

NOTEKŪDEŅU DŪŅU MĒSLOJUMA EFEKTIVITĀTE UN AUGSNES ĶĪMISKĀ SASTĀVA IZMAIŅAS ENERĢĒTISKĀS KOKSNES PLANTĀCIJĀS

D.Lazdiņa, A.Lazdiņš, Z.Kariņš, V.Kāposts, LVMI "Silava"

Kopsavilkums: Raksts sagatavots, izmantojot 2004.-2006.gg. izstrādātā Meža attīstības fonda projekta materiālus. Projekta mērķis - dūņu mēslojuma izmantošanas ekonomiskās efektivitātes un ietekmes uz vidi novērtējums, bet ilgtermiņā – tāda saimnieciska mēslojuma (tajā skaitā dūņu un koksnes pelnu) modeļa izveide, kas nodrošinātu enerģētiskās koksnes plantāciju produktivitātes, kurināmās koksnes resursu un kvalitātes palielināšanos.

Pirmajā gadā pēc iestādīšanas kārkļu plantācijās, kur tika lietots dūņu mēslojums, kas saturēja daudz augu barības vielu, problemātiska bija strauji augošo nezāļu apkarošana. Otrajā augšanas sezonā, pēc pirmā gada dzinumu nopļaušanas kārkļu biomasas krāja pieauga līdz 4,6-5,5 t_s/ha. Biomasas pieaugums bija lielāks gan mēslotajos, gan kontroles parauglaukumos; mēslotajos – vidēji 5,5 t_s/ha.

Kārkļu koksne mēslotajos parauglaukumos saturēja vidēji par 4-8% vairāk smago metālu nekā kontroles parauglaukumos. Pēc mēslošanas ar dūņām pieauga arī smago metālu koncentrācija augsnes virskārtā (0-20 cm), tomēr nepārsniedzot MK noteikumus fiksētos maksimālās koncentrācijas lielumus. Minerālaugsnēs un kūdras augsnē smago metālu koncentrācija pēc mēslošanas pieauga vidēji par 14%.

Kārkļu plantāciju ierīkošanas un apsaimniekošanas izmaksas pirmajos 3 gados pašreizējās cenās sastāda aptuveni 760 Ls/ha, bet nopļaušanas, šķeldošanas un piegādes izmaksas patērētājam - aptuveni 3,4 Ls/m³ ber., ja transportēšanas attālums vienā virzienā nav lielāks par 40 km un kārkļu pļaušanas agregāts tiek izmantots visu gadu.

Nozīmīgākie vārdi: plantācija, mēslojums, krāja, augsne, dūņas.

D.Lazdiņa, A.Lazdiņš, Z.Kariņš, V.Kāposts, LSFRI „Silava”. **Fertilisation efficiency of wastewater sludge and the changes in soil chemical composition in energy plantations**

Abstract: Based on the data of 2004-2006 project supported by the Forestry Development Fund, the objective of the given study is to assess the economic efficiency of sludge fertiliser and its environmental impact with a view to developing in the future a practicable fertilisation model (including fertilisation by sludge and wood ash) to raise the efficiency of energy crop cultivation, increase the yield, and improve the quality of energy wood.

Because of high nutrient content of sludge fertiliser, weed control was the major problem in the first growing season after establishing the willow plantation. In the second growing season, after harvesting the shoots of the first year an abundant re-growth of annual shoots was observed with the amount of biomass 4.6-5.5 t dry mass/ha. Increased amount of biomass was observed for both the fertilised plots and the control; in fertilised plots the average increase was 5.5 t dry mass/ha/yr.

Compared to the control, the content of heavy metals in willow wood harvested on fertilised plots was on the average by 4-8% higher. The fertilisation by wastewater sludge increased also the content of heavy metals in the topsoil layer (0-

20 cm deep), which was still below the maximum values as provided by the respective regulatory acts.

Proceeding from the current price level the establishment and management costs of willow plantations in the first three years are estimated at 760 LVL/ha. With the harvester operating all the year round and the transportation distances in one direction below 40 km, the harvesting, chipping, and delivering costs are about 3.4 LVL/cu. m loose volume.

Key words: willow, plantation cultivation, energy wood, wastewater sludge, fertilization.

Д.Лаздиня, А.Лаздиньш, З.Кариньш, В.Капостс, ЛГИЛН «Силава».

Эффективность применения ила сточных вод для удобрения плантаций энергетической древесины и изменения химического состава почвы

Резюме: В публикации использованы материалы проекта фонда развития леса. Цель проекта – исследование экономической эффективности использования подкормки илом в плантациях ивы, а также ее влияния на окружающую среду. Долгосрочная цель – создание такой модели хозяйственного удобрения (в т.ч. с илом и древесной золой) для плантаций энергетической древесины, применение которой обеспечило бы повышение продуктивности и качества выращиваемой топливной древесины.

На первом году роста в ивовых плантациях проблематично было искоренение сорняков, ускоренному росту которых способствовали содержащиеся в иле многочисленные питательные вещества. На втором году, после обкошения ивовых ростков первого года, биомасса запаса увеличилась до 4,6-5,5 тонн сухой древесины на га. Увеличение биомассы наблюдалось как в удобренных, так и в контрольных участках; средний прирост биомассы в удобренных участках составил 5,5 м³ сухой древесины на га.

Ивовая древесина на удобренных участках содержала тяжелых металлов в среднем на 4-8% больше чем на контрольных участках. Концентрация тяжелых металлов после удобрения илом увеличилась и в верхних слоях почвы (0-20 см), но не превышая максимально дозвленную норму. Концентрация тяжёлых металлов после удобрения в минеральных и торфяных почвах увеличилась в среднем на 14%.

Издержки на устройство ивовых плантаций и по уходу за ними в первые три года при сегодняшних ценах составляет приблизительно 760 лат на га. Рубка ростков, заготовка щепы и доставка потребителю составляет приблизительно 3,4 лат за м³ ^{плотных}, если расстояние транспортировки в одном направлении не превышает 40 км и техника уборки используется с полной нагрузкой.

Ключевые слова: плантация, удобрение, запас древесины, почва, ил.

Ievads

Pētījums uzsākts 2004.gadā projekta „Enerģētiskās koksnes audzēšana īscirtmeta plantācijās lauksaimniecībā neizmantojamās platībās” ietvaros un 2005.gadā turpināts pētnieciskajā darbā „Notekūdeņu attīrīšanas gala produktu ietekme uz vidi un

ekonomiskā efekta novērtējums enerģētiskās koksnes kārkļu un bērza plantācijās”, skaidrojot jautājumus, kas saistīti ar dūņu izmantošanas ietekmi uz vidi, optimālu mēslojuma devu noteikšanu, kā arī dūņu ekonomiskās efektivitātes novērtēšanu plantāciju mežos un kārkļu plantācijās.

Enerģētiskās koksnes audzēšana plantāciju tipa stādījumos Eiropā plaši ieviesta kopš 20.gs. 70.gadiem. Apšu, alkšņu, bērzu, bet galvenokārt kārkļu, plantācijas tiek izmantotas gan kā alternatīvs lauksaimniecības zemju apsaimniekošanas paņēmieni, gan notekūdeņu attīrīšanai un organisko atkritumu pārstrādei. Plantāciju ražība, veicot intensīvu mēslošanu, ir 30-40 m³ ^{ciēs.} koksnes (10-12 tonnas sausas) gadā.

Notekūdeņu dūņu izmantošana bērzu papīrmalkas plantāciju mēslošanai ir jauns dūņu utilizācijas paņēmieni, tāpēc maz informācijas par mēslojuma ietekmi uz koksnes kvalitāti un vidi, kā arī par drošākajiem un ekonomiski izdevīgākajiem mēslojuma iestrādes veidiem. Latvijā, tāpat kā lielākajā daļā ES valstu, līdz 20.gs. 90.gadiem nebija izstrādāta normatīvā bāze dūņu lietošanai mežsaimniecībā.

Dažādu sugu koku vajadzība pēc augsnē esošajām barības vielām, kā arī reakcija uz augsnes mehāniskajām īpašībām un hidroloģisko režīmu ir atšķirīga (Ingestad T, 1970).

Priedēm (*Pinus sylvestris L.*) piemērotākas ir pietiekami valgas, skābas, irdenas smilts augsnes, arī sausas smilts augsnes, kūdras augsnes, purva augsnes (Hytonen J., Wall A., 1997, Puttsepp U., 2004). Egles (*Picea abies (L.) Karst.*) aug viegli līdz stipri skābās, podzolētās smilšmāla, mālsmilts augsnēs. Kārpainais (Āra) bērzs (*Betula pendula Roth*) aug minerālaugsnēs, pūkainais (purva) bērzs (*Betula pubescens Ehrh.*) - kūdras un kūdrainās augsnēs. Bērzam piemērotas irdenas, vienmērīgi mitras, trūdvielām bagātas augsnes, vēlenu podzolētās augsnes ar skābu līdz pat sārmainu reakciju. Tas grūti iesakņojas smagās, sablīvētās māla augsnēs. Bērzs ir raksturīga pioniersuga (Heiskanen J., Rikala R., 1998; Hytonen J., Kaunisto S., 1999; Hytonen J., Issakainen J. Hytonen J., Issakainen J., 2001; Suilkava P., Huhta V., Laakso J., 2001). Savukārt kārkli (*Salix sp.*) sastopami visdažādākajos augšanas apstākļos - no sausajiem smiltājiem līdz pārmitrajām purvainajām augsnēm, tomēr tiem nav piemērotas stipri skābas vai pārmitras augsnes ar nepietiekamu aerāciju (Hytonen J., 1995; Tahvanainen L., Rytönen V-M., 1995).

