
Oglekļa akumulācija virszemes un sakņu biomasā priedes, egles un bērza stādījumos lauksaimniecības zemēs

M. Daugaviete, T. Gaitnieks, D. Kļaviņa, LVMI „Silava”,

G. Teliševa, Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts

Kopsavilkums: Rakstā apkopoti dati par oglekļa akumulāciju virszemes un sakņu biomasā priedes (*Pinus sylvestris* L.), egles (*Picea abies* (L.) Karst.) un bērza (*Betula pendula* Roth) stādījumos lauksaimniecības zemēs.

Priedes 12-gadīgos stādījumos barības vielām bagātā lauksaimniecības augsnē vidējā koka stumbra tilpums svārstās no 0,0208 līdz 0,0232 m³. Pie koku skaita 3300 koki·ha⁻¹ audzes krāja sasniedz 62,4 līdz 69,6 m³ha⁻¹.

Uzkrātā virszemes SM (gaissausa biomasā - mitruma saturs 20%) 12-gadīgā priedes stādījumā svārstās no 43,7 līdz 47,6 tha⁻¹; celma daļas, skeletsakņu un aktīvo sakņu SM – no 17 līdz 18,9 tha⁻¹; akumulētais oglekļa daudzums vidēji sastāda 33 tha⁻¹, no kura virszemes daļā piesaistītais – 65,4%, celma daļā un skeletsaknēs – 23%, bet aktīvajās saknēs – 11,6%.

Priedes stumbra koksne (absolūti sausa) satur 51,86%, zari – 51,48%; skujuas – 51,42%; miza – 51,90% un saknes – 50,99% oglekļa.

Egles stādījumos barības vielām bagātā lauksaimniecības augsnē vidējā koka stumbra tilpums svārstās no 0,0125 līdz 0,0139 m³. Pie koku skaita 2500 koki·ha⁻¹ audzes krāja sasniedz 41,3 līdz 46,1 m³ha⁻¹.

Uzkrātā virszemes SM 12-gadīgā egles stādījumā svārstās no 29,0 līdz 32,6 tha⁻¹, celma daļas, skeletsakņu un aktīvo sakņu SM - no 17,2 līdz 18,5 tha⁻¹; akumulētais oglekļa daudzums vidēji sastāda 26,5 tha⁻¹, no kura virszemes daļā – 66%, celma daļā un skeletsaknēs piesaistītais – 19%, bet aktīvajās saknēs akumulētais – 15%.

Egles stumbra koksne (absolūti sausa) satur 49,89%, zari – 50,51%; skujuas – 50,15%; miza – 49,81% un saknes – 49,87% oglekļa.

Bērza 10-gadīgos stādījumos barības vielām bagātās lauksaimniecības augsnēs aluviālā augsnē vidējā koka stumbra tilpums sasniedz no 0,0173 līdz 0,0214 m³. Pie koku skaita 2500 koki·ha⁻¹ audzes krāja sasniedz 43,3 – 53,5 m³ha⁻¹.

Uzkrātā virszemes SM 10-gadīgā bērza stādījumā svārstās no 38,6 līdz 46,4 tha⁻¹, celma daļas, skeletsakņu un aktīvo sakņu SM – no 10,4 līdz 12,3 tha⁻¹; akumulētais oglekļa daudzums vidēji sastāda 30,1 tha⁻¹, no kuriem virszemes daļā piesaistītais – 70%, celma daļā un skeletsaknēs – 16,6%, bet aktīvajās saknēs – 13,4%.

Bērza stumbra koksne (absolūti sausa) satur 50,23%, zaru koksne – 49,89%; lapas – 52,21%; miza – 50,37% un saknes – 49,70% oglekļa.

Nozīmīgākie vārdi: oglekļa akumulācija, virszemes biomasā, sakņu biomasā, priede, egle, bērzs, lauksaimniecības zeme.

•••

M. Daugaviete, T. Gaitnieks, D. Kļaviņa, LSFRI „Silava”, G. Teliševa, Latvian State Institute of Wood Chemistry. **Carbon accumulation in the above-ground and root biomass of pine, birch and spruce cultivated in agricultural soils.**

Abstract: Summarized are the data on carbon accumulation in the above-ground and root biomass of pine, spruce and birch cultivated in agricultural soils.

For 12-year plantations of pine in nutrient-rich agricultural soils the average tree volume is from 0.0208 to 0.0232 m³, with the number of trees 3,300 stems·ha⁻¹ reaching 62.4-69.6 m³·ha⁻¹.

For 12-year plantations of pine the above-ground biomass accumulated (DM-air dry mass) is from 43.7 to 47.6 tha⁻¹, the stump part, coarse roots and small and fine root biomass (DM) is from 17 to 18.9 tha⁻¹; the average amount of carbon accumulated is 33 tha⁻¹, with that accumulated in above ground biomass is – 65.4%, in stump part and coarse roots accumulated – 23%, but in small and fine roots – 11.6% of the total amount of carbon accumulated by the plantation.

In different components of pine wood (DM) the carbon content is as follows: stemwood 51.86%, branchwood 51.48%; needles 51.42%; bark 51.90% and roots 50.99%.

In spruce plantations in nutrient-rich agricultural soils the average tree volume is from 0.0125 to 0.0139m³, with the number of trees 2,500 stems·ha⁻¹ reaching 41.3–46.1 m³·ha⁻¹.

For 12-year plantations of spruce the above-ground biomass (DM) accumulated is from 29.0 to 32.6 tha⁻¹; the stump part, coarse roots and small and fine root biomass (DM) is from 17.2 to 18.5 tha⁻¹, the average amount of carbon accumulated is 26.5 tha⁻¹, with that accumulated in above ground biomass is 66%, with that accumulated in stump part and coarse roots making 19%, but in small and fine roots – 15% of the total amount of carbon accumulated by the plantation.

In different components of absolute dry spruce wood the carbon content is as follows: stemwood 49.89%; branchwood 50.51%; needles 50.15%; bark 49.81 % and roots 49.87%. For 10-year plantations of birch in nutrient-rich alluvial soils the average tree volume is 0.0173 to 0,0214 m³, with the number of trees 2,500 stems·ha⁻¹ reaching 43.3 to 53.5 m³·ha⁻¹.

For 10-year plantations of birch the above-ground biomass (DM) accumulated is from 38.6 to 46.4 tha⁻¹; the stump part, coarse roots and small and fine root biomass (DM) is from 10.4 to 12.3 tha⁻¹, the average amount of carbon accumulated is 30.1 tha⁻¹, with that accumulated in above ground biomass is 70%, with that accumulated in stump part and coarse roots making 16.6% , but in small and fine roots – 13.4% of the total amount of carbon accumulated by the plantation.

In different components of absolute dry birch wood the carbon content is as follows: stemwood 50.23%, branchwood 49.89%, foliage 52.21%, bark 50.37%, roots 49.70%.

Key words: carbon accumulation, above-ground biomass, root biomass, pine, spruce, birch, agricultural soil.

•••

Дaugавиете М., Т. Гайтниекс, Д. Клявиня, ЛГИЛН «Силава», Г. Телишева,

Латвийский Институт химии древесины. **Аккумуляция углерода в надземной и корневой биомассе в насаждениях сосны, ели и березы, произрастающих на брошенных сельскохозяйственных землях.**

В статье обобщены результаты исследований аккумуляции углерода в надземной и корневой биомассе сосны, ели и березы, вырастающих на брошенных сельскохозяйственных землях.

