



LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE
Lauksaimniecības fakultāte
Augsnes un augu zinātņu institūts



IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

VALENTĪNA SURIKOVA

**Slāpekļa, fosfora un kālija vajadzības pētījumi
ābeļu šķirnei ‘Melba’**

Nitrogen, phosphorus and potassium requirement for apple cultivar ‘Melba’

Promocijas darba **KOPSAVILKUMS**
Dr. agr. zinātniskā grāda iegūšanai

SUMMARY
of Doctoral thesis for the scientific degree Dr. agr.

paraksts / signature

Jelgava 2012

Darba zinātniskais vadītājs / Scientific supervisor:
Profesors / Professor, Dr. habil. agr. Aldis Kārklīšs

Darba recenzenti / Reviewers:
Dr.agr. I. Līpenīte, Dr.agr. D. Lapiņš, Dr.agr. M. Āboliņš

Promocijas darba aizstāvēšana paredzēta Latvijas Lauksaimniecības universitātes Lauksaimniecības nozares Laukkopības apakšnozares promocijas padomes atklātā sēdē 2012. gada 31. augustā plkst. 13. 00, LLU 123. auditorijā, Lielā ielā 2, Jelgavā.

The defence of thesis in open session of the Promotion Board of Agriculture will be held on August 31, 2012, at 13.00 AM in the room 123, Latvia University of Agriculture, Liela Street 2, Jelgava, Latvia.

Ar promocijas darbu var iepazīties LLU Fundamentālajā bibliotēkā, Jelgavā, Lielā ielā 2.

Atsauksmes sūtīt Lauksaimniecības zinātņu nozares Laukkopības apakšnozares promocijas padomes sekretārei Dr. agr. Maijai Ausmanei, Lielā ielā 2, Jelgava, LV-3001.

The thesis is available at the Fundamental Library of the Latvia University of Agriculture, Liela Street 2, Jelgava.

References are welcome to send: Dr. agr. Maija Ausmane, the Secretary of the Promotion Board, Latvia University of Agriculture, Liela Street 2, Jelgava, LV-3001.

E-ISBN 978-9984-861-20-3

SATURS / CONTENTS

IEVADS.....	4
PĒTĪJUMA APSTĀKĻI UN METODIKA.....	5
PĒTĪJUMA REZULTĀTI UN ANALĪZE.....	7
Ābeļu sakņu izvietojums augsnē.....	7
Barības elementu iznese no augļu dārza.....	10
Ābeļu un dārza rindstarpā audzēto zālaugu mijiedarbība.....	22
SECINĀJUMI.....	28
INTRODUCTION.....	29
MATERIALS AND METHODS.....	31
RESULTS AND DISCUSSION.....	33
Distribution of apple tree roots in the soil.....	33
Removal of nitrogen, phosphorus and potassium from apple orchard.....	35
Interaction between apple trees and grass vegetation.....	46
CONCLUSIONS.....	50
ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA / <i>APPROBATION OF THE SCIENTIFIC PAPER</i>	51

IEVADS

Latvijā attīstoties integrētajai jeb vidi saudzējošai augļkopībai, tiek ierobežota minerālmēsļu lietošana, ko reglamentē uz ES Nitrātu regulas Nr. 91/676 EK un augļu un ogu integrētās audzēšanas vadlīniju pamata izstrādātie MK noteikumi Nr. 531. un Nr. 406., kuru mērķis ir celt mēslošanas efektivitāti. Tādējādi uzsvars tiek likts uz tehnoloģiju pilnveidi, precīzāku mēslojuma normu un devu noteikšanu, augu barošanās monitoringu, lai iespējami samazinātu mēslošanas negatīvo ietekmi uz vidi. Pētījumi, par augu barības elementu iznesi augļu dārzeņos, Latvijā ir veikti pagājušā gadsimta 60 – 70-tajos gados. Uz šiem pētījumiem balstās arī toreiz izstrādātie un vēl joprojām literatūrā esošie mēslošanas ieteikumi.

Augļu dārzeņos obligāts agrotehniskais pasākums ir ābeļu vainaga veidošana. Līdz ar nogrieztām auga daļām no aprites tiek izņemti arī to sastāvā esošie augu barības elementi. Līdzīgi notiek ar lapām, kas nobirst rudenī. Arī ar ražu no dārza neatgriezeniski tiek iznesti barības elementi. Izstrādājot pamatprincipus mēslošanas plānošanai, ir nepieciešams noskaidrot, vai šāda veida augu barības elementu translokācijas ir saimnieciski nozīmīgas, vai to lielumi ir jāiekļauj aprēķinos, nosakot kārtējā gada mēslošanas devas, jeb arī tos var ignorēt. Mēslošanas jautājumi ir cieši saistīti ar citiem agrotehniskiem pasākumiem. Pēdējos gados periodiska nokrišņu deficīta dēļ augļkopji arvien biežāk pielieto augsnes mitruma uzturēšanas tehnoloģijas: mulčē apdobs, kā arī ierīko dažādas laistīšanas sistēmas. Līdz ar to, arī šīs īpatnības ir jāņem vērā plānojot mēslošanas tehnoloģijas. Mūsdienās ābeles komerciālajos augļu dārzeņos stāda galvenokārt uz maza vai vidēja auguma veģetatīvi pavairojamiem potcelmiem, kam no tradicionālajiem sēklaudžu potcelmiem ir morfoloģiski atšķirīga sakņu sistēma, līdz ar to arī prasības pret augšanas apstākļiem. Ņemot vērā iepriekš minēto, svarīgi noskaidrot, kā stādījumos telpiski izvietojas ābeļu sakņu sistēma, tās struktūra, lai zinātu auga spējas uzņemt barības elementus un to cik liela dārza platība būtu jāmēslo. Līdz ar zālaugiem rindstarpās, dārza ekosistēmā ir ieviestas jaunas populācijas, kas var izmainīt augu savstarpējās biocenotiskās attiecības, līdz ar to radot nopietnu zālāja un ābeļu konkurenci par ūdeni un barības vielām. Ir nepieciešams novērtējums, kā šāda konkurence ietekmē augu barības elementu pieejamību ābelēm un vai to ir nepieciešams ņemt vērā mēslošanas plānošanā.

Pētījumu veikšanai tika izvēlēta viena, Latvijā plaši izplatītā ābeļu šķirne `Melba`, ar izteiktu ražošanas periodiskumu, un viens no Latvijā populārākajiem maza auguma potcelmiem B 9.

