

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

KOTIELÄINHOIDON TUTKIMUSLAITOKSEN TIEDOTE N:o 9

---

Tuomo Kiiskinen

**Ei-proteiinityppi yksimahaisten kotieläinten lähinnä  
siipikarjan ravitsemuksessa**

---

TIKKURILA 1977

# S I S Ä L L Y S L U E T T E L O

	Sivu
I JOHDANTO .....	1
II EI-PROTEIINIITYYPPI (NPN) .....	2
1. Määritelmä .....	2
2. NPN-yhdisteet .....	3
2.1. Rehuissa esiintyvät NPN-yhdisteet .....	3
2.2. Synteettiset NPN-yhdisteet .....	4
2.2.1. Virtsa-aine eli urea ja sen johdannaiset .....	4
2.2.2. Ammoniumsuolet ym. ....	5
2.3. Ammoniakilla käsitellyt kasviperäiset rehut .....	6
2.4. Kuivattu siipikarjan lanta (DPM). Virtsahappo ...	7
III NPN MÄREHTIJÖIDEN RAVITSEMUKSESSA .....	7
1. Märehtijöiden typpiaineenvaihdunta .....	7
2. NPN märehtijöiden ruokinnassa .....	8
IV NPN NS. YKSIMAHAISTEN ELÄINTEN RAVITSEMUKSESSA .....	9
1. NPN:n metabolismi yksimahaisilla .....	9
2. NPN:n imeytyminen ja pidättyminen .....	12
3. NPN:n vaikutus veriarvoihin .....	15
4. NPN siipikarjan ravitsemuksessa .....	18
4.1. Aminohapot siipikarjan ravitsemuksessa .....	18
4.2. NPN:n vaikutukset tuotantoon .....	20
4.2.1. Varhaisimmat tutkimustulokset .....	20
4.2.2. Vaikutukset kasvuun .....	20
4.2.2.1. Glutamiinihappo (GA) .....	20
4.2.2.2. Diammoniumsitraatti (DAC) .....	21
4.2.2.3. Urea .....	21
4.2.2.4. Muut ammoniumyhdisteet .....	23
4.2.2.5. Kuivattu siipikarjan lanta (DPM). Virtsahappo ...	23
4.2.3. Vaikutukset munintaan .....	23
4.2.3.1. Diammoniumsitraatti (DAC) .....	23
4.2.3.2. Urea .....	26
4.2.3.3. Muut ammoniumyhdisteet .....	26
4.2.3.4. Kuivattu siipikarjan lanta (DPM). Virtsahappo ...	26
4.2.4. Vaikutus tuotteiden laatuun .....	27
4.2.4.1. Ruohon laatu .....	27
4.2.4.2. Munan koko .....	27
4.2.4.3. Munan kemiallinen koostumus .....	27
4.2.4.4. Munan valkuaisen kiinteys .....	28
5. NPN muiden kotieläinten ravitsemuksessa .....	28
5.1. NPN sikojen ravitsemuksessa .....	28
5.2. NPN kanien ravitsemuksessa .....	30

	Sivu
V OMAT TUTKIMUKSET .....	31
1. Tutkimusten tarkoitus .....	31
2. Koemateriaali ja menetelmät .....	31
2.1. Koe-eläimet ja koeryhmät .....	31
2.2. Koerhut ja ruokinta .....	32
2.3. Toimenpiteet kanalassa kokeen aikana .....	32
2.4. Olosuhteet kanalassa koeaikana .....	32
2.5. Analyysit rehuista .....	35
2.6. Munan laatututkimukset .....	35
2.7. Verimääritykset .....	35
2.8. Tilastolliset menetelmät .....	35
3. Tulokset .....	39
3.1. Tuotanto ja rehunkäyttö .....	39
3.2. Kanojen paino ja kuolleisuus .....	43
3.3. Munan laatu ja veriarvot .....	48
4. Tulosten tarkastelu .....	48
VI TIIVISTELMÄ .....	51
1. Tiivistelmä kirjallisuudesta .....	51
2. Tiivistelmä omista tutkimuksista .....	52
VII KIRJALLISUUSLUETTELO .....	55

## I JOHDANTO

Valkuaisen primäärinen tuotanto voi tämänhetkisten mahdollisuuksien puitteissa tapahtua joko viljelemällä kasveja tai kasvattamalla erilaisia mikrobeja ja yksisoluisia leviä sopivilla kasvualustoilla. Kasvualusta toimii mikrobien hiilen lähteenä, ja tähän tarkoitukseen voidaan käyttää monia teollisuuden sivutuotteita sekä halpoja raaka-aineita kuten melassia, sulfiittiselluloosateollisuuden jätelientä, raakaöljyä, n-parafiineja, metaania, metaania jne. Kasvit ja mikrobit voivat käyttää valkuaisaineiden muodostuksessa tyypin lähteenä yksinkertaisia typpiyhdisteitä kuten ammoniumsuoloja ja nitraatteja sekä eräät bakteerit jopa suoraan ilmakehän tyyppiä. Ne eivät siis tarvitse ravinnossaan aminohappoja, varsinkaan ns. välttämättömiä aminohappoja, kuten eläimet. Primääriseksi valkuaisuutannoksi on katsottava myös eläinten ruoansulatuskanavassa tapahtuva mikrobien valkuais synteesi, jota voimakkaimmin esiintyy märehtijöiden pötsissä ja karioeläinten umpi- ja paksusuoleissa.

Eläinten kautta tapahtuvaa valkuaisuutantoa voidaan pitää sekundaarisena, sillä suoleen tulevassa massassa on oltava tietty määrä ns. välttämättömiä aminohappoja. Valkuaisista kuuluu myös eläimen ylläpitoon ja sen muuntaminen elimistössä ei tapahdu ilman tappiota. Lasketaan, että eläimen syömästä valkuaisesta saadaan ihmisravintoon 20-40 %. Kasvivalkuaisen muuntamista eläinvalkuaiseksi on pidetty ja pidetään edelleenkin tarkoituksenmukaisena valkuaisen laadun parantumisen vuoksi, sillä useimmat kasvivalkuaiset ovat puutteellisia laatunsa tai makunsa puolesta ihmisen ravinnoksi.

Valkuaisrehujen hinnan nousu on aiheuttanut etenkin ns. yksimahaisen kotieläinten tuotannossa kannattavuuden alenemisen. Tälläkin tilanteella kuten energiakriisilläkin on myös positiiviset puolensa. Se on tuonut esille uusia näkökohtia kotieläinten valkuaisruokintaan sekä muuttanut ihmisten asenteita tässä kysymyksessä. Tutkimuksen lisääntynyt tarve tunnustetaan. Tuontivalkuaisen hinnan nousun jälkeen on puhuttu ja kirjoitettu paljon taloudellisesta optimaalisen valkuaispitoisuuden käyttämisestä rehuissa, valkuaisomavaraisuuden lisäämisestä sekä uusien valkuaislähteiden käyttöönnotosta.

Valkuaisen omavaraisuuden suhteen ovat märehtijät ja hevonen paremmassa asemassa kuin muut kotieläimet. Niin sanotun vihreän linjan kysymyksiä on märehtijöillä selvitetty jo useiden vuosien ajan meidänkin maassamme. Nurmikasvien ja siitä valmistettavan säilörehun raakavalkuaispitoisuus on typpilannoituksen ja riittävän aikaisen niiton tai laiduntamisen avulla saatu nousemaan yli 20 %:n kuiva-aineessa. Tällä voidaan pitää yllä 20-25 kg:n päivittäistä maitotuotantoa antamalla eläimelle energiarehuna vain viljaa. Yksimahaisten suhteen kotivaraisuuden lisääminen on vaikeampi kysymys. Meidän ilmastossamme viljeltäväksi sopivia valkuaiskasveja on vähän ja niiden käyttöönottoa vaikeuttavat monet tekijät kuten alhainen valkuaispitoisuus (herne 22-25 %), valkuaisen laatu (puute lähinnä rikkipitoisista aminohapoista), haitalliset aineet (goitrogeeniset aineet rypissä ja rapsissa sekä eräät glykosidit ja parkkihappo herneessä ja härkäpavussa), pitkä kasvuaika sekä viljellysteknilliset vaikeudet (herne). Kasvinjalostuksella on mahdollisuutensa näiden haittojen poistamisessa, mutta työ on pitkäjännitteistä. Kasvinjalostuksen tehtäviä on myös viljan valkuaispitoi-

suuden nostaminen ja valkuaisen laadun parantaminen. Meillä tämä koskee lähinnä ohraa ja kauraa. Typpilannoituksella voidaan nostaa myös viljan valkuaispitoisuutta, jolloin useimpien välttämättömien aminohappojen määrä valkuaisessa alenee ja ei-proteiinityyppien osuus nousee. Tuontivalkuaisen tarvetta vähentää osaltaan vuoden 1974 lopulla käynnistynyt yksisoluvalkuaisen tuotanto (Pekilo ja Silva). Edellä mainitut valkuaisrehut vaativat useimmiten täydennykseksi synteettisiä aminohappoja lähinnä metioniinia, jota tällä hetkellä on saatavissa käyttökelpoiseen hintaan. Mahdollisesti muidenkin aminohappojen kuten lysiinin tuotanto lisääntyy ja hinta halpenee.

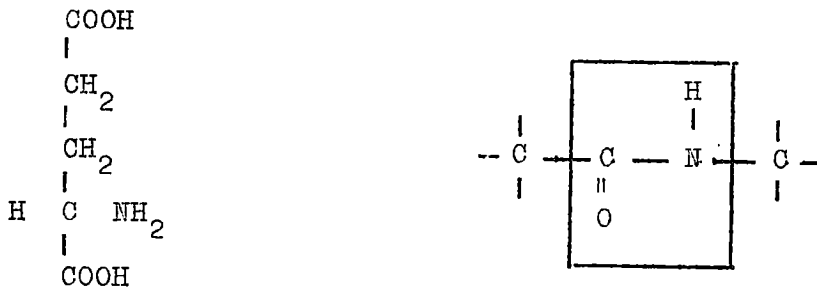
Nykyisin on meillä julkisuudessa puhuttu paljon urean käytön lisäämisestä märehtijöiden ruokinnassa. Kuten tunnettua märehtijät pystyvät käyttämään hyväkseen ns. ei-proteiinityyppiä (NPN=nonprotein nitrogen) pötsin mikrobien avulla. Myöskin muilla eläimillä on tutkittu NPN:n käyttömahdollisuuksia. Siipikarjalla on tehty tutkimuksia ammonium-yhdisteillä vaihtelevin tuloksin. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan millaisia käyttömahdollisuuksia näillä yhdisteillä on yksimahaisten eläinten ja lähinnä siipikarjan ruokinnassa sekä selostetaan Tikkurilan koekanalassa vuosina 1973 ja 1975 munivilla kanoilla tehdyt tutkimukset, joissa NPN-lähteenä käytetään ureaa ja ureafosfaattia.

## II EI-PROTEIINITYYPPI (NPN)

### 1. Määritelmä

Tavallisesti käytetään valkuaiseen liittymättömästä rehun tyypestä nimitystä ei-proteiinityyppi (non-protein nitrogen). Vapaa aminohappo ei ole vielä valkuaista ja kuuluisi sen vuoksi NPN-yhdisteisiin. Kuitenkin NPN:llä usein tarkoitetaan yhdisteitä, joilla ei ole yhteistä rakennetta proteiinien tai niiden johdannaisten kuten aminohappojen ja peptidien kanssa. Kuvassa 1 esitetään aminohapon (glutamiinihapon) sekä peptidisidoksen rakenteet. Peptidisidokset, joissa aminohapon aminoryhmä liittyy toisen aminohapon hydroksyyli-ryhmään, tekevät mahdolliseksi aminohappojen liittymisen proteiini-ketjuiksi. Niille yhdisteille, joilla ei ole yhteistä rakennetta proteiinien, peptidien tai aminohappojen kanssa, käytetään usein oikeaan osuva nimitystä ei-aminotyyppi (non-amino nitrogen). Aikaisemmin käytettiin rehuissa esiintyville NPN-yhdisteille nimitystä amidit. NPN-yhdisteitä ovat vapaat aminohapot, alkaloidit, työlliset emäkset (puriinit, pyrimidiinit), urea, nitraatit, ammoniumsuolat jne. Sitä tyyppiä, joka ei kuulu eläinten tarvitsemiin, välttämättömiin aminohappoihin, kutsutaan myös nimellä ei-spesifinen tyyppi (non-specific nitrogen).

Kuva 1. Aminohapon ja peptidisidoksen rakenteet.



aminohappo  
(glutamiinihappo)

(peptidisidos)

## 2. NPN-yhdisteet

### 2.1. Rehuissa esiintyvät NPN-yhdisteet

Kasviperäisissä rehuissa NPN muodostuu vapaista aminohapoista, alkaloidista, puriineista jne. Kasveissa voi esiintyä myös huomattavia määriä nitraatteja silloin, kun ne ovat saaneet typpilannoitusta. Yleisenä piirteenä voidaan sanoa, että kasvien vanhetessa vapaiden aminohappojen määrät niissä alenevat. Kuitenkaan tämä ei ole sääntö, kun on kysymys kasvien eri osista. Esimerkiksi pavun (*Phaseolus vulgaris*) lehdistä on liukenevan tyypin osuuden kokonaistyyppistä todettu pysyvän suhteellisen vakiona (10 %), mutta varsissa alenevan 80 %:sta n. 20 %:iin kasvin vanhetessa (Petronici ja Lotti 1969). Tärkeimmät vapaat aminohapot kasveissa ovat asparagiini ja glutamiini, jotka kuuluvat eläimille ei-välttämättömiin aminohappoihin, mutta ovat tärkeitä välivaiheita kasvien valkuaisen muodostuksessa ja hajoituksessa. Niitä esiintyy useimpien kasvien siemenissä. Glutamiinilla on lisäksi tärkeitä tehtäviä eläinten ja mikro-organismien metabolismissa. Glutamiini ja asparagiini esiintyvät usein tietyissä kasvilajeissa tietyissä suhteissa. Eräät kasvit, kuten monet heinäkasvit, sokerijuurikas, punajuuri, kurpitsa, ovat typpipillisiä "glutamiinikasveja", joissa on runsaammin glutamiinia kuin asparagiinia; "asparagiinikasveissa", kuten palkokasveissa ja ristikukkaisissa, tilanne on päinvastainen. Tärkein kasveissa esiintyvistä, proteiineihin kuulumattomista aminohapoista on  $\gamma$ -aminovoihappo.

Urea on todennäköisesti normaali välituote kasvien intermediäarisessä aineenvaihdunnassa, sillä ureaasi-entsyymiä esiintyy säännöllisesti kaikissa kasvisolukoissa. Ureiidia ja allantoinia voi esiintyä pienissä määrin hedelmissä, vehnän, ohran ja maissin jyvissä sekä selvästi suuremmissa määrin herneissä. Myös virtsahappoa esiintyy kasveissa jokseenkin yleisesti. Juurikkaissa betaiini muodostaa pääosan liukoisista typpi yhdisteistä. Siementen itäessä NPN-pitoisuus nousee niissä runsaasti, jolloin puhdasvalkuaisen osuus raakavalkuaisesta voi alentua yli 50 %. Siementen kypsyessä ilmiö on päinvastainen. Viljan jyvissä on normaalisti 10 % NPN:ää kokonaistyyppistä, mutta sitä voidaan lisätä huomattavasti typpilannoituksen avulla.

Valkuaiskasvien siemenissä on todettu NPN:ää olevan kokonaistypestä: herne 7,9 (McKEEN ym. 1955); soijajauho 12,3 (BHATTY ja FINLAYSON 1973, SCHWENKE ja RAAB 1973); rapsijauho 29 % (BHATTY ja FINLAYSON 1973).

Juurikkaissa ja mukuloissa on N-pitoisuus alhainen, mutta NPN:n osuus siitä huomattavan korkea esim. perunassa ja juurikasveissa 30-50 %. Perunalajikkeiden välillä on todettu eroja erityisesti glutamiinipitoisuudessa. Nuoressa ruohossa on NPN:n osuus kokonaistypestä n. 10 % muodostuen vapaista aminohapoista, erilaisista typpellisistä emäksistä, ammoniumyhdisteistä jne. Typpilannoituksen on todettu nostavan NPN:n määrän kokonaistypestä 30 %:iin saakka. Tällöin myös nitraattien määrä nousee kasveissa. Säilörehussa voi NPN:n määrä kokonaistypestä olla jopa 60-70 %.

Kuivatuissa eläinperäisissä rehuissa on NPN:n määrä valmistustekniikasta riippuen hyvin vaihteleva. Yleensä ylivoimaisesti suurin osa on vapaita aminohappoja. Kalajauhossa on todettu 0-20 % ja lihajauhossa 4-10 % NPN:ää kokonaistypestä (ALMQUIST 1972).

Yksisoluvalkuaisissa on runsaasti nukleiinihappoja. Niiden määrä vaihtelee tuotteesta riippuen. Kuivatuissa bakteerivalkuaisissa on 15-20 %, hiivoissa n. 10 % ja mikrolevissä 3-4 % nukleiinihappoja.

## 2.2. Synteettiset NPN-yhdisteet

Seuraavassa esitellään lyhyesti ruokintatarkoituksiin käyttökelpoisia, yksinkertaisia NPN-yhdisteitä. Urea on tärkein synteettinen NPN-yhdiste, jota käytetään eläinten ruokinnassa. Käytännöllisesti katsoen kaikki rehutarkoituksiin menevä urea käytetään märehitijöille. COLBY'n (1973) arvion mukaan ureaa käytetään vuosittain yli miljoona tonnia rehuksi. Urea, ammoniumfosfaatti, diammoniumsitraatti ja eräät ei-välttämättömät aminohapot (pääasiallisesti glutamiinihappo ja glysiini) ovat yleisimmät kokeissa käytetyt NPN-yhdisteet ihmisellä, rotalla, siipikarjalla, sialla ja koiralla.

### 2.2.1. Virtsa-aine eli urea ja sen johdannaiset

Virtsa-ainetta, ureaa eli carbamidia  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , valmistetaan teollisessa mittakaavassa kuumentamalla  $\text{NH}_3$ :n ja  $\text{CO}_2$ :n seosta  $180^\circ\text{C}$ :ssa ja 200 atm:n paineessa. Kemiallisesti puhtaana urea on valkoinen, hajuton aine, joka liukenee erittäin helposti veteen ( $105 \text{ g}/100 \text{ ml}$   $20^\circ\text{C}$ :ssa) ja hyvin alkoholiin ( $5,3 \text{ g}/100 \text{ ml}$   $20^\circ\text{C}$ :ssa). Puhdas urea sisältää typpeä 46,65 %. Yksi gramma puhdasta ureaa vastaa 2,916 g raakavalkuaista (N x 6,25). Urea on hygroskoopista ja paakkuuntuu helposti, minkä vuoksi siihen sekoitetaan usein indifferentteja lisäaineita kuten hienojakoista, valkoista savea (Bolus alba, kaoliini), jolloin sen typpipitoisuus on vähintään 42 %. Yhdysvalloissa käytetään ureaa paljon melassin, fosforihapon ym. lisäaineiden kanssa (liquid feed). Starea-niminen tuote on kehitetty Kansas'in Yliopistossa, Yhdysvalloissa. Sen valmistuksessa urea-viljaseos käsitellään korkean lämpötilan, kosteuden ja paineen alaisena. Tällöin urea muodostaa tärkkelyksen kanssa vaikealiukoisen yhdisteen, jol-

loin ammoniakkimyrkytysvaara vähenee ja käyttöturvallisuus lisääntyy. Kaksi viimeksi mainittua urean käyttötapaa parantavat myös rehun maittavuutta, sillä urea on suolaisen kitkerän makunsa vuoksi eläimille vastenmielinen. Märehtijöillä on lisäksi tutkittu muita urea-johdannaisia, joilla on vähemmän edellä mainittuja, urean huonoja ominaisuuksia. Tällaisia yhdisteitä ovat mm. biureetti, asetylurea, asetamidi ja ureafosfaatti.

Biureettia eli allofaanihappoamidia,  $\text{NH}_2\text{-CO-NH-CO-NH}_2$  (N-pit. 40.8 %) muodostuu hitaassa urean kuumennuksessa<sup>2</sup> (150-160°C) kondensoituen kahdesta ureamolekyylistä, mistä nimikin johtuu. Se liukenee vain hiukan veteen (1.6 g/100 ml 20°C) ja tästä on tiettyä etua märehtijöiden tyypin lähteenä ( $\text{NH}_3$ -myrkytysvaara vähenee).

Asetylurea  $\text{CH}_3\text{CONHCONH}_2$  (N-pit. 27.5 %) vesiliukoisuus on samaa luokkaa kuin biureetin (1.2 g/100 ml 20°C).

Asetamidi  $\text{CH}_3\text{CONH}_2$  (N-pit. 23.7 %) liukenee verrattain hyvin veteen (97,5 g/100 ml 20°C).

Ureafosfaatti sisältää typpeä 17,5 % ja fosforia 20 %. Sillä on fosforipitoisuutensa puolesta paremmat käyttömahdollisuudet esim. siipikarjalla kuin diammoniumfosfaatilla.

#### 2.2.2. Ammoniumsuolat, ym.

Ammoniumasetaatin  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  typpipitoisuus on 18.2 %. Se on erittäin hygroskoopista ja liukenee<sup>4</sup> näin ollen helposti veteen (148 g/100 ml 20°C). Sen sisältämä kosteus ja etikkahappo antavat sille luonteenomaisen hajun.

Ammoniumformiaatti  $\text{HCOONH}_4$  sisältää kemiallisesti puhtaana typpeä 22.2 %. Se on hygroskoopista ja erittäin helposti veteen liukenevaa ja siksi säilytettävä ilmatiiviissä pakkauksessa.

Ammoniumfosfaatti. Ammoniumfosfaateista tulee tässä yhteydessä kysymykseen vain diammoniumfosfaatti  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  (N-pit. 21.2 %). Se on väritön, veteen hyvin liukeneva (69 g/100 ml 20°C), suolaisen makuisen, kiteinen jauhe. Sitä valmistetaan suuressa mittakaavassa lannoitteeksi ja sillä on myös paljon teknillistä käyttöä. Märehtijöiden ruokinnassa sitä on käytetty usein urean sijasta.

Ammoniumbikarbonaatit. Ammoniumbikarbonaatti  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  sisältää typpeä 17.7 %. Se on väritöntä, suurikiteistä ja hyvin<sup>4</sup> veteen liukenevaa (21 g/100 ml 20°C).

Ammoniumkarbonaatti eli hirvensarvisuola on puhtaana (N-pit. 29.1 %) hyvin pysymätön yhdiste ja siksi se kauppatavarana esiintyy ammoniumkarbonaatin, ammoniumbikarbonaatin ja ammoniumkarbaminaatin  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  suolana (N-pit. 35 %). Sillä on paljon teknillistä käyttöä<sup>4</sup> ja sitä valmistetaan suuressa mittakaavassa. Se liukenee hyvin veteen (n. 30 g/100 ml 20°C). Ammoniumkarbonaattia on säilytettävä hyvin suljetuissa säiliöissä, suojassa valon ja kosteuden vaikutukselta.

Ammoniumkloridia eli salmiakkia  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (N-pit. 26.2 %) valmistetaan suuressa määrin ammoniakista ja suolahaposta. Se on valkoista, pysyvää, suolaisen kitkerää, veteen hyvin liukenevaa (37 g/100 ml 20°C).



Eläinten aineenvaihdunnassa sen vaikutus on hiukan asidoottinen. Ammoniumkloridia käytetään hiivan tuotannossa ja muissa biologisissa synteeseissä ravintoliuoksen aineosana. Sillä on runsaasti teknillistä käyttöä.

Ammoniumlaktaatti  $\text{NH}_4\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3$  (N-pit. 13.1 %) liukenee veteen erittäin hyvin.

Ammoniumsitraatti eli diammoniumsitraatti  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_7$  (N-pit. 12,4 %) ja  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (N-pit. 11.5 %) on valkoista, veteen helposti liukenevaa pulveria. Sitä on kokeiltu paljon kotieläinten, etenkin siipikarjan typen lähteenä. Käytännön ruokintaan se on vielä liian kallista.

Ammoniumsulfaatti  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (N-pit. 22.2 %) ei ole hygroskoopista. Se on väritöntä, pistävän suolaista, kiteistä ainetta. Sitä valmistetaan suuressa määrin N-lannoitteeksi, jolloin se on melko puhdasta (99 %), täysin pysyvää ja helppoa käsitellä. Ammoniumsulfaatti liukenee erittäin hyvin veteen (76 g/100 ml 20°C).

Disyandiamidi  $\text{NH}_2\text{-C}(\text{:NH})\text{NH-CN}$  (N-pit. 66.6 %) valmistetaan teknillisesti kalkkikivestä ja kuumasta vedestä. Se on väritön, hienojakoinen jauhe. Muihin NPN-yhdisteisiin verrattuna vähemmän vesiliukoisena (2,5 g/100 ml 20°C) sillä on tiettyjä etuja märehijöiden ruokinnassa. Disyandiamidilla on useita teknillisiä käyttöalueita.

Kreatiini  $\text{NH:C}(\text{NH}_2)\text{-CH}_2\text{-COOH}$  (N-pit. 32,1 %). Kiteytyessään se sisältää yhden vesimolekyylin (N-pit. 28,2 %). Kreatiinia voidaan valmistaa synteettisesti. Se liukenee vain vähän veteen (n. 1,4 g/100 ml 20°C).

### 2.3. Ammoniakilla käsitellyt kasviperäiset rehut

Käsittelemällä kasviperäisiä raaka-aineita ammoniakilla, nostaen samalla lämpötilaa ja painetta, saadaan määrättyissä tapauksissa stabiileja tuotteita. Ammoniakki voi olla joko kaasumaisessa tai nestemäisessä muodossa. Tuotteiden nimet ovat yleensä alkuperäismateriaalien mukaiset. Ammoniakkikäsitteilyn vaikutuksesta raakavalkuaispitoisuus nousee enemmän tai vähemmän, raaka-aineesta riippuen. Käytettyjä raaka-aineita ovat mm. melassileike, melassi, vehnäleseet, ohra ja oljet. Taulukossa 1 nähdään, miten ammoniakkikäsitteily nostaa raakavalkuaispitoisuutta. Typen kiinnittymisessä tuotteeseen ei ole kysymys ammoniakkin yksinkertaisesta absorptiosta, vaan siihen liittyy kemiallinen muutos. Ilmeisesti pektiiniaineet ovat tärkeitä tässä prosessissa reagoidessaan netoksyyliryhmiensä avulla ja muodostaessaan galakturonihapon amideja. (HOCK ja DARGEL 1962)

Taulukko 1. Ammoniakkikäsitteilyn vaikutus rehujen raakavalkuaispitoisuuteen (HOCK ja DARGEL 1962).

	Raakavalkuaista %	
	ennen $\text{NH}_3$ -käsitteilyä	$\text{NH}_3$ -käsitteilyn jälk.
Melassileike	8	18-20
Ohra	11-14	16
Vehnän leseet	16-17	19-20
Niittyheinä	11-13	16-17
Sinimailasheinä	21-23	25-27
Ohran olki	3.2-3.6	7.2-7.7
Rehujuurikas	5-7	19
Rehuporkkana	1.7	18

#### 2.4. Kuivattu siipikarjan lanta (DPM), virtsahappo

Viime vuosina on lähinnä Yhdysvalloissa ja Keski-Euroopassa kokeiltu ja käytetty kuivattua lantaa eläinten rehuna. Tärkeimpänä kohteena on ollut siipikarjan lanta, joka sisältää myös virtsan. Sen raakavalkuaispitoisuus vaihtelee 20-40 % riippuen tuotteen alkuperästä ja kuivikepitoisuudesta. Kuivatun kananlannan kokonaistypestä on 50-60 % NPN:ää, josta pääosa virtsahappoa ja pienempiä määriä ammoniakkia, ureaa sekä kreatiinia. Lannan syöttöön eläimille ovat syynä jätöngelmat ja rehupula.

### III NPN MÄREHTIJÖIDEN RAVITSEMUKSESSA

Koska märehitijät pystyvät parhaiten käyttämään hyväkseen NPN:ää, on kenties hyvä aluksi luoda lyhyt katsaus märehitijöiden typen käyttöön, jotta ero ns. yksimahaisiin eläimiin tulisi selväksi.

