

LÄMMASTIKVÄETISTE MÕJU SÖÖDATERAVILJA SAAGILE JA KVALITEEDILE

A. Linnutaja, H. Kärblane

Proteiiniprobleemi lahendamisel pälvib käesoleval ajal üha rohkem tähelepanu teravilja proteiin, millega suudetakse katta kogu planeedi proteiinitarbest 50 % (Plarre, 1971). Kahjuks ei ole Eestis viljeldavate teraviljade (oder, kaer, nisu) valk bioloogiliselt eriti täisväärtuslik, soovida jätab eelkõige selle vähene lüsiinisaldus.

Eestis saaks toota 1,1...1,2 mln. tonni teravilja, millest 260 tuh. tonni kasutatakse toiduks, 690...790 tuh. tonni söödaks ja 150 tuh. tonni seemneks (Allas, 1992). Seega suur osa toodetud teraviljast leiaks söödana kasutamist. Söödateraviljade külvipind Eestis on viimastel aastatel langenud aga alla 300 000 ha. Et nimetatud kasvupinnalt saada vajalik söödaviljakogus, tuleb teravilja saagikust suurendada. Üheks võtteks hektarisaakide suurendamisel on teraviljade õige väetamine, eriti lämmastikväetistega. Kuid lämmastikväetised ei mõjuta mitte ainult saagi suurust, vaid oluliselt ka selle energeetilist ja proteiinset toiteväärtust.

Söödateraviljadest kasvatatakse meil peamiselt otra ja kaera. Vähesel määral kasutatakse söödaviljana ka toidunisu kvaliteedinõuetele mittevastavat nisu. Odra ja kaera proteiinisaldus on tavaliselt 10...12 %, mis on 2...4 % võrra vajalikust vähem. Söödateraviljade toiteväärtuse hindamisel on oluliseks kriteeriumiks proteiini ning tema ühe tähtsama komponendi – lüsiini sisaldus terades. See sõltub mitmete teiste tegurite kõrval oluliselt ka lämmastikuga väetamisest (Karamete, Popescu, 1970; Woodham, 1973).

Schmalfluss jt. (1938) väitsid juba enne Teist maailmasõda, et hilisemates kasvufaasides teraviljade lämmastikuga väetamisel langeb lüsiini osatähtsus proteiinis. Viimane ongi üheks proteiini bioloogilise väärtuse languse põhjuseks.

Selgitamaks lämmastikväetiste mõju söödateraviljade saagile, saagi kvaliteedile ja söödaväärtusele korraldati Eesti Maaviljeluse Instituudi Antsla, Kuusiku, Simuna ja Tori katsejaamades aastatel 1978...1980 ning Antsla katsejaamas täiendavalt veel ka 1983. ja 1984. aastal teraviljade väetuskatsed. Katsed rajati dr. A. Piho poolt koostatud katsekava alusel. Kõik keemilised analüüsid tehti instituudi kesklaboratooriumis A. Linnutaja juhendamisel.

Materjal ja meetodika

Katsed korraldati 5 erineval mullal, mis paiknesid katsejaamades järgmiselt: rähkne liivsavimuld Kuusikul, leetjas liivsavimuld Simunas, leetunud liivmuld Antslas, leetjas glei-savimuld Toril ja küllastunud glei-saviliivmuld Kuusikul.

Kõik katsed toimusid fosfor- ja kaaliumväetiste foonil. Superfosfaadiga anti hektarile 90 kg P_2O_5 ja kaaliumkloriidiga 90 kg K_2O . Foonväetised anti külvielse kultiveerimise alla. Lämmastikväetisena kasutati ammooniumsalpeetrit, millega odra ja kaera väetamisel anti hektarile järgmised kogused lämmastikku: 1. N_{30} külvielselt, 2. N_{90} külvielselt, 3. N_{90} külvielselt + N_{40} enne loomist, 4. N_{130} külvielselt ja 5. N_{190} külvielselt. Suvinisule on kõik lämmastikuannused ha kohta 30 kg võrra suuremad, varasele odrale 'Otra' aga 30 kg võrra väiksemad.

Katsemuldade agrokeemilisi omadusi on Piho (1969) poolt juba trükis käsitletud, mispärast siinkohal nendel ei peatuta.

Saagimaterjali (terade) keemilis-bioloogiliseks uurimiseks võeti koristamisjärgselt keskmised proovid. Terad kuivatati alla 40 °C temperatuuril.

Katsekultuuridena kasvatati Eestis tol ajal enamlevinud ja perspektiivseid lepis- ja intensiivsorte: otradest 'Maja', 'Akka', 'Hellas', 'Nadja', 'Otra', 'Miina', 'Wing', 'Julia', 'Liisa', 'Gritt' ja mitmed tol ajal numbri all olnud sordid; kaertest 'Condor', 'Selma', 'Ella' ja 'Viker' ning suvinisu 'Leningradka'.

Terade kvaliteeti määrati üldkasutatavate meetoditega (Turbas, Oll, 1969).

Aminohapete sisaldus määrati vedelikkromatograafiliselt analüsaatoril Microtechna AAA-881 ja lüsiinisaldus fluoromeetriselt dansüülkloriidiga fluoromeetril BT-1010.

Terade energiasisaldus saadi keemilisel analüüsil määratud nelja toitainerühma (proteiini, toorrasva, toorkiu ja N-ta ekstraktiivainete) protsentsuuruste korrutamisel järgmiste kordajatega: proteiin – 5,72, toorrasv – 9,50, toorkiud – 4,79 ja N-ta e.-a. – 4,17. Korrutiste summa annab brutoenergia sisalduse kcal-tes 100 g sööda kohta.

Metaboliseeruva energia arvutamiseks on mitu võimalust. Käesolevas töös saadi metaboliseeruv energia brutoenergia kaudu (Oll, Sikk, Karis, 1974), milleks brutoenergia kogust korrutati vastava abikoefitsiendiga. Viimasel ajal on energia väljendamisel üle mindud kaloritelt (cal) džaulile (J), kusjuures 1 cal = 4,186 J.

Töös kasutatud statistilisi sümboleid tuleb mõista järgmiselt:

n – vaatluste, mõõtmiste jne. arv

\bar{x} – aritmeetiline keskmine

r – paariskorrelatsiooni kordaja

* – p<0,05

** – p<0,01

*** – p<0,01

Katsete tulemused ja arutelu

Söödateraviljade saagikus

Põllumajanduskultuuride saagikust väljendatakse tavaliselt massiühikutes pinnauhiku kohta (ts/ha, t/ha). Ka vaatluse all olevates katsetes määrati teraviljade saagikus tsentnerites hektarilt. Saadud katsetulemusi on käsitletud juba mitmes varasemas artiklis (Ojaveer, 1979a, 1979b; Viil, 1979a, 1979b) ja seepärast nendel siin pikemalt ei peatuta.

Taimekasvatussaaduste loomasöödana kasutamisel hektarisaakide massiühikutes arvestamine ei rahulda, sest massiühiku söödaväärtus võib olla erinev ja seda mitte ainult erinevate teraviljaliikide (oder, kaer) ja erinevate taimeosade (tera, põhk), vaid ka ühe liigi, näiteks odra terade osas.

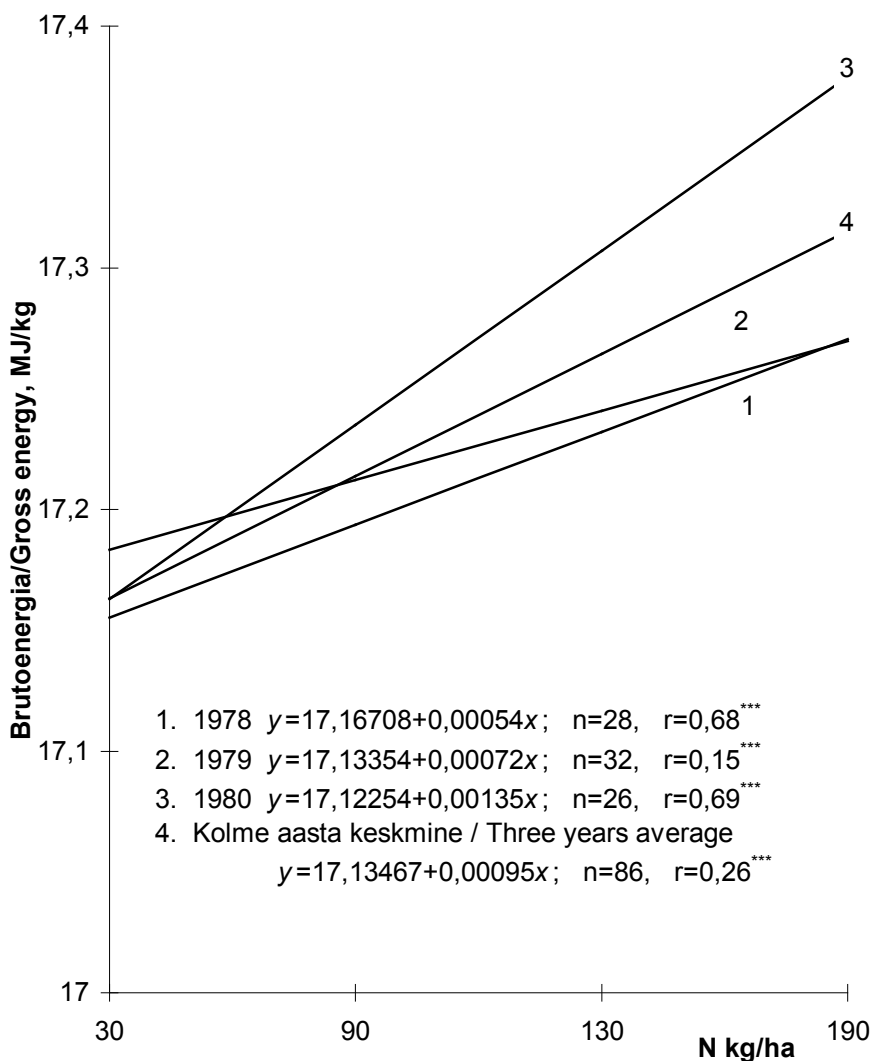
Terade energiasisaldus

Brutoenergia. Analüüsitulemustest selgub, et energiasisaldus terades sõltub teraviljaliigist. Katsetes olnud teraviljadest sisaldus katse aastate ja sortide keskmisena kõige enam energiat kaeras – 17,13 (n=86), järgnes nisu – 16,76 (n=16) ja seejärel oder – 16,64 MJ/kg (n=217).

