



## VASARĀJU GRAUDAUGU SUGU PIEMĒROTĪBA SILTUMENERĢIJAS RAŽOŠANAI SUITABILITY OF SPRING CEREALS FOR PRODUCTION OF HEAT ENERGY

Ina Belicka, Viktorija Miglāne, Zaiga Jansone

Valsts Stendes graudaugu selekcijas institūts

Dižstende, Lībagu pag., Talsu raj., LV 3258

Tālr.: +371 632 91288, fakss: +371 632 91289, e-pasts: stende.selekcija@apollo.lv

---

**Abstract.** *In future biomass are planned as main source as renewable energy. The grain and straw are as one of the representatives of biomass. During 2007 - 2008 in the State Stende Cereal Breeding Institute the investigations were carried out to define more accurately spring cereal-wheat, barley and oats for heat production. In the field experiment were sown 4 - 6 varieties from each species. The yield, chemical composition, the highest and lowest heating capacity of grain and straw were evaluated. The highest heating capacity for grain was 15475 - 16994 and the lowest - 13828 - 15356 kJ kg<sup>-1</sup>; in straw - 15788 - 16840 and 14106 - 15230 kJ kg<sup>-1</sup> respectively. Accordingly to this value the cereal species arranged in the following order: oats, barley and wheat. The varieties of cereal were differed in heating capacity depending on chemical composition. Significant positive correlation was observed between grain heating capacity and fat ( $r = 0.993$ ;  $r_{0.01} = 0.684$ ), and fiber ( $r = 0.838$ ;  $r_{0.01} = 0.684$ ), but significant negative correlation with starch ( $r = -0.847$ ;  $r_{0.01} = 0.684$ ).*

---

**Keywords:** *spring cereals, chemical composition, heating capacity in grain and straw.*

---

### Ievads

Līdz ar ES valstu pievienošanos Kioto protokolam, kuras mērķis ir ierobežot vai pat pilnīgi atteikties no fosilā kurināmā, ir saprātīgi jāizmanto neatjaunojamie enerģijas resursi, jāsamazina siltumnīcas efektu izraisošo izplūdes gāzu daudzums un vienlaicīgi jāpaplašina videi draudzīgās enerģijas ieguve no atjaunojamiem energoresursiem [1]. Latvijā šobrīd koksnes produkti: malka, šķelda, granulas ir populārākais atjaunojamais kurināmais Latvijā. Tomēr arī koksnes resursu atjaunošanās spējas ir ierobežotas laikā un telpā. Daudzās valstīs iesaka audzēt dažādus augus kā alternatīvu siltumenerģijas ieguvei [2; 3; 4; 5]. Viens no biomasu veidiem ir arī labību graudi un salmi. Vērtējot graudus kā kurināmo, jāatzīmē to ļoti laba piemērotība izmantošanai automātiskās darbības katlos. Graudi pēc savām fizikāli mehāniskajām īpašībām ir dabiskas formas granula ar pietiekami lielu blīvumu un cietu apvalku, kas nodrošina to labu izturību. Graudu automātiska padeve kurtuvēs viegli realizējama ar dažādiem transportieriem (piemēram, gliemežtransportieriem). Tomēr labību graudu un salmu izmantošanu siltumenerģijas ieguvei raksturo galvenās problēmas dedzināšanas procesā, un tās ir saistītas ar pelnu daudzumu, dūmgāzu sastāvu un pelnu kušanas temperatūru [6; 7; 8].

Siltumenerģijas ražošanai būtu vajadzīgi graudaugi ar augstu biomasas ražu, labu degtspēju, ar lielāku siltuma atdevi un mazāku pelnu saturu. Atrodot siltumenerģijas ražošanai piemērotākos graudaugus un ekonomiski pamatotāku audzēšanas tehnoloģiju, iespējams nākotnē būs saimniecības, kas specializēsies tieši apkurei domāto graudu audzēšanai.

Valsts Stendes graudaugu selekcijas institūtā uzsākot pētījumu, vēlējāmie noskaidrot, kuras no labībām ir piemērotākās siltumenerģijas ražošanai, kā arī salīdzināt vienas sugas robežās dažādu šķirņu siltuma atdevi un faktorus, kas to ietekmē.

### Materiāli un metodes

Lauku izmēģinājumi. Lai novērtētu un salīdzinātu dažādu graudaugu sugu un šķirņu nozīmi siltumenerģijas ražošanai, lauku izmēģinājumi veikti ar vasarāju (2007-2008) labībām.

No katras labību sugas izvēlētas 4-6 šķirnes ar dažādu kvalitātes raksturojumu:

- miežu šķirnes: *Abava, Malva, Kristaps, IC 361* (kailgraudu);
- vasaras kviešu šķirnes: *Uffo, Vinjett, Heta, Zebra, Fasan*;
- auzu šķirnes: *Arta, Laima, Hecht, Dārta, Aragon, Wendela*.

2007.g. izmēģinājums iekārtots velēnu glejotā augsnē ar vidēju iekultivēšanas pakāpi, organiskās vielas saturs 24 g 100 g augsnes, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 128 mg kg<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>O - 98 mg kg<sup>-1</sup>, augsnes pH - 6.0. 2008. g. – augsne – velēnu podzolēta, smilšmāla, organiskās vielas saturs 22 g 100 g augsnes, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 227 - 339 mg kg<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>O – 147 mg kg<sup>-1</sup>, augsnes pH – 6.3 - 6.7.