Bioloģiskajās attīrīšanas iekārtās (BAI), attīrot 1 m³ notekūdeņu, iegūst ap 100-120 g dūņu sausnas (Gemste I., Vucāns A., 2002). Vidēji uz 1 iedzīvotāju diennaktī tiek saražots aptuveni 80 g neapstrādātu dūņu sausnas. Pēc atūdeņošanas presē vai centrifūgā sausnas saturs dūņās vidēji ir 15-25%, dūņu tilpumsvars - 0,95-1 kg/l. Tādējādi 1 iedzīvotājs gada laikā rada aptuveni 150 l notekūdeņu dūņu masas. 2004.gadā saražotais notekūdeņu dūņu apjoms parādīts 1.tabulā. Latvijā lauksaimniecības un mežsaimniecības vajadzībām (plantāciju mēslošanai) atļauts izmantot tikai apstrādātas dūņas (MK not. Nr.365), tas ir tādas, kuru sagatavošanā lietots kāds no MK noteikumos minētajiem apstrādes paņēmieniem.

1. tabula. *Table 1*
Notekūdeņu dūņu ražošana 2004.gadā (tonnas sausnas)
Production of Wastewater sludge in 2004 t_{dry mass}

Teritorija <i>Teritory</i>	Saražoto dūņu daudzums <i>Amount of produced sludge</i>	Apstrādātas dūņas <i>Treated sludge</i>	Neapstrādātas dūņas ¹ <i>Untreated sludge</i>
Latvijā	36164	25285	10879
Tajā skaitā Rīgā	5751	5733	19

Dati par notekūdeņu dūņu izmantošanu apkopoti 2.tabulā. Daļu notekūdeņu dūņu izmanto lauksaimniecībā vai kompostēšanai un pēc tam apzaļumošanā, arī lauksaimniecībā vai teritoriju rekultivācijā, bet atlikušās uzglabā pagaidu uzkrāšanas poligonos. Pretēji Rietumeiropas valstīm, kur notekūdeņu dūņu apjoms pēdējos gados palielinājies, Latvijā gadā saražoto dūņu daudzums samazinās. Savukārt uzkrāto notekūdeņu dūņu apjoms pieaudzis par 10-15 tūkst. t sausnas gadā (sludge.silava.lv).

¹ Par neapstrādātām sauc dūņas, kas nav bijušas pakļautas nevienam apstrādes procesam

2.tabula. Table 2

Notekūdeņu dūņu izmantošana 2004.gadā (tonnas sausas)

Using of Wastewater sludge in 2004 t_{dry mass}

Teritorija	Lauksaimn. Agriculture	Kompostētas Composted	Uzglabātas Stored	Citādi izmantotas Other used
Latvijā	7684	2619	20673	5198
Rīgā	4213	200 ²	1338	-

Notekūdeņu dūņās ir augsta augiem nepieciešamo barības vielu – slāpekļa, fosforā, kalcija, mikroelementu un organisko vielu - koncentrācija. Barības vielas dūņās nonāk galvenokārt ar atliekām no pārtikas produktiem, ko uzturā lieto cilvēki. Smagos metālus visvairāk satur rūpnieciskie notekūdeņi, piemēram, Rīgas pilsētā galvenais smago metālu avots ir lietuss ūdens, kas caur notekām nonāk sadzīves kanalizācijas tīklā. Rūpniecības uzņēmumiem un citiem potenciālajiem piesārņotājiem noteiktas novadāmo notekūdeņu kvalitātes prasības, nepieciešamības gadījumā nodrošinot notekūdeņu priekšattīrīšanu. Tādēļ normālos apstākļos piesārņojošo vielu daudzums sadzīves kanalizācijas tīklā ir minimāls un līdz ar to arī dūņās šo vielu koncentrācija ir neliela. Tomēr nav izslēdzama piesārņojošo vielu novadīšana avāriju un nelegālu pieslēgumu gadījumos. Tādēļ notekūdeņu attīrīšanas iekārtās tiek veikts ieplūstošo un izplūstošo notekūdeņu kvalitātes un arī notekūdeņu dūņu kvalitātes monitorings. Uzkrāšanas poligonos nodrošināma dažādu notekūdeņu dūņu partiju dalīta uzglabāšana, lai nepieciešamības gadījumā piesārņotās partijas varētu utilizēt atsevišķi (Gemste I., Vucans A., 2002). Ekonomiski un no vides aizsardzības viedokļa izdevīga ir augu barības elementu atkārtota iesaistīšana apritē, izmantojot notekūdeņu dūņas augšņu mēslošanai lauksaimniecībā un mežsaimniecībā, kā arī apzaļumošanai, platību rekultivācijai vai citiem mērķiem. Līdz šim visvairāk dūņas lietotas lauksaimniecībā - pārtikas un nepārtikas kultūru mēslošanai. Tomēr pēdējos gados visās ES valstīs vērojama dūņu lauksaimnieciskās izmantošanas, kā arī deponēšanas īpatsvara samazināšanās, kas

² SIA "Conti Chemicals Company" dati

skaidrojama ar tādu tehnoloģiju, kā kompostēšana un augsnes substrāta izgatavošana, ieviešanu. Strauji pieaug arī energokultūru mēslošanā izmantojamo dūņu apjoms. Šāda izlietojuma priekšrocība ir samazināts higiēniskais risks. Piemēram, lietojot dūņas kārklu plantācijās, pirmā raža tiek novākta ne ātrāk kā 3 gadus pēc mēslojuma ienešanas, tādēļ konkrētajā dūņu partijā konstatējot kaitīgu vielu klātbūtni, bīstamais produkts nenonāks pie patērētāja (šajā gadījumā kurtuvē) vai arī neradīs draudus, kas saistīti ar pārtikas piesārņojumu, ļaujot savlaicīgi veikt augsnes sanāciju. Novēloti konstatēts dūņu piesārņojums raksturīgs lielām notekūdeņu apstrādes sistēmām, kas apstrādā dūņas metāntenkos, un dūņu analīzes faktiski tiek veiktas tikai pēc tam, kad tās jau izvestas uz lauka. Latvijā šāda situācija pavasaros un rudenos ir tikai BAS "Daugavgrīva".

Mūsu valstī līdz šim notekūdeņu dūņu izmantošanu reglamentē Ministru Kabineta "Noteikumi par notekūdeņu dūņu un to kompostu izmantošanu, monitoringu un kontroli" (20.08.2002. Nr. 365), kas ietver visus normatīvus un prasības, kādas paredz ES direktīva 86/278/EEC, turklāt to skaitliskās vērtības vairumā gadījumu ir mazākas (tātad stingrākas) nekā direktīvā uzrādītās. Šī projekta izstrādes laikā MK sagatavots jauns noteikumu projekts (02.05.2006. Nr.362), kas stāties spēkā no 2006. gada 1. novembra un izvirza vēl stingrākas prasības dūņu apstrādei, tajā pašā laikā pieļaujot arī plašākas dūņu izmantošanas iespējas. Energokultūru, tajā skaitā kārklu plantāciju, mēslošanu reglamentē uz lauksaimniecības kultūrām un teritoriju rekultivāciju attiecināmi nosacījumi, ja plantācijas ierīko, piemēram, rekultivējamā grants vai kūdras karjerā.