Pētījuma hipotēze: apdobju mulčēšana un pilienvēda apūdeņošana, izmaina slāpekļa, fosfora un kālija iznesi, ābeļu sakņu sistēmas horizontālo un vertikālo izvietojumu. Rindstarpās audzētie zālaugi rada konkurenci ābelēm gan mitruma apgādē, gan augu barības elementu uzņemšanā.

Pētījuma mērķis: teorētiskais pamatojums mēslošanas sistēmas pilnveidei ābeļu šķirnei 'Melba' uz maza auguma potcelma B9 Latvijas agroklimatiskajos apstākļos.

Pētījumu uzdevumi:

1. noteikt ābeļu sakņu masas horizontālo un vertikālo izvietojumu augsnē;
2. noskaidrot slāpekļa, fosfora un kālija iznesi ābelēm:
 - ar ābeļu vainaga pavasara veidošanā nogrieztajiem zariem;
 - ar ābeļu vainaga vasaras veidošanā nogrieztajiem zariem un lapām;
 - ar ābolu ražu;
 - ar nobirušajām lapām;
3. noskaidrot iespējamo zālaugu un ābeļu sakņu mijiedarbību.

Darba novitāte:

1. pirmo reizi Latvijas apstākļos veikti pētījumi par ābeļu sakņu horizontālo un vertikālo izvietojumu, pielietojot dažādus augsnes mitruma uzturēšanas paņēmienus;
2. pirmo reizi Latvijas apstākļos pētītas barības elementu iznesi ābelēm uz augumu ierobežojoša potcelma;
3. pirmo reizi Latvijā veikti pētījumi par zālaugu un ābeļu mijiedarbību un iespējamo konkurenci ūdens un barības elementu uzņemšanā.

Pētījuma rezultāti apkopoti un atspoguļoti 9 publikācijās latviešu, angļu un krievu valodā, tai skaitā starptautisko konferenču, simpoziju un zinātnisko semināru recenzētos izdevumos. Zinātniskā darba rezultāti prezentēti 8 mutiskos un 9 stenda ziņojumos starptautiskās zinātniskās konferencēs.

Promocijas darba apjoms 133 lpp., iekļautas 18 tabulas un 50 attēli un 12 pielikumi, izmantoti 206 literatūras avoti.

Pētījums veikts ar Eiropas Sociālā Fonda apakšaktivitātes „Atbalsts doktora studiju programmu īstenošanai” projekta „Atbalsts LLU doktora studiju īstenošanai” mērķfinansējuma (Nr. 2009/0180/1DP/1.1.2.1.2/09/IPIA/VIAA/017) atbalstu.

PĒTĪJUMA APSTĀKĻI UN METODIKA

Pētījums veikts Latvijas Valsts Augļkopības institūtā Dobelē. Meteoroloģisko apstākļu raksturojumam tika izmantoti Latvijas Valsts augļkopības institūta meteoroloģiskās stacijas dati par laika posmu 2007. – 2011. gadam. Augsnes mitrinājuma raksturošanai tika izmantots hidrotermiskais koeficients, kas ir attiecība starp desmitkārtīgu nokrišņu daudzumu laika periodā, kad diennakts vidējā temperatūra pārsniedz 10 °C, un temperatūras summa grādos šajā pašā periodā.

Pētījuma vieta atrodas līdzenā laukā, kam ir labi drenāžas apstākļi. No austrumu un ziemeļu puses ir ierīkoti aizsargstādījumi (vējlauzes). Augsne – tipiskā velēnu karbonātu augsne, smilšmāls, tās agroķīmiskie

rādītāji: organiskā viela vidēji 21 – 36 g kg⁻¹ augsnes (pēc Tjurina metodes), augsnes apmaiņas reakcija pH KCl 5.7 – 6.7, augiem izmantojamais P₂O₅ 181 – 585 mg kg⁻¹ un K₂O 146 – 268 mg kg⁻¹ augsnes (pēc Egnera–Rīma metodes), apmaiņas magnijs 142 – 175 mg kg⁻¹.

Pētījuma ierīkošana un agrotehnika. Pētījums veikts uz 1997. gada pavasara ābeļu stādījuma bāzes. Visiem augļu kokiem apdobe (stādījumu josla) 1 m platumā veģetācijas perioda sākumā tiek uzturēta melnajā papuvē. Pētījumi izvietoti trijos atkārtojumos. Vienā atkārtojumā – 10 koki. Pētījumā izmantota ābeļu šķirne 'Melba'. Ābeles acotas uz potcelma B 9 un stādīšanas attālumi ir 1.5 × 4 m. Rindstarpas joslas platums 3 m. Tajās regulāri (5 – 6 reizes sezonā) tiek pļauti zālaugi, kuri sēti, iekārtojot izmēģinājumu (ganību airene (*Lolium perenne*) un pļavu skarene (*Poa pratensis*) attiecībā 1:3). Laika gaitā starprindās iesaistās arī citas sugas, galvenokārt pienenes (*Taraxacum officinale*) un baltais āboliņš (*Trifolium repens*). Izmēģinājuma pamatlaucīņos izvietoti augsnes mitruma uzturošie paņēmienu varianti: kontrole, zāģu skaidu mulča un pilienveida apūdeņošana. Kontroles un mulčas variantā minerālmēslus izsēja uz apdobs, bet pilienveida apūdeņošanas variantā – izšķīdināja ūdenī un pievadīja ābelēm kopā ar to.

Novērojumi, mērījumi un paraugu vākšana. Sakņu izvietojuma pētīšanai pamatā tika izvēlēta augsnes atseguma jeb profila metode. No katra varianta 3 atkārtojumos perpendikulāri stādījuma rindām tika izraktas 2.6 m garas un 1.2 m dziļas tranšejas, kuru siena iet gar koka stumbru. Saknes augsnes profilā tika saskaitītas un pēc to šķērsriezuma diametra sagrupētas 5 grupās: ļoti sīkas (< 1 mm), sīkas (1 – 2 mm), vidēji rupjas (2 – 5 mm), rupjas (5 – 15 mm) un ļoti rupjas (> 15 mm). Par galveno sakņu daudzumu uzskatīts 80% no kopējā (diametrā mazākas par 2 mm) sakņu īpatsvara.