Объем аккумулированной биомассы в 12-летних насаждениях сосны составляет 32,7–36,4 т.га⁻¹ сухой биомассы (СБ), корневой биомассы в среднем 17-18,9 т.га⁻¹ СБ, а количество аккумулированного углерода в среднем составляет 26,9 т.га⁻¹, в том числе 34,6% в корневой биомассе.

Объем аккумулированной биомассы в 12-летних насаждениях ели составляет 43,7–47,6 т.га⁻¹ сухой биомассы (СБ), корневой биомассы в среднем 17,2–18,5 т.га⁻¹ СБ, а количество аккумулированного углерода в среднем составляет 26,5 т.га⁻¹, в том числе 34% в корневой биомассе.

Объем аккумулированной биомассы в 12-летних насаждениях березы в среднем составляет 38,6–46,4 т.га⁻¹ сухой биомассы (СБ), корневой биомассы в среднем 10,4–12,3 т.га⁻¹ СБ, а количество аккумулированного углерода – 30,1 т.га⁻¹, в том числе 30% в корневой биомассе.

Пробные площади сосны и ели были заложены на дерногоподзолистой почве.

Ключевые слова: аккумуляция углерода, надземная биомасса, корневая биомасса, сосна, ель, береза, сельскохозяйственная земля.

Ievads

Klimata izmaiņu rezultātā, kuru izraisītājs faktors ir arī pieaugošais oglekļa dioksīda daudzums atmosfērā, pasaulē liela uzmanība tiek veltīta pētījumiem par oglekļa dioksīda piesaisti, tajā skaitā oglekļa akumulācijas palielināšanas iespējām, kur būtiska nozīme ir koksnei un augsnei (Cooper, 1983; Dixon, Brown, Houghton, Solomon, Trexler, Wisniewski, 1994; Lakyda, Nilson, Shvidenko, 1996; Brodmeadow, Matthews, 2003; Kauppi, Mielikäinen, Kuusela, 2002; Liski, Korotkov, Prins, Karjalainen, Victor, Kauppi, 2003; Brunner, Godbold, 2007).

Pasaules attīstītākās valstis 1992. gadā Riodežaneiro ir pieņēmušas ANO Vispārējo konvenciju saistībā ar globālām

klimata izmaiņām (Konvencija). Konvencijas mērķis – sasniegt siltumnīcefekta gāzu (SEG) koncentrācijas stabilizāciju atmosfērā paredzamo klimata izmaiņu novēršanai. Atbilstoši Konvencijā izvirzītajām prasībām, 1997. gadā daļa valstu izstrādāja Kioto protokolu (Kyoto Protocol, 1997), kuru Latvija parakstīja 1998. gadā un LR Saeima ratificēja 2002. gadā. Protokols nosaka, ka Latvijai savā teritorijā vai sadarbībā ar citām valstīm jāpanāk, lai antropogēno tiešo siltumnīcefekta gāzu – SEG (t.i., CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC un SF₆) – izmešu daudzums laika posmā no 2008. līdz 2012. gadam samazinātos par 8% salīdzinājumā ar 1990. gadu. Kioto protokols paredz mehānismus SEG izmešu samazināšanai –

kopīgi īstenojamus projektus un starptautisko emisiju kvotu tirdzniecību u.c.

Mežsaimniecības jomā izvirzītā uzdevuma īstenošanai, palielināma CO₂ piesaiste ar šādiem pasākumiem:

- meža un meža zemju ilgtspējīga apsaimniekošana,
- mežaudžu produktivitātes paaugstināšana,
- lauksaimniecībā neizmantoto zemju apmežošana.

Pasaulē, līdz ar iedzīvotāju skaita palielināšanos, pieaug arī ražošanas intensitāte: palielinās mežu izciršanas apjomi, kā rezultātā samazinās mežu platības, tādēļ viens no prioritāriem stāvokļa uzlabošanas pasākumiem ir meža platību saglabāšana un palielināšana. Šajā sakarā 2006. gadā Eiropas Komisija izstrādāja ES Mežu rīcības programmu, kur viens no pamatuzdevumiem ir vides aizsardzība un vides kvalitātes uzlabošana ar mērķi – saglabāt un atbilstoši veicināt meža ekosistēmu bioloģisko daudzveidību, oglekļa dioksīda absorbciju, kā arī stimulēt meža veselību un noturīgumu pret kaitīgo faktoru ietekmi dažādos ģeogrāfiskajos reģionos (ES Mežu Rīcības programma, 2006). Tāpat nozīmīga ir Gēteborgas stratēģijas un tai saistošo dokumentu izvirzītā mērķa – meža ilgtspējīgas attīstības – realizēšana.

Meži ir oglekli absorbējošas ekosistēmas, kas nodrošina atjaunojamas un videi draudzīgas izejvielas enerģētikas un citu nozaru vajadzībām. Pasaulē meži aizņem ap 4 miljardi hektāru vai 30% no sauszemes teritorijas. Tikai Eiropas mērenā klimata joslā vien katrs hektārs meža uzkrāj ap 110 t oglekļa, no kuriem apmēram 27 t oglekļa uzkrājas koku saknēs. Ievērojamu daudzumu

oglekļa uzņem arī meža augsnes – ap 65 t ha⁻¹ (FAO, Forestry Paper, 2006).

Zinātnieki ir secinājuši, ka mežos uzkrātā oglekļa daudzums, atkarībā no klimatiskās joslas, svārstās lielā amplitūdā. Boreālo mežu zonā oglekļa piesaiste ir 57-64 t ha⁻¹, kamēr tropisko mežu zonā tā sasniedz 121 t ha⁻¹.

Kā zināms, mežos virszemes biomasu veido stumbra koksne, zaru koksne, miza, lapas vai skujuas un zemsedzes veģetācija, bet apakšzemes biomasu – skeletsaknes (*coarse roots*), sīkās (*small roots*, diam. >2mm<10mm) un uzsūcošās saknes (*fine roots*, diam. <2 mm). Saknes uzņem vidēji 20-40% no kopējā mežos uzkrātā oglekļa. Zinātnieki noskaidrojuši, ka ap 48,8% no saknēs akumulētā oglekļa daudzuma atrodas dzīvajās koka saknēs (smalkās un uzsūcošās saknes) (Jackson u.c., 1997).

Latvijā pēc neatkarības atjaunošanas un izmaiņām agrārajā politikā, lielas lauksaimniecības zemju platības vairs netika apsaimniekotas, bet šobrīd vairāk nekā 310 tūkst. ha šo zemju ir apmežotas maksliģi vai apmežojušās dabiski (VMD Meža Datu bāze, 2007; Meža resursu monitoringa dati, 2007). Vairums jaunaudžu jau sasniegušas 10-15 gadu vecumu, un sākusies nozīmīga oglekļa piesaiste gan saražotajā koksnē, gan augsnē tās veidošanās procesā. Latvijā pētījumu par oglekļa uzkrāšanos meža biocenozē kā virszemes, tā apakšzemes biomasā ir ļoti maz, īpaši datu par koku sakņu attīstību un biomasu. Rakstā apkopotī pētījumu rezultāti par priedes, egles un bērza 10-12-gadīgos stādījumos uzkrāto biomasu un tajā akumulēto oglekļa daudzumu.