#### 1. Märehitijöiden typpiaineenvaihdunta

Märehitijöiden typpiaineenvaihdunnalle on tunnusomaista tyrellisten aineiden osittainen hajoaminen ja uudelleen syntetisoituminen mikrobivalkuaiseksi. Pötsin bakteerit hajoittavat valkuaisen aminohapoiksi, edelleen ammoniakiksi ja haihtuviksi rasvahapoiksi. Vapautunut ammoniakki käytetään mikrobivalkuaisen synteisiin. Monet tutkimukset ovat osoittaneet, että ammoniakki on tärkein typenlähde useimmille pötsin bakteereille ja monille jopa välttämätön. NOLAN ja LENG (1972) laskivat noin 80 % mikrobisolujen tpestä olevan peräisin ammoniakista. Valkuaisen hajoitus pötsissä vaihtelee huomattavasti riippuen valkuaisen alkuperästä ja rakenteesta. WELLER ym. (1962) otaksuivat rehun valkuaisesta tulevan muunnetuksi mikrobivalkuaiseksi jopa 80 %.

Pötsissä tapahtuvalle valkuaisyynteisille suotuisa pH-arvo on alle neutraalin, mutta valkuaisen hajoitus bakteerien toimesta lisääntyy pH:n ollessa yli 7. Aktiviteetti on erittäin vähäistä pH:n ollessa alle 3 tai yli 9.5.

Mikro-organismit, jotka sisältävät 40-70 % raakavalkuaista kuiva-aineessa, kulkeutuvat pötsistä satakerran kautta juoksumahaan ja sieltä ohutsuoleen, missä niiden valkuainen pilkotaan aminohapoiksi kuten yksimahaisillakin eläimillä. Ohutsuoleen tulevasta tyypeistä on 50-60 % peräisin mikrobeista. Rotilla on todettu tämän mikrobivalkuaisen olevan n. 80 % ja biologisen arvon n. 70 % (MASON ja PALMER 1971).

Se ammoniakki, mitä ei käytetä mikrobivalkuaisen muodostamiseen, diffusoituu pötsin seinämän läpi tai imeytyy ruoansulatuskanavan muista osista. Imeytynyt ammoniakki kuljetetaan maksaan, missä se ornitiinikierrossa syntetisoidaan ureaksi. On kuitenkin ilmeistä, ettei kaikki ammoniakki syntetisoidu ureaksi, vaan osa siitä käytetään glutamiinihapon synteisiin glutamiinihappodehydrogenaasi-entsyymien avulla, jota on löydetty naudan maksasta. Glutamiinihaposta voidaan edelleen syntetisoida transaminaasien avulla muita ei-välttämättömiä aminohappoja.

Urean erityys tapahtuu virtsassa. Typen saannin ollessa runsasta urean erityys virtsassa lisääntyy ja päinvastoin. Monet kokeet märehtijöillä ovat osoittaneet, että ne pystyvät vähentämään typen erityksensä lähes olemattomiin dieetillä, jossa on vähän tyypeä. Tällöin endogeeninen urean siirtyminen takaisin pötsiin ja siellä tapahtuvaan mikrobivalkuaisynteesiin lisääntyy. Urean siirtyminen verestä pötsiin tapahtuu pötsin seinämän läpi diffusoitumalla ja syljen mukana. On olemassa todisteita siitä, että typen uudelleen kiertoa elinistössä ja valkuaisen regeneraatiota tapahtuu muillakin kasvissyöjillä kuten kaniinilla ja kaviaeläimillä silloin, kun rehussa on vähän valkuaista.

## 2. NPN märehtijöiden ruokinnassa

Märehtijöiden rehut sisältävät normaalisti valkuais-tyypen lisäksi myös ei-proteiinityyppeä. Pötsin mikrobien kyky käyttää hyväkseen tätä tyyppiä osoitettiin jo 1800-luvun lopulla ja sen jälkeen on suoritettu tuhansia kokeita, joissa NPN:llä on korvattu rehun valkuaista. Eräänlaisena virstanpylväänä tämän alan tutkimuksissa voidaan mainita LOOSLI'n ym. (1949) tutkimukset, joissa osoitettiin pötsin bakteerien syntetisoivan kaikki rotan kasvulle välttämättömät aminohapot ureaa sisältävällä, puhtaalla dieetillä. Suomalaiset kokeet (VIRTANEN 1966) ovat osoittaneet, että lypsylehmä voi pötsimikrobiston avulla saada ylläpitoon ja maidontuotantoon tarvitsemansa valkuaisen kokonaan ureasta ja ammoniumsuoloista.

Bakteerien ureaasi-entsyymi pilkkoo urean pötsissä ammoniakiksi ja hiilidioksidiksi. Ammoniakin hyväksikäyttö valkuaisynteesissä riippuu suuresti tarjolla olevasta energialähteestä. Käytännön olosuhteissa tämä merkitsee sitä, että rehussa on oltava riittävästi helposti fermentoitavia hiilihydraatteja. Tärkkelys ja sokeri ovat tällöin parhaita energian lähteitä ja selluloosa on niitä selvästi heikompi. Tärkkelys on osoittautunut paremmaksi kuin sokerit johtuen ilmeisesti viimeksimainittujen nopeammasta poistumisesta pötsistä. Urean ym. ammoniumyhdisteiden syötöllä voidaan lisätä pötsissä tapahtuvaa valkuaisen muodostusta vain, jos ammoniumtypen konsentraatio pötsinesteessä on ilman ureaa bakteeristolle optimaalisen tason alapuolella.

Varomaton urean antaminen eläimille voi johtaa ammoniakkiemyrkytykseen. Tämän vuoksi eläimet on ensin totutettava vähitellen urea-annosta lisäten 1-3 viikon aikana. Tavallisena ylärajana pidetään usein 25-30 g ureaa/100 kg elopainoa, (ARMSTRONG ja TRINDER 1966, HUBER ym. 1968). Heinään ja säilörehuun perustuvalla ruokinnalla urean määrä voidaan totuttamalla nostaa turvallisesti 250 grammaan päivässä lypsylehmällä. Nuorille nautaeläimille suositellaan urean käytön aloittamista 4 kk:n iässä, mutta niiden on todettu hyväksikäyttävän sitä jo 2 kk:n iässä (GARDNER ja KUNZ 1973).

Vaikkakin urea on yleisin NPN-lähde, useita muita yhdisteitä, kuten biureettia, asetylureaa, asetamidia, ureafosfaattia, on kokeiltu märehtijöillä ja useat niistä ovat osoittautuneet vähemmän myrkyllisiksi kuin urea. Koska pötsin mikrobit käyttävät ammoniakkaa valkuais-synteesiin, olisi millä tahansa myrkyttömällä aineella, josta pötsin olosuhteissa vapautuu ammoniakkaa, tässä mielessä arvoa. Nitraatit pelkistyvät pötsissä ammoniakiksi, mutta myrkyllisyytensä vuoksi niitä ei voida suositella rehukäyttöön. Diammoniumfosfaatti on huonosti maittavaa, ja orgaanisilla ammoniumsuloilla on vikana niiden pysymättömyys. Ammoniakilla käsitellyillä raaka-aineilla ovat koetulokset olleet hyviä, lukuunottamatta melassia, josta typen hyväksikäyttö on osoittautunut huonoksi (KING ym. 1957). Kreatiini on osoittautunut yhtä hyväksi ja jopa paremmaksikin typen lähteeksi pötsin bakteereille kuin urea (CAMPBELL ym. 1959, McLAREN ym. 1958). Viime vuosina on Yhdysvalloissa ja Keski-Euroopassa alettu enenevässä määrin käyttää kuivattua siipikarjan lantaa märehtijöiden rehuna. Pötsin bakteerit muodostavat ilmeisesti entsyymejä mm. urikaasia, jotka hajoittavat virtsahapon ammoniakkiasteelle saakka.

#### IV NPN YKSIMAHAISTEN ELÄINTEN RAVITSEMUKSESTA

##### 1. NPN:n metabolismi yksimahaisilla

Voidakseen ylläpitää mahdollisimman tehokasta valkuaisynteesiä ns. yksimahaiset eläimet tarvitsevat välttämättömien aminohappojen (EAA) lisäksi tyypeä ei-välttämättömien aminohappojen (NEAA) muodostukseen. Näiden eläinten kyky käyttää NPN:ää NEAA:n synteesiin on ollut tunnettua jo useita vuosikymmeniä (RITTENBERG ym. 1939, FOSTER ym. 1939). Rehuvalioissa, jotka ovat sisältäneet sopivan seoksen EAA:ta, on voitu NPN:llä korvata kaikki rotan kasvulle tarpeelliset määrät NEAA:ta (LARDY ja FELDOTT 1949, ROSE ym. 1949). SPRINSON ja RITTENBERG (1949) havaitsivat tutkimuksissaan rotilla ja ihmisillä, että <sup>15</sup>N-merkityn diammoniumsitraatin erityys oli hitaanpaa vähävalkuaisisella kuin runsasvalkuaisisella dieetillä. Rotilla he tekivät havainnon, että vähävalkuaisisella dieetillä ammoniumtyppi siirtyi elimistön valkuaisiin melkein yhtä tehokkaasti kuin glysiinin typpi. Korkean biologisen laadun omaava eläinvalkuainen voi sisältää ylimäärin jotakin tai kaikkia välttämättömiä aminohappoja eläimen tarpeeseen nähden. Tällöin niitä katabolisoidaan energian tarvetta tyydyttämään tai eivälttämättömien aminohappojen ja muiden tyypellisten yhdisteiden synteesiin. Näiden aminohappoylimäärien korvaamisen muilla tyypilähteillä ei pitäisi näin ollen alentaa eläinten typen hyväksikäyttöä eikä tuotantoa.

Useimmilla yksimahaisilla eläimillä ei ole mitään ruoansulatuskanavan osaa, jossa suuret määrät täytettäviä rehuja voitaisiin fermentoida niin, että rehun valkuainen hajoitettaisiin suureksi osaksi ammoniakiksi, jolloin valkuainen tulee isäntäeläimen käyttöön mikrobivalkuaisena. Tuntuisi sen vuoksi loogiselta olettaa, ettei yksimahaisilla ole suolistossaan sellaista mikrobikantaa, jolla olisi suurta merkitystä ammoniumtyypen hyväksikäytössä. Näin ollen siinä tarvitaan jokin välitön mekanismi.

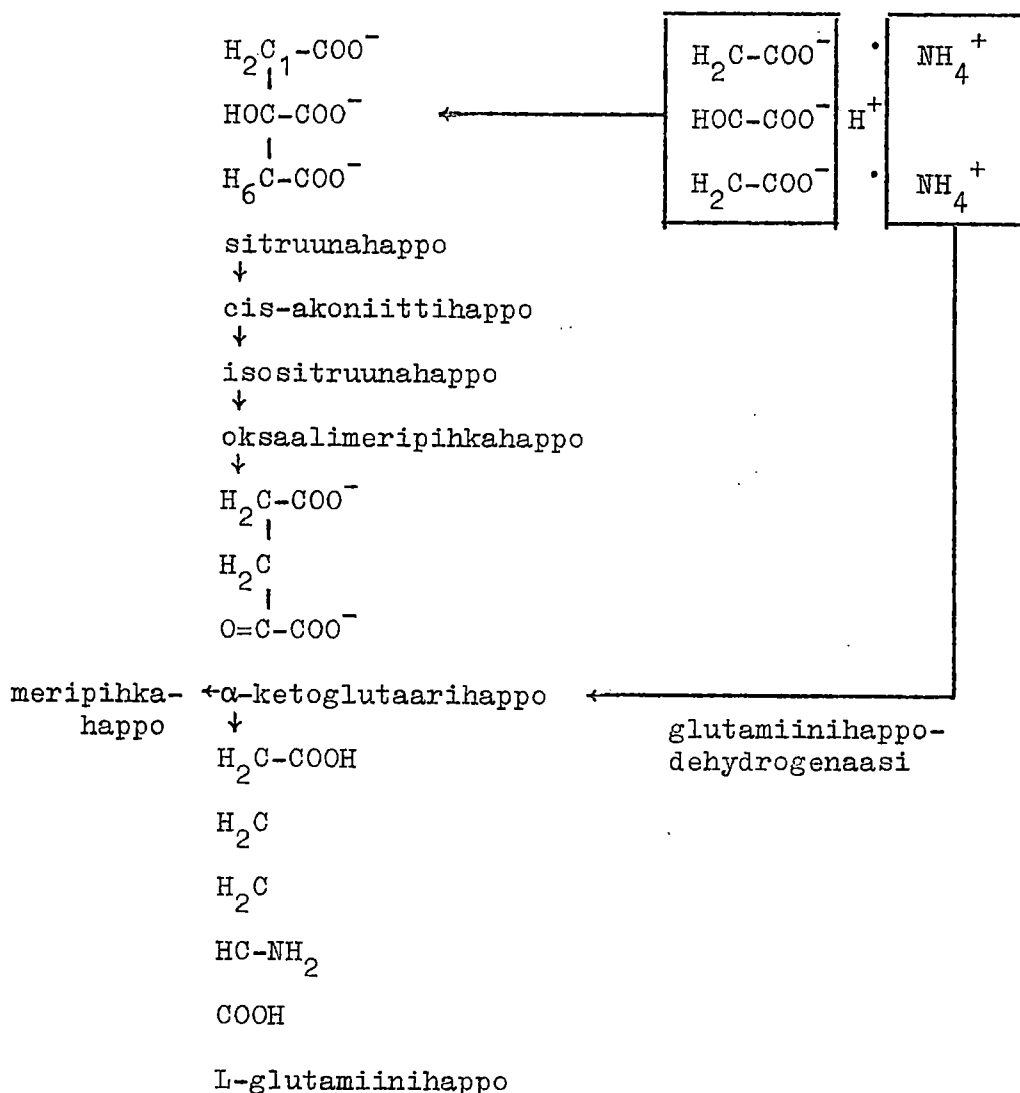
Suolistoflooran mahdollista vaikutusta tässä yhteydessä ei pidä kuitenkaan kokonaan sulkea pois. Suolistobakteerit voivat näytellä jonkinlaista osaa ammoniumtyypen ja varsinkin urean hyväksikäytössä, sillä urea on ensin hydrolysoitava bakteerien ureaasin vaikutuksesta. Siipikarjalla bakteereita on pääasiallisesti kuvassa ja umpisuoleessa. Lihasmahan happamuus (pH 2-3) ei ole suotuisa bakteerien elämälle. Täysikasvuisella siipikarjalla flooran muodostavat etupäässä laktobasillit, streptokokit ja koli-bakteerit. BELL ja BIRD (1966) havaitsivat merkkejä mikrobiflooran toiminnasta siipikarjan umpisuolisessa ja paksusuoleessa. Kanojen ruoansulatuskanavassa on osoitettu tapahtuvan valkuaisen hajoitusta mikrobien toimesta (SALTER ja COATES 1971). HORNOIU ym. (1972) totesivat urean hyväksikäytön huonontuvan kananpojilla umpisuolien poiston jälkeen. Toisaalta kokeet (SLINGER ym. 1952, JONES ja COMBS 1953, BARE ym. 1964), joissa antibiootit ovat poistaneet ammoniumyhdisteiden haitalliset vaikutukset kasvuun ja rehun hyväksikäyttöön, osoittavat, ettei suolistomikrobien ja ammoniumyhdisteiden hyväksikäytön välinen suhde olekaan aina hyödyllinen isäntäeläimen kannalta.

Ammoniumtyypen metabolismin liittyvistä biokemiallisista reaktioista on olemassa verrattain vähän tietoa. In vitro -tutkimuksissa on ilmennyt, että ammoniumtyypen muuttuminen glutamiinihapoksi tapahtuu maksassa (McNAB ym. 1970, LEE ym. 1972). Esimerkiksi diammoniumsitraatin metabolismin kanan maksassa tapahtuneen kuvan 2 esittämän kaavan mukaisesti. Anioniosa muutetaan ensin  $\alpha$ -ketoglutaarihapoksi trikarboksyylihapokiertoon liittyvien entsyymien avulla ja sen jälkeen glutamiinihappodehydrogenaasin avulla glutamiinihapoksi. Viimeksimainittua entsyymiä löydettiin kanan maksasta riippumatta siitä saivatko eläimet ammoniumtyyppä rehuksaan vai eivät (LEE ym. 1972). Lisäksi maksasta löydettiin entsyymejä, (ALT ja AspT), joita tarvitaan glutamiinihapon transaminoinnissa alaniiniksi ja asparagiinihapoksi.

In vitro -tutkimuksissa (LEE ym. 1972) maksan glutamaatti osoittautui radioaktiiviseksi, kun maksaa inkuboitiiin  $^{14}\text{C}$ -merkityllä  $\alpha$ -ketoglutaarihapolla ja diammoniumsitraatilla. Glutamiinihapon ja vapaiden aminohappojen määrät maksassa lisääntyivät merkittävästi inkuboinnin seurauksena. Glutamiinin muodostusta glutamaatista ja ammoniumioneista tiedetään tapahtuvan myös siipikarjalla (BROWN 1970, KOSHAROV ym. 1971). On ilmeistä, että glutamiini toimii ammoniakkin kuljettajana (MEISTER 1956, OLSEN ym. 1963).

Typellisen yhdisteen tehokkuus ei-välttämättömien aminohappojen tyypin lähteenä riippuu luultavasti sen kyvystä antaa  $\text{NH}_2$ -ryhmiä. Tiettyillä typpiyhdisteillä saattaa olla lisävaikutuksia johtuen siitä, että ne ovat aineosana joissakin eläimelle tärkeissä yhdisteissä tai niillä voi olla erikoistehtäviä aineen vaihdunnassa. Glutamiinihapon keskeinen rooli transaminaatioreaktiossa ja hermokudoksen aineenvaihdunnassa auttaa selvittämään tämän aminohapon tehokkuuden tyypin lähteenä. Lisäksi se on glutationin aineosa ja kytkeytyy urean muodostukseen.

Kuva 2. Todennäköinen kaavio diammoniumsitraatin metabolismista kanan maksassa. (BLAIR 1972)



ROSE'n ym. (1949) kokeet rotilla osoittivat, että L-glutamiinihappo ja ammoniumsuolat olivat tehokkaampia ei-spesifisen typen lähteitä kuin urea. Samoin KIES'in ja FOX'in (1973) tutkimukset aikuisilla ihmisillä osoittivat diammoniumsitraatin ureaa paremmaksi silloin, kun typen saanti oli alle optimin.

GALLINA'n ja DOMINGUEZ'in (1971) mukaan tarvitaan seuraavat vaiheet, jotta urea-tyyppi voi osallistua ei-välttämättömien aminohappojen synteesiin: (1) urean hydrolyysi ammoniakiksi suolistobakteerien toimesta; (2) ammoniumin liittyminen  $\alpha$ -ketoglutaarihappoon, jolloin syntyy glutamaattia; (3) NEAA:n muodostamiseen tarvitaan  $\alpha$ -keto-happoja; (4) näiden  $\alpha$ -keto-happojen transaminaatio glutamaattista.

Kuvassa 3 ehdotetun kaavion mukaan yksi molekyyli  $\alpha$ -ketoglutaarihappoa ottaa vastaan yhden  $\text{NH}_2$ -ryhmän, jolloin muodostuu yksi molekyyli glutamiinihappoa. Täten vain yksi diammoniumsuolan ammoniumryhmistä käytetään reaktiossa. Diammoniumsuolan suhteellisen runsaasta käytöstä voi olla haittavaikutuksia (BLAIR ja YOUNG 1970), mitkä johtuvat ammoniakin kertymisestä ylimäärin maksaan. Tällöin voidaan ajatella, että

monoammoniumsuoloilla olisi paremmat ja triammoniumsuoloilla huonommat käyttömahdollisuudet kuin diammoniumsuoloilla. Kuitenkin LEE'n ja BLAIR'in (1972) tutkimuksissa ammoniumsitraattien paremmuusjärjestys kananpojan kasvussa oli päinvastainen kuin mitä edellä sanotun perusteella oli odotettavissa. Sitraattien määrät olivat isotypellisiä ja ko. tutkijoiden mukaan sitraatin määrä on ilmeisesti vaikuttanut rehun happamuuteen ja/tai maittavuuteen sekä siten koetuloksiin. HINZ ym. (1970) esittivät poneilla tehtyjen ureatutkimustensa perusteella hypoteesin, jonka mukaan  $\alpha$ -ketoglutaraatin dekarboksylaation estyminen on ammoniakkimyrkytyksen primäärinen syy.

Sellainen tyypillinen aine, josta ammoniakki vapautuu hitaasti on toivottu märehtijöiden ruokinnassa, sillä pötsin mikrobien kyky ei kenties riitä ammoniakkin hyväksikäyttöön sellaisista yhdisteistä, joista vapautuminen on nopeaa. Yksimahaisilla kuten siipikarjalla helppoliukoiset yhdisteet ovat kenties parempia edellä ilmenneistä syistä johtuen. Helppoliukoisuus on luultavasti myös tärkeä ominaisuus tehokkaan suolisto hydrolyysin kannalta. Tämä selvittänee sen, että siipikarja käyttää hyväkseen ureaa, mutta ei virtsahappoa (LEE ja BLAIR 1972).

Märehtijöiden yhteydessä mainittiin niitä ravitsemuksellisia tekijöitä (hiilihydraatit), jotka vaikuttavat pötsimikrobien NPN:n hyväksikäyttöön. Ihmisellä suoritetuissa tutkimuksissa (GALLINA ja DOMINGUEZ 1971) havaittiin ettei urean antaminen enää korjannut negatiivista typpitasapainoa, jos ravinnon hiilihydraattimäärää alennettiin 50 g:aan päisässä. Rajoittavana tekijänä oli ko. tutkijoiden mukaan ilmeisesti glukoosin puutteesta johtuva  $\alpha$ -ketohappojen puute. Tämä tulkinta on sopusoinnussa rotilla tehdyn havainnon kanssa, että ammoniumsuolet olivat tehotomia NEAA:n korvaajina silloin kun ravinnossa oli paljon rasvaa, vähän hiilihydraatteja ja sopivat määrät välttämättömiä aminohappoja (GEIGER ja MIMNI 1959).

Näyttää siis johdonmukaiselta päätellä, että eräs valkuais-tyypen osittaisen NPN:llä korvaamisen edellytys on, että ravinnon hiilihydraateista saadaan riittävästi glukoosia palorypälehapon muodostukseen (COLEMAN 1969). Onkin esitetty, että energian saannin ollessa normaalin NPN voi korvata osan korkealaatuisesta valkuaisesta, joka tarvitaan typpitasapainon ylläpitoon aikuisilla (SCRIMSHAW ym. 1966, HUANG ym. 1966) ja kasvuun lapsilla (SNYDERMAN ym. 1962). Näissä olosuhteissa kokonaistyyppi oli siis ensimmäinen valkuaisravitsemusta rajoittava tekijä.

Koska sekä pyrioksaalifosfaatti että pyridoksamiinifosfaatti ovat aktiivisia ko entsyymejä transaminaatioissa, tuntuu johdonmukaiselta, että ei-aminoyhdisteen käyttö tyypin lähteenä NEAA:n synteesiin lisää pyridoksiinin tarvetta ravinnossa. Tämän ovat LEE ym. (1976) todenneet diammoniumsitraatilla.

## 2. NPN:n imeytyminen ja pidättyminen yksimahaisilla

SHANNON ym. (1969) osoittivat, että diammoniumsitraatin ja diammoniumfosfaatin tyyppi imeytyy melkein täydellisesti kanoilla: 99.0 ja 97.8 %. Ankoilla suoritetuissa tutkimuksissa valkuaisen näennäinen sulavuus oli 7.3 % valkuaisesta sisältävässä perusrehussa 77.5 % ja ureapitoisessa (1.25 %) rehussa 85.5 % (JAMROZ ja GRUHN 1974). Urealisäyksen on todettu parantavan tyypin imeytymistä sioilla (BURKNER ym. 1965, KORNEGAY ym. 1970, RERAT ja BOURDON 1974). EGGUM ja CHRISTENSEN (1973) ovat tutkineet rotilla NPN:n imeytymistä ja pidättymistä dieeteistä, jotka sisälsivät kaseiinia tai soijaa (taulukot 2 ja 3). Kaikilla tutkituilla

Taulukko 2. NPN:n hyväksikäyttö kaseiinidieetillä, johon lisätty 1 % metioniinia (EGGUM ja CHRISTENSEN 1973)

NPN-yhdiste	NPN % dieetin kokonais- typestä	Imeytynyt NPN % syödystä NPN:stä	Pidättynyt NPN % ime- ytyneestä NPN:stä	Veren urea- pitoisuus mg/100 ml
Ammoniumasettaatti	13.3	91.3	100.1	10.7
Ammoniumasettaatti	26.7	90.8	97.4	11.8
Ammoniumsitraatti	13.3	97.1	100.0	11.7
Ammoniumsitraatti	26.7	96.8	58.5	15.1
Ammoniumsulfaatti	13.3	101.1	51.1	12.3
Ammoniumsulfaatti	26.7	100.0	18.3	14.5
Glutamiinihappo	13.3	88.2	76.6	12.8
Glutamiinihappo	26.7	89.4	39.9	16.1
Glysiini	13.3	97.4	45.1	16.1
Glysiini	26.7	98.7	31.4	16.5
Ureakalsiumfosfaatti	13.3	99.0	48.1	14.3
Ureakalsiumfosfaatti	26.7	98.9	25.8	16.5
Kaseiini + 1 % metioniinia	0	Sulavuus 98.3	Biol. arvo 88.1	9.7

Taulukko 3. NPN:n hyväksikäyttö soijadieetillä (EGGUM ja CHRISTENSEN 1973)

NPN-yhdiste	NPN % dieetin kokonais- typestä	Imeytynyt NPN % syödystä NPN:stä	Pidättynyt NPN % ime- ytyneestä NPN:stä	Veren urea- pitoisuus mg/100 ml
Ammoniumasettaatti	13.3	89.3	23.2	20.4
Ammoniumasettaatti + met.	13.3	90.7	29.8	17.5
Ammoniumasettaatti	26.7	92.6	25.4	21.1
Ammoniumsitraatti	13.3	97.5	5.7	19.9
Ammoniumsitraatti + met.	13.3	95.8	13.9	16.3
Ammoniumsitraatti	26.7	96.1	4.9	19.9
Ammoniumsulfaatti	13.3	95.6	0	21.4
Ammoniumsulfaatti + met.	13.3	96.2	34.9	11.8
Ammoniumsulfaatti	26.7	95.4	5.0	22.0
Glutamiinihappo	13.3	94.4	0	20.1
Glutamiinihappo + met.	13.3	96.3	0	18.0
Glutamiinihappo	26.7	97.3	0	20.3
Glysiini	13.3	98.3	10.1	20.7
Glysiini + met.	13.3	99.4	65.4	18.1
Glysiini	26.7	97.7	11.2	24.8
Ureakalsiumfosfaatti	13.3	96.4	11.1	
Ureakalsiumfosfaatti + met.	13.3	97.7	41.9	13.1
Ureakalsiumfosfaatti	26.7	94.2	20.6	23.5
Soijajauho	0	Sulavuus 89.9	Biol. arvo 66.2	17.4
Soijajauho + met.	0	90.1	83.6	10.0



NPN-yhdisteillä absorptiokertoimet olivat erittäin korkeat, 90-100 %, joten tulokset ovat yhdenmukaisia SHANNON'in ym. (1969) tulosten kanssa. Ureakalsiumfosfaatin hyvä imeytyminen viittaa riittävään ureaasi-aktiiviteettiin koerottien suolistossa. Kahdella käytetyllä NPN-tasolla ei ollut vaikutusta NPN:n imeytymiseen.

