

TAIMEDE ARENGUFAASI MÕJUST SILO TOITEVÄÄRUSELE

M. Vadi, H. Kaldmäe, R. Kirsell

ABSTRACT. *On the effect of growth stage on the nutritive value of silage.* The objective of the study was to investigate the effect of the stage of maturity of plants, cut for ensiling, on nutritive value and digestibility of silages. For that reason, the chemical composition and the in vitro dry matter and organic matter digestibility of 173 silage samples were determined. The silages were prepared from grasses, red clover mixed with grasses (50% red clover), and red clover rich (75% red clover) grasses at the stage of ear formation, early flowering and full flowering.

Delayed ensiling had a significant effect on the chemical composition and nutritive value of grass silages. From the ear formation to the early flowering, the crude fibre content increased by 4.8% and NDF by 9.3%, whereas the crude protein content decreased by 2.9% and the in vitro organic matter digestibility by 12.9% ($P < 0.001$), respectively.

The nutritive value of silages, prepared from red clover mixed with grasses, decreased more slowly. In red clover rich (75% red clover) grass silages the organic matter digestibility decreased by 12.3% ($P < 0.001$) from the bud formation to the full flowering.

Keywords: silage, chemical composition, digestibility, nutritive value, grasses, legumes.

Sissejuhatus

Rohusöötade valmistamine toimub taimede kõige intensiivsema kasvu ajal, mil muutub kiiresti nende vegetatiivmass, keemiline koostis ja toiteväärtus. Seetõttu on oluline valida sobiv koristusaeg rohusöötade valmistamiseks.

19. sajandi keskpaigast alates on söötade hindamisel üheks põhiliseks kriteeriumiks toorkiuud. Toorkiuu määramine Weende skeemi järgi võeti kasutusele 1860. aastal Saksamaal Weende katsejaamas ja on kasutusel tänapäevani.

Hilisemad uuringud näitasid, et Weende süsteemil on puudusi toorkiuu ja N-ta ekstraktiivainete määramisel, sest hemitselluloos ja osa ligniini satub ekstraktiivainete hulka (vt joonis 1).

Söötade paremaks iseloomustamiseks tuldi ideele jagada sööda kuivaine rakusisuks ja rakuseinaaineteks. 1967. a töötas Van Soest välja detergentkiu metoodika.

Kasutades detergentlahuseid määratakse söötades neutraalkiuud (NDF) ja happekiud (ADF). Taimmaterjali osa, mis lahustub detergentlahustes, moodustab rakusisu (Van Soest, 1982).

Varases arengufaasis moodustab rakusisu 2/3 sööda kuivainest, millest suurem osa on proteiin. Rakusisu on maisiteradel 90%, lutsernil 60% ja kõrrelistel heintaimedel 25–35% kuivainest. Rakusisu lõhustavad ja seedivad mäletsejad kiiresti ja täielikult (Undersander jt, 1994).

Neutraalkiudu võib mõista kui taimeraku seinainete fraktsiooni. See fraktsioon sisaldab peamiselt ligniini, tselluloosi ja hemitselluloosi. ADFi koosseisus on olulise tähtsusega tselluloos ja ligniin, kuid puudub hemitselluloos.

NDF korreleerub tugevalt söömusega, mille tõttu teda loetakse ratsiooni koostamisel efektiivsemaks kiu mõõduks. ADF on seotud söötade seedumisega, sest selles fraktsioonis on rohkesti seedumatut ligniini. Mida väiksem on ADF-sisaldus, seda enam on loom võimeline sööta seedima.

Rakuseinaaine on mäletsejatel vähese omastatavusega. Tema lõhustumine ja seeduvus sõltub taimeliigist ja selle arengufaasist.

Taimede vananemisel toimub nende toitainetes rida muutusi. Rakusisu osatähtsus väheneb rakuseinaainete sisalduse suurenemise arvel. Sellega kaasneb proteiinisalduse vähenemine, mis on tingitud omakorda varte ja lehtede suhte muutumisest varte kasuks.

Hilisemas arengufaasis suureneb kõrrelistes heintaimedes tselluloosi-, hemitselluloosi- ja ligniinisaldus. Suurem ligniinisaldus ja ligniini ruumiline struktuur pärsivad omakorda seeduvust.

Vastandina kõrrelistele sisaldavad liblikõielised vähem rakukestaainet. Neis on märgatavalt vähem hemitselluloosi, kuid rohkem pektiinaineid ja ligniini (Gill jt, 1989).