Izmēģinājumu uzskaites lauciņu lielums – 5 m<sup>2</sup> (2007.g), 10 m<sup>2</sup> (2008.g), randomizēts lauciņu sakārtojums. 2007.g. lietots mēslojums NPK 17-10-14 (90:53:63), iestrādāts pirmsējās kultivācijā, sēja 24.aprīlī, nezāļu apkarošana veikta 25.maijā, lietojot herbicīdu maisījumu 'Banvels +Granstārs'. Raža novākta 8.augustā.

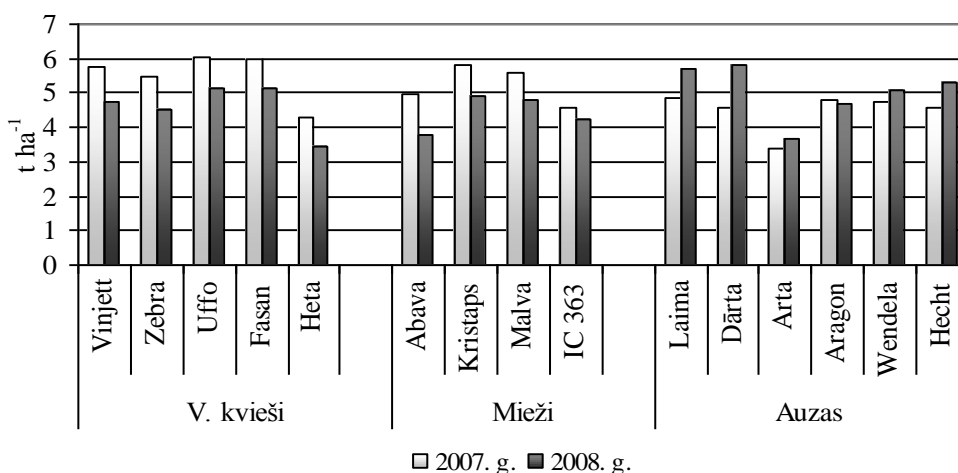
2008.g. lietots mēslojums NPK 16-16-16 – 350 kg ha<sup>-1</sup>, iestrādāts pirmsējās kultivācijā 23.aprīlī, sēja veikta 26.aprīlī, nezāles apkarotas 26.maijā, lietojot herbicīdu 'Mustangs' 0,6 l ha<sup>-1</sup>. Raža novākta: vasaras mieži un kvieši – 21.augustā, auzas – 26.augustā.

**Ķīmisko analīžu metodes.** C, H, O, S sastāvs noteikts ar *Macro Elemental Analyzer-vario MACRO CHNS (Elementar Analysensysteme GmbH)*, mērījumu relatīvā standartnovirze, rēķinot uz 100 mg fenilalanīna standartvielas: < 0,5%. Siltumspēja noteikta saskaņā ar ISO 1928. Augstākās siltumspējas noteikšanai tika izmantots skābekļa bumbas kalorimetrs „Parr 1341”, bet zemākā siltumspēja noteikta aprēķinu rezultātā (*Richardson J., Bjorheden., Hakkila P., Lowe A.T., Smith C.T. Bioenergy from sustainable forestry, Forestry Science vol.71 Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2002., p.40*). Hlora saturs noteikts pēc parauga sadedzināšanas kalorimetriskajā bumbā, analīzei izmantojot bumbas skalojamos ūdeņus. Noteikšana veikta titrametriski saskaņā ar metodi, kas aprakstīta „British PHARMOCOPEIA” (1998) NaCl noteikšanai (analizējamo paraugu apstrādā ar AgNO<sub>3</sub> šķīdumu un AgNO<sub>3</sub> pārākumu attitrē ar amonija rodanīdu). Titrēšanu veic potenciometriski, izmantojot „Radiometer Analytical” firmas titratoru, TIM 900 ar sudraba indikatora elektrodu un datorprogrammu *Tim Talk 9*.

Rādītāji: koproteīns (LVS 277:2000), kokšķiedra (ISO 5498), tauki (ISO 6492), ciete (LVS EN ISO 10520), N (LVS 277:2000), pelnvielas (LVS 276:2000) izteikti % absolūti sausos paraugos. Graudu raža noteikta pie 14% mitruma.

### Rezultāti un to izvērtējums

Vasarāju labību graudu ražas dati 2007. un 2008.gadā parādīti 1.attēlā.

