

OPTIMAALSETE SÖÖDARATSIOONIDE KOOSTAMINE SIGADELE

J. Tõlp, J. Roots, R. Põldaru

Meie vabariigi seakasvatavate ees on mitmeid aastaid olnud põhiküsimuseks odavam ja tervislik liha tootmine. Sigade söötmine moodustab lihatootmise kuludest kõige suurema osa. Nende kulude vähenemine alandaks sealihatootmise omahinda. Üheks söödakulude vähendamise võimaluseks on tasakaalustatud (võimalikult normidele vastavate) söödaratsioonide koostamine meie kättesaadavatest söötadest ja söödalisanditest. Eestis on olemas mitmeid jõusöödatööstusi, kus valmistatakse sigadele (vastavalt vanuserühmadele) täisratsioonilisi segajõusöötasid, kuid üheks võimaluseks on ka kohapeal söödasegude koostamine. Selliste segude koostamisel on võimalik kasutada arvutite abi. Kohapeal söödasegude valmistamine vajab küll lisaseadmeid, kuid arvutuste kohaselt on võimalik koostada odavamaid söödasegusid võrreldes tööstuslikult toodetavatega ja see võib lõppkokkuvõttes anda enam kasumit.

Omatoodetud söötade omahindade ja ka ostusöötade hindade erinevuste tõttu võivad optimaalsed söödaratsioonid olla ka samade loomaliikide ja -rühmade jaoks erineva koostisega. Seetõttu ühe ja sama koostisega ratsioonide kasutamine ei pruugi alati olla kõige efektiivsem söötade kasutamise viis. Majanduslikult kõige efektiivsem söödakasutus saavutatakse aga siis, kui iga konkreetse, muutunud olukorra jaoks toimub uue söödaratsiooni koostamine.

EPMÜ informaatika instituudis on väljatöötamisel arvutiprogramm sigadele optimaalsete söödaratsioonide mudelite koostamise automatiseerimiseks tabelarvutussüsteemis "Excel". Antud programm on oma olemuselt universaalne, kuid tema abil on võimalik eelkõige koostada automaatselt söödaratsiooni optimeerimise mudeleid. Söödaratsiooni mudeli koostamine on suhteliselt lihtsalt automatiseeritav (ratsionaliseeritav) mudeli iseärasuste (mudeli suhteliselt lihtne formaliseeritavus, s.t. tundmatute ja kitsenduste valiku ning lisamise (eemaldamise) suhteliselt lihtne algoritmiseeritus ja programmeeritavus jne) tõttu ning väga vajalik, et vastavalt muutunud majandamistingimustele koostada väikese töö ja ajakuluga kiiresti uued mudelid.

Kasutatavad lineaarse planeerimise mudelid omavad maatriksi või tabeli kuju. Tundmatud või otsitavad on tabeli veergudeks ja kitsendused maatriksi ridadeks. Söödaratsiooni mudelis on tundmatuteks söödad ja kitsendused määravad kindlaks ratsiooni energia-, proteiini- ja teiste näitajate sisalduse ning muud söödaratsioonile esitatavad nõuded.

Söödaratsiooni maatriksi (mudelite) koostamise automatiseerimise esimeseks eelduseks on sigade söötade andmebaasi olemasolu. Koostatud on söötade andmebaas, milles on 130 erinevat sööta. Söötade andmebaasis on söötasid käsitletud kirjetena (tabeli rida) ja söötasid iseloomustavad näitajad väljadena (veeru pealkiri). Iga sööda kohta on andmebaasis 35 näitajat, mida võiks liigitada järgnevalt:

- a) söötade toiteväärtuse andmed;
- b) söötades sisalduvad toitefaktorid;
- c) muud näitajad.

Lisaks söötade andmebaasile oli vaja luua ka sigade erinevate soo- ja vanuserühmade söötmisnormide andmebaas, st. teada toitefaktorite minimaalseid vajadusi ja lubatavaid maksimaalseid koguseid erinevate soo- ja vanuserühmade kohta. Selline info on vajalik söödaratsiooni optimeerimise mudelis kitsenduse mahu iseloomustamiseks (vabaliikmete veeru moodustamiseks). Selle andmebaasi struktuur on sarnane söötade andmebaasi struktuuriga. Andmebaasi ühe kirje moodustavad ühe loomaliigi teatud vanuserühma erinevate toitefaktorite minimaalsed vajadused ja teise kirje maksimaalsed lubatavad väärtused. Andmebaasi väljadeks on toitefaktorid analoogiliselt söötade andmebaasiga.