Varakevadel on lühiajaline periood, mil taimede seeduvus püsib stabiilsena. Selle perioodi lõpp ühildub mõnedel taimeliikidel loomisega. Seejärel väheneb orgaanilise aine seeduvus järsult. Rohhtaimede seeduvust mõjutab lehtede ja varte suhe. Kõrrelistel on väga noores rohus varred paremini seeduvad kui lehed. Taimede vananemisel muutub olukord vastupidiseks (McDonald jt, 1991).

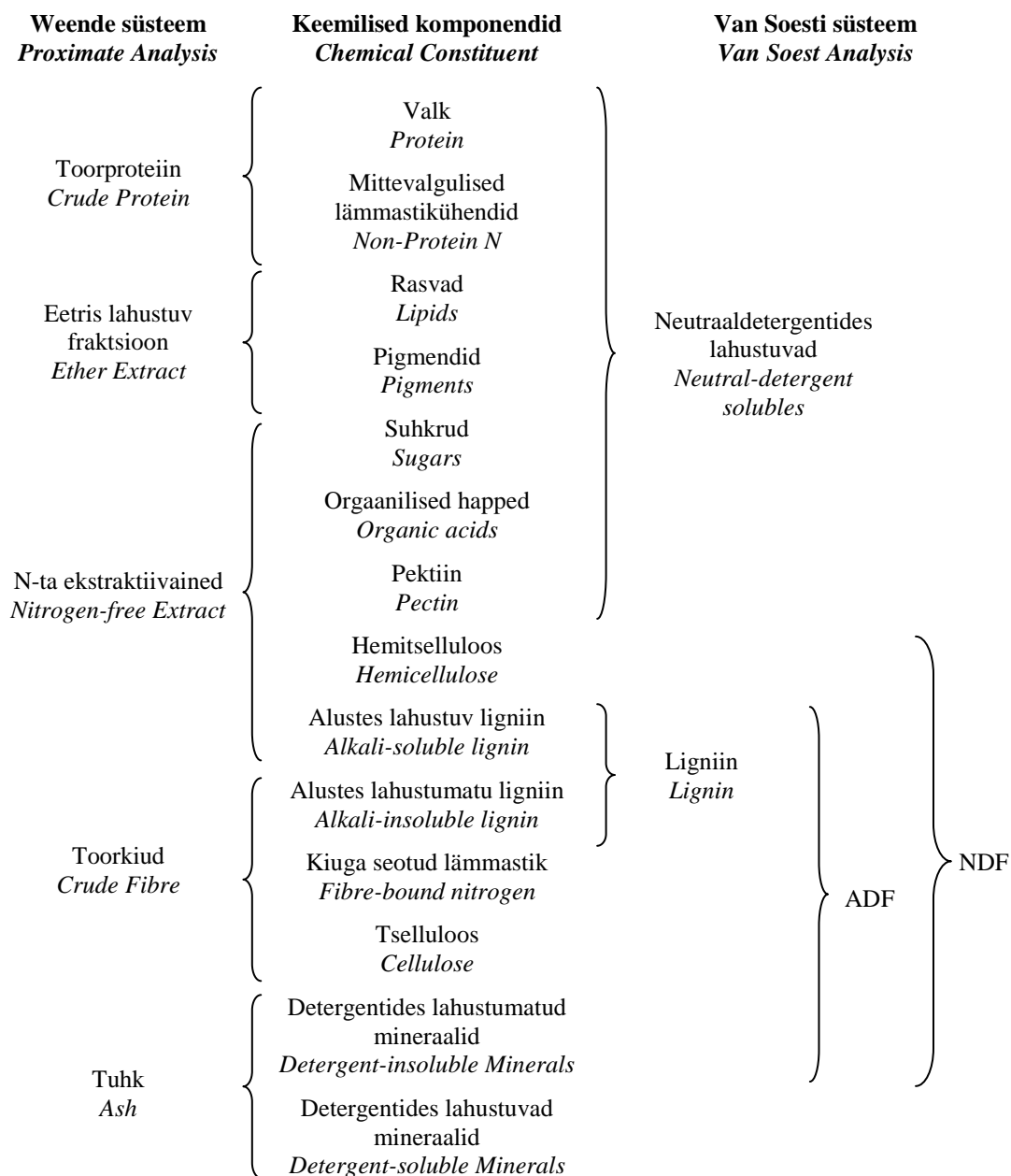
Rinne jt (1998) andmetel vähenes koristamisega hilinemisel timuti ja aas-aruheina segust valmistatud silo toorproteiinisaldus 2,7 g/kg ja orgaanilise aine seeduvus 4,5 g/kg ning suurenes NDF-sisaldus 8,3 g/kg päevas.