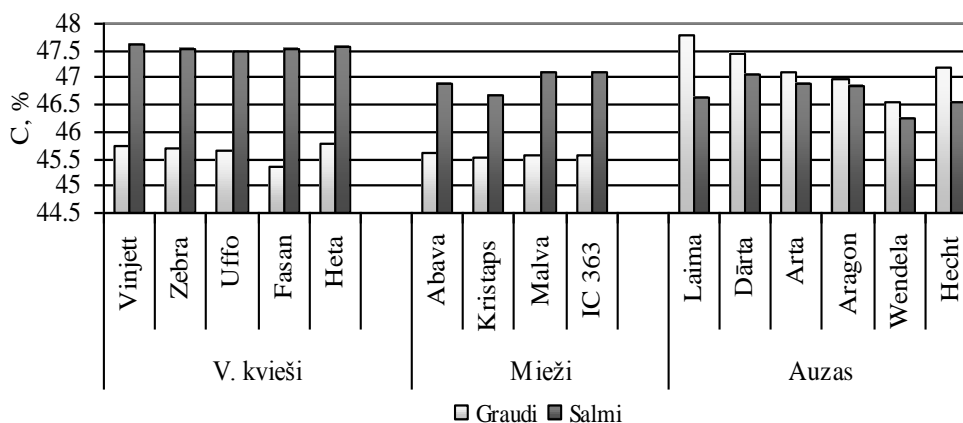


1.att. Vasarāju labību ražas

Augstākās graudu ražas iegūtas vasaras kviešu šķirnēm ‘Uffo’ un ‘Fasan’, bet būtiski zemāka tā bija šķirnei ‘Heta’ ( $\gamma_{0,05, 2007}=1,03 \text{ t ha}^{-1}$ ;  $\gamma_{0,05, 2008}=0,47 \text{ t ha}^{-1}$ ). No miežu šķirnēm būtiski augstākās ražas iegūtas šķirnēm ‘Kristaps’, ‘Malva’ un ‘Druvis’ ( $\gamma_{0,05, 2007}=0,81 \text{ t ha}^{-1}$ ;  $\gamma_{0,05, 2008}=0,43 \text{ t ha}^{-1}$ ), pārspējot ‘Abavu’ un kailgraudu līniju IC 363. Izmēģinājumā iekļautās 5 auzu šķirnes savstarpēji būtiski neatšķiras ( $\gamma_{0,05, 2007}=0,34 \text{ t ha}^{-1}$ ;  $\gamma_{0,05, 2008}=0,65 \text{ t ha}^{-1}$ ), no tām ar būtiski zemāku ražu ir šķirne ‘Arta’. Salīdzinot ar 2007.gadu, vasaras kviešiem un miežiem ražas līmenis 2008.gadā bija zemāks, to ietekmēja mitruma deficīts maijā un jūnijā, bet augstāks tas bija auzām.

Ar ļoti labu veldres izturību var raksturot vasaras kviešu šķirnes (8,1-9,0 balles), ar labu – miežus (7,35-8,20 balles), bet apmierinošu - auzas (6,84-7,45 balles). Pēc tilpummasas rādītājiem labības kārtojās šādā secībā: v. kvieši, kailgraudu mieži, plēkšņainie mieži, auzas. Labību ķīmiskais sastāvs. Kā jebkurā kurināmajā, arī graudos un salmos kā galvenās degošās vielas ir ogleklis (C) un ūdeņradis (H). Degšanas procesā piedalās arī skābeklis (O), sērs (S) un daļēji arī slāpeklis (N). Iepriekšminēto elementu saturu kurināmajā izsaka % kā organisko masu.

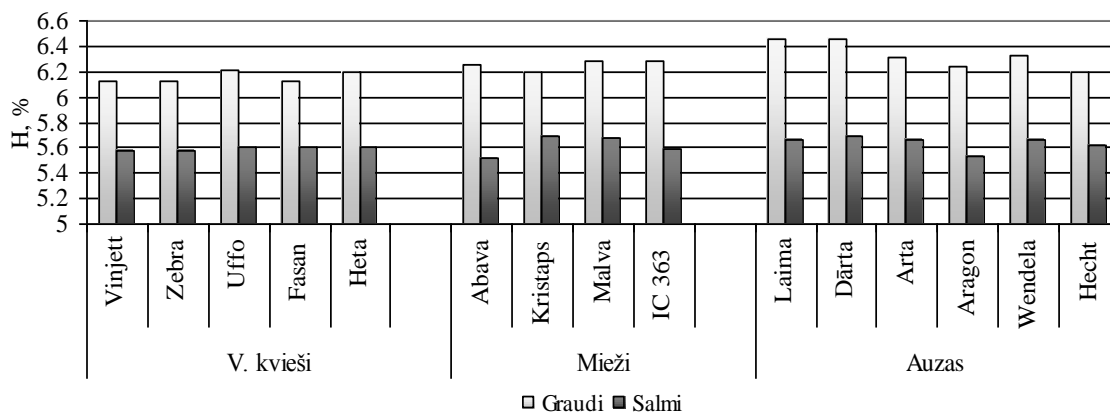
Oglekļa (C) saturs vasaras kviešu un miežu graudos (45,34-45,80%) ir zemāks nekā salmos (46,66-47,60%), bet auzām pretēji: graudos vairāk (46,55-47,80%) nekā salmos (46,25-47,08%). Nav būtiskas oglekļa satura atšķirības vasaras kviešu un miežu graudos, bet tas par 1,21-2,46% ir augstāks auzu graudos. No vasaras kviešiem ar augstāku C saturu graudos izceļas šķirne ‘Heta’, miežiem – ‘Abava’, auzām – ‘Laima’ un ‘Dārta’. Arī pēc oglekļa satura salmos ir atzīmējamās atšķirības starp sugām un šķirnēm. Vasaras kviešu salmiem raksturīgs augstāks oglekļa saturs (vid. 47,54%), tiem seko mieži (vid. 46,94%) un auzas (vid. 46,71%) (2.attēls). Arī starp šķirnēm ir atšķirības.