Kārklu normālai attīstībai nepieciešams noteikts minimālais barības vielu saturs augsnē. Dabiski izveidojušās kārklu audzēs pieaugumi ir salīdzinoši mazi (2-2,3 t/ha sausnas gadā). Dabiskos apstākļos kārklu audze gadā patērē ap 15 kg P_2O_5 , 40 kg $CaCO_3$, līdz 10 kg K_2O un ap 40 kg N uz 1 ha. Lai nodrošinātu minimālu kārklu pieaugumu, augsnei jāsatur ne mazāk kā 8,4 mg/100 g N, 17,5 mg/100g P_2O_5 un 9,5 mg/100g K_2O . Kārkli ļoti labvēlīgi reaģē uz mēslošanu un piemērotos apstākļos, izmantojot selekcionētas šķirnes, to augšanas intensitāte var palielināties 5-6 reizes (10-12 t/ha sausnas gadā). Galvenais priekšnoteikums labas ražas iegūšanai kārklu plantācijās ir atbilstošas augsnes izvēle, kā arī pareiza un

bagātīga mēslošana (Hytonen J., 1998; Kāposts V., Kariņš Z., Lazdiņš A., 2002). Daļa barības vielu netiek iznesta no plantācijas, bet saglabājas biomasā (lapās un saknēs) un tādēļ nav pieejama citiem augiem. Kopējais akumulēto barības vielu daudzums gadā uz 1 ha biomasā (dati par Zviedriju) ir 270 kg N, 42 kg P un 200 kg K. Ziemeļeiropā vairāk lietotā mēslojuma deva kārkļu plantācijās ir 100–200 kg N, 20–40 kg P un 100–200 kg K uz 1 ha gadā. N deva 200 kg/ha nodrošina stabilu biomasas pieaugumu - vismaz 10 t/ha sausnas gadā. Plantāciju ierīkošanas gadā mēslojuma devu var samazināt līdz 60 kg/ha N vai vispār mēslošanu neizdarīt (Hytonen J., 1995; Puttsepp U., 2004; Hytonen J., 2003; Komarowski H., Karczmarczyk A., Mosiej J., 2005).

Materiāls un metodes

Minerālaugsnē un izstrādātā kūdras atradnē 2004.gadā ierīkotās plantācijas papildinātas vai pilnībā atjaunotas 2005.gada pavasarī, veicot mehanizētu augsnes apstrādi. Kūdras augsnē 2004.gadā ierīktais kārkļu stādījums no jauna ierīkots 2005.gadā citā neaizvēlušā platībā, taču nelabvēlīgo laika apstākļu dēļ 2005.gada pavasarī nebija izdarāma dūņu iestrāde un, lai nodrošinātu netraucētu tehnikas pārvietošanos pa kūdras lauku, tika nolemts dūņas izkliegt kā virsmēslojumu tiklīdz augsnes virskārta būs pietiekami sausa, faktiski 2005.g. jūlijā. 2005.gada stādījumi ierīkoti 10 x 10 m parcelās ar priedi, bērzu, melnalksni un komerciālu kārkļu šķirni *Sven*; kūdras augsnē papildus ierīkots egles stādījums.

Plantācijas ierīkotas Olaines un Mārupes pagastā:

ģeogrāfiskās koordinātes

Mārupe	56 51 32, 76' N 23 58 39, 84' E
Virši	56 50 56, 28' N 24 06 32, 76' E

Virsūdeņu kvalitātes novērtēšanai veiktas ūdens analīzes (noteikta N, P, K un smago metālu koncentrācija) kontūrgrāvjos izstrādātā kūdras atradnē (Viršos). Lai novērtētu smago metālu pārvietošanos augsnē saistībā ar augsnes mehānisko sastāvu, 2005.gada rudenī veiktas smago metālu koncentrācijas analīzes augsnes virsējos horizontos, kā arī noteiktas kārkļu koksnes un mizas ķīmiskās īpašības (N, P, K, smago metālu daudzums un siltumspēja).

Plantāciju mēslošanā izmantojamo dūņu ekonomiskā efektivitāte novērtēta, analizējot plantāciju ierīkošanas un apsaimniekošanas izmaksas atbilstoši vidējām lauksaimniecības pakalpojumu cenām 2005.gadā.

Augsnes un augu materiāla ķīmisko analīžu metodes aprakstītas 3., 4. un 5.tabulā.

2005.gadā iestādīto bērzu, priežu, egļu, melnalkšņu un kārkļu ieaugums, kā arī biomasas krāja 2004.gadā ierīkotajās kārkļu plantācijās noteikta 2005.gada oktobrī, veicot visu saglabājušos kociņu uzskaiti un uzmērīšanu.

3.tabula. Table 3

Agroķīmisko analīžu metodes
Methods of agrochemical analyses

Rādītājs <i>Parameter</i>	Paskaidrojumi / <i>Description</i>
Aktīvais ³ NH ₄	
Nosaukums	Kolorimetriska amonija slāpekļa noteikšana ar Neslera reaģentu.
Iztirzājums	Amoniju nosaka kolorimetriski 0,1 n NaCl izvilkmā (ekstrakcijas laiks – 1 stunda) ar Neslera reaģentu. Izmantots Jenway 6051 fotokolorimetrs, 470 nm filtrs.
Literatūras avots	Red. Pāvule 1978, 230. lpp.
Aktīvais NO ₃	
Nosaukums	Kolorimetriska nitrātu slāpekļa noteikšana ar PF11 fotokolorimetru.
Iztirzājums	Nitrātu slāpekli nosaka kolorimetriski 0,1 n NaCl izvilkmā (ekstrakcijas laiks – 1 stunda) ar fotokolorimetru PF11 fotokolorimetrs un ražotāja reaģentu komplekts.
Literatūras avots	Red. Pāvule 1978, 231. lpp., PF11 User Guide, 2001.

³ Aktīvas – viegli šķīstošas, augiem pieejamas barības vielas.

Rādītājs Parameter	Paskaidrojumi / Description
Aktīvais fosfors	
Nosaukums	Kolorimetriska fosfātu noteikšana ar amonija molibdātu.
Iztirzājums	Viegli šķīstošos fosfātus nosaka kolorimetriski 0,2 n HCl izvilkumā (ekstrakcijas laiks – 1 stunda) ar amonija molibdāta reaģentu reducētāja (0,1% SnCl šķīdums) klātbūtnē. Izmantots Jenway 6051 fotokolorimetrs, 580 nm filtrs.
Literatūras avots	Laborathory methods for soil and foliar analyses in long – term environmental monitoring programs, 1995, Ch. 11.
Aktīvais kālijs	
Nosaukums	Kālija savienojumu noteikšana ar liesmas fotometru.
Iztirzājums	Viegli šķīstošos kālija savienojumus nosaka ar liesmas fotometru Perkin Elmer AAnalyst 200 1 n CH ₃ COONa izvilkumā (ekstrakcijas laiks – 1 stunda).
Literatūras avots	Laborathory methods for soil and foliar analyses in long – term environmental monitoring programs, 1995, Ch. 13 AAnalyst User Manual CD, 2004.
Aktīvais kalcijs un magnijs	
Nosaukums	Kompleksometriskā kalcija un magnija savienojumu noteikšana
Iztirzājums	Viegli šķīstošos kalcija un magnija savienojumus nosaka 1 n NaCl izvilkumā (ekstrakcijas laiks – 1 stunda) ar titrēšanas metodi indikatoru - mureksīda un hromogēnmelnā klātbūtnē.
Literatūras avots	Red. Pāvule 1978, 233. lpp.
Tilpumsvars	
Nosaukums	Gravimetriski

Rādītājs Parameter	Paskaidrojumi / Description
Iztirzājums	100 cm ³ augsnes svēršana pēc žāvēšanas 105 °C temperatūrā līdz nemainīgam svaram.
Literatūras avots	Red. Pāvule 1978, 218. lpp.
Īpatnējā masa	
Nosaukums	Gravimetriski ar piknometru.
Iztirzājums	10 g augsnes īpatnējās masas noteikšana 50 cm ³ piknometrā.
Literatūras avots	Red. Pāvule 1978, 218. lpp.
Fizikālais māls	
Nosaukums	Gravimetriski ar dekantēšanas metodi, augsnes frakcija D< 0,001 mm.
Iztirzājums	10 g augsnes pēc apstrādes ar nātrija oksalātu, kopējais tilpums 500 ml.
Literatūras avots	Red. Pāvule 1978, 220. lpp.
Mitrums	
Nosaukums	Mitruma noteikšana gravimetriski.
Iztirzājums	Mitrumu nosaka ar svēršanas metodi, žāvējot paraugus 105° C temperatūrā līdz nemainīgam svaram.
Literatūras avots	LVS ISO 11465:1993
Organiskā viela	
Nosaukums	Organisko vielu un organiskā oglekļa daudzuma noteikšana.

