

TEADUSTÖÖD

ROHUMAA BOTAANILISE KOOSSEISU, FÜTOMASSI JA SAAGI KVALITEEDI KUJUNEMINE OLENEVALT NIITEREZIIMIST JA VIHMITAMISEST. IV. HÜBRIIDLUTSERNI TAIMIKU LÄMMASTIKUKASUTUS

R. Lillak

Käesolev kirjutis on järjeks artikliseeriale, mis on ilmunud ajakirjas *Agraarteadus* pealkirja all *Rohumaa botaanilise koosseisu, fütomassi ja saagi kvaliteedi kujunemine olenevalt niitereziimist ja vihmutamisest*. Seekord on vaatluse alla võetud hübriidlutserni 'Jõgeva 118' rohke rohumaa kvalitatiivsed iseärasused, eelkõige aga üldlämmastiku (edaspidi üld-N) ja toorproteiiniga (TP) seotud küsimused. Kuna nii katse korraldamist kui ka analüüside meetodikaid on eelnevates osades juba kirjeldatud, ei pea autor vajalikuks selle juurde uuesti tagasi tulla. Täiendavalt tuleb vaid lisada, et üld-N-sisalduse määramine fütomassi (FM) erinevatest osadest (KA-saagist, tüüst ja juurtest) toimus Kjeldahli meetodil ja saagi TP-sisaldus leiti arvutuslikult ($\text{üld-N} \times 6,25$).

Katsetulemused

Proteiinisaldus ja -saak

Et lämmastik on obligatoorne komponent rakkude tsütoplasma ülesehitamisel (Miidla, 1984), siis on lämmastikuühendite sisaldus (eelkõige proteiinisaldus) üks olulisemaid loomasööda kvaliteeti iseloomustavaid näitajaid. Kõrgetoodangulise piimakarja nõuete rahuldamiseks peaks rohusööda kuivaines olema vähemalt 13...15 % proteiini (Dmitrotšenko, Pšenitšnõi, 1975; Older, 1992; Oll, 1992).

Korduvate katsetega on kindlaks tehtud, et TP-sisaldus heintaimedes on suuresti nende arengustaadiumist – nooremad taimed on harilikult TP-rikkamad kui vanemad (Gabrielsen et al., 1985; Baligar, 1986; Keftasa, 1990 jt.). Samasugune seaduspärasus ilmnes ka meie hübriidlutserni puhaskülvis rajatud katses (tabel 1). Suurim oli TP-sisaldus rohu KA-s (22 %) lutserni võrsumise faasis. Taimede vananedes TP-sisaldus rohu kuivaines vähenes keskmiselt 0,2 % ööpäevas ning langes alla 13 % piiri juuni 3. dekaadil õiepungade moodustumise faasis. Sellist kiiret proteiinisalduse vähenemist saab seletada lehtede ja varte omavahelise suhte muutumisega saagis. Et lutsernitaimede lehed sisaldavad 2...4 korda rohkem TP, 1,5...3,3 korda rohkem asendamatu aminohappeid (Kobozev, 1981) ning 3...4 korda rohkem vitamiine (Laur, 1962) kui sisaldavad varred, siis viimaste kiirest kasvust ning vananemisega kaasnevast alumiste lehtede varisemisest tingituna (Fleming et al., 1983; Marble et al., 1985) vähenes nii rohu TP-sisaldus kui ka söödaväärtus tervikuna. TP-sisalduse kiire langus kestis kuni lutserni õitsemise alguseni, millest edasi võis täheldada selle näitaja järsku suurenemist (kuni 3 %) ning järgnevat stabiliseerumist õitsemise faasis vahemikus 13,2...14,1 %. Suurenemise põhjusteks oli suure TP-sisaldusega (Raave, 1986) õisikute ja õienuttide osatähtsuse kasv koristatavas rohus, samuti taimiku lamandumise tulemusena varte osakaalu vähenemine saagis. Määravat osa mängis aga hübriidlutserni suurem osatähtsus kaheniitelise kasutamise variantides (Lillak, 1994).

Tabel 1. Hübriidlutserni taimiku TP-sisaldus ja -saak olenevalt niiterežiimist vihmutamata alal 1985...1989. a. keskmisena / Average crude protein content (in dry matter) and yield of alfalfa sward under non-irrigated conditions depending on the cutting regime from 1985...1989

aeg date	Esimese niite / First cut fenofaas / development stage	Niidete arv Number of cuts	Niited / Cuts				Suve keskmise resp. kokku Mean resp. total
			1.	2.	3.	4.	
TP-sisaldus kuivaines, % / Crude protein content in DM, %							
09.05	võrsumine / tillering	4	22,0	15,4	20,5	22,4	18,5
16.05	varsumise algus / early stem formation	4	20,3	14,6	20,8	19,8	17,7
23.05	varsumine / stem formation	4	17,3	14,8	19,3	19,0	16,7
30.05	varsumine / stem formation	3	17,0	14,7	20,0	×	16,7
06.06	varsumine / stem formation	3	16,4	17,9	19,9	×	17,8
13.06	õiepungade moodustumise algus early bud formation	3	14,8	19,1	21,5	×	17,5
20.06	õiepungade moodustumine / bud formation	3	14,2	19,3	22,2	×	16,9
27.06	õiepungade moodustumine / bud formation	3	12,9	19,9	19,8	×	15,4
04.07	õitsemise algus / early flowering	3	11,3	20,3	18,5	×	14,0
11.07	õitsemine / flowering	2	14,1	18,3	×	×	15,3
18.07	õitsemine / flowering	2	13,3	19,0	×	×	14,8
25.07	õitsemise lõpp / end of flowering	2	13,2	18,4	×	×	14,5
TP-saak, kg/ha / Crude protein yield, kg/ha							
09.05	võrsumine / tillering	4	11	505	525	262	1303
16.05	varsumise algus / early stem formation	4	59	391	393	156	999
23.05	varsumine / stem formation	4	156	422	285	93	956
30.05	varsumine / stem formation	3	328	445	314	×	1087
06.06	varsumine / stem formation	3	405	531	318	×	1254
13.06	õiepungade moodustumise algus early bud formation	3	501	536	221	×	1258
20.06	õiepungade moodustumine / bud formation	3	586	497	200	×	1283
27.06	õiepungade moodustumine / bud formation	3	673	468	91	×	1232
04.07	õitsemise algus / early flowering	3	621	433	61	×	1115
11.07	õitsemine / flowering	2	813	462	×	×	1275
18.07	õitsemine / flowering	2	857	440	×	×	1297
25.07	õitsemise lõpp / end of flowering	2	861	407	×	×	1268

Lutserni ädalas on lehtede osakaal reeglina kõrgem kui 1. niite saagis (Onstad, Fick, 1983). Sellest tingituna oli TP-sisaldus ädala KA-saagis suhteliselt kõrge. Erandi moodustas vaid 4-niiteliste variantide 2. niide, mis viidi läbi juuni 2. ja 3. dekaadil. Sellel ajal koristatud rohu KA-s oli TP-sisaldus suhteliselt väike – 14,6...15,4 %. Selle nähtuse süvapäohjused pole veel täielikult selged. Võib oletada, et määravat osa etendas taimede maapealsete osade kiire areng kõrge õhutemperatuuri tingimustes. Samas võis mõju avaldada ka valgusrežiim. On selgunud, et intensiivne valgus vähendab taimedes TP-sisaldust (Raave, 1985). Mida sügise poole, seda aeglasemalt taimed kasvasid ja arenesid, seda suurem oli rohu KA-s TP-sisaldus. Kui juulis-augustis tehtud eelviimase niite ajal jäi nimetatud näitaja vahemikku 14,7...20,8 %, siis viimasest niitest saadud rohus ulatus see 18,5 %-st 22,4 %-ni. Niitele eelnenud kasvuperioodi pikkus mõjutas antud näitajat küll suve keskel (44...49-päevase kasvuaja korral oli TP-sisaldus rohu KA-s 19,3...20,5 %, 56...58-päevase kasvuperioodi puhul vaid 14,7...17,7 %), kuid mitte sügisel. Ilmselt oli diferents viimase niite-eelse kasvuperioodi pikkuse osas variantide vahel liiga väike – enamikul juhtudest viibisid taimed varsumise staadiumis.

Kogusaagi keskmise TP-sisalduse kujunemisel mängis otsustavat osa taimiku niiterežiim. Kasvuintervalli lühenedes ja niidete arvu suurenedes võis täheldada keskmise TP-sisalduse suurenemist (tabel 1). Kõigi katses olnud kasutusrežiimide puhul jäi aga niidete keskmine TP-sisaldus rohu KA-s kõrgemale zootehniliselt kriitilisest 13...15 % piirist (taimiku 2-niitelisel kasutamisel variantide keskmisena 15,2 %, 3-niitelisel 16,2 % ja 4-niitelisel kasutamisel 17,7 %).