Kuid ka ühe ja sama teraviljaliigi erinevad sordid võivad energiasisalduselt erineda. Näiteks oli kaeraterade energiasisaldus 1978. aastal 4 katsekoha keskmisena sordil 'Selma' 17,09, 'Condoril' aga 17,25 MJ/kg.

Ühe ja sama sordi energiasisaldus varieerub ka aastati. Näiteks leetunud liivmullal korraldatud katsetes sisaldas N₅₀ katsevariandis suvinisu 'Arkas' terades brutoenergiat 1983. aastal 16,63, kuid 1984. aastal 16,80 MJ/kg. Põhjuseks on siin vaatlusaluste aastate erinev ilmastik. 1983. aastat Antslas iseloomustab sademeterikas mai (120 mm) ja sademetevaene koristusperiood, sest augustis sadas ainult 5,4 mm. 1984. aasta suvi oli märksa sademetevaesem. Eriti kuiv oli mai (8,9 mm). Järelikult sademetevaesemal suvel sisaldus terades brutoenergiat rohkem.

Kaeraterade energiasisalduse sõltuvust kasvuaasta ilmastikust iseloomustavad joonisel 1 toodud andmed, mis on saadud viie erineva mulla ja kahe kaerasordi ('Selma' ja 'Condor') keskmiste näitajate alusel. Selgub, et energiarikkamad terad saadi 1980. aastal, energiavaesemad aga 1979. aastal.



Joonis 1. Lämmastikuannuste ja katseaastate mõju kaeraterade brutoenergia sisaldusele
Figure 1. Influence on nitrogen and experiment years to the content of gross energy of oat

Sademete hulgalt ja jaotuselt olid 1979. ja 1980. a. suved kaunis sarnased ja lähedased paljude aastate keskmisele. 1978. aasta suvi oli märksa sademeterikkam. Vaatlusalused aastad erinesid aga maikuu temperatuuri osas. 1979. aastat iseloomustas soe mai, 1978. ja 1980. aastat aga jahe mai. Keskmisest kõrgem maikuu temperatuur 1979. aastal põhjustaski väiksema energiasisalduse kaeraterades.

Samuti selgub, et madalal lämmastikufoonil (N_{30}) on kaeraterade energiasisaldus muldade ja sortide keskmisena kaunis lähedane, olles vaadeldavatel aastatel praktiliselt võrdne – 17,16 MJ/kg. Mida rikkalikumalt kaera lämmastikuga väetati, seda enam hakkas kaeraterade energiasisaldus aastati varieeruma ja katsevariandis N_{190} varieerus see 17,27...17,37 MJ/kg vahel.

Nagu jooniselt 1 nähtub, sõltus kaeraterade energiasisaldus kaera väetamisel kasutatud lämmastiku kogusest. Mida rikkalikumalt oli lämmastikku kasutatud, seda energiarikkamad olid kaeraterad.

Veelgi tugevamini mõjutas lämmastiku koguse (x , kg/ha) suurendamine odraterade energiasisaldust (y , MJ/kg), mis leetjal liivsavimullal korraldatud katsetes väljendus sortide 'Akka', 'Hellas', 'Nadja' ja 'Maja' ning aastate 1978...80 keskmisena järgmiselt:

$$y=16,502+0,0011x; \quad n=48, \quad r=0,46^{***}.$$

Vähe mõjutas lämmastikuga väetamine aga nisuterade energiasisaldust, kus see sordil 'Leningradka' kolme aasta ja nelja katsekoha keskmisena väljendus järgmiselt:

$$y=16,75583+0,00018x; n=27, r=0,58^{***}.$$

Järelikult lämmastikuannuse suurendamisel 30 kilogrammilt 100 kg-le suurenes 1 kg terade energiasisaldus 16,76 MJ-lt 16,77 MJ-le ehk 0,6 %. See oli tingitud asjaolust, et kõigil katses olnud muldadel (välja arvatud Simuna leetjas liivsavimuld) mõjutasid lämmastikväetised nisuterade energiasisaldust suurendavalt, leetjal liivsavimullal aga vähendavalt. Kolme katseaasta keskmisena väljendub nimetatud seos järgmiselt (võrrandi tähistused samad mis eelmises võrrandis):

$$y=16,90089-0,00082x; n=12, r=0,41^{***}.$$

Mis seda põhjustab, ei ole selge ning vajab edaspidist selgitamist.

Toodust aga järeldub, et ka kasvukoha mullastik mõjutab terade energiasisaldust ning lämmastikväetise toimet sellele. Ka võis täheldada kasvukoha mullaomadustest tingitud energiasisalduse erinevusi kaera ja odra kasvatamisel, kuid katses olnud muldade piiratud arvu juures ei saadud konstateerida kindlat seaduspärasust.

Metaboliseeruv energia. Teatavasti tarbivad loomad söödas sisalduvast brutoenergiast ainult osa. Söödas leiduva energia kasutamise aste sõltub mitmetest teguritest, millistest määravaks on looma- ja söödaliik. Kui kogu põlemisenergiast (brutoenergiast) arvata maha vastavalt loomaliigile omane rooja, uriini ja seedegaaside energia, saadakse metaboliseeruv energia.

Üleminek brutoenergialt metaboliseeruvale energiale arvutati vastavate koefitsientide alusel (Oll jt., 1974).

Tabelis 1 on toodud katsetes olnud söödateraviljade terade metaboliseeruva energia sisaldus sõltuvalt väetamiseks kasutatud lämmastiku annusest ja teravilja loomaliigiti söödaks kasutamisest.

Tabel 1. Terade metaboliseeruva energia sisalduse (MJ/kg) sõltuvus lämmastikuga väetamisest / Influence of nitrogen fertilizers to the metabolizable energy content (MJ/kg) of grain

Loomaliik, kellele söödetakse Animal art, to which fed	Lämmastikku kg/ha ¹ Nitrogen kg/ha ¹				
	30	90	130	90+40	190
Oder / Barley					
n	69	69	75	75	48
Veised / Cattle	11,68±0,01	11,72±0,01	11,75±0,01	11,77±0,01	11,78±0,01
Sead / Pig	13,18±0,01	13,22±0,01	13,25±0,01	13,28±0,01	13,29±0,01
Kanad / Poultry	11,47±0,01	11,51±0,01	11,54±0,01	11,58±0,02	11,57±0,01
Kaer / Oat					
n	28	28	32	32	16
Veised / Cattle	9,64±0,07	9,69±0,07	9,71±0,06	9,73±0,06	9,84±0,10
Sead / Pig	10,67±0,02	10,69±0,02	10,72±0,02	10,76±0,02	10,79±0,02
Kanad / Poultry	10,83±0,03	10,84±0,03	10,87±0,02	10,91±0,02	10,94±0,02
Nisu / Wheat					
n	5	5	5	5	
Veised / Cattle	12,44±0,28	12,45±0,28	12,58±0,26	12,79±0,29	
Sead / Pig	13,42±0,03	13,44±0,03	13,58±0,02	13,54±0,03	
Kanad / Poultry	13,84±0,03	13,86±0,09	14,00±0,02	13,96±0,03	

¹ Nisu väetamisel kasutati järgmisi lämmastikunorme: 60, 120, 160 ja 120+40 kg/ha / Fertilizing wheat there were used the following amounts of nitrogen: 60, 120, 160 ja 120+40 kg/ha

Katsetes leidis kinnitust väide, et otra väärindavad kõige paremini sead, kõige halvemini aga kanad. Kaera ja nisu väärindavad aga kanad sigadest kui ka veistest paremini. Sama kinnitavad ka tabelis 2 toodud andmed.

1978...80. a. korraldatud katsete tulemustest (tabel 1) selgub, et lämmastikuannuse suurendamisel suurenes ka terade metaboliseeruva energia sisaldus. Katseandmed kujutavad endast kõigi katsekohtade ja vastava teravilja kõigi katses olnud sortide keskmisi näitajaid. Seejuures lämmastikuannuse suurendamisel suurenes metaboliseeruva energia sisaldus kaera- ja nisuterades pisut enam kui odraterades. Näiteks hektarile külvatud lämmastikukoguse suurendamisel 30-lt 190 kg-le suurenes veiste söödaks mõeldud odraterades metaboliseeruva energia sisaldus 0,10, kaeraterades aga 0,20 MJ/kg.

Võrdse lämmastikukoguse kas korraga (N_{130}) või jaotatud (N_{90+40}) andmisel suurenes odra- ja kaeraterade metaboliseeruva energia sisaldus viimasel juhul enam. Nisu lämmastikuga väetamisel osutus terade energiasisalduse tõus usutavaks ($P < 0,05$) ainult nisu veisele söödaks kasutamise korral.

1983. ja 1984. aastal korraldati leetunud liivmullal söödateraviljade täiendavad väetuskatsed, kus võrreldes 1978...1980. a. korraldatud katsetega kasutati lämmastikväetise teistsuguseid norme (tabel 2).