Barības elementu iznese tika noteikta pavasara un vasaras ābeļu veidošanas laikā, ražas laikā un lapkritī. Pavasara koku vainaga veidošanas laikā visi nogrieztie zari tika savākti un sadalīti viengadīgajā, divgadīgajā un daudzgadīgajā koksne. Vasaras vainagu veidošanas laikā (jūlija vidus) tika savākti visi nogrieztie zari un lapas, sagrupēti viengadīgajā, divgadīgajā un daudzgadīgajā koksne un lapās. No ražas randomizēti tika paņemti augļu paraugi (pa 10 gab. no katra koka). Lapkriša sākumā tika savāktas (norautas) visas lapas no koka. Zālaugi pļauti 3 reizes veģetācijas periodā. Zālaugu saknes netika skaitītas, bet izmērīts horizontālais un vertikālais iestiepšanās apdobe. Ābeļu vainaga rādiuss tika mērīts no koka stumbra viduspunkta perpendikulāri apdobs joslai, beidzoties veģetācijas periodam. Par atskaites punktiem izmantoti tālāk no stumbra esošie zaru gali horizontālā plāknē. Vainaga augstums mērīts no augsnes virsmas līdz galotnei. Savukārt stumbra diametrs mērīts, beidzoties veģetācijas periodam, 20 cm augstumā virs acojuma vietas.

Augsnes un augu paraugu analizēšanas metodika. Ievāktie ābeļu veģetatīvo daļu paraugi istabas temperatūrā izžāvēti gaissausi. Paraugi smalcināti laboratorijas dzirnavās. Augu paraugu ķīmiskās analīzes veiktas LLU Agronomisko analīžu zinātniskajā laboratorijā, izmantojot Latvijas Valsts noteiktās standartmetodes: sausnu noteica paraugu žāvējot 105 °C temperatūrā līdz nemainīgai masai (ISO 6496), kopējo slāpekli pēc Kjeldāla metodes (ISO 5983), fosfora, kālija un kalcija noteikšanai tika gatavots pelnu izvilkums. Fosforu noteica kolorimetriski (ISO 6491), kalciju – titrējot ar trilonu B (ISO 6490/1), bet kāliju ar liesmas fotometru (LV ST ZM 82 – 97). Šajā darbā visi rezultāti fosforam un kālijam ir uzrādīti oksīda formā, attiecīgi kā P₂O₅ un K₂O.

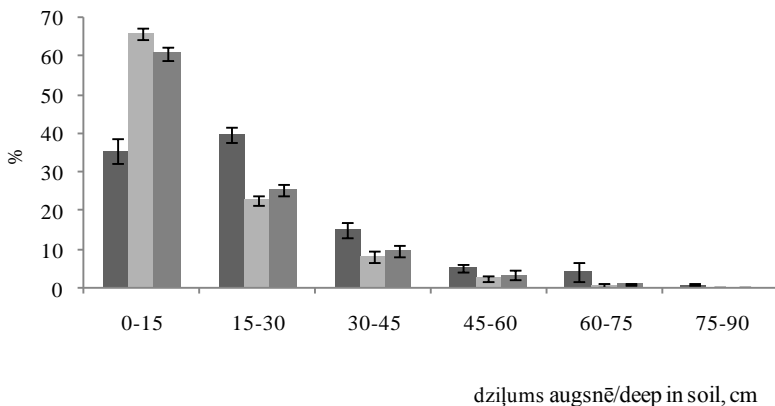
Organisko vielu daudzums augsnē tika noteikts, to oksidējot ar kālija dihromāta (K₂Cr₂O₂) (Tjurina metode; LVST ZM 80-97). Augsnes reakcija (pH) noteikta potenciometriski 1M KCl suspensijā, attiecība augsne – šķīdums 1:5 (LVST ZM 81-97; LVS ISO 10390:2002). Augiem uzņemamā fosfora un kālija noteikšanai izmantota Egnera–Rīma metode – šie elementi no augsnes ekstrahēti ar 0.04M kalcija laktāta šķīdumu, Fosfora koncentrāciju izvilkumā noteica fotoelektrokolorimetriski, kālija – ar liesmas fotometru. (LVST ZM 82-97). Apmaiņas magnijs un kalciji noteikti ar atomu absorbcijas spektrofotometru (LVST ZM 83 – 97 LVST ZM 84 – 97). Minerālo slāpekli augsnē noteica fotometriski (LVST ZM 90-97). Kustīgo mangānu noteica ar atomabsorbcijas spektrometru (LVST ZM 88-97). Kustīgo cinku no augsnes ekstrahēja ar amonija acetāta buferšķīdumu (LVST ZM 89-97), bora daudzumu augsnē – ekstrahējot ar karstu ūdeni un pēc tam kolorimetriski (LVST ZM 86-97).

PĒTĪJUMA REZULTĀTI UN ANALĪZE

Ābeļu sakņu izvietojums augsnē

Sakņu vertikālais izvietojums. Kontroles variantā, kur apdobses joslā tiek ierobežota tikai nezāļu augšana (pamatā ar herbicīdiem), 0 – 15 cm dziļumā augsnē atradās trešdaļa no visa sakņu daudzuma, bet 15 – 45 cm dziļumā izvietojušās 40% sakņu. Šajos augsnes slāņos izvietotā sakņu masa būtiski neatšķirās. Galvenais sakņu daudzums (diametrā līdz 2 mm) izvietojās līdz 45 cm dziļumam augsnē (1. att.). Atsevišķas saknes augsnē bija sastopamas līdz pat 90 cm dziļumam. Variantā ar mulču ābeļu saknes koncentrējās tuvāk augsnes virskārtai. Jau 15 cm dziļumā atradās vairāk kā puse no ābeļu saknēm, bet 30 cm dziļu augsnes slāni aizņēma galvenais sakņu daudzums. To varētu izskaidrot ar to, ka, pielietojot mulču kā mitruma regulēšanas paņēmieni apdobēs, augsnes mitruma režīms augsnes virsējā 0 – 15 cm slānī tika saglabāts optimālā līmenī, par ko liecina arī salīdzinoši

mazā datu izkliede. 15 – 30 cm augsnes slānī sakņu izvietojuma izkliede bija 2 reizes lielāka, kas liecina par nevienmērīgu mitruma sadalījumu šajā augsnes slānī. Mulčas variantā pārējos augsnes slāņos esošās saknes sastādīja niecīgu daļu, atsevišķas saknes atrodamas līdz pat 60 – 75 cm dziļumam.