Hübriidlutserni taimiku TP-saagi kujunemine kulges 1. niite saagi formeerumise ajal paralleelselt KA-saagi dünaamikaga. Maikuu 1. poolel, mil ööpäeva keskmine õhutemperatuur kõikus suurtes piirides ja langes sageli alla 10° C, oli taimede kasv ning sellest tingituna ka TP-saagi suurenemine aeglane – keskmiselt 7 kg/ha ööpäevas (tabel 1). Õhutemperatuuri tõustes püsivalt üle 10° C vegetatsiooniprotsessid taimedes kiirenesid ning TP-saagi juurdekasv intensiivistus enam kui 2 korda (ööpäeva keskmine TP juurdetulek ulatus 16 kg-ni/ha). Kiire TP-saagi suurenemine kestis kuni juuni keskpaigani, mil taimedel hakkasid moodustuma õiepungad. Vegetatsiooniperioodi jätkudes TP-saagi juurdekasv aeglustus ning alates juuni 3. dekaadist hübriidlutserni õiepungade moodustumise faasi

2. poolel võis märgata TP-saagi mõningast vähenemist. Järgneva nädala jooksul suurenes TP-saak aga, vaatamata taimiku tugevale lamandumisele ja sellest tingitud koristuskadude suurenemisele, hüppeliselt (ligi $\frac{1}{3}$ võrra). Selle tingis hübriidlutserni suurem osakaal variantides, kus 1. niide tehti õitsemise faasis. Kasvuperioodi edasisel pikenedes TP-saak suurenes aeglaselt kuni juuli 2. dekaadini, mil ta stabiliseerus taimede õitsemise 2. poolel vahemikus 857...861 kg/ha.

Taimiku 4-niitelisel kasutamisel tehti 1. niide suhteliselt vara, mille tõttu TP-saak oli väike, moodustades kogusaagist kuni 16 %. Põhiline osa TP kogusaagist (74...79 %) laekus 2. ja 3. niitest, mis viidi läbi vastavalt juuni 2. ja augusti 1. poolel. Nii nagu esimese niite korral, jäi viimase niitega saadud TP-saak väikeseks – 93...262 kg/ha ning tema osakaal kogusaagis tagasihoidlikuks. Rohumaa 3-niitelisel kasutamisel toimus 1. niitmine hiljem kui 4-niitelisel kasutamisel. Selle tõttu suurenes kogusaagis 1. niitega koristatud TP-saagi osatähtsus, kusjuures seda enam, mida hiljem niide toimus. Kui mai lõpul - juuni algul tehtud 1. niite korral moodustas TP-saak kogusaagist ligemale kolmandiku, siis juuni lõpul - juuli algul tehtud niite puhul oli sama näitaja juba 55...56 %. Suhteliselt suur (433...536 kg/ha) oli TP-saak ka teises niites, mis toimus juuli lõpust augusti 2. dekaadi lõpuni, moodustades kogusaagist 39...43 %. Kõige ühtlasem oli TP-saagi laekumine taimiku kolmeniitelisel kasutamisel, kui esimene niide tehti mai lõpul - juuni algul taimede varsumise faasis. Hilisema 1. niite korral jäi viimasest niitest saadud TP-saak järjest väiksemaks ning juuli algul taimede õitsemise algul tehtud 1. niite korral moodustas kogusaagist vaid 5 %. Taimiku 2-niitelisel kasutamisel oli TP-saagi jaotumine vaatamata suhteliselt pikale viimase niite eelsele kasvuperioodile ebaühtlane – enamik ($\frac{2}{3}$) TP kogusaagist saadi 1. niitest.

Katseperioodi keskmisena sõltus TP kogusaak niiterežiimist üllatavalt vähe. Ühtlaselt kõrged saagid (1232...1297 kg/ha) saadi nii taimiku 3- kui ka 2-niitelisel kasutamisel, kui 1. niide tehti juuni 1. dekaadil või hiljem. Varajasema 1. niite ja sagedasema niitmise korral hübriidlutserni rohumaa TP saagivõime langes keskmiselt 253 kg/ha e. 20 % võrra, mille tõttu

sellise niitmisrežiimi rakendamine pole hübriidlutserni rohumaal otstarbekas. Erandi moodustas 4-niiteline variant, kus 1. niide tehti mai algul, milles TP kogusaak ulatus 1303 kg-ni/ha. Kuna niivõrd varajase 1. niite korral oli selle mõju taimede kasvule minimaalne (TP saadi vaid 11 kg/ha e. 0,8 % kogusaagist), võib seda varianti vaadelda kui 3-niitelist, kus 1. arvestatav niide viidi läbi juuni keskel.

Üldlämmastikusisaldus fütomassis

Taimede eri organites (lehed, varred, õisikud, juured) on toitainete, sealhulgas üld-N kontsentratsioon erinev (Rominger, Smith, 1975). Rohumaataimede maapealsetest osadest sisaldavad lämmastikuühendeid kõige enam lehed (Hein, 1986; Lanyon, Griffith, 1988) ja õisikud (Raave, 1986) ning vähem varred. Kuid nii lehtede, õisikute kui ka varte üld-N-sisaldus on muutuv nii ajas kui ka ruumis. Üldiselt ollakse seisukohal, et suurem on üld-N kontsentratsioon maapinnast kõrgemal paiknevates organites (Lanyon, Griffith, 1988).

Hübriidlutserni rohumaa KA-saagis oli üld-N kontsentratsioon suurim (3,52 %) kevadel kasvuperioodi algul (joonis 1). Niite-eelse kasvuperioodi pikenedes taimed vananesid ning saagis suurenes kõrte/varte osatähtsus. Selle tulemusena vähenes üld-N-sisaldus ruutfunktsiooni $y=4,194-0,057x+0,0004x^2$ (x – kasvuperioodi pikkus päevades) alusel kiiresti kuni hübriidlutserni täisõitsemiseni (vegetatsiooniprotsessi algusest oli möödunud 76 päeva). Sellele järgnenud üld-N-sisalduse suurenemine lutsernitaimede õitsemise lõpul oli tingitud eelkõige taimiku botaanilise koosseisu muutumisest. Korduvad uurimused on näidanud, et lämmastikusisaldus liblikõielistes heintaimedes on tavaliselt suurem kui kõrrelistes heintaimedes või umbrohtudes (Center et al., 1989; Sanderson, Wedin, 1989; Keftasa, 1990). Samuti väheneb toitainetesisaldus taimede vananedes liblikõielistel heintaimedel tunduvalt aeglasemalt kui kõrrelistel (Keftasa, 1990).

Niitejärgselt kasvama jäänud FM osas (tüüs) oli üld-N-sisaldus 1,50...1,69 korda ehk ligikaudu 1,5 % madalam kui KA-saagis (joonis 1). Üheks olulisemaks põhjuseks, miks erinevus KA-saagis ja tüüs sisaldunud üld-N vahel kujunes suureks, oli kuivanud taimse massi ehk kulu suur osakaal tüüs – kuni 50 % tüü KA-massist. Et kasvuperioodi algul niidetud rohu tüü sisaldas suures koguses ka lehti (üle 50 %), siis oli tema üld-N-sisaldus küllaltki suur (kuni 2,07 %), vaatamata talve alt tulnud kulu suurele osatähtsusele (tabel 2). Niite tegemisel taimede hilisemas arengufaasis muutus tüü lehtede vaesemaks ning varte- ja kõrterikkamaks. Selle tagajärjel üld-N-sisaldus tüüs vähenes ning oli juuni lõpul hübriidlutserni õiepungade moodustumise faasis vaid 1,22 %. Sellele järgnenud taimiku lamandumine põhjustas tüüs lehtede osakaalu mõningase suurenemise, millest tingituna ka üld-N-sisaldus tüü KA-s tõusis. Ainult lehtede osakaalu suurenemisega üld-N-sisalduse tõusu tüüs aga seletada ei saa, sest lämmastiku kontsentratsioon hakkas tüüs suurenema mõnevõrra varem. Ilmselt mõjutasid üld-N-sisaldust ka variantidevahelised taimiku botaanilise koosseisu erinevused.

Üld-N-sisaldus taimede juurtes oleneb mulla toitainetesisaldusest, taime liigist ja tema füsioloogilistest iseärasustest, kliimatilistest tingimustest, juurte vanusest ja paljudest teistest faktoritest. Selle tõttu võib kirjandusest leida vägagi vastakaid andmeid ja arvamusi. Üksmeelsed ollakse aga selles, et juurte üld-N-sisaldus jääb taime maapealsete osade üld-N-sisaldusest 1,3 (Rijtema, 1980) kuni 3,0 korda (Laidna, 1993) väiksemaks. Uurimustest on selgunud, et kõrreliste heintaimede juured sisaldavad üld-N 0,6 % (Loid, 1980) kuni 1,4 % (Laidna, 1985; Lillak, 1993). Liblikõieliste heintaimede juured on tavaliselt lämmastikurikkamad, kusjuures lutserni juured võivad sisaldada üld-N 1,30 (Laidna, 1993) kuni 1,63 % (Lanyon, Griffith, 1988).

