004. Physical response of layers to alternative feeding regimen of calcium source and phosphorus level. *International Journal of Poultry Science* 3(2):100-111.
- Appleby, M. C., J. A. Mench, and B. O. Hughes. 2004. *Poultry behaviour and welfare*. Cabi publishing. Wallingford, oxfordshire, uk.
- Bikker, P., J. Van Harn, C. M. Groenestein, J. De Wit, C. Van Bruggen, and H. H. Luesink. 2012. Stikstof- en fosforexcretie van varkens, pluimvee en rundvee in biologische en gangbare houderijsystemen. WOT-werkdocument 347, Wageningen Universiteit, Wageningen.
- Chah, C. C., and E. T. Moran. 1985. Egg characteristics of high performance hens at the end of lay when given cafeteria access to energy, protein, and calcium. *Poult. Sci.* 64(9):1696-1712.
- De los Mozos, J., A. Navarro-Villa, and A. I. García-Ruiz. 2015. Splitfeeding system reduces second grade eggs in the late production phase of laying hens. Abstract in Proceedings of 20th European Symposium on Poultry Nutrition, 24–27 August 2015, Prague, Czech Republic, .
- de Los Mozos, J., A. Sacranie, and T. Van Gerwe. 2014. Performance and eggshell quality in laying hens fed two diets through the day with different levels of calcium and phosphorus. 25th Annual Australian Poultry Science Symposium, Sydney, New South Wales, 16th - 19th February, 2014 (Ed. The Poultry Research Foundation).
- De Los Mozos, J., and F. Sanchez. 2014. Split feeding meets layers' specific needs. <http://www.thepoultrysite.com/articles/3091/split-feeding-system-for-more-sustainable-egg-production>.
- Etches, R. J. 1987. Calcium logistics in the laying hen. *J. Nutr.* 117(3):619-628.
- Faruk, M. U., I. Bouvarel, N. Meme, N. Rideau, L. Roffidal, H. M. Tukur, D. Bastianelli, Y. Nys, and P. Lescoat. 2010. Sequential feeding using whole wheat and a separate protein-mineral concentrate improved feed efficiency in laying hens. *Poult. Sci.* 89(4):785-796.
- Icken, W., D. Cavero, M. Schmutz, and R. Preisinger. 2012. New phenotypes for new breeding goals in layers. *Worlds Poult. Sci. J.* 68(3):387-399.
- ISO 5984. 2002. Animal feeding stuffs. Determination of crude ash. Iso 5984. Int. Organ. Standardization, geneva, switzerland.
- ISO 6496. 1998. Animal feeding stuffs. Determination of moisture and other volatile matter content. Iso 6496. Int. Organ. Standardization, geneva, switzerland.
- ISO 11885. 1998. Water quality. Determination of 33 elements by inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy. Iso 11885. Int. Organ. Standardization, geneva, switzerland.
- Kebreab, E., J. France, R. P. Kwakkel, S. Leeson, H. D. Kuhi, and J. Dijkstra. 2009. Development and evaluation of a dynamic model of calcium and phosphorus flows in layers. *Poult. Sci.* 88(3):680-689.
- Keshavarz, K. 1998. Further investigations on the effect of dietary manipulation of protein, phosphorus, and calcium for reducing their daily requirement for laying hens. *Poult. Sci.* 77(9):1333-1346.
- Lambert, W., M. M. Van Krimpen, and L. Star. 2014. Phosphorus requirement in laying hens. Report no. 1326-2, Schorthorst Feed Research, Lelystad, the Netherlands.
- Leeson, S. 2010. Feeding programs for laying hens. In proceedings of the 18th annual asaim se asian feed technology and nutrition workshop.
- Leeson, S., and J. D. Summers. 2005. *Commercial poultry nutrition*. 3rd edition. University books, guelph, ontario.
- Molnar, A., L. Maertens, B. Ampe, J. Buyse, J. Zoons, and E. Delezie. 2017. Supplementation of fine and coarse limestone in different ratios in a split feeding system: Effects on performance, egg quality, and bone strength in old laying hens. *Poult. Sci.* 96(6):1659-1671.
- Molnar, A., L. Maertens, B. Ampe, J. Buyse, J. Zoons, and E. Delezie. 2018. Effect of different split-feeding treatments on performance, egg quality, and bone quality of individually housed aged laying hens. *Poult. Sci.* 97(1):88-101.
- Paganelli, C. V., A. Olszowka, and A. Ar. 1974. Avian egg - surface area, volume and density. *Condor* 76(3):319-325.
- Rodehutschord, M., F. Sanver, and R. Timmler. 2002. Comparative study on the effect of variable phosphorus intake at two different calcium levels on p excretion and p flow at the terminal ileum of laying hens. *Arch. Anim. Nutr.-Arch. Tierernahr.* 56(3):189-198.
- Traineau, M., I. Bouvarel, C. Mulsant, L. Roffidal, C. Launay, and P. Lescoat. 2015. Modulation of energy and protein supplies in sequential feeding in laying hens. *Animal* 9(1):49-57.

-
- Van der Klis, J. D., and M. C. Blok. 1997. Definitief systeem opneembaar fosfor pluimvee. L. CVB Documentatierapport nr. 20. Centraal Veevoederbureau, September 1997 ed.
- Zakaria, A. H., P. W. Plumstead, H. Romero-Sanchez, N. Leksrisompong, J. Osborne, and J. Brake. 2005. Oviposition pattern, egg weight, fertility, and hatchability of young and old broiler breeders. *Poult. Sci.* 84(9):1505-1509.