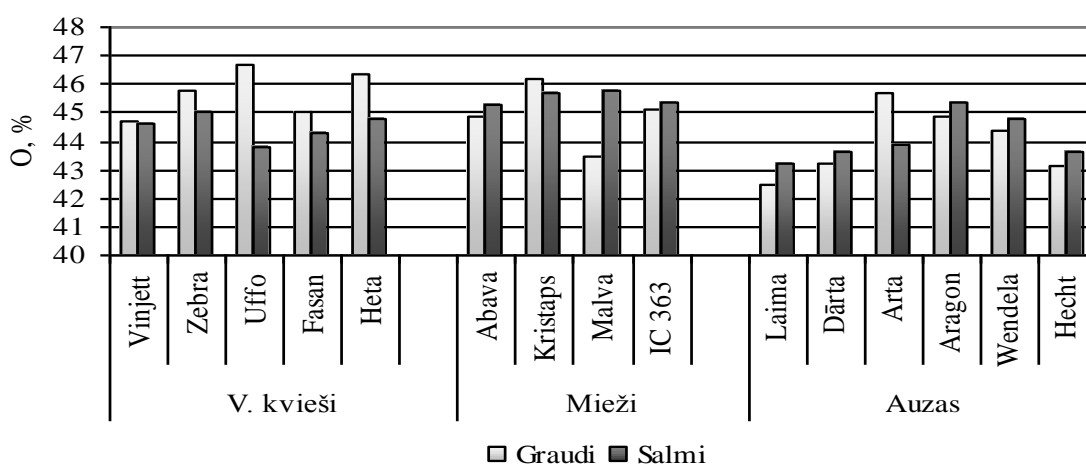
2.att. Oglekļa saturs vasarāju labību graudos un salmos

Ūdeņraža (H) saturs visām vasarāju labību sugām ir par 0,58-1,8% augstāks graudos nekā salmos (5,52-5,72%). Vidēji H saturs auzu (6,33%) un miežu (6,25%) graudos ir augstāks nekā vasaras kviešu (6,16%) graudos. Pēc šī elementa satura ir atšķirības gan graudos, gan salmos starp šķirnēm. Ar augstāku H saturu graudos var atzīmēt vasaras kviešu šķirnes ‘Uffo’, ‘Heta’, miežu – ‘Malva’, savukārt salmos: vasaras kviešu šķirnes ‘Heta’, ‘Fasan’, miežu - ‘Malva’ un ‘Abava’, auzu - ‘Wendela’ un ‘Dārta’ (3.attēls).

Skābekļa (O) saturs vasaras kviešu graudos (45,72%) nedaudz pārsniedz tā saturu salmos (44,51%), tas pats attiecināms uz miežu šķirni ‘Kristaps’ un auzu šķirni ‘Arta’. Pārējām miežu un auzu šķirnēm skābekļa saturs salmos (43,23-45,80%) pārsniedz tā saturu graudos (42,50-45,66%) (4.attēls).