NPN:n imeytyminen ei siis ole useinkaan esteenä sen hyväksikäytölle yksimahaisilla eläimillä. Mitä tulee typen pidättymiseen, se on riippuvainen monesta tekijästä kuten perusrehun valkuaisen määrästä ja laadusta, käytetystä NPN-yhdisteestä ja sen määrästä, rehun energia-pitoisuudesta sekä tuotannon (kasvu, muninta) intensiteetistä. EGGUM'in ja CHRISTENSEN'in (1973) tutkimuksista ilmenee, että NPN:n hyväksikäyttö elimistön synteeseihin parantuu valkuaisen biologisen arvon noustessa. Niissä siipikarjalla suoritetuissa tutkimuksissa, joissa NPN-lisäys (DAC, DAP, urea) on lisännyt typen retentiota vähävalkuaisissa käytännön seoksissa, rehussa on ilmeisesti ollut riittävästi EAA:ta tiettyyn tuotannon tasoon ja samalla kenties puutetta NEAA:sta (CHAVEZ ym. 1966, FERNANDEZ ym. 1972). KORNEGAY ym. (1970) korostavat sioilla suorittamiensa tutkimusten perusteella EAA:n riittävyttä ja aminohappojen välistä tasapainoa NPN:n hyväksikäytön mahdollistamiseksi. Toisaalta EEA:n liikamäärät voivat vähentää typen retentiota. Tämän totesivat PLATTER ym. (1973) lihasioilla suorittamissaan tutkimuksissa, joissa typen pidättyminen oli maksimissaan silloin, kun rehussa oli suositusten (NRC) mukaiset määrät eräitä välttämättömiä aminohappoja. Kun suositukset ylitettiin, typen retentio aleni. REID'in ym. (1972) kokeet munivilla kanoilla viittaavatkin siihen, että EAA:n typen muuntaminen NEAA:n typeksi tapahtuu suhteellisen alhaisella teholla ja NPN-lisäys säästää EAA:ta. EGGUM'in ja CHRISTENSEN'in (1973) mukaan NPN saattaa olla etusijalla proteiinisynteesissä, vaikka ravinnossa olisi käyttökelpoista proteiinityyppiä.

KAZEM'in ja BALLOUN'in (1972, 1973) käyttämä vähävalkuainen (n. 10 %) perusrehu sisälsi pääasiassa soijaa ja maissia, jolloin aminohappokoostumus oli ilmeisesti puutteellinen. Tällöin urean ja DAC:n lisääminen (4 % valkuaiskv.) munivien kanojen rehuun vähensi typen pidättymistä yli 50 %:lla vastaavaan soijalisäykseen verrattuna. Ulosteiden virtsahappo- ja kreatiinipitoisuudet lisääntyivät ureaa ja DAC:tä käytettäessä. NPN:n huono hyväksikäyttö aminohappokoostumukseltaan puutteellisissa rehuissa tulee myös esille JAMROZ'in ja GRUHN'in (1974) tutkimuksessa yli 12-viikkoisilla hanhilla. Perusrehussa (ohra-sokerileike-selluloosa) oli vain 7.3 % valkuaista ja urean tyypestä laskettiin pidättyvän vain 29 %. Veren ureataso nousi kolminkertaiseksi ja typen erityys virtsassa lisääntyi. Paitsi rotilla myöskin siipikarjalla ja sioilla on valkuaisen biologisen arvon kohottamisen aminohappolisäyksin todettu joskus parantavan NPN:n hyväksikäyttöä (WEHRBEIN ym. 1970, KORNEGAY ym. 1970, FERNANDEZ ym. 1973).

EGGUM ja CHRISTENSEN (1973) havaitsivat NPN-yhdisteiden hyväksikäytön huonontuvan niiden määrän noustessa dieetissä (taulukot 2 ja 3). Typen pidättymisprosentti alenee useinkin, kun typen määrä lisääntyy rehussa joko proteiinina tai NPN:nä (CHAVEZ ym. 1966, PASTUZEVSKA 1967, REID ym. 1972, FERNANDEZ ym. 1973). Tämä johtuu siitä, että tyyppiä on ylimäärin eläimen tarpeeseen tai valkuaisen laatuun nähden. Pienet NPN-määrät ovat perusrehusta riippuen jopa lisänneet typen pidättymisen tehokkuutta ja parantaneet typpitasetta kanoilla ja sioilla (CHAVEZ ym. 1966, KORNEGAY ym. 1970, STIBIC ja CMUNT 1974). Eräissä kokeissa pienet määrät NPN-yhdistettä eivät ole vaikuttaneet typen hyväksikäyttöön tai ovat alentaneet sitä vain vähän (HORNOIU ym. 1968,

KOSHAROV ym. 1971). Suurehkot NPN-määrät kuten 2 % ja sitä suuremmat määrät ureaa ovat vähentäneet sioilla typen pidättymistä ja typpitasetta (PASTUZEVSKA 1967, KORNEGAJ ym. 1970). Myrkytystilaa ei por-sailla todettu, kun 10 % valkuaisista sisältävään perusrehuun lisättiin 3.4 % ureaa (PASTUZEVSKA 1967).

FEATHERSTON ym. (1962) totesivat puhdasta dieettiä käyttäessään, että EAA:ta lisättäessä kananpoikasten kasvun nopeuttamiseksi, typen pidättyminen ureasta oli vähäisempää kuin NEAA:sta. BORNSTEIN ja LIPSTEIN (1968) osoittivat, että munivat kanat eivät kyenneet huipputuotannon aikana käyttämään DAP:tä tai DAC:tä, mutta elimistön ylläpidossa DAP saattoi korvata NEAA:n. SHANNON ym. (1969) havaitsivat muninnan tason vaihtuvan typen retentioon sekä siinä todettuihin vaihteluihin.

EGGUM ja CHRISTENSEN (1973) totesivat NPN-yhdisteiden välillä eroja typen hyväksikäytössä. Dieetin valkuaislähte vaikutti hyväksikäyttöön, mikä on erittäin selvästi todettavissa glutamiinihapon kohdalla (taulukot 2 ja 3). Kaseiinidieetissä glysiini, ureakalsiumfosfaatti ja ammoniumsulfaatti vaikuttivat vähemmän tehokkailta kuin muut ammoniumsuo-lat, mikä on yhtäpitävä ROSE'n ym. (1949) tulosten kanssa. RENNER (1969) otaksuu orgaanisten ammoniumsulojen tehon ei-spesifisenä typen lähteenä riippuvan siitä, onko sen anioniosa glukogeeninen vai keto-geeninen. Ei-välttämättömät aminohapot ovat glukogeenisiä. Ammonium-asetaatit (ketogeeninen anioni) on kuitenkin osoittautunut hyväksi ty-pen lähteeksi kananpoikasten kasvulle (RENNER 1969, KOSHAROV ym. 1971, MILLER ym. 1973) ja jopa paremmaksi kuin glukogeeninen DAC (KOSHAROV ym. 1971).

Ammoniumkloridin-sulfaatin ja -karbonaatin hyväksikäyttö siipikarjalla ei kenties ole hyvä. OKUMURA'n ja TASAKI'n (1968) mukaan HCl lisäsi ja  $\text{NaHCO}_3$  vähensi kaseiinidieetillä merkittävästi ammoniakkin eritystä virtsassa. Edellä mainitut suolat saattavat siten muuttaa happo-emäs-tasapainoa. Tähän voivat perustua koetulokset, joiden mukaan kananpoi-kaset eivät pysty käyttämään ammoniumsulfaatin tyyppiä (BLAIR ja WARING 1969, McNAB ym. 1970).

Vaikka NPN:n lisäys rehuun olisikin lisännyt typen pidättymistä, se ei aina ole vaikuttanut munantuotantoa lisäävästi (FERNANDEZ ym. 1973). Kokeissa, joissa on tutkittu rehun typen muuntumisen tehokkuutta munan-valkuaisen tyyppiä, urea on todettu tässä suhteessa huonoksi (HAVEZ ym. 1966, BLAIR ja LEE 1973) samoin kuivattu siipikarjan lanta ts. virtsahappo (BLAIR ja LEE 1973). HAVEZ'in ym. (1966) mukaan pidätty-neestä tyypestä muunnettiin seuraavat prosenttimäärät munanvalkuaiseksi: perusrehu (12.75 % valk.) 88.6, perusrehu-metioniini 92.5, perusrehu-DAC (3 % valkuaisekv.) 91.9, perusrehu-urea (3 % valk.ekv.) 83.5 ja kontrollirehu (15.75 % valk.) 88.7 %.

### 3. NPN:n vaikutus veriarvoihin.

Taulukoista 2 ja 3 nähdään, miten veren urea-arvoissa heijastuu typen hyväksikäyttö, ts. mitä suuremmat määrät tyyppiä pidätty NPN-lähteistä, sitä alhaisemmat ovat veren ureapitoisuudet. Samoin havaitaan, että valkuaisen biologisen arvon parantuessa, esim. lisäämällä metioniinia soijaan, veren ureapitoisuus alenee. Taulukon 4 (KAZEMI ja BALLOUN 1973) veriarvojen perusteella voidaan todeta, että munivien kanojen seerumin kokonaistyyppi, NPN ja proteiinityppi ovat korkeammat kokeessa 1, jossa rehuun lisättiin synteettisiä aminohappoja kuin kokeessa 2,

jossa näin ei menetelty. Tulokset ovat yhdenmukaisia muninnan, munan painon ja rehun hyväksikäytön kanssa. Seerumin kokonaistyyppi- ja proteiinityypipitoisuus olivat soijaryhmillä korkeammat kuin NPN-ryhmillä, mikä kuvastui myös tuotantoluvuissa.

OLSEN'in ym. (1963) tutkimuksissa rehussa annettu DAC lisäsi kananpöjillä veriplasman glutamiinipitoisuutta huomattavasti. Glutamiinihapon antaminen ei vaikuttanut mainittavasti plasman glutamiinipitoisuuteen, mutta annettuna yhdessä DAC:n kanssa sillä oli veren glutamiinia lisäävä vaikutus.

Kun porsaille annettiin 10 ja 20 % valkuaista sekä 10 % valkuaista + 3.4 % ureaa sisältävää rehua olivat veren ureatypen pitoisuudet vastaavasti 0.88, 3.13 ja 6.39 mg/100 ml (PASTUZEVSKA 1967). KORNEGAY ym. (1965) ovat tehneet havaintoja sioilla urean vaikutuksesta eri veriarvoihin (taulukko 5). Dieetissä annettulla urealla ei ollut mitään havaittavaa vaikutusta hemoglobiini-, hematokriitti- ja leukosyytti-arvoihin. Alussa (32.pv) veren ureapitoisuus nousi ja ammoniakkipitoisuus laski merkittävästi, kun ureaa (2.5 %) lisättiin 17 % valkuaista sisältävään perusrehuun tai sillä korvattiin vastaava määrä soijavalkuaista. Myöhemmin (69.pv) erot tasoittuivat huomattavasti osoittaen, että ajan mittaan elimistö sopeutui urearuokintaan. Vastaavasti myös seerumin kohonneet proteiinipitoisuudet palautuivat myöhemmin samalle tasolle kuin perusrehulla. KORNEGAY ym. (1970) havaitsivat myöhemmin 1-2 %:n suuruisen ureamäärän useimmissa kokeissaan alentavan merkittävästi hematokriittia ja lisäävän veren ureatypen pitoisuutta.

Taulukko 4. Seerumin kokonaistyyppi, NPN, proteiinityppi ja virtsahappo munivilla kanoilla käytettäessä DAC:tä, ureaa tai soijaa typen lähteenä (KAZEMI ja BALLOUN 1973)

	mg/100 ml seerumia							
	Kokonais-N		NPN		Proteiini-N		Virtsahappo	
	Koe 1	Koe 2	Koe 1	Koe 2	Koe 1	Koe 2	Koe 1	Koe 2
Perusrehu+								
2 % DAC	717±17 <sup>3</sup>	559±24	28±2	22±1	689±18	538±24	8.4	7.8±0.4
4 % DAC	758	660	28	24	730	636	9.8	8.3
2 % ureaa	780	601	29	22	751	579	8.6	8.6
4 % ureaa	753	633	29	23	724	610	8.8	8.5
2 % soijajauhoa	773	657	33	25	740	632	9.8	9.0
4 % soijajauhoa	835	694	28	24	807	670	8.5	8.7

Taulukko 5. Urea-lisäyksen vaikutus eri veriarvoihin siolla  
(KORNEGAY ym. 1965).

	Perusrehu	Perusrehu + 2.5 % ureaa	Perusrehu, jossa soijaa korvattu 2.5 %:lla ureaa
Seerumissa			
Ammonium typpi mg/100 ml.			
32. pv	693	656	529
69. "	454	460	447
Urea-N mg/100 ml.			
32. pv	22.9	28.2	28.5
69. "	24.1	24.7	24.5
Kokon.proteiinit g/100 ml.			
32. pv	6.6	6.8	6.4
69. "	6.7	6.7	6.5
Albumiini %			
32. pv	43.2	47.1	45.5
69. "	48.6	53.7	47.8
$\alpha$ -globuliini %			
32. pv	20.0	18.9	18.9
69. "	16.4	14.2	16.8
$\beta$ -globuliini %			
32. pv	14.3	15.2	14.2
69. "	19.0	19.1	18.8
-globuliini %			
32. pv	22.7	23.2	21.5
69. "	16.0	18.1	16.6
Leukosyytit/mm <sup>3</sup>			
32. pv	17469	19740	18429
69. "	17665	18908	18506
Hematokriitti %			
	38.3	36.6	37.2
Hemoglobiini g/100 ml.			
	12.2	11.8	11.8

## 4. NPN siipikarjan ravitsemuksessa

## 4.1. Aminohapot siipikarjan ravitsemuksessa

Ennen NPN:n käyttömahdollisuuksien käsittelyä siipikarjan ruokinnassa lienee paikallaan esittää, mitkä aminohapot ovat välttämättömiä ja missä määrin eräiden aminohappojen saanti on riippuvainen elimistössä tapahtuvasta synteesistä ja saannista rehussa. Taulukossa 6 nähdään aminohappojen ryhmittely tämän mukaan.

Taulukko 6. Aminohappojen ravitsemuksellinen luokittelu (SCOTT ym. 1971)

Välttämättömät aminohapot (EAA) siipikarja ei syntetisoi	synteesi muista aminohapoista	Ei-välttämättömät aminohapot (NEAA), siipikarja synteti- soi yksinkert. subs- traateista
Arginiini	Tyrosiini <sup>+</sup>	Alaniini
Lysiini	Kystiini	Asparagiinihappo
Histidiini	Hydroksilyysiini <sup>+</sup>	Asparagiini
Leusiini		Glutamiinihappo
Isoleusiini		Glutamiini
Valiini		Hydroksipproliini <sup>++</sup>
Metioniini		Glysiini <sup>++</sup>
Treoniini		Seriini <sup>+++</sup>
Tryptofaani		Proliini <sup>+++</sup>
Fenylalaniini		

<sup>+</sup> Tyrosiinia syntetisoidaan fenylalaniinista, kystiiniä metioniinista, hydroksilyysiiniä lysiinistä. Fenylalaniini pystyy vastaamaan ns. aromaattisten aminohappojen (fenylalaniini, tyrosiini) kokonaistarpeesta rehussa. SASSE'n ja BAKER'in mukaan (1972) tyrosiini pystyy vastaamaan 42.5 % kokonaistarpeesta. Metioniini voi korvata kystiinin rehusa. Kanoilla kystiini voi vastata 46-47 % rikkiä sisältävien aminohappojen kokonaistarpeesta (NRC 1971).

<sup>++</sup> Joissakin olosuhteissa glysiinin ja seriinin synteesi ei ole riittävä erittäin nopeaan kasvuun, jolloin niitä tarvitaan rehussa (WIXOM 1955). GRABER'in ja BAKER'in (1973) mukaan kasvava kananpoika pystyy syntetisoimaan n. 90 % maksimikasvuunsa tarvitsemastaan seriinistä ja 60-70 % glysiinistä.

<sup>+++</sup> Synteettisistä aminohapoista muodostettua dieettiä käytettäessä proliini voi olla välttämätön maksimikasvulle.

Yleensä, kun aminohapoista on kysymys, ajatellaan niiden L-muotoa. On olemassa myös D-aminohappoja. Niiden hyväksikäyttö siipikarjalla on monissa tapauksissa huono. SUNDE'n (1972) mukaan ei-välttämättömien aminohappojen D-muotojen hyväksikäyttö on seuraava:

Hyvä	Huono
kystiini	arginiini
leusiini	lysiini
metioniini	isoleusiini
fenylalaniini	histidiini
tyrosiini	treoniini
	tryptofaani
	valiini

FEATHERSTON ym. (1962) osoittivat, että kana pystyy käyttämään välttämättömien aminohappojen D- ja L-muotoja ei-välttämättömien aminohappojen synteesiin kasvussa. Ruumiin proteiineista on noin 40 % NEAA:ta (MAYNARD ja LOOSLI 1969).

REID ym. (1972) esittivät tutkimustensa perusteella munivan kanan EAA:n kokonaistarpeeksi 1.1 g/pv ja NEAA:n tarpeeksi 1.4-1.9 g/pv, josta 0.4 g voi olla peräisin ei-spesifisistä tyypen lähteistä. Taulukossa 7 esitetään kasvavan kananpojan ja munivan kanan tarpeet välttämättömien aminohappojen suhteen.

Taulukko 7. Kasvavan kananpojan ja munivan kanan aminohappotarpeet.

	g <sup>+</sup> valku- aisesta	Kasvava kananpoika %/1000 kcal/kg rehua <sup>++</sup>			Muniva kana g <sup>+</sup> %/1000	
		0-4 vk	5-8 vk	yli 8 vk	valku- aisesta	kcal/kg rehua <sup>++</sup>
Arginiini	6.0	0.40	0.35	0.30	5.0	0.20
Histidiini	2.0	0.15	0.13	0.11	1.9	0.07
Isoleusiini	3.8	0.27	0.24	0.20	3.4	0.21
Leusiini	7.0	0.51	0.45	0.38	7.5	0.28
Lysiini	5.0	0.37	0.33	0.28	3.5	0.21
Metioniini	2.0	0.14	0.13	0.10	1.9	0.10
Kystiini	1.5	0.13	0.11	0.10	1.6	0.07
Fenylalaniini	3.5	0.25	0.22	0.19	4.4	0.17
Tyrosiini	3.0	0.22	0.20	0.16	2.0	0.13
Treoniini	3.5	0.25	0.22	0.19	3.0	0.15
Tryptofaani	1.0	0.07	0.06	0.05	0.75	0.05
Valiini	4.3	0.31	0.27	0.23	5.0	0.22
Glysiini ja/tai seriini	5.0	0.36	0.32	0.27	-	-

<sup>+</sup> Perustuvat NRC:n (1971) ja SCOTT'in (1971) normeihin.

<sup>++</sup> COMBS'in (1969) antamat normit. Jos rehussa on esim. 2600 kcal muuntokelpoista energiaa/kg on lysiinin tarve munivilla kanoilla  $2.6 \times 0.21 = 0.55$  % rehussa.

#### 4.2. NPN:n vaikutukset tuotantoon.

##### 4.2.1. Varhaisimmat tutkimustulokset.

Aluksi tutkimukset ammoniumyhdisteiden hyväksikäytöstä siipikarjalla eivät antaneet lupaavia tuloksia. Niiden mukaan siipikarja ei pystynyt käyttämään hyväkseen ammoniumtyyppiä lisättäessä ko. yhdisteitä 11-20 % valkuaista sisältäviin luonnollisiin rehuihin (ACKERSON ym. 1940, BICE ja DEAN 1942, van der MEULEN 1943, JONES ja COMBS 1953). Ne saattoivat heikentää kasvua ja rehun hyväksikäyttöä kananpojilla (ACKERSON ym. 1940, JONES ja COMBS 1953). SLINGER ym. (1952) saivat jonkinlaisen todisteen siitä, että alhainen, 1.5 % valkuaista vastaava ureamäärä olisi tullut hyväksikäytetyksi 10.5 % valkuaista sisältävässä broilieren rehussa. Valkuaistason ollessa 15.5 % tai 17 % urean lisäämisestä ei ollut hyötyä. SULLIVAN ja BIRD (1957) havaitsivat, että urean tai diammoniumsitraatin lisääminen vähävalkuaisiin (soija) rehuihin paransi kananpoikien kasvua ja rehun hyväksikäyttöä silloin, kun rehuun lisättiin metioniinin ja glysiinin hydroksianaloogeja. MACHLIN ja GORDON (1957) havaitsivat, että diammoniumsitraatin lisäys poikasten rehuun (13 % soijan valkuaista) lisäsi kasvua kahdessa kokeessa kuudesta. Urea oli sitä vastoin lievästi haitallinen. Päinvastoin kuin SULLIVAN ja BIRD (1957) he eivät todenneet DAC:n ja metioniinihydroksianaloogin lisäysten välillä mitään yhteyttä.

NPN:llä saadut koetulokset olivat siis ristiriitaisia, mutta ammoniumtyypin hyväksikäyttö siipikarjalla tuli selvästi toteennäytetyksi käytettäessä puhtaita aminohapposeoksia. Esimerkiksi FEATHERSTON ym. (1961) saivat yhtä hyvän kasvun täydentäessään välttämättömistä aminohapoista tehtyä seosta diammoniumsitraatilla, urealla tai ei-välttämättömillä aminohapoilla. Myöhemmät tutkimukset ovat vahvistaneet, että siipikarja pystyy käyttämään hyväkseen ammoniumtyyppiä tietyissä olosuhteissa. Isotooppitutkimuksin on voitu selvittää esimerkiksi, että broilereille annettu urea -<sup>15</sup>N siirtyy lihasten valkuaisaineisiin (LASTOVKOVA ja VARHANIK 1973).

##### 4.2.2. Vaikutukset kasvuun.

###### 4.2.2.1. Glutamiinihappo (GA).

Siipikarja näyttää hyvin pystyvän käyttämään hyväkseen L-glutamiinihappoa (SCOTT ym. 1963, DEAN ja SCOTT 1965, YOUNG ym. 1965, SUGAHARA ja ARIYOSHI 1967, FARLIN ym. 1968, SUGAHARA ja ARIYOSHI 1968, RENNER 1969, MILLER 1973). D-muotoa ei voida käyttää ja sen on todettu heikentävän kananpoikien kasvua (PETERSON ym. 1971). MILLER ja KIEFER (1970) totesivat GA-lisäyksen kalajauhoa yksinomaisten valkuaislähteenä sisältävässä rehussa parantavan kananpoikien kasvua ilmeisesti EAA:n ja NEAA:n välisen tasapainon parantumisen ansiosta. Ammoniumyhdisteitä ja muita NPN-lähteitä verrataan usein glutamiinihappoon.

#### 4.2.2.2. Diammoniumsitraatti (DAC).

Pienet alle 5-6 %:n määrät DAC:tä poikasten rehussa ovat osoittautuneet hyväksikäytöltään -glutamiinihapon veroisiksi (SCOTT ym. 1963, YOUNG ym. 1965) ainakin silloin, kun rehu sisältää hiilihydraatteja (RENNER 1969). Eräiden tutkimusten mukaan DAC:n hyväksikäyttö on ollut yhtä hyvä kuin ei-välttämättömistä aminohapoista tehdyn seoksen (FEATHERSTON ym. 1961 ja 1962, SCOTT ym. 1963, BLAIR ja YOUNG 1970) tai proteiinin (YOUNG ym. 1965, CHAVEZ ym. 1966). Suuret käyttömäärät kuten 8-12 % puolipuhaassa dieetissä (OLSEN ym. 1963), 10 % L-glutamiinihapon korvaajana aminohappodieetissä (SCOTT ym. 1965) ovat vähentäneet poikasten kasvua. DAC:n määrän ollessa poikasrehussa 11 % oli sen hyväksikäyttö yleensä huonompi kuin L-glutamiinihapon (BLAIR ym. 1972, LEE ja BLAIR 1972). Mahdollisesti DAC:n hyväksikäyttö poikasilla on huonompi kuin ei-välttämättömien aminohappojen, jos niistä huomattava osa korvataan DAC:llä. SHANNON ym. (1970) totesivat kananpoikien kasvun parantuvan, jos vain välttämättömiä aminohappoja sisältävään dieettiin lisättiin 12 % GA:ta tai 11.1 % DAC:tä; samoin KOSHAROV ym. (1971), kun 13.7 % proteiinia sisältävään seokseen lisättiin 1-3 % DAC:tä. Kuvassa 3 nähdään kananpoikien kasvukäyrät kokeissa, joissa poikaset saivat pelkästään välttämättömät aminohapot (8.25 % valk.ekv.) tai niiden lisäksi joko ei-välttämättömät aminohapot (16.8 % valk.ekv.) tai DAC:tä 11 %. Kasvun riippuvuus typen saannista nähdään kuvassa 4.

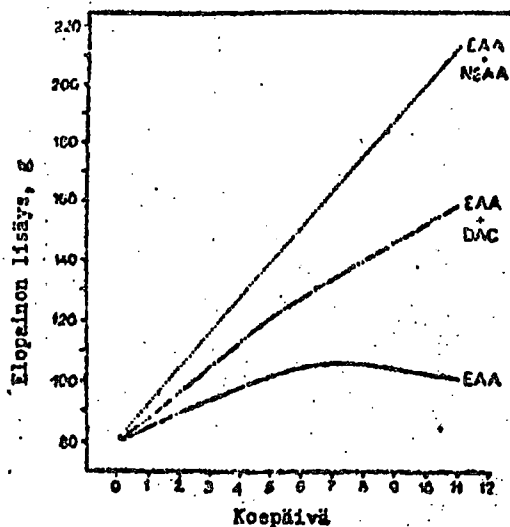
#### 4.2.2.3. Urea.

Päiväkasvun ollessa alhainen 4-5 g kananpoikaset kasvoivat puhtaalla dieetillä lähes yhtä hyvin kuin käytettäessä ei-spesifisenä typen (NSN) lähteenä joko ureaa tai NEAA:ta (FEATHERSTON ym. 1961, 1962). Lisättäessä EAA:ta jolloin päiväkasvu oli 8-9 g, urea ei ollut yhtä tehokas kuin NEAA-seos. LEE'n ja BLAIR'in (1972) kokeissa urea yksinomaaisena NSN-lähteenä oli yhtä tehokas kuin DAC, mutta huonompi kuin L-glutamiinihappo.