Kaldmäe jt (2000) uurimistulemuste põhjal langes Eesti kliima tingimustes kõrreliste heintaimede toorproteiinisaldus kevadel isegi 5 g/kg päevas.

Silo toiteväärtus sõltub algmaterjali kvaliteedist. Taimede arengufaas koristamisel, taimeliik, liblikõieliste osatähtsus heintaimikus, lämmastikväetiste kogus taimede kasvatamisel – see kõik määrab silo toiteväärtuse.

Uurimistö eesmärgiks oli selgitada, kuidas mõjutab taimede arengufaas silo toitainesisaldust ja seeduvust.

Võtmesõnad: silo, keemiline koostis, seeduvus, toiteväärtus, kõrrelised, liblikõielised.



Joonis 1. Weende ja Van Soesti süsteemi erinevused (kohandatud Fisheri jt, 1995 poolt)

Figure 1. Contrast of Weende system and Van Soest system (adapted from Fisher et al., 1995)

Materjal ja meetodika

Loomakasvatusinstituudi söötmissakonnas uuriti 173 silopartii keemilist koostist ja seeduvust.

Silo oli valmistatud kõrrelistest, kõrreliste ja punase ristiku segust (50% kõrrelisi ja 50% ristikut) ja punase ristiku rikastest (75% ristikut) heintaimedest erinevatel arengufaasidel.

Silos määrati kuivaine-, toorproteiini-, toorkiu-, kaltsiumi- ja fosforisisaldus üldtunnustatud EL meetodikate järgi. Analüüsiandmete alusel arvutati silo metaboliseeruva energia ja seeduva proteiini sisaldus.

NDF ja ADF määrati ANKOMi aparaadiga Van Soesti (1994) meetodika järgi. Silo lõhustuvus ja seeduvus *in vitro* määrati filterkottide meetodil DAISY II ja ANKOMi aparaatidega.

Tulemused ja arutelu

Kõrreliste silo keemiline koostis on toodud tabelis 1. Loomisest õitsemise alguseni vähenes toorproteiinisaldus silos 2,9% võrra.

Tabel 1. Kõrrelistest heintaimedest silo keemiline koostis ja toiteväärtus

Table 1. Chemical composition and nutritive value of grass silage

Näitajad <i>Items</i>	Arengufaas / <i>Development stage</i>		
	loomine <i>ear formation</i>	õitsemise algus <i>early flowering</i>	täisõites <i>full-flowering</i>
Proovide arv / <i>No. of samples</i>	40	32	32
Kuivaine / <i>Dry matter, %</i>	28,8	27,5	34,7
Kuivaines / <i>In dry matter:</i>			
toorproteiin / <i>crude protein, %</i>	15,7	12,8	10,0
seeduv proteiin / <i>digestible protein, %</i>	97,5	79,6	56,0
toorkiud / <i>crude fibre, %</i>	23,7	28,5	31,8
NDF, %	45,9	55,2	62,6
ADF, %	28,0	33,9	38,7
hemitelluloos / <i>hemicellulose, %</i>	17,9	21,3	23,9
toorrasv / <i>crude fat, %</i>	2,9	2,9	2,8
N-ta ekstraktiivained, % <i>N-free extractives, %</i>	48,5	46,6	47,4
Ca, g/kg	8,4	8,3	7,5
P, g/kg	2,9	2,9	2,5
metaboliseeruv energia, MJ/kg <i>metabolizable energy, MJ/kg</i>	9,6	9,3	8,6

Toorproteiinisaldus vähenes ühtlaselt eri arengufaasides valmistatud silos. Samal ajal suurenes kiufraktsioonide osatähtsus kiiremini varasemas arengufaasis valmistatud silos.

Loomisest õitsemise alguseni suurenes silo toorkiusisaldus 4,8% ja NDF 9,3% võrra, õitsemise algusest täisõiteni vastavalt 3,3% ja 7,4% võrra.

Silo valmistamisega hilinemisel täheldati selget energiaväärtuse langust. Metaboliseeruva energia sisaldus vähenes loomisest täisõiteni 1,0 MJ/kg võrra.