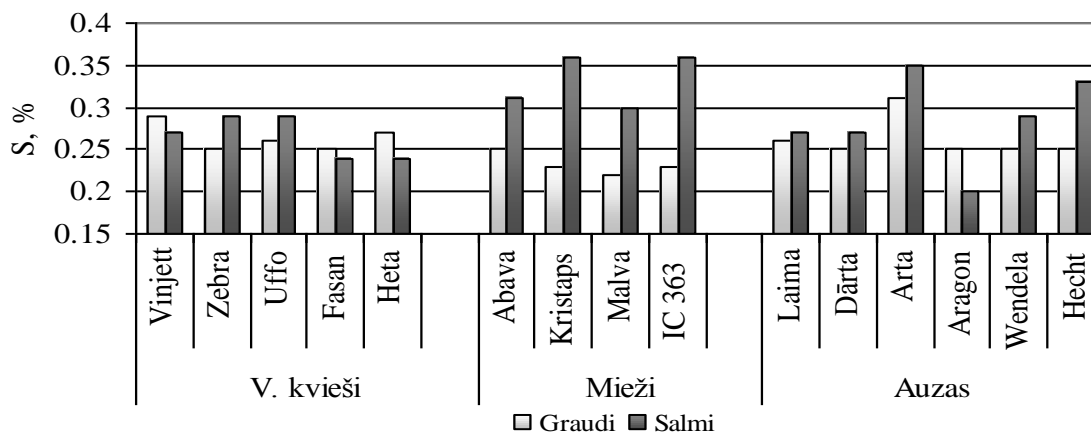


3.att. Ūdeņraža saturs vasarāju labību graudos un salmos



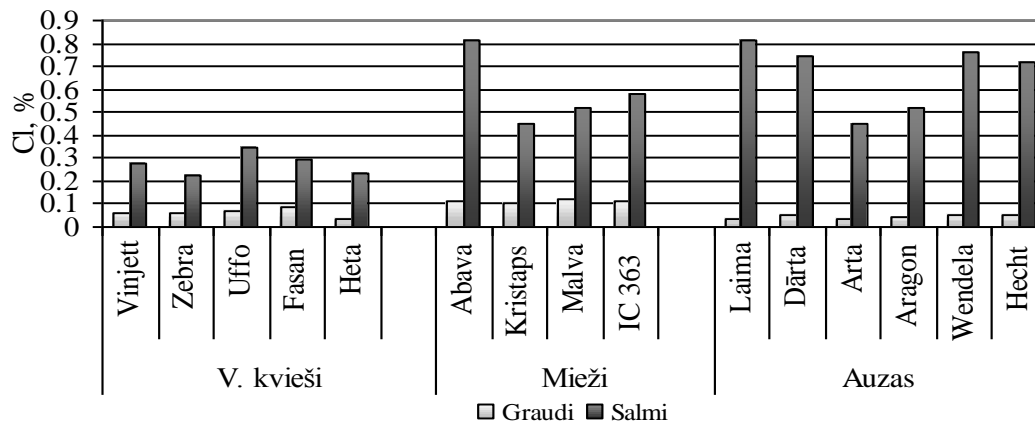
4.att. Skābekļa saturs vasarāju labību graudos un salmos

Sēra un hlora saturs. Viena no problēmām, kas saistītas ar graudu un salmu dedzināšanu ir palielināts sēra un hlora saturs, kas var izraisīt dūmvadu un citu metāla konstrukciju koroziju. Sēra saturam labību graudos (0,23-0,32%) nav būtiskas atšķirības starp sugām. Sērs salmos ir konstatēts vairāk nekā graudos visām pārbaudītajām miežu šķirnēm, 2 vasaras kviešu un 5 auzu šķirnēm (5.attēls).



5.att. Sēra saturs vasarāju labību graudos un salmos

Starp šķirnēm ir atšķirības. Palielināts sēra daudzums kurināmajā sekmē sēra dioksīda izplūdi atmosfērā. Hlora saturs vasarāju labību graudos ir mazāks (0,04-0,11%) nekā salmos (0,28-0,81%). Miežu graudos Cl ir divas reizes vairāk (0,12%) nekā vasaras kviešu (0,06%) un auzu graudos (0,05%). Hlora saturs auzu salmos (0,45-0,81%) un miežu salmos (0,45-0,81%) ievērojami pārsniedz tā saturu vasaras kviešu salmos (0,22-0,35%). Starp šķirnēm pastāv atšķirības (6.attēls).



6.att. Hlora saturs vasarāju labību graudos un salmos

Graudu un salmu kvalitāte. Cietes, kopproteīna un tauku saturs noteikts graudos, bet tauku un kokšķiedras saturs arī salmos (1.tabula). Visaugstākais cietes saturs graudos raksturīgs vasaras kviešiem, tiem seko mieži, bet viszemākais saturs atzīmēts auzām.

1.tabula

Labību cietes, kopproteīna, tauku un kokšķiedras saturs (vidēji, 2007.-2008.g.)

Suga	Ciete graudos, %	Kopproteīns graudos, %	Tauki, %		Kokšķiedra, %	
			Graudos	Salmos	Graudos	Salmos
Auzas	<b>44,3-50,1</b>	10,7 -14,3	<b>4,5-7,9</b>	0,9-1,3	<b>8,0-12,5</b>	42,8-44,4
Mieži	59,3-65,4	10,7-11,8	2,0-2,6	0,9-1,5	<b>2,2-4,1</b>	<b>43,1-49,2</b>
V. kvieši	64,8-68,5	<b>11,5-15,8</b>	2,0-2,6	0,9-1,2	2,1-2,4	40,7-46,8

No kviešu šķirnēm ar augstāku cietes saturu var izcelt ‘Uffo’ un ‘Fasan’ (abām 68,5%), miežiem - kailgraudu miežu līnija IC 363 (65,4%), bet auzām ‘Wendela’ (50,1%). Arī pēc kopproteīna satura visaugstākie rādītāji atzīmēti kviešiem, izceļoties šķirnei ‘Heta’ (15,8%). No labībām augstākais tauku saturs graudos raksturīgs auzām. Pēc šī rādītāja ir lielas atšķirības starp auzu šķirnēm. Šķirnēm ‘Wendela’ un ‘Hecht’ tauku saturs ir 1,62-1,78 reizes mazāks nekā tas ir šķirnēm ‘Laima’ (7,66%) un ‘Dārta’ (7,96%). Pēc tauku satura graudos pārbaudītās miežu un kviešu šķirnes ir līdzvērtīgas, un to saturs ir 2,2-3,96 reizes zemāks nekā auzām. Tauku saturs vasarāju labību salmos nosacīti vienāds starp sugām un ir robežās no 0,9-1,5%. Kokšķiedras saturs graudos starp labību sugām ir atšķirīgs, augstākais tas ir auzām, seko mieži, tad kvieši un kailgraudu mieži.