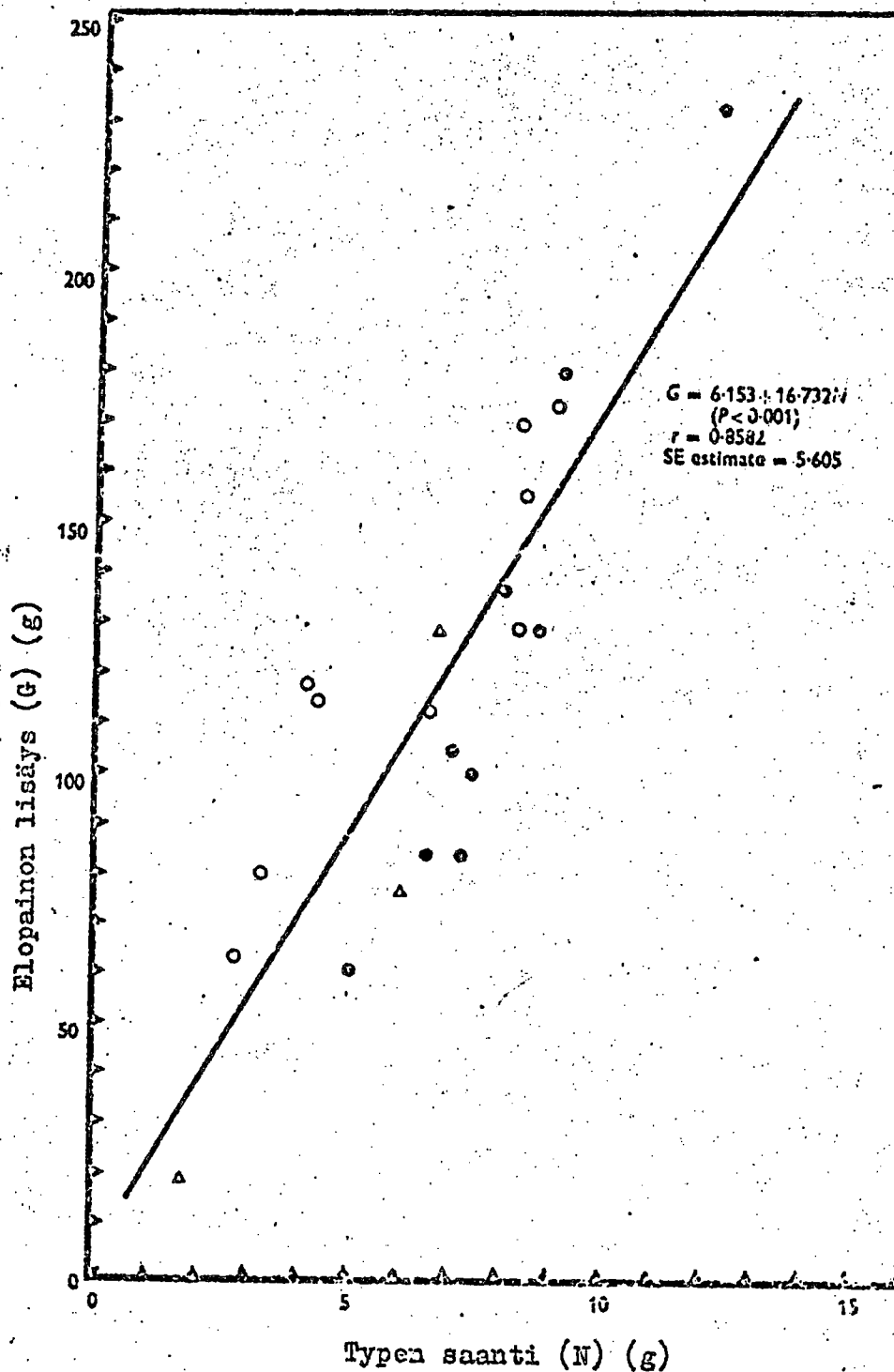
Käytännön rehuseoksissa on ureaa kokeiltu paljon kanan- ja hanhenpoikasilla. Urea vähävalkuaisissa rehuissa on usein lisännyt kasvua varsinkin, kun valkuaisen laatu on ollut hyvä. KOCI ja GROM (1972) totesivat, että urealla voitiin korvata 20 % broilerrehun valkuaisesta, jos rehun aminohappokoostumus oli tasapainossa. MILLER'in (1973) mukaan urea korvasi glutamiinihapon ammoniumsuloja paremmin rehussa, jossa valkuaisraaka-aineena oli kalajauho. HORNOIU ym. (1968) eivät todenneet kananpoikasten kasvussa merkitseviä eroja, kun 23 % valkuaisesta sisältävässä rehussa korvattiin 12-23 % valkuaisesta urealla. Heidän mukaansa kanat sietävät 7 g ureaa elopainokiloa kohden. HORNOIU'n ym. (1972) mielestä yli kuukauden ikäisten poikasten rehuun voidaan sisällyttää 2 % ureaa korvaamaan valkuaisista.

VALINIECE'n (1968) kokeissa 5-30 pv:n ikäisillä kananpojilla perusrehun raakavalkuaispitoisuuden nostaminen urealla 10.6 %:sta 12 ja 15 %:iin antoi vastaavasti seuraavat loppupainot: 119, 127 ja 112 g. Urea alensi maksan ksantiinioksidaasiaktiivisuutta ja seerumin proteiinipitoisuutta sekä lisäsi seerumin ureapitoisuutta. Suurempi ureamäärä vähensi maksan valkuaispitoisuutta ja lisäsi sen RNA-pitoisuutta. MORAN'in ym. (1967) tutkimuksessa ei urean lisäyksestä kananpoikasten perusrehuun (10 % valk.) ollut hyötyä eikä haittaakaan; ei myöskään jos rehuun lisättiin EAA:ta.





Kuva 3. Kananpoikasten kasvu dieteillä, jotka sisältävät yksinomaan välttämättömiä aminohappoja (EAA). EAA:ta sekä ei-välttämättömiä aminohappoja (NEAA) tai EAA:TA sekä diammoniumsitraattia (DAC). (BLAIR ym. 1972)



Kuva 4. Kananpoikasen kasvun ja typen saannin välinen vuotosuhde. (BLAIR ym. 1972)

Hanhenpoikasilla on rehun tyypeä voitu korvata jopa 27-30 % urealla alentamatta kasvua merkittävästi (ZANIECKA ym. 1969, KOCI ym. 1970, KOCI ja DOVALOVA 1971). Vähävalkuaisiseen perusrehuun verrattuna urealisäys paransi kasvua ja rehun hyväksikäyttöä (ZANIECKA ym. 1969, KOCI ja DOVALOVA 1971).

#### 4.2.2.4. Muut ammoniumyhdisteet.

Diammoniumfosfaatin käyttöä rajoittaa sen korkea fosforipitoisuus. Toisaalta se voi olla edullista rehuissa, joissa on puutetta fosforista. Broilereiden kasvu parani yhdessä kokeessa kahdesta, kun DAP:n määrä oli 1.5 %, mutta heikentyi määrän ollessa 3.0 tai 4.4 % (BLAIR ja WARING 1969). Hanhen poikasilla (3-10 vk) kasvu ja rehun hyväksikäyttö paranivat, kun DAP:tä lisättiin (30 % tyypestä) 17 % kasvivalkuaisista sisältävään rehuun (KOCI ja DOVALOVA 1971). KOSHAROV'in ym. (1971) kokeessa DAP lisäsi poikasten kasvua, kun sitä lisättiin 1 tai 2 % 18.7 % valkuaisista sisältävään perusrehuun. Triammoniumfosfaatti (4.05 %) puhtaassa aminohappodieetissä antoi yhtä hyvän kasvun kananpojilla kuin diammoniumsitraatti ja urea (LEE ja BLAIR 1972). Rehun fosforipitoisuutta tasapainotettiin tällöin lisäämällä kalsiumlaktattia. Lisättäessä 2.3 % biureettia aminohappodieettiin poikasten rehun käyttö väheni ja kasvu hidastui, mutta vastaava typpimäärä glutamiinihappona tai ureana paransi kasvua ja rehun hyväksikäyttöä (FARLIN ym. 1968).

#### 4.2.2.5. Kuivattu siipikarjan lanta (DPM). Virtsahappo.

Huolimatta siitä, että kuivatun kananlannan tyypestä yli puolet on virtsahapon tyypeä, jota märehitijät pystyvät hyvin käyttämään, mutta siipikarja tuskin ollenkaan, kuivattua siipikarjan lantaa (DPM = dried poultry manure) on kokeiltu myös siipikarjan rehujen raaka-aineena. Lisäksi DPM:n muuntokelpoisen energian arvo on siipikarjalle hyvin alhainen ja broilereille lähes olematon (RINEHART ym. 1973). Tutkimukset ovat osoittaneet, ettei kana pysty käyttämään virtsahappoa, joka voi olla hieman myrkyllistäkin (BARE ym. 1964, LEE ja BLAIR 1972). Toisaalta kananpoikasten umpisuolesta on löytynyt virtsahappoa hyväkseen käyttäviä mikrobeja (BARNES ym. 1972).

Virtsahapon hyväksikäytön tehostamiseksi se tulisi hydrolysoida. SLOAN'in ja HARMS'in (1973) mukaan virtsahappo on syynä DPM:n huonoon maittavuuteen. Vaikka pienet alle 5 %:n käyttömäärät kuivattua siipikarjan lantaa poikasten rehussa eivät vaikuta sanottavasti kasvuun, niin rehun hyväksikäyttö huonontuu (FLEGEL ja ZINDEL 1970, BIELY ym. 1972, GAARDBO THOMSEN 1973, SLOAN ja HARMS 1973). Lisäämällä rehuun rasvaa on DPM:ää voitu käyttää poikasten rehussa 20 %:iin saakka sen vaikuttamatta haitallisesti kasvuun (McNAB ym. 1972).

#### 4.2.3. Vaikutukset munintaan.

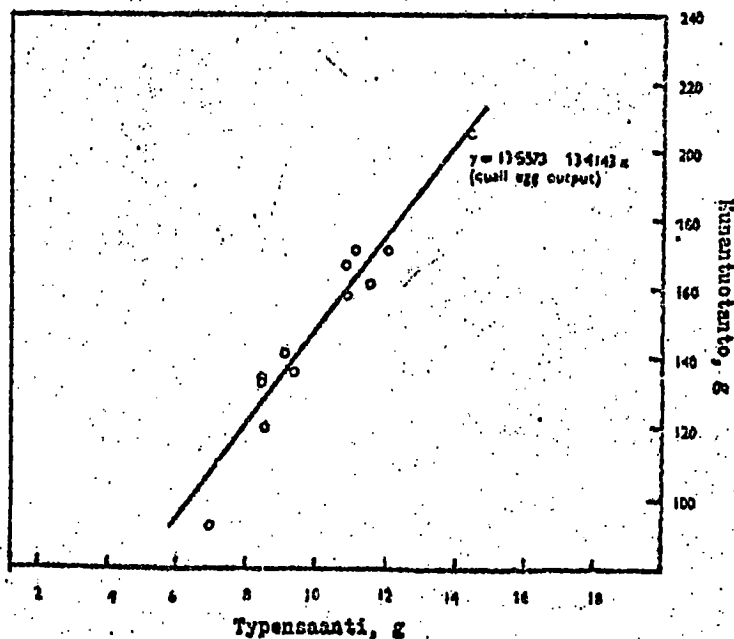
##### 4.2.3.1. Diammoniumsitraatti.

YOUNG ym. (1965) totesivat kanoilla munantuotannon lisäyksen, kun 13 % valkuaisista sisältävän perusrehun (maissi-soija tai maissi-soija-kala-

jauho) raakavalkuainen nostettiin DAC:llä 4 %:sta 16 %:iin. Muninta oli sama kuin rehulla, jossa oli proteiinia 16 %. Samaan tulokseen tulivat myös CHAVEZ ym. (1966). MORAN'in ym. (1967) tutkimuksissa osoittautui 6.5 % DAC:tä (5 % valk. ekv.) jopa haitalliseksi 10 % valkuaista sisältävässä perusrehussa (maissi-soija) eikä sillä ollut tuotantoa lisäävää vaikutusta puolipuhastaakaan dieetissä, joka sisälsi riittävästi EAA:ta, mutta liian vähän NEAA:ta. AKINTUNDE ym. (1968) havaitsivat myös, että munivat kanat eivät pystyneet hyväksikäyttämään DAC:tä perusrehusta, jossa valkuaista oli 12 %. REID'in ym. (1972) tutkimuksissa DAC (2.5 ja 2 % valk. ekv.) paransi vähävalkuaisissa (12.6 ja 13.5 %) dieetissä (maissi-soija ja/tai kalajauho) munantuotantoa ja rehun hyväksikäyttöä. Ero oli merkitsevä silloin, kun yksinomaisten tai pääasiallisena valkuaisraaka-aineena oli soija. Erot saman määrän tyyppä sisältävään vertailurehuun nähden eivät olleet merkitseviä. FERNANDEZ'in ym. (1973) mukaan 1.9 % DAC:tä 12.5 % valkuaista sisältävässä perusrehussa (maissi-soija-kalajauho) nosti lievästi munantuotantoa, mutta 3.6 % DAC:tä vähensi tuotantoa ja rehun syöntiä.

BLAIR'in ja YOUNG'in (1974) suorittamissa kokeissa munivilla viiriisillä perusrehussa (12.9 % valkuaista) oli ilmeisesti puutetta yhdestä tai kahdesta välttämättömästä aminohaposta. Kun tämä puute korjattiin, ei-spesifisen tyyppien puute voitiin täyttää joko DAC:llä tai NEAA:lla (taulukko 6). Kuvassa 5 nähdään munantuoton riippuvuus tyyppien saannista. Regressiosuora on hyvin saman suuntainen kuin kuvassa 4.

Kuva 5. Munantuotannon riippuvuus tyyppien saannista (BLAIR & YOUNG 1970)



Taulukko 8. NEAA-, DAC-, EAA- ja proteiinilisäysten vaikutus viiriäiskanaparien (Coturnix quail) munantuotantoon 3 ja 4 viikkoa kestäneissä kokeissa (BLAIR ja YOUNG 1974)

	Valk.	Muninta	Munan paino	Muna-	Rehun	Rehua g/	Eläimen
	%	%	g	massa g/pari	kulutus g/pari	g muna-	painon muutos, g
						massaa	
<b>Perusrehu</b>	12.9	51.0 <sup>o</sup>	8.64 <sup>cd</sup>	184.4 <sup>o</sup>	668.0 <sup>f</sup>	3.79 <sup>o</sup>	-12.3 <sup>bcd</sup>
+2.16% NEAA	14.45	73.8 <sup>cd</sup>	8.65 <sup>cd</sup>	267.8 <sup>cd</sup>	724.8 <sup>o</sup>	2.73 <sup>b</sup>	-14.4 <sup>ode</sup>
+2% DAC	14.45	71.9 <sup>cd</sup>	8.82 <sup>cd</sup>	265.6 <sup>cd</sup>	727.2 <sup>o</sup>	2.82 <sup>b</sup>	-16.4 <sup>de</sup>
+2.16% NEAA + 2% DAC	16.0	74.3 <sup>cd</sup>	8.73 <sup>d</sup>	272.4 <sup>bcd</sup>	723.0 <sup>f</sup>	2.67 <sup>b</sup>	-7.3 <sup>o</sup>
+1.08% NEAA + 1% DAC	14.45	67.6 <sup>cd</sup>	8.40 <sup>d</sup>	239.0 <sup>de</sup>	662.2 <sup>e</sup>	2.86 <sup>b</sup>	-20.9 <sup>o</sup>
+2.97% EAA	15.59	77.6 <sup>bcd</sup>	8.65 <sup>cd</sup>	282.3 <sup>bcd</sup>	732.2 <sup>e</sup>	2.65 <sup>b</sup>	-9.3 <sup>bcd</sup>
+2.97% EAA + 2.16% NEAA	17.14	86.7 <sup>abc</sup>	9.19 <sup>bc</sup>	334.0 <sup>bc</sup>	791.6 <sup>bc</sup>	2.39 <sup>b</sup>	-3.8 <sup>b</sup>
+2.97% EAA + 2% DAC	17.14	92.9 <sup>ab</sup>	8.76 <sup>cd</sup>	341.4 <sup>b</sup>	813.4 <sup>f</sup>	2.39 <sup>b</sup>	-4.1 <sup>b</sup>
+2.97% EAA + 2.16% NEAA + 2% DAC	18.69	81.0 <sup>abcd</sup>	9.48 <sup>b</sup>	322.4 <sup>bc</sup>	765.8 <sup>f</sup>	2.39 <sup>b</sup>	-5.4 <sup>bcd</sup>
+2.97% EAA + 1.08% NEAA + 1% DAC	17.14	84.3 <sup>abcd</sup>	8.85 <sup>cd</sup>	315.2 <sup>bc</sup>	791.6 <sup>c</sup>	2.62 <sup>b</sup>	-10.6 <sup>bcd</sup>
+8% valkuaisseosta	18.1	85.7 <sup>abc</sup>	9.44 <sup>b</sup>	342.0 <sup>b</sup>	829.2 <sup>b</sup>	2.49 <sup>b</sup>	-4.5 <sup>b</sup>
Tavanomainen kontrollirehu	20.0	96.7 <sup>a</sup>	10.10 <sup>a</sup>	410.0 <sup>a</sup>	901.0 <sup>a</sup>	2.20 <sup>b</sup>	+4.1 <sup>a</sup>
<b>NEAA:</b>	0	73.4	8.74	268.6	733.2	2.92	-10.5
2.16%		79.0 NS	9.02 <sup>x</sup>	299.2 <sup>x</sup>	751.3 NS	2.55 <sup>x</sup>	-7.7 NS
<b>DAC:</b>	0	72.3	8.78	267.3	729.1	2.89	-10.0
2%		80.1 <sup>x</sup>	8.95 NS	300.5 <sup>x</sup>	757.4 NS	2.57 <sup>x</sup>	-8.3 NS
<b>EAA:</b>	0	67.8	8.71	247.6	710.8	3.0	-12.6
2.97%		84.6 <sup>xxx</sup>	9.03 <sup>x</sup>	320.2 <sup>xxx</sup>	775.8 <sup>xxx</sup>	2.45 <sup>xxx</sup>	-5.7 <sup>xxx</sup>
<b>SE<sup>2</sup></b>		±3.34	±0.12	±12.80	±15.57	±0.14	±1.92
<b>Perusrehu</b>	12.9	61.8 <sup>ef</sup>	8.5 <sup>d</sup>	145.0 <sup>f</sup>	472.0 <sup>od</sup>	3.58	-4.5 <sup>c</sup>
+4.02% valkuaisseosta	15.6	85.3 <sup>abc</sup>	9.1 <sup>ab</sup>	218.0 <sup>abcd</sup>	525.0 <sup>abc</sup>	2.42 <sup>c</sup>	-1.4 <sup>bc</sup>
+12.06% valkuaisseosta	20.8	89.3 <sup>ab</sup>	9.6 <sup>a</sup>	240.0 <sup>ab</sup>	548.0 <sup>ab</sup>	2.38 <sup>c</sup>	+1.4 <sup>abc</sup>
+16.08% valkuaisseosta	23.4	94.7 <sup>a</sup>	9.6 <sup>a</sup>	254.0 <sup>a</sup>	561.0 <sup>a</sup>	2.22 <sup>o</sup>	+8.8 <sup>a</sup>
+2.9% EAA	15.6	68.6 <sup>de</sup>	8.6 <sup>cd</sup>	165.0 <sup>ef</sup>	492.0 <sup>bcd</sup>	3.14 <sup>ab</sup>	-1.4 <sup>bc</sup>
+3.36% DAC	15.6	75.0 <sup>bcde</sup>	8.9 <sup>bcd</sup>	187.0 <sup>de</sup>	494.0 <sup>bcd</sup>	2.74 <sup>bc</sup>	+1.1 <sup>abc</sup>
+5.94% EAA	18.2	79.0 <sup>abcd</sup>	9.0 <sup>bcd</sup>	198.0 <sup>cde</sup>	514.0 <sup>abcd</sup>	2.64 <sup>bc</sup>	+3.0 <sup>abc</sup>
+6.72% DAC	18.2	50.7 <sup>f</sup>	9.1 <sup>ab</sup>	137.0 <sup>f</sup>	460.0 <sup>d</sup>	3.57 <sup>a</sup>	-1.3 <sup>bc</sup>
+2.97% EAA + 3.36% DAC	18.2	77.3 <sup>bcd</sup>	9.2 <sup>ab</sup>	206.0 <sup>bcd</sup>	530.0 <sup>ab</sup>	2.66 <sup>bc</sup>	+6.6 <sup>ab</sup>
+5.94% EAA + 3.36% DAC	20.8	76.4 <sup>bcde</sup>	9.3 <sup>sb</sup>	198.0 <sup>ode</sup>	521.0 <sup>abc</sup>	2.74 <sup>bc</sup>	+5.1 <sup>ab</sup>
+2.97% EAA + 6.72% DAC	20.8	87.5 <sup>abc</sup>	9.3 <sup>ab</sup>	228.0 <sup>abc</sup>	566.0 <sup>a</sup>	2.51 <sup>bc</sup>	+4.5 <sup>ab</sup>
+5.94% EAA + 6.72% DAC	23.4	73.2 <sup>cde</sup>	9.4 <sup>ab</sup>	193.0 <sup>cde</sup>	534.0 <sup>ab</sup>	2.87 <sup>bc</sup>	+5.0 <sup>ab</sup>
<b>DAC:</b>	0	69.8	8.7	169.1	492.5	3.12	-1.0
3.36%		76.2 NS	9.1 <sup>xxx</sup>	197.0 <sup>xx</sup>	514.9 NS	2.71 NS	+4.3 <sup>x</sup>
6.72%		70.5 NS	9.3 <sup>xxx</sup>	186.0 <sup>xx</sup>	519.9 NS	2.98 NS	+2.6 <sup>x</sup>
<b>EAA:</b>	0	62.5	8.8	156.5	475.3	3.29	-1.6
2.97%		77.8 <sup>xxx</sup>	9.0 <sup>x</sup>	199.4 <sup>xxx</sup>	529.2 <sup>xxx</sup>	2.77 <sup>xx</sup>	+3.2 <sup>x</sup>
5.94%		76.2 <sup>xxx</sup>	9.2 <sup>x</sup>	196.2 <sup>xxx</sup>	522.8 <sup>xxx</sup>	2.75 <sup>xx</sup>	+4.3 <sup>x</sup>
<b>SE<sup>2</sup></b>		±4.28	±0.13	±10.52	±15.0	±0.18	±2.1

Luvut, joilla on yhteinen kirjain eivät eroa toisistaan merkitsevästi

(P < 0.05) x = P < 0.05, xx = P < 0.01, xxx = P < 0.001. NS = ei merkitsevä ero.

#### 4.2.3.2. Urea.

Kun munivien kanojen rehussa nostettiin raakavalkuaispitoisuus 10-13 %:sta 15-16 %:iin lisäämällä ureaa, se ei aiheuttanut merkitsevää muninnan lisäystä (CHAVEZ ym. 1966, MORAN ym. 1967). ZENISEK'in ja LAUTNER'in (1969) kokeissa urea lisäsi munantuotantoa 6.9 % ja DL-metioniinillä (0.1 %) täydennettynä 9.4 %. Puolipuhaalla dieetillä (12 % valk.-EAA) FERNANDEZ DEL PINO (1969) totesi urealisäyksen lisäävän munintaa. NITIS'in (1968) mukaan nakkojen munantuotanto lisääntyi 9 ja 40 %, kun ureaa lisättiin rehuun (0.8 %) tai levitettiin laitumelle (155 kg/ha). Rehunkulutus lisääntyi 3 % ensiksi mainitussa tapauksessa. Urean lisäys (1.15 %) vähävalkuaiseen (11.5 %) rehuun nosti tuotantoa, mutta ei merkitsevästi (BLAIR ja LEE 1973). Kun rehuun lisättiin EAA:ta urealisäyksellä saatiin huonompi muninta. KAZEMI'n ja BALLOUN'in (1973) tutkimuksessa urea ja DAC (2 ja 4 % valk.ekv.) eivät antaneet yhtä hyvää munintaa ja rehun hyväksikäyttöä kuin 2 % valkuaista vastaava soijamäärä lisättynä n. 10 % valkuaista sisältävään perusrehuun. Sitä vastoin DAVIS ja MARTINDALE (1973) saivat 2 % paremman muninnan lisäämällä 1.7 % valkuaista vastaavan ureamäärän 14.7 % valkuaista sisältävään rehuun. Myös rehun hyväksikäyttö oli hieman parempi.

#### 4.2.3.3. Muut ammoniumyhdisteet.

CHAVEZ ym. (1966) havaitsivat DAP:n lisäävän munintaa ja parantavan rehun hyväksikäyttöä, kun sitä lisättiin 2 % valkuaisekvivalenttia n. 13 % valkuaista sisältävään perusrehuun. Sen sijaan 3 % valkuaista vastaava määrä 11.5 %:ssa perusrehussa alensi tuotantoa samoin 12 % valkuaista sisältävässä puolipuhaassa dieetissä (FERNANDEZ ym. 1973). DAP (2 % valk.ekv.) paransi munintaa ja rehun hyväksikäyttöä 12 ja 14 % kasvivalkuaista sisältävissä perusrehuissa tosin merkitsevästi vain viimeksimainitussa (REID ym. 1972). DAP-lisäys huononsi tuloksia 16 % valkuaista sisältävässä perusrehussa. Samassa tutkimuksessa ammoniumsulfaatti (2 % valk.ekv.) 13.5 % kasvivalkuaista sisältävässä rehussa paransi munintaa ja rehun hyväksikäyttöä, ensiksi mainittua merkitsevästi. Sensijaan rehun (13 %) sisältäessä eläinvalkuaista ammoniumsulfaatti (1.5 ja 2 % valk.ekv.) aiheutti tuotannon alenemisen ja rehun hyväksikäytön huonontumisen. Erot olivat merkitseviä suuremmalla ammoniumsulfaattimäärällä.

#### 4.2.3.4. Kuivattu siipikarjan lanta, (DPM), virtsahappo.

Kappaleessa 4.2.2.5. käy ilmi, että siipikarja ei pysty hyväksikäyttämään virtsahappoa. McNAB ym. (1974) totesivat DPM:n tyypin sulavuudeksi 64.2 %, ja 20 % DPM:ää perusrehussa lisäsi tyypen pidätyksestä 30-50 % ilman, että kanojen muninta tai paino olisi vastaavasti lisääntynyt (HARNISCH 1974). Viimeksi mainittu tutkija otaksuu kuivatun siipikarjan lannan NPN:n pidättyvän kanan elimistöön passiivisesti. Täysikäiselle siipikarjalle DPM:n energia-arvo on parempi kuin poikasille; kuitenkin vain täyttävien rehuaineiden luokkaa 700-1400 kcal muuntokelpoista energiaa/kg (SHANNON ym. 1973, McNAB ym. 1974, HARNISCH 1974). Niinpä 10 %:n suuruusluokkaa olevien käyttömäärien on todettu alentavan munintaa ja rehun hyväksikäyttöä (FLEGEL ja ZINDEL 1970, VOGT 1973, WALDROUP ja HAZEN 1974).

#### 4.2.4. Vaikutus tuotteiden laatuun.

##### 4.2.4.1. Ruhon laatu

NPN-yhdisteiden käytön kananpoikasten rehussa ei ole yleensä havaittu vaikuttavan ruhon kuiva-aine- tai valkuaispitoisuuteen (BLAIR ja WARING 1969, BLAIR ym. 1972) ei myöskään lihan kemialliseen laatuun (HORNOIU ym. 1972, VARHANIK ja LASTOVKOVA 1972). VARHANIK'in ja LASTOVKOVA'n (1972) mielestä 1-2 % ureaa rehussa ei ylitä broilerin elimistön fysiologista detoksikaatiokykyä. KOSHAROV ym. (1971) puolestaan totesivat lihasten valkuaispitoisuuden nousevan, kun rehuihin lisättiin ammoniumsuoloja.

##### 4.2.4.2. Munan koko.

Rehun valkuais- ja energiapitoisuudella on tietty vaikutus munan kokoon. Munan kokoa voidaan lisätä nostamalla rehun valkuaisainepitoisuutta. Samoin alhaisella energiatasolla on energian lisääminen rehuun esim. rasvan muodossa lisännyt munan painoa. Tämä on aiheuttanut jonkin verran vaihtelevuutta niissä koetuloksissa, joita on saatu NPN:llä munivien kanojen rehussa. Pelkän NPN-yhdisteen lisääminen alhaisvalkuaisiseen perusrehuun on joskus alentanut munan painoa (MORAN ym. 1967, FERNANDEZ ym. 1973, BLAIR ja LEE 1973).

KAZEMI'n ja BALLOUN'in (1973) tutkimuksessa munan paino oli merkittävästi alempi perusrehulla (10 % valk.), johon lisättiin ureaa tai DAC:tä (2 ja 4 % valk.ekv.) kuin rehulla, jossa oli vastaavat määrät soijaa.

Täydentämällä NPN-lisäystä metioniinilla tai EEA-seoksella on munan painoa voitu nostaa perusrehuun verrattuna (MORAN ym. 1967, FERNANDEZ ym. 1973, BLAIR ja LEE 1973). Vastaavasti, jos perusrehuun on lisätty aminohappoja, ei DAC:n lisäys ole vaikuttanut merkittävästi munan painoon (CHAVEZ ym. 1966, BLAIR ja YOUNG 1974). Urealla sen sijaan on ollut tendenssi alentaa munan painoa tässä tapauksessa (CHAVEZ ym. 1966, BLAIR ja LEE 1973).

Kuivattua siipikarjan lantaa (DPM) käytettäessä ovat tulokset vaihtelevia riippuen ilmeisesti siitä, onko rehun alentunutta energiapitoisuutta kompensoitu rasvalisäyksellä.