Tabel 2. Terade metaboliseeruva energia sisalduse (MJ/kg) sõltuvus lämmastikuga väetamisest leetunud liivmullal / Dependence of metabolizable energy content (MJ/kg) of grain on fertilization with nitrogen on podzolic sandy soil

Loomaliigid, kellele söödetakse Animal art, to which fed	Lämmastikku kg/ha Nitrogen kg/ha			
	50	90	130	180
Oder / Barley				
n	14	14	14	14
Veised / Cattle	11,72±0,01	11,81±0,02	11,86±0,01	11,84±0,01
Sead / Pig	13,22±0,01	13,32±0,02	13,39±0,01	13,37±0,01
Kanad / Poultry	11,49±0,01	11,57±0,02	11,63±0,01	11,67±0,01
Kaer / Oat				
n	7	7	7	7
Veised / Cattle	9,67±0,05	9,64±0,04	9,74±0,05	9,74±0,05
Sead / Pig	10,76±0,05	10,97±0,04	10,84±0,06	10,82±0,06
Kanad / Poultry	10,92±0,05	10,94±0,04	10,91±0,06	10,88±0,13
Nisu / Wheat				
n	16	16	16	16
Veised / Cattle	12,11±0,04	12,29±0,04	12,35±0,04	12,34±0,03
Sead / Pig	13,42±0,03	13,53±0,04	13,60±0,04	13,59±0,04
Kanad / Poultry	13,88±0,03	13,95±0,05	14,02±0,04	14,01±0,04

Katseandmete dispersioonanalüüsi tulemused kinnitavad varasemates katsetes avaldunud seaduspärasust, et koos lämmastikuannuse suurendamisega suureneb ka metaboliseeruva energia sisaldus kõigi vaatluse all olnud söödateraviljade terades. Kuid erinevalt eelmistest katsetest saadi söödateraviljade leetunud liivmullal kasvatamisel maksimaalne metaboliseeruva energia sisalduse tõus terades, kui hektarile anti 130 kg lämmastikku. Edasine lämmastikuannuse suurendamine kas ei tõstnud terade energiasisaldust või kaeraterade kanale söödaks kasutamisel see isegi natuke langes.

Tabel 3. Toitefraktsioonide sisaldus odraterade kuivaines, sõltuvalt lämmastikuga väetamisest (%-des kuivainest) / Content of nutrient factors in dry matter of barley corn, depending on fertilization with nitrogen (% of DM)

N kg/ha	N-ta e.-a. Nitrogen free ext.	Toorkiud Crude fiber	Proteiin Crude protein
30	70,27±0,26	4,96±0,09	10,8±0,24
90	69,65±0,26	4,89±0,09	11,02±0,21
130	68,39±0,27	5,16±0,09	12,04±0,20
190	67,87±0,28	5,11±0,10	12,07±0,20

Põhjust tuleb otsida terade analüüsifraktsioonide (proteiin, toorkiud, N-ta e.-a.) vahekorra muutumises. Viimased sisaldavad aga erineval hulgal energiat.

Kui aga jälgiti lämmastikuannuse suurendamise mõju terade metaboliseeruva energia sisaldusele erinevatel katseaastatel, siis selgus, et see aastati usutavalt ei erinenud.

Tabelis toodud andmed iseloomustavad ilmekalt, et lämmastikväetiste suuremad annused vähendavad N-ta e.-a. sisaldust ja suurendavad toorkiu ja toorproteiini sisaldust terades.

Söödateraviljade energiasaagis

Brutoenergia. Terade brutoenergiasaagis on saadud terasaagi (ts/ha) ümberarvutamisel terade energiasisaldusele (GJ/ha). Et erinevate lämmastikukogustega väetamine mõjutas eespoolnimetatud korrutise mõlemaid tegureid, s.o. nii terasaaki kui ka energiasisaldust (terade energiasisaldust lineaarselt, terasaaki aga mittelineaarselt) ja et lämmastikväetiste toime terasaagile on suurem kui terade energiasisaldusele, siis kujunebki energiasaagise sõltuvus lämmastikuannusest ruutfunktsiooni kaudu kirjeldatava seosena.

Katsetulemuste regressioonanalüüsist selgub, et võrdse väetamise juures on brutoenergia suurima saagise andnud kaer, millele järgnevad oder ja nisu. Samuti selgub, et lämmastikuannuse suurendamisel suureneb ka energiasaagis, kuid seda lämmastikuannuse teatud tasemeni (see on erinevatel teraviljaliikidel ja isegi sortidel erinev), kust edasine lämmastiku koguse suurendamine põhjustab juba energiasaagise juurdekasvu edasise vähenemise või isegi languse.

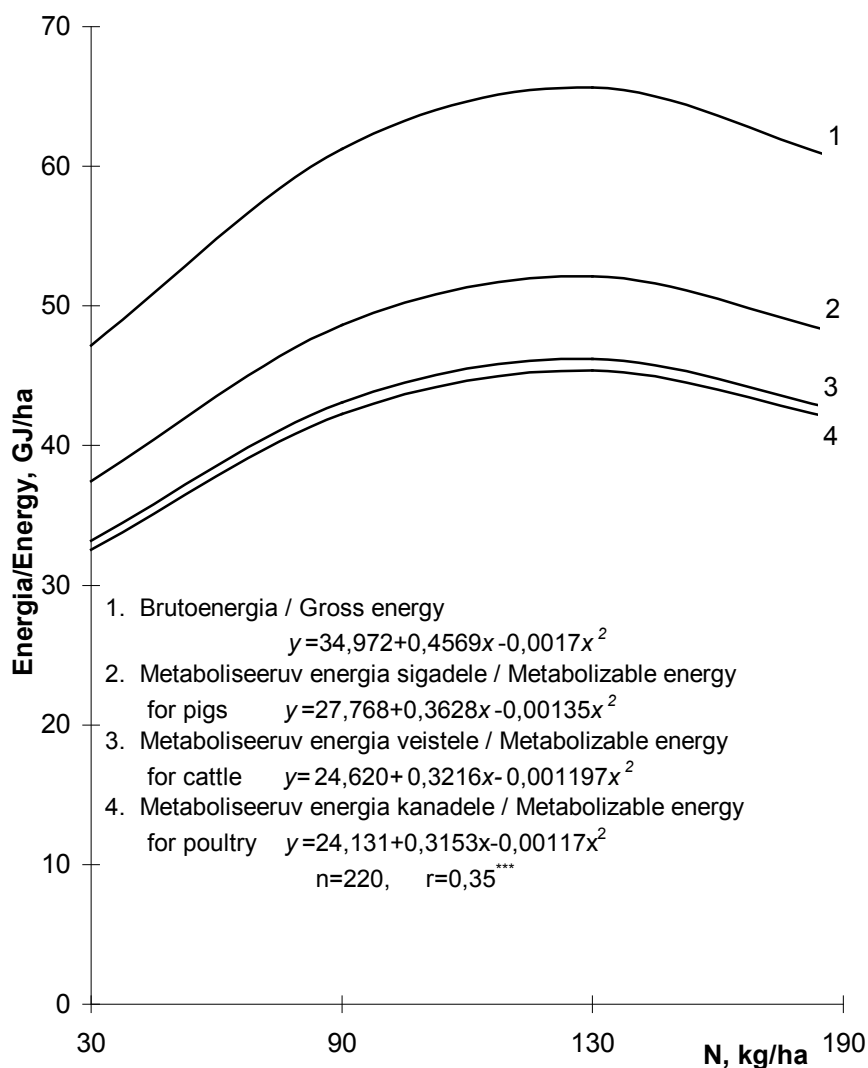
Aastatel 1978...1980 viiel erineval mullal korraldatud katsetes ja kõigi katses olnud odrasortide keskmisena väljendub lämmastikuannuse (x , kg/ha) brutoenergiasaagise (y , GJ/ha) vaheline seos [joonisel 2](#) toodud ruutfunktsioon 1 kaudu.

Selgub, et odra lämmastikuga väetamisel saadi suurim brutoenergiasaagis (65,64 GJ/ha), andes 130 kg lämmastikku hektarile. Hektarile antava lämmastikukoguse suurendamisel 30 kg-lt 130 kg-le suurenes odraterade energiasaagis 47,15 GJ-lt 65,64 GJ-le hektarilt, s.o. 39,2 %.

Sortide 'Akka', 'Hellas', 'Nadja' ja 'Maja' brutoenergiasaagise (y , GJ/ha) sõltuvust lämmastikuannusest (x , kg/ha) kahel ilmastikuliselt erineval, s.o. 1979. ja 1980. aastal, võib katsekohtade keskmisena iseloomustada järgmiselt:

$$\begin{aligned} 1979. \text{ a. } & y=18,41+0,4847x-0,00157x^2; \quad n=28, \quad r=0,75^{***}, \\ 1980. \text{ a. } & y=53,05+0,0935x-0,00022x^2; \quad n=40, \quad r=0,45^{**}. \end{aligned}$$

Nagu juba mainitud, iseloomustas 1979. aastat soe ja normaalse sademetehulgaga mai, 1980. aastat aga jahe ja eelmisest aastast natuke kuivem, kuid mitte põuane mai. Seega oli 1980. aastal teraviljade idanemisaegne temperatuurirežiim eelmise aasta omast märksa parem, mis kindlustaski sellel aastal oluliselt suurema brutoenergiasaagise hektarilt. Lämmastikväetiste efektiivsus oli 1979. aastal 1980. aasta omast märksa suurem. 1979. aastal saadi suurim brutoenergiasaagis (55,77 GJ/ha) siis, kui hektarile anti 160 kg lämmastikku, 1980. aastal aga (60,81 GJ/ha) 190 kg lämmastikuga ha kohta. See näitab ilmastiku tugevat mõju lämmastikväetiste efektiivsusele, mis muudab lämmastikväetiste planeerimise oletatava efektiivsuse alusel raskeks ja ebatäpseks. Nagu näitavad Halleri (1969) ja Piho (1974) uurimused, mõjutavad külviaegsed ilmastikutingimused ja kasvuperioodi pikkus väga oluliselt odra saagikust.