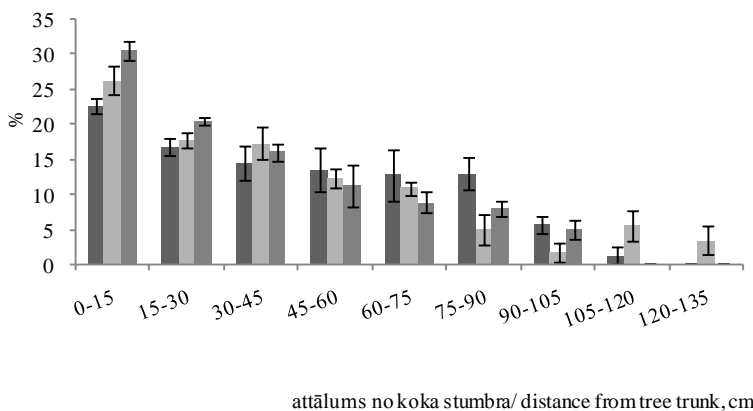
1. att. Ābeļu sakņu vertikālais izvietojums/
Fig. 1. Vertical distribution of apple tree roots

■ kontrole / control ■ mulča / mulch ■ pilienveida apūdeņošana / fertigation

Mitro nodrošināšanai izmantojot pilienveida laistīšanu, galvenais sakņu daudzums izvietojās līdz 30 cm dziļumam. Būtiski vairāk sakņu (60%) atradās jau līdz 15 cm dziļuma. Atsevišķas ābeļu saknes, tāpat kā variantā ar mulčēšanu, tika konstatētas līdz 75 cm dziļumam. Sakņu daudzuma izkliede variantā ar pilienveida apūdeņošanu bija salīdzinoši zema, kas liecina par vienmērīgu mitruma režīmu šajā variantā.

Sakņu horizontālais izvietojums. Kontroles variantā 0 – 15 cm attālumā no koka stumbra augsnē atradās ceturtā daļa no visa sakņu daudzuma, bet līdz 30 cm attālumam bija izvietojušās 40% sakņu. Līdz 45 cm attāluma no koka stumbra atradās puse no ābeļu sakņu daudzuma, bet līdz 60 cm attālumam – 67%. Galvenais sakņu daudzums augsnē (80% sakņu diametrā līdz 2 mm) izvietojās līdz 75 cm attālumam no koka stumbra. Atsevišķas saknes augsnē bija sastopamas līdz 90 cm attālumam no koka stumbra. Zem apdobs joslas bija koncentrējušās ap 60 % no galvenā sakņu daudzuma (2. att.). Mulčas variantā (apdobē izmantojot zāģu skaidu mulčas segumu apdobēs) 0 – 15 cm attālumā no koka stumbra augsnē atradās trešdaļa no visa sakņu daudzuma, bet līdz 30 cm attālumam bija izvietojušās 44% sakņu. Līdz 45 cm attāluma no koka stumbra atradās vairāk kā puse

(61%) no ābeļu sakņu daudzuma, bet līdz 60 cm attālumam – 73%. Galvenais sakņu daudzums augsnē (80% sakņu diametrā līdz 2 mm) izvietojās līdz 75 cm attālumam no koka stumbra. Atsevišķas saknes augsnē bija sastopamas līdz 135 cm attālumā un tālāk no koka stumbra. Zem apdobs joslas koncentrējušās ap 70% no galvenā sakņu daudzuma. Pilienveida apūdeņošanas variantā 0 – 15 cm attālumā no koka stumbra augsnē trešdaļa no visa sakņu daudzuma, bet līdz 30 cm attālumam bija izvietojusās puse no ābeļu saknēm. Līdz 45 cm attāluma no koka stumbra atradās 68% no ābeļu saknēm, bet galvenais sakņu daudzums izvietojās līdz 60 cm attālumam no koka stumbra. Atsevišķas saknes augsnē bija sastopamas līdz 75 cm attālumam no koka stumbra. Zem apdobs joslas bija koncentrējušās ap 85% no galvenā sakņu daudzuma.



2. att. Ābeļu sakņu horizontālais izvietojums/
Fig. 2. Horizontal distribution of apple tree roots

■ kontrole / control ■ mulča / mulch ■ pilienveida apūdeņošana / fertigation

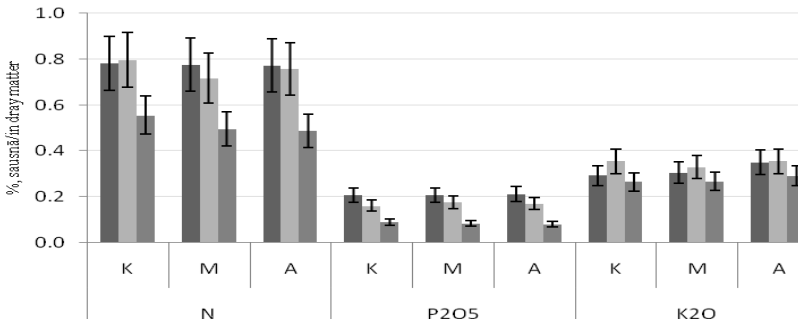
Kontrollē pētījuma vietā ir vidēji smaga granulometriskā sastāva augsne, kas liecina par noturīgu augsnes kapilāro sistēmu, kas paceļ ūdeni līdz sakņu zonai arī beznokrišņu periodā, apūdeņošanas variantā virsējā augsnes kārtā regulāri varētu būt optimāls vai paaugstināts mitrums, tāpēc saknes vairāk koncentrējas tieši mitruma zonā. Savukārt mulčas ietekmē būtiski samazinās mitruma iztvaikošana no augsnes, samazinās temperatūras svārstības, uzlabojas aerācija un augsnē palielinās trūdvielu saturs, kas pozitīvi varēja ietekmēt sakņu zarošanos un augšanu.

Ņemot vērā pētījuma rezultātus, augsnes agroķīmisko īpašību noteikšanai augsnes paraugu ņemšanas ieteicamais dziļums kontroles variantā varētu būt līdz 45 cm, mulčas un pilienveida apūdeņošanas variantā

līdz 30 cm dziļumam. Mēslojamā platība, kur atrodas galvenais sakņu daudzums kontroles un mulčas variantā varētu būt līdz 75 cm attāluma no koka stumbra, bet pilienvēda apūdeņošanas variantā līdz 60 cm attāluma.