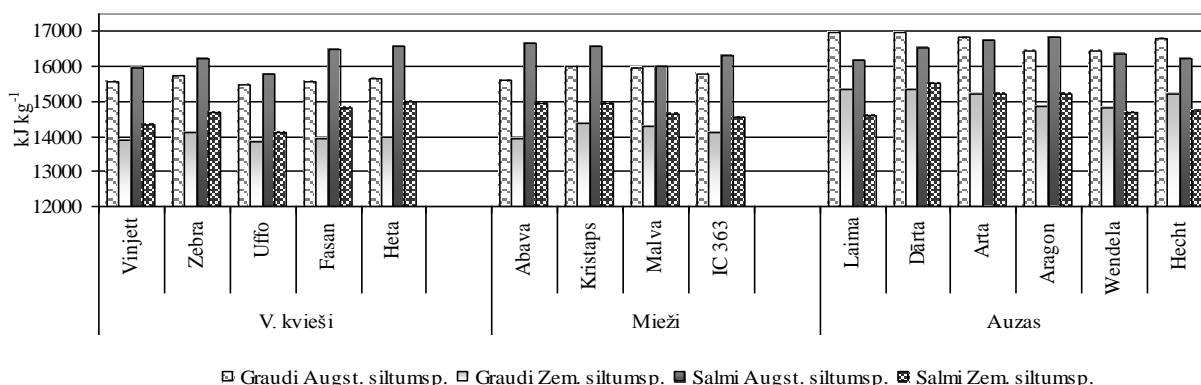
Pelnu saturs graudos un salmos parādīts 2.tabulā. Salīdzinoši augstāks pelnu saturs gan graudos, gan salmos ir auzām. Labību graudu un salmu izmantošanu siltumenerģijas ieguvei raksturo galvenās problēmas dedzināšanas procesā. Salīdzinājumā ar kokskaidu briekšu un granulu parametriem graudu un labību salmu granulu parametri atpakaļ: tiem ir pat līdz 10 reizēm augstāks pelnu saturs, zema pelnu kušanas temperatūra, palielināts sēra un hlora saturs [9]. Neskatoties uz to, pasaulē graudi tiek izmantoti siltuma ieguvei nelielas jaudas siltuma ražotnēs (< 50 kW), piemēram, Zviedrijā darbojas ap 5000 graudu kurināšanas katli [7].

Labību graudu un salmu pelnu saturs

Suga	Pelnu saturs, %	
	Graudos	Salmos
Auzas, vid., min-max	2,82 (2,70-3,00)	6,27 (5,89-6,64)
Mieži, vid., min-max	2,22 (2,00-2,35)	4,46 (3,87-5,28)
Vas. kvieši, vid., min-max	1,89 (1,78-2,01)	4,80 (4,44-5,12)

Labību graudu un salmu siltumspējas. Mūsu izmēģinājumi parādīja, ka no labību sugām ar augstāku gan zemāko, gan augstāko siltumspēju graudiem un salmiem izceļas auzas, tām seko mieži un vasaras kvieši (7.attēls). Pēc radītās siltumspējas pastāv atšķirība starp šķirnēm sugas robežās. Augstākā un zemākā siltumspēja graudiem iegūta auzu šķirnēm 'Laima' (attiecīgi 16981 un 15356 kJ kg<sup>-1</sup>) un 'Dārta' (16994 un 15353 kJ kg<sup>-1</sup>), miežu - 'Kristaps' (16013 un 14378 kJ kg<sup>-1</sup>) un 'Malva' (15942 un 14271 kJ kg<sup>-1</sup>), vasaras kviešu - 'Zebra' (15731 un 14092 kJ kg<sup>-1</sup>) un 'Heta' (15646 un 13988 kJ kg<sup>-1</sup>). Vasaras kviešu un miežu salmu siltumspējas ir augstākas nekā graudiem, bet auzām tās kopumā ir zemākas.

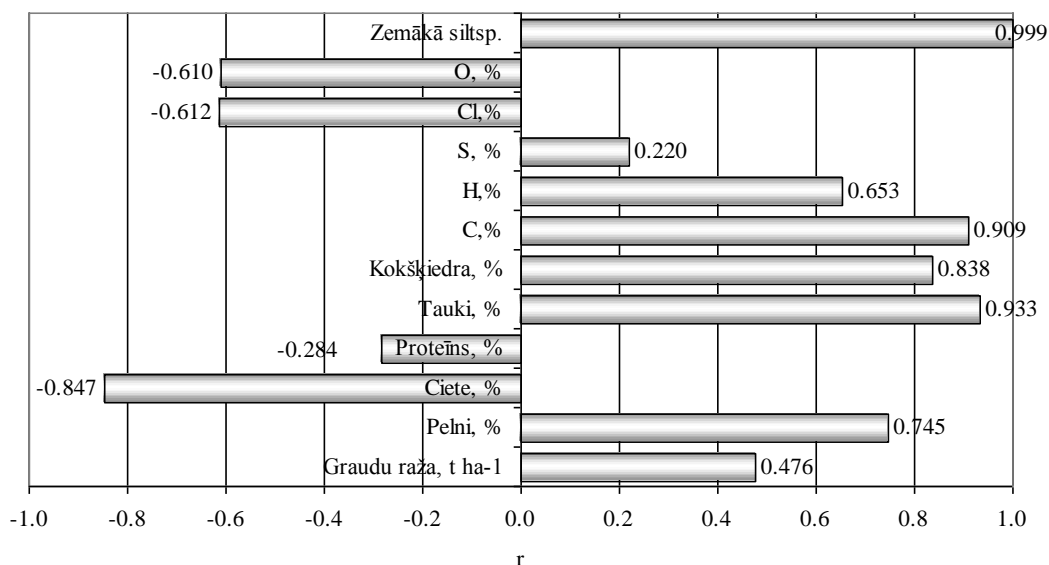
Pēc augstākiem graudu un salmu siltumspēju rādītājiem šķirnes labību sugu robežās atšķiras. Auzām augstāku salmu siltumspēju uzrāda šķirnes 'Arta' un 'Aragon', miežiem – 'Abava', kviešiem – 'Fasan' un 'Heta' (7.attēls).