Tabel 2. Üldlämmastikuisaldus hübriidlutserni taimiku tüüs 1985...1989. a. keskmisena / Average total nitrogen content in the stubble of alfalfa sward in 1985...1989

Esimese niite aeg Date of the 1 st cut	Niidete arv Number of cuts	Üldlämmastikuisaldus tüü kuivaines, % Total nitrogen content in DM of stubble, %				suve keskmine mean
		niited / cuts				
		1.	2.	3.	4.	
Niisutamata alal / Non-irrigated						
16.05	4	2,07	1,36	1,57	1,56	1,63
30.05	3	1,61	1,22	1,59	×	1,46
13.06	3	1,40	1,16	1,73	×	1,39
27.06	3	1,22	1,47	1,82	×	1,50
11.07	2	1,34	1,64	×	×	1,48
25.07	2	1,41	1,64	×	×	1,52
Niisutatud alal / Irrigated						
16.05	4	2,04	1,35	1,45	1,74	1,63
30.05	3	1,63	1,25	1,54	×	1,46
13.06	3	1,35	1,28	1,44	×	1,35
27.06	3	1,21	1,34	1,63	×	1,39
11.06	2	1,38	1,55	×	×	1,45
25.07	2	1,31	1,56	×	×	1,42

Katsetulemuste põhjal selgus (tabel 3), et juurte KA-s muutus üld-N-sisaldus 1. niite ajal suhteliselt väikestes piirides (1,28...1,35 %). Märgatavam üld-N-sisalduse muutus leidis aset alles juuni lõpul - juuli algul, mil see suurenes kuni 1,2 korda, jäädes edaspidi püsima 1,65...1,66 % piirides. Mõningal määral võib seda seletada juuli keskpaigas toimunud juurte intensiivse kasvuga. Kuna aga lämmastikuühendite kontsentratsiooni suurenemine eelnes juuremassi suurenemisele, tuleb ka siin peamiseks põhjuseks lugeda taimiku botaanilise koosseisu erinevusi. Uudse momendina ilmnes, et kuigi üld-N-sisaldus juurtes jäi kuni 2,5 korda väiksemaks kui KA-saagis, ületas ta hilisemates arengufaasides (hübriidlutserni õie-pungade moodustumisel ja õitsemisel) üld-N kontsentratsiooni tüüs kuni 0,31 % (joonis 1).

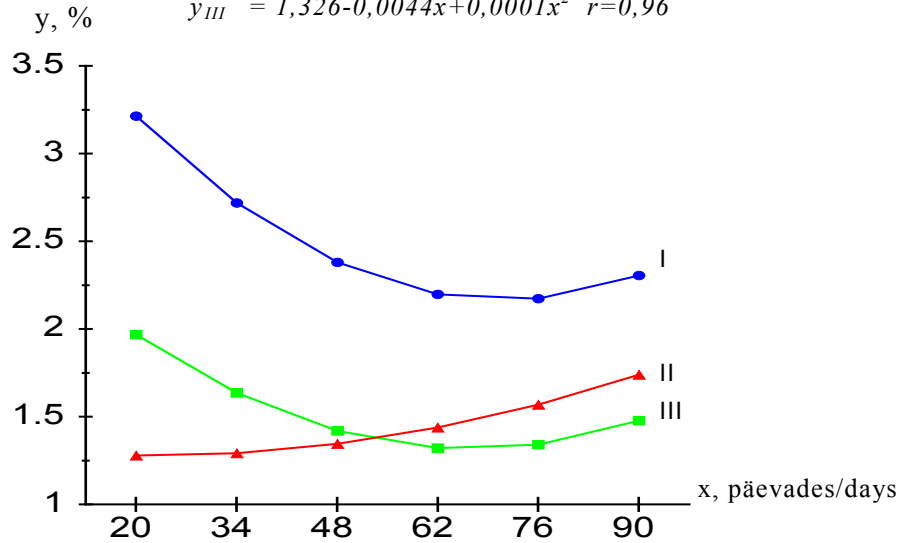
Vegetatsiooniperioodi kestel muutus üld-N-sisaldus FM eri osades märgatavalt. Suhteliselt väike oli lämmastiku kontsentratsioon suvel 3- ja 4-niiteliste variantide 2. niite ja 4-niitelise variandi 3. niite ajal, mil KA-saagis ning tüü ja juurte KA-s sisaldus üld-N vastavalt 2,34...3,33, 1,16...1,57 ja 1,17...1,45 %. Kuigi lutserni ädalas on lehtede osakaal kõrgem kui 1. niites (Onstad, Fick, 1983), mõjus suvine kõrge õhutemperatuur üld-N-sisaldusele negatiivselt. Sarnase tulemuse on saanud ka USA teadlased Donovan ja Meek Californias läbiviidud katses (Donovan, Meek, 1983). Sügise poole üld-N-sisaldus FM-is tavaliselt suurenes. Kõige enam oli üld-N viimase niite ajal KA-saagis, kus olenevalt niite-eelse kasvuperioodi pikkusest ulatus lämmastikuühendite sisaldus 2,93 %-st (suvel kaks niidet, viimase niite-eelse kasvuperioodi pikkus 71 päeva) 3,44 %-ni (3 niidet, kasvuperiood enne viimast niidet 49 päeva). Üld-N-sisaldus tüü KA-s oli viimase niite ajal 1,5...2,4 korda väiksem kui saagis ehk 1,56...1,82 % ning sõltus vähe niite-eelse kasvuperioodi pikkusest. Ligilähedasel sama suur oli antud näitaja ka sügisestest juurtes, kuid erinevalt lämmastikuühendite sisaldusest tüüs oli juurte üld-N-sisaldus suurim kaheniitelise kasutamise variantides (kuivaines 1,67...1,99 %), kus hübriidlutserni osakaal taimikus oli viie katseaasta keskmisena kõrgem kui 3- või 4-niitelistes variantides. Sellistes tingimustes olid juured isegi mõnevõrra (kuni 1,2 korda) lämmastikurikkamad kui tüü. Lutserni osatähtsuse vähenemine taimiku intensiivsemal kasutamisel põhjustas sügisestest juurtes üld-N-sisalduse vähenemise. See jäi vahemikku 1,34...1,59 % ning oli kuni neljandiku võrra madalam tüü samadest näitajatest. Kuigi kirjandusallikates võib kohata väiteid, et toitainetesisaldus taimedes on viimase niite ajast (Lanyon, Griffith, 1988), ei õnnestunud meie katses seda üld-N-sisalduse osas tuvastada.

NIISUTAMATA ALAL/NON-IRRIGATED

$$y_I = 4,194 - 0,057x + 0,0004x^2 \quad r=0,97^{***}$$

$$y_{II} = 2,648 - 0,040x + 0,0003x^2 \quad r=0,98^{***}$$

$$y_{III} = 1,326 - 0,0044x + 0,0001x^2 \quad r=0,96^{***}$$

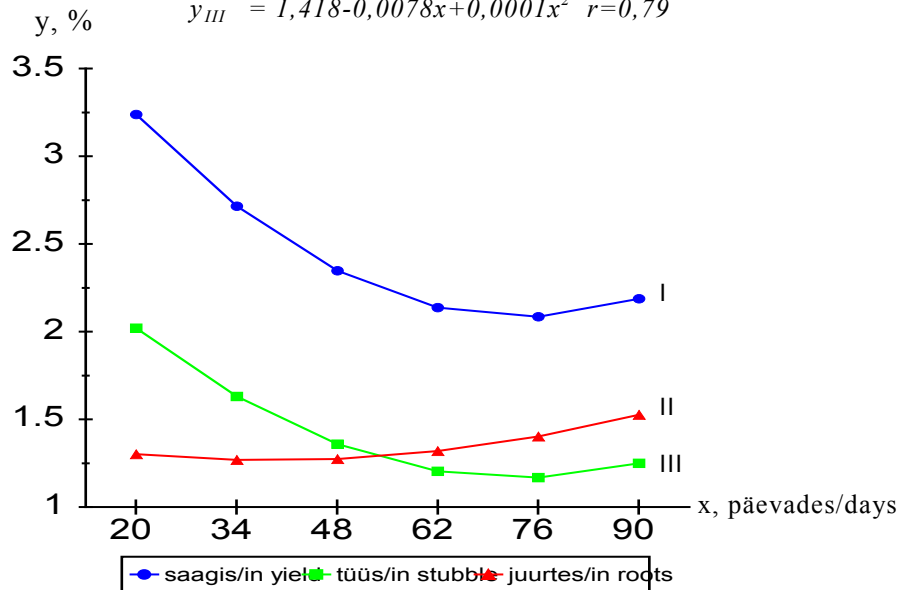


NIISUTATUD ALAL/IRRIGATED

$$y_I = 4,258 - 0,059x + 0,0004x^2 \quad r=0,95^{***}$$

$$y_{II} = 2,779 - 0,044x + 0,0003x^2 \quad r=0,97^{***}$$

$$y_{III} = 1,418 - 0,0078x + 0,0001x^2 \quad r=0,79^*$$



Joonis 1. Hübridlutserni rohumaa fütomassi eri osade üldlämmastikusisaldus (y) 1. niite ajal olenevalt kasvuperioodi pikkusest (x) ja taimede veega varustatusest