Barības elementu iznese no augļu dārza

Slāpekļa, fosfora un kālija koncentrācija ābeļu vainaga pavasara veidošanā nogrieztajās veģetatīvajās daļās. Zemākā slāpekļa koncentrācija pavasarī nogrieztos viengadīgo zaru sausnā bija 2008. un 2010. gados. 2009. gadā slāpekļa koncentrācija bija par 18 – 22% augstāka, bet 2011. gadā pat par 26 – 33% augstāka. Kopumā augstas tekošā gada augļu ražas gados slāpekļa koncentrācija viengadīgo zaru sausnā bija par 25% augstāka nekā zemas ražas gados. Pētījumā netika konstatētas korelatīvas sakarības starp nokrišņu daudzumu vai aktīvo temperatūru summu un slāpekļa koncentrāciju pavasarī nogrieztos zaru sausnā, tomēr atrasta būtiska pozitīva korelācija ($r = 0.98$; $p < 0.05$) starp slāpekļa koncentrāciju un ražas lielumu. Jo lielāka tekošā gada augļu raža, jo augstāka slāpekļa koncentrācija pavasarī nogrieztos zaru sausnā. Turklāt minimālas ražas gados (2008. un 2010.) augstākā slāpekļa koncentrācija bija mulčas variantā, bet bagātas ražas gados – kontroles variantā, kaut gan būtiskas atšķirības netika konstatētas ($p < 0.05$) (3. att.).



3. att. Slāpekļa, fosfora un kālija koncentrācija pavasara ābeļu vainaga veidošanā nogrieztajās veģetatīvajās daļās/

Fig. 3. N, P₂O₅ and K₂O concentration in spring-trimmed parts of apple trees

■ viengadīgā koksne □ divgadīgā koksne ■ daudzgadīgā koksne
 □ 1-ārī bod □ 2-ārī bod □ 3-ārī bod

K – kontrole / control; M – mulča / mulch; A – pilienvēda apūdeņošana / fertigation

Arī pavasara vainaga veidošanā nogrieztās divgadīgās koksnes sausnā vērojamas līdzīgas tendences, ka bagātas tekošā gada augļu ražas gados bija paaugstināta slāpekļa koncentrācija. Zemākā slāpekļa koncentrācija divgadīgo zaru sausnā konstatēta 2008. gadā. 2009. gadā

slāpekļa koncentrācija bija par 24 – 26%, 2010. gadā par 11 – 15%, bet 2011. gadā par 18 – 22% augstāka, lai gan starpība matemātiski bija būtiska tikai 2008. gadā ($p < 0.05$). Pozitīva būtiska korelācija ($r = 0.94$; $p < 0.05$) konstatēta arī starp slāpekļa koncentrāciju un ražas lielumu. Augstas ražas gados slāpekļa koncentrācija divngadīgo zaru sausnā bija par 20% augstāka nekā zemas ražas gados.

Līdzīgi kā jaunāka vecuma koksnē, arī daudzgadīgajā vērojama līdzīgas tendences, ka bagātas ražas gados bija paaugstināta slāpekļa koncentrācija, tomēr būtiskas atšķirības konstatētas netika. Zemākā slāpekļa koncentrācija daudzgadīgo zaru sausnā konstatēts 2010. gadā, 2008. gadā slāpekļa koncentrācija bija par 6 – 7%, 2010. gadā par 8 – 12%, bet 2011. gadā par 28 – 32% augstāka, lai gan starpība matemātiski būtiska bija tikai starp 2010. un 2011. gadu. Tas izskaidrojams ar lielo datu izkliedi, jo daudzgadīgajā koksnē tika ieskaitīta tā koksnes daļa, kas ir vecāka par 2 gadiem. Konstatēta pozitīva būtiska korelācija ($r = 0.76$; $p < 0.05$) starp slāpekļa koncentrāciju un ražas lielumu. Augstas ražas gados slāpekļa koncentrācija daudzgadīgo zaru sausnā bija par 26% augstāka nekā zemas ražas gados. Turklāt slāpekļa koncentrācija daudzgadīgajā koksnē bija 1.5 reizes zemāka nekā divgadīgajā un 1.6 reizes zemāka nekā viengadīgajā koksnē.

Fosfora koncentrāciju viengadīgajā, gan arī divgadīgajā un daudzgadīgajā zaru sausnā būtiski neietekmēja pielietotais augsnes mitruma uzturēšanas paņēmieni. Vērojamas tendences – bagātas tekošā gada ražas gados ābeļu dzinumos fosfora koncentrācija bija augstāka, tomēr būtiska ražas slodzes ietekme konstatēta tikai uz fosfora koncentrāciju daudzgadīgo dzinumu sausnā.

Kālija koncentrācija ābeļu pavasara vainaga veidošanas laikā nogrieztajā viengadīgajā koksnē variēja apgriezti proporcionāli slāpeklim. Ja slāpekļa koncentrācija viengadīgajā koksnē bija augstāka bagātas tekošās augļu ražas gados, tad kālija koncentrācija pie lielas ražas slodzes bija būtiski zemāka ($r = 0.97$; $p < 0.05$). Šīs atšķirības varētu izskaidrot ar to, ka bagātas ražas gados ābelēm pastiprinās vajadzība pēc slāpekļa aminoskābju, olbaltumvielu, fermentu un citu bioloģiski aktīvu veidošanās procesos. Savukārt kālijs bagātas ražas gados tika novirzīts uz ziedpumpuru un augļaizmetņu attīstību, tāpēc viengadīgajā koksnē, iespējams, samazinājās tā koncentrācija. Zemākā kālija koncentrācija viengadīgo zaru koksnē bija 2011. gadā ($p < 0.05$), kad tas būtiski atšķīrās arī starp variantiem. Kontroles un mulčas variantos šī barības elementa saturs bija pat 2 reizes zemāks nekā pārējos pētījuma gados, bet pilienvēda apūdeņošanas variantā kālija koncentrācija bija līdzīga. Šīs atšķirības var izskaidrot ar to, ka 2011. gadā veģetācijas periods sākās salīdzinoši agrāk nekā citos gados, aprīlī bija augstāka gaisa vidējā temperatūra, līdz ar to piespiedu miera periods ābelēm bija beidzies un kālijs aktīvi tika iesaistīts koka dzīvības procesu norisē. Arī divgadīgajā un daudzgadīgajā koksnē kālija koncentrācija variēja apgriezti

proporcionāli slāpeklim – pie lielas ražas slodzes tā bija zemāka, tomēr būtiskas atšķirības vērojamas tikai 2011. gadā, kad augļu raža bija vislielākā. Par 20% augstāka kālija koncentrācija konstatēta 2010. gadā mulčas variantā.