Rādītājs Parameter	Paskaidrojumi / Description
Iztirzājums	Organiskās vielas daudzumu nosaka, sadedzinot paraugu mufelkrāsnī 400° C temperatūrā. Oglekli aprēķina matemātiski – 0,58 x trūdvielu daudzums.
Literatūras avots	LVS ISO 10694:1995
pH	
Nosaukums	pH noteikšana potenciometriski.
Iztirzājums	pH noteikšana KCl 1n izvilumā. Ekstraģēšanas ilgums - 2 stundas. Izmantots pH metrs Jenway 3305.
Literatūras avots	LVS ISO 10390:1994

Ūdens analīžu metodes
Methods of water analyses

Rādītājs	Paskaidrojumi
NH₄	
Nosaukums	Kolorimetriska amonija slāpekļa noteikšana ar Neslera reaģentu.
Literatūras avots	Red. Pāvule 1978, 230. lpp.
<i>Aktīvais NO₃</i>	
Nosaukums	Kolorimetriska nitrātu slāpekļa noteikšana ar PF11 fotokolorimetru.
Literatūras avots	PF11 User Guide, 2001.
Aktīvais fosfors	
Nosaukums	Kolorimetriska fosfātu noteikšana ar amonija molibdātu.
Literatūras avots	Laboratory methods for soil and foliar analyses in long – term environmental monitoring programs, 1995, Ch. 11.
Aktīvais kālijs	
Nosaukums	Kālija savienojumu noteikšana ar liesmas fotometru.
Literatūras avots	Laboratory methods for soil and foliar analyses in long – term environmental monitoring programs, 1995, Ch. 13, AAnalyst User Manual CD, 2004.
Aktīvais kalcijs un magnijs	
Nosaukums	Kompleksometriskā kalcija un magnija savienojumu noteikšana.
Literatūras avots	Red. Pāvule 1978, 233. lpp.
pH	
Nosaukums	pH noteikšana potenciometriski.
Literatūras avots	EPA - 9040B pH - Electrometric Measurement SW-846 Ch 8.2 [EPA test methods].

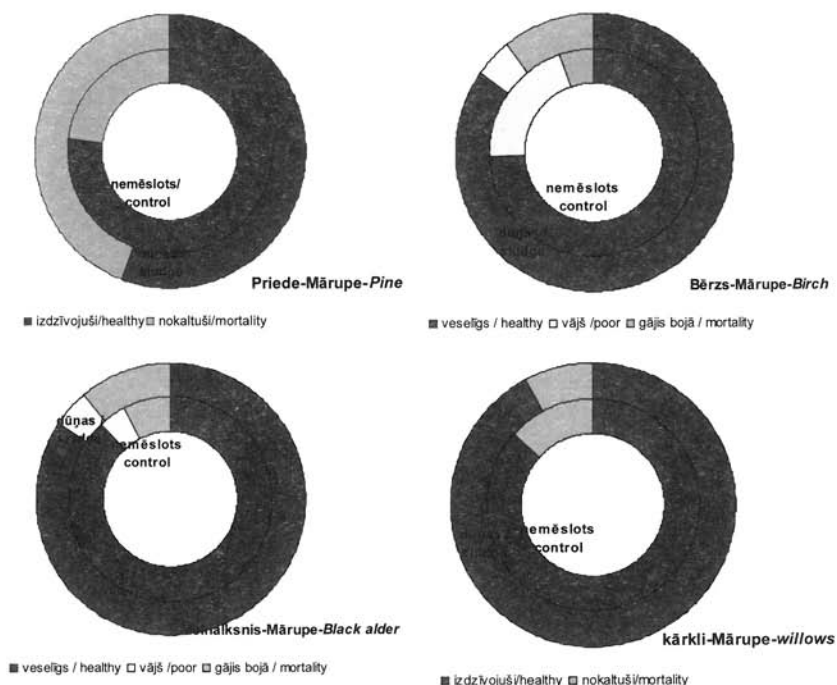
Smago metālu analīžu metodes
Methods of heavy metal analyses

Smagie metāli / Heavy metals	Metodes / Methods	
	paraugu sagatavošanai / sample preparing	testēšanai / testing
Kadmijs (Cd)	LVS ISO 11466	LVS ISO 11047
Hroms (Cr)	LVS ISO 11466	LVS ISO 11047
Varš (Cu)	LVS ISO 11466	LVS ISO 11047
Dzīvsudrabs (Hg)	LVS 346	LVS 346
Niķelis (Ni)	LVS ISO 11466	LVS ISO 11047
Svins (Pb)	LVS ISO 11466	LVS ISO 11047
Cinks (Zn)	LVS ISO 11466	LVS ISO 11047

Rezultāti un diskusija

Izmēģinājumu objektā *Virši* kūdras augsne konstatēts, ka lielākajā daļā parauglaukumu **pH** ir 2,9-3,5. Lai novērtētu dažādu mēslošanas līdzekļu ietekmi uz šādu augsni, parauglaukums sadalīts 3 daļās, vienā daļā izmantojot dūņu mēslojumu (14 t/ha sausas), otrā - ekvivalentu daudzumu (pēc fosfora) fizioloģiski bāziska fosfora un kālija minerālmēslojuma, bet trešo atstājot nemēslotu kontrolei. Objektā *Mārupe* ierīkotā plantācija sadalīta 2 daļās, pirmajā izmantojot dūņu mēslojumu, bet otro atstājot nemēslotu. Bērzi labāk ieaugušies ar dūņām mēslotajā plantācijas daļā (1.attēls). Mārupes (minerālaugsne) mēslotajos un kontroles parauglaukumos saglabājušos bērzu un melnalkšņu stādu skaits ir mazāks nekā Viršu objektā (kūdras augsne).

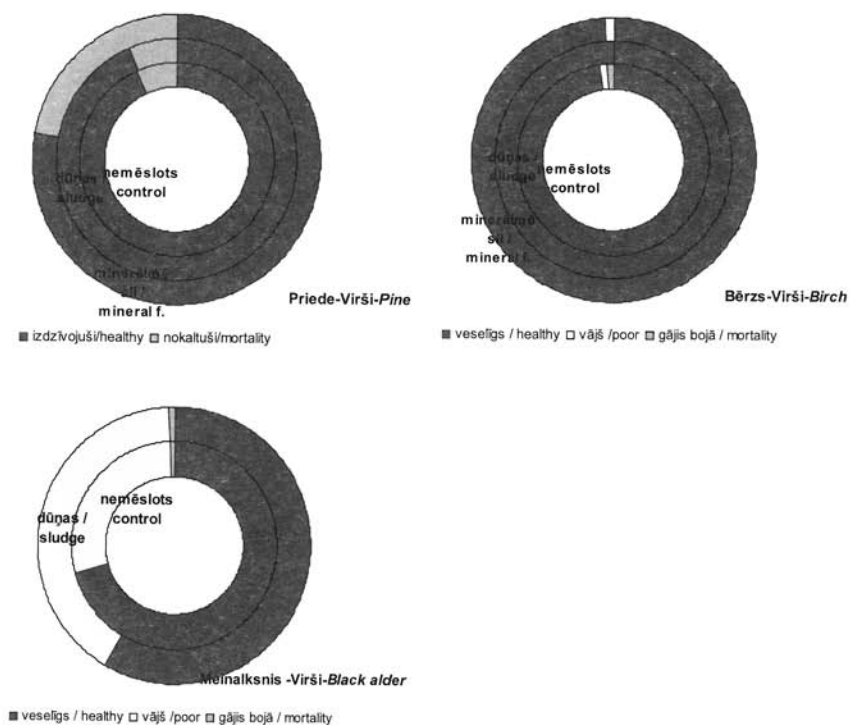
Melnalkšņi vairāk saglabājušies parauglaukuma nemēslotajā daļā (1.attēls), ko varētu skaidrot ar dzinumu pārkoksnēšanos, kā rezultātā stirnas tos apkodušas salīdzinoši mazāk.



1.attēls. Priežu, bērzu, melnalkšņu un kārkļu iesaugs Mārupē.
Fig.1. Survival of pines, birches, black alders and willows in Mārupe.

Mārupes plantācijā kārkli iesaugušies labi un veidojuši pirmajam gadam pietiekami lielus dzinumus - vidēji garākus un ar lielāku caurmēru pie pamatnes nekā kontroles laukumos. Arī iesaugs ar dūņām mēslojamos parauglaukumos bijis lielāks (1.attēls).

Priežu un bērzu stādu saglabāšanās daudz labāka bijusi Viršu objektā, kur stādi nav cietuši no nezāļu konkurences (2.attēls). Tomēr arī šeit konstatēta dzīvnieku darbības ietekme, jo melnalkšņiem ir nograuztas galotnes (grafiski šādi koki atzīmēti kā "vāji").



2.attēls. Priežu, bērzu un melnalkšņu izaugums Viršos.

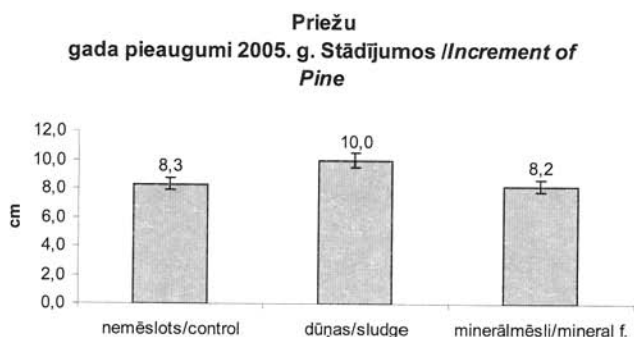
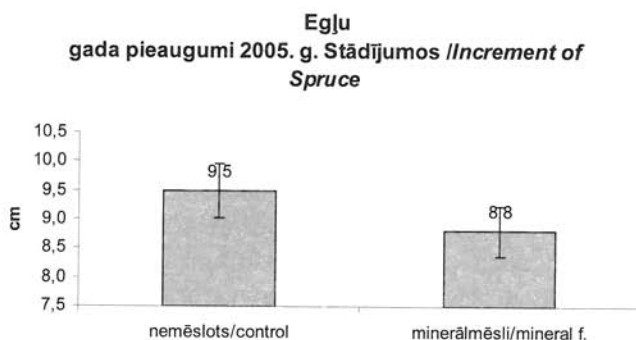
Fig.2. Survival of pines, birches, black alders and willows in „Virši”.