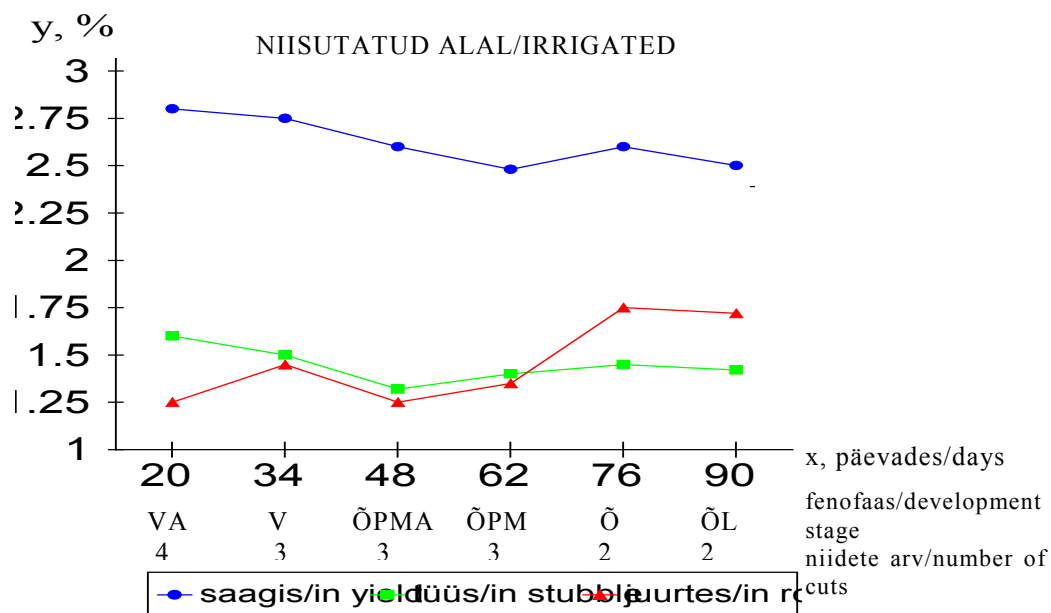
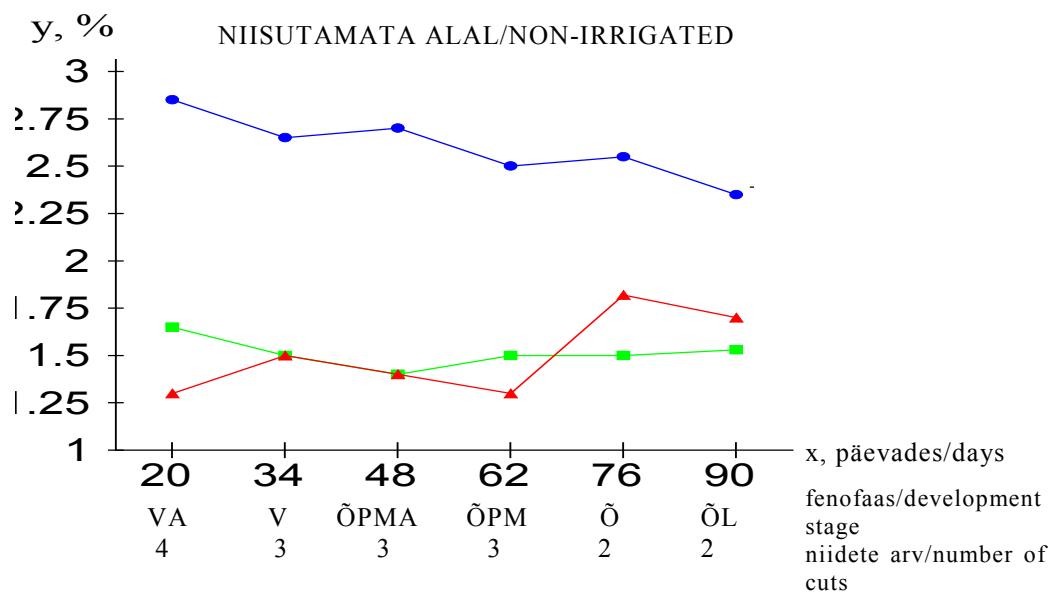
Figure 1. Total nitrogen content (y) in different parts of phytomass of alfalfa sward during the 1st cut depending on the durability of growing period (x) and soil water content

Tabel 3. Üldlämmastikuisaldus hübriidlutserni taimiku juurtes 1985...1989. a. keskmisena / Average total nitrogen content in roots DM of alfalfa sward in 1985...1989

Esimese niite aeg Date of the 1 st cut	Niidete arv Number of cuts	Üldlämmastikuisaldus juurte kuivaines, % Total nitrogen content in DM of roots, %				
		niited / cuts				suve keskmine mean
		1.	2.	3.	4.	
Niisutamata alal / Non-irrigated						
16.05	4	1,28	1,17	1,42	1,56	1,36
30.05	3	1,29	1,45	1,59	×	1,45
13.06	3	1,34	1,37	1,43	×	1,37
27.06	3	1,35	1,30	1,34	×	1,32
11.07	2	1,65	1,99	×	×	1,85
25.07	2	1,66	1,67	×	×	1,66
Niisutatud alal / Irrigated						
16.05	4	1,30	1,23	1,25	1,29	1,27
30.05	3	1,39	1,40	1,37	×	1,39
13.06	3	1,22	1,34	1,24	×	1,25
27.06	3	1,32	1,13	1,45	×	1,32
11.06	2	1,77	1,76	×	×	1,75
25.07	2	1,64	1,81	×	×	1,73

Taimekasvuperioodi keskmisena muutus üld-N-sisaldus FM eri osades taimiku kasutus-intensiivsuse muutudes erinevalt. Suurim oli üld-N-sisaldus KA-saagis, kus see ulatus taimiku 4-niitelisel kasutamisel 2,83 %-ni (joonis 2). Niidete arvu vähenedes ja esimese niite tegemisel lutserni hilisemates arengujätkudes vähenes KA kogusaagis üld-N-sisaldus mis rohumaa 2-niitelisel kasutamisel ulatus vaid 2,32...2,45 %-ni. Üld-N-sisaldus tүүs oli suve keskmisena tunduvalt stabiilsem. Et taimiku 4-niitelisel kasutamisel koristati rohtu varajasemates arengufaasides kui 2- või 3-kordse niitmise puhul, siis sisaldas tүү ka rohkem lehti. Sellest tingituna võis märgata suve keskmise üld-N-sisalduse mõningast (0,17 %-list) suurenemist tүү KA-s üleminekul kolmelt niitelt neljale. Taimiku 3- ja 2-niitelisel kasutamisel oli lämmastikuühendite kontsentratsioon tүү KA-s eri variantides praktiliselt võrdne – 1,39...1,52 %. Rohumaa kasutuskooormuse langedes vähenesid ka üld-N-sisalduse erinevused KA-saagi ja tүү KA vahel. Kui 4-niitelisel kasutamisel oli erinevus 1,74-kordne, siis 2-niitelisel kasutamisel 1,53...1,66-kordne. Juurte KA-s oli niidete keskmine üld-N-sisaldus taimiku 3- ja 4-niitelisel kasutamisel 1,8...2,1 korda väiksem kui KA-saagis ning 0,01...0,27 % võrra väiksem kui tүүs, kusjuures erinevused variantide vahel olid küllalt väikesed (üld-N-sisaldus jäi vahemikku 1,32...1,45 %). Kuna rohumaa 2-niitelisel kasutamisel püsis hübriidlutsern taimikus suhteliselt hästi, oli üld-N-sisaldus juurte KA-s ka suve keskmisena tunduvalt kõrgem – 1,66...1,85 % (joonis 2) ning ületas sama näitajat tүүs 0,14...0,37 % võrra (erinevus KA-saagis ja juurtes sisalduva üld-N vahel oli vaid 1,3...1,4-kordne).

Üld-N-sisaldus juurtes oleneb ka juurte paiknemisest mullaprofiilis. Suurim oli lämmastikuühendite kontsentratsioon 10...20 cm sügavusel paiknevates juurtes. Sügavuse vähenedes üld-N-sisaldus vähenes. Sarnase tulemuse sai ka Laidna 1978...1982. a. läbiviidud katses (Laidna, 1993). Selle seaduspärasuse põhjusi tuleb nähtavasti otsida hübriidlutserni juurte bioloogilistest ja füsioloogilistest iseärasustest, eeskätt sellest, millisel sügavusel paikneb enamik juuremügaratest ja toimub põhiline õhulämmastiku fikseerimine *Rhizobium*-bakterite poolt ning millised juured on võimelisemad omastama mullast lämmastikuühendeid.



- VA – varsumise algus / early stem formation
- V – varsumine / stem formation
- ÕPMA – õiepungade moodustumise algus / early bud formation
- ÕPM – õiepungade moodustumine / bud formation
- Õ – õitsemine / flowering
- ÕL – õitsemise lõpp / end of flowering

Joonis 2. Hübridlutserni taimiku fütomassi eri osade suve keskmine üldlämmastiksisaldus (y) olenevalt 1. niite eelse kasvuperioodi pikkusest ja taimede fenofaasist (x) ning veega varustatusest

Figure 2. Average total nitrogen content (y) in different parts of phytomass of alfalfa sward during the vegetation period depending on the durability of growing period before the 1st cut, development stage (x) and soil water content

Lämmastiku akumulatsioon fütomassis

Eri regioonides korraldatud uurimustest on selgunud, et lutsern on võimeline siduma lämmastikku külviaastal kuni 177 kg/ha (Heichel et al., 1984) ning sellele järgnevatel kasutusaastatel 50...600 kg/ha (Vance, 1978; Heichel et al., 1985; Dieter, 1988 jt.). Selline suur tulemuste varieeruvus on tingitud paljudest teguritest, millest olulisema tähtsusega on konkreetse kasvukoha kliimaatilised ja mullastikulised iseärasused (Vance et al., 1979; Heichel, Vance, 1983). Lõuna-Eesti agrokliimaatilistes tingimustes on hübriidlutserni 'Jõgeva 118' lämmastiku akumulatsioonivõime ulatunud pruunil näivleetanud mullal 278...343 kg/ha (Laidna, 1985, 1993).