Iznese ar pavasara ābeļu vainaga veidošanā nogrieztajām veģetatīvajām daļām. Barības elementu iznese ar ābeļu pavasara vainaga veidošanā nogriezto viengadīgo koksni būtiski atšķīrās starp gadiem. Atšķirības noteica nevis barības elementu saturs zaru sausrā, bet nogrieztā zaru biomasa, kas bagātā tekošā gada augļu ražas gados bija būtiski lielāka. To varētu izskaidrot ar pastiprinātu ābeļu veģetatīvo daļu augšanu neražas vai mazas ražas gados. Augļu veidošanai vajadzēja patērēt maz enerģijas, tāpēc šajos gados pastiprināti auga koka dzinumi, bet pavasara vainaga veidošanu veica jau nākošā veģetācijas perioda sākumā.

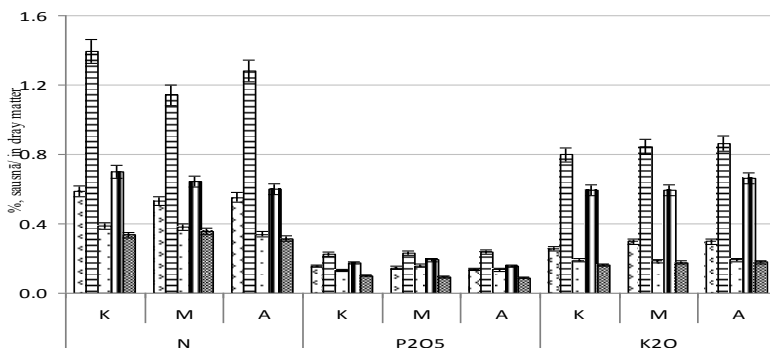
Vidēji visos pētījuma gados lielāka slāpekļa, fosfora un kālija iznese konstatēta mulčas variantā. Slāpekļa iznese par 20.09% pārsniedza iznesi pilienuveida apūdeņošanas variantā, bet par 9.7% kontroles varianta slāpekļa iznesi. Fosfora iznese, salīdzinot ar slāpekli, bija niecīga un vidēji pa variantiem neatšķīrās. Kālija iznese mulčas un apūdeņošanas variantos būtiski neatšķīrās taču tā bija par 9.5 – 23% augstāka nekā kontroles variantā. Kopumā ar 10 kg zaru biomasas pavasara ābeļu vainaga veidošanas laikā vidēji iznesa 48.1 g slāpekļa, 13.8 g fosfora un 22.7 g kālija, jeb no hektāra ābeļdārza iznesa 8.05 kg slāpekļa, 2.1 kg fosfora un 2.97 kg kālija.

Barības elementu iznese ar ābeļu pavasara vainaga veidošanā nogriezto divgadīgo koksni būtiski atšķīrās starp gadiem, bet starp variantiem atšķirības netika konstatētas. Ar 10 kg divgadīgo zaru biomasas pavasara ābeļu vainaga veidošanas laikā vidēji iznesa 54.3 g slāpekļa, 11.9 g fosfora un 26.2 g kālija. Teorētiski lielākā iznese izskaidrojama ar to, ka divgadīgajā koksnē ir zemāks mitrums, attiecīgi augstāks sausnas saturs, taču jāņem vērā, ka nogrieztās divgadīgās koksnes biomasa bija būtiski zemāka, nekā viengadīgās koksnes biomasa, līdz ar to ar 10 kg viengadīgās koksnes reizē tiek nogriezts 2.8 kg divgadīgās koksnes. Tādējādi slāpekļa iznese ar nogriezto divgadīgo koksni bija 2.6 reizes zemākas nekā ar viengadīgo koksni, fosfora 3 reizes, bet kālija iznese 2.2 reizes zemākas. Attiecīgi ar pavasara veidošanā nogriezto divgadīgo koksni no hektāra ābeļdārza iznesa 3.4 kg slāpekļa, 0.69 kg fosfora un 1.38 kg kālija.

Barības elementu iznese ar ābeļu pavasara vainaga veidošanā nogriezto daudzgadīgo koksni būtiski neatšķīrās ne starp augsnes mitrums uzturēšanas paņēmieniem, ne starp gadiem, izņemot 2008. gadu, kad no ābelēm, veidojot vainagus, tika nogriezta būtiski mazāka biomasa. Ar 10 kg daudzgadīgo zaru biomasu pavasara ābeļu vainaga veidošanas laikā vidēji iznesa 39.7 g slāpekļa, 6.7 g fosfora un 22.9 g kālija. Jāņem vērā, ka daudzgadīgajā koksnē bija būtiski augstāks sausnas saturs nekā viengadīgajā un divgadīgajā koksnē, arī attiecīgi nogrieztā biomasa bija mazāka. Daudzgadīgo koksni nogrieza 2 reizes mazāk, nekā divgadīgo un 5 reizes mazāk, nekā viengadīgo. Tas nozīmē, ka nogrieztās koksnes biomasas

attiecība pa koksnes vecumiem bija – viengadīgā koksne: divgadīgā koksne: daudzgadīgā koksne – 5:2:1. Tādējādi slāpekļa iznese ar nogriezto daudzgadīgo koksni bija 6.4 reizes zemāka nekā ar viengadīgo un 2.5 reizes zemāka, nekā ar divgadīgo koksni, fosfora iznese attiecīgi 10.4 un 3.4, bet kālija iznese 4.5 un 2.1 reizes zemāka. Ar pavasara veidošanā nogriezto daudzgadīgo koksni no hektāra ābeļdārza iznesa 1.26 kg slāpekļa, 0.2 kg fosfora un 0.6 kg kālija. Slāpekļa un kālija koncentrāciju zaru sausnā būtiski ietekmēja pašreizējā gada augļu ražas slodze, bagātas ražas gados ābeles saturēja par 25% vairāk slāpekļa, bet kālija koncentrācija ābeļu zaros paaugstinājās nelielas ražas gados. Viengadīgajos dzinumos slāpekļa koncentrācija bija pat 2 reizes augstāka nekā vecākā koksne. Augsnes mitruma uzturēšanas paņēmieni būtiski neietekmēja barības elementu iznesi kopumā, taču atsevišķi pa gadiem tās bija atšķirīgas. Slāpekļa iznese ar pavasara vainaga veidošanā nogrieztajiem zariem sastādīja 21 – 24%, fosfora 15 – 18%, bet kālija iznese 6 – 7% no kopējās izneses veģetācijas periodā.

Slāpekļa, fosfora un kālija koncentrācija ābeļu vainaga vasaras veidošanā nogrieztajās veģetatīvajās daļās. Slāpekļa koncentrācija ābeļu viengadīgajā koksne un lapās pie tās būtiski svārstījās pa gadiem, par 2 reizes (4. att.).