Maijā un jūnija sākumā kārkļu spraudeņiem Viršos sāka veidoties dzinumi un attīstīties piesaknes, bet vēlāk, iestājoties sausuma periodam, tās nokalta. Kārkļu iznīkšanas iemesls varētu būt skābā kūdras reakcija. Kārkļu spraudeņiem (garums 20 cm) saknes veidojās spraudeņa vidusdaļā, 5-10 cm no augsnes virskārtas. Saulainajās dienās jūnijā tika konstatēta kūdras virskārtas sakaršana līdz 70 °C, tāpēc tikko izveidojušās piesaknes apdega un nokalta.

Viršos 2006.gadā iestādīti 30 cm gari spraudeņi. Atsevišķas parcelas apstrādātas ar dolomītmiltiem (deva 9 t/ha), lai neitralizētu kūdras skābo reakciju un aizkavētu augsnes virskārtas sakaršanu.

Pēc aktīvās augšanas sezonas beigām, 2005.g. oktobrī, tika uzmērīti gada pieaugumi priedēm un eglēm mēslotajās un nemēslotajās plantācijās Viršos un Mārupē. Konstatēts, ka vidējie augšanas rādītāji priedēm Viršos bijuši labāki nekā Mārupē. Viršos

priežu stādi labāk auguši ar dūņām mēslotajā plantācijas daļā (3.attēls), bet Mārupē - nemēslotajās un mazāk apēnotajās parcelās. Eglu stādījumi Viršos saglabājušies pilnībā. Egles stādītas tikai nemēslotajā un ar minerālmēsliem mēslotajā plantācijas daļā. Mēslotajās parcelās eglēm pieaugumi bijuši mazāki. Somijā līdzīgās plantācijās kūdras augsnes veiktajos pētījumos konstatēts, ka mēslošana uzlabo priežu augšanu un saglabāšanos (Hytonen J., 2003).



3.attēls. Skuju koku pieaugumi 2005.gadā.

Fig.3. Increment of conifers in 2005.

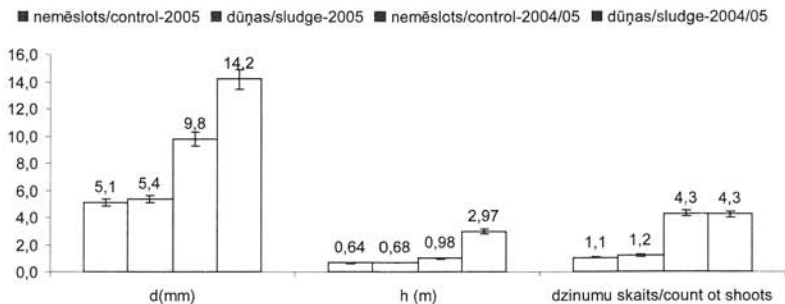
Mārupē 2004.gadā ierīkotajā plantācijā uzmērīti melnalkšņi un bērzi. Tas, ka plantācija 2005.gadā netika kopta., nav ietekmējis bērzu un melnalkšņu saglabāšanos; nebija arī stirnu postījumu. Trīsgadīgie bērzi un melnalkšņi, neraugoties uz nezāļu konkurenci,

attīstījušies veselīgi, ar labi izveidotiem vainagiem. Bērzu vidējais garums - 164 cm, diametrs pie sakņu kakla - 12,6 mm, stādījuma saglabāšanās - 63%. Ar graudzālēm aizaugušajās plantācijas vietās bērzu izkritums bijis lielāks nekā platībās ar usnēm un vībotnēm. Bērzu vidējā garuma (dm) un caurmēra pie sakņu kakla (mm) attiecība - 1,3.

Melnalkšņiem vidējais dzinumu garums bija 96 cm, diametrs pie sakņu kakla tāds pats kā bērziem - 12,6 mm; vidējā garuma (dm) un diametra pie sakņu kakla (mm) attiecība - 0,8. Plantācijā saglabājušies 58% no iestādītajiem kociņiem.

Nemēslotajā kontroles stādījumā (ierīkots 2004.gadā) bērzu un melnalkšņu saglabāšanās nepārsniedza 20-30%. Stādi bija auguši slikti: bērzu vidējais pieaugums gadā - 8 cm, augstums - 48 cm, diametrs pie sakņu kakla - 6,4 mm; melnalkšņu vidējais pieaugums - 5 cm, augstums - 32 cm, diametrs pie sakņu kakla - 5,8 mm. Stādījuma iznīkšanu varēja būt veicinājuši vairāki faktori, tajā skaitā sausums iepriekšējā gada pavasarī pēc stādīšanas, kā arī nezāļu konkurence. Tā kā kontroles laukumā stādījums ierīkots vēlāk nekā mēslotajā platībā, iespējams, ka stādmateriāls apkaltis uzglabāšanas laikā.

Pirmajā gadā uzmērītajās kārķu plantācijās netika novērotas būtiskas augšanas rādītāju atšķirības ar dūņām mēslotajā un nemēslotajā stādījumā daļā, bet, uzmērot divgadīgos dzinumus, konstatēts, ka dūņu mēslojuma ietekme sākusi izpausties otrajā augšanas sezonā (4.attēls). Mēslo to un nemēslo to kārķu vidējais dzinumu skaits cerā neatšķirās.



4.attēls. Mēslo to un nemēslo to kārķu augšanas rādītāji.

Fig.4. Growth of willows in first and second season.

6. tabula. *Table 6*

Plantācijās iegūtās kārkļu koksnes ķīmiskās īpašības salīdzinājumā ar citu autoru pētījumu datiem

Comparison of willows' wood chemical content with data of other researchers'

Rādītājs Parameter	Kārkļu koksne kontrolē <i>wood of willows' (control)</i>	Kārkļu koksne mēslojums – dūņas <i>wood of willows'</i> (fertilized with sludge)	Kārkļu miza <i>Bark of willows'</i>	Vidējie dati koksnē⁴ <i>Average data about wood</i>
Mitruma saturs %/ <i>moisture content</i>	6,950	7,300	4,400	3,50
Pelnu daudzums <i>Ash content</i>	0,400	0,420	0,180	1,60
Sēra saturs % <i>sulfur content</i>	0,020	0,020	0,020	
Hlora saturs % <i>chlorine content</i>	<0,01	<0,01	<0,01	-
Arsēns mg/kg <i>arsenic</i>	0,004	0,004	0,002	1,40
Kadmījs mg/kg <i>cadmium</i>	0,052	0,055	0,023	1,70
Hroms mg/kg <i>chrom</i>	0,240	0,250	0,110	45,00
Varš mg/kg <i>copper</i>	0,240	0,250	0,110	7,00
Dzīvsudrabs mg/kg <i>mercury</i>	0,012	0,013	0,005	0,00
Svins mg/kg <i>plumbum</i>	0,024	0,025	0,011	135,00
Cinks mg/kg <i>zinc</i>	11,200	11,760	5,040	62,00

Mēslotajā plantācijas daļā divgadīgie dzinumi vidēji bija par 4,4 mm resnāki un 199 cm garāki, krāja - 5,5 t_s/ha, kamēr nemēslotajā – krāja

⁴ Pēc Energy research Centre of the Netherlands (ECN) datu bāzes.

bija tikai 1 t_s/ha. Kārkli 2005.gadā stādītajās plantācijās nedaudz labāk auguši mēslotajā daļā. Savukārt kontroles daļā saglabājušies 87% spraudēnu, bet ar dūņām mēslotajā - 92%. Kārklų dzinumu garums mēslotajā daļā variē no 5,2 līdz 180 cm, nemēslotajā daļā uzmērītais – no 10-80 cm (4.attēls). Koksnes krāja kontroles variantā bija 0,9 t_s/ha, bet mēslotajā – 1,1 t_s/ha. Mūsu pētījumu rezultāti ir līdzīgi Somijas kārklų plantācijās iegūtajiem (Tahvanainen L., Ryttonen V-M., 1995).

Veicot kārklų koksnes pelnu ķīmiskās analīzes, konstatēts, ka divgadīgā koksne plantācijas nemēslotajā daļā satur 3,9 mg/g slāpekli (N); 0,3 mg/g fosforu (P); 1,2 mg/g kāliju (K); 1,9 mg/g kalciju (Ca) un 0,4 mg/g magniju (Mg). Koksnes pelni mēslotajā plantācijas daļā satur mazāk N (3,4 mg/g) un K (1,0 mg/g). Tas skaidrojams ar labākiem augšanas apstākļiem, kādos dzinumi veido lielāka tilpuma šūnas un līdz ar to arī lielāku šūnapvalku masu; šūnā palielinās Ca un Mg saturs – veidojas vairāk hlorofila. Līdzīgi rezultāti iegūti Zviedrijas un Somijas enerģētiskās koksnes plantācijās (Hytonen J., 1995; Tahvanainen L., Ryttonen V-M., 1995).