Põhilised operatsioonid, mida söödaratsiooni mudeli koostamisel on vaja sooritada, eeldades, et ratsiooni mudel (maatriks) saaks koostatud tabelarvutussüsteemis, kasutades varem loodud söötade ja söötmisnormide andmebaase, oleksid järgmised:

1. Loomaliigi ja vanuserühma valik söötmisnormide andmebaasist.
2. Söötade (mudeli tundmatute) valik andmebaasist. See on korraldatud dialoogre^o iimis, kasutades personaalarvutites laialdaselt kasutatavat menüüvaliku põhimõtet. Söödaratsiooni mudeli koostaja ei pruugi tööle asudes täpselt teada kõikide söötade nimetusi. Andmebaasi kirjete (söötade) nimetused kujutavad endast sisuliselt suure valikuarvuga menüüd. Valitud söötade nimetused kantakse automaatselt söödaratsiooni maatriksi vastavate veergude pealkirjadesse.

3. Toitefaktorite (mudeli kitsenduste) valik andmebaasist. See on samuti korraldatud dialoogrežiimis. Ratsiooni koostaja liigutab kursorit valikmenüül, antud juhul andmebaasi väljade nimedel (toitefaktorite nimedel), ja valib välja mudelisse lülitatava kitsenduse (toitefaktori). Seejärel dialoogi vormis ratsiooni koostaja valib kitsenduse tüübi. Valitud toitefaktorite nimetused kantakse automaatselt söödaratsiooni maatriksi vastavate ridade pealkirjadesse ja kitsenduste tunnuse veergu kirjutatakse kitsendusele vastav tunnus.
4. Maatriksi kordajate ülekandmine andmebaasist. Maatriksi kordajate ülekandmine andmebaasist toimub vastavalt valitud söötadele ja toitefaktoritele automaatselt, ilma ratsiooni mudeli koostaja sekkumiseta. Ratsiooni koostaja ülesandeks on ainult vastava operatsiooni käivitamine. Maatriksisse kantakse ainult varem välja valitud söötade ning varem välja valitud toitefaktorite vastavad väärtused. Söödaratsiooni mudeli vabaliikmed kantakse üle söötmissnormide andmebaasist. Lähteinfoks selle operatsiooni jaoks on mudeli kitsenduste nimetused ja varem sisestatud kitsenduste tüübid.

Vaadeldud nelja põhioperatsiooni abil on võimalik koostada söödaratsiooni esialgne (lihtsustatud) mudel ehk nn. mudeli toorik. Selliselt koostatud mudel ei arvesta üksikute söötade või söödarühmade lubatavaid maksimaalseid koguseid või mõningate söötade vajalikke minimaalseid koguseid. Seetõttu söödaratsiooni mudeli koostamise automatiseerimise protseduuride hulka (lisaks andmebaasidele baseeruvatele operatsioonidele) on lisatud ka mudeli muutmise operatsioonid, mis enamuses põhinevad ratsiooni koostaja ja arvuti vahelisel dialoogil. Olemasoleva mudeli ehk mudeli tooriku muutmiseks vajalikud operatsioonid on järgmised.

1. Täiendavate kitsenduste lisamine mudelisse söötade andmebaasist.
2. Kitsenduste lisamine söödaratsiooni mudelisse andmebaasi väliselt. Selle operatsiooniga lisatakse söödaratsiooni mudelisse söötade andmebaasiga mitte seotud olevad täiendavad kitsendused. Antud juhul ratsiooni koostaja ja arvuti vahelises dialoogis koostatakse uus kitsendus.
3. Söötade lisamine juba valmis söödaratsiooni mudelile söötade andmebaasist. See operatsioon kujutab endast uue tundmatu lisamist juba valmis mudelile.
4. Kitsenduste eemaldamine juba valmis mudelist. Paljudel juhtudel võib peale mudeli tooriku (konkreetse variandi) valmimist ilmned, et mõningad kitsendused on mudelis liigsed. Selleks et mitte korrata kogu mudeli koostamise tsüklit algusest peale, on ette nähtud liigsete kitsenduste eemaldamine juba praktiliselt valmis mudelist.
5. Tundmatute (söötade) eemaldamine juba valmis mudelist.

Optimaalse söödaratsiooni koostamiseks on vajalik teha vähemalt järgmised operatsioonid.