4. att. Slāpekļa, fosfora un kālija koncentrācija vasaras ābeļu vainaga veidošanā nogrieztajās veģetatīvajās daļās/

Fig. 4. N, P₂O₅ and K₂O concentration in summer-trimmed parts of apple trees

- | | | |
|---|--|--------------------------------|
| □ viengadīgā koksne
1-y wood | ▨ lapas pie viengadīgās koksnes
leaves from 1-year wood | □ divgadīgā koksne
2-y wood |
| ▨ lapas pie divgadīgās koksnes
leaves from 2-year wood | ▨ daudzgadīgā koksne
3-y wood | |

K – kontrole / control; M – mulča / mulch; A – pilienveida apūdeņošana / fertigation

Savukārt dažādie augsnes mitruma režīma uzturēšanas paņēmieni būtiskas izmaiņas neradīja, kaut gan vērojamas tendences, ka mulčas variantā

bija zemākā slāpekļa koncentrācija, bet kontroles variantā augstākā ($p > 0.05$). Pētījumā tika atrasta būtiska pozitīva korelācija ($r = 0.96$; $p < 0.05$) starp slāpekļa koncentrāciju un ražas lielumu. Jo lielāka raža, jo augstāka slāpekļa koncentrācija vasarā nogrieztu zaru un lapu sausnā. Zemākā slāpekļa koncentrācija vasarā nogrieztu viengadīgo zaru sausnā bija 2008. gadā, 2010. gadā slāpekļa koncentrācija bija par 20 – 25% augstāka, bet 2009. un 2011. gadā pat par 45 – 50% augstāka. Augstas tekošā gada augļu ražas gados slāpekļa koncentrācija viengadīgo zaru sausnā bija par 40% augstāka nekā zemas ražas gados. Pētījumā konstatētas arī būtiskas korelatīvas sakarības ($r = 0.86$; $p < 0.05$) starp slāpekļa koncentrāciju viengadīgajā koksņē un temperatūru un nokrišņu daudzumu, kas varēja ietekmēt arī slāpekļa apriti ābelēs. 2008. gada jūlijā, kad tika veikta ābeļu vasaras vainaga veidošana, bija ilgstošs sausums, bet pārējos pētījuma gados hidrotermiskais koeficients bija augstāks par optimālo.

Arī lapās pie viengadīgās koksnes vasaras veidošanas laikā augstākā slāpekļa koncentrācija bija kontroles variantā, bet zemākā mulčas variantā, kaut gan būtiskas atšķirības konstatētas netika ($p > 0.05$). Zemākā slāpekļa koncentrācija vasarā nogrieztu lapu sausnā pie viengadīgajiem zariem, līdzīgi kā viengadīgajos dzinumos, bija 2008. gadā. 2010. gadā slāpekļa koncentrācija bija par 40 – 50% augstāka, 2009. gadā 2 reizes, bet 2011. gadā pat 2.8 reizes augstāka. Augstas ražas gados slāpekļa koncentrācija viengadīgo zaru sausnā bija par 50% augstāka nekā zemas ražas gados. Arī lapu sausnā pie viengadīgās koksnes konstatētas būtiskas sakarības ($r = 0.94$; $p < 0.05$) starp slāpekļa koncentrāciju lapās un temperatūru un nokrišņu daudzumu. Lapu sausnā pie viengadīgās koksnes bija vidēji 2 reizes augstāka slāpekļa koncentrācija nekā viengadīgajā koksņē ($p < 0.05$), izņemot 2011. gadu, kad slāpekļa koncentrācija lapās bija 2.5 reizes augstāka. Slāpekļa koncentrācija vasaras vainaga veidošanā nogrieztās divgadīgās koksnes sausnā variēja atkarībā no augļu ražas slodzes konkrētajā gadā, bet lapās pie divgadīgās koksnes – gan no augļu ražas slodzes, gan no pielietotā augsnes uzturēšanas paņēmiena ($p < 0.05$). Starp ražas slodzi un slāpekļa koncentrāciju lapās pie divgadīgās koksnes pozitīva būtiska sakarība ($r = 0.86$, $p < 0.05$) konstatēta tikai kontroles variantā. Mulčas un pilienveida apūdeņošanas variantā vērojamas tikai tendences slāpekļa koncentrācijai pieaugt, pieaugot augļu ražai. Savukārt divgadīgajā koksņē būtiska korelācija ($r = 0.84$, $p < 0.05$) konstatēta visos variantos. Slāpekļa koncentrācija divgadīgajā koksņē kontroles variantā bija par 37% zemāka nekā viengadīgajā koksņē, mulčas variantā par 25%, bet pilienveida apūdeņošanas variantā par 35% zemāka. Savukārt divgadīgās koksnes lapās kontroles variantā slāpekļa koncentrācija bija par 44%, mulčas variantā par 38%, bet pilienveida apūdeņošanas variantā par 47% zemāka, nekā viengadīgās koksnes lapās. Divgadīgās koksnes sausnā slāpekļa koncentrācija kontroles variantā bija par 45%, mulčas variantā par 40.1%,

bet pilienveida apūdeņošanas variantā par 43.4% zemāka nekā lapās pie divgadīgās koksnes.

Slāpekļa koncentrāciju vasaras vainaga veidošanā nogrieztās daudzgadīgās koksnes biomasā būtiski neietekmēja augsnes mitruma uzturēšanas varianti, kaut gan līdzīgi kā viengadīgajā un divgadīgajā koksnē, arī daudzgadīgajā vērojamas līdzīgas tendences, ka bagātas augļu ražas gados slāpekļa koncentrācija bija paaugstināta. Zemākā slāpekļa koncentrācija daudzgadīgo zaru sausnā konstatēta 2008. un 2010. gados, 2009. un 2010. gados slāpekļa koncentrācija bija par 13 – 19% augstāka. Kopumā slāpekļa koncentrācija daudzgadīgajā koksnē bija par 8% zemāka nekā divgadīgajā koksnē un par 39% zemāka nekā viengadīgajā koksnē. Pētījumu rezultāti sakrīt arī ar citu valstu zinātnieku secinājumiem, ka, jo jaunāka ābeļu koksne, jo lielāks tajā slāpekļa saturs.