Pētījums veikts starptautiskā projekta COST E38 „Woody root processes” ietvaros, kura izpildē piedalījās 23 valstu zinātnieki, tajā skaitā arī no Latvijas Valsts mežzinātnes institūta „Silva” un Koksnes ķīmijas institūta.

Pētījuma mērķis – noskaidrot oglekļa uzkrāšanos virszemes un sakņu biomasā 10-12-gadīgos lauksaimniecības zemju apmežojumos ar priedi, egli un bērzu. Pētījumam izvēlēti autoru ierīkoti 10-12 gadus veci stādījumi, kuru izcelsme ir skaidri zināma.

Darba uzdevumi:

1. Noskaidrot priedes (*Pinus sylvestris* L.), egles (*Picea abies* (L.) Karst.) un bērza (*Betula pendula* Roth) 10-12-gadīgos stādījumos uzkrāto virszemes daļas stumbru krāju, $m^3 \cdot ha^{-1}$, un biomasu, tha^{-1} .

2. Noskaidrot priedes, egles un bērza sakņu biomasu, tha^{-1} .

3. Noskaidrot akumulētā oglekļa daudzumu virszemes un sakņu biomasā, tha^{-1} .

Materiāls un metodes

Biomases daudzuma noteikšanas metodika kokaudzes virszemes daļā pamatojas uz koku stumbru dendrometriskajiem mērījumiem; tika veikta arī zaru masas noteikšana un rezultātā izskaitļots akumulētā oglekļa daudzums koku virszemes biomasā.

Jaunaudžu krājas aprēķināšanai katrā 1997./1999. gada priedes, egles un bērza stādījumā ($2500-3300$ koki· ha^{-1}) ierīkoti trīs apļveida parauglaukumi (katrs $100 m^2$ platībā) (1. tabula).

1. tabula, Table 1

Parauglaukumu raksturojums
Characteristic of trial plots

Nr.p.k No	Atrašanās vieta Site location	Sugu sastāvs Tree species	Vecums, gadi Age, yr	Biezums, koki· ha^{-1} Number of stem· ha^{-1}
1.	Bauska/Iecava 56°32.626N 024°19.387E	10 B 10 Birch (<i>Betula pendula</i> Roth)	10	2500
2.	Bauska/Iecava 56°32.626N 024°19.387E	10P 10 Pine <i>Pinus sylvestris</i> L.	12	3300
3.	Bauska/Iecava 56°32.626N 024°19.387E	10E 10 Spruce (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.)	12	2500
4.	Jelgava/Sidrabene 56°46.490N 022°51.230E	10P 10 Pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	12	3300
5.	Jelgava/Sidrabene 56°46.490N 022°51.232E	10B 10 Birch (<i>Betula pendula</i> Roth.)	10	2500

1. tabula (turpinājums), Table 1 (continued)

Nr.p.k No	Atrašanās vieta Site location	Sugu sastāvs Tree species	Vecums, gadi Age, yr	Biezums, koki·ha ⁻¹ Number of stem·ha ⁻¹
6.	Jelgava/Sidrabene 56°46.490N 022°51.235E	10E 10 Spruce (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.)	12	2500
7.	Dobele/Auri 56°36.167N 023°12.108E	10E 10 spruce (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.)	12	2500
8.	Dobele/Auri 56°36.167N 023°12.110E	10P 10 Pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	12	3300

Koku stumbra tilpuma aprēķināšanai pielietota formula (Liepa, 1996):

$$v = \Psi \times h^a \times d^{\beta \times \lg h + \varphi}, \text{ kur} \quad (1)$$

v - koka stumbra tilpums, m³;

h- augstums, m;

d – krūšaugstuma caurmērs, cm;

Ψ, φ, β, a – no koka sugas atkarīgi koeficienti (Liepa, 1996).

Audzū biomasa (V_v) aprēķināta pēc formulas:

$$V_v = V_s + V_z, \text{ kur} \quad (2)$$

V_s – koku stumbru masa, kg·ha⁻¹;

V_z – koku zaru masa, kg·ha⁻¹.

Stumbra tilpuma aprēķināšanai veikta katrā parauglaukumā augoša koka krūšaugstuma (1,3 m) caurmēra (ar precizitāti ±1 mm) un augstuma uzmērīšana ar tālmēru Vertex III (precizitāte ±0,2 m).

Audzēs vidējā koka caurmēra aprēķināšanai izmantotas šādas formulas (3, 4):

$$g_v = \frac{g_1 \cdot n_1 + g_2 \cdot n_2 + \dots + g_n \cdot n_n}{n_1 + n_2 + \dots + n_n} \quad (3)$$

$$d_v = \sqrt{4 \cdot g_v / \rho}, \text{ kur} \quad (4)$$

g_v – vidējā koka šķērslaukums, m²;

$g_{1, \dots, n}$ – katrā uzmērītā koka šķērslaukums, m²;

d_v – vidējā koka caurmērs, cm.

Audzēs vidējais augstums aprēķināts, izmērot katrā parauglaukuma kokam augstumu un konstruējot augstuma likni.

Iegūtajiem datiem aprēķinātas standartnovirzes pēc MS Excel STDEVA.

Koku stumbra masas aprēķināšanai katrā parauglaukumā izvēlēts 1 vidējam kokam atbilstošākais paraugkoks, t.i. katrā objektā 3 paraugkoki, kas nocirsti, bet vienam paraugkokam – audzes vidējam kokam – izraktas arī saknes, lai iegūtu datus par sakņu rupjās frakcijas biomasas lielumu. Koki atzaroti un stumbri sadalīti frakcijās: stumbrs, sausie zari un zaļie zari. Katrā atsevišķā frakcijā nosvērta ar precizitāti līdz ±100 g. Aprēķinos stumbra, zaru un sakņu masa dota kopā ar mizu un izskaitļota gaissausā stāvoklī – SM (mitruma saturs 20%). Iegūtie dati salīdzināti arī ar priedes, egles un bērza 1 m³ svaru dabīgi mitrā un gaissausā stāvoklī (2. tabula) (Meža gadagrāmata, 1985).

Viena koksnes kubikmetra masa, kg
The mass of cubic meter of wood, kg

Koku suga <i>Tree species</i>	Koksnes mitrums, % <i>Wood moisture content, %</i>		
	25-20 %, gaissausa <i>dry wood</i>	50-33%, pussausa <i>natural dry wood</i>	svaigi cirsta <i>fresh harvested</i>
Priede/ <i>Pine</i>	525	625	863
Egle/ <i>Spruce</i>	470	560	794
Bērzs/ <i>Birch</i>	670	790	878

Koku sakņu masa noteikta, nosverot rupjās un vidējās saknes ar precizitāti ± 100 g.

Koku aktīvo (*small and fine roots*) sakņu biomasa aprēķināta pēc sakņu masas noteikšanas parauglaukumos. Sakņu paraugi iegūti ar speciālu *Ejkelkamp* firmas augsnes urbi (www.ejkelkamp.com).

Katrā parauglaukumā 10, 50 un 100 cm attālumā no vidējā koka stumbra četros virzienos (austrumu, rietumu, ziemeļu un dienvidu) ņemti augsnes paraugi 0-10 cm; 10-20 cm; 20-30 cm; 30-40 cm un 40-50 cm dziļumā.

Sakņu paraugi skenēti, izmantojot datorprogrammu Win RHIZO 2002 C (Regent instrument^R) un kalibrētu skeneri STD-1600+. Skenēto attēlu matemātiskā apstrāde veikta ar Win RHIZO 2002 C.