Meie katses ilmnes (tabel 4), et lämmastiku kogunemine taimedesse oli hübriidlutserni rohumal suuresti sõltuv niiterefi iimist. Viie aasta keskmisena akumulatsioonid taimed fütomassis enam lämmastikku (354...375 kg/ha) rohumaa 2-niitelisel kasutamisel. Saadud tulemus oli keskmiselt 54 kg/ha võrra suurem kui analoogiline näitaja, mis oli saadud Laidna (1993) katsetes. Seda põhjustas peamiselt asjaolu, et käesolevas uurimuses oli KA-saagis ja juurtes akumulatsioonid lämmastiku kõrval arvestatud ka tüüsi akumulatsioonid lämmastikuga (eelnevad uuringud tüüsi ei arvestanud). Ilmselt oleks tulemus olnud veelgi suurem, ületades kohati 400 kg/ha, kui oleks arvestatud kõigi, mitte ainult künnikihis paiknevate juurtega. Kui suur oli selles mügarbakterite osa, on raske öelda, kuna vastavad täppisuuringud on küllalt kallid. USA-s läbiviidud katsed on näidanud, et lutsern saab lämmastikku 43...64 % (Heichel et al., 1983) ehk antud juhul 152...240 kg/ha sümbioosiprotsessist. Siiski pole selline arvestus päris korrektne, kuna kliimaatiliste ja mullastikuliste erinevuste kõrval mõjutavad seda protsessi veel ka konkreetse bakteritüve ja taime genotüübi omadused ning nende vastastikune sobivus (Burton, 1972; Barnes et al., 1984 jt.).

Taimiku kasutusintensiivsuse suurenedes lämmastiku akumulatsioonivõime vähenes võrreldes 2-niiteliste variantidega 16 % (3-niitelisel kasutamisel) kuni 21 % (4-niitelisel kasutamisel). Selle põhjusena võib välja tuua kaks asjaolu: 1) hübriidlutserni osatähtsuse vähenemine taimikus ning selle osaline asendumine (4-niitelistes variantides) valge ristikutega, mille lämmastiku akumulatsioonivõime on madalam (Laidna, 1985); 2) kasutusrefi iimid, mis on taimede kasvuks ebasoodsad, avaldavad negatiivset toimet ka lämmastiku sümbiootilisele sidumisele (Duke, Doehlert, 1981). Et niitmine põhjustab assimilatsiooniprotsessi järsu aeglustumise, siis väheneb ka mügarbakterite aktiivsus (Vance et al., 1979; Cralle, Heichel, 1981; Heichel, Vance, 1983), mis toob kaasa lämmastiku sidumisvõime vähenemise. Seega mida sagedamini taimikut niideti, seda kestvamalt oli mügarbakterite aktiivsus pärsitud ja seda vähem koguti taimedesse pinnaühiku kohta lämmastikku.

Põhiline osa akumulatsioonidest oli KA-saagis (55...65 %), neljandik kuni kolmandik juurtes ning 10...16 % tüüsi. Niiterefi iimi mõju üld-N paiknemisele taime eri osades oli minimaalne. Mõnevõrra võis täheldada KA-saaki kogunenud lämmastiku suuremat domineerimist taimiku 3-niitelisel kasutamisel (vastavalt 62 ja 55...57 %) ning tüüsi kogunenud lämmastiku suuremat osakaalu kogu akumulatsioonidest lämmastikus rohumaa 4-niitelisel kasutamisel võrreldes teiste kasutusrefi iimidega (vastavalt 16 ja 10...12 %).

Vegetatsiooniperioodi erinevatel etappidel akumulatsioonid taimed lämmastikuühendeid erinevalt (tabel 4). Kevadel, taimekasvu algul (kasvuperioodi pikkus 20 päeva) oli taimedes lämmastikku 128 kg/ha, millest enamus paiknes juurtes (51 %) ja niitejärgses tüüsi (42 %). Kasvu jätkudes lämmastiku kogus taimedes suurenes keskmiselt 2,2 kg/ha ööpäevas, jõudes hübriidlutserni õitsemise lõpuks 280 kg/ha. Seega ei leidnud meie katses kinnitust väide, nagu hakkaks lutserni poolt akumulatsioonidest lämmastiku kogus vähenema pärast õiepungade moodustumist (Wery et al., 1986). Taimiku maapealse fütomassi suurenedes kasvas saagis akumulatsioonidest lämmastiku kogus kiiresti. Selle tulemusena oli juuli kolmandaks dekaadiks KA-saagis akumulatsioonidest lämmastiku kogus võrreldes mai keskpaigaga suurenenud enam kui 15 korda. Samal ajal oli juurtesse kogunenud lämmastiku hulk suurenenud vaid 1,6 korda (mai keskel 65 ning juuli lõpul 102 kg/ha lämmastikku) ning tüüsi kogunenud lämmastiku hulk isegi vähenenud 1,4 korda. Nendest muutustest tingituna suurenes kasvuperioodi pikenedes KA-saagis akumulatsioonidest lämmastiku osakaal (moodustas FM-s olnud lämmastikust lutserni õiepungade moodustumise algul 48 %) ning vähenes tüüsi ja juurtes akumulatsioonidest lämmastiku osa. Hübriidlutserni generatiivse arengu staadiumis võis täheldada taimedes lämmastiku

paiknemise stabiliseerumist. Taimedesse kogunenud lämmastikust moodustas KA-saagis akumulatsioon lämmastik 48...51 %, tüüs ja juurtes paiknes vastavalt 13...18 ja 34...37 %.

Tabel 4. Hübriidlutserni taimiku lämmastiku akumulatsioon 1985...1989. a. keskmisena / Average nitrogen accumulation in the phytomass of alfalfa sward in 1985...1989

aeg date	Esimese niite / First cut	Niidete arv Number of cuts	Lämmastiku akumulatsioon, kg/ha Nitrogen accumulation, kg/ha			
	fenofaas / development stage		saagis yield	tüüs stubble	juurtes roots	kokku total
Niisutamata alal 1. niite ajal / Non-irrigated during 1st cut						
16.05	varsumise algus / early stem formation	4	9	54	65	128
30.05	varsumine / stem formation	3	52	36	77	165
13.06	õiepungade moodustumise algus / early bud stage	3	80	30	58	168
27.06	õiepungade moodustumine / bud stage	3	108	28	77	213
11.07	õitsemine / flowering	2	130	36	94	260
25.07	õitsemise lõpp / end of flowering	2	138	40	102	280
Niisutamata alal suvel kokku / Non-irrigated in total						
16.05	varsumise algus / early stem formation	4	160	45	84	289
30.05	varsumine / stem formation	3	174	38	94	306
13.06	õiepungade moodustumise algus / early bud stage	3	195	36	69	300
27.06	õiepungade moodustumine / bud stage	3	197	37	76	310
11.07	õitsemine / flowering	2	212	39	124	375
25.07	õitsemise lõpp / end of flowering	2	206	42	106	354
Niisutatud alal 1. niite ajal / Irrigated during 1st cut						
16.05	varsumise algus / early stem formation	4	8	50	67	125
30.05	varsumine / stem formation	3	40	40	73	153
13.06	õiepungade moodustumise algus / early bud stage	3	63	30	58	151
27.06	õiepungade moodustumine / bud stage	3	98	28	74	200
11.07	õitsemine / flowering	2	133	46	83	262
25.07	õitsemise lõpp / end of flowering	2	116	45	94	255
Niisutatud alal suvel kokku / Irrigated in total						
16.05	varsumise algus/early stem formation	4	157	46	71	274
30.05	varsumine/stem formation	3	179	41	91	311
13.06	õiepungade moodustumise algus/early bud stage	3	176	37	63	276
27.06	õiepungade moodustumine/bud stage	3	188	33	84	305
11.07	õitsemine/flowering	2	215	44	89	348
25.07	õitsemise lõpp/end of flowering	2	188	41	108	337

Suve keskel, ädala moodustumisel lämmastiku juurdetulek taimedesse võrreldes 1. niitega intensiivistus – kui kevadel oli 48-päevase kasvuperioodi möödudes lämmastiku kogus taimedes 168 kg/ha, siis suvel 190...192 kg/ha. Et mügarbakterite elutegevus sõltub oluliselt keskkonna temperatuurirefiiimist (Duke, Doehlert, 1981), siis vähendasid kevadel,

kasvuperioodi algul esinenud suhteliselt jahedad ilmad lämmastiku kogunemist taimedesse. Samaaegselt taimedes olnud lämmastikukoguse absoluutse suurenemisega suvel muutus ka selle paiknemise struktuur – KA-saagis akumulieeritud lämmastiku suhteline kogus vähenes (kevadel 48 %, suvel 33...41 %) ning tüüs ja juurtes paiknenud lämmastiku osakaal suurenes (vastavalt 18 ja 20...23 % ning 34 ja 39...44 %).

Sügisel, viimase niite saagi formeerumisel oli õhutemperatuur suhteliselt madal, eriti septembris-oktoobris, ning sadas ohtrasti vihma. Uuringutest on selgunud, et õhutemperatuuri langus ja mulla liigniiskus mõjuvad lämmastiku omastamisele negatiivselt (Kalmel, 1980; Duke, Doehlert, 1981; Vance et al., 1988; Lanyon, Griffith, 1988). Seda kinnitasid ka käesoleva artikli autori katse tulemused, kus ligikaudu sama pika kasvuperioodi jooksul omastasid taimed sügisel ligi 17 % vähem lämmastikku kui suvel. Suurem osa kogutud lämmastikust (50...59 %) paiknes juurtes. Tüüs asus 38...44 kg/ha, mis moodustas kogu akumulieeritud lämmastikust 15...31 %, ning KA-saagis 15...82 kg/ha (kogu lämmastikust 11...31 %). Mida lühemaks kujunes niite-eelne kasvuperiood ja mida enam jäi saagi formeerumine sügisesse, seda vähem akumulieeriti taimedesse lämmastikku ja seda väiksem oli KA-saagis paiknev kogus, seda nii absoluut- kui ka suhtarvudes. Nii oli 53-päevase kasvuperioodi korral sügisel taimedes 149 kg/ha lämmastikku (sellest 23 % paiknes saagis), 65-päevase kasvuperioodi puhul aga vastavalt 278 kg/ha ja 29 %.