Joonis 2. Lämmastikuannuste mõju otrade bruto- ja metaboliseeruva energia saagisele
Figure 2. Influence of nitrogen on the gross and metabolizable energy in barley yield

Nisu 'Leningradka' brutoenergia saagise sõltuvus kasutatud lämmastiku kogusest väljendub aastate 1978...1980 ja katsekohtade keskmisena järgmiselt:

$$y=35,6+0,126x-0,0003x^2; n=12, r=0,61^*$$

Järelikult reageeris nisu lämmastikväetistele suhteliselt nõrgalt ja lämmastikuannuse suurendamine 100 kg võrra (N_{60} -lt N_{160} -le) suurendas hektarilt saadava brutoenergia saagist ainult 6,09 GJ võrra ehk 60 MJ 1 kg lämmastiku kohta.

Metaboliseeruv energia. Terade brutoenergiasaldust aluseks võttes arvutati abikoefitsientidega (seede- ja metaboliseeruvuse koefitsiendid) korrutamisel metaboliseeruva energia kogus erinevate loomaliikide söötmise seisukohast lähtudes.

Odra hektarisaagid ja brutoenergia ning metaboliseeruva energia saagised on sõltuvuses väetamiseks kasutatud lämmastikuannusest. Nagu nähtub jooniselt 2, jälgivad bruto- ja metaboliseeruva energia saagikõverad üksteist. Suurem lahkumine ilmneb ainult N_{30} puhul. Ruutfunktsioon 2 kujutab nimetatud sõltuvust odra sigadele söötmisel, funktsioon 3 – veistele ja funktsioon 4 – kanadele söötmisel.

Analoogselt brutoenergia saagise muutusega muutub lämmastikuannuse suurendamisel ka metaboliseeruva energia saagis.

Jooniselt 2 selgub, et bruto- ja metaboliseeruva energia saagis on tagasihoidlikumate lämmastikukogustega väetamisel väiksem kui suurte kogustega väetamisel. See aga tähendab, et lämmastikuga rikkalikul väetamisel jääb metaboliseeruva energia saagise suurenemine brutoenergia omast väiksemaks. Põhjuseks on siin see, et lämmastikväetiste suured annused alandavad saagi kvaliteeti. Lämmastikuga väetamisel suureneb just N-ta e.-a. osatähtsus. Et toitefaktorite energiasisaldus on erinev (proteiinil 5,72; kiul 4,79; N-ta e.-a. 4,17; rasval 9,50), siis ühe või teise toitefaktori osatähtsuse muutus muudab ka sööda energiasisaldust. Peab märkima, et kõigi odrasortide terades valitseb proteiini- ja N-ta e.-a. sisalduse vahel tugev negatiivne korrelatsioon ($r=-0,95^{***}$).

Analoogiliselt odraga kujunesid väetamisest tingitud bruto- ja metaboliseeruva energia saagise erinevused ka kaera ja nisu väetamisel.

Teraviljade lämmastikuga optimaalsel väetamisel kujunenud maksimaalsed metaboli-seeruva energia saagised on toodud tabelis 4.

Tabel 4. Terade metaboliseeruva energia maksimaalsed saagised (GJ/ha) veistele, sigadele ja kanadele söötisel / Maximum yield (GJ/ha) of metabolizable energy in feeding of grain to the cattle, pig and poultry

Loomaliik Art of animal	Oder Barley	Kaer Oat	Nisu Wheat
Veised / Cattle	35,11±1,13	27,35±1,71	31,64±5,73
Sead / Pig	39,39±1,31	30,20±1,93	34,10±6,18
Kanad / Poultry	34,29±1,14	30,59±1,97	35,16±6,38

Toodust selgub, et kõige kasulikum on sööta otra sigadele, nisu ja kaera aga kanadele, sest nad väärindavad mainitud teri kõige efektiivsemalt.

Lämmastikväetiste mõju söödateraviljade kvaliteedile

Proteiinisaldus. Proteiin on üheks tähtsamaks toitefaktoriks nii inimtoidus kui loomasöödas. Proteiinisaldus terades on muutlik, sõltudes väga mitmetest teguritest.

Kõigepealt sõltub see teraviljakultuuride bioloogilistest iseärasustest. Oll ja Ilus (1974) annavad nii täisteralise kaera kui ka odra keskmiseks proteiinisalduseks 11,2 %, nisul aga 13,3 %. Vaatluse all olevates katsetes olid nii kaera- kui ka odraterad enam-vähem sama suure proteiinisaldusega. Lämmastikuga optimaalsel väetamisel (N_{90}) sisaldus aastate 1978...1980, kõigi katsekohtade ja sortide 'Selma' ning 'Condor' keskmisena kaeraterades 11,19 % proteiini, samadel aastatel kõigi katsetes olnud odrasortide keskmisena aga 11,43 %. Nisu 'Leningradka' terades sisaldus vaatluse all olevatel aastatel Simuna, Kuusiku ja Tori katsekohtade keskmisena aga 13,64 % proteiini.

Isegi ühe ja sama teraviljaliigi sordid erinevad proteiinisalduselt. Aastate 1978...1980 keskmisena reastusid leetunud liivmullal kasvanud odrasordid terade proteiinisalduselt järgmiselt: 'Miina' (10,93) < 'Wing' (11,11) < 'Hellas' (11,54) < 'Maja' (11,58) < 'Akka' (11,63 %). Kuigi samadel aastatel leetjal liivsavimullal kasvanud odraterades sisaldus proteiini üldiselt vähem, reastusid odrasordid terade proteiinisalduselt enam-vähem samas järjekorras. Proteiinirikkamaks osutus varane sort 'Akka' (11,61 %) ja -vaesemaks intensiiv-sort 'Nadja' (9,09 %).

Erinevate sortide proteiinisalduse hindamisel tuli ilmsiks seaduspärasus, et proteiini-rikkamateks osutuvad varased ja lepissordid, -vaesemateks aga intensiivsordid. Sedasama kinnitavad ka Kүүtsi (1981) uurimused.

Märksa olulisemalt kui sort, mõjutas meie katsetes söödateraviljade proteiinisaldust lämmastikuga väetamine. Mida rikkalikumalt on teravilja lämmastikuga väetatud, seda enam sisaldub terades proteiini.

Seost kaeraterade proteiinisalduse (y , %) ja väetisega antud lämmastikukoguse (x , kg/ha) vahel iseloomustab järgmine regressioonvõrrand:

$$y=9,46154+0,01273x; \quad n=86, \quad r=0,40^{***}$$

Toodud seos on saadud 5 katsekoha, 3 katseaasta (1978...1980) ja kahe sordi ('Selma' ja 'Condor') keskmisena.

Nisu 'Leningradka' terade proteiinisalduse (y , %) sõltuvust kasutatud lämmastikukogusest (x , kg/ha) iseloomustab samade katsekohtade ja katseaastate andmetel leitud regressioonvõrrand:

$$y=12,0092+0,0181x; \quad n=27, \quad r=0,49^{**}$$

Üldiselt ollakse seisukohal (Tolstousov, 1976; Minejev, Artaškova, 1976), et mõõdukad lämmastikuannused ($\leq N_{90}$) mõjutavad enam teraviljade saagikust, suuremad annused aga proteiinisaldust. Lämmastikväetiste mõju teraviljade proteiinisaldusele sõltub ka lämmastiku andmise ajast. Lämmastiku mõju proteiinisalduse suurendamisele on seda suurem, mida lähemal loomisaasile lämmastik antakse (Mengel, 1972; Tolstousov, 1976). Kasutades ^{15}N , tegid Michael ja Blume (1960) kindlaks, et hilisemates kasvufaasides antud lämmastik läheb peamiselt teradesse ja väiksemal määral vegetatiivorganitesse. Lähtudes sellest soovitatatakse terade proteiinisalduse suurendamise eesmärgil lämmastikväetised, eriti nende suuremad annused, anda jaotatult (Pavlov, Minejev, 1982).

Ka vaatluse all olevates katsetes oli lämmastiku jaotatud andmise variant. Seega anti N_{130} korraga külvielse kultiveerimise alla või anti sama kogus lämmastikku jaotatult, s.o. 90 kg/ha kevadel ja 40 kg/ha loomiseelselt. Katsete tulemused kinnitasid, et N_{90} -le teraviljade loomiseelsel perioodil täiendavalt antud N_{40} mõjutas vähe saagi suurust, kuid suurendas oluliselt proteiinisaldust terades. Toodu illustreerimiseks on tabelis 5 esitatud Kuusiku ja Antsla katsejaamas aastatel 1978...1980 saadud kaera 'Condor' aastate keskmised saagi ja terade proteiinisalduse andmed.

Tabel 5. Lämmastiku jaotatud andmise mõju kaera 'Condor' saagile ja terade proteiinisaldusele / Influence of distributed nitrogen fertilizing to the yield and protein content of the oats 'Condor'

N kg/ha	Kuusiku rähkne liivsavimuld / Pebble clay loam in Kuusiku		Kuusiku küllastunud glei-saviliivimuld / Gleyed saturated sandy loam in Kuusiku		Antsla leetunud liivimuld / Podzolized sand soil in Antsla	
	terasaak yield kg/ha	proteiini- sisaldus crude protein content %	terasaak yield kg/ha	proteiini- sisaldus crude protein content %	terasaak yield kg/ha	proteiini- sisaldus crude protein content %
30	2860±380	9,02±0,64	2670±430	10,05±0,49	1890±240	11,46±2,54
90	3350±740	10,32±0,17	2780±320	11,09±0,63	2240±50	9,88±1,48
90+40	3490±540	11,63±0,22	2790±420	12,23±0,41	2020±230	11,79±1,62
130	3820±250	11,38±0,18	2810±300	12,12±0,71	2578±400	11,76±1,88

Leetunud liivmullal korraldatud katses saadud tulemused kinnitavad ka kirjanduses (Mengel, 1972; Tolstousov, 1976) sageli toodud väidet, et kui huumusvaesel mullal lämmastikväetise toime saak oluliselt suureneb, siis sageli ei kaasne sellega proteiinisalduse tõusu, vaid see võib väiksemate lämmastikuannuste puhul isegi väheneda. Nimelt piisab väikesest lämmastikukogusest ainult taimemassi suurendamiseks, kuid ei jätku lämmastikusalduse suurendamiseks saagis. Alles siis, kui lämmastikuannus ületab teatud taseme, milleks Antsla leetunud liivmullal korraldatud katses osutus 130 kg/ha, hakkab ka terade proteiinisaldus suurenema.