Pēc tam dati ievietoti MS Excel, izmantojot XL RHIZO V2003a. Rezultātā iegūti dati par sakņu masas tilpumu, svaru, sakņu garumu un sakņu virsmas laukumu, kas pārrēķināti uz 1 ha.

Oglekļa daudzuma aprēķināšanai koksnes un sakņu biomasā veikta atsevišķo frakciju – koka stumbra, zaru, celma daļas un skeletsakņu paraugu – nosvēršana un izžāvēšana līdz absolūti sausam (mitrums –

0%) stāvoklim; oglekļa daudzuma noteikšanai izmantots elementanalizators vario MACRO CHNS (Elementar Analysensysteme GmbH, Vācija). Iegūtie dati salīdzināti ar ārvalstu zinātnieku pētījumu rezultātiem, kas liecina, ka oglekļa saturs absolūti sausā koksne vairumam koku sugu svārstās no 49-52% (Lamlom S.H., Savidge R.A., 2002 u.c.).

Iegūtajiem datiem aprēķinātas vidējās vērtības un standartnovirzes pēc MS Excel AVERAGE un STDEVA.

Rezultāti un diskusija

Pētījumu rezultātā konstatēts, ka 12-gadīgā priežu audzē lauksaimniecības zemēs vidējais koka augstums sasniedz $5,3 \pm 0,65$ m un vidējais krūšaugstuma caurmērs – $9,2 \pm 1,6$ cm, kas atbilst I bonitātes klases koku kritērijiem (3. tabula) (Normatīvi meža taksācijai Latvijas PSR, 1988).

Kā liecina 4. tabulas dati, priedes stādījumos barības vielām bagātā lauksaimniecības zemē vidējā koka masa svārstās no 0,0208 līdz 0,0232 m³, kas pie koku skaita 3300 koki·ha⁻¹ sasniedz 62,4 līdz 69,6 m³ha⁻¹.

Priedes stādījumu sakņu masas analīžu

3. tabula, Table 3

12-gadīgu priedes stādījumu raksturojums
Disposition of 12-yr old pine plantations

Atrašanās vieta Site location	Koku vid. caurmērs, D1,3, cm, Medium diameter of breast height, DbH, cm	Koku vidējais augstums, H, m, Medium tree height, m	Vidējā koka tilpums, m ³ Volume of medium tree, m ³	Krāja, m ³ ha ⁻¹ Yield, m ³ ha ⁻¹
Jelgava/Sidrabene	9,3±1,6	5,3±0,67	0,0208	68,5
Bauska/Iecava	9,2±1,6	5,2±0,65	0,0201	62,4
Dobeles/Auri	9,5±1,2	5,6±0,60	0,0232	69,6

4. tabula, Table 4

Saknes raksturojošie parametri 12-gadīgā priedes stādījumā,
Characteristic of root's parameter in the 12-yr old pine plantation

Horizonts Soil layer	Biomasa, tha ⁻¹ Biomass, tha ⁻¹	Sakņu garums, kmha ⁻¹ Length of roots, kmha ⁻¹	Sakņu virsmas laukums, ha ⁻¹ Roots surface area, ha ⁻¹	Sakņu tilpums, m ³ ha ⁻¹ Roots volume, m ³ ha ⁻¹
0-10 cm	1,2	1,17	0,188	2,23
10-20 cm	1,5	0,81	0,151	2,79
20-30 cm	1,8	0,65	0,157	3,53
30-40 cm	1,7	0,62	0,151	3,42
40-50 cm	0,4	0,27	0,056	0,82
Kopā / Total	6,6	3,52	0,703	12,79

vidējie dati pa augsnes horizontiem liecina, ka 12-gadīgās priežu audzēs sakņu masas lielākā daļa atrodas augsnes slānī 20-30cm un 30-40 cm dziļumā no augsnes virskārtas (4. tabula).

Kā rāda 4. tabulas dati, vislielākā smalko (*small*) un uzsūcošo (*fine*) sakņu masa 12-gadīgā priedes stādījumā ir 20-30 cm un 30-40 cm dziļumā, bet kopējā šo sakņu biomasa augsnes slānī 0-50 cm dziļumā ir 6,6 tha⁻¹, kopējais sakņu garums augsnes slānī 0-50 cm sastāda 3,52 km. ha⁻¹, sakņu tilpums – 12,79 m³ha⁻¹.

Paraugkoku stumbru, zaļo un sauso zaru, celma daļas un skeletsakņu masa

apkopota 5. tabulā. Iegūtie rezultāti atbilst ilglaicīgo pētījumu datiem un liecina, ka zaru masa priedes, egles un bērza stādījumos lauksaimniecības zemēs sastāda vidēji ap 14-20%, bet ievērojamu biomasas daļu veido celma daļa un skeletsaknes. Jāatzīmē, ka nozīmīgu biomasu sastāda arī skujuas, kas nav iekļautas biomasas aprēķinā, lai neiegūtu nesalīdzināmus datus par bērza stādījumos akumulēto oglekli, jo bērzu zaru masa analizēta bezlapainā stāvoklī, tomēr turpmākos pētījumos šādi dati būtu jāņem vērā. Orientējoši pētījumi liecina, ka priedes zaru masa kopā ar skujiņām 12-gadīgā stādījumā veido pat divas reizes lielāku biomasu nekā

5. tabula, Table 5

Biomasa frakciju masa 12-gadīgos priedes stādījumos
The mass of the tree parts in the 12-yr old pine plantations

Atrašanās vieta <i>Site location</i>	Stumbra masa, svaigi cirsta <i>Mass of stem fresh harvested</i>		Zaru masa (zaļie + sausie zari) <i>Biomass of branch (wet and dry branches)</i>		Celma daļas un skeletsakņu masa, svāigi cirsta <i>Stump and coarse roots wet biomass</i>	
	1 kokam, <i>by 1 tree,</i> kg	uz 1 ha, <i>per ha,</i> tha ⁻¹	1 kokam, <i>by 1 tree,</i> kg	uz 1 ha, <i>per ha,</i> tha ⁻¹	1 kokam, <i>by 1 tree,</i> kg	uz 1 ha, <i>per ha,</i> tha ⁻¹
Jelgava/Sidrabene	17,9	59,1	5,6	18,4	6,3	20,8
Bauska/Iecava	16,3	53,8	5,5	18,1	7,1	23,5
Dobele/Auri	18,1	59,8	5,6	18,4	7,5	24,7
Vidēji / <i>Average</i>	17,4±0,8	57,6±2,7	5,6±0,47	18,3±0,67	7,0±0,61	23±1,99

stumbra masa.

Uzkrātā oglekļa izskaitļošanai izmantoti dati, kas iegūti, nosakot oglekļa daudzumu ar elementanalizatoru vario MACRO CHNS, un tie rāda, ka priedes koksne absolūti sausā stāvoklī (mitruma saturs – 0%) satur 51,86%, zari – 51,48%, skujuas – 51,42%, miza – 51,90% un saknes – 50,99% oglekļa (6. tabula). Iegūtie dati ir izmantojami oglekļa daudzuma noteikšanai stumbra, zaru un sakņu SM.

Pētījuma rezultāti un aprēķini rāda, ka uzkrātā virszemes SM 12-gadīgā priedes stādījumā svārstās no 43,7 līdz 47,6 tha⁻¹, celma daļas un skeletsakņu SM – no 10,4-12,3 tha⁻¹, bet vidējo un smalko jeb aktīvo sakņu SM vidēji sastāda 6,6 tha⁻¹.