Kõrreliste ja ristiku (50%+50%) segust valmistatud silos oli proteiini vähenemine ja kiufraktsioonide sisalduse suurenemine aeglasem ja suuremad muutused ilmsesid hilisemas arengufaasis valmistatud silos (vt tabel 2).

Proteiinisaldus vähenes silos loomisest õitsemise alguseni 1,6 protsendiühiku võrra, kuid õitsemise algusest täisõiteni 2,5% võrra.

Loomisest õitsemiseni suurenes toorkiusisaldus 0,6% ja NDF 1,5% võrra, kuid õitsemise algusest täisõiteni vastavalt 6,3% ja 9,7% võrra.

Ilmselt põhjustas hilisemat toorproteiinisalduse vähenemist ja kiufraktsioonide sisalduse suurenemist ristiku osatähtsus segudes. Kaldmäe jt (2000) uurimistulemuste põhjal langeb punase ristiku toiteväärtus aeglasemalt kui kõrrelistel.

Tabel 2. Kõrreliste ja ristiku silo (50% ristikut) keemiline koostis ja toiteväärtus
Table 2. Chemical composition and nutritive value of silage of clover and grasses (50% clover)

Näitajad Items	Arengufaas / Development stage		
	loomine ear formation	õitsemise algus early flowering	täisõites full-flowering
Proovide arv / No. of samples	12	7	11
Kuivaine / Dry matter, %	22,8	25,8	26,5
Kuivaines / In dry matter:			
toorproteiin / crude protein, %	15,7	14,1	11,6
seeduv proteiin / digestible protein, %	103,3	93,1	68,4
toorkiud / crude fibre, %	26,3	26,9	33,2
NDF, %	46,3	47,8	57,5
ADF, %	31,4	32,4	38,8
hemitselluloos / hemicellulose, %	14,9	15,4	18,7
toorrasv / crude fat, %	3,5	3,5	3,0
N-ta ekstraktiivained, % N-free extractives, %	45,8	46,8	43,4
Ca, g/kg	11,8	11,7	10,7
P, g/kg	2,6	2,6	2,2
metaboliseeruv energia, MJ/kg metabolizable energy, MJ/kg	9,5	9,3	8,9

Ristikurohketest (75% ristikut) heintaimedest valmistatud silos vähenes rakuseinainete sisalduse suurenemisega silo valmistamisel (NDF 44,2%, 49,2% ja 57,9%) toorproteiinisaldus õiepungade moodustumisest õitsemise alguseni 2,2% ja õitsemise algusest täisõiteni 2,3% võrra (vt tabel 3).

Ristiku ja kõrreliste segust valmistatud silo sisaldas vähem NDFi ja hemitselluloosi kui kõrrelistest valmistatud silo.

Kui kõrrelistesilos langes metaboliseeruva energia sisaldus uuritava ajavahemikul 1,0 MJ/kg, siis kõrreliste ja ristiku segudest tehtud silos oli langus vaid 0,6 MJ/kg.

Uuritud silo *in vitro* määratud seeduvused on toodud tabelis 4.

Tabel 3. Ristikurikastest heintaimedest silo (75% ristikut) keemiline koostis ja toiteväärtus
Table 3. Chemical composition and nutritive value of clover-rich silage (75% clover)

Näitajad Items	Arengufaas / Development stage		
	õiepungade moodustamine bud formation	õitsemise algus early flowering	täisõites full-flowering
Proovide arv / No. of samples	16	12	11
Kuivaine / Dry matter, %	23,3	23,8	22,6
Kuivaines / In dry matter:			
toorproteiin / crude protein, %	16,0	13,8	11,5
seeduv proteiin / digestible protein, %	100,7	86,7	72,2
toorkiud / crude fibre, %	25,3	28,9	32,3
NDF, %	44,2	49,2	57,9
ADF, %	29,4	34,6	39,4
hemitselluloos / hemicellulose, %	14,8	14,6	18,5
toorrasv / crude fat, %	2,9	2,9	2,9
N-ta ekstraktiivained, % N-free extractives, %	46,4	45,0	43,9
Ca, g/kg	9,4	9,4	9,4
P, g/kg	2,3	2,3	2,3
metaboliseeruv energia, MJ/kg metabolizable energy, MJ/kg	9,4	9,2	8,8