##### 4.2.4.3. Munan kemiallinen koostumus.

Urean tai DPM:n lisäys ei vaikuttanut merkittävästi munan kuiva-aine- ja valkuaispitoisuuteen (BLAIR ja LEE 1973). ZENISEK ja LAUTNER (1963) totesivat keltauaiseen ammoniakkipitoisuuden lisääntyvän, kun rehuun lisättiin ureaa. Lisäksi he mainitsevat keltauaiseen ja valkuaisainepitoisuuden tapahtuneista muutoksista. Munan albumiinin kloridipitoisuuden ja totaalin ioniväkevyyden on todettu lisääntyvän, jos rehusa on 2 % ammoniumkloridia (HUNT 1964). LAUTNER (1967) totesi urea- (0.7 %) ja tiourealisäyksen (0.38 %) rehuun alentavan munien A-vitamiinipitoisuutta 3 kk:n muninnan jälkeen.

#### 4.2.4.4. Munan valkuaisen kiinteys.

Munan valkuaisen kiinteyttä arvostellaan mm. mittaamalla sen korkeus sekä laskemalla valkuaisen korkeuden ja munan painon avulla ns. Haugh-luku (Haugh-unit). Suurempi Haugh-luku merkitsee kiinteämpää valkuaista. BLAIR ja LEE (1973) havaitsivat urean ja DPM:n parantavan merkittävästi valkuaisen kiinteyttä samoin kuin EEA:n lisäyksen. Samoin WALDROUP'in ja HAZEN'in (1974) tutkimuksissa Haugh-luku kasvoi DPM:n määrän noustessa rehusa. Kaksi prosenttia ammoniumkloridia rehusa lisäsi munan albumiinin viskositeettia (HELBACKA ja HALL 1958). KAZEM'in ja BALLOUN'in (1972) mukaan urea ja DAC eivät vaikuttaneet Haugh-lukuun.

### 5. NPN muiden kotieläinten ravitsemuksessa.

#### 5.1. NPN sikojen ravitsemuksessa.

Sioilla on tutkittu lähinnä urean käyttömahdollisuuksia. Vaikkakin tutkimusten määrä on varsin suppea, aihe ei kuitenkaan ole aivan uusi. Ensimmäiset urean hyväksikäyttöä sioilla koskevat tutkimukset ovat vuodelta 1913 (GRAFE ja TURBAN 1913, ABDERHALDEN ja LAMPE 1913). Näiden tutkimusten mukaan urean lisääminen rehuun ei lisännyt typen pidättymistä. Sen sijaan PIEPENBROCK (1927) tuli siihen johtopäätökseen, että lihasikojen rehusa voitiin valkuaista korvata haitatta 40 %:iin saakka urealla. BRAUDE ja FOOT (1942) havaitsivat, ettei urealisäyksellä ollut arvoa sikojen rehusa. LIV ym. (1955) osoittivat <sup>15</sup>N-merkityn typen siirtyvän rajoitetussa määrin sian kudosten proteiineihin.

Sikojen kasvukokeissa urea ei ole useinkaan antanut lupaavia tuloksia; taulukkoon 9 on HOEFER (1967) koonnut eräiden 1950-1960 -luvulla tehtyjen kokeiden tuloksia. Niiden mukaan urean vaikutus on ollut joko neutraali tai negatiivinen. Silloinkin, kun rehusa on vähän valkuaista, urean lisäyksestä perusrehuun on ollut vähän tai tuskin ollenkaan hyötyä (HAYS ym. 1957, HANSON ja FERRIN 1955). Suuressa määrin käytettynä urea on ollut jopa haitallista kasvuille. Kysymyksessä saattaa olla ammoniakista johtuva subkliininen myrkytystila.

KORNEGAY'n ym. (1965) tutkimuksessa urean lisääminen (2.5 %) maissisoija-perusrehuun (17 % valk.) tai soijan korvaaminen vastaavalla ureatypen määrällä alensi merkittävästi kasvunopeutta yli 44 kg:n painoisilla sioilla ensimmäisen 6 viikon aikana ja enemmän viimeksi mainitulla ryhmällä. Seuraavien 4 viikon aikana urearyhmien kasvu oli parempi kuin perusrehulla, joskaan ei merkittävästi. Myöhemmissä KORNEGAY'n ym. tutkimuksissa (1970) yli 20 kg:n painoisilla sioilla 1 %:n ureamäärä soijan korvaajana 16 % raakavalkuaista sisältävässä rehusa ei vaikuttanut merkittävästi kasvuun tai rehun hyväksikäyttöön. Sensijaan 2 % ureaa alensi merkittävästi kasvua, mutta jos rehuun lisättiin samalla metioniinia, ero ei ollut merkittävä. Metioonin lisäys paransi typen pidättymistä ja typpitasetta. BURKNER'in ym. (1965) mukaan 0.5 % ureaa maissisäilörehussa lisäsi sikojen kasvua ja paransi rehun hyväksikäyttöä n. 20 %.

Taulukko 9. Urean vaikutus rehun kulutukseen. Päiväkasvuun (ADG) ja rehun hyväksikäyttöön (F/G) sioilla (HOEFFER 1967)

		Ureaa % re- hussa	Rehun- kulutus lb/pv	Keskim. päivä- kasvu lb	Rehun hyväksi- käyttö	Tutkijat
0	(16 % R.V.)	0	2.86	1.15	2.49	Hays et al. (1957)
2.5	(16 % R.V.)	0.16	2.90	1.18	2.46	Hays et al. (1957)
5.0	(16 % R.V.)	0.31	2.81	1.13	2.49	Hays et al. (1957)
10.0	(16 % R.V.)	0.62	3.05	1.17	2.60	Hays et al. (1957)
20.0	(16 % R.V.)	1.25	2.70	0.93	2.92	Hays et al. (1957)
0	(9.0 % R.V.)	0	4.62	1.12	4.16	Hays et al. (1957)
10.0	(9.0 % R.V.)	0.65	4.84	1.07	4.52	Hays et al. (1957)
0	(9.0 % R.V.)	0	2.60	1.06	2.46	Hays et al. (1957)
10	(9.0 % R.V.)	0.35	2.38	0.89	2.69	Hays et al. (1957)
20	(9.0 % R.V.)	0.68	2.38	0.80	3.03	Hays et al. (1957)
0	(10.6 % R.V.)	0	5.3	1.46	3.62	Hanson ja Ferrin (1955)
28.9	(13.6 % R.V.)	1.5	5.4	1.45	3.87	Hanson ja Ferrin (1955)
0	(14.5 % R.V.)	0	5.7	1.70	3.44	Hanson ja Ferrin (1955)
0	(17.0 % R.V.)	0	6.61	1.86	3.56	Kornegay et al. (19 3, 1964)
19.3	(17.0 % R.V.)	1.25	6.50	1.71	3.81	Kornegay et al. (1963, 1964)
0	(17.0 % R.V.)	0	7.26	1.88	3.87	Kornegay et al. (1963, 1964)
38.5	(17.0 % R.V.)	2.50	7.15	1.78	4.02	Kornegay et al. (1963, 1964)
0	(17.0 % R.V.)	0	7.29	1.76	4.14	Kornegay et al. (1963, 1964)
52.4	(17.0 % R.V.)	3.4	6.76	1.36	4.98	Kornegay et al. (1963, 1964)
0	(17.0 % R.V.)	0	5.80	1.68	3.46	Kornegay et al. (1963, 1964)
52.4	(17.0 % R.V.)	3.4	5.05	0.95	5.26	Kornegay et al. (1963, 1964)
0	(17.0 % R.V.)	0	5.85	1.52	3.85	Kornegay et al. (1965b)
27.9	(23.3 % R.V.)	2.5	5.87	1.43	4.17	Kornegay et al. (1965b)
38.5	(17.0 % R.V.)	2.5	5.61	1.36	4.17	Kornegay et al. (1965b)



PASTUZEWSKA (1967) osoitti, että porsaas kasvoivat paremmin, jos 10 % korkealaatuista valkuaisista sisältävään rehuun lisättiin 3.4 % ureaa. KORNEGAY ym. (1970) havaitsivat, että siat pystyivät käyttämään hyväkseen ureaa (1-2 %), jos alhaisvalkuaisiseen rehuun lisättiin välttämättömiä aminohappoja, samoin WEHRBEIN'in ym. (1970) kokeissa DL-metioniinin, L-lysiinin ja DL-tryptofaanin lisäys rehuun vähensi NPN-lisäyksen (DAC-DAP seos 1:1) negatiivista vaikutusta kasvuun ja veren ureapitoisuuden nousua.

Kun yli 3 kk:n ikäisillä sioilla korvattiin 28 % rehun valkuaisesta urealla ja annettiin lisäksi tuoretta nautan pötsin sisältöä, ei sikojen kasvussa ja rehun hyväksikäytössä tapahtunut huonontumista (VISINESCU ja SACHELARIÉ 1972). Veren proteiini- ja ureapitoisuudet eivät myöskään muuttuneet. PLATTER ym. (1973) sekä RERAT ja BOURDON (1974) eivät todenneet kasvun lisäystä tai rehun hyväksikäytön parantamista, kun lihasikojen rehuun lisättiin NPN:ää. Ureaa pidetään huonosti maittavana raaka-aineena. Sioilla suoritetuissa kokeissa kohtuulliset 1-2 %:n suuruiset määrät eivät ole yleensä vähentäneet rehun syöntiä. Urean vaikutus maittavuuteen riippuu rehun valkuaisen laadusta ja määrästä. Nuorten sikojen on todettu olevan urealle herkempiä kuin vanhempien sikojen (HAYS ym. 1957). Silloin, kun eläinten kasvu alenee, rehun hyväksikäyttö yleensä huononee sekä päinvastoin. Tämä on havaittu myös sioilla suoritetuissa ureakokeissa.

## 5.2. NPN kanien ravitsemuksessa.

Kaneilla on suoritettu verrattain vähän tutkimuksia NPN:n hyväksikäytöstä, vaikka niillä saattaisi olla siihen paremmat edellytykset kuin siipikarjalla ja sioilla. Kaneillahan on ruoansulatuskanavassaan voimakasta mikrobitoimintaa, jonka avulla ne pystyvät sulattamaan kuitupitoisia rehuja. HOUPPT (1963) laski kaneihin injektoidusta ureasta tulleen 25 % hyväksikäytetyksi. Kun ureaa lisättiin 1.5 % rehuun, jossa oli 12.5 % valkuaisista, ei sillä ollut merkittävää vaikutusta kaninpoikasten kasvuun eikä rehun hyväksikäyttöön (LEBAS ja COLIN 1973).

## 1. Tutkimusten tarkoitus

Ulkomaisissa ei-proteiinityypen käyttöä koskevissa tutkimuksissa kanojen perusrehun vilja on ollut pääasiassa maissia. Meillä käytetään yleensä ohraa ja kauraa, joiden valkuaispitoisuus on huomattavasti korkeampi ja aminohappokoostumus parempi kuin maississa. Kirjoittajan tutkimusten tarkoitus oli selvittää, voidaanko munantuotantoa ja rehun hyväksikäyttöä parantaa lisäämällä ureaa tai ureafosfaattia kotimaiseen viljaan perustuviin, vähävalkuaisisiin rehuihin. Lisäselvityksenä suoritettiin munien laatumäärityksiä sekä veritutkimuksia. NPN-lähteeksi valittiin urea (-fosfaatti) koska se on halvin, joskaan ei ehkä paras synteettisiä ammoniumyhdisteistä. Tutkimukset suoritettiin Kotieläinhoidon tutkimuslaitoksella, Tikkurilassa vuosina 1973 (koe 1) ja 1975 (koe 2). Kokeen 1 tulos jouduttiin tarkistamaan kokeella 2 johtuen edellisen toteutukseen liittyvistä puutteista.

## 2. Koemateriaali ja menetelmät

## 2.1. Koe-eläimet ja koeryhmät

Kanojen (Valkea Leghorn) ikä kokeiden alkaessa oli n. 28 viikkoa. Muninta oli kokeen 1 alkaessa n. 79 ja kokeen 2 alussa n. 75 %.

Kokeessa 1 kanoja oli kaikkiaan 180 kpl, ja ne jaettiin kolmeen ryhmään á 60 kpl. Kussakin ryhmässä oli kaksi osastoa á 30 kpl. Koe 1 jakaantui kahteen osaan seuraavasti:

	1. koekausi (7 x 28 pv)	2. koekausi (4.5 x 28 pv)
Ryhmä 1. Kontrollirehu	15.5 % raakavalk.	14.5 % raakavalk.
" 2. Perusrehu + urea 1.1 %	15.5    "-	14.5    "-
" 3. Perusrehu	12.5    "-	11.5    "-

Kokeessa 2 kanojen lukumäärä oli 560 kpl, joka jakaantui seitsemään ryhmään á 80 kpl. Kussakin ryhmässä oli 4 kpl 20 kanan osastoja.

Koekaavio:

		Perusrehun valkuaispitoisuus %		
		11.0	12.0	
NPN-		0	%	80
lisäys	Urea	1	"	80
	Ureafosf.	2.5	"	80
		240		240

Seitsemäs ryhmä oli positiivinen kontrolli, jonka rehussa oli valkuaispitoisuus 15 %. Kokeen 2 pituus oli 210 pv (7.5 x 28).

## 2.2. Koerehut ja ruokinta

Ennen kokeiden alkua kaikki kanat olivat samanlaisella tiiviste-jyväruekinalla. Koerehut olivat täysrehuja (jauho), joiden lisäksi kanoille annettiin vain vettä ja soraa sekä kokeessa 1 myös kanakalkkia ( $\text{CaCO}_3$ ). Koerehujen raaka-ainekoostumukset sekä eräiden ravintotekijöiden lasketut pitoisuudet ovat taulukoissa 10 ja 11. Rehuihin lisättiin dl-metioniinia ja l-lyysiiniä taulukoissa ilmenevin määrin. Rehut olivat muuntokelpoisen energian suhteen lähes isokalorisia. Perusrehun valkuaispitoisuus ja eräiden tärkeimpien aminohappojen (rikkipitoiset aminohapot, lyysiini) pitoisuudet pyrittiin saamaan sille tasolle, joka juuri riittäisi k.o. energiaväkevyydellä. Käytetyistä viljoista tehtiin ennen koetta aminohappomääritykset. Lisätty NPN-määrä (1 % ureaa, 2.5 % ureafosfaattia) vastasi n. 3 % raaka-alkuaista eli n. 20 % rehujen valkuaisesta kummassakin kokeessa. Eläimet saivat rehuja ja vettä vapaasti.

## 2.3. Toimenpiteet kanalassa kokeen aikana

Munantuotos (kpl, kg) mitattiin päivittäin ja osastoittain. Rehunkulutus laskettiin jaksoittain. Kanat punnittiin kokeen alussa ja lopussa. Kokeen 1 toisella kaudella sekä kokeen 2 aikana jokaiselta ryhmältä kerättiin 3:n päivän munantuotanto laatumäärityksiä varten. Kemiallisia määrityksiä varten otettiin kokeen 1 toisella kaudella munanäytteitä sattumanvaraisesti. Jokaisesta rehusta otettiin valmistuksen yhteydessä näytteet analyysejä varten. Kokeen 2 lopussa otettiin kanojen siipilaskimosta verinäytteitä.

## 2.4. Olosuhteet kanalassa koeaikana

Koe 1. Kanat pidettiin lattialla kestopohkun päällä, karsinoissa, joiden koko oli 9 m<sup>2</sup>. Kanalan ikkunat oli suljettu mustalla pahvilla, joten kanat saivat vain sähkövaloa. Valaistusintensiteetti oli n. 8 luxia. Valaistusaika oli 14 tuntia vuorokaudessa.

Koe 2. Kanala muutettiin häkkikanalaksi (porrashäkit) ja kokeen aikana pidettiin 2 kanaa häkissä, jonka pohjamitat ovat 30 x 40 cm. Valaistus oli sama kuin kokeessa 1.

	Koe 1		Koe 2	
	lämpö-tila C°	suht. kosteus %	lämpö-tila C°	suht. kosteus %
marras-maaliskuu	10-16	70-90	16-18	40-60
huhti-toukokuu	12-18	60-85	15-25	40-85
kesä-elokuu	14-28	55-85	15-28	40-90

Taulukko 11. Koerehujen raaka-ainekoostumukset ja lasketut pitoisuudet kokeessa 1.

	Rehu 1		Rehu 2		Rehu 3	
	(posit. kontrolli)		(perusrehu + urea)		(perusrehu)	
	I kausi	II kausi	I kausi	II kausi	I kausi	II kausi
Soijarouhe	12.50	7.50	3.50	-	3.50	-
Ohra	55.00	59.00	58.80	62.00	59.40	63.00
Kaura	20.00	21.00	24.00	24.20	24.50	24.30
Urea	-	-	1.10	1.10	-	-
Viherjauho	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Soijaöljy	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
CaCO <sub>3</sub>	4.05	3.95	4.05	4.00	4.05	4.00
CaHPO <sub>4</sub>	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
NaCl	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.10	0.15	0.10	0.15	0.10	0.15
DL-metioniini	-	0.05	0.05	0.10	0.05	0.10
L-lysiini	-	-	0.05	0.10	0.05	0.10
Hivenaineseos <sup>1)</sup>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Vitamiiniseos <sup>2)</sup>	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Raakavalkuaista %	15.5	14.5	15.5	14.5	12.5	11.5
Muuntokelpoista energiaa kcal/kg	2550	2560	2530	2535		
Metioniinia % <sup>3)</sup>	0.24	0.27	0.25	0.29	0.25	0.29
Metion. + kyst. % <sup>3)</sup>	0.60	0.61	0.58	0.60	0.58	0.63
Lysiiniä % <sup>3)</sup>	0.76	0.63	0.58	0.55	0.58	0.55
Arginiinia % <sup>3)</sup>	0.95	0.83	0.74	0.66	0.74	0.66
Treoniinia % <sup>3)</sup>	0.61	0.54	0.48	0.43	0.48	0.43
Isoleusiinia % <sup>3)</sup>	0.72	0.61	0.52	0.45	0.52	0.45
Kalsiumia %	2.25	2.20	2.23	2.20	2.23	2.20
Fosforia %	0.71	0.65	0.67	0.67	0.67	0.67
Käyttökelp. fosforia <sup>4)</sup>	0.44	0.43	0.44	0.43	0.44	0.43

1) Hankkijan hivenaineseos

2) Vitamiiniseoksen pohja-aineena viherjauho

Lisättyjen vitamiinien määrät rehussa: A, 1500 ky/kg; D<sub>3</sub>, 1500 ky/kg; E, 15 mg/kg; K, 1 mg/kg; B<sub>2</sub>, 3,5 mg/kg; B<sub>6</sub>, 1 mg/kg; niasiini 20 mg/kg; koliinia 500 mg/kg; foolihappo 0,3 mg/kg ja B<sub>12</sub>, 10 mcg/kg.

3) Laskennassa käytettiin ohrasta ja kaurasta tehdyn aminohappoanalyysin tuloksia. Soijalle ja viherjauholle käytettiin taulukkoarvoja.

4) CaHPO<sub>4</sub>:n fosforin käyttökelpoisuudeksi laskettiin 100 ja kasviperäisten rehujen 30 %.

Taulukko 11. Koerehujen raaka-ainekoostumukset ja lasketut pitoisuudet kokeessa 2.

Rehu	1	2	3	4	5	6	7
Soijarouhe	-	3.0	-	3.0	-	3.0	11.0
Ohra	60.0	60.0	59.0	59.0	59.0	59.0	54.0
Kaura	25.0	22.0	25.0	22.0	25.0	22.0	20.0
Viherjauho	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Soijaöljy	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Ureafosfaatti 1)	-	-	2.5	2.5	-	-	-
Urea	-	-	-	-	1.0	1.0	-
CaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	2.3	2.3	-	-	2.3	2.3	2.3
CaCO <sub>3</sub>	7.0	7.1	7.8	7.9	7.0	7.1	7.1
NaCl	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
DL-metioniini	0.10	0.08	0.10	0.08	0.10	0.08	0.08
L-lysiini	0.08	-	0.08	-	0.08	-	-
Hivenaineseos 2)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Vitamiiniseos 3)	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Raakavalkuaista %	11.0	12.0	14.0	15.0	14.0	15.0	15.0
Muuntokelp. energiaa kcal/kg	2435	2435	2430	2420	2430	2420	2420
Metioninia %	0.29	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.31
Metion. + kystiiniä %	0.59	0.59	0.58	0.58	0.58	0.58	0.66
Lysiiniä	0.53	0.52	0.53	0.52	0.53	0.52	0.72
Arginiinia	0.54	0.61	0.54	0.60	0.54	0.60	0.81
Treoniinia	0.49	0.53	0.47	0.51	0.47	0.51	0.62
Isoleusiinia	0.42	0.48	0.42	0.48	0.42	0.48	0.66
Kalsiumia	3.21	3.24	3.14	3.19	3.21	3.24	3.22
Fosforia	0.86	0.86	0.85	0.85	0.86	0.86	0.88
Käyttökelp. fosforia 4)	0.61	0.61	0.60	0.60	0.61	0.61	0.63

1) Ureafosfaatti sisälsi typpeä 17.4 % ja fosforia 20 %

2) Hankkijan hivenseos

3) Lisätyt vitamiinit: A 15000 KY/kg, D<sub>3</sub> 1800 KY/kg, E 15, K 1.0, B<sub>2</sub> 3.5, B<sub>6</sub> 1.0, niasiini 20, foolihappo 0.3 mg/kg, B<sub>12</sub> 10 mg/kg ja kantaksantiinia (Carophyll Red) 0.15 mg/kg

4) Fosfaattien sisältämän fosforin käyttökelpoisuudeksi laskettiin 100 ja kasvipöeräisten rehujen 30 %.

## 2.5. Analyysit rehuista

Joka jakson rehueristä tehtiin tavanomainen rehuanalyysi (taulukot 12 ja 13). Aminohappomääritykset suoritettiin koko koeaikaa edustavasta näytteestä (taulukko 14). Tällöin määritykset tehtiin kunkin perusrehun ja ureaa tai ureafosfaattia sisältävän rehun yhteisnäytteestä sekä kontrollirehusta.

## 2.6. Munan laatututkimukset

Ominaispaino määritettiin käyttämällä eri väkevyisiä natriumkloridiliuoksia. Niitä valmistettiin 8 kpl ja väkevyys vaihteli asteettain välillä 1.062-1.095. Liuosten ominaispaino tarkistettiin areometrillä ennen määritystä 15 °C:n lämpöisenä ja ominaispaino mitattiin samassa lämpötilassa.

Haugh-luvun (Haugh-unit, H.U.) määrittämistä varten munat punnittiin ja valkuaisen korkeus mitattiin erityisellä mittauslaitteella (AMES S-6428). Haugh-luku laskettiin munan painon ja valkuaisen korkeuden perusteella erityisen laskimen avulla.

Kuiva-aine- ja typpimääritykset tehtiin koko munan sisällöstä. Määritykset suoritettiin viiden munan homogenisoidusta näytteestä. Kuiva-ainemääritys tehtiin kylmäkuivurilla 20-30 g:sta ja kokonaistyppimääritys (Kjeldahl) 1 g:sta munamassaa. NPN määritettiin TCA-(trikloretikkahappo-) liukoisena typpenä: 50 g munamassaa ja 50 g TCA-liuosta (20 %) sentrifugoitii ja 10 ml:sta liuosta tehtiin typpimääritys.

## 2.7. Verimääritykset

Hemoglobiini mitattiin syanmethemoglobiinina spektrofotometrillä käyttämällä aallonpituutta 540 nm (NEVANLINNA ym. 1964). Hematokriittimääritykset tehtiin hematokriittisentrifugilla (Heraeus Christ. 5 min., 15 000 kierrosta/min). Seerumin ammoniumtypen määritys suoritettiin saostamalla ensin valkuainen natriumwolframaatilla ja rikkihapolla ja määrittämällä sen jälkeen sentri u oidusta nesteestä ammoniumtyppi spektrofotometrillä (625  $\mu\text{m}$  ). Urean määritys tapahtui hajoittamalla urea ensin ammoniakiksi ureaasilla (McCULLOUGH 1967).

## 2.8. Tilastolliset menetelmät

Koetulokset ja niiden tilastollinen analyysi laskettiin IBM-1130-tietokoneella. Kokeen sisäisten erojen merkitsevyyden testaamisessa käytettiin varianssianalyysiä ja ryhmien välisten erojen merkitsevyyden testaamisessa Tukeyn testiä (STEEL & TORRIE 1960).

Taulukko 12. Analyysitulokset koerehuista kokeessa 1.

	Kuiva- ainetta %	Raaka- valkuaista %	Puhdas- valkuaista %	Raaka- rasvaa %	N-vap. uuteain. %	Raaka- kuitua %	Tuhkaa %
<u>Rehu 1 (kontrolli)</u>							
1. koekausi	88.10	15.86	14.59	3.07	55.09	6.02	8.15
2. koekausi	88.36	14.06	12.99	2.92	56.87	6.35	8.16
<u>Rehu 2 (perusrehu + urea)</u>							
1. koekausi	88.05	15.76	11.68	3.24	54.96	5.92	8.17
2. koekausi	88.32	14.46	10.18	3.16	56.71	6.54	7.45
<u>Rehu 3 (perusrehu)</u>							
1. koekausi	87.97	12.92	11.57	3.28	57.11	6.20	8.46
2. koekausi	88.36	11.76	10.44	3.22	59.57	6.25	7.56

1) Kjeldahl

2) Saostus kuparisulfaattilla

Taulukko 13. Keskimääräiset analyysitulokset kokeen 2 rehuista

	Kuiva- ainetta %	Raakaval- kuaista %	Raaka- rasvaa %	N-vap. uuteain. %	Raaka- kuitua %	Tuhkaa %
Rehu 1. (11.0 % rv)	89.74	11.07	2.76	60.61	5.50	9.80
" 2 (12.0 " )	89.63	11.93	2.68	59.70	5.42	9.90
" 3 (11.0 % + ureafosf)	89.31	13.69	2.91	58.06	5.30	9.35
" 4 (12.0 % + " )	89.35	14.35	2.80	57.43	5.38	9.39
" 5 (11.0 % + urea)	89.65	13.93	2.88	57.85	5.37	9.62
" 6 (12.0 % + " )	89.72	14.44	2.76	57.10	5.41	10.01
" 7 (15 % kontrolli)	89.77	14.61	2.67	56.92	5.64	9.93



Taulukko 14. Aminohappoanalyysien tulokset 1)

Koe 1.	Koe 2.						
	1 (kontrolli)	2	1	2 ja 3	1,3 ja 5	2,4 ja 6	7 (kontrolli)
Rehu							
Koekausi	1	2	1	2	1,3 ja 5	2,4 ja 6	7 (kontrolli)
	% rehuissa	% rehuissa	% rehuissa	% rehuissa	% rehuissa	% rehuissa	% rehuissa
Asparagiinihappo	1.634	1.422	1.084	0.920	0.86	0.91	1.28
Treonini	0.634	0.521	0.457	0.424	0.46	0.46	0.57
Seriini	0.786	0.554	0.521	0.510	0.55	0.62	0.70
Glutamiinihappo	3.561	3.249	2.980	2.628	2.64	2.57	3.02
Proliini	1.232	1.125	1.093	1.065	1.17	1.09	1.21
Glysiini	0.741	0.668	0.614	0.545	0.58	0.56	0.68
Allaniini	0.729	0.651	0.604	0.540	0.57	0.58	0.67
Valiini 2)	0.778	0.818	0.703	0.619	0.63	0.65	0.78
Kystiini	0.357	0.331	0.336	0.299	-	-	-
Metioniini	0.252	0.266	0.245	0.259	0.28	0.31	0.26
Isoleusiini	0.698	0.634	0.543	0.440	0.50	0.53	0.69
Leusiini	1.257	1.098	0.978	0.865	0.90	0.95	1.17
Tyrosiini	-	-	-	-	0.34	0.36	0.44
Fenylalanini	0.867	0.761	0.738	0.653	0.67	0.70	0.84
Lysiini	0.807	0.797	0.722	0.596	0.62	0.62	0.81
Arginiini	1.093	0.909	0.775	0.741	0.67	0.73	0.91
Histiidiini	-	-	-	-	0.33	0.33	0.40
Tryptofaania ei määritetty							

1) Määritetty pylväskromatografialla  
2) " kysteiniinihappona

### 3. Tulokset

#### 3.1. Tuotanto ja rehunkäyttö

Koe 1. Muninnassa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja kummallakaan koekaudella (taulukko 15). Kontrolliryhmän muninta oli ensimmäisellä koekaudella keskimäärin 3 %-yksikköä korkeampi kuin muilla ryhmillä. Toisella koekaudella ero oli n. 5 %-yksikköä urearyhmään ja n. 12 %-yksikköä perusryhmään verrattuna. Merkitsevyyden puuttuminen näinkin suurilla ryhmien välisillä eroilla johtui siitä, että kussakin ryhmässä oli vain kaksi toistoa ja niiden välinen hajonta oli perusrehuryhmällä erittäin suuri. Myöskään munien keskipainoissa ei ryhmien välillä ollut merkitseviä eroja, vaikkakin urearyhmällä munanpaino oli ensimmäisellä koekaudella n. 0.6 ja toisella n. 1.2 g kevyempi kuin muissa ryhmissä.