Savukārt akumulētais oglekļa daudzums virszemes daļā vidēji sastāda 23,7±0,88 tha⁻¹, no kuriem saknēs piesaistītais – 30,8% no visa stādījumā akumulētā oglekļa daudzuma. Literatūrā minēts, ka galvenās oglekļa piesaistītās saknēs ir tieši vidējās un uzsūcošās

saknes (Jackson et.al., 1997), tādēļ pētījuma rezultātos īpaši akcentēta šo sakņu biomasa un tajās piesaistītā oglekļa daudzums. Jāatzīmē, ka sakņu masa galvenokārt sastāv no vidēja izmēra (>2mm) un smalkajām saknēm (<2mm), kas jaunaudzū vecumā aizņem apmēram divas trešdaļas no visas sakņu masas (Brunner, Godbold, 2007). Tikai smalkās saknes, kuru diametrs ir līdz 2 mm, sakņu sistēmā aizņem apmēram 3-4% no sakņu kopskaita (Brunner, Godbold, 2007).

Pētījumu rezultāti liecina, ka 12-gadīgā egļu audzē lauksaimniecības zemēs vidējā koka augstums sasniedz 5,29±0,65 m un vidējais krūšaugstuma caurmērs – 6,6±1,12 cm (7. tabula).

Kā liecina 7. tabulas dati, egles stādījumos barības vielām bagātā lauksaimniecības zemē vidējā koka masa svārstās no 0,0125 līdz 0,0139 m³. Pie koku skaita 2500 koki-ha⁻¹ audzes krāja sasniedz 41,3 līdz 46,1 m³ha⁻¹.

Egles stādījumu sakņu masas analīžu vidējie dati pa augsnes horizontiem rāda, ka

6. tabula, Table 6

12-gadīgu priežu audžu biomasa un piesaistītā oglekļa daudzums
The biomass and carbon content of 12-yr old pine plantation

Atrašanās vieta Site location	Virszemes biomasa Above ground biomass				Celma daļas un sakņu masa Biomass of roots		
	Stumbru tilpums, m ³ ha ⁻¹ Stem volume, m ³ ha ⁻¹	Zaru tilpums, m ³ ha ⁻¹ Branch volume, m ³ ha ⁻¹	Biomasa svaigi cirsta, tha ⁻¹ / SM, tha ⁻¹ Total biomass, wet / dry, tha ⁻¹	Akumulētais oglekļa daudzums (51,5% no SM), tha ⁻¹ Accumulat. carbon, tha ⁻¹	Celma daļas un skeletsakņu biomasa, tha ⁻¹ Biomass of stump and coarse roots, wet/dry, tha ⁻¹	Smalko un uzsūcošo sakņu biomasa, SM, tha ⁻¹ Biomass of small and fine roots, dry, tha ⁻¹	Akumulētais oglekļa daudzums / t.sk. aktīvajās saknēs, tha ⁻¹ Accumulated carbon / int. al. in small and fine roots, tha ⁻¹
Jelgava / Sidrabene	68,5	21,3	77,5 / 47,1	24,2	20,8 / 10,4	6,6	8,7 / 3,3
Bauska / Iecava	62,4	20,9	71,9 / 43,7	22,5	23,5 / 11,8	6,6	9,5 / 3,3
Dobele / Auri	69,4	21,3	78,2 / 47,6	24,5	24,7 / 12,3	6,6	9,7 / 3,3
Vidēji Average			46,1±1,7	23,7±0,88	11,5±0,80		9,3±0,43

7. tabula, Table 7

12-gadīgu egles stādījumu raksturojums
Description of 12-yr old Spruce plantation

Atrašanās vieta Site location	Koku vidējais caurmērs, D _{1,3'} , cm Medium diameter of breast height, DbH, cm	Koku vidējais augstums, H, m Medium tree height, m	Vidējā koka tilpums- V, m ³ Medium stem volume, m ³	Krāja, m ³ ha ⁻¹ Yield, m ³ ha ⁻¹
Jelgava/Sidrabene	6,8±0,65	5,5±0,67	0,0138	45,7
Bauska/Iecava	6,6±1,96	5,2±0,70	0,0125	41,3
Dobele/Auri	6,54±0,75	5,17±2,19	0,0139	46,1

12-gadīgās egļu audzēs lielākā sakņu masa atrodas augsnes slānī 0–10 cm un 10–20 cm dziļumā no augsnes virskārtas (8. tabula).

Kopējā sakņu biomasa 12-gadīgā egles stādījumā sastāda 7,6 tha⁻¹, bet kopējais sakņu tilpums augsnes slānī 0-50 cm

dziļumā – 16,9 m³ ha⁻¹, kopējais aktīvo sakņu garums uz 1 ha ir 12,1 km. Saknes galvenokārt atrodas augsnes virsējos horizontos un, lietojot augsnes urbšanas metodi, pilnībā iespējams noteikt sakņu masas lielumu.

8. tabula, Table 8

Saknes raksturojošie parametri 12-gadīgā egles stādījumā
Characteristic parameters of roots in the 12-yr old spruce plantation

Augsnes horizonts Soil layer	Biomasa, t·ha ⁻¹ Biomass, t·ha ⁻¹	Sakņu garums, kmha ⁻¹ Lenght of roots, kmha ⁻¹	Sakņu virsmas laukums, ha ⁻¹ Roots surface area, ha ⁻¹	Sakņu tilpums, m ³ ·ha ⁻¹ Roots volume, m ³ ·ha ⁻¹
0-10 cm	2,7	4,18	0,398	5,79
10-20 cm	2,6	4,05	0,255	5,54
20-30 cm	1,4	2,24	0,212	3,05
30-40 cm	0,9	1,39	0,094	1,85
40-50 cm	0,03	0,29	0,051	0,7
Kopā / Total	7,6	12,1	1,0	16,9

9. tabula, Table 9

Biomasa frakciju masa 12-gadīgos egļu stādījumos
The mass of the tree parts in the 12-yr old spruce plantations

Atrašanās vieta Site location	Stumbra masa svaigi cirsta, Mass of stem, fresh harvested		Zaru masa Biomass of branch		Celma daļas un skeletsakņu masa, Stump and coarse roots biomass	
	1 kokam, 1 tree, kg	uz 1 ha, per ha, tha ⁻¹	1 kokam, 1 tree, kg	uz 1 ha, per ha, tha ⁻¹	1 kokam, 1 tree, kg	uz 1 ha, per ha, tha ⁻¹
Jelgava/Sidrabene	14,5	36,3	6,8	17,0	9,5	23,7
Bauska/Iecava	13,1	32,8	6,5	16,2	9	22,5
Dobele/Auri	14,6	36,6	7,4	18,5	10,2	25,5
Vidēji / Average	14±0,98	35,2±1,72	6,9±0,37	17,2±0,95	9,6±0,49	23,9±1,23

Uzkrātās biomasas aprēķinam izmantots katrā objektā nocirsto paraugkoku svars un iegūtie dati salīdzināti ar standartā norādīto svaigi cirstas egles koksnes 1 m³ svaru un šīs koksnes svaru gaissausā stāvoklī, kas parastajai eglei (*Picea excelsa*) attiecīgi ir 794 kg un 470 kg (9. tabula).