Tabel 4. Silo kuivaine ja orgaanilise aine seeduvus *in vitro*
Table 4. Digestibility of dry and organic matter of silages *in vitro*

Näitajad Items	K-a lõhustuvus, % DM degradability, %	K-a seeduvus, % DM digestibility, %	OAS OMD
Kõrreliste silo / Grass silage			
loomine / ear formation	66,2	78,2	81,1
õitsemise algus / early flowering	52,2	65,8	68,2
täisõites / full flowering	44,9	57,4	59,6
Kõrreliste ja ristiku silo (50% ristikut) Silage of clover and grasses (50% clover)			
loomine / ear formation	61,0	75,7	78,2
õitsemise algus / early flowering	52,4	67,0	69,3
täisõites / full-flowering	46,2	59,1	61,2
Ristikurohke (75% ristikut) Clover-rich silage (75% clover)			
õiepungade moodustamine / bud formation	60,1	76,1	78,2
õitsemise algus / early flowering	54,1	68,3	70,8
täisõites / full-flowering	50,2	63,5	65,9

OAS – orgaanilise aine seeduvus

K-a – kuivaine

OMD – organic matter digestibility

DMD – dry matter digestibility

Toitainete seeduvus oli parem varases arengufaasis valmistatud silos. Koristamisega hilinemisel halvenes silo valmistamisel kuivaine lõhustuvus ja orgaanilise aine seeduvus.

In vitro orgaanilise aine seeduvus oli loomise faasis valmistatud kõrrelistest silol 12,95% ($P < 0,001$) võrra kõrgem kui õitsemise algul ja 21,5% ($P < 0,001$) võrra kõrgem kui täisõite faasis. Seeduvuse langus oli kiirem varasemas arengufaasis, kuid õitsemise algusest täisõiteni langes seeduvus vähem.

Kõrreliste ja ristiku (50%+50%) segust silol vähenes kuivaine ja orgaanilise aine seeduvus kõigis arengufaasides ühtlaselt. Loomisest õitsemise alguseni vähenes orgaanilise aine seeduvus 8,9% ($P < 0,01$) võrra.

Koristamisega hilinimine mõjutas kõige vähem ristikurikastest (75% ristikut) heintaimedest valmistatud silo kuivaine lõhustuvust ja orgaanilise aine seeduvust. Orgaanilise aine seeduvus vähenes ühtlaselt õiepungade moodustamisest kuni täisõiteni 12,3% ($P < 0,001$) võrra.

Et *in vivo* seedekatsete korraldamine on töömahukas ja aeganõudev, siis määrati kuivaine ja orgaanilise aine seeduvus *in vitro* meetodil.

Uurimistulemused näitasid, et *in vitro* filterkottide meetodil määratud orgaanilise aine seeduvuse protsendid olid 7,5–17,8 võrra kõrgemad kui *in vivo* seeduvused.

Ka Spatzi jt (1991) ja Holdeni (1999) uurimuste andmetel hindavad *in vitro* meetodil saadud tulemused seeduvust üle.

Silo *in vitro* meetodil määratud orgaanilise aine seeduvuse võrdsustamiseks *in vivo* saadud näitajatega töötati söötmissakonnas läbiviidud katsete põhjal välja kordaja k , mille väärtuseks on 0,83.

Kokkuvõte

Tulemused näitasid, et taimede arengufaas koristamisel mõjutas oluliselt silo toitainetesisaldust ja toiteväärtust. Silo, mis oli valmistatud hilises arengufaasis taimestikust, oli vähese energiasalduse ja seeduvusega.

Kõige enam mõjutas koristamisega hilinimine kõrrelistest valmistatud silo keemilist koostist ja toiteväärtust. Kiiresti suurenes loomisest õitsemise alguseni silo kiusisaldus ja langes *in vitro* orgaanilise aine seeduvus 81,1%-lt 68,2%-le.

Kõrreliste ja ristiku segudest silos ilmnisid toitainete kaod hilisemas arengufaasis, sest punase ristiku areng on aeglasem.

Orgaanilise aine seeduvus vähenes ristikurohketest heintaimedest silos õiepungade moodustumisest täisõiteni 12,3 protsendiühiku võrra.

Suure toiteväärtusega ja hea seeduvusega silo saame valmistada kõrrelistest heintaimedest loomise algul ja liblikõieliste ning kõrreliste segudest õiepungade moodustamisel.

Uurimistööd finantseeriti Eesti Haridusministeeriumi ja Eesti Teadusfondi (grant nr 4985) poolt.