Smago metālu daudzums ar dūņām mēslo to kārklų koksnē bija nedaudz lielāks nekā kontroles variantā konstatētais, bet, salīdzinot ar citu autoru veiktajiem pētījumiem, ar dūņām mēslo tās un smagajiem metāliem piesātinātās augsnēs šīs atšķirības ir niecīgas (Máthé-Gáspár G., Anton A., 2005).

Kontroles laukā ievāktajos paraugos arsēns (As) ir 0,004 mg/kg; kadmijs (Cd) – 0,052 mg/kg; hroms (Cr) un varš (Cu) – 0,024 mg/kg; dzīvsudrabs (Hg) – 0,012 mg/kg; svins (Pb) – 0,024 mg/kg; cinks (Zn) – 11,20 mg/kg sausnas. Zn daudzums mēslo tājā daļā palielinājies par 5%, Cr un Cu – par 4%, Hg – par 8 % bet Pb – par 4% (6.tabula).

Kārklų koksnes siltumspēja jeb sadegšanas siltums mēslo tājā plantācijas daļā bija 19,7 MJ/kg, bet mizas siltumspēja – 18,8 MJ/kg.

Paragi ķīmiskajām analīzēm ievākti maijā, jūlijā, augustā un septembrī. Veicot analīzes, konstatēts, ka dūņu mēslojumu ietekmē augsnē palielinājies augiem pieejamā N daudzums NH₄ un NO₃ formā, kā arī P un K daudzums. Mēslo tājās un nemēslo tājās platībās augsnes mitrums atšķirās: *Mārupes* (puteklāinas smilts augsnē) mēslo tajos parauglaukumos augsne bija mitrāka. Tas liecina, ka

dūņās esošā organiskā viela veicinājusi mitruma piesaistīšanu. *Viršos* (kūdras augsnē) sezonas sākumā augsnes mitrums mēslotajos un nemēslotajos parauglaukumos būtiski neatšķīrās, bet sezonas beigās, sadīgstot ar dūņām ienestajām nezālēm, mēslotajā daļā ievāktajos paraugos mitruma saturs bija mazāks. Dūņu mēslojuma ietekmē minerālaugsnē pieauga organiskās vielas daudzums augsnes virskārtā.

Lietojot dūņu mēslojumu, samazinājās augsnes reakcijas skābums. Visās ar dūņām mēslotajās parcelās *Viršos* augsnes pH bija virs 4,5, kamēr citās plantācijās daļās, tajā skaitā ar minerālmēsliem apstrādātajās, tas vidēji bija 2,5-2,9 (5.attēls).

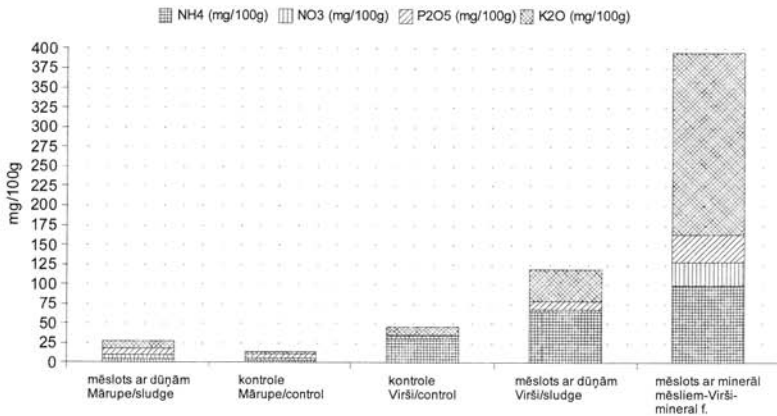


5.attēls. Dūņu mēslojuma ietekme uz vides pH.

Fig.5. Wastewater sludge fertilization impact on soil pH value.

Mēslotajos parauglaukumos nodrošinājums ar visiem barības makroelementiem augiem pieejamā formā, sevišķi slāpekli, bija labāks (6.attēls). *Viršu* objektā ar minerālmēsliem apstrādātajā parauglaukuma daļā kālija daudzums bija ievērojami lielāks nekā kontroles un ar dūņām mēslotajos variantos. Notekūdeņu dūņās kālija daudzums parasti ir neliels, tādēļ šo elementu ieteicams ienest papildus ar minerālmēsliem vai koksnes pelniem. Tomēr nevienā no izmēģinājumiem netika novērotas ne kālija deficīta pazīmes, ne bojājumi, ko sala periodā varētu izraisīt kālija trūkums. Lietojot dūņu mēslojumu, augsnē palielinājās fosfora un kālija procentuālais īpatsvars, bet *Viršu* plantācijā pēc minerālmēslojuma lietošanas palielinājās kālija īpatsvars.

N-P-K



6.attēls. Makroelementu (N, P, K) daudzums augsnē.

Fig.6. Amount of macroelents in soils.

Augsnes kvalitāte pēc dūņu mēslojuma uznešanas tika novērtēta atbilstoši MK noteikumu Nr.388 un Nr.365 prasībām. Augsnes virsējā horizontā rudenī noteikta smago metālu koncentrācija (paraugu ņemšanas dziļums – 0-25 cm). Nevienā no paraugiem netika konstatēta smago metālu koncentrācija, kas pārsniegtu piesardzības robežlielumu (B vērtība atbilstoša noteikumiem Nr.388), tādēļ paraugi no dziļākajiem horizontiem netika ņemti. Smago metālu koncentrācija augsnē nepārsniedza maksimāli pieļaujamos daudzumus, kādi uzrādīti MK noteikumos par augsnes kvalitāti (Nr. 388). Smago metālu koncentrācijas izmaiņas dūņu mēslojuma ietekmē bija nebūtiskas (7.tabula).

Kūdras augsnē ierīkotajā plantācijā tika veiktas arī virsūdeņu ķīmiskās analīzes, nosakot makroelementu N, P, K un smago metālu koncentrācijas izmaiņas kontūrgrāvjos ņemtajos paraugos (7.attēls).

7. tabula. Table 7

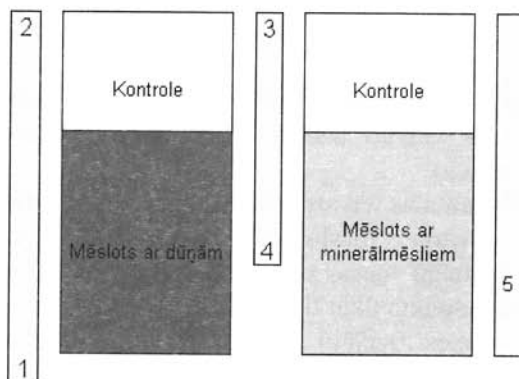
Smago metālu satura izmaiņas augsnē dūņu mēslojuma ietekmē
*Changes of heavy metal content in soils af fertilization with wastewater
 sludge*

Augsnes tips un normatīvos noteiktās prasības/ <i>Soil and normativ</i>		Smagie metāli, mg/kg sausas <i>Heavy metal content</i>					
		Kadmijs (Cd)	Varš (Cu)	Niķelis (Ni)	Svins (Pb)	Cinks (Zn)	Hroms (Cr)
Smilts pirms mēslošanas, <i>Sand before fertilization</i>		0,2	3,3	3,2	6,2	11,1	1,7
Smilts pēc mēslošanas, <i>Sand after fertilization</i>		0,3	3,1	3,3	6,4	12,5	2,1
Izmaiņas, <i>Changes</i>		150%	94%	103%	103%	113%	124%
Normatīvi MK Not. Nr. 388	A	0,08	4	3	13	16	4
	B	3	30	50	75	250	150
	C	8	150	200	300	700	350
Kūdra pirms mēslošanas, <i>Peat before fertilization</i>		0,3	10,1	11,5	14,7	20,4	8
Kūdra pēc mēslošanas, <i>Peat after fertilization</i>		0,3	9,8	12,4	15,6	30,5	10,1
Izmaiņas, <i>Changes</i>		100%	97%	108%	106%	150%	126%
Normatīvi MK not. Nr. 365		0,5-0,6	15- 25	15-25	20-25	50-60	40-50

8.tabula. Table 8

Kārklu plantāciju ierīkošanas izmaksu aprēķins
Calculation of willows' plantations establishing costs

Gads Year	Vēlamais laiks/ Season- month	Veicamie pasākumi / Activities	Izmaksas Ls uz 1 ha /Costs	Izmaksas Ls uz 10 ha /Costs
1.gads	augusts - septembris	Zāles pļaušana ar smalcinātāju	35	350
	septembris - oktobris	Augsnes analīžu veikšana	24	240
	oktobris	Dūņu izkliešana (70 tonnas dabiski mitras dūņas uz 1 ha)	105	1050
	novembris	Aršana	42	420
	novembris	Stādmateriāla sagāde 12000/ha	240	2400
	Kopā		446	4460
2.gads	aprīlis - maijs	Apstrāde ar herbicīdiem (basta) 6 l/ha	67	670
	aprīlis - maijs	Stādīšana ar rokām	65	650
	jūnijs - augusts	Ravēšana	70	700
	jūlijs - augusts	Rindstarpu izpļaušana	20	200
	novembris - februāris	Dzinumu griešana (ar krūmgriezēju)	36	360
	Kopā		258	2580
3.gads	jūnijs - augusts	Rindstarpu izpļaušana	20	200
	novembris - februāris	Dzinumu griešana, (ar krūmgriezēju)	36	360
	Kopā		56	560
Pavisam / Total			760	7600



7.attēls. Virsūdeņu paraugu ievākšanas vietas.