1. Laadida arvutisse tabelarvutussüsteem Excel;
2. Avada töölehel söötade andmebaasi, söötmissnormide andmebaasi ning söödaratsiooni mudeli maatriksi koostamise programmi sisaldav fail.
3. Vajaduse korral viia sisse muudatused (lisainfo) söötade andmebaasi. Juhul kui on kasutada selliseid söötasid, mida andmebaasis ei ole, või mõningate olemasolevate söötade söödaväärtus ei vasta baasis olevale, siis on enne ratsiooni koostamisele asumist võimalik söötade andmebaasi sisse viia vajalikud muudatused. Kõige tõenäolisemad muudatused puudutavad aga söötade hindasid (omahindu). On küllaltki tõenäoline, et erinevates taludes, ühistutes jne. on ühe ja sama söödaväärtuse ja keemilise koostisega söötade hinnad natuke erinevad. Sel juhul on hindade korrigeerimine kindlasti vajalik, vastasel korral ei saa me tegelikkusele vastavaid optimaalseid ratsioone.
4. Söödaratsiooni mudeli (maatriksi) koostamine dialoogrežiimis söötade ja söödanormide andmebaaside alusel.
5. Maatriksmudeli teisendamine tabelarvutussüsteemi Excel "Solveri" mudeli jaoks sobivale kujule.
6. Ülesande lahendamine "Solveri" abil.
7. Lahendustulemuste analüüs (söödaratsiooni tabeli koostamine ja väljastamine).

Kirjeldatud operatsioonide sooritamise tulemusena on söödaratsiooni optimeerimise mudeli maatriksi esialgne variant valmis, lahendatud ja analüüsitud. Enamikul juhtudel piisab sellisest maatriksist (mudelist) vajaliku ratsiooni koostamiseks. Vajaduse korral enne lahendamist maatriksmudelit täiendatakse või korrigeeritakse.

Näitena on toodud mudeli koostamine 40 kg kesiku päevase optimaalse söödaratsiooni leidmiseks. Mudeli koostamisel valiti söötade andmebaasist välja momendil kättesaadavad söödad ning arvestati kõikide söötmissnormide andmebaasis olevate näitajatega. Eespool märgitud asjaolude arvestamise tulemusena oli optimeerimismudel 35 ratsiooni piiravat tingimust (lähtudes söötmissnormidest) ja 16 tundmatut (sööta).

Tabelis 1 on toodud mudeli peamised tundmatud ja kitsendused.

Tabel 1. 40 kg kesiku söödaratsiooni maatriksi fragment / *Abstract of feed ration matrix for pigs of 40 kg*

	Tundmatud <i>Variables</i>	x ₁ Odra- jahu <i>Bar- ley flour</i>	x ₂ Nisu- jahu <i>Wheat flour</i>	x ₃ Nisu- kliid <i>Wheat bran</i>	x ₄ Soja- srott <i>Soy- bean oil meal</i>	x ₅ Liha- kondi- jahu <i>Meat- and bone meal</i>	x ₆ Lõssi- pulber <i>Dried skim- med milk</i>	x ₇ Kala- jahu <i>Fish meal</i>	x ₈ AICO III <i>Mineral mix Aico III</i>	Kitsenduse tüüp maht Type volume of constraints	
1	Metaboliseeruv energia, MJ <i>Metabolizable energy, MJ</i>	12,56	13,9	11,43	13,97	14,07	14,4	13,36	0	≥	21,6
2	Sü / <i>Feed unit</i>	1,14	1,19	0,77	1,13	1,06	1,5555	1,03	0	≥	0
3	Proteiin / <i>Protein, g</i>	112	133	151	440	420	330,0	630	0	≥	270
4	Lüsiin / <i>Lysine, g</i>	4,6	2,8	5,5	28,4	29,8	27	47,0	0	≥	13,5
5	S-aminohapped <i>S-amino acids, g</i>	3,3	3,9	3,6	12,5	13,1	9,3	25,1	0	≥	7,2
6	Treoniin <i>Threonine, g</i>	8,5	3,5	4,6	17	11,4	15,4	27,7	0	≥	9
7	Trüptofaan <i>Tryptophane, g</i>	1,3	1,2	2,4	6,5	3	4,4	6,2	0	≥	2,7
	Mineraalelemendid <i>Mineral elements</i>										
8	Ca, g	1,0	0,8	1,2	2,4	85	12,9	47,0	260	≥	9
9	P, g	3,3	3,4	8,6	6,2	51	10,0	26,0	65	≥	7,2
..19	...										
	Vitamiinid <i>Vitamins</i>										
20.. 27	B ₁ - vitamiin <i>B₁-vitamin, mg</i>	5	5	8	6,8	0,5	4,5	0,9	34	≥	1,8
28..	Täiendavad kitsendused <i>Additional constraints</i>										
35	Loomne proteiin <i>Animal protein, g</i>					420	330	630		≥	40
	Sihifunktsioon <i>Objective function</i>	1,74	1,85	1,5	4,0	4,5	12,0	7,5	5,95	→	min

Mudeli kitsenduste peamised rühmad on:

- toitefaktorite kitsendused;
- erinevate söödarühmade kitsendused;
- söötade omavahelisi vahakordi iseloomustavad kitsendused.

Sihifunktsiooniks ehk ülesande lahendamise eesmärgiks on saada minimaalse maksumusega söödaratsioon.