Lämmastikväetiste mõju teraviljade saagile ja ka terade proteiinisaldusele sõltub oluliselt ilmastikutingimustest. Sademeterikastel suvedel suureneb lämmastikuga väetamisest oluliselt saak, kuid terade proteiinisaldus muutub vähe. Kuivadel suvedel on pilt vastupidine (Mengel, 1972; Pleškov, 1975; Tolstousov, 1976; Pavlov, Minejev, 1982).

Ka vaatluse all olevates katsetes sõltus terade proteiinisaldus ilmastikust. Tabelis 6 on toodud rähksel liivsavimullal korraldatud odra väetuskatse tulemused 1978. ja 1980. aastal.

Tabel 6. Odra saagikus ja terade proteiinisaldus rähksel liivsavimullal 1978. ja 1980. aastal korraldatud katses / Yield and protein content of barley at pebble clay loam in experiments of 1978 and 1980

Sort Variety	N kg/ha	1978		1980	
		teriasaak yield kg/ha	proteiinisaldus crude protein content %	teriasaak yield kg/ha	proteiinisaldus crude protein content %
'Akka'	30	2260	9,84	990	10,67
	90	3730	10,83	1480	13,30
	130	3180	12,72	1590	14,35
'Nadja'	30	2910	8,04	1540	10,15
	90	5020	8,74	2180	11,37
	130	5120	10,23	2110	12,77
'Hellas'	30	3410	8,83	1480	10,15
	90	4570	9,25	1210	10,85
	130	4270	11,55	2440	14,35
\bar{x}			10,0		12,0

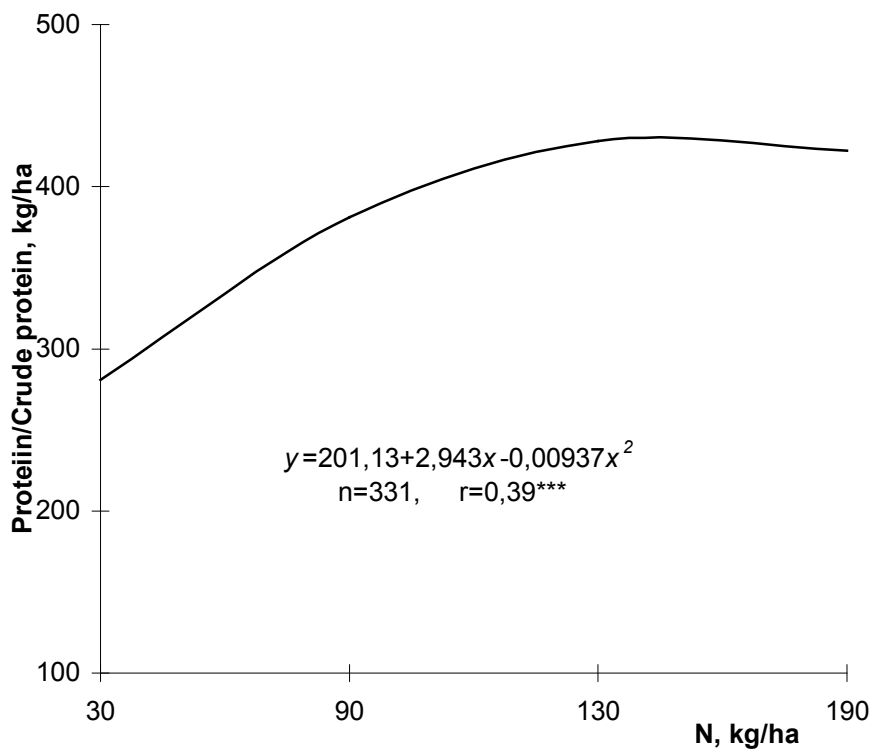
1978. aasta oli 1980ndast märksa sademeterikkam, kuna 1978. aastal mõõdeti vegetatsiooniperioodi 4 kuu (mai...august) summaarseks sademetehulgaks Kuusikul 378 mm, 1980. aastal aga 100 mm vähem. Tabeli 6 andmetest nähtub, et 1978. aasta sademeterikkal suvel oli saak suurem kui sademetevaesemal 1980. aastal, kuid terade proteiinisaldus jäi kõigis väetusvariantides madalamaks, kuigi suuremate N-väetisannuste korral tõusis ka terade proteiinisaldus.

Kirjanduses (Tolstousov, 1976; Pavlov, Minejev, 1982) leidub ka andmeid, et taimede proteiinisaldus sõltub mulla omadustest. Üldtuntud on tõsiasi, et toitainetevaestel muldadel jääb saak väikeseks. Et aga terasaagi suuruse ja terade proteiinisalduse vahel domineerib negatiivne korrelatsioon, siis toitainetevaesel mullal kasvanud teravilja terades ei ole proteiini kontsentratsioon väiksem kui viljakal mullal kasvanud terades. Ka on leitud (Minejev, Artaškova, 1976), et toitainetevaestel muldadel lämmastikuga väetamine suurendab oluliselt saaki, kuid mõjutab vähe proteiinisaldust. Eriti kehtib see väiksemate lämmastikuannuste puhul. Viljakatel muldadel toimivad lämmastikväetised vastupidiselt: nad mõjutavad vähe saagi suurust, kuid suurendavad proteiinisaldust.

Et katses oli vähe mullatüüpe (ainult 5), ei tulnud vaatlusalustes katsetes mulla omadustest tingitud mõju terade proteiinisaldusele ilmsiks. Seda varjutasid ka ilmastikust tingitud erinevused, mis on sageli märksa suuremad.

Proteiinisaagis. Söödateraviljade proteiinisaagis (hektarilt) sõltub kahest tegurist, s.o. hektarilt saadud terade massist ehk saagikusest ja terade proteiinkontsentratsioonist ehk -saldusest. Et mõlema nimetatud teguri arvulised väärtused on teraviljade kasvufaktoritest mõjutatavad, siis on ka proteiinisaagis neist sõltuv. Ühe ja sama kasvufaktori toime terasaagile ja terade proteiinisaldusele ei ole alati ühesuunalised. Et teraviljade saak varieerub märksa enam kui terade proteiinisaldus, siis sõltub ka proteiinisaagis peamiselt saagi suurusest. Et üheks saagi suurust oluliselt mõjutavaks teguriks on taimede lämmastikuga kindlustatus, tuleb ka proteiinisaagise sõltuvus kasutatud lämmastiku kogusest teravalt esile. Sõltuvalt lämmastikuga väetamisest võib ühe ja sama teravilja proteiinisaagis ha-lt 2-...3-kordselt erineda.

Joonisel 3 on kujutatud proteiinisaagise (y, kg/ha) sõltuvus kasutatud lämmastiku kogusest (x, kg/ha) kõigi katsekohtade ja vaatlusaastate ning kõigi odrasortide keskmisena.



Joonis 3. Lämmastikväetiste mõju odra proteiinisaaigisele

Figure 3. Influence of nitrogen fertilizers to the crude protein yield of barley

Toodust selgub, et koos lämmastikuannuse suurenemisega suureneb proteiinisaaigis kuni odrale proteiinitootmise seisukohalt optimaalse lämmastikukoguse saavutamiseni. Kõigi katsete ja odrasortide keskmisena oli selleks 160 kg/ha. Tuletame meelde, et terade saagikuse seisukohalt oli kõigi vaatluse all olnud katsete keskmisena optimaalseks lämmastikuannuseks 150 kg/ha, s.o. 10 kg võrra madalam. Selline optimumide erinevus on seletatav sellega, et proteiinisaaigise tõus pinnaühikult ei ole saavutatud mitte üksnes saagi suuruse, vaid ka terade proteiinisalduse arvel. Kuigi lämmastikukoguse ületamisel 150 kg/ha hakkas saak alanema, jätkus terades veel proteiinisalduse tõus. Lämmastikukoguse suurendamine üle 160 kg/ha alandas saaki aga juba sedavõrd, et see ei olnud terade proteiinisalduse arvel saadava proteiinikogusega kaetav.

Muidugi on maksimaalse proteiinisaaigise saamiseks vajaminev lämmastikukogus erinevate sortide puhul erinev. Üldse on ta lepissortidel väiksem, intensiivsortidel kõrgem. Nii avaldub lämmastikuannuse (x , kg/ha) mõju proteiinisaaigisele (y , kg/ha) sordi 'Maja' väetamisel alljärgneva valemi kohaselt:

$$y = 199,63 + 2,2652x - 0,00767x^2; \quad n = 27, \quad r = 0,35^*$$

ja sordil 'Nadja' järgmiselt:

$$y = 195,23 + 2,2395x - 0,00566x^2; \quad n = 30, \quad r = 0,52^{**}$$

Ka on maksimaalse proteiinisaaigise tootmiseks vajaminev lämmastikukogus aastati erinev, sõltudes ilmastikutingimustest. Näiteks otrade 'Akka', 'Hellas', 'Nadja' ja 'Maja' keskmisena mõjutas lämmastikuannus (x , kg/ha) proteiinisaaigist (y , kg/ha) erinevatel aastatel järgmiselt:

$$1978. \text{ a. } y = 130,51 + 2,666x - 0,0107x^2; \quad n = 42, \quad r = 0,45^{**}$$

$$1979. a. \quad y=107,69+3,272x-0,00924x^2; \quad n=28, \quad r=0,87^{***}$$

$$1980. a. \quad y=338,78+1,475x-0,00346x^2; \quad n=40, \quad r=0,58^{***}$$

Seega sademeterikkamal 1978. aastal saadi maksimaalne proteiinisaagis väiksema lämmastikuannusega (N_{120}) kui sademetevaesemal 1979. aastal (N_{180}).