Dati rāda, ka vidēji 12-gadīgas egles stumbra svars ir 14±0,98 kg, bet zaru masa, salīdzinot ar priedes zaru masu, ir samērā liela – 6,9±0,37 kg, jo egles zari šajā vecumā sniedzas līdz augsnes virskārtai. Celma daļas

un skeletsakņu masa 12-gadīgai eglei vidēji ir 9,6±0,49 kg.

Uzkrātā oglekļa aprēķinam izmantoti dati, kas iegūti, nosakot oglekļa daudzumu ar elementanalizatoru vario MACRO CHNS, un tie rāda, ka egles koksne absolūti sausā stāvoklī satur 49,89%, zari – 50,51%, skujujas – 50,15%, miza – 49,81% un saknes – 49,87% oglekļa.

Izskaitļotie dati apkopoti 10. tabulā.

Pētījuma rezultāti un aprēķini rāda, ka uzkrātā virszemes SM 12-gadīgā egles stādījumā svārstās no 29,0 līdz 32,6 tha⁻¹, bet

10. tabula, Table 10

12-gadīgu egļu audžu biomasa un piesaistītā oglekļa daudzums
The biomass and carbon content of 12-yr old spruce plantation

Atrašanās vieta Site location	Virszemes biomasa Above ground biomass				Celma daļas un sakņu masa Biomass of roots		
	Stumbru tilpums, m ³ ha ⁻¹ Stem volume, m ³ ha ⁻¹	Zaru tilpums, m ³ ha ⁻¹ Branch volume, m ³ ha ⁻¹	Biomasa svaigi cirsta, tha ⁻¹ / SM, tha ⁻¹ Total biomass, wet / dry, tha ⁻¹	Akumulētais oglekļa daudzums (51,5% no SM), tha ⁻¹ Accumulat. carbon, tha ⁻¹	Celma daļas un skeletsakņu biomasa, tha ⁻¹ Biomass of stump and coarse roots, wet/dry, tha ⁻¹	Smalko un uzsūcošo sakņu biomasa, SM, tha ⁻¹ Biomass of small and fine roots, dry, tha ⁻¹	Akumulētais oglekļa daudzums, /t.sk. aktīvajās saknēs, tha ⁻¹ Accumulated carbon/int. al. in small and fine roots, tha ⁻¹
Jelgava / Sidrabene	45,7	21,4	53,3 / 31,5	15,7	23,7 / 10,1	7,6	8,8 / 3,8
Bauska / Iecava	41,3	20,4	49,0 / 29,0	14,5	22,5 / 9,6	7,6	8,6 / 3,8
Dobeles / Auri	46,1	23,3	55,1 / 32,6	16,3	25,5 / 10,9	7,6	9,2 / 3,8
Vidēji Average			31±1,5	17,6±0,75	10,2±0,53		8,9±0,23

11. tabula, Table 11

10-gadīgu bērzu stādījumu raksturojums
Description of 10-yr old birch plantation

Atrašanās vieta Site location	Koku vidējais caurmērs, D _{1,3'} , cm Medium diameter of breast height, DbH, cm	Koku vidējais augstums, H, m Medium tree height, m	Vidējā koka tilpums- V, m ³ Medium stem volume, m ³	Krāja, m ³ ha ⁻¹ Yield, m ³ ha ⁻¹
Bauska / Iecava	6,1±1,6	6,3±0,65	0,0173	43,3
Jelgava / Sidrabene	6,1±1,7	6,8±1,0	0,0214	53,5

celmu daļas, skeletsakņu un aktīvo sakņu SM – no 17,2 līdz 18,5 tha⁻¹. Savukārt akumulētais oglekļa daudzums vidēji sastāda 26,5 tha⁻¹, no kuriem aktīvajās saknēs akumulētais – 14,8% no visa stādījumā akumulētā oglekļa daudzuma.

Lauksaimniecības zemēs 10-gadīgā bērzu audzē koku augšanas gaita ievērojami

atkarīga no augsnes blīvuma un mehāniskā sastāva. Pētījumā izmantoti 10-gadīgi bērzu stādījumi dabīgi sausā aluviālā augsnē (Bauska/Iecava) un vāji velēnu podzolētā augsnē (Jelgava/Sidrabene). Abas vietas raksturo augsts minerālvielu saturs augsnē un vidējais krūšaugstuma caurmērs abās platībās ir 6,1±1,6 cm un 6,1±1,75 cm, bet vidējā koka

12. tabula, Table 12

Saknes raksturojošie parametri 10-gadīgā bērza stādījumā
Characteristic parameters of roots in the 10-yr old birch plantation

Augsnes horizonts Soil layer	Biomasa, t ha ⁻¹ Biomass, t ha ⁻¹	Sakņu garums, kmha ⁻¹ Lenght of roots, kmha ⁻¹	Sakņu virsmas laukums, ha ⁻¹ Roots surface area, ha ⁻¹	Sakņu tilpums, m ³ ha ⁻¹ Roots volume, m ³ ha ⁻¹
0-10 cm	1,902	0,983	0,342	2,84
10-20 cm	1,447	0,834	0,263	2,16
20-30 cm	1,286	0,719	0,132	1,92
30-40 cm	0,656	0,325	0,045	0,98
40-50 cm	0,140	0,308	0,019	0,21
Kopā / Total	5,431	3,169	0,801	8,11

13. tabula, Table 13

Biomasa frakciju masa 10-gadīgos bērza stādījumos
The mass of the tree parts in the 10-yr old birch plantations

Atrašanās vieta Site location	Stumbra masa, svaigi cirsta Mass of stem, fresh harvested		Zaru masa Biomass of branch		Celma daļas un skeletsakņu masa Stump and coarse roots biomass	
	1 kokam, 1 tree, kg	uz 1 ha, per ha, tha ⁻¹	1 kokam, 1 tree, kg	uz 1 ha, per ha, tha ⁻¹	1 kokam, 1 tree, kg	uz 1 ha, per ha, tha ⁻¹
Jelgava/Sidrabene	18,8	46,9	5,6	14,0	10,2	25,5
Bauska/Iecava	15,2	38,0	5,0	12,5	9,6	24,0
Vidēji Average	17,0±0,38	42,4±3,62	5,3±0,24	13,25±0,61	9,9±0,24	24,7±0,65

augstumi attiecīgi svārstās no 6,3±0,65 m līdz 6,8±1,0 m (11. tabula).

Kā rāda 11. tabulas dati, 10-gadīgos bērzu stādījumos barības vielām bagātās lauksaimniecības zemēs aluviālā augsnē vidējā koka masa svārstās no 0,0173 m³ līdz 0,0214 m³, kas pie koku skaita 2500 koki·ha⁻¹ attiecīgi sasniedz 43,3 m³·ha⁻¹ un 53,5 m³·ha⁻¹.

Bērza stādījumu aktīvo sakņu masas analīžu vidējie dati pa augsnes horizontiem liecina, ka 10-gadīgās bērzu audzēs lielākā sakņu masas daļa atrodas augsnes slānī

0–30 cm dziļumā no augsnes virskārtas (12. tabula).

Pētījumi rāda, ka 10-gadīga bērzu stādījuma kopējā sakņu biomasa auglīgās lauksaimniecības augsnēs ir 5,531 tha⁻¹, aktīvo sakņu garums – 3,169 km un sakņu tilpums – 8,11 tha⁻¹ (13. tabula).