Ensimmäisellä koekaudella ryhmien väliset erot rehunkulutuksessa olivat pieniä, eivätkä luonnollisestikaan merkitseviä (taulukko 16). Toisella koekaudella perusrehuryhmien rehunkulutus oli selvästi pienempi kuin muissa ryhmissä. Erot eivät kuitenkaan olleet merkitseviä. Perusrehun toinen osasto, jolla oli alhaisin tuotanto, söi rehua selvästi vähemmän kuin muut. Kalkin kulutus oli toisella koekaudella pienempi kuin ensimmäisellä. Perusrehu- ja urearyhmä söivät kummallakin koekaudella n. 20 % vähemmän kalkkia kuin kontrolliryhmä. Tulosten tarkastelua varten on taulukkoon 16 laskettu muuntokelpoisen energian, valkuaisen ja eräiden aminohappojen päiväsaanti, joista kahden viimeksi mainitun määrät perustuvat rehuista tehtyihin analyyseihin. Niissä on huomattavia ryhmien välisiä eroja, johtuen erilaisista pitoisuuksista rehussa ja eroista rehun kulutuksessa. Lysiinin saanti toisella koejaksoilla sekä arginiinin, treoniinin ja isoleusiinin saanti molemmilla koejaksoilla oli kontrolliryhmällä merkitsevästi ( $P < 0.05$ ) suurempi kuin muilla ryhmillä.

Rehun hyväksikäytössä (kg/munakilo) ei ollut merkitsevästi eroja ensimmäisellä koekaudella (taulukko 16). Toisella koekaudella rehun ja muuntokelpoisen energian hyväksikäyttö olivat kontrolliryhmässä merkitsevästi ( $P < 0.05$ ) paremmat kuin perusrehu- ja urearyhmässä. Viimeksimainittujen ryhmien välillä ei sensijaan ollut eroa. Raakavalkuaisen (typen) hyväksikäyttö oli paras perusrehuryhmässä ja huonoin urearyhmässä. Ensimmäisellä koekaudella perusrehuryhmän ja muiden ryhmien välinen ero oli merkitsevä ( $P < 0.05$ ) ja toisella koekaudella perusrehuryhmä poikkesi merkitsevästi ( $P < 0.05$ ) vain urearyhmästä.

Koe 2. Kontrolliryhmän muninta oli merkitsevästi ( $P < 0.01$ ) muita ryhmiä parempi (taulukko 17). Perusrehun valkuaispitoisuuden ollessa 12 % molemmat NPN-lisäykset alensivat munintaa; ureafosfaatti n. 4 %-yksikköä ja urea n. 2 %-yksikköä. Erot eivät kuitenkaan olleet merkitseviä. Alimmalla perusrehun valkuaisistasolla (11 %) ureafosfaattiryhmän muninta oli n. 6 %-yksikköä perusrehuryhmää pienempi eron ollessa lähes merkitsevän. Ryhmien välinen ero korjatussa munintaprosentissa oli sensijaan merkitsevä ( $P < 0.05$ ). Samalla valkuaisistasolla urearyhmän muninta ei ollut merkitsevästi parempi kuin perusrehuryhmän eron ollessa n. 1 %-yksikköä. Rehun valkuaisstaso (-NPN) vaikutti erittäin selvästi munintaan (taulukko 19). Kaikkien muninnan intensiteettiä kuvaavien lukujen kohdalla valkuaisstojen (11, 12 ja 15 %) väliset erot olivat merkitseviä ( $P < 0.01$ ).

Taulukko 15. Tuotantoluvut kokeessa 1.

Koekausi	1			2				
	1 (kontrolli)	2 (urea)	3 (perusrehu)	1 (kontrolli)	2 (urea)	2 (perusrehu)		
Kanojen lukumäärä kokeen alussa, kpl	58	58	58	54	55	54		
Kuolleisuus %	6.9	5.2	6.9	5.5	9.1	9.2		
Keskikannamäärä kpl	55.6	56.5	56.1	52.8	52.4	51.2		
Kokeen kesto aika pv	196	196	196	126	126	126		
Kanojen keskipaino alussa kg	1.761	1.800	1.751	1.908	1.879	1.850		
" " lopussa "	1.908	1.879	1.850	1.881 <sup>a</sup>	1.780 <sup>b</sup>	1.750 <sup>b</sup>		
Painon muutos g koko koeaikana	-	-	-	+120 <sup>c</sup>	-20 <sup>d</sup>	-1 <sup>d</sup>		
Munia kpl/kana	147	139	143	66	60	52		
" kg/kana	8.790	8.212	8.545	4.189	3.772	3.340		
Munan keskipaino g	59.90	59.17	59.79	63.73	62.69	64.07		
Munintaprosentti	74.88	70.82	72.90	57.74	52.79	45.65		
( " osastoittain)	(73.69	76.06)	(71.52	70.11)	(53.30	52.22)	(42.09	48.84)
Korjattu munintaprosentti (57 g)	78.68	73.50	76.48	64.56	58.07	51.32		

Jos samalla kaudella toisiaan vastaavilla muuttujilla ei ole yhteistä kirjeintä, niiden välinen ero on merkitsevä a - b : P < 0.05  
c - d : P < 0.01

Taulukko 16. Rehunkäyttöluvut kokeessa 1.

Koekaus	1			2		
	1	2	3	1	2	3
Rehu	(kontrolli)	(urea)	(perusrehu)	(kontrolli)	(urea)	(perusrehu)
Täysrehua g/kana/pv	129.6	131.8	130.9	117.3	123.9	110.1
" (osastoittain)	(128.5 130.7)	(128.6 135.0)	(129.0 132.7)	(120.5 114.2)	(124.3 123.4)	(104.7 115.0)
Kalkkia g/kana/pv	3.02	2.44	2.43	1.75	1.42	1.24
Rehua yhteensä "	132.6	134.3	133.3	119.1	125.3	111.4
Raakavalkuaista "	20.60 <sup>a</sup>	20.8 <sup>a</sup>	16.9 <sup>b</sup>	16.5 <sup>a</sup>	17.9 <sup>a</sup>	13.0 <sup>b</sup>
Puhdasvalkuaista "	18.9 <sup>a</sup>	15.4 <sup>b</sup>	15.2 <sup>b</sup>	15.2 <sup>a</sup>	12.6 <sup>b</sup>	11.5 <sup>b</sup>
Muuntokelp. energiaa kcal/kana/pv	330	333	335	300	314	283
Metioninia mg/kana/pv	327	323	321	312	321	285
Metioninia + kystiniä "	789	766	761	700	691	614
Lysiiniä "	1046	952	945	935 <sup>a</sup>	738 <sup>b</sup>	656 <sup>b</sup>
Arginiinia "	1417 <sup>a</sup>	1021 <sup>b</sup>	1014 <sup>b</sup>	1066 <sup>a</sup>	918 <sup>ab</sup>	816 <sup>b</sup>
Treoninia "	822 <sup>b</sup>	602 <sup>b</sup>	598 <sup>b</sup>	611 <sup>a</sup>	525 <sup>b</sup>	467 <sup>b</sup>
Isoleusiinia "	905 <sup>a</sup>	716 <sup>b</sup>	711 <sup>b</sup>	744 <sup>a</sup>	545 <sup>b</sup>	484 <sup>b</sup>
Täysrehua kg/munakilo	2.89	3.15	3.01	3.19 <sup>a</sup>	3.74 <sup>b</sup>	3.76 <sup>b</sup>
Raakavalk. g/ "	458 <sup>a</sup>	496 <sup>a</sup>	389 <sup>b</sup>	488 <sup>ab</sup>	541 <sup>a</sup>	443 <sup>b</sup>
Puhdasvalk. "	422 <sup>a</sup>	367 <sup>b</sup>	348 <sup>b</sup>	414	381	393
Muuntokelp. energiaa Mcal/munakilo	7.37	7.96	7.70	8.16 <sup>a</sup>	9.49 <sup>b</sup>	9.67 <sup>b</sup>

Jos samalla koekaudella toisiaan vastaavilla muuttujilla ei ole yhteistä kirjainta, niiden välinen ero on merkitsevä a - b : P < 0,05

Taulukko 17. Tuotantoluvut ryhmittäin kokeessa 2.

Ryhmä	1	2	3	4	5	6	7 (kontrolli)
NPN-lisä %	-	-	ureafosfaatti		urea		-
Rv %	11.0	12.0	2.5	2.5	1.0	1.0	15
Kanojen lukum. alussa kpl	80	80	80	80	80	80	80
Kuolleisuus %	18.7	6.2	11.2	20.0	12.5	11.3	13.0
Keskikananäärä kpl	72.2	78.3	77.2	71.8	74.9	76.5	74.2
Kokeen kesto aika pv	210	210	210	210	210	210	210
Kanojen keskipaino alussa kg	2058	2094	2105	2056	2106	2063	2117
" " lopussa "	1951 <sup>a</sup>	2108 <sup>b</sup>	1972 <sup>a</sup>	2030 <sup>c</sup>	2026 <sup>c</sup>	2076 <sup>bc</sup>	2257 <sup>d</sup>
Painon muutos g	-107 <sup>a</sup>	+14 <sup>b</sup>	-133 <sup>a</sup>	-26 <sup>b</sup>	-80 <sup>a</sup>	+13 <sup>b</sup>	+140 <sup>c</sup>
Munia kpl/kana	156 <sup>ab</sup>	183 <sup>c</sup>	138 <sup>a</sup>	172 <sup>bc</sup>	158 <sup>b</sup>	177 <sup>c</sup>	207 <sup>d</sup>
" kg/kana	8.60 <sup>ab</sup>	10.44 <sup>c</sup>	7.59 <sup>a</sup>	9.50 <sup>bc</sup>	8.75 <sup>b</sup>	9.95 <sup>c</sup>	11.73 <sup>d</sup>
Munan keskipaino g	55.32 <sup>ab</sup>	57.15 <sup>b</sup>	54.90 <sup>a</sup>	55.29 <sup>a</sup>	55.56 <sup>ab</sup>	56.29 <sup>ab</sup>	56.66 <sup>ab</sup>
Munintaprosentti	55.54 <sup>ab</sup>	65.25 <sup>c</sup>	49.36 <sup>a</sup>	61.37 <sup>bc</sup>	56.22 <sup>b</sup>	63.17 <sup>c</sup>	74.25 <sup>d</sup>
Korjattu munintaprosentti	53.88 <sup>b</sup>	65.42 <sup>c</sup>	47.54 <sup>a</sup>	59.51 <sup>bc</sup>	54.81 <sup>b</sup>	62.37 <sup>c</sup>	73.75 <sup>d</sup>

Jos toisiaan vastaavilla muuttujilla ei ole yhteistä kirjainta (a-d) niiden välinen ero on merkitsevä (P < 0.05).

Perusrehun valkuaistason ollessa 12 % munanpaino oli molemmissa NPN-ryhmissä alhaisempi kuin vastaavassa perusrehuryhmässä (taulukko 17). Ureafosfaatti- ja perusrehuryhmän välinen ero oli merkitsevä ( $P < 0.05$ ). Rehun valkuaispitoisuuden noustessa munanpaino lisääntyi (taulukko 19). Erot 11 %:n ja muiden tasojen välillä olivat merkitseviä ( $P < 0.05$ ).

Molempien ureafosfaattiryhmien rehunkulutus (taulukko 18) oli alhaisempi kuin vastaavien perusrehuryhmien ja 12 %:n tasolla ero oli merkitsevä ( $P < 0.05$ ). Urea sensijaan ei vähentänyt rehun kulutusta. Rehun valkuaistaso (-NPN) vaikutti rehunkulutukseen (taulukko 19). Ero 11 %:n ja muiden tasojen välillä oli merkitsevä ( $P < 0.01$ ). Ryhmällä 1 (11 %) oli merkitsevästi ( $P < 0.01$ ) muita ryhmiä alhaisempi raakavalkuaisen (typen) kulutus. Jos lisätyn NPN:n määrää vähennetään pois alhaisin raakavalkuaisen kulutus (11.8 g/eläin/pv) oli ryhmällä 3 ja suurin kontrolliryhmällä (18.3 g/eläin/pv).

Eri valkuaistasojen välillä oli luonnollisesti selvät erot valkuaisen kulutuksessa. Valkuaisen kulutus (-NPN) oli 11, 12 ja 15 %:n tasoilla vastaavasti 12.4, 14.1 ja 18.3 g/eläin/pv. Ryhmien väliset erot muuntokelpoisen energian (ME) kulutuksessa johtuivat lähinnä rehun erilaisesta kulutuksesta. Alhaisimmalla valkuaistasolla (11 %) ME:n saanti oli merkitsevästi ( $P < 0.01$ ) pienempi kuin muilla tasoilla.

Aminohappojen kulutus riippui lisäksi niiden pitoisuudesta rehussa. Taulukossa 18 mainittuja aminohappoja sai vähintään ryhmä 3 (ureafosfaatti), joka ei kuitenkaan merkitsevästi eronnut vastaavasta perusrehuryhmästä. Ryhmä 4:n (ureafosf.) aminohappojen saanti, treoniinia lukuunottamatta, poikkesi merkitsevästi ( $P < 0.05$ ) perusrehuryhmästään. Rikki-pitoisia aminohappoja lukuunottamatta kontrolliryhmä sai merkitsevästi ( $P < 0.01$ ) enemmän aminohappoja kuin muut ryhmät. Valkuaistasojen välillä oli myös selvät erot näiden aminohappojen saannissa ( $P < 0.01$ ).

Kontrolliryhmän rehun hyväksikäyttö (kg/munakilo) oli merkitsevästi parempi kuin muilla ryhmillä (taulukko 18). Rehun hyväksikäyttö oli NPN-ryhmissä huonompi kuin vastaavissa perusrehuryhmissä. Ero oli merkitsevä ( $P < 0.05$ ) vain ryhmän 3 (ureafosf.) ja vastaavan perusrehuryhmän välillä. Rehun hyväksikäytöt eri valkuaistasoilla (taulukko 19) poikkesivat merkitsevästi toisistaan ( $P < 0.01$ ). Ei-proteiinityypen lisäyksestä johtuen raakavalkuaisen kulutus munakiloa kohden oli ko. ryhmissä merkitsevästi suurempi kuin perusrehuryhmässä ja kontrolliryhmässä. Jos lisättyä NPN:ää ei oteta huomioon, raakavalkuaisen hyväksikäyttö oli 12 %:n valkuaistasolla selvästi parempi kuin muilla tasoilla.

### 3.2. Kanojen paino ja kuolleisuus

Koe 1. Kanojen alkupainoissa ei ollut merkitseviä eroja ryhmien välillä (taulukko 15). Ensimmäisen koekauden aikana kanojen paino lisääntyi kaikissa ryhmissä. Kauden lopussa ei keskipainoissa ollut ryhmien välillä merkitseviä eroja. Toisella koekaudella perusrehu- ja urearyhmän keskipaino aleni n. 100 g ja kontrolliryhmän n. 27 g. Kontrolliryhmän ja muiden ryhmien välillä oli merkitsevä ero ( $P < 0.05$ ) keskipainoissa koekauden lopussa samoinkuin painonmuutoksissa koko koekaikana ( $P < 0.01$ ). Kuolleisuudessa ei ollut merkitseviä eroja ryhmien välillä.

Taulukko 18. Rehunkäyttöluvut ryhmittäin kokeessa 2.

Ryhmä	1	2	3	4	5	6	7
MPN-lisä	-	-	2.5	2.5	1.8	1.0	-
Rv %	11	12	14	15	14	15	15
			urea				
			ureatrosifaatti				
Rehua g/kana/pv	112.2 <sup>ac</sup>	123.3 <sup>d</sup>	108.6 <sup>a</sup>	114.8 <sup>ac</sup>	117.7 <sup>bcd</sup>	123.0 <sup>d</sup>	125.3 <sup>d</sup>
Raakavalkuaista g/kana/pv	12.4 <sup>a</sup>	14.7 <sup>b</sup>	14.9 <sup>b</sup>	16.5 <sup>b</sup>	16.4 <sup>c</sup>	17.8 <sup>d</sup>	18.3 <sup>d</sup>
(Raakavalkuainen -NPN/kana/pv	12.4	14.7	11.8	13.3	13.1	14.3	18.3 )
Muuntokelp. energiaa kcal/kana/pv	268 <sup>a</sup>	300 <sup>bc</sup>	264 <sup>a</sup>	278 <sup>a</sup>	286 <sup>ac</sup>	298 <sup>c</sup>	303 <sup>c</sup>
Metioninia mg/kana/pv	314 <sup>ab</sup>	382 <sup>d</sup>	304 <sup>a</sup>	356 <sup>c</sup>	329 <sup>b</sup>	382 <sup>d</sup>	326 <sup>ab</sup>
Metioninia + kystiiniä mg/kana/pv	493 <sup>ab</sup>	543 <sup>c</sup>	478 <sup>a</sup>	505 <sup>ab</sup>	518 <sup>bc</sup>	541 <sup>c</sup>	539 <sup>c</sup>
Lysiiniä	700 <sup>ab</sup>	764 <sup>c</sup>	673 <sup>a</sup>	712 <sup>ab</sup>	730 <sup>bc</sup>	763 <sup>d</sup>	1015 <sup>d</sup>
Arginiinia	752 <sup>a</sup>	900 <sup>c</sup>	728 <sup>a</sup>	838 <sup>bc</sup>	789 <sup>b</sup>	898 <sup>c</sup>	1140 <sup>d</sup>
Treoninia	506 <sup>a</sup>	567 <sup>bc</sup>	500 <sup>a</sup>	528 <sup>ab</sup>	541 <sup>abc</sup>	566 <sup>bc</sup>	714 <sup>d</sup>
Isoleusiinia	561 <sup>ab</sup>	654 <sup>d</sup>	543 <sup>a</sup>	608 <sup>bc</sup>	589 <sup>b</sup>	652 <sup>d</sup>	865 <sup>e</sup>
Rehua kg/munakilo	3.656 <sup>bc</sup>	3.310 <sup>cd</sup>	4.006 <sup>a</sup>	3.390 <sup>cd</sup>	3.772 <sup>ab</sup>	3.460 <sup>c</sup>	2.981 <sup>e</sup>
Raakavalk g/ "	405 <sup>a</sup>	395 <sup>a</sup>	549 <sup>cd</sup>	486 <sup>b</sup>	526 <sup>cd</sup>	500 <sup>bc</sup>	435 <sup>a</sup>
(Raakavalk-NPN g/munakilo	405	395	437	392	420	403	435 )
Muuntokelp. energiaa Mcal/munakilo	8.90 <sup>bc</sup>	8.06 <sup>d</sup>	9.73 <sup>a</sup>	8.20 <sup>d</sup>	9.17 <sup>ab</sup>	8.37 <sup>cd</sup>	7.22 <sup>e</sup>

Jos toisiaan vastaavilla muuttujilla ei ole yhteistä kirjainta, niiden välinen ero on merkitsevä (P < 0.05)

Taulukko 19. Tuotanto- ja rehunkäyttöluvut eri valkuaisistasoilla (-NPN) kokeessa 2.

Ryhmät	1, 3 ja 5	2, 4 ja 6	7
Valkuais % (-NPN)	11	12	15
Kuolleisuus %	14.2	12.5	13.0
Kanan paino kokeen alussa kg	2090	2071	2117
" " " lopussa "	1983 <sup>c</sup>	2071 <sup>a</sup>	2257 <sup>e</sup>
Painon muutos g	-107 <sup>c</sup>	±0 <sup>a</sup>	+140 <sup>e</sup>
Munia kpl/kana	150 <sup>c</sup>	177 <sup>a</sup>	207 <sup>e</sup>
" kg/kana	8.31 <sup>c</sup>	9.97 <sup>d</sup>	11.73 <sup>e</sup>
Munan keskipaino g	55.26 <sup>a</sup>	56.25 <sup>b</sup>	56.66 <sup>b</sup>
Munintaprosentti	53.71 <sup>c</sup>	63.26 <sup>d</sup>	74.25 <sup>e</sup>
Korjattu munintaprosentti (57 g)	52.08 <sup>c</sup>	62.43 <sup>d</sup>	73.75 <sup>e</sup>
Rehua g/kana/pv	112.8 <sup>c</sup>	120.4 <sup>d</sup>	125.3 <sup>d</sup>
Raakavalkuaista "	14.6 <sup>c</sup>	16.3 <sup>d</sup>	18.3 <sup>d</sup>
Raakavalkuainen = NPN g/kana/pv	12.4	14.1	18.3
Muuntokelp. energiaa kcal/kana/pv	273 <sup>c</sup>	292 <sup>d</sup>	303 <sup>d</sup>
Metioniinia mg/kana/pv	316 <sup>c</sup>	373 <sup>d</sup>	326 <sup>c</sup>
Metioniinia + kystiiniä "	496 <sup>c</sup>	530 <sup>d</sup>	539 <sup>d</sup>
Lysiiniä "	699 <sup>c</sup>	746 <sup>d</sup>	1015 <sup>e</sup>
Arginiinia "	756 <sup>c</sup>	879 <sup>d</sup>	1140 <sup>e</sup>
Treoniinia "	510 <sup>c</sup>	554 <sup>d</sup>	714 <sup>e</sup>
Isoleusiinia	564 <sup>c</sup>	638 <sup>d</sup>	865 <sup>e</sup>
Rehua kg/munakilo	3.811 <sup>c</sup>	3.387 <sup>d</sup>	2.981 <sup>e</sup>
Raakavalk. g/munakilo	493	460	435
(Raakavalk. -NPN g/munakilo	421	397	435
Muuntokelp. energiaa Mcal/munakilo	9.27 <sup>c</sup>	8.21 <sup>d</sup>	7.22 <sup>e</sup>

Jos toisiaan vastaavilla muuttujilla ei ole yhteistä kirjainta, niiden välinen ero on merkitsevä

a - b = P < 0.05

c - e = P < 0.01



Taulukko 20. Munien laatumääritysten tulokset kokeessa 1.

	Ryhmä 1 (kontrolli)	Ryhmä 2 (perusrehu + urea)	Ryhmä 3 (perusrehu)
Määritysten lukumäärä, kpl	76	77	77
Valkuaisen korkeus, mm	6.66	6.74	6.65
Haugh-luku	75.48 <sup>a</sup>	79.55 <sup>b</sup>	78.82 <sup>b</sup>
Ominaispaino	1.0783	1.0797	1.0805
Määritysten lukumäärä, kpl	10	10	10
Sisällön			
kuiva-aine %	25.36	25.65	25.59
kokonais-N %	1.84	1.89	1.86
NPN %	0.057	0.063	0.060
NPN kokonaistypestä %	3.10	3.33	3.23

Jos toisiaan vastaavilla muuttujilla ei ole yhteistä kirjainta (a-b) niiden välinen ero on merkitsevä ( $P < 0.01$ ).

Taulukko 21. Munien laatu tutkimusten ja verimääritysten tulokset kokeessa 2.

	Määrityksiä kpl	Ominais- paino	Valkuaisen korkeus mm	Haugn- luku	Määrityksiä kpl	Hb g/100 ml	Hemato- kriitti %	Seerumin uree-N. NH <sub>4</sub> -N ng/100 ml
A. Perusryhmät (1 ja 2)	294	1.0793	6.68	80.24	12	12.0	36.0	0.98
B. Ureafosf. " (3 ja 4)	223	1.0796	6.67	81.21	14	11.0	33.4	9.94
C. Urea " (5 ja 6)	279	1.0802	6.62	80.83	12	11.2	31.0	10.74
D. Kontrolliryhmä (7)	157	1.0819	6.38	79.62	8	11.9	33.6	1.50
P < 0.05		C - D	A-D	-		-	A-C	-
P < 0.01		A - D B - D	B-D	-		-	-	A-B A-C B-D C-D
Valkuaitaso (-NPN):								
E. Ryhmät 1, 3 ja 5 (11 %)	360	1.0788	6.60	80.85	19	10.8	31.8	-
F. " 2, 4 ja 6 (12 %)	463	1.0804	6.70	80.61	19	11.8	34.8	-
G. Ryhmä 7 (15 %)	157	1.0819	6.38	79.63	8	11.9	33.6	-
P < 0.05		-	E-G	-		-	-	-
P < 0.01		E = F F = G E = G	F-G	-		-	-	-

Koe 2. Ryhmien keskipainojen välillä ei ollut merkitseviä eroja kokeen alussa (taulukko 17). Kokeen lopussa kontrolliryhmän keskipaino oli merkitsevästi suurempi kuin muissa ryhmissä samoin painonlisäys kokeen aikana. Ureäfosfaattilisäys pyrki alentamaan kanojen painoa molemmilla valkuaiestasojilla mutta ei kuitenkaan merkitsevästi. Valkuaiestasojen väliset erot (taulukko 19) kanojen loppupainoissa ja painonmuutoksessa olivat hyvin selvät ( $P < 0.01$ ).

Kuolleisuudessa ei ollut merkitseviä eroja koeryhmien ja valkuaiestasojen välillä. Verraten suuri kuolleisuus johtui pääasiassa kannibalismista.

### 3.3. Munan laatu ja veriarvot

Koe 1. Munien ominaispainossa ja valkuaisen korkeudessa ei ollut merkitseviä eroja koeryhmien välillä (taulukko 20). Sensijaan Haugh-luku oli perusrehu- ja urearyhmillä merkitsevästi ( $P < 0.01$ ) korkeampi kuin kontrolliryhmällä. Munan sisällön kuiva-aine- ja typpipitoisuuksissa ei ollut merkitseviä eroja ryhmien välillä, ei myöskään NPN-pitoisuudessa

Koe 2. Taulukossa 21 perusrehuryhmät sekä vastaavat NPN-ryhmät samoin kuin eri valkuaiestasot (-NPN) on yhdistetty. Kontrolliryhmän munien ominaispaino oli merkitsevästi suurempi kuin muiden ryhmien, joiden välillä ei ollut merkitseviä eroja. Rehun valkuaiestasoin nostessa munien ominaispaino lisääntyi ja tasojen väliset erot olivat merkitseviä ( $P < 0.01$ ). Valkuaisen korkeus oli puolestaan kontrolliryhmällä merkitsevästi pienempi kuin perusrehuryhmällä ja ureafosfaattiryhmällä ( $P < 0.05$ ). Haugh-luvussa ei ollut merkitseviä eroja, vaikkakin se oli kontrolliryhmällä muita pienempi.

NPN-lisäykset näyttävät alentaneen veren hemoglobiini- ja hematokriittiarvoja. Tosin merkitsevyyttä ( $P < 0.05$ ) oli vain perusrehuryhmien ja urearyhmien hematokriittien välillä. NPN-lisäykset nostivat seerumi- ja ureapitoisuutta n. kymmenkertaisesti ( $P < 0.01$ ). Seerumin ammoniumtyypin pitoisuuteen ei kummallakaan NPN-yhdisteellä ollut merkitsevää vaikutusta. Alhaisimmalla valkuaiestasolla hemoglobiini- ja hematokriittiarvot olivat selvästi alhaisimmat, mutta eivät kuitenkaan poikenneet merkitsevästi muista.