Lüsiinisisaldus. Loomasööda seisukohalt on oluline, et proteiin oleks bioloogiliselt täisväärtuslik. Seda mõjutab proteiini aminohappeline koostis, eriti aga lüsiinisisaldus. Et lüsiin on proteiini üks komponent, siis kõik tegurid, mis mõjutavad taimede proteiinisisaldust, mõjutavad ka taimede lüsiinisisaldust.

Lüsiinisisaldus söödateraviljade terades varieerub laiades piirides. Ü. Oll ja A. Ilus (1974) toovad keskmiseks terade lüsiinisisalduseks nisul 2,8, odral 3,0 ja kaeral 4,6 g/kg.

Vaatluse all olevates katsetes kasvanud söödateraviljade terade kuivaines varieerus lüsiinisisaldus vahemikus 2,73...5,25 g/kg, seejuures odraterades 2,73...4,90 g/kg. Väikseima lüsiinisisaldusega (0,233 %) odraterad saadi 1978. aastal odra 'Miina' leetjal liivsavimullal kasvatamisel ja seda lämmastikuga tagasihoidliku väetamise (N_{30}) juures. Suurim sisaldus (0,490 %) oli 1980. aastal rähksel liivsavimullal kasvanud odra 'Maja' terades ja seda väetusvariandis, kus lämmastik anti jaotatult (N_{90+40}).

Üldiselt on lepissortide terad intensiivsortide omadest lüsiinirikkamad. Lüsiinirikasteks on osutunud ka varase odra 'Akka' terad, kus kuivaines sisaldub lüsiini tihti üle 0,4 %.

Meie katsetes olnud kaerasortide ('Selma', 'Condor', 'Alo') terade kuivaines sisaldus lüsiini 0,360...0,489 %, kusjuures lüsiinirikkamaks sordiks osutus 'Selma'.

Vaatluse all olnud söödateraviljadest osutus lüsiinirikkamaks suvinisu, mille terade kuivaine lüsiinisisaldus varieerus 0,460...0,525 % vahel. Seejuures sortide 'Leningradka' ja 'Arkas' terade lüsiinisisaldus oluliselt ei erinenud.

Et saagi suurus ja proteiinisisaldus enamiku uurijate (Cornelissen, 1974) andmetel on negatiivses korrelatsioonis, siis järelikult saagi suurenemisel lüsiinisisaldus terades langeb. On leitud ka (Rhodes, Jenkins, 1975), et lämmastikuga väetamisel proteiinisisaldus suureneb ja lüsiinisisaldus proteiinis väheneb. Lähtudes sellest, et terade proteiinisisalduse suurenemine toimub põhiliselt lüsiinivaese prolamiini fraktsiooni suurenemise arvel, alaneb ka proteiini bioloogiline väärtus. Sellist tendentsi on täheldatud odral (Pavlov, Minejev, 1982), nisul (Abrol jt., 1971; Pleškov, 1975) ja rukkil (Bayzer jt., 1967). Samal ajal kaeral sellist bioloogilise väärtuse halvenemist ei täheldatud (Pleškov, 1975).

Selline näht ilmnes ka sademeterohkel kasvuperioodil, kui proteiinisisaldus terades langes, lüsiinisisaldus aga suurenes. Näiteks Antslas leetunud liivmullal kaera 'Selma' lämmastikuga 50 kg/ha väetamisel sisaldus terades proteiini sademeterikkal 1983. aastal 10,9 %, kuid 1984. a. põuasel suvel märksa enam – 12,3 %. Lüsiinisisaldus oli nimetatud aastatel aga vastavalt 0,439 ja 0,380 %.

Oluliselt mõjutab terade lüsiinisisaldust aga teraviljade lämmastikuga väetamine.

Sageli väidetakse (Peterburgski, Kuljukin, 1971; Lepajõe, 1973; Rinno jt., 1974; Tolstousov, 1976), et lämmastikväetiste toimele lüsiinisisaldus taimedes väheneb. Seejuures mida suurem on lämmastikuannus, seda vähem sisaldavad terad lüsiini (Lepajõe, 1973).

Jurkin (1979) väidab, et terade lüsiinisisaldus alaneb koos valgusisalduse suurenemisega kuni 15 %-ni, siit edaspidisel terade valgusisalduse suurenemisel alaneb lüsiinisisaldus terades vähe. Ka Rootsisis korraldatud katsetes ei suurendanud lämmastikuga väetamine terade lüsiinisisaldust usutavalt (Küüts, 1971).

Kirjanduses (Hofmann, 1976) esineb ka väiteid, et lämmastikuga väetamisel lüsiinisisaldus terades suureneb või jääb muutumatuks.

Kõigis kaera ja nisuga korraldatud väetuskatsetes lämmastikuannuse suurenemisel suurenes ka terade lüsiinisisaldus. Seejuures suurenes lüsiinisisaldus kaeraterades enam kui suvinisuterades, mida iseloomustavad ka vastavad korrelatsioonikordajad ($r=0,48x$ ja $r=0,17$). Kaera juures väljendus lüsiinisisalduse (y , %) ja lämmastikuannuse (x , kg/ha) vaheline seos (1978...1980. aastate keskmisena) järgmiselt:

$$y=0,3628+0,00042x; \quad n=23, \quad r=0,48^*$$

suvinisu 'Leningradka' juures aga

$$y=0,459+0,0001x; \quad n=18, \quad r=0,17.$$

Odra väetamisel lämmastikuannuse suurendamine ei mõjutanud lüsiinisisalduse muutust terades kindlasuunaliselt. Erinevused on tingitud nii katsekoha muldade kui ka kasvuaasta ilmastikutingimuste erinevustest. Selleks, et mullastikust või ilmastikust tingitud muutuste seaduspärasusi välja tuua, on andmeid vähe. Paistab siiski silma, et soodsama niiskusrežiimiga muldadel, nagu Simuna leetjal liivsavimullal ja Kuusiku rähksel liivsavimullal, kaasneb teraviljade väetamisel lämmastikuannuse suurenemisega ka terade lüsiinisisalduse suurenemine. Antsla leetunud liivmullal ja Tori leetjal glei-savimullal korraldatud katsetes selline seaduspärasus aga puudub.

Selgus, et valdavalt sisaldab meie teraviljade proteiin 0,26...0,37 % lüsiini.

Kuid samuti nagu terades, ei mõjutanud lämmastikuga väetamine ka lüsiinisisaldust proteiinis mitte alati kindlasuunaliselt.

Aastatel 1978...1980 neljal mullal korraldatud nisu 'Leningradka' väetuskatsetes lämmastikuannuse (x , kg/ha) suurendamisest tingitud lüsiinisisalduse (y , g/16 g N) vähenemine avaldus järgmiselt:

$$y=3,699-0,002x; \quad n=18, \quad r=0,23^{**}.$$

Lämmastikuannuse (x , kg/ha) suurenemisel kaeraterade lüsiinisisaldus (y , g/16 g N) Antsla katsetes vähenes

$$y=3,78158-0,00233x; \quad n=76, \quad r=0,22^*,$$

Simuna ning Tori katsetes aga suurenes

$$y=3,80198+0,00133x; \quad n=23, \quad r=0,11.$$

Torkab silma, et lämmastikuannuse suurenemisel nisuterade proteiinis lüsiinisisaldus vähenes. Analoogselt mõjutasid lämmastikväetised lüsiinisisalduse muutust nisuterade proteiinis ka mitmete teiste uurijate (Pleškov, 1975; Kaletskaja, 1979; Pavlov, Minejev, 1982) katsetes.

Kaletskaja (1979) jõudis järeldusele, et odra lämmastikuga väetamisel väheneb lüsiinisisaldus proteiinis märksa vähem kui nisuterades.

Ka vaatluse all olevates katsetes mõjutas lämmastikväetis lüsiinisisaldust odraterade proteiinis suhteliselt vähe ja seejuures mitte alati kindlasuunaliselt.

Pavlov ja Minejev (1975) märgivad, et terade valgufraktsioonid ja aminohappeline koostis sõltuvad oluliselt genotüübist, mulla omadustest, kliimatingimustest, väetiste iseloomust ning andmisviisist jt. teguritest.

Lämmastikväetiste jaotatud andmine valdavalt alandab lüsiinisisaldust proteiinis, võrrelduna sama koguse lämmastiku korruga andmisega. Sama kinnitavad ka kirjandusandmed (Jurkin, 1979). Seda seletatakse sellega, et lämmastikuga pealtväetamine kutsub esile eelkõige reservtüüpi aminohapete, nagu prolamiin ja gluteliin, sisalduse suurenemise, mis on aga lüsiinivaesed.

Näib, et negatiivne seos terade lüsiinisisalduse ja saagikuse ning proteiinisalduse vahel on geneetiliselt kodeeritud. Mida suurem saak ja kõrgem proteiinisaldus, seda vähem lüsiini, ja vastupidi.

Lüsiinisaagis. Lüsiinisaagis pinnaühikult sõltub terasaagi suurusest ja selle lüsiinisisaldusest.

Et taimede mitmed kasvufaktorid, eriti aga lämmastiktoitumine, mõjutavad terade lüsiinisisaldust vähem ja mitte alati kindlasuunaliselt võrreldes terasaagiga, siis sõltubki lüsiinisaagis peamiselt saagi suurusest. Viimane on aga väga tugevasti lämmastikväetistega mõjutatav.

Et saagi suuruse sõltuvust lämmastikuannusest iseloomustab ruutvõrrandina väljendatav seos, siis iseloomustab sama tüüpi seos ka lüsiinisaagise ja lämmastikväetiste annuste vahelist sõltuvust.

Kui katsete ja odrasortide keskmisena võib lüsiinisaagise (y , kg/ha) sõltuvalt lämmastikuannusest (x , kg/ha) väljendada järgmiselt:

$$y=6,905+0,0995x-0,00035x^2; \quad n=220, \quad r=0,39^{***},$$

siis aastate lõikes on see toime olnud väga erinev. Eriti tuleb see ilmsiks Toris ja Simunas korraldatud katsetes. Öeldu selgub [joonisel 4](#) esitatust.