Kirjandus

- Fisher, D. S., Burns, J. C., Moore, J. E. The nutritive evaluation of forage. – In: Forages, Vol. 1, p 105–115, 1995.
- Gill, M., Beever, D. E., Osbourn, D. F. The feeding value of grass and grass products. – In: Grass: its production and utilization, p. 89–129, 1989.
- Holden, L. A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. – J. Dairy Sci., 82, p. 1791–1794, 1999.
- Kaldmäe, H., Kirsnel, R., Vadi, M. Erinevates kasvufaasides koristatud rohu ja silode toiteväärtusest ja seeduvusest. – Põllumajandus nr 6, lk 12–14, 2000.
- Kaldmäe, H., Kirsnel, R., Kärt, O., Vadi, M. Studies on the digestibility of feeds in the ruminants and different methods for measuring it. – Research for rural development 2002. International scientific conference proceedings, Jelgava, p. 83–87, 2002.
- McDonald, P., Henderson, N., Heron, S. Crops for silage, p. 19–47, 1991.
- Rinne, M., Jaakkola, S., Huhtanen, P. The effects of grass growth stage at harvest on the energy and protein values of silage for dairy cows. – Proceedings of the animal nutrition conference in Tartu, Estonia, 28–29 May, p. 18–22, 1998.
- Spatz, G., Abel, H. J., Friske, T., Debalque, A. Studies on the determination of the feeding value of late cut grass regrowth by different methods. Wirtschaftseigene – Futter, 37, 1–2, S. 218–231, 1991.
- Undersander, D., Howard, W. T., Shaver, R. Making Forage Analysis Work for you in Balancing Livestock Rations and Marketing Hay. – Alfalfa Quality Means Profits, 5 pp, 1994.
- Van Soest, P. J. Nutrition ecology of the ruminant. – O & B. Books, Inc, Cornvallis, Or., 374 pp., 1982.
- Van Soest, P. J. Nutrition ecology of the ruminant, New York, 476 pp., 1994.

On the effect of growth stage on the nutritive value of silages

M. Vadi, H. Kaldmäe, R. Kirsnel

Summary

In Estonia, silage is an essential ingredient in cattle rations in winter.

Green forage are prepared during the most intensive growth period of plants, at the time of quick changes in their vegetative mass, chemical composition and nutritive value. Consequently, the optimum harvest time is a significant factor in green forage preparation.

A delay in harvesting induces several changes in nutritive matter of plants. The share of cell content decreases on account of increased content of cell wall matter.

The objective of the study was to investigate the effect of the stage of maturity of plants, cut for ensiling, on nutritive value and digestibility of silages.

The chemical composition as well as the *in vitro* dry matter and organic matter digestibility of 173 silage samples were determined. The silages were prepared from grasses, red clover mixed with grasses (50% red clover), and red clover rich (75% red clover) grasses at the stage of ear formation, early flowering and full flowering.

Plant maturity at harvest time for ensiling affects fermentation. Due to a delay in harvesting, the rapid decline in the nutritive value of grass silages was observed. At the stage of ear formation the crude protein content of grass silages was by 2.9% higher, whereas the content of crude fibre was by 4.8% and that of NDF by 9.3% lower, respectively, than at the stage of early flowering (Table 1). During the period from the ear formation to the early flowering, the organic matter digestibility decreased by 12.9% ($P < 0.001$) and from the early flowering to full flowering by 8.6% ($P < 0.001$), respectively (Table 4).

Changes in the chemical composition of the silages prepared from red clover and grasses took place later than in grass silages due to lower growth rate of red clover.

In the silages made from red clover mixed with grasses (50% red clover), the crude protein content decreased by 1.6% from the ear formation to the early flowering, and by 2.5% from the early flowering to full flowering, respectively. The crude fibre content was 26.3% at the stage of ear formation, 26.9% at early flowering, and 33.2% at full flowering. The NDF content was 46.3%, 47.8% and 57.6%, respectively (Table 2).

In the silages prepared from red clover rich (75% red clover) grasses neither a sharp decline in crude protein content nor an increase in crude fibre content were observed (Table 3). The organic matter digestibility decreased by 12.3% ($P < 0.001$) from the bud formation to full flowering (Table 4).

The results of the experiments indicated that the optimum harvest and ensiling time for grasses was the ear formation, and for legume-grass mixtures the stage of bud formation.