Vihmutamise mõju taimiku lämmastikukasutusele

Mitmed varasemad uurimused on näidanud, et veedefitsiidi vähendamine mullas põhjustab heintaimedes üld-N-sisalduse mõningase vähenemise (Peterschmidt et al., 1979; Jensen et al., 1988; Halim et al., 1989). Käesoleva katse tulemuste põhjal on seda raske üheselt väita. Taimiku vihmutamise tulemusena vähenes üld-N-sisaldus küll 1. niite KA-saagis keskmiselt 0,03 % (s.o. TP-sisaldus 0,2 %), samal ajal kui ädalasaakides ja suve kogusaakides muutusi ei täheldatud (tabel 5). Vihmutamine mõjus erinevate kasutusrežiimide rakendamisel saagi üld-N-sisaldusele erinevalt. Kui taimiku 3-niitelisel kasutamisel oli nende kahe faktori vaheline seos nii 1. niite, ädala- kui ka suve kogusaakide osas selgelt negatiivne, siis rohumaa 2- ja 4-niitelisel kasutamisel tõi vihmutamine kaasa üld-N-sisalduse mõningase suurenemise saagis (suve keskmisena üld-N 0,03...0,06 % e. TP-sisaldusena 0,2...0,4 %). Selliste muutuste olulisemateks põhjusteks olid nihked, mis leidsid vihmutamise toimet aset taimiku botaanilises koosseisus – vähenes liblikõieliste, eelkõige hübriidlutserni osakaal ja taimikus hakkasid enam domineerima kõrrelised heintaimed, mis sisaldasid samas arengujärgus olles vähem lämmastikuühendeid kui liblikõielised. Erandiks olid vaid 4-niitelised variandid, kus hübriidlutserni asendas proteiinirikas valge ristik. Üld-N-sisalduse tõus vihmutatud 2-niitelistes variantides oli aga ilmselt tingitud vihmutamise toimet aset leidnud taimiku tugevast lamandumisest, mille tagajärjel vähenes saagis alumistest lehtedest laasunud hübriidlutserni varte hulk (jäid tüü koosseisu). Samuti toob mulla veerežiimi optimeerimine kaasa taimede kiirema arengu (Halim et al., 1989), mille tulemusena nende kvaliteet langeb kiiremini kui vihmutamata alal. Teisest küljest on mitmed uuringud näidanud, et veepuudus võib vähendada taimedel summaarset lehepinda ja sellega seoses lehtede ja varte kaalulist vahekorda kuni 25...38 % (Halim et al., 1989) ning nõrgendada mügarbakterite aktiivsust (Wery et al., 1986). Kuna Eesti tingimustes tuleb kestvaid (üle 3 nädala) põuaperioode harva ette, on nimetatud faktorite mõju hea põuakindlusega hübriidlutserni saagi üld-N-sisaldusele tõenäoliselt nõrk.

Tabel 5. Hübriidlutserni taimiku TP-sisaldus ja -saak olenevalt niiterežiimist vihmutataval alal 1985...1989. a. keskmisena / Average crude protein content (in dry matter) and yield of alfalfa sward under irrigated conditions depending on the cutting regime from 1985...1989

aeg date	Esimese niite / First cut fenofaas / development stage	Niidete arv Number of cuts	Niited / Cuts				Suve keskmise resp. kokku Mean resp. total
			1.	2.	3.	4.	
TP-sisaldus kuivaines, % / Crude protein content in DM, %							
09.05	võrsumine / tillering	4	22,0	16,0	19,7	21,8	18,5
16.05	varsumise algus / early stem formation	4	20,4	14,6	20,0	18,8	17,7
23.05	varsumine / stem formation	4	17,6	15,8	20,0	18,9	17,6
30.05	varsumine / stem formation	3	17,3	16,7	19,7	×	17,5
06.06	varsumine / stem formation	3	17,1	17,6	20,1	×	18,0
13.06	õiepungade moodustumise algus early bud formation	3	14,0	16,6	20,9	×	16,2
20.06	õiepungade moodustumine / bud formation	3	11,9	17,4	21,7	×	14,9
27.06	õiepungade moodustumine / bud formation	3	13,0	19,4	19,2	×	
04.07	õitsemise algus / early flowering	3	12,0	20,0	17,7	×	14,2
11.07	õitsemine / flowering	2	14,8	18,4	×	×	16,0
18.07	õitsemine / flowering	2	13,1	18,3	×	×	14,6
25.07	õitsemise lõpp / end of flowering	2	13,1	20,6	×	×	15,2
TP-saak, kg/ha / Crude protein yield, kg/ha							
09.05	võrsumine / tillering	4	8	412	501	227	1148
16.05	varsumise algus / early stem formation	4	51	326	465	139	981
23.05	varsumine / stem formation	4	141	475	407	87	1110
30.05	varsumine / stem formation	3	253	573	291	×	1117
06.06	varsumine / stem formation	3	365	606	319	×	1290
13.06	õiepungade moodustumise algus early bud formation	3	396	495	207	×	1098
20.06	õiepungade moodustumine / bud formation	3	469	431	169	×	1069
27.06	õiepungade moodustumine / bud formation	3	610	474	90	×	1174
04.07	õitsemise algus / early flowering	3	701	398	60	×	1159
11.07	õitsemine / flowering	2	829	515	×	×	1344
18.07	õitsemine / flowering	2	716	406	×	×	1122
25.07	õitsemise lõpp / end of flowering	2	723	450	×	×	1173

Vihmutamise negatiivne toime avaldus selgemalt rohumaa fütomassi teiste komponentide (tüü ja eriti juurte) osas, kus suve keskmisena oli üld-N-sisaldus vastavalt 0,05 ja 0,07 % võrra väiksem kui vihmutamata alal (tabelid 2 ja 3). Kõige enam vähenes üld-N-sisaldus tüüs ja juurtes sügisel, viimase niite saagi formeerumise ajal (vastavalt 0,06 ja 0,13 %), samal ajal kui suvel 2. niite (tüüs) või kevadsuvel 1. niite ajal (juurtes) olid muutused minimaalsed või isegi suunalt vastupidised (joonis 1).

Taimedes akumulereeritavad ja saagiga eemaldatavad üld-N kogused pinnaühiku kohta olenesid nende kontsentratsioonide kõrval olulisel määral taimiku saagi ja fütomassi formeerumisest. Selle tõttu olid rohumaa vihmutamisel nende näitajatega toimunud muutused küllaltki sarnased muutustega, mis toimusid fütomassi ning selle komponentidega (KA-saak, tüü- ja juuremass). Mulla niiskusrežiimi reguleerimise tulemusena vähenes TP kogusaak keskmiselt 45 kg/ha e. 4 % (tabel 5). Vihmutamise negatiivne toime oli sealjuures tugevam taimiku 2-niitelisel kasutamisel: TP kogusaak vähenes keskmiselt 67 kg/ha. Rohumaa kasutuskoormuse suurenedes vihmutamise negatiivne efekt vähenes ning 4-niitelisel kasutamisel olid TP kogusaagid vihmutatud ja vihmutamata alal praktiliselt võrdsed.

Vegetatsiooniperioodi erinevatel etappidel oli vihmutamise mõju TP-saagile erinev. Kõige suurem oli erinevus (olenemata niite ajast 10...11 %) vihmutatud ja loodusliku niiskusrežiimi alalt saadud TP-saakide vahel kevadel ja kevadsuvel 1. niites (olenemata niite ajast 10...11 %). Sügiseks erinevused koristatud TP-saakide vahel küll vähenesid, kuid süvenes nende seotus niiterežiimi alaga. Mida intensiivsemalt taimikut kasutati, seda enam ilmes niisutamise TP-saaki vähendav toime. Erinevalt esimese ja viimase niite TP-saakidest, mõjus niisutamine suve keskel (juuli lõpul - augusti algul) koristatud ädalasaakidele positiivselt, suurendades TP kogust keskmiselt 26 kg/ha e. 6 %.

Vihmutamine avaldas mõju ka üld-N akumulatsioonile tüüs. Kuigi üld-N-sisaldus tüü KA-s mulla niiskusrežiimi paranedes vähenes, suurenes samal ajal taimiku lamandumise ja tihenemise tulemusena tüümass ning sellega seoses ka üldlämmastiku kogus tüüs keskmiselt 3 % (tabel 4). Tugevamini avaldus see seaduspärasus taimiku 2- ja 4-niitelisel kasutamisel vastavalt 1. ja viimase niite ajal.

Lämmastikuühendite akumulatsioon juurtes oli niisutatud alal keskmiselt 9 % väiksem kui loodusliku niiskusrežiimi alal (tabel 4). Erinevate variantide ja vegetatsiooniperioodi etappide lõikes esinesid aga suured kõikumised. Väikseim oli vihmutamise mõju kevadel 1. niite ajal, mil vihmutamata alal kasvanud taimede juurtes oli pinnaühiku kohta keskmiselt 5 % enam üld-N kui vihmutataval alal kasvanud juurtes. Sügise poole see erinevus suurenes ning ulatus viimase niite ajal 10 %-ni. Variantide lõikes oli vihmutamise mõju juurtes akumulereeritud üld-N kogusele suurim 2- ja 4-niitelistes variantides, kus vihmutamata alal kasvanud taimede juurtes oli üld-N viimase niite ajal 19...23 kg/ha ja vegetatsiooniperioodi keskmisena 13...16 kg/ha rohkem kui vihmutatud alal kasvanud taimede juurtes. Taimiku 3-niitelisel kasutamisel olid juurtes akumulereeritud üld-N kogused niisutamata ja niisutatud alal ligikaudu võrdsed. Eespool nimetatud muutuste toimele vähenes hübriidlutserni taimiku vihmutamisel fütomassis akumulereeritud üld-N-kogus 1. niite ajal keskmiselt 11 kg/ha e. 6 % ning suve keskmisena 14 kg/ha e. 4 % (taimiku 2- ja 4-niitelistes variantides 15...22 kg/ha e. 5...6 %; tabel 4), selle struktuuris suurenes tüüs ja vähenes juurtes akumulereeritud lämmastiku osakaal.