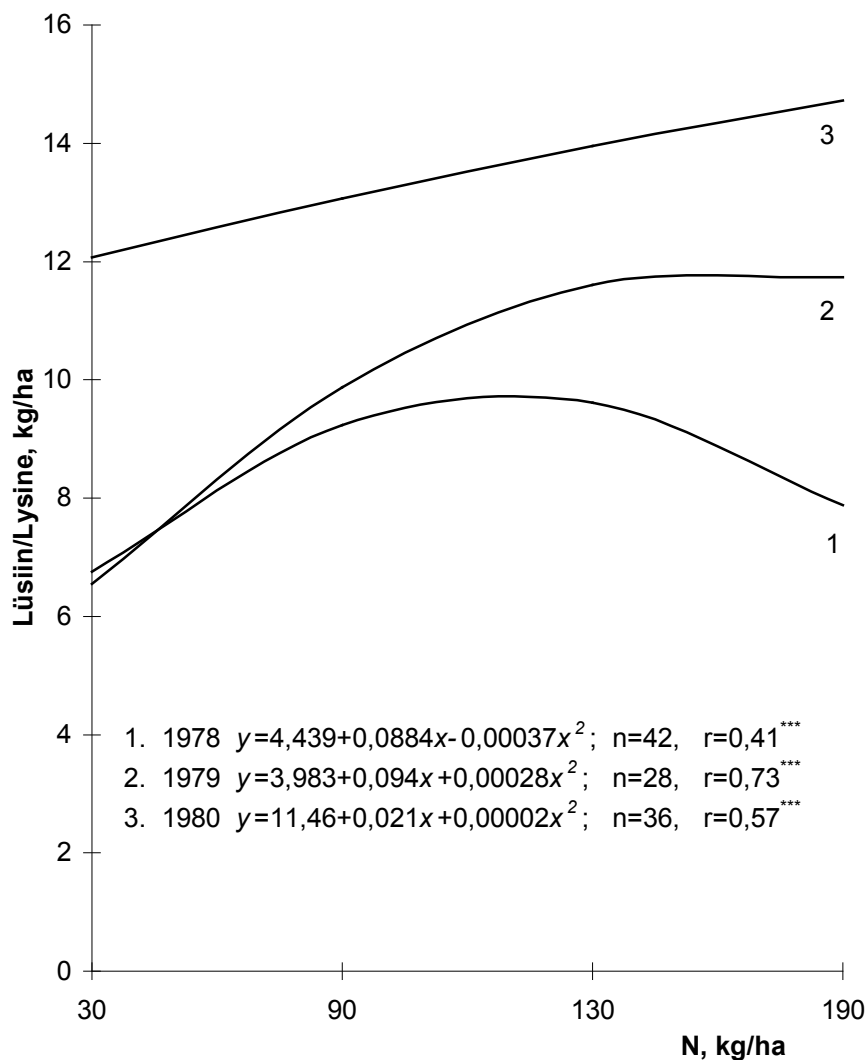
Selgus, et kuivematel suvedel (1979. ja 1980. a.) suurenes koos lämmastikuannuse suurenemisega ka otrade 'Akka', 'Hellas', 'Maja' ja 'Nadja' lüsiinisaagis. 1978. aasta sademeterikkal suvel suurenes lüsiinisaagis kuni lämmastikuannus N_{120} -ni, kust edasine lämmastikuannuse suurenemine tõi kaasa lüsiinisaagise olulise alanemise.

Odra kõigi väetuskatsete keskmisena saadi suurim lüsiinisaagis (13,68 kg/ha) 140 kg lämmastiku hektarile andmisel. Odrakatsete keskmisena iseloomustas lüsiinisaagise (y , kg/ha) ja lämmastikuannuse (x , kg/ha) vahelist seost järgmine ruutvõrrand:

$$y=6,905+0,0995x-0,00035x^2; \quad n=220, \quad r=0,39^{***}$$

1978...1980. aastal leetjal liivsavimullal korraldatud nisu 'Leningradka' väetuskatsete tulemuste regressioonanalüüs näitas, et lämmastikuannuse suurendamisel suurenes ka lüsiinisaagis peaaegu lineaarselt, omades ainult suurte lämmastikukoguste puhul väikest languse tendentsi. Seost vaadeldud suuruste vahel iseloomustab järgmine ruutvõrrand:

$$y=9,937+0,0284x-0,00003x^2; \quad n=12, \quad r=0,51^*$$



Joonis 4. Lämmastikuannuste ja katseaastate mõju odraterade lüsiinisaagisele
Figure 4. Influence of nitrogen and experimental years to the lysine yield of barley

Kokkuvõte ja järeldused

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli välja selgitada lämmastikuannuste mõju söödavilja energiasaagisele ja selle kvaliteedile. On esitatud arvukatele katsetele ja analüüsidele tuginevad hinnangud lämmastikuannuste, kasvukoha mullaomaduste ja ilmastikutingimuste toime kohta söödateravilja saagile ning kvaliteedile. Tabelis 7 toodud korrelatsioonikordajad iseloomustavad saagi suuruse ja kvaliteedi näitajate vahelisi vastastikuseid seoseid eri teraviljaliikide ja -sortidega 5 kohas ja 5 vaatlusaastal korraldatud katsete keskmisena. Saadud katsetulemused kinnitavad veel kord teraviljade saaki ja kvaliteeti mõjutavate tegurite paljusust. On tegureid (sademed, temperatuur), mida ei suudeta prognoosida ja mõjutada, kuid on ka mõjureid (väetised ja nende andmise viis, kasvukoha valik), mida on võimalik mõjutada. Seetõttu oli uurimistöös peaarh pööratud N-väetiste kui ühe tegusama faktori mõju uurimisele söödavilja terade kvaliteedi seisukohalt. Katsetes selgus, et üksnes väetiste optimeeritud annustega on võimalik tõsta teraviljade saagikust ja parandada nende kvaliteeti. Seejuures ilmnes, et saagi suuruse ja teatud kvaliteedinäitaja muutusega kaasneb ühe või mitme kvaliteedinäitaja sama- või erisuunaline muutumine.

Korrelatsioonikordajatest nähtub, et lämmastikväetised mõjutavad positiivselt hektarilt saadavat energia- ($r=0,20^{***}$) ja proteiinisaaagist ($r=0,37^{***}$). Samuti mõjutavad nad positiivselt terade proteiini- ($r=0,46^{***}$) ja energiasaldust ($r=0,40^{***}$). Et brutoenergia saagise (GJ/ha) suurenemise korral proteiinisaldus terades mitte alati ei tõuse, siis avaldub see ka nende omavahelise seose puudumises ($r=0,09$). Kõigis katsetes kutsus lämmastikuannuse suurendamine esile lüsiinisaaagise (kg/ha) summaarse suurenemise ($r=0,91^{***}$), kuid proteiinis toimus lüsiinisalduse (g/16 g N) vähenemine ($r=-0,36^{***}$).

Tabel 7. Lämmastikuannuse ja söödateraviljade saagikuse ning mõnede kvaliteedinäitajate vahelised korrelatsioonikordajad (r) / Correlation coefficients (r) between nitrogen fertilizing and some characteristics of yield

Näitajad	N kg/ha	Proteiini- sisaldus	Lüsiinisaldus		Brutoenergia		Proteiin	Lüsiin
Items		Crude protein content	%	g/16 g N	MJ/kg	GJ/ha	kg/ha	kg/ha
		%						
Lämmastik, kg/ha	×							
Nitrogen, kg/ha								
Proteiin terades, %	0,46 ^{***}	×						
Crude protein in crops, %								
Lüsiin terades, %	0,36 ^{***}	0,49 ^{***}	×					
Lysine in crops, %								
Lüsiin, g/16 g N	-0,36 ^{***}	-0,87 ^{***}	-0,05 ^{***}	×				
Lysine, g/16 g N								
Brutoenergia, MJ/kg	0,40 ^{***}	0,80 ^{***}	0,48 ^{***}	-0,64 ^{***}	×			
Gross energy, MJ/kg								
Brutoenergia, GJ/ha	0,20 ^{***}	0,09	0,11 [*]	-0,35 ^{***}	0,09	×		
Gross energy, GJ/ha								
Proteiin, kg/ha	0,37 ^{***}	0,46 ^{***}	0,36 ^{***}	-0,61 ^{***}	0,37 ^{***}	0,21 ^{***}	×	
Protein, kg/ha								
Lüsiin, kg/ha	0,91 ^{***}	0,42 ^{***}	0,34 ^{***}	-0,31 ^{***}	0,44	0,96 ^{***}	0,91 ^{***}	×
Lysine, kg/ha								

Et terade proteiini- (% kuivaines) ja lüsiinisalduse (g/16 g N) vahel valitseb negatiivne korrelatsioon ($r=-0,87^{***}$), siis kaasneb terade proteiinisalduse suurenemisega lüsiinisalduse langus ($r=-0,36^{***}$).

Lähtudes sellest, et lüsiin on monogastrilistele loomadele eluliselt tähtis aminohape, viib lüsiinisalduse langus ka proteiini bioloogilise väärtuse halvenemisele ning söödaväärtuse langusele. Lämmastikväetiste oskusliku kasutamise korral on aga võimalik kokku hoida kalleid väetisi ning samal ajal toota proteiinirikamat ja parema söödaväärtusega teravilja.