### 4. Tulosten tarkastelu

Kokeen 1 ensimmäisellä kaudella eläinten syövä rehumäärä 130-132 g päivässä oli niin suuri, että perusrehuryhmäkin, jonka rehun valkuaispitoisuus oli 12.9 %, sai 16.9 g valkuaiesta eläintä kohden päivässä. Kokeessa 2 valkuaisen päiväsaanti oli 12 %:n valkuaiestasolla 14.7 g. Munivan kanan valkuaisen tarve vaihtelee muninnasta ja rehun valkuaisen laadusta riippuen 14-19 g/pv. Tuntuu hyvin ilmeiseltä, ettei perusrehussa ollut tällöin puutetta NEAA:sta. Niinpä molemmissa tapauksissa ei NPN-lisäys parantanutkaan munintaa, vaan alensi sitä n. 2 %-yksikköä urean ollessa kysymyksessä. Urean mahdollisesta lievästä haittavaikutuksesta tällä valkuaiestasolla (12-13 %), johon mm HOEFER (1967) viittaa, ei voida sanoa mitään varmaa. Kokeessa 1 toistoja oli vain 2, eivätkä erot toisessa kokeessa olleet merkitseviä. Toisaalta KAGAN ja BALLOUN (1976) totesivat urealisäyksen (0.5-1 %) aiheuttavan tuotannon alenemista soijamaissipohjaisessa perusrehussa, jonka valkuaispitoisuus oli 12.6 %.

Kokeen 1 ensimmäisellä kaudella ei taulukossa 16 mainituista aminohapoista ollut ilmeisesti puutetta millään ryhmällä. SCOTT'n (1969) mukaan metioniinin tarve tässä tuotantovaiheessa olevilla kanoilla on 320-343 mg/pv, mutta 290-300 mg/pv on myös riittänyt optimituotantoon (JENSEN ym. 1974). Lisäksi rehut sisälsivät natriumsulfaattia, joka voi säästää rikki-pitoisia aminohappoja. Ei myöskään kokeessa 2 lukuunottamatta ureafosfaattiryhmää (4) ollut puutetta mainituista aminohapoista perusrehun valkuaispitoisuuden ollessa 12 %. Urefosfaattiryhmän alhainen rehunkulutus aiheutti ilmeistä puutetta muuntokelpoisesta energiasta ja isoleusiinista, mikä on todennäköinen syy tämän ryhmän perusrehu- ja urearyhmää huonommalle muninnalle. Muuntokelpoisen energian tarve vaihtelee tuotannosta riippuen 290-340 kcal/pv (VOGT 1973). Isoleusiinin minimitarve on 500 mg:n suuruusluokkaa (BRAY 1969, NRC 1971), mutta tarvesuositus tuotantovaiheesta riippuen 603-730 mg/pv (SCOTT 1969).

Kokeen 1 toisella kaudella perusrehuryhmä (11.5 %) sai valkuaista keskimäärin 13 g/eläin/pv. Vastaavasti kokeessa 2 11 %:n valkuaiastasolla määrä oli 12.4 g. Tällöin on saattanut olla puutetta NEAA:sta. Vaikka kokeessa 1 urearyhmän muninta olikin n. 7 %-yksikköä perusrehuryhmää parempi, ei varmuudella voida sanoa mitään urealisäyksen mahdollisesta hyödyllisyydestä. Perusrehun osastojen välinen ero oli suuri ja molempien rehunkulutus aleni toisella koekaudella verrattuna urearyhmään. Perusrehuryhmällä on varsinkin todennäköisesti ollut puutetta isoleusiinista sekä mahdollisesti metioniinista ja muuntokelpoisesta energiasta. Myös urearyhmällä lienee ollut puutetta isoleusiinista. Metioniinin tarve on tuotantokauden lopulla 290-320 ja isoleusiinin 603-680 mg/pv (SCOTT 1969). Muuntokelpoisen energian tarve on vastaavasti 290-300 kcal/kg (VOGT 1973).

Kokeessa 2 ei urealisäyksestä ollut 11 %:n valkuaiastasollakaan mainittavaa hyötyä. Pelkästään ohraan ja kauraan perustuva munitusrehu sisältää ilmeisesti riittävästi ei-spesifisistä tyyppiä. Urearyhmän n. 1 %-yksikön verran perusrehuryhmää parempi muninta lieneekin suuremman rehunkulutuksen ansiota. Urefosfaattiryhmän perusrehuryhmää alhaisempaan munintaan on ilmeisenä syynä ollut alentunut rehunkulutus ja siten energian ja aminohappojen saannin vähentyminen. Kaikki tämän valkuaiastason ryhmät (1, 3 ja 5) kärsivät ilmeisesti muuntokelpoisen energian, arginiinin ja isoleusiinin sekä ryhmät 1 ja 3 mahdollisesti myös rikki-pitoisten aminohappojen ja lysiinin puutteesta. Lysiinin tarvesuositus on huipputuotannon aikaan 670-720 mg ja arginiinin 900 mg/pv (SCOTT 1971 ja 1975).

Molemmissa kokeissa NPN-lisäys alensi munan painoa. Tämä tulos on yhdenmukainen eräiden ulkomaisten tulosten kanssa (CHAVEZ 1966, BLAIR ja LEE 1973, KAGAN ja BALLOUN 1976).

Kanojen painonmuutokset kytkeytyvät lähinnä rehun valkuaiastason, rehunkulutukseen ja siten ravintoaineiden saantiin. NPN-lisäyksellä ei ollut yhdenmukaista vaikutusta eläinten painoihin. Urefosfaattiryhmässä tapahtunut perusrehua suurempi painon aleneminen johtui kulutuksen vähenemisestä. Tosiasiassa NPN:n hyväksikäyttö lisäänee eläinten energian tarvetta. Todennäköisesti liian voimakkaasta valaistuksesta johtunut kannibalismi ja suuri kuolleisuus kokeessa 2 on voinut jossakin määrin vaikuttaa koetuloksiin.

Kun tarkastellaan valkuaiastasoja ryhmien väliset erot muninnassa olivat kokeen 1 ensimmäisellä kaudella verraten pienet. Kanarehun valkuaispitoisuutta on voitu kokeissa alentaa tuotantoa huonontamatta aina 12 %:iin saakka täydentämällä rehua metioniinilla ja tarpeen vaatiessa myös lysiinillä (KOLSTAD ja LIEN 1973). Kokeessa 2 valkuaiastosten väliset selvät

erot johtuivat ravintotekijöiden (energia, aminohapot) erilaisesta saannista. Valkuaispitoisuuden aleneminen näytti sitäpaitsi vähentävän rehun maittavuutta. Alimmalla valkuaisistasolla oli puutetta ainakin muuntokelpoisesta energiasta ja isoleusiinista, mahdollisesti myös rikki-pitoisista aminohapoista, lysiinistä ja arginiinista. Valkuaispitoisuuden nostaminen 1 %-yksiköllä 11 %:sta 12 %:iin lisäsi suhteellisesti enemmän tuotantoa kuin 3 %-yksikön nousu 12 %:sta 15 %:iin.

Yleensä rehun valkuaispitoisuuden alentaminen on pienentänyt munanpainoa ja tämä on tullut hyvin selvästi esille silloin, kun valkuaispitoisuus on laskenut 10-12 %:iin (BALLOUN ja SPEERS 1969, JENNINGS ym. 1972, MULLER ja BALLOUN 1974). Näin tapahtui kokeessa 2 11 %:n valkuaisistasolla.

Mitä vähemmän rehussa oli valkuaista, sen alhaisemmat olivat kanojen loppupainot. Valkuaispitoisuuden ollessa 11 % kanat eivät pystyneet ylläpitämään painoaan, vaan laihtuivat huomattavasti. Kun rehun valkuaispitoisuus on ollut 12-13 %, kanojen painonlisäys on ollut huomattavasti pienempi kuin valkuaispitoisuuden ollessa 16-18 % (BALLOUN ja SPEERS 1969, SOLBERG 1971, FERNANDEZ 1973, KOLSTAD ja LIEN 1974, KIISKINEN 1976). THAYER'in ym. (1974) mukaan 14 g valkuaista kanaa kohden päivässä riitti munantuotantoon, mutta ei ylläpitämään samaa painonlisäystä kuin 15-19 g valkuaista.

Kokeessa 2 rehun valkuaisistasolla oli merkitsevä vaikutus munan ominaispainoon. Mahdollisesti syy on siinä, että valkuaispitoisuuden noustessa eläinten rehunkulutus ja siten kalkin saanti lisääntyi. Valkuaispitoisuuden sinänsä ei ole todettu vaikuttavan munan ominaispainoon (KOLSTAD ja LIEN 1974). Molemmissa kokeissa NPN-lisäys nosti hieman Haugh-lukua. Tämän ovat havainneet myös BLAIR ja LEE (1973) sekä WALDROUP ja HAZEN (1974). NPN-lisäyksellä rehussa ei näytä olevan mitään merkittävää vaikutusta munan NPN-pitoisuuteen. Tosin ZENISEK ja LAUTNER (1963) ovat havainneet keltaisen ammoniakkipitoisuuden nousua lisättäessä ureaa rehuun. Seerumin korkea ureapitoisuus kokeen 2 NPN-ryhmissä osoittaa, että tämän tyyppien hyväksikäyttöä tuskin tapahtui, mitä tuotantotuloksetkin osoittavat. Ammoniumpitoisuudessa ei ollut sellaisia eroja, joiden vuoksi olisi aihetta epäillä subkliinistä myrkytystilaa NPN-ryhmällä. Alentuneet hemoglobiini- ja hematokriittiarvot viittaavat kuitenkin häiriötilaan näissä ryhmissä.

Lopputoteamukseksi näistä kahdesta kokeesta voitaneen sanoa, että rehuviljamme ohra ja kaura sisältävät niin runsaasti tyyppiä, että ei-proteiinityyppien lisääminen pelkästään viljaan perustuvaan kanarehuun ei juuri paranna munantuotantoa. Mahdollinen tuotannon lisäys on niin vähäinen, että sillä ei ole ainakaan tällä hetkellä merkitystä koska munantuotanto jäisi joka tapauksessa liian alhaiselle tasolle. Viljan valkuainen sisältää suhteellisen niukasti eräitä välttämättömiä aminohappoja, joita ei valmisteta teollisessa mittakaavassa. Isoleusiinin puute on voinut olla eräs tuotantoa rajoittava tekijä näissä kokeissa. Jos rehu sisältää viljan lisäksi valkuaisraaka-aineita, urean lisääminen rehuun saattaa olla lievästi haitallista munantuotannolle. Käytännössä on siten vaikeaa tehdä rehua, jossa olisi riittävästi välttämättömiä aminohappoja, mutta samalla puutetta ei-välttämättömistä aminohapoista.

## VI TIIVISTELMÄ

## 1. Tiivistelmä kirjallisuudesta

Ei-proteiinityypen (NPN) hyväksikäyttö yksimahaisilla eläimillä on voitu todeta:

- Typpitasekokein, joissa NPN:n lisäys dieettiin on aikaansaanut typen pidättymisen ja typpitaseen lisääntymistä.
- Tuotoskokeissa, joissa NPN on parantanut kotieläinten tuotantoa kuten kasvua ja munintaa sekä rehun hyväksikäyttöä.
- Isotooppitutkimuksissa, joissa eläimille annetussa NPN-yhdisteessä merkitty typpi on siirtynyt kudosten valkuaisaineisiin.

Selvimmin on NPN:n hyväksikäyttö voitu todeta puhtailla ja puolipuurteisilla dieeteillä. Käytännön mukaisilla rehuilla tulokset ovat olleet vaihtelevia riippuen lähinnä rehun koostumuksesta ja etenkin sen proteiineista. NPN käytetään aineenvaihdunnassa ei-spesifisenä typpinä (NSN) ei-välttämättömien aminohappojen (NEAA) muodostamiseen. Ammoniumsuolojen ammoniumioni liitetään maksassa  $\alpha$ -ketoglutaarihappoon glutamiinihappodehydrogenaa- sin vaikutuksesta jolloin syntyy L-glutamiinihappoa. Glutamiinihaposta muodostuu transaminaatioiden kautta muita ei-välttämättömiä aminohappoja kuten alaniinia ja asparagiinihappoa. Tämä on ilmeisesti pääpiirteittäin se aineenvaihduntatie, jonka kautta NPN:n hyväksikäyttö tapahtuu tietyissä olosuhteissa.

Tärkeimmät edellytykset tehokkaalle NPN:n hyväksikäytölle ovat seuraavat:

- Ravinnossa on riittävästi, mutta ei tarpeettoman paljon EAA:ta otta- en huomioon eläimen ikä ja paino, tuotannon taso (kasvu, muninta) ja ravinnon energiapitoisuus. NPN on ilmeisesti tehokkaampi NEAA:n synteetissä kuin EAA.
- EAA:n koostumuksen tulee olla tasapainoinen ts. aminohappojen välis- ten suhteiden kuten esim. lysiinin ja arganiinin välillä tulee py- syä tietyissä rajoissa.
- Ravinnossa on puutetta NEAA:sta. Tutkimustulokset viittaavat sii- hen, että kun on kysymyksessä intensiivinen tuotanto (kasvu, munin- ta) NPN ei ole riittävän tehokas korvaamaan ainakaan suurinta osaa NEAA:sta. Käytännössä tähän ei ole tarvettakaan.
- Ravinnossa on riittävästi hiilihydraatteja sekä luonnollisesti mui- takin ravintoaineita kuten kivennäisiä ja vitamiineja.
- NPN-yhdiste on voitava hajoittaa ammoniakiksi. Urean hajoittamiseen tarvitaan bakteerien ureaasia. Ureaasin puute ei ilmeisesti ole es- teenä urean hyväksikäytölle käytännön olosuhteissa. Virtsa-happoa siipikarja ei pysty käyttämään ilman hydrolisointia. Ilmeisesti biureettiakaan siipikarja ei kykene käyttämään hyväkseen.
- Ammoniumsuolan anioniosalla ei saa olla haittavaikutuksia. Esimer- kiksi ammoniumsulfaatti, -kloridi ja -karbonaatti voivat muuttaa happo-emästasapainoa.

- Glukogeeninen ammoniumsuolan anioniosa saattaa olla tehokkaampi kuin ketogeeninen, koska ei-välttämättömät aminohapot ovat glukogeenisiä.
- NPN-yhdistettä ei saisi antaa tarpeettoman paljon eläimille. Liikamäärät vähentävät sen tehokkuutta ja voivat aiheuttaa ammoniakista johtuvan subkliinisen myrkytystilan. Tästä johtuu ilmeisesti monissa NPN-kokeissa todettu tuotannon ja rehun hyväksikäytön huonontuminen.

Urean ja ammoniumsuolojen typen on todettu imeytyvän 90-100 %:sesti. Typen pidättyminen riippuu e.m. tekijöistä. Urea lienee jonkin verran tehottomampi munantuotannossa kuin diammoniumsitraatti (DAC) mutta hinnaltaan sitä huomattavasti halvempaan on kuitenkin edullisempi.

NPN:n hyväksikäyttö heijastuu veren ureapitoisuudessa. Silloin kun typen pidättyminen on alhainen veren ureapitoisuus nousee huomattavasti ja typen erityys virtsassa lisääntyy. Sioilla on todettu elimistön sopeutuvan ajan mittaan urearuokintaan.

Tuotteiden kuten lihan ja munien laatuun ei rehussa annetulla NPN:llä ole todettu olevan mitään yhdenmukaista vaikutusta. Tosin näitä koskevia tutkimuksia on tehty osittain melko vähän.

Käytännön kannalta ei NPN:n käytöllä yksimahaisten ruokinnassa ole vielä merkitystä. Siinä tapauksessa, että näiden eläinten ruokinta perustuisi yksinomaan vähän valkuaisista sisältäviin energiarehuihin, NPN:n käyttö voisi tulla kysymykseen. Tämä edellyttää: 1) rehujen aminohappopitoisuudet tunnetaan jolloin määritysten on oltava nopeita ja halpoja, 2) eläinten aminohappotarpeiden tuntemuksen tulee lisääntyä, 3) synteettisiä aminohappoja (metioniini, lysiini ja mahdollisesti muitakin) on saatavissa käyttökelpoiseen hintaan.

## 2. Tiivistelmä omista tutkimuksista

Rehuun lisätyn urean vaikutusta tutkittiin kahdessa kokeessa munivilla kanoilla (Valkea Leghorn). Kokeessa 1 lisättiin ureaa ja kokeessa 2 myös ureafosfaattia vähävalkuaisisiin lähinnä ohraan ja kauraan perustuviin rehuihin. Molempien kokeiden alkaessa kanat olivat n. 28 viikon ikäisiä. Ensimmäinen koe kesti n. 10.5 kk jakaantuen kahteen koekauteen (6.5 kk + 4 kk). Kanat pidettiin 30 kanan lattiaosastoissa, joita kullakin rehulla oli 2 kpl.

### 1. Koekausi

	raakavalk. %	soija %	Lisätty metion.	lysiiniä
1. Kontrolliryhmä	15.5	12.5	-	-
2. Urearyhmä (1.1 %)	15.5	3.5	0.05	0.05
3. Perusrehuryhmä	12.5	3.5	0.05	0.05

### 2. Koekausi

1. Kontrolliryhmä	14.5	7.5	0.05	-
2. Urearyhmä (1.1 %)	14.5	-	0.10	0.10
3. Perusrehuryhmä	11.5	-	0.10	0.10

Toisessa kokeessa jonka pituus oli 7 kk, kanat pidettiin häkeissä a<sup>2</sup> 2 kanaa. Kullakin rehulla oli 80 kanaa (4 x 20). Tässä kokeessa käytettiin kahta perusrehun valkuaistasoa (11 ja 12 %).

Rehu N:o	1	2	3	4	5	6	7 (kontr.)
Raakavalk. %	11.0	12.0	14.0	15.0	14.0	15.0	15.0
Soijaa "	-	3.0	-	3.0	-	3.0	11.0
Ureafosfaattia %	-	-	2.5	2.5	-	-	-
Ureaa "	-	-	-	-	1.0	1.0	-
Lisättyä metioniinia%	0.10	0.08	0.10	0.08	0.10	0.08	0.08
" lysiniä "	0.08	-	0.08	-	0.08	-	-

Molemmissa kokeissa ureatypen osuudeksi laskettiin 20 % kokonaistypestä. Kokeella 2 pyrittiin lähinnä tarkistamaan kokeen 1 tulos, joka jäi epävarmaksi johtuen siitä että kullakin rehulla oli vain 2 toistoa. Kokeessa 1 munintaprosentti oli ensimmäisen koekauden aikana ryhmillä 1, 2 ja 3: 74.9, 70.8 ja 72.9 sekä vastaavasti toisella koekaudella: 57,7, 52.8 ja 45.7. Erot eivät olleet merkitseviä. Munan keskipaino oli ensimmäisellä koekaudella em. järjestyksessä 59.9, 59.2 ja 59.8 sekä toisella kaudella 63.7, 62.7 ja 64.1 g. Näiden väliset erot eivät myöskään olleet merkitseviä. Rehun hyväksikäyttö (kg rehua/munakilo) oli ensimmäisellä koekaudella 2.89, 3.15 ja 3.01 sekä toisella kaudella 3.19, 3.74 ja 3.76. Toisella koekaudella kontrolliryhmän ja muiden ryhmien väliset erot olivat merkitseviä ( $P < 0.05$ ).

Kokeessa 2 molemmat NPN-lisäykset alensivat munintaa perusrehun valkuaispitoisuuden ollessa 12 %. Munintaprosentti oli ryhmässä 2, 4 ja 6: 65.3, 61.4 ja 63.2. Erot eivät olleet merkitseviä. Valkuaistason ollessa 11 % olivat vastaavat luvut (ryhmät 1, 3 ja 5): 55.5, 49.4 ja 56.2 %. Ryhmien 3 ja 5 välinen ero oli merkitsevä ( $P < 0.05$ ). Korjatussa munintaprosentissa oli myös ryhmien 1 ja 3 välinen ero (59.9/47.5) merkitsevä ( $P < 0.05$ ). Kontrolliryhmän muninta (74.3 %) oli merkitsevästi muita ryhmiä korkeampi. Ureafosfaattiryhmien munanpaino aleni molemmilla valkuaistasoilla (11 ja 12 %) perusrehuun verrattuna 55.3 → 54.9 ja 57.2 → 55.3 g ( $P < 0.05$ ). Urearyhmillä munanpaino oli vastaavasti 55.7 ja 56.3 sekä kontrolliryhmällä 56.7 g.

Valkuaispitoisuuden ollessa 11 % rehun hyväksikäyttö oli 3.66, 4.01 (ureafosf.) ja 3.77 (urea). Ero perusrehu- ja ureafosfaattiryhmän välillä oli merkitsevä ( $P < 0.05$ ). Kahdentoista prosentin tasolla luvut olivat vastaavasti 3.31, 3.39 ja 3.46. Erot eivät olleet merkitseviä. Kontrolliryhmän rehun hyväksikäyttö (2.98) oli merkitsevästi parempi kuin muissa ryhmissä.

Eri valkuaistasoilla (11, 12 ja 15 %) munintaprosentti oli 53.7, 63.3 ja 74.3 ( $P < 0.01$ ) sekä rehun hyväksikäyttö 3.81, 3.39 ja 2.98 ( $P < 0.01$ ). Munanpaino 11 %:n tasolla (55.3 g) oli merkitsevästi ( $P < 0.05$ ) pienempi kuin muilla tasoilla (56.3 ja 56.7 g).



Kanojen loppupainoon ja painonmuutokseen vaikutti lähinnä rehun valkuais-  
taso. Kanojen painonmuutokset ko. valkuais-  
tasoilla olivat  $-107, \pm 0$  ja  $+140$  g ( $P < 0.01$ ). Kuolleisuudessa ei ollut merkitseviä eroja ryhmien  
välillä. Kannibalismin aiheuttama suuri kuolleisuus kokeen 2 aikana on  
voinut vaikuttaa jossakin määrin koetuloksiin.

Munan laatuun NPN-lisäyksellä ei kummassakaan kokeessa ollut merkittävää  
vaikutusta. Rehun valkuais-  
tason noustessa kokeessa 2 munan ominaispaino  
lisääntyi merkitsevästi ( $P < 0.01$ ). Korkeimmalla rehun valkuais-  
tasoilla oli munan valkuaisen korkeus merkitsevästi pienempi kuin muilla tasoilla  
kokeessa 2. Kokeessa 1 oli kontrolliryhmän Haugh-luku merkitsevästi ( $P < 0.05$ )  
pienempi kuin muiden ryhmien.

Koetuloksiin vaikutti huomattavasti ryhmien erilainen rehunkulutus.  
Alhainen rehunkulutus aiheutti joissakin ryhmissä puutetta energiasta  
ja eräistä aminohapoista. Ureafosfaatti ilmeisesti vähensi rehun maitta-  
vuutta ja vaikutti siten tuotantoa alentavasti. Tarvesuositukset huo-  
mioottaen isoleusiini saattaa olla ensisijaisesti rajoittava amino-  
happo silloin, kun ohraan ja kauraan perustuvaan rehuun on lisätty riittä-  
västi metioniinia ja lysiiniä. Kokeissa käytetty NPN-määrä saattaa olla  
lievästi haitallinen, jos rehussa on riittävästi valkuais-  
taso (typpeä). Kokeessa 2 seerumin ureapitoisuus nousi n. 10-kertaiseksi ( $P < 0.01$ )  
mutta ammoniumtypessä ei todettu mainittavaa kohoamista. Veren hemoglo-  
biini- ja hematokriittiarvot olivat NPN-ryhmissä alhaisemmat kuin perus-  
rehuryhmässä ja kontrolliryhmässä. Koetulosten perusteella näyttää il-  
meiseltä, ettei NPN:n lisääminen pelkästään ohraan ja kauraan perustuvaan  
vähävalkuaisiseen kanarehuun aiheuta munantuotannon lisäämistä.

## VII KIRJALLISUUSLUETTELO

- ABDERHALDEN, E. & LAMPE, A. E. 1913. Über den Einfluss von verabreichtem Harnstoff auf den Stickstoffwechsel beim Schweine. *Zeit. Physiol. Chem.* 84: 218-222. (Ref. Hofer, J. A. 1967).
- ACKERSON, C.W., HALM, W.E. & MUSSEHL, F.E. 1940. The utilization of food elements by growing chicks. IX The nitrogen of urea. *Neb. Agr. Exp. Stat. Bull.* 120. (Ref. Blair, R. 1972).
- AKINTUNDE, F.O., DAVIS, R.H. & SYKES, A.H. 1968. The performance of laying hens on diets supplemented with non-protein nitrogen. *Proc. Nutr. Soc.* 27: 52 A. (Ref. Kazemi, R. & BALLOUN, S.L. 1973).
- ALLEN, N.K. & BAKER, D.H. 1972. A comparison of non specific nitrogen sources for the growing chick. *Poult. Sci.* 51: 1778 (Abstr.).
- ALMQUIST, H.S. 1972. *Proteins and amino acids in animal nutrition*: 50 New York.
- BALLOUN, S.L. & SPEERS, G.M. 1969. Protein requirements of laying hens as affected by strain. *Poult. Sci.* 48: 1175-1188.
- BARE, L.N., WISEMAN, R.F. & ABBOTT, O.J. 1964. Effects of dietary antibiotics and uric acid on the growth of chicks. *J. Nutr.* 83: 27-33.
- BARNES, E.M., MEAD, G.C. & BARNUM, D.A. 1972. The intestinal flora of the chicken in the period 2 to 6 weeks of age, with particular reference to the anaerobic bacteria. *Brit. Poultry Sci.* 13: 311-326.
- BELL, D.J. & BIRD, T.P. 1966. Urea and volatile base in the caeca and colon of the domestic fowl: the problem of their origin. *Comp. Biochem. Physiol.* 18: 735-744.
- BHATTY, R.S. & FINLAYSON, A.J. 1973. Extraction of non protein nitrogen from oil seed meals with different solvents. *Cer. Chem.* 50: 329-336.
- BICE, C.M. & DEAN, L.A. 1942. Utilization of urea nitrogen by growing chickens. *Poult. Sci.* 21: 15-17.
- BIELY, J., SOONG, R., SEIER, L. & POPE, W.H. 1972. Dehydrated poultry waste in poultry rations. *Poult. Sci.* 51: 1502-1511.
- BLAIR, R. 1972. Utilization of ammonium compounds and certain non-essential amino acids by poultry. *Worlds Poultry Sci. J.* 29: 189-202.
- & LEE, D.J.W. 1973. The effects on egg production and egg composition of adding supplements of amino acids and/or urea or dried autoclaved poultry manure to a lowprotein layer diet. *Br. Poultry Sci.* 14: 9-16.
- & WARING, J.J. 1969. Growth response of chicks following addition to the diet of various sources of nitrogen. *Brit. Poultry Sci.* 10: 37-44.

- & YOUNG, R.J. 1970. Utilization of ammonium nitrogen by growing and laying birds. Proc. Cor. Nutr. Conf.: 93-98.
- & YOUNG, R.J. 1974. Egg production responses of coturnix quail to dietary additions of nitrogen in the form of amino acids, diammonium citrate and intact protein. Poul. Sci. 53: 391-400.
- , SHANNON, D.W.F., McNAB, J.M. & LEE, D.J.W. 1972. Effects on chick growth of adding glycine, proline, glutamic acid or diammonium citrate to diets containing crystalline essential amino acids. Brit. Poul. Sci. 13: 215-218.
- BORNSTEIN, S. & LISPSTEIN, B. 1968. A note on non-protein nitrogen supplementation of a low-protein layer's diet. Proc. 3rd European Poul. Congr., Jerusalem: 373-375.
- BRAUDE, P. & FOOT, A.S. 1942. Wartime rations for pigs. J. Agric. Sci. 32: 70-84. (Ref. Hoefler, J.A. 1967).
- BRAY, D.J. 1969. Studies with corn-soya laying diets. Poul. Sci. 48: 674-684.
- BROWN, G.W., Jr. 1970. Nitrogen metabolism of birds. Comparative Biochemistry of Nitrogen Metabolism, 2: 711-792.
- BURKNER, G.W., TIHONOVA, M.B. & IBRAEV, K.J. 1965. Kukuruznyj silos obogascennyj korbamidon, pri otkorme svinej. (Maize silage enriched with urea for fattening pigs.) Svinovodstvo 5: 28-29.
- CAMPBELL, C.D., McLAREN, G.A., ANDERSON, G.C., WELCH, J.A., SMITH, G.S. & BROOKS, J. 1959. Sarcosine and creatine as nitrogen sources for ruminant and the influence of supplemental vitamin B<sub>12</sub>. J. Anim. Sci. 18: 780-789.
- CHAVEZ, R., THOMAS, J.M. & REID, B.L. 1966. The utilization of non-protein nitrogen by laying hens. Poul. Sci. 45: 547-553.
- COLBY, R.W. 1973. NPN feed products. Proc. 18th Ann. Texas Nutr. Conf., Texas A & M Univ., Coll. Stat.: 36.
- COLEMAN, J.E. 1969. Metabolic interrelationships between carbohydrates, lipids and proteins. C. Metabolic fates of pyruvate anapleurotic reactions gluconeogenesis. Diseases of metabolism. ed. 6. (Ref. Gallina D.L. & Dominguez, J.M. 1971).
- DAVIS, R.H. & MARTINDALE, C.H. 1973. The performance of laying hens fed on rearing and laying diets containing urea. Brit. Poul. Sci. 14: 153-160.
- DEAN, W.F. & SCOTT, H.M. 1965. The development of an amino acid reference diet for the early growth of chicks. Poul. Sci. 44: 803-808.
- EGGUM, B.O. & CHRISTENSEN, K.D. 1973. The use of non-protein nitrogen in monogastric animal feeding. Z. für Tierphysiol., Tierernähr. und Futtermittelk. 31: 332-341.