Fig.7. Water sample taking points.

Ūdens plūsma šajos grāvjos visu vasaru bija minimāla, ar kritumu mēsloto parauglaukumu virzienā. Ņemot vērā iepriekšējā gada analīžu pieredzi, kad lielākā daļa smago metālu svārstījās ļoti plašās koncentrācijas robežās, kas neļāva objektīvi novērtēt to faktisko ietekmi uz vidi, šoreiz, izdarot ūdens analīzes, tika noteikta tikai 3 smago metālu - niķeļa (Ni), cinka (Zn) un svina (Pb) – koncentrācija, jo iepriekšējā gada analīzēs šie metāli deva salīdzinoši visstabilākos rādījumus. Smago metālu analīžu rezultātā noteikts, ka virsūdeņos Ni koncentrācija nepārsniedza 36% no pieļaujamās normas (MK noteikumi Nr.118). Visaugstākā tā bijusi kontroles varianta vidējā kontūrgrāvī, kur konstatēta arī vislielākā Zn (3-19% no pieļaujamās norma) un Pb (5-7% no pieļaujamās normas) koncentrācija. Tikai vienā paraugā atrasts analītiski nosakāms cinka daudzums.

Salīdzinot ūdens ķīmiskās īpašības ar dūņām vai minerālmēsliem mēslotajos un kontroles parauglaukumos kūdras augsne, būtiskas atšķirības smago metālu koncentrācijā nav konstatētas.

Virsūdeņu elektrovadītspēja lielāka bija ūdens paraugos, kas ievākti 1. un 2. paraugu ņemšanas vietā gan kontroles, gan mēslotajā variantā. Grāvī, kur ievāca 1. un 2. paraugu, ūdens līmenis bija vismaz 1,5 m zemāks par augsnes virskārtu. Grāvjos, kas atradās plantācijas vidū (3. un 4.), konstatēta augstāka makroelementu (N, P un K) koncentrācija nekā 1. un 2. paraugu ņemšanas vietā. Grāvji, kur ievāca paraugus no 3., 4. un 5.vietas, bija seklāki: ūdens līmenis

tajos visu sezonu bija tikai 30-50 cm zemāks par augsnes līmeni. Sezonas beigās 3., 4. un 5. paraugu ņemšanas vietā ūdens elektrovadītspēja pazeminājās, tātad barības vielas no augsnes izskalojās mazāk vai arī tās atšķaidīja nokrišņi, kas paaugstināja ūdens līmeni grāvī.

Analīžu programmas ietvaros salīdzinātas augsnes fizikālo īpašību izmaiņas aramkārtā mēslošanas ietekmē: noteikta augsnes tilpummasa, īpatnējā masa, porozitāte un fizikālā māla īpatsvars; kūdras augsnei noteikta tikai tilpummasa.

Būtiskas augsnes fizikālo īpašību izmaiņas netika konstatētas: Mārupē smilts augsnes tilpummasa palikusi nemainīga ($1,40-1,45 \text{ g/cm}^3$); 2004.gadā kūdras augsnē ierīkotajā plantācijā novērota tilpummasas palielināšanās, ko radījusi apstrādes izraisītā augsnes sablīvēšanās un virsējo trūdvielu horizontu sajaukšanās ar minerālajiem horizontiem – tilpumsvars palielinājies no 0,3 uz $0,4 \text{ g/cm}^3$. Nemainīgs palicis fizikālā māla ($\varnothing < 0,001 \text{ mm}$) daudzums augsnē (Mārupē 24,7%;), bet palielinājusies augsnes porozitāte (no 44,6% uz 46,2%).

Kārklu plantāciju ierīkošanas un apsaimniekošanas izmaksas novērtētas, pamatojoties uz izmēģinājumos iegūtajiem datiem un zviedru uzņēmuma *Agrobrānsle* speciālistu sniegto informāciju. Visas izmaksas pārrēķinātas uz 10 ha, kas pēc zviedru speciālistu atzinuma ir optimāla plantācijas platība. Pakalpojumu izmaksu novērtēšanai kārklu plantāciju ierīkošanas kalkulācijā izmantots Latvijas Lauku konsultāciju un izglītības centra izdots "Bruto seguma aprēķins zemnieku saimniecībai 2004.gadā". Plantāciju ierīkošanas un apsaimniekošanas kopējās izmaksas pirmajos 3 gados, atbilstoši 2004.gada tehnikas un darbaspēka pakalpojumu izmaksām, pareizinātām ar inflācijas koeficientu (5 %), 2005.gadā bija Ls 760 uz 1 ha. Plantāciju ierīkošanas izmaksu aprēķins parādīts 8.tabulā. Tajā netika iekļauta notekūdeņu dūņu pievešana, ko pēdējos gados vairumā gadījumu arī Latvijā veic pats dūņu ražotājs. Ja pieņemam, ka notekūdeņu dūņu izkļiedēšanas un augsnes analīžu izmaksas sedz dūņu ražotājs, tad plantācijas ierīkošanas izmaksas samazinās par 17% un aptuveni sastāda Ls 631 uz 1 ha. Bet ja dūņu ražotājs nodrošina arī dūņu iestrādi, plantāciju ierīkošanas izmaksas veido Ls 589 uz 1 ha.

Latvijā šobrīd vēl nav praktiskās pieredzes kārklu šķeldu sagatavošanā, tādēļ pašizmaksas aprēķins veikts, izmantojot

aptuvenas aplēses un zviedru uzņēmuma *Agrobränsle*, kā arī Zviedrijas meža institūta *Skogforsk* speciālistu informāciju. Pašizmaksas aprēķins izdarīts ar Skogforsk izstrādāto datorprogrammu *Calc*, kas paredzēta meža darbu operāciju darbietilpības un izmaksu novērtēšanai. Aprēķini veikti ar pieņēmumu, ka šķeldu sagatavošanai izmantots lieljaudas *Claas* cukurniedru kombains ar modificētu plaušanas-savākšanas iekārtu (header) līdz 40 mm D dzinumu nogriešanai un piekabe šķeldu savākšanai, kā arī iekrāvējs (iznomāts) un šķeldu vedējs ar konteineru. Pieņemts, ka plantācijas platība ir 10 ha, krāja plaušanas vecumā – $600 \text{ m}^3 \text{ cieš.}$, bet šķeldu transportēšanas attālums - 40 km.

Saskaņā ar programmas *Calc* veikto aprēķinu, šķeldu ražošanas pašizmaksa, ieskaitot nogādāšanu patērētājam, atbilstoši 2005.gada cenām, ir Ls 3,4 par $1 \text{ m}^3 \text{ ber.}$ (Ls 240,9 uz 1 ha). Aptuveni 2/3 izmaksu veido šķeldu transportēšana, tāpēc, samazinoties piegādes attālumam, varētu ievērojami samazināties arī ražošanas izmaksas. Izvērtējot faktisko situāciju, jāņem vērā arī tas, ka, piemēram, Zviedrijā dažādu kompāniju piedāvātais plaušanas pakalpojums izmaksā no 1 līdz 6 Ls par $1 \text{ m}^3 \text{ cieš.}$ Projekta naudas plūsmas aprēķinā pielietotas programmas *Calc* šķeldošanas izmaksas, tas ir $1 \text{ Ls/m}^3 \text{ cieš.}$

Lai izvērtētu notekūdeņu dūņu apsaimniekošanas izmaksu īpatsvaru un nozīmi kārkļu šķeldu ražošanas pašizmaksas veidošanā, izdarīta finanšu analīze, salīdzinot 2 variantus:

- dūņu apsaimniekošanas izmaksas (augšnes analīzes un dūņu izkļiedēšana) sedz dūņu ražotājs;
- visas izmaksas sedz plantācijas apsaimniekotājs.