Kokkuvõtte ja järeldused

Katsetulemusi kokku võttes saab teha järgmised järeldused:

1. Hübriidlutserni rohumaa KA-saagi TP-sisaldus olenes põhiliselt niite-eelse kasvu-perioodi pikkusest (mida pikem see oli, seda väiksemaks kujunes saagi TP-sisaldus), saagi formeerumisel valitsenud ilmastikutingimustest ning lutserni osakaalust taimikus. Suve esimesel poolel, mil suhteliselt kõrge õhutemperatuuriga kaasnes sageli niiskusepuudus mullas, oli KA-saagi TP-sisaldus 2,5...3,5 % võrra väiksem kui suve teisel poolel, s.o. suhteliselt madala õhutemperatuuri ja piisava sademetehulga tingimustes kujunenud saagis.

2. Suurim TP-saak (857...861 kg/ha) oli 1. niite tegemisel juulis, hübriidlutserni täis-õitsemise faasis. Mida hiljemaks jäi 1. niide, seda enam vähenes TP kogusaagis ädalasaagi proteiini osakaal, suurenes aga 1. niitest saadud TP-saagi osatähtsus. TP kogusaak olenes

rakendatud niitereñ iimist vähe. Ühtlaselt suured saagid (1232...1297 kg/ha) saadi katseaastate keskmisena nii taimiku 3- kui ka 2-niitelisel kasutamisel. Sellest intensiivsem, 4-niiteline kasutamine vähendas TP kogusaaki kuni 20 %.

3. Fütomassi eri osades oli lämmastikuisaldus erinev. Kõrgeim oli üld-N kontsentratsioon (kuni 3,52 %) KA-saagis. Tüüs, mis koosnes suuremalt jaolt taime vartest ja kuivanud osadest, jäi antud näitaja 1,50...1,69 korda e. ligikaudu 1,5 % võrra ning juurtes kuni 2,5 korda madalamaks. FM maapealsetes osades oli lämmastikuisaldus suurem taimede nooremas arengufaasis. Juurtes osas sellist seaduspärasust ei ilmnenud.

4. Hübriidlutserni taimiku FM akumulieritud lämmastiku kogus olenes olulisel määral rohumaa kasutusereñ iimist. Kõige enam (354...375 kg/ha) akumulierus taimedesse lämmastikku taimiku 2-niitelisel kasutamisel. Kasutusintensiivsuse suurenedes oli lämmastiku kogus FM-s 16...21 % väiksem. Põhiline osa fütomassis olnud üld-N (55...65 %) paiknes KA-saagis, 25...34 % juurtes ning 10...16 % tüüs.

5. Vegetatsiooniperioodi erinevatel etappidel oli lämmastiku kogunemine fütomassi erinev. Kui kevadel, taimekasvu algul oli taimedes lämmastikku 128 kg/ha, millest 51 % paiknes juurtes ja 42 % tüüs, siis juulis, hübriidlutserni õitsemise lõpuks oli sama näitaja 280 kg/ha, millest 49...50 % moodustas KA-saagis, 14 % tüüs ja 36...37 % juurtes akumulieritud lämmastik. Suve keskel, ädalakasvu ajal lämmastiku juurdetulek taimedesse intensiivistus, seda eelkõige tüüs ja juurtes paiknenud lämmastiku koguse suurenemise arvel. Sügisel, viimase niite ajal oli FM akumulierunud lämmastiku kogus ligi 17 % väiksem kui suvel ning suurem osa sellest (50...59 %) paiknes juurtes.

6. Vihmutamine mõjus taimiku lämmastikukasutusele eelkõige rohumaa botaanilise koostise kaudu, põhjustades FM-s lämmastikuühendite kontsentratsiooni vähenemise (kõige selgemini avaldus see tüüs ja juurtes).

7. Olenemata hübriidlutserni rohumaa niitereñ iimist ja kasutusaastast, vähendas vihmutamine TP kogusaaki keskmiselt 45 kg/ha e. 4 %, juurtes akumulierunud lämmastiku kogust 9 % ja suve keskmist FM akumulierunud kogust 3 %. Tüüsse kogunenud lämmastiku kogus muutus mulla veeolude paranedes vähe.

Kirjandus

- Baligar, V. C. Interrelationships between growth and nutrient uptake in alfalfa and corn. – J. Plant Nutr., vol. 9, p. 1391...1404, 1986.
- Barnes, D. K., Heichel, G. H., Vance, C. P., Ellis, W. R. A multiple trait breeding program for improving the symbiosis for N₂ fixation between *Medicago sativa* L. and *Rhizobium meliloti*. – Plant Soil., vol. 82, p. 303...314, 1984.
- Burton, J. C. Nodulation and nitrogen fixation in alfalfa: Alfalfa science and technology. – Agronomy, No. 15, p. 229...246, 1972.
- Center, D. M., Vaughn, C. E., Jones, M. B. Effects of management on plant production and nutrient cycling on two annual grassland sites. – J. Agric. Sci., vol. 57, 1989. – 40 p.
- Cralle, H. T., Heichel, G. H. Nitrogen fixation and vegetative regrowth of alfalfa and birdsfoot trefoil after successive harvests or floral debudding. – Plant Physiol., vol. 67, p. 898...905, 1981.
- Dieter, M. Beitrag zur Quantifizierung der Stickstoff- und Humusreproduktionsleistung der Lucerne aus einem Fruchtfolge-Düngungsversuch. – Tagungsber/Akad. Landwirtschaft, Teil 1, S. 367...374, 1988.
- Dmitrotšenko, Pšenitšnõi: Дмитроченко А. П., Пшеничный П. Д. Кормление сельскохозяйственных животных. – Л., 1975. – 480 с.
- Donovan, T. J., Meek, B. D. Alfalfa responses to irrigation treatment and environment. – Agr. J., vol. 75, p. 461...464, 1983.
- Duke, S. H., Doehlert, D. C. Root respiration, nodulation, and enzyme activities in alfalfa during cold acclimation. – Crop Sci., vol. 21, p. 489...495, 1981.
- Fleming, S. C., Collins, M., Jorgensen, N. A. Changes in quality and composition of alfalfa during autumn. – Proc. of the XIV International Grassland Congress. Colorado, p. 592...595, 1983.
- Gabrielsen, B. C., Smith, D. H., Townsend, C. E. Cicer milkvetch and alfalfa as influenced by two cutting schedules. – Agr. J., vol. 77, p. 416...422, 1985.