Pētījumā iekļautos objektos 10-gadīga bērza stumbra vidējais svars ir 17,0±0,38 kg, zaru masa salīdzinoši neliela – vidēji 5,3±0,24 kg, jo bērzs šajā vecumā daļēji jau ir atzarojies. Celma daļas un skeletsakņu masa 10-gadīgam bērzam vidēji

10-gadīgu bērzu audžu biomasa un piesaistītā oglekļa daudzums
The biomass and carbon content of 10-yr old birch plantation

Atrašanās vieta Site location	Virszemes biomasa Above ground biomass				Celma daļas un sakņu masa Biomass of roots		
	Stumbru tilpums, m ³ ha ⁻¹ Stem volume, m ³ ha ⁻¹	Zaru tilpums, m ³ ha ⁻¹ Branch volume, m ³ ha ⁻¹	Biomasa svaigi cirsta, tha ⁻¹ / SM, tha ⁻¹ Total biomass, wet / dry, tha ⁻¹	Akumulētais oglekļa daudzums (50% no SM), tha ⁻¹ Accumulat. carbon, tha ⁻¹	Celma daļas un skeletsakņu biomasa, tha ⁻¹ Biomass of stump and coarse roots, wet/dry, tha ⁻¹	Smalko un uzsūcošo sakņu biomasa, SM, tha ⁻¹ Biomass of small and fine roots, dry, tha ⁻¹	Akumulētais oglekļa daudzums, /t.sk. aktīvajās saknēs, tha ⁻¹ Accumulated carbon/int. al. in small and fine roots, tha ⁻¹
Bauska / Iecava	43,3	14,2	50,4 / 38,6	19,3	24 / 9,5	5,4	7,4 / 2,7
Jelgava / Sidrabene	53,5	15,9	60,9 / 46,4	23,2	25,5 / 10,6	5,4	8,0 / 2,7
Vidēji Average			42,5±3,9	21,2±1,59	10,1±1,73		8,9±0,23

ir 9,9±0,24 kg (13. tabula).

Uzkrātā oglekļa aprēķinam izmantoti dati, kas iegūti, nosakot tā daudzumu ar elementanalizatoru vario MACRO CHNS, un tie rāda, ka bērza koksne absolūti sausā stāvoklī satur 50,23%, zari – 49,89%, lapas – 52,21%, miza – 50,37% un saknes – 49,7% oglekļa.

Pētījuma rezultāti un aprēķini liecina, ka uzkrātā virszemes SM 10-gadīgos bērzu stādījumos svārstās no 38,6 līdz 46,4 tha⁻¹, savukārt celma daļas, skeletsakņu un aktīvo sakņu SM – no 14,9 līdz 16,0 tha⁻¹. Akumulētais oglekļa daudzums stādījumā vidēji ir no 26,7 līdz 31,2 tha⁻¹; aktīvajās saknēs akumulētais – 8,6-10,1% no visa akumulētā oglekļa daudzuma stādījumos (14. tabula).

Pētījuma rezultāti atbilst arī citu

zinātnieku publicētajiem datiem, kas liecina, ka koku sakņu attīstību lielā mērā ietekmē augšanas vieta, barības vielu sastāvs un daudzums, kā arī klimata apstākļi (Walle, et.al. 2005; Uri, Lohmus, Lastik, Karakats, Volt, 2005; Uri, Lohmus, Ostonen, Tullus, Lastik, Vildo, 2007; Truus, Portsmouth, 2005; Tobin, Nieuwenhuis, 2005; Tichter, Frossard, Brunner, 2005; Helmisaari, Nojd, Kukkola, Derome, 2005; Čermak, et.al, 2005; Eriksson, Johansson, 2006).

Jaunās audzēs virszemes un sakņu biomasas attiecība svārstās no 20-44% (Gaitnieks, Kļaviņa, Arhipova, 2007). Mūsu pētījumā iekļauto koku sugu stādījumos šī attiecība bija šāda: priedei – vidēji 50%, eglei – 55-57% un bērzam – 34-39%. Jāatzīmē, ka ar minerālvielām bagātās lauksaimniecības zemēs šī attiecība

varētu būt pat lielāka, ja ņem vērā arī skuju un lapu masu.

Pēc zinātnieku atziņām akumulētais oglekļa daudzums sakņu masā boreālo mežu joslā sastāda vidēji 12–25% no kopējā akumulētā oglekļa daudzuma uz 1 ha (Trumbore, Gaudinski, 2003; Majdi, Pregitzer, Moren, Nylund, Agren, 2005; Brunner, Godbold, 2007). Mūsu pētījumu rezultāti apliecina, ka saknēs akumulētais

oglekļa daudzums attiecībā pret virszemes SM priedes un bērza stādījumā atbilst minēto autoru datiem, bet egles stādījumā uzrāda lielāku procentuālo attiecību par literatūrā norādīto. Tas skaidrojams ar to, ka mūsu pētījumu objekti ierikoti kultivētā mālsmilts augsnē, kur virsējos horizontos egles sakņu sistēma bija spēcīgi attīstījusies.

Secinājumi

1. Priedes 12-gadīgos stādījumos barības vielām bagātā lauksaimniecības augsnē vidējā koka stumbra tilpums svārstās no 0,0208 līdz 0,0232 m³. Pie koku skaita 3300 koki ha⁻¹, audzes krāja sasniedz 62,4 līdz 69,6 m³ ha⁻¹.
2. Uzkrātā virszemes SM 12-gadīgā priedes stādījumā svārstās no 43,7 līdz 47,6 tha⁻¹, celma daļas, skeletsakņu un aktīvo sakņu SM – no 17 līdz 18,9 tha⁻¹; akumulētais oglekļa daudzums vidēji sastāda 33 tha⁻¹: virszemes daļā piesaistītais – 65,4%, celma daļā un skeletsaknēs – 23 %, bet aktīvajās saknēs – 11,6%.
3. Priedes absolūti sausa stumbra koksne satur 51,86%, zari – 51,48%, skujas – 51,42%, miza – 51,90% un saknes – 50,99% oglekļa.
4. Egles stādījumos barības vielām bagātā lauksaimniecības augsnē vidējā koka stumbra tilpums svārstās no 0,0125 līdz 0,0139 m³. Pie koku skaita 2500 koki·ha⁻¹ audzes krāja sasniedz 41,3 līdz 46,1 m³ha⁻¹.
5. Uzkrātā virszemes SM 12-gadīgā egles stādījumā svārstās no 29,0 līdz 32,6 tha⁻¹, celma daļas, skeletsakņu un aktīvo sakņu SM – no 17,2 līdz 18,5 tha⁻¹; akumulētais oglekļa daudzums vidēji sastāda 26,5 tha⁻¹: virszemes daļā piesaistītais – 66%, celma daļā un skeletsaknēs – 19%, bet aktīvajās saknēs – 15%.
6. Egles absolūti sausa stumbra koksne satur 49,89%, zari – 50,51%, skujas – 50,15%; miza – 49,81% un saknes – 49,87% oglekļa.
7. Bērza 10-gadīgos stādījumos barības vielām bagātās lauksaimniecības augsnēs, aluviālā augsnē, vidējā koka stumbra tilpums sasniedz no 0,0173 līdz 0,0214 m³. Pie koku skaita 2500 koki·ha⁻¹ audzes krāja sasniedz 43,3–53,5 m³ha⁻¹.
8. Uzkrātā virszemes SM 10-gadīgā bērza stādījumā svārstās no 38,6 līdz 46,4 tha⁻¹, celma daļas, skeletsakņu un aktīvo sakņu SM – no 10,4 līdz 12,3 tha⁻¹; akumulētais oglekļa daudzums vidēji sastāda 30,1 tha⁻¹: virszemes daļā piesaistītais – 70%, celma daļā un skeletsaknēs – 16,6%, bet aktīvajās saknēs – 13,4%.
9. Bērza absolūti sausa stumbra koksne satur 50,23%, zaru koksne – 49,89%, lapas – 52,21%; miza – 50,37% un saknes – 49,70% oglekļa.