Šķeldu ražošanas pašizmaksa 2010.gadā, ņemot vērā visus ieguldījumus plantācijas apsaimniekošanā, pirmās ražas ievākšanas reizē 1. variantā būtu $15,04 \text{ Ls/m}^3 \text{ cieš.}$ vai Ls 8,04 MWh, bet 2. variantā – $16,97 \text{ Ls/m}^3 \text{ cieš.}$ vai Ls 9,08 MWh.

Finanšu analīzes rezultāti liecina, ka kārkļu šķeldu sagatavošana būtu konkurētspējīga kokapstrādes atlikumu un cirsmu atlieku šķeldu izstrādei tikai tad, ja dūņu ražotājs segtu dūņu izmantošanas izmaksas un plantāciju ierīkošanai tiktu piesaistīti līdzekļi arī no citiem ieņēmumiem vai dotācija, piemēram, no Vides aizsardzības fonda. Būtiska nozīme varētu būt arī piemaksai pie vienotā platības maksājuma (ES nauda), kura apmērs, piemēram, Zviedrijā sedz aptuveni 30% no plantācijas ierīkošanas izmaksām.

Ja kārklu plantāciju ierīkošanai un apsaimniekošanai varētu piesaistīt visus iepriekš minētos līdzekļus, to ekonomiskā efektivitāte būtu ievērojami lielāka.

Secinājumi

1. Ar notekūdeņu dūņām mēslootās lapu koku plantācijās otrajā gadā pēc mēslojuma iestrādes veicami minimāli kopšanas pasākumi, jo stādi attīstījuši pietiekami lielus virszemes dzinumus un nezāļu konkurencei ir pat pozitīvs efekts – dzinumi mazāk zarojas un mazāk cieš no savvaļas dzīvnieku bojājumiem.
2. Kārklu plantācijās otrajā gadā pēc ierīkošanas, ziemā apgriežot viengadīgos dzinumus, palielinājies dzinumu skaits cerā, biomasas krāja pieaugusi no 0,2-0,6 t_s/ha līdz 4,6-5,5 t_s/ha.
3. Smago metālu koncentrācijas palielināšanās virsūdeņos dūņu mēslojuma ietekmē nav konstatēta.
4. Smago metālu koncentrācija notekūdeņu dūņu mēslojuma ietekmē palielinājusies augsnes virskārtā, nepārsniedzot MK noteikumus par augsnes kvalitāti noteiktās normas. Minerālaugsnes un kūdras augsnes virskārtā smago metālu koncentrācija pieaugusi vidēji par 14%.
5. Ar dūņām mēslootās plantācijas koksnei smago metālu saturs ir nedaudz lielāks nekā koksnei kontroles variantā, vidēji par 4-8%.
6. Pirmajā veģetācijas periodā kārklu, priežu, bērzu un melnalkšņu stādījumos problēmas rada ar dūņu mēslojumu ienestās nezāles, tādēļ obligāti veicama ravēšana.
7. Ar dūņām mēslootās bērzu un melnalkšņu plantācijas otrajā gadā pēc iestādīšanas, ja labi augušas pirmajā gadā, necieš no nezāļu konkurences un tām izdarāma minimāla kopšana.
8. Kārklu plantāciju ierīkošanas un kopšanas izmaksas pirmajos 3 gados sastāda 760 Ls/ha, ieskaitot dūņu izkliešanu un iestrādi; pļaušanas, šķeldošanas un transportēšanas izmaksas sastāda 3,4 Ls/m³ ber., ja attālums līdz patērētājam nepārsniedz 40 km un kārklu pļaušanas kombains ir nodarbināts nepārtraukti.
9. Ja dūņu izmantošanas izmaksas sedz dūņu ražotājs, kārklu šķeldu pašizmaksa 2010.gadā būtu 15,04 Ls/m³ cieš., turpretī

ja visas izmaksas sedz plantācijas apsaimniekotājs – tā būtu vismaz 16,97 Ls/m³ cieš.

Literatūra

- Gemste I., Vucans A.; Notekūdeņu dūņas un to izmantošana; Jelgava;2002; 172
- Heiskanen J., Rikala R.; Influence of different nursery container media on rooting of Scots pine and silver birch seedling after transplanting; New Forests 16 ;1998; 27.-42.
- Hytonen J.; Ten year biomass production and stand structure of Salix "Aquatica" energy forest plantation in Southern Finland; Biomass and Bioenergy Vol.8 No2;1995; 63.-71.
- Hytonen J.; Effect of Repeated Fertilizer Applcatuion on the Nutrient Status and Biomass Production of Salix "Aquatica"Plantations on Cut-Away Peatland Areas; Silva Fennica 29(2);1995; 107.-116.
- Hytonen J.; Effect of peat ash fertilization on the nutrient status and biomass productiona of shor- rotation willow on cut-away peat land area; Biomass and Bioenergy Vol 15., No1 ;1998; 83.-92.
- Hytonen J.; Effect of Fertilizer Treatment on the Biomass Production and Nutrient Uptake of Short-Rptation Willow on Cut-Away Peatlands; Silva Fenica;1995; 21,-40.lpp.
- Hytonen J.; Effects of Wood, Peat and Coal Ash Fertilization on Scots Pine foliar Nutrientt Concentrations and Growth on Afforested Former Agricultural Peat Soils; Silva Fennica 37(2);2003; 219.-234.
- Hytonen J., Issakainen J. effect of repeated harvesting on biomass production and sprouting of Betula pubescens, SUO 48 (2),2001; 33.-42.
- Hytonen J., Kaunisto S.; Effect of fertilization on the biomass production of coppiced mixsed birch and willow stands on a cut away peatland; Biomass and Bioenergy Vol. 17;1999; 455.-469.
- Hytonen J., Wall A. Nutrient amounts of afforested peat fields and neighbouring peatland forests,1997
- Ingstad T.; A Definition of Optimum Nutrient Requirements ion Birch seedlings; Physiologia Plantarum Vol 23;1970; 1127.-1138.
- Kāposts V., Kariņš Z., Lazdiņš A.; Sawdust-sludge Compost for Forest Crops; Baltic Timber Journal ;2002; 42.-43.
- Komarowski H., Karczmarczyk A., Mosiej J.; The role of the Wastewater Irrigation and Sludge Utilization in Sustainable Rural Development - Case study from Lodz Region; ICID 21 st European Regional Conference 2005 - 15-19 May 2005 Frankfurt (oder) and Slubice - germany and Poland;2005; 6

- Labrecque M.; Hight biomass production by Salix Clones on SRIC following two 3-year coppice rotations in abandoned farmland in southern Quebec, Canada; 2001 ; 2
- Latvijas lauku konsultāciju un izglītības centrs; Bruto seguma aprēķins zemnieku saimniecībai 2004. gadā; 2005; 13
- Latvijas Republikas Ministru kabinets; Noteikumi par vides kvalitātes normatīviem augsnei; Nr.388;no 2003. gada 15. jūlija; 3
- Latvijas Republikas Ministru kabinets; Noteikumi par notekūdeņu dūņu un to kompostu izmantošanu, monitoringu un kontroli; Nr.365; no 2002.gada 20.augusta; 36
- Latvijas Vides Aģentūra; Notekūdeņu dūņas teritoriju griezumā- 1. daļa "Dūņu ražošana"; Forma"Nr. 2- Ūdens" UDPK 0632001 apkopojums; 2003
- LVMI Silava sludge.silava.lv 2005
- Ministru kabineta noteikumi; "Noteikumi par notekūdeņu dūņu un to kompostu izmantošanu, monitoringu un kontroli"; Nr.365; no 2002.gada 20.augusta; 36
- Pāvule A.; Agroķīmiķa rokasgrāmata; Rīga, Liesma;1978; 338.
- Puttsepp U.; Effects of sustainable management practices on Fine-root Systems in Willow (Salix viminalis, S.dasyclados), Grey Alder (Alnus incana) and Norway spruce (Picea abies) stands ; Doctoral thesis; Swedish University of agricultural Sciences; Uppsala 2004; 23.
- Scholz V., Ellerbrock R.; Enviromental-friendly and Energeticalily efficient cultivation of energy plants on sandy soil; 2001 ; 2
- Suilkava P., Huhta V., Laakso J. Influence of soil fauna and habitat patchiness on plant (Betula pendula) growth and carbondynamics in a microcosm experiment; 2001
- Tahvanainen L., Ryttonen V-M.; Biomass production of Salix viminalis in southern Finland and the effect of soil properties and climate conditions on its production and survival; Biomass and Bioenergy 16;1999; 103.-117.
- Ministru Kabineta noteikumi Nr. 118 "Par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti" no 2002. gada 12. marta
- Ministru Kabineta noteikumi NR. 108 "Meža ieaudzēšanas un plantāciju mežu noteikumi" no 2001. gada 10. marta
- Máthé-Gáspár G., Anton A.; Study of phytoremediation by use of willow and rape; Acta Biologica Szegediensis; Volume 49(1-2);2005; Proceedings of the 8th Hungarian Congress on Plant Physiology and the 6th Hungarian Conference on Photosynthesis; 73.-74.