- Halim, R. A., Buxton, D. R., Hattendorf, M. J., Carlson, R. E. Water-deficit effects on alfalfa at various growth stage. – Agr. J., vol. 81, p. 765...770, 1989.
- Heichel, G. H., Vance, C. P., Barnes, D. K. Symbiotic nitrogen fixation of alfalfa, birdsfoot trefoil and red clover. – Proc. of the XIV International Grassland Congress. Colorado, p. 336...338, 1983.
- Heichel, G. H., Barnes, D. K., Vance, C. P., Henjum, K. I. N₂ fixation, and N and dry matter partitioning during a 4-year alfalfa stand. – Crop Sci., vol. 24, p. 811...815, 1984.
- Heichel, G. H., Vance, C. P. Physiology and morphology of perennial legumes. – Nitrogen fixation. Legumes. Oxford, vol. 3, p. 99...142, 1983.
- Hein, V. Heintaimiku arhitektoonika. – Sotsialistlik Põllumajandus, nr. 2, lk. 30, 1986.
- Jensen, E. H., Miller, W. W., Mahannah, C. N. Effect of water supply on performance of alfalfa. – J. Produc. Agr., vol. 1, p. 152...155, 1988.
- Kalmet, R. Mikrovaetiste mõju kultuurniiduheina kvaliteedile. – Põllumajanduskultuuride produktiivsuse tõstmine. Tead.-tehn. konverentsi teesid. Tartu, lk. 83...84, 1980.
- Keftasa D. Effects of developmental stages at harvest, nitrogen application and moisture availability on the yield and nutritional value of Rhodes grass (*Chloris gayana Kunth*) – lucerne (*Medicago sativa L.*) pastures. – Crop Prod. Sci., vol. 7, 1990. – 22 p.
- Kobozev: Кобозев И. В. Содержание и качество сырого белка в люцерне и люцерно-злаковом травостое в зависимости от орошения и внесения удобрений. – Агрoхимия, № II, с. 94...102, 1981.
- Laidna, T. Fütomassi produktsioon ja lämmastiku bilanss vihmutataval mitmeniitelisel kultuurniidul. – Magistriväitekiri. – Tartu, 1993. – 121 lk.
- Laidna: Лайдна Т. Зависимость продукции фитомассы и баланса азота на культурных лугах от источника азота. – Роль и перспективы биологического и минерального азота в интенсивном луговодстве. Тез. докл. Тарту, с. 41...45, 1985.
- Lanyon, L. E., Griffith, W. K. Nitrogen and fertilizer use: Alfalfa and alfalfa improvement. – Agronomy, No.29, p. 333...372, 1988.
- Laur, V. Lutsernikasvatus kamar-karbonaatmuldadel. – Tln., 1962. – 88 lk.
- Lillak, R. Roog-aruheina rohumaatootajate koostis, fütomassi ja saagi kvaliteedi kujunemine olenevalt niiterežiimist ja vihmutamisest. – Magistriväitekiri. – Tartu, 1993. – 97 lk.
- Lillak, R. Rohumaatootajate koostis, fütomassi ja saagi kvaliteedi kujunemine olenevalt niiterežiimist ja vihmutamisest. III. Hübridilutserni taimiku kvantitatiivsed iseärasused. – Agraarteadus, nr. 3, lk. 308...330, 1994.
- Loid: Лойд Х. Урожайность многолетних трав и баланс питательных веществ в зависимости от уровня NPK-удобрений в условиях Эстонской ССР. – Канд. дисс. Тарту, 1980. – 189 с.
- Marble, V. L., Baghott, K. G., Benton, R. W., Smith, P. D., Gripp, R. H. Producing quality alfalfa in California's mountain valleys. – California Agric., vol. 39, p. 27...30, 1985.
- Miidla, H. Taimefüsioloogia. – Tln., Valgus, 1984. – 424 lk.
- Older, H. Heintaimede niitmise aeg ja rohu toiteväärtus. Heintaimede mitmeniiteline koristamine. – Rohumaaviljelus talupidajale. – Saku-Tallinn-Tartu, lk. 126...141, 1992.
- Oll, Ü. Söödade keemiline koostis. – Tartu, Valgus, 1992. – 33 lk.
- Onstad, D. W., Fick, G. W. Predicting crude protein, *in vitro* true digestibility, and leaf proportion in alfalfa herbage. – Crop Sci., vol. 23, p. 961...964, 1983.
- Peterschmidt, N. A., Delaney, R. H., Greene, M. C. Effects of overirrigation on growth and quality of alfalfa. – Agr. J., vol. 71, p. 752...754, 1979.
- Raave, L. Euroopa Rohumaade Föderatsiooni konverentsi ja Norra-sõidu aineil. Ilminguid rohumaaviljeluses. – Sotsialistlik Põllumajandus, nr. 10, lk. 38...39, 1985.
- Raave, L. Lutsernisaagi struktuur, selle paiknemine ja keemiline koostis sõltuvalt niiteajast. – Teaduse saavutusi ja eesrindlikke kogemusi põllumajanduses. Rohumaaviljelus, nr. 27, lk. 36...53, 1986.
- Rijtema, P. E. Nitrogen emission from grassland farms – a model approach. – Proc. Inter. Symp. Europ. Grassl. Feder. on the role of nitrogen in intensive grassland production. – Wageningen, p. 137...148, 1980.
- Rominger, R. S., Smith, D. Yields and elemental composition of alfalfa plant parts at late bud under two fertility level. – Can. J. Plant Sci., vol. 55, p. 69...75, 1975.
- Sanderson, M. A., Wedin, W. F. Nitrogen in the detergent fibre fractions of temperate legumes and grasses. – Grass and Forage Sci., vol. 44, p. 159...168, 1989.
- Vance, C. P. Nitrogen fixation in alfalfa. – An overview in Proc. 8th Ann. Alfalfa Symp., p. 34...41, 1978.

- Vance, C. P., Heichel, G. H., Barnes, D. K., Bryan, J. W., Johnson, L. E. Nitrogen fixation, nodule development and vegetative regrowth of alfalfa (*Medicago sativa* L.) following harvest. – Plant Physiol., vol. 64, p. 1...9, 1979.
- Vance, C. P., Heichel, G. H., Phillips, D. A. Nodulation and symbiotic dinitrogen fixation: Alfalfa and alfalfa improvement. – Agronomy, No. 29, p. 229...257, 1988.
- Wery, J., Turc, O., Salsac, L. Relationship between growth, nitrogen fixation and assimilation in a legume (*Medicago sativa* L.). – Plant and soil, vol. 96, p. 17...29, 1986.

THE FORMATION OF BOTANICAL COMPOSITION, PHYTOMASS AND YIELD QUALITY OF GRASSLANDS DEPENDING ON CUTTING REGIME AND IRRIGATION. IV. NITROGEN USE BY ALFALFA SWARD

R. Lillak

Summary

This paper deals with results of investigation into the dependency of total nitrogen (crude protein) content and accumulation in phytomass of alfalfa (*Medicago media* Mart.) cv. 'Jõgeva 118' sward on the cutting regime and irrigation under the climatic and soil conditions of the South-Estonian region. The experiment was carried out in the Experimental Station of the Department of Grassland Husbandry and Botany (Estonian Agricultural University) in 1985...1989 on brown pseudopodzolic soil with the content of organic matters in a 0...20 cm soil layer ranging from 1.88 to 2.24 % and pH_{KCl} – 6.50...6.65. The fertilizer background was N-0, P-44, K-208 kg/ha and the height of cutting – 8...10 cm. The trial field was divided into two equal blocks – in one alfalfa grew under the conditions of water-stress, especially in June and July, in the other one irrigation was used for the regulation of the soil water regime.

The outline of the main results would be as follows:

- The content of crude protein in alfalfa herbage depended mainly on the length of the growing period before the cut and on weather conditions during the yield formation (the crude protein content was in herbage 2,5...3,5 % lower when the yield was formed in conditions of moisture deficit and relatively high temperature in June-July compared with herbage formed in the second half of summer when the soil water content was near optimum). The highest content of crude protein in herbage (up to 22 %) were obtained at the beginning of the vegetative period in the early stage of development of alfalfa. With advancing development, that data declined steadily.

- The relationship between cutting regime and total crude protein yield was not consistent. The yield was equally high (on average 1232...1297 kg/ha) with the 2- or 3-harvest systems. When the more intensive 4-harvest system was used, the crude protein yield was up to 20 % smaller.

- The content of nitrogen was different in parts of PM. The highest concentration of total N (3,52 %) was observed in DM yield. In stubble, which consisted mostly of stems and dead parts of grass, the concentration was 1.50...1.69 times smaller and in roots by up to 2.50 times. The concentration of N in the above-ground PM declined with the maturity of the grass whereas the below-ground PM was not influenced by the development.

- The amount of N accumulated in the PM of alfalfa sward was greater (354...375 kg/ha) when the 2-harvest system was used. If the number of cuts was increased from 2 to 4 the accumulation of N decreased by 16...21 %. The main part of total N (55...65 %) was accumulated in the yield, 25...34 % in the roots and 10...16 % in the stubble.

- The irrigation of alfalfa sward resulted in a decrease in the concentration of total N by the average of 0,05...0,07 %, especially on the part of stubble and roots and in a decrease in the accumulation of total N in phytomass by the average of 4 %.

ФОРМИРОВАНИЕ БОТАНИЧЕСКОГО СОСТАВА, ФИТОМАССЫ И КАЧЕСТВА УРОЖАЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМА СКАШИВАНИЯ ТРАВСТОЯ И ДОЖДЕВАНИЯ. IV. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЗОТА ТРАВСТОЕМ С ПРЕОБЛАДАНИЕМ ЛЮЦЕРНЫ ГИБРИДНОЙ

Р. Лиллак

Резюме

Изучались содержание и аккумуляция общего азота (сырого протеина) в фитомассе у травостоя с преобладанием люцерны гибридной (*Medicago media Martyn*) сорта 'Йыгева П8' в зависимости от режима скашивания и дождевания травостоя в климатических и почвенных условиях южной части Эстонской Республики. Опыт проведен в 1985...1989 гг. на опытной станции кафедры луговодства и ботаники ЭСХУ, на бурой псевдоподзолистой почве (содержание органического вещества – 1,88...2,24 %, и рН_{KCl} 6,50...6,65). Фон удобрений – N-0, P-44, K-208. Для регулирования водного режима почвы на одной половине опытного участка использовали орошение, на остальной половине площади люцерна росла в условиях водного дефицита, в частности в июне и июле. Высота срезания травы – 8...10 см.

В результате проведенных исследований выяснилось следующее:

- Содержание сырого протеина в траве с преобладанием люцерны гибридной зависело прежде всего от продолжительности периода роста до укоса и от погодных условий. Наиболее богатой азотистыми веществами трава оказалась в начале вегетационного периода – в первой половине мая, в вегетативной стадии развития. Со старением травы ее качество быстро ухудшалось.

- Валовой урожай сырого протеина мало зависел от режима скашивания травостоя. Одинаково высокие урожаи (1232...1297 кг/га) были получены при 3- и 2-укосном использовании. При более интенсивном, 4-укосном скашивании травы урожайность сырого протеина уменьшалась на 20 %.

- В разных частях фитомассы травостоя отмечено различное содержание азотистых веществ. Наивысшей (до 3,52 %) оказалась концентрация общего азота в урожае. В стерне этот показатель был в 1,50...1,69, а в корнях – до 2,50 раза ниже. Если в наземной части фитомассы содержание азотистых веществ наивысшим было в более ранние фазы развития растений, то в подземных частях такая закономерность отсутствовала.

- Накопление общего азота в растениях было наивысшим (354...375 кг/га) при 2-укосном скашивании травостоя. При более интенсивном использовании этот показатель снижался на 16...21 %. Основная часть (55...65 %) общего азота удалялась с урожаем, от 25 до 34 % – с корнями и 10...16 % со стерней.

- В результате дождевания в растениях уменьшалось содержание общего азота (особенно в стерне и корнях), урожайность сырого протеина и количество накапливаемых общего азота.