Tabelis 2 on toodud eelpool koostatud mudeli alusel leitud optimaalne söödaratsioon 40 kg kesikule. Antud tabelist selgub, et lahendisse on lülitatud vaid 6 sööta. Metaboliseeruv energia on suures osas kaetud tera- ja kaunviljaga. Loomse proteiini allikaks ratsioonis on liha-kondijahu ja kogu proteiinist moodustab loomne proteiin 13,6 %. Ratsiooni maksumuseks kujunes 3,73 krooni.

Tabel 2. Optimaalne söödaratsioon 40 kg kesikule / *Optimal feed ration for 40 kg pigs*

Söödad / Feeds	Hernejahu <i>Pea meal</i>	Nisujahu <i>Wheat flour</i>	Nisu- kliid <i>Wheat bran</i>	Sojasrott <i>Soy bean oil meal</i>	Liha- kondijahu <i>Meat-and-bone meal</i>	AICO III <i>Mineral mix</i>	Vajadus <i>Required</i>	Rat- sioonis <i>In ration</i>
Näitajad / Items								
Sööda kogus, kg päevas <i>Feed, kg/d</i>	0,280	0,970	0,15	0,09	0,09	0,014	×	×
Metaboliseeruv energia <i>Metabolizable energy, MJ</i>	3,78	13,5	1,70	1,26	1,34	0	21,6	21,6
Sü / <i>Feed unit</i>	0,34	1,16	0,11	0,10	0,10	0	×	1,82
Proteiin / <i>Protein, g</i>	62	129	22	40	40	0	270	294
Lüsiin / <i>Lysine, g</i>	4,5	2,7	0,8	2,6	2,8	0	13,5	13,5
S-aminohapped / <i>S-amino acids, g</i>	1,6	3,8	0,5	1,1	1,2	0	7,2	8,3
Kaltsium / <i>Calcium, g</i>	0,44	0,78	0,18	0,22	8,1	3,7	9	13,5
Fosfor / <i>Phosphorus, g</i>	1,2	3,3		0,6	4,8	0,9	7,2	12,1
B ₁₂ -vitamiin / <i>B₁₂-vitamin, µg</i>	0	0	0	0	7,0	10,1	9	17,1
Maksumus / <i>Cost, EEK</i>	0,83	1,80	0,22	0,36	0,42	0,1	×	3,73

Eespool toodud mudeli (samad söödad ja kitsendused) alusel on koostatud optimaalsed ratsioonid ka teiste nuumikute vanuserühmadele ja nende alusel arvutatud kogu söödakulu 17 kg põrsaste üleskasvatamisest kuni sigade 95 kg kehamassi saavutamiseni, milleks kuluks 124 päeva. Optimaalsete ratsioonidega söötes kujuneks 1 kg massi-iibe omahinnaks 14,42 krooni.

Võrdluseks on sama meetodika alusel kalkuleeritud arvutuslikud 1 kg massi-iibe omahinnad veel kahes erinevas variandis. Esimesel juhul on söödaratsioonis kasutatud Taebas asuva Farm Plant Eesti AS poolt toodetud söötasid ja teisel juhul Taani firma "Scanmills" täiendsööta "Pomes" koos odra- ja nisujahuga. Taebas toodetud jõusöödale on lisatud Kiltis asuva firma AICO poolt toodetud söödalisandeid. Ratsioonide "Pomes + oder + nisu" kasutamise korral kujunes 1 kg massi-iibe arvutuslikuks omahinnaks 15,09 krooni ning Taebla jõusööda baasil koostatud ratsioonide korral 17,79 krooni. Viimase põhjustas startersööda kõrge omahind. Seejuures tuleb märkida, et "Pomes + oder + nisu" ratsioonid ei ole kõikide toitefaktorite osas tasakaalustatud. Toodud võrdlusest järeldub, et eespool toodud meetodikat kasutades on võimalik koostada odavamaid ja täielikult tasakaalustatud söödaratsioone, ning seega vähendada söödakulusid sealih tootmisel ja suurendada sealih tootmise efektiivsust.

The Formation Process of Optimum Models of a Feed Ration for Pigs

J. Tölp, J. Roots, R. Põldaru

Summary

The Institute of Informatics has worked out a reliable and user-friendly system to automatise the formulation process of linear programming models (optimum models of a feed ration). This system includes appropriate software written in "Excel" and databases of pigs' feeds (over 100 feeds and 35 nutritional factors) and feeding norms (different gender and age groups). On the basis of databases it is possible to formulate new optimum feed rations appropriate to the changed situation (change in feed prices, new feeds on the market, running out of feeds used, etc). The optimum rations of piglets, growers and fattening pigs proved to be considerably more effective (cheaper and completely balanced) in comparison with the other recommended rations and will therefore enable us to increase the effectiveness of pork production.