Literatūra

- Brodmeadow M., Matthews R.** (2003) Forests, Carbon and Climate Change: the UK Contribution. Information, 2003. Note, June 2003, Forestry Commission, www.forestry.gov.uk
- Brunner I., Godbold D.L.** (2007) Tree roots in a changing world. Journal of Forest Research 12:78-82
- Cooper F.C.** (1983) Carbon storage in managed forests, Can. J. For. Res. 13 (1983) 155–166.
- Čermak J., Nadezhdina N., Cudlin P., Gasperek J., Adamcik L. and Stanek Z.** (2005) Root system distribution and size measurements in Norway spruce trees. Cost 38. Woody root processes – impact of Different Tree Species. Tartu, Estonia, 5-9 June, 2005, p. 17
- Dixon R.K., Brown S., Houghton R.A., Solomon A.M., Trexler M.C., Wisniewski J.** (1994.) Carbon pools and flux of global forest ecosystems. Science 263:185-190
- Eriksson E. & Johansson T.** (2006) Effects of rotation period on biomass production and atmospheric CO₂ emissions from broadleaved stands growing on abandoned farmland. *Silva Fennica* Vol. 40(4), 2006, p. 603–613.
- Framework Convention on Climate Change, 2008. UNFCCC, FCCC/CP/2007/6 Add 1, 14 March, 2008, p. 60
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2006. Global forest resources assessment 2005. FAO Forestry Paper 147, FAO, Rome.
- Gaitnieks T., Kļaviņa D., Arhipova N.** (2007) Egļu sakņu morfoloģisko rādītāju salīdzinājums lauksaimniecības un meža zemēs. LU 65. zinātniskā konference, 2007, 34.-36. lpp.
- Helmisaari H., Nojd P., Kukkola M., Derome J.** (2005) Fine root biomass and C & N content in relation to site and characteristics in coniferous stands in Finland. Cost 38. Woody root processes – impact of Different Tree Species. Tartu, Estonia, June 5-9, 2005, p. 28
- Jansons J.** Monitoring of forest resources. Working paper of the LSFRI Silava. Salaspils: 2006. 18 p. (in Latvian). Komisijas paziņojums padomei un Eiropas Parlamentam par ES Mežu rīcības plānu, 2006. SEC(2006) 748 Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, United Nations, 1998, p.21
- Lab J., Aleksi Lc, Taru Pa, Mikko Pc, Thies Ea, Petteri Mc, Raisa M`c.** (2006) Carbon accumulation in Finland's forests 1922–2004 – an estimate obtained by combination of forest inventory data with modelling of biomass, litter and soil. Ann. For. Sci. 63 (2006) pp. 687–697
- Lakyda P., Nilson S. & Shvidenko A.** (1996) Estimation of forest phytomass for selected countries of the former European USSR. *Biomass and Bioenergy*, 11(5): pp. 371–382.
- Lamloom S.H., Savidge R.A.** (2002) A reassessment of carbon content in wood: variation

- within and between 41 North American species. *Biomass and Bioenergy*, Volume 25, No.4, October 2003, pp. 381-388(8)
- Lehtonen A., Mäkipää R., Heikkinen J., Sievänen R., Liski J.** (2004) Biomass expansion factors (BEF) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forests, *For. Ecol. Manage.* 188 (2004) 211–224.
- Liepa I.** (1996) *Pieauguma mācība*. LLU, Jelgava, 123 lpp.
- Liepiņš K., Lazdiņš A., Lazdiņa D., Daugaviete M., Miezīte O.** (2008) Naturally afforested agricultural lands in Latvia-assessment of availability timber resources and potential productivity. *Proceedings of Conference, 2008*
- Liski J., Korotkov A., Prins Ch., Karjalainen T., Victor D., Kauppi P.** (2003) Increased Carbon Sink in Temperate and Boreal Forests. *Climat Change*, Vol. 61, No.19 (November 2003), pp. 89-99.
- Majdi H., Pregitzer K., Moren A.S., Nylund J.E., Agren G.I.** (2005) Measuring fine root turnover in forest ecosystems. *Plant and soil* 276:1-8
- Meža gadagrāmata (1985) Latvija PSR mežsaimniecības un mežrūpniecības ministrija. Rīga „Avots”, lpp. 148.
- Pekka E. Kauppi, Kari Mielikäinen, and Kullervo Kuusela** (2002) Biomass and Carbon Budget of European Forests, 1971 to 1990. *Proceedings of Conference The Role of Boreal Forests and Forestry in the Global Carbon Budget. International Conference, Edmonton, Alberta, Canada (08/05/2000)*, 2002, vol. 169, n° 1-2, 177 p.
- Sampson N.** (2002) Monitoring and Measuring Wood Carbon. Colorado SWCS Conference on Carbon as a Potential Commodity, Denver, December 4, pp. 30.
- Kauppi P.E., Mielikäinen K. and Kuuselan K.** (1992) Biomass and carbon budget of European forests, 1971–1990. *Science* 256, pp. 70–74.
- Sudmeyer R.** (2002) Tree root morphology in alley systems. A report for the RIRDC/L&W Australia/FWPRDC, Joint Venture Agroforestry Program, RIRDC Publication No.02/024
- Tobin B., Nieuwenhuis M.** (2005) Belowground (coarse-root) biomass of different aged Sitka spruce in Ireland. *Cost 38. Woody root processes – impact of Different Tree Species.* Tartu, Estonia, 5-9 June, 2005, p. 53.
- Trumbore S.E., Gaudinski J.B.** (2003) The secret lives of roots. *Science* 302: 1344-1345
- Truus L., Portsmouth A.** (2005) Biomass allometry of *Betula pubescens* and *Pinus sylvestris* on different soils. *Cost 38. Woody root processes – impact of Different Tree Species.* Tartu, Estonia, 5-9 June, 2005, p. 54.
- Uri V., Lõhmus K., Ostonen I., Tullus H., Lastik R., Vildo M.** (2007) Biomass production, foliar and root characteristics and nutrient accumulation in young silver birch (*Betula pendula* Roth.) stand growing on abandoned agricultural land. *Eur. J. Forest Res.* Vol. 126, 2007, p. 495–506.

- Uri V., Lohmus K., Lastik R., Karakats J., Volt R.** (2005) Fine root biomass and vertical distribution in young grey alder (*Alnus incana*) and silver birch (*Betula pendula*) stands growing on abandoned agricultural lands. Cost 38. Woody root processes – impact of Different Tree Species. Tartu, Estonia, 5-9 June, 2005, p. 55.
- Vande Walle I., Looman B., Lemeur R.** (2005) Fine root biomass in a 4-years old birch stand (Zwijnaarde (B)). Cost 38. Woody root processes – impact of Different Tree Species. Tartu, Estonia, 5-9 June, 2005, p. 56.