7.att. Vasarāju labību šķirņu graudu un salmu augstākā un zemākā siltumspēja

Sakarības starp graudu kvalitāti un siltumspēju. Graudu degšanas īpašības ir līdzīgas citām biomasām, taču ir arī noteiktas īpatnības, kas jāņem vērā, izmantojot graudus dedzināšanai automātiskas darbības katlos. Svarīga nozīme ir graudu un salmu ķīmiskajam sastāvam, it īpaši cietes, tauku un kokšķiedras saturam graudos (1.tabula). Novērtējot sakarības starp labību graudu augstāko siltumspēju un graudu kvalitāti, konstatējam, ka siltumspējai pastāv būtiska pozitīva korelācija ar tauku ( $r = 0,993$ ;  $r_{0,01} = 0,684$ ) un kokšķiedras ( $r = 0,838$ ;  $r_{0,01} = 0,684$ ) saturu, bet negatīva korelācija ar cietes ( $r = -0,847$ ;  $r_{0,01} = 0,684$ ) saturu (8.attēls). Auzas, kam raksturīgs gan augstāks tauku, gan kokšķiedras, bet zemāks cietes saturs (1.tabula), salīdzinot ar citām graudaugu sugām, likumsakarīgi uzrāda augstāku siltumspēju. Koproteīna saturam nav būtiskas ietekmes uz graudu siltumspēju, korelācija negatīva un zema ( $r = -0,284$ ;  $r_{0,01} = 0,684$ ). Tas nozīmē, ja pēc šī rādītāja graudi neatbilst pārtikas vai lopbarības kritērijiem, tad tie būtu izmantojami apkurei. Analizējot korelatīvās sakarības starp organisko vielu veidojošajiem elementiem un siltumspēju, redzam, ka pastāv augstas korelatīvas pozitīvas saites ar oglekli ( $r = 0,909$ ;  $r_{0,01} = 0,684$ ) un ūdeņradi ( $r = 0,652$ ;  $r_{0,05} = 0,553$ ), bet būtiski negatīva ar skābekli ( $r = -0,610$ ;  $r_{0,05} = 0,553$ ). Būtiski negatīvu ietekmi uz graudu siltumspējām uzrāda hlora saturs ( $r = -0,612$ ;  $r_{0,05} = 0,553$ ). Pastāvot augstai korelācijai starp augstāko un zemāko siltumspēju ( $r = 0,998$ ;  $r_{0,01} = 0,684$ ), iepriekš minētās korelatīvās saistības arī attiecināmas uz zemāko siltumspēju. Izvēloties šķirnes siltumenerģijas ražošanai,

kā kritēriji būtu piemērojami augstāks tauku un kokšķiedras, bet zemāks cietes saturs. Starp visām labību sugām var atrast siltumu ražošanai atbilstošas šķirnes.



#### 8.att. Korelatīvās sakarības starp graudu augstākām siltumspējām un ķīmisko sastāvu

##### Pateicība

Izsakām pateicību Zemkopības ministrijai par pētījuma finansēšanu.

##### Secinājumi

Vasarāju graudaugu graudu un salmu siltumspējas ir atkarīgas no sugas un sugas robežās - no šķirnes. Pēc augstākās un zemākās siltumspējas graudaugu sugas sarindo šādā secībā: auzas, mieži, vasaras kvieši. Sugas robežās var atrast šķirnes ar atšķirīgām augstāku graudu un salmu siltumspēju. Būtiska nozīme ir labību graudu un salmu ķīmiskajam sastāvam, jo no tā ir atkarīgs iegūtais siltumenerģijas daudzums no 1 kg patērētās biomasas. Augsts tauku un kokšķiedras, bet zems cietes saturs ir galvenie kritēriji sugu un šķirņu izvēlei siltumenerģijas ražošanai.

##### Summary

In future biomass are planned as main source as renewable energy. The grain and straw are as one of representatives of biomass. During 2007 - 2008 at the State Stende Cereal Breeding Institute the investigations were carried out to define more accurately spring cereals – wheat, barley and oats for heat production. In the field experiment were sown 4 to 6 varieties from each species:

- Barley varieties: Abava, Malva, Kristaps, IC 361 (hulless).
- Wheat varieties: Uffo, Vinjett, Heta, Zebra, Fasan.
- Oat varieties: Arta, Laima, Hecht, Dārta, Aragon, Wendela.

The organic components (C, H, O, S), starch, fiber, crude protein, Cl content, the highest and the lowest heating capacity were determined.