- FARLIN, S.D., GARRIGUS, U.S., HATFIELD, E.E. & CONDON, R.J. 1968. Utilisation of biuret as a source of nonspecific nitrogen in a crystalline amino acid chick diets. *J. Nutr.* 94: 32-36.
- FEATHERSTON, W.R., BIRD, H.R. & HARPER, A.E. 1961. The effectiveness of different sources of nitrogen for the synthesis of non-essential amino acids. *Poult. Sci.* 40: 1401 (Abstr.).
- , BIRD, H.R. & HARPER, A.E. 1962. Effectiveness of urea and ammonium nitrogen for the synthesis of dispensable amino acids by the chick. *J. Nutr.* 78: 198-206.
- . 1967. Utilization of urea and other sources of nonprotein nitrogen by the chicken. *Urea as a Protein Supplement* p. 445-453. Oxford.
- FERNANDEZ, R., SALMAN, A.J. & MCGINNIS, J. 1973. The use of nonprotein nitrogen by laying hens for egg production. *Poult. Sci.* 52: 1231-1240.
- . 1973. Effect of feeding different protein levels and of changing protein level on egg production. *Poult. Sci.* 52: 64-69.
- FERNANDEZ DEL PINO, R. 1969. The use of nonprotein nitrogen for egg production by the laying hen. *Dissert. Abstr. (B)*, 29: 3147 B.
- FLEGEL, C.J. & ZINDEL, H.C. 1970. The utilization of poultry waste as a feedstuff for growing chicks. *Res. Rep. 117, Farm Sci. Mich. State:* 21-28.
- FOSTER, G.L., SCOENHEIMER, R. & RITTENBERG, D. 1939. Studies in protein metabolism V. The utilization of ammonia for amino acid and creatine formation in animals. *J. Biol. Chem.* 127: 319. (Ref. Eggum, B.O. & Christensen, K.D. 1973).
- GAARDBO THOMSEN, M. 1973. Tørrret fjerakraegødning til slagtekyllinger. *Dansk Erhvervfjerkræ:* 522-523.
- GALLINA, D.L. & DOMINGUEZ, J.M. 1971. Human utilization of urea nitrogen in low caloric diets. *J. Nutr.* 101: 1029-1035.
- GARDNER, R.W. & KUNZ, W.D. 1973. Urea utilization in fat supplemented calf starters. *J. Dairy Sci.* 56: 683 (Abstr.).
- GEIGER, E. & MIMNI, M. 1959. Effect of dietary carbohydrate and fat on utilization of essential amino acids in rats. *Fed. Proc.* 17: 476 (Abstr.). (Ref. Gallina, D.L. & Dominguez, J.M. 1971).
- GRABER, G. & BAKER, D.H. 1973. The essential nature of glycine and proline for growing chickens. *Poult. Sci.* 52: 892-896.
- GRAFE, E. & TURBAN, K. 1913. Über Stickstoffretentionen bei Fütterung von Harnstoff. *Physiol. Chem.* 83: 25-44. (Ref. Hoefer, J. A. 1967).
- HANSON, L.E. & FERRIN, E.F. 1955. The value of urea in a low protein ration for weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 14: 43-48.

- HARNISCH, S. 1974. Energie- und Stickstoffumsatz nach Verfütterung von Geflügel-Trockenkot an Legehennen. Arch. Geflügelk. 38: 1-4.
- HAYS, V.W., ASHTON, G.C., LIU, C.H., SPEER, V.C. & CARTON, D.V. 1957. Studies on the utilization of urea by growing swine. J. Anim. Sci. 16: 44-54.
- HELBACKA, N.V.L. & TASAKI, I. 1968. Characteristics of albumen and shell quality of eggs from layers fed  $\text{NH}_4\text{Cl}$  in the diet. Poult. Sci. 37: 1211 (Abstr.).
- HINZ, H.F., POND, W.G. & VISEK, W.J. 1969. A note on the effect of amino acid or urea supplements to barley diets for the finishing pig. Anim. Prod. 11: 553-556.
- , LOWE, J.E., CLIFFORD, A.J. & VISEK, W.J. 1970. Ammonia intoxication resulting from urea ingestion by ponies. J. Amer. Vet. Med. Assoc. 157: 963-966.
- HOCK, A. & DARGEL, D. 1962. Untersuchungen über die Bindung von Ammoniak in Trockenschnitzeln. Arch. Tierernähr. 12: 343-351.
- HOEFER, J.A. 1967. The effect of dietary urea on the pig. Urea as a Protein Supplement p. 431-440. Oxford.
- HORNOIU, M., PALAMARU, E., POPESCU, F., TASCENCO, V., POPOVICI, D. & GURAU, L. 1968. Contributii la folosirea ureei in hrana pasarilor (Urea for poultry). Lucr. Stiint. Inst. Cercet. zooteh., Buchrest. 26: 473-483.
- , PALAMARU, E., MURGU, I., STAVRI, J. & CAUSNEANU, E. 1972. Contributii la stabilirea mecanismului digestiei ureei la pasari si a efectului substituirii partiale a proteinei prin aceasta substanta. (Mechanism of urea digestion in fowls and the effect of part substitution of urea for protein.) Lucr. Stiint. Inst. Cercet. pentru Nutr. Anim. 1: 413-421.
- HOUPT, T.R. 1963. Urea utilization by rabbits fed a low-protein ration. Amer. J. Physiol. 205: 1144-1150.
- HUBER, J.T., POLAN, C.E. & HILLMAN, D. 1968. Urea in high-corn silage ration. J. Anim. Sci. 27: 220-226.
- HUNT, J.R. 1964. Electrolyte changes in albumen on feeding ammonium chloride. Poult. Sci. 43: 1331 (Abstr.)
- JAMROZ, D. & GRUHN, K. 1974. Einfluss der Harnstoffsupplementierung zur proteinarmen Ration auf die N-Bilanz, Verdaulichkeit der Nährstoffe und den Harnstoffgehalt in Exkrementen und im Blut von Junggänsen. Arch. Tierernähr. 24: 421-428.
- JENNINGS, R.C., FISHER, C. & MORRIS, T.R. 1972. Changes in the protein requirements of pullets during the first laying year. Br. Poult. Sci. 13: 279-281.
- JENSEN, L.S., FALEN, L. & SCHUMAIER, G.N. 1974. Requirements of White Leghorn laying and breeding hens for methionine as influenced by stage of production and in organic sulfate. Poult. Sci. 53: 535-544.

- JONES, H.L. & COMBS, G.F. 1953. Effect of aureomycin-HCL on the utilization of inorganic nitrogen by the chick. *Poult. Sci.* 32: 873-875.
- KAGAN, A. & BALLOUN, S.L. 1976. L-aspartic acid and urea supplementation of low-protein layer diets. *Br. Poult. Sci.* 17: 371-377.
- KAZEMI, R. & BALLOUN, S.L. 1972. Effect of urea and diammonium citrate on fecal components of chicken hens. *Poult. Sci.* 51: 1480-1481.
- . 1973. Urea and diammonium citrate for laying hens. *Poult. Sci.* 52: 44-50.
- KIES, S. & FOX, H.M. 1973. Comparison of urea and diammonium citrate as sources of nonspecific nitrogen for human adults. *J. Nutr.* 103: 664-669.
- KIISKINEN, T. 1976. Valkuaistason vaikutus munantuotantoon. *Koe Tikkurilassa 1974. Siipikarja Nr 3 ja 4: 64-65, 106-110.*
- KING, N.A., O'DELL, G.D. & RODERICK, D.B. 1957. Utilization of blackstrap molasses, urea in molasses and ammoniated molasses by dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 40: 810-817.
- KOCI, S., GROM, A., PETRAS, G. & KOCIOVA, E. 1970. Stúdiu problémov výživy husí. 5. Rastový efekt nebielkovinového dusíka mocoviny pri kŕmení husí počas odchovu. (Problems of feeding geese. 5. Effect of the NPN of urea on growth of geese). *Ved. Práce, Hydinárstvo* 9: 21-39.
- , GROM, A. & PETRAS, G. 1971. Stúdiu problémov výživy husí. 6. Utilizácia nebielkovinového dusíka z mocoviny a citrónanu amónneho vo výžive husí. (Problems of feeding geese. 6. Utilisation of non-protein nitrogen from urea and ammonium citrate in diets for geese). *Ved. Práce, Hydinárstvo* 11: 83-104.
- & DOVALOVA, M. 1971. Studium problémov výživy husí. 7. Rastový efekt nebielkovinového dusíka fosfátu amónneho vo výžive húsat. (Problems of feeding geese. 7. Effect of the nonprotein nitrogen of ammonium phosphate in the diet on the growth of goslings). *Ved. Práce Hydinárstvo* 11: 105-121.
- & GROM, A. 1972. Mocovina ako zdroj nebielkovinového dusíka vo výkrme kurciat. (Urea as a source of nonprotein nitrogen for fattening chickens). *Ved. Práce, Hydinárstvo*, 12: 63-74.
- KOLSTAD, N. & LIEN, S. 1974. Eggproduksjon og forutnyttelse ved ulike proteinnivåer i foret til verpehoner. *Medlinger fra Norges Landbruks-høgskole* 53. Nr 34.
- KORNEGAY, E.T., MILLER, E.R., ULLREY, D.E., VINCENT, B.H. & HOEFER, S.A. 1965. Influence of dietary urea on performance, antibody production and hematology of growing swine. *J. Anim. Sci.* 24: 951-954.
- , MOSANGHIRI, V. & SNEE, R.D. 1970. Urea and amino acid supplementation of swine diets. *J. Nutr.* 100: 330-340.

- KOSHAROV, A.N., AITOVA, M.D. & MATERIKINA, M.I. 1971. Vliyanie solei ammoniya na rost i razvitie myasnykh tsyplyat. (Effect of ammonium salts on growth and development of meat chickens.) Doklady Vsesoyuznoi Ordena Lenina Akademii Sel'skokhozyaistvennykh Nauk. 37-39.
- , KARDAKOV, N.A., AITOVA, H.D., KOSHAROVA, L.M., BYAKHOVA, Z.A & SHEPEL, L.J. 1971. Puti ispol'zovaniya azota ammoniinykh solei organizmom ptitsy. (Pathways of utilization of nitrogen from ammonium salts in poultry.) Moscow, USSR, Izdatel'stvo Kolos. 265-272.
- LARDY, H.A. & FELDOTT, G. 1949. The net utilization of ammonium nitrogen by the growing rat. J. Biol. Chem. 179: 509. (Ref. Eggum, B.O. & Christensen, K.D. 1973.)
- LASTOVKOVA, J. & VARHANIK, J. 1973. Fyzikalne chemicke sledovani synteticke mocoviny pri vykmu brojleru cerealni krmnou smesi pomoci stabilniho izotopu  $^{15}\text{N}$ . (A physicalchemical investigation of synthetic urea in the fattening of broilers with a cercal feed mixture by means of a stable  $^{15}\text{N}$  isotope.) Zivocisna vyroba (Praha) 18: 537-542.
- LAUTNER, V. 1967. Vliv doplnku L-tryptofanu mocoviny a thiomocoviny na vyuziti axeroftolu a karotenoidu u nosnic. (Effect of supplements of L-tryptofan, urea and thiourea on the utilisation of axerophthol and carotenoids in laying hens.) Biol. Chem. Vyz. Zvirat. 3: 261-266.
- LEBAS, F., & COLIN, M. 1973. Effect de l'addition d'urée a un regime pauvre en protéines chez le lapin en croissance. (Effect of adding urea to a poor protein diet in growing rabbits.) Ann. Zootech. 22: 111-113.
- LEE, D.J.W. & BLAIR, R. 1972. Effects on chick growth of adding various non-protein nitrogen sources or dried autoclaved poultry manure to diets containing crystalline essential amino acids. Brit. Poult. Sci. 13: 246-249.
- , Mc NAB, J.M., SHANNON, D.W.F. & BLAIR, R. 1972. Enzyme studies with the livers of chicks fed semisynthetic diets containing crystalline amino acids and diammonium hydrogen citrate. Brit. Poult. Sci. 13: 229-235.
- , ROBBLEE, A.R. & BLAIR, R. 1976. The use of growth and lives aspartate aminotransferase to asses the effect of source of non-essential nitrogen on pyridoxine depletion, repletion and requirements of chicks. Br. Poult. Sci., 17: 43-51.
- LIU, C.H., HAYS, V.W., SVEC, H.J., CARTRON, D.V., ASHTON, G.C. & SPEER, V.C. 1955. The fate of urea in growing pigs. J. Nutr. 57: 241-247.
- LOOSLI, J.K., WILLIAMS, H.H., THOMAS, W.E., FERRIS, F.H. & MAYNARD, L.A. 1949. Synthesis of amino acids in the rumen. Science 110: 144-145.
- MACHLIN, L.J. & GORDON, R.J. 1957. Effect of protein level on the requirement of chick for non-specific nitrogen, glycine and sulfur amino acids. Poult. Sci. 36: 1137 (Abstr.).

- MASON, V.C. & PALMER, R. 1971. Studies on the digestibility and utilization of the nitrogen of irradiated rumen bacteria by rats. *J. Agr. Sci., Camb.* 76: 567. (Ref. Møller, P.D. 1973).
- MAYNARD, L.A. & LOOSLI, J.K. 1969. *Animal Nutrition*, 613 p., sixth edition, New York.
- McCULLOUGH, H. 1967. *Clin. Chem. Acta* 17: 297-304.
- McKEEN, H.S., ROBERTSON, R.N. & LEE, J.E. 1955. *Austr. J. Biol. Sci.* 8: 137. (Ref. Zorita, E. 1969).
- McLAREN, G.A., CAMPBELL, C.D., WELCH, J.A., ANDERSON, G.C. & SMITH, G.S. 1958. A microbiological assay for the determination of the utilization of NPN compounds by rumen bacteria. *J. Anim. Sci.* 17: 1191. (Abstr.).
- McNAB, J.M., LEE, D.J. & SHANNON, D.W.F. 1970. The incorporation of ammonium nitrogen into amino acids by chick liver homogenates. *Proc. Nutr. Soc.* 29: 24 A. (Ref. Blair, R. 1972).
- , LEE, D.J.W. & SHANNON, D.W.F. 1972. The growth of broiler chickens fed low-protein diets containing triammonium citrate, diammonium hydrogencitrate and autoclaved dried poultry manure. *Brit. Poult. Sci.* 13: 357-364.
- , SHANNON, D.W.F. & BLAIR, R. 1974. The nutritive value of a sample of dried poultry manure for the laying hen. *Brit. Poult. Sci.* 15: 159-166.
- MEISTER, A. 1956. Metabolism of glutamine. *Physiol. Rev.* 36: 103-127.
- Van der MEULEN, J.B. 1943. The effect of urea in the feeding of laying hens. *Landoun kund Tijdschr.* 55: 5-10. (Ref. Featherston, W.R. 1967).
- MILLER, D. 1973. Chick growth response from nitrogenous compounds fed with suboptimal level of protein. *Poult. Sci.* 52: 1059-1064.
- & KIFER, R.R. 1970. Effect of glutamic acid and antiacids on chick bioassay of protein quality of fish meals. *Poult. Sci.* 49: 1327-1334.
- MØLLER, P.D. 1973. Forskellige kulhydraters indflydelse på udnyttelsen af urea til malkekøer. 412. beretning fra forsøgslaboratoriet: 1-9.
- MORAN, E.T., SUMMERS, J.D. & PEPPER, W.F. 1967. Effect of non-protein-nitrogen supplementation of low protein rations on laying hen performance with a note on essential amino acid requirements. *Poult. Sci.* 46: 1134-1144.
- MULLER, R.D. & BALLOUN, S.L. 1974. Response to methionine supplementation of Leghorn hens fed lowprotein corn-soybeanmeal diets. *Poult. Sci.* 53: 1463-1475.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES- National Research Council (NRC), 1971. Nutrient requirements of poultry, 1: 15.



- NELSON, D.D. 1969. Protein and nonprotein nitrogen utilization in the horse. Dissert. Abstr. Internat. (B), 30: 4446 B-4447 B.
- NEVANLINNA, H.R., FURURJELM, U. & NUUTINEN, M. 1964. Hemoglobiinin määrittäksen standardointi. Duodecim 80: 206-211.
- NITIS, I.M. 1963-1968. The effect of urea supplement on duck egg production. Fac. Vet. Sci. Anim. Husb., Udayana Univ. Abstr. Publ. 19-20.
- NOLAN, J.V. & LENG, R.A. 1972. Dynamic aspects of ammonia and urea metabolism in sheep. Brit. J. Nutr. 27: 177-194.
- OKUMURA, J. & TASAKI, I. 1968. Urinary nitrogen excretion in fowls fed acid or alkali. J. Nutr. 95: 148-152.
- OLSEN, E.M., HILL, D.C. & BRANION, H.D. 1963. The effect of dietary diammonium citrate on glutamine and glutamic acid concentration in the blood plasma of chicks. Poult. Sci. 42: 1177-1181.
- PASTUSZEWSKA, B. 1967. The use of urea in the nutrition of baby pigs. Rosz. Nauk. Rol. (B), 89: 503-509.
- PETERSON, D.W., BOND, D.C. & LANGBEHN, L.L. 1971. Growth responses of chicks to D- and L-isomers of glutamic and aspartic acids. Fed. Proc. 30: Abstr. 232.
- PIEPENBROCK, A. 1927. Das Problem des Eiweissersatzes durch Harnstoff bei der Tierernährung. Fortschr. Landw: 2: 260-265. (Ref. Hoefer, J.A. 1967).
- PLATTER, P.D., PEO, E.R.Jr., VIPPERMAN, P.E. & CUNNINGHAM, P.J. 1973. Effect of amino acids on non-protein nitrogen utilization by C-F swine. J. Anim. Sci. 37: 514-522.
- RAUCH, W. 1968. Eier. Handbuch der Lebensmittelchemie. Band III, 2. Teil: 879-961. Berlin-Heidelberg-New York.
- REID, B.L., SVACHA, A.J., DORFLINGER, R.L. & WEBER, C.W. 1972. Non-protein nitrogen studies in laying hens. Poult. Sci. 51: 1234-1243.
- RENNER, R. 1969. Effectiveness of various sources of non-essential nitrogen in promoting growth of chicks fed carbohydrate-containing and "carbohydrate-free" diets. J. Nutr. 98: 297-302.
- RERAT, A. & BOURDON, D. 1974. Valeur nutritive de l'uree comme source d'azote indifférencié en présence ou non de lactose chez le pore en croissance finition. Ann. Zootech. 23: 398-400.
- RINEHART, K.E., SNETSINGER, D.C., RAGLAND, W.W. & ZIMMERMAN, R.A. 1973. Feeding value of dehydrated poultry waste. Poult. Sci. 52: 2078. (Abstr.).
- RITTENBERG, D., SCHOENHEIMER, R. & KESTON, H.S. 1939. Studies in protein metabolism IX The utilization of ammonia by normal rats on a stock diet. J. Biol. Chem. 128: 603. (Ref. Eggum, B.O. & Christensen, K.D. 1973).

- ROSE, W.C., SMITH, L.C., WOMACH, M. & SHANE, M. 1949. The utilization of the nitrogen of ammonium salts, urea and certain other compounds in the synthesis of non-essential amino acids in vivo. *J. Biol. Chem.* 181: 307. (Ref. Eggum, B.O. & Christensen, K.D. 1973).
- SALTER, D.N. & COATES, M.E. 1971. The influence of the microflora of the alimentary tract on protein digestion in the chick. *Brit. J. Nutr.* 26: 55-69.
- SCHWENKE, K.D. & RAAB, B. 1973. Über Samenproteine. 1. Fraktionenverteilung der Proteine aus Sonnenblumensamen. *Nahrung.* 17: 373-379.
- SCOTT, M.L. 1975. Nutrient requirements of chickens, tuckeys. *Feedstuffs* 47, sept. 19, Year book issue : 58, 60.
- , DEAN, W.F. & SMITH, R.E. 1963. Studies on the non-specific nitrogen requirement of chicks fed a crystalline amino acid diet. *Poult. Sci.* 42: 1305 (Abstr.).
  - , HUSTON, R.L. & KELLY, M. 1966. The effect of various supplements on the growth of chicks fed a crystalline amino acid diet. *Poult. Sci.* 45: 1123 (Abstr.).
  - , NESHEIM, M.C. & YOUNG, R.J. 1971. *Nutrition of the Chicken*, 511 p. second printing. Ithaca, New York.
- SCRIMSHAW, N.S., YOUNG, V.R., SCHAWARTZ, R., PICHE, M.L. & DAS, J.B. 1966. Minimum dietary essential amino acid-to-total nitrogen ratio for whole egg protein fed to young men. *J. Nutr.* 89: 9-18. (Ref. Eggum, B.O. & Christensen, K.O. 1973).
- SHANNON, D.W.F., BLAIR, R. & D'MELLO, J.P.F. 1969. Utilisation of ammonium nitrogen by the adult hen. *Brit. Poult. Sci.* 10: 381-383.
- , BLAIR, R., McNAB, J.M. & LEE, D.J.N. 1970. Effects on chick growth of adding glutamic acid or diammonium citrate to diets containing crystalline essential amino acids. *Proc. Nutr. Soc.* 29: 23 A.
  - , BLAIR, R. & LEE, D.J.W. 1973. Chemical and bacteriological composition and the metabolisable energy value of eight samples of dried poultry waste produced in the United Kingdom. 4th. European Poult. Conf.: 487-494.
- SLINGER, S.J., PEPPER, W.F., HILL, D.C. & BRANION, H.D. 1952. Effect of penicillin on the growth and feed efficiency of chicks fed urea. *Poult. Sci.* 31: 1106-1108.
- SLOAN, D.R. & HARMS, R.H. 1973. The effect of incorporating hen manure into the diet of young chickens. *Poult. Sci.* 52: 803-805.
- SNYDERMAN, S.E., HOLT, L.E., Jr., DANCIS, J., ROITMAN, E., BOYER, A & BALIS, M.E. 1962. "Unessential" nitrogen: a limiting factor in human growth. *J. Nutr.* 78: 57-72.
- SOLBERG, J. 1971. Effects on layers of different levels of protein, hening meal, methionine and lysine in their diet. *Archiv für Geflügelkunde* 35: 164-169.

- SPRINSON, D. & RITTENBERG, D. 1949. The rate of utilization of ammonia for protein synthesis. *J. Biol. Chem.* 180: 707. (Ref. Eggum, B.O. & Christensen, K.D. 1973.)
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. 1960. Principles and Mecedures of statistics. 481 p. New York.
- STIBIC, J. & CMUNT, F. 1974. Vliv Pridavku mocoviny na bilanci dusiku u prasat. (The effect of urea supplement on nitrogen balance in pigs.) *Zivosna vyroba (Praha)* 19: 861-869.
- SUGAHARA, M. & ARIOYSHI, S. 1967. The nutritional value of the individual non-essential amino acids as the nitrogen source in the chick nutrition. *Agr. Biol. Chem. Tokyo, Japan* 31: 1270-1275. (Ref. Blair, R. 1972).
- 1968. The role of dispensable amino acids for the maximum growth of chicks. *Agr. Biol. Chem., Tokyo, Japan* 32: 153-160. (Ref. Blair, R. 1972).
- SULLIVAN, T.W. & BIRD, H.R. 1957. Effect of quantity and source of dietary nitrogen on the utilization of the hydroxy analogues of methione and glycine by chicks. *J Nutr.* 62: 143-150.
- SUNDE, M.L. 1972. Utilization of D- and DL-amino acids and analogs. *Poult. Sci.* 51: 44-55.
- THAYER, R.H., HUBBELL, G.E., KASBOFM, J.A., MORRI, J.D. & NELSON, R.D. 1973. Protein and energy intake requirements for laying hens. *Anim. Sci. Res.:* 219-226.
- WALDROUP, P.W. & HAZEN, K.R. 1974. Ref. Bundlie, E. *Feedstuffs* July 1: 19.
- VALINIECE, M., Jr. 1968. Ob ispel'zovanii azota moceviny kak casticnogo zamenitelja azota kormovogo proteina v racione cypljat. (Urea N as a part substitute for protein N in feeds for chickens.) *Izv. Akad. Nauk. Latv. SSR*, 11: 80-84.
- VARNANIK, J. & LASTOVKOVA, J. 1972. Vliv krmne smesi se syntetickou mocovinou na kvalitu brojleriho masa. (The effect of feed mixture with synthetic urea on the quality of broiler meat. *Zivocisná vyroba (Praha)* 17: 841-846.
- WEHBEIN, G.F., VIPPERMAN, P.E. Jr., PEO, E.R. Jr. & CUNNINGHAM, P.J. 1970. Diammonium citrate and diammonium phosphate as sources of dietary nitrogen for growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 31: 327-332.
- WELLER, R.A., PILGRIM, A.F. & GRAY, F.V. 1962. Digestion of foodstufes in the rumen of the sheep and the passage of digesta through its compartments. 3. The progress of nitrogen digestion. *Brit. J. Nutr.* 16: 83-97.

- VIALARD, V. & RAYNAUD, P. 1966. Recherches sur l'utilisation de l'uree par les microorganismes de l'estomac de lapin. (Utilization of urea by microorganism in the stomach of the rabbit.) C.R. Soc. Biol. 160: 2478-2483.
- VIRTANEN, A.I. 1966. Milk production of cows on protein-free feed. Science 153: 1603-1614.
- VISINESCU, N. & SACHELARIE, F. 1972. Efectul substituirii partiale a proteinei din furaje pira continut ruminal si uree asupra ingrasarii porcilor. (Partial substitution of protein by rumen contents and urea in the diet of fattening pigs.) Lucralile Stiintifice ale Institutului de Cercetari pentru Nutritie Animala 1: 281-289.
- WIXOM, R.L., PIPKIN, G.E. & DAY, L.P. 1955. Interrelationship of serine and glycine for chick growth. J. Nutr. 56: 409-422.
- VOGT, H. 1973. Geflügeltrockenkot im Legehennenfutter. Kleintierzucht in Forschung und Lehre 22: 29.
- . 1973. Energiebedarf der Legehenne. Deutsche Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion. Nr. 34: 996-997.
- YOUNG, R.J., GRIFFITH, M., DESAI, I.D. & SCOTT, M.L. 1965. The response of laying hens fed low protein diets to glutamic acid and diammonium citrate. Poult. Sci. 44: 1428 (Abstr.).
- ZNANIEĆKA, G., CHOMYSZYN, M. & SZYMKIEWICZ, M. 1969. Próba zastosowania mocznika wzywieniu gasiat. (Urea for goslings). Rocz. Nauk. rol. (B) 91: 457-462.
- ZENISEK, Z. & LAUTNER, V. 1969. Vyuziti nebílkovinnych dusikatých látek-mocoviny v krmné dávec nosnic. (Non-protein N, urea, for laying hens.) Zivoc. Výr. 14: 261-268.
- ZORITA, E. 1967. Nichteiveissartige Stickstoffverbindungen ("Amide") als Futtermittel. Handbuch der Futtermittel. Dritter Band, p. 286-311. Hamburg-Berlin.