Kirjandus

- Allas, M. Eesti Vabariigi viljaressursside tänane seis ja nende moodustamise perspektiividest lähiaastatel. – Teravilja areng ja kaitse vajadus eesti Vabariigis. Tln., lk. 12...17, 1992.
- Anonüüm. Effects of nitrogen on grain quality. – Journal of Flour and Animal Feed Milling vol. 5, No. 1, p. 42, 1977.
- Bayzer *et al*, 1967. Tsit.: Рядчиков В. Г. Улучшение зерновых белков и их оценка. – М., Колос, 1978. — 368 с.
- Cornelissen, T. P. Alternative Eiweißquellen für die Versorgung der Viehbestände der Europäischen Gemeinschaft, 1974, H. 5, S. 182...188.
- Haller, E. Idanemiskeskonna mõju põllukultuuride saagile. Tln., 1969. – 275 lk.
- Hoffmann, P. Einfluß der Stickstoff – Spätdüngung auf Ertrag und Eiweißqualität von Weizen. – Stickstoff, 1976, Bd. 11, S. 15...22.
- Jurkin: Юркин С. Н. Повышение эффективности удобрений в интенсивном земледелии. – Москва, 1979. — 198 с.
- Kaletskaia: Калецкая Г. Н. Влияние удобрений на качество зерна озимой пшеницы в условиях БССР. — Автореферат дисс. канд. с.-х. наук, Рига, 1979. — 26 с.
- Karamete, C., Popescu, S. Probleme agricole vol. 8, p. 56...64, 1970.
- Küüts, H. Odra sordiaretuse uuemad meetodid Rootsisis. – Tln., 1971. – 150 lk.
- Küüts, H. Oder. – Teraviljakasvatus Eestis, Tln., 1971. – 88 lk.
- Lepajõe, J. Lämmastikväetise mõjust odraterade aminohappelisele koostisele. – Sotsialistlik Põllumajandus, nr. 14, lk. 633...634, 1973.
- Mengel, K. Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. – Jena, 1972. – 470 S.
- Michelin, B. Proteins et lysine. – Les industries de l'alimentation animale, p. 9...24, 1977.
- Mifflin, B. Potential for improvement of quality of plant proteins. Fertilizer use and proteinproduction. – Potential for improvement of quality and quality of plant proteins through scientific research, p. 53...74, 1975.
- Michael, G., Blume, B. Über den Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Eiweisszusammensetzung des Gerstenkornes. – Z. Pflanzenernähr., Düngung und Bodenkunde, S. 72...80, 1960.
- Minejev, Artaškova: Минеев В. Г., Арташкова Н. А. Урожай и качество зернового ячменя при разных уровнях минерального удобрения. — Сельское хозяйство за рубежом, №10, с. 2...5, 1976.
- Ojaveer, Ü. Lämmastikväetise mõju odra ja kaera saagile ning seisukindlusele liivmuldadel. – Teaduse saavutusi ja eesrindlikke kogemusi põllumajanduses. Teraviljakasvatus. – Tln., 1979a, lk. 36...44.
- Ojaveer, Ü. Kui palju anda teraviljadele liivmuldadel lämmastikväetisi. – Sotsialistlik Põllumajandus, nr. 18, lk. 682...683, 1979b.
- Oll, Ü., Pus, A. Söötade keemilise koostise ja toiteväärtuse tabelid. – Tln., 1974. – 60 lk.
- Oll, Ü., Sikk, V., Karis, V. Söötade toiteväärtuse arvutamise juhend koos abitabelitega. – Tartu, 1974. – 100 lk.
- Pavlov, Minejev: Павлов А. Н., Минеев В. Г. Состояние и перспективы изучения действия удобрений на качество зерна. — Агрохимия, №1, с. 134...141, 1982.
- Peterburgski, Kuljukin: Петербургский А.В., Кулюкин А.Н. Некоторые вопросы влияния удобрений на качество урожая различных культур. — Сельское хозяйство за рубежом, №1, с. 18...20, 1971.
- Piho, A. Väetiste efektiivsus ja selle sõltuvus mullaviljakusest. – EMMTUI teaduslike tööde kogumik XVI. – Tln., lk. 51...74, 1969.
- Piho, A. Kasvutingimuste mõju odrasaagile ja mineraalväetiste efektiivsusele. – EMMTUI teaduslike tööde kogumik XXXI. – Tln., lk. 97...146, 1974.
- Plarre, W. Die Züchtung leistungsfähiger Getreidesorten als Beitrag zur Sicherung der Welternährung. – Fortsch. Pflanzenzüchtg., Beiheft 2, S 1...16, 1971.
- Pleškov: Плешков Б. П. Биохимия сельскохозяйственных растений. Москва, 1975. — 496 с.
- Rhodes, Jenseins, 1975. Tsit.: Рядчиков В. Г. Улучшение зерновых белков и их оценка. — М., Колос, 1978. — 368 с.
- Rinno, G., Fibig, H.-I., Ebert, K. Einfluss hoherer Gaben mineralischer und organischer Dünger auf die Qualität von Futterhackfrüchten. – Arch. Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde, H. 7, S. 541...556, 1974.

- Smallfuss, K., Michael, H. Einige Untersuchungen über den Einaushalt des Getreideforms in Abhängigkeit der Ernährung der Pflanzen. – Z. Bodenkunde und Pflanzennahrung, S. 270...277, 1938.
- Turbas, E., Oll, Ü. Agrookeemia laboratoorne praktikum. – Tln., 1969. – 275 lk.
- Tolstousov: Толстоусов В. П. Удобрения и качество сельскохозяйственной продукции. — М., 1976. — 55 с.
- Viil, P. Lämmastikväetiste mõju suviteraviljale 1978. a. vegetatsiooniperioodil. – Teaduse saavutusi ja eesrindlike kogemusi põllumajanduses. Teraviljakasvatus. – Tln., lk. 44...47, 1979a.
- Viil, P. Suviteraviljade kasvuaegse täiendava väetamise mõju terasaagile. – Teaduse saavutusi ja eesrindlike kogemusi põllumajanduses. Teraviljakasvatus. – Tln., lk. 47...50, 1979b.
- Woodham, A. The effect of nitrogen fertilisation on the aminoacid composition and nutritive value of cereals. – Qualitas Plantarum Materia Veget., p. 281...291, 1973.

INFLUENCE OF NITROGEN FERTILIZER TO THE YIELD AND QUALITY OF FODDER GRAIN

A. Linnutaja, H. Kärblane

Summary

The aim of the present research work was explore the influence of doses of nitrogen fertilizer on energy output of fodder grain and its quality, relying on analyses data of field trials of 5 plots and 5 years of investigation. The main stress was directed to examination of N-fertilizers influence, as being on of the most active factors from the point of view of quality of fodder grain. It turned out that under the influence of N-fertilizers the change of yield's quantity and certain quality characteristics occurred together with the change of one or several quality characteristics going in the same or different directions. Correlation coefficients show that N-fertilizers have positive influence on the yield of energy (GJ/ha, $r=0.20^{***}$) and protein (kg/ha, $r=0.37^{***}$) yield. Increasing of quantities of N-fertilizers also influences the content of protein ($r=0.46^{***}$) and energy (MJ/kg, $r=0.40^{***}$). As protein content doesn't have to increase together with the increase of the yield of gross energy (GJ/ha), it is also expressed in lack of connection between them ($r=0.09$). In all trials the increase of doses of N-fertilizers produced the increase of lysine yield (kg/ha, $r=0.91^{***}$). Since the protein content and protein yield are in positive correlation with the used doses of fertilizers, the yield of lysine per hectare (kg/ha) will increase together with the increase of the yield ($r=0.91^{***}$). Since the protein content and protein yield are in positive relation with the used doses of fertilizers, the yield of lysine per hectare (kg/ha) will increase together with the increase of the yield ($r=0.91^{***}$). Since there is a negative correlation ($r=-0.87^{***}$) between protein content (%) and lysine content of protein (g/16 g N) the lysine content of protein will decrease with the increase of protein content. Regularly this kind of situation occurs when protein content increases but there occurs no increase of lysine content of protein, or it occurs in a slight degree. Skilful use of N-fertilizers enables to increase fodder production which is more rich in protein and energy and has high biological value.

ВЛИЯНИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ФУРАЖНОГО ЗЕРНА

А. Линнутая, Х. Кярбланэ

Резюме

Целью данного исследования было выяснение влияния разных доз азотного удобрения на содержание энергии и качество фуражного зерна на основе анализа данных полевых опытов, проведённых на 5 участках в течении 5 лет.

Основной упор был сделан на исследование влияния азотных удобрений, потому что они являются наиболее действенными факторами с точки зрения качества фуражного зерна. Выяснилось, что влияние азотных удобрений на количество урожая и некоторое изменение качества сопутствует изменению одного или нескольких показателей качества в одном или в разных направлениях. По коэффициентам корреляции видно, что азотные удобрения оказывают положительное влияние на количество энергии (GJ/га, $r=0.20^{xxx}$) и протеина (кг/га, $r=0.37^{xxx}$). Увеличение количества азотных удобрений оказывает влияние и на содержание протеина (% в сухом веществе, $r=0.46^{xxx}$) и энергии (MJ/га, $r=0.40^{xxx}$) в зерне. Поскольку при увеличении валовой энергии (GJ/га) содержание протеина (% в сухом веществе) может не повышаться, то это выражается и в отсутствии взаимосвязи между ними ($r=0.09$). Во всех опытах увеличение дозы азотных удобрений вызвало увеличение количества лизина (кг/га, $r=0.91^{xxx}$). Так как содержание протеина (% в сухом веществе) и урожая протеина (кг/га^{xxx}) в зерне имеют положительную взаимосвязь с дозами азотных удобрений, то при повышении урожая увеличивается и количество лизина, получаемого с гектара (кг/га, $r=0.91^{xxx}$). Поскольку между содержанием протеина (%) и содержанием лизина в протеине (г/16 г N) в зерне наблюдается негативная корреляция ($r=-0.87^{xxx}$), то при увеличении содержания протеина в зерне наблюдается понижение содержания лизина в протеине. Такое положение наблюдается, как правило, при повышении содержания протеина в зерне, а повышения содержания лизина в протеине не происходит, или наблюдается в незначительной мере. Умелое использование азотных удобрений позволяет увеличить производство кормов, более богатых энергией и протеином, и с высокой биологической ценностью.