During years of 2007 and 2008 the average grain yield of spring wheat was 5.04 t ha<sup>-1</sup>, barley- 4.84 t ha<sup>-1</sup>, oats- 4.47 t ha<sup>-1</sup> (Fig. 1). Chemical composition of cereals grain and straw was analyzed. Carbon content was higher in oats grain (46.55 - 47%) compared to wheat and barley (45.34 - 45.80%). Contrary carbon content in straw was higher to wheat (average 47.54%), then barley (46.94%) and oats (46.71%) (Fig. 2). Hydrogen content was higher by 0.58 - 1.8% in grain than in straw (5.52 - 5.72%) for all species (Fig. 3). There were

differences among varieties by content of these elements (C, H). In spring cereal grains oxygen content was 42.50 - 46.72%, but in spring cereal straw was 43.23 - 45.80% (Fig. 4). The one of problem in combustion of grain and straw is heightened content of sulphur (S) and chlorine (Cl), that promoting the corrosion of chimney. There are no significant differences in S content in spring cereal grains. The higher S content was observed in straw for all barley varieties and also for two wheat and five oats varieties (Fig. 5). Content of chlorine was less in grain (0.04 - 0.11%) than in straw (0.28 - 0.81%). Cl was two times more in barley grains (0.12%) than in wheat (0.06%) and oats (0.05%) grain. In barley and oats straw the chlorine content (0.45 - 0.81%) several times exceeded in wheat straw (0.22 - 0.35%) (Fig.6).

The quality of grains characterize with the starch, fiber, fat and crude protein, but straw quality - fiber and fat content (Table 1). Starch content in cereals increased in the following order: wheat (64.8 - 68.5%), barley (59.3 - 65.4%) and oats (44.3 - 50.1%). The highest crude protein was for wheat, but fat content - for oats. Oat varieties had big differences in fat content. Varieties 'Wendela' and 'Hecht' had 1.62 - 1.78 times less fat content compared to varieties 'Laima' (7.66%) and 'Darta' (7.96%). Cereal species arranged in following order: oats, barley, wheat by higher fiber content.

The ash content in oats grain was: 2.70 - 3.00%, in barley - 2.00 - 2.35%, in wheat - 1.78 - 2.01%. The ash content in oats straw was 5.89 - 6.64%, in barley - 3.87 - 5.28%, in wheat 4.44 - 5.12% (Table 2).

The highest and the lowest heating capacity of grain and straw were evaluated. The highest heating capacity of grain was 15475 - 16994 and the lowest - 13828 - 15356 kJ kg<sup>-1</sup>; for straw - 15788 - 16840 and 14106 - 15230 kJ kg<sup>-1</sup> respectively. According to this value the cereal species arranged in the following order: oats, barley and wheat (Fig. 7). The varieties of cereal were differed in heating capacity depending on chemical composition. Significant positive correlation was observed between grain heating capacity and fat ( $r = 0.993$ ;  $r_{0.01} = 0.684$ ) and fiber ( $r = 0.838$ ;  $r_{0.01} = 0.684$ ), but significant negative correlation with starch ( $r = - 0.847$ ;  $r_{0.01} = 0.684$ ) (Fig.8). The results showed that there are possibilities in different cereal species to find varieties characterized with high heating capacity.

#### Literatūra

1. Autoru kolektīvs. Enerģētisko augu audzēšana un izmantošana. Valsts SIA „Vides projekti”, 2007. 192 lpp.
2. Klass D.L. Biomass for renewable energy and fuels. Encyclopedia of energy, Elsevier Inc.2004. p. 193-212. Internet resurss: [www.farmersjournal.ie/2005/0528/farmmanagement/crops/feature.shtml](http://www.farmersjournal.ie/2005/0528/farmmanagement/crops/feature.shtml)
3. Heaton E.-A., Long S.-P., Voigt T.-B., Jones M.-B. and Clifton-Brown J. Miscanthus for renewable energy generation: European Union experience and projections for Illinois. Mitigation and adaption strategies for global change, vol. 9, No 4, Oct. 2004, p. 433-451.
4. Saballos A. Development and utilization of Sorghum as a bioenergy crop. In book: Genetic improvement of bioenergy crop, 2008. pp. 211-248.
5. Sander M.-L., Andren O. Ash from cereal and rape straw used for heat production: liming effect and contents of plant nutrients and heavy metals. Water, Air & Soil Pollution Vol 93. no 1-4, January, 1997. p. 93-108.
6. Prevention of corrosion by additives & Flue gas condensation well for cereal grains [Internet resurss] [http://www.primeenergysolutions.ie/docs/grain\\_burning\\_in\\_sweden.pdf](http://www.primeenergysolutions.ie/docs/grain_burning_in_sweden.pdf). (skatīts 25.10.2008.)
7. Influence of increased of agrifuels on aerosol emissions - Methods to reduce Emissions from Small Scale Combustion. [http://www.ieabcc.nl/meetings/task32\\_jyvaskyla\\_ws\\_aerosols/06%20Tullin.pdf](http://www.ieabcc.nl/meetings/task32_jyvaskyla_ws_aerosols/06%20Tullin.pdf). [Internet resurss]. (skatīts 20.10.2008).
8. Ash-related problems during Biomass Combustion and possibilities for Sustainable Ash Utilisation, Friedrich Biederman et.al. [Internet resurss] <http://www.bios-bioenergy.at/uploads/media/Paper-Biedermann-AshRelated-2005-10-11.pdf> (skatīts 15.10.2008.)