Fosfora koncentrāciju ne viengadīgo zaru sausnā, ne lapās pie viengadīgās koksnes būtiski neietekmēja ne pielietotais augsnes mitruma uzturēšanas paņēmiens, ne augļu ražas slodze, tomēr vērojamas tendences, ka bagātas ražas gados ābeļu viengadīgajos dzinumos un lapās fosfora koncentrācija bija augstāka. Zemākā fosfora koncentrācija konstatēta 2008. gada vasaras vainaga veidošanā nogrieztajā viengadīgās koksnes sausnā. Pārējos pētījuma gados fosfora koncentrācija viengadīgās koksnes sausnā bija par 25 – 35% augstāka. Lapu (pie viengadīgās koksnes) sausnā zemākā fosfora koncentrācija bija 2008. gadā. Augļu ražas slodzes ietekme uz fosfora koncentrāciju lapās pie divgadīgās koksnes konstatēta tikai mulčas variantā ($r = 0.82$, $p < 0.05$). Kontroles variantā lapās pie divgadīgās koksnes zemākā fosfora koncentrācija konstatēta 2010. gadā, savukārt pilienveida apūdeņošanas variantā tikai 2008. gadā tā bija augstāka. Divgadīgās koksnes sausnā būtiskas atšķirības starp variantiem bija 2008. gadā, kad zemākā fosfora koncentrācija konstatēta pilienveida apūdeņošanā, bet augstākā mulčas variantā. Pārējos pētījuma gados būtiskas atšķirības starp fosfora koncentrāciju divgadīgās koksnes sausnā netika konstatētas. Fosfora koncentrāciju daudzgadīgajā zaru sausnā būtiski neietekmēja pielietotais augsnes mitruma uzturēšanas paņēmiens, izņemot 2008. gadu, kad būtiski zemākā fosfora koncentrācija konstatēta pilienveida apūdeņošanas variantā. Konstatētas pozitīvas, kaut nebūtiskas sakarības starp tekošā gada augļu ražas lielumu un fosfora koncentrāciju - jo lielāka raža, jo augstāka fosfora koncentrācija vasaras veidošanā nogrieztajos zaros. Kopumā fosfora koncentrācija daudzgadīgās koksnes sausnā bija par 30% zemāka nekā slāpekļa koncentrācija, par 28% zemāka nekā divgadīgajā koksnē un par trešdaļu zemāka, nekā viengadīgajā koksnē

Līdzīgi kā koksnē pavasarī, arī vasarā kālija koncentrācija viengadīgās koksnes un lapu sausnā bija apgriezti proporcionāla slāpekļa koncentrācijai. Zemas ražas gados šī elementa koncentrācija koksnē bija par 30 – 35%, bet lapās par 25 – 30% augstāka, nekā bagātas ražas gados ($p < 0.05$). Kālija koncentrācija vasaras vainaga veidošanā nogrieztās

divgadīgās koksnes sausnā un lapās variēja atkarībā gan no augļu ražas slodzes, gan no pielietotā augsnes uzturēšanas paņēmiena ($p < 0.05$). Starp augļu ražas slodzi un kālija koncentrāciju divgadīgajā koksnē un lapās pie tās konstatēta būtiska negatīva sakarība ($r = 0.88$, $p < 0.05$), ka, pieaugot ražas lielumam, būtiski samazinās kālija koncentrācija gan lapās, gan koksnē. Kālija koncentrācija divgadīgajā koksnē kontroles variantā bija par 16% zemāka nekā viengadīgajā koksnē, mulčas variantā par 18%, bet pilienveida apūdeņošanas variantā par 17% zemāka. Savukārt divgadīgās koksnes lapās kontroles variantā kālija koncentrācija bija par 28%, mulčas variantā par 30%, bet pilienveida apūdeņošanas variantā par 28% zemāka, nekā viengadīgās koksnes lapās. Kopumā divgadīgās koksnes sausnā kālija koncentrācija kontroles variantā bija par 55%, mulčas variantā par 54.6%, bet pilienveida apūdeņošanas variantā par 58.4% zemāka nekā lapās pie divgadīgās koksnes. Līdzīgi kā kālija koncentrācija ābeļu pavasara vainaga veidošanas laikā nogrieztajā viengadīgajā un divgadīgajā, arī daudzgadīgajā koksnē variēja apgriezti proporcionāli slāpeklim, kālija koncentrācija pie lielas augļu ražas slodzes bija zemāka, tomēr būtiskas atšķirības daudzgadīgās koksnes sausnā netika konstatētas.

Iznese ar vasaras ābeļu vainaga veidošanā nogrieztajām veģetatīvajām daļām. Slāpekļa iznesi ar vasaras vainaga veidošanā nogriezto viengadīgo koksni un lapām būtiski ietekmēja gan augsnes mitruma uzturēšanas variants, gan pašreizējā gada augļu ražas slodze. Kontroles variantā zemas augļu ražas gados slāpekļa iznese bija zemākā, mulčas variantā tā bija par 23%, bet apūdeņošanas variantā par 6% lielāka. Bagātas ražas gados slāpekļa iznese kontroles variantā bija par 25%, mulčas variantā tās sasniedza par 8%, bet apūdeņošanas variantā par 11% augstāka. Slāpekļa iznesi ar vasaras vainaga veidošanā nogriezto daudzgadīgo koksni un lapām būtiski ietekmēja augsnes mitruma uzturēšanas variants, ražas slodze. Būtiskās atšķirības noteica ne tikai slāpekļa koncentrācija ābeļu veģetatīvajās daļās, bet arī sausnas saturs tajās, kā arī nogrieztā biomasa. Būtiski augstāks sausnas saturs divgadīgajā ābeļu koksnē un lapās konstatēts 2008. gadā. Tas varētu būt izskaidrojams ar atšķirīgo mitruma nodrošinājumu pētījuma variantos, jo 2008. gada jūlijā, kad tika veikta vasaras vainagu veidošana, bija ilgstošs sausums. Tas varētu liecināt, ka pilienveida apūdeņošanas variantā ābelēm, iespējams, bija piemērotāki mitruma un līdz ar to augšanas apstākļi, tomēr nogrieztā divgadīgās koksnes biomasa 2008. gadā augstākā bija mulčas variantā, kas par trešdaļu pārsniedza pilienveida apūdeņošanas un kontroles variantā nogriezto biomasu. Kopumā slāpekļa iznese ar vasaras veidošanā nogriezto divgadīgo koksni un lapām zemākā bija mulčas variantā, taču būtiskas atšķirības starp variantiem konstatētas netika. Kontroles un pilienveida apūdeņošanas variantos lielāka slāpekļa iznese bija bagātas ražas gados, kas par 23%

pārsniedza slāpekļa iznesi nelielas ražas gados, bet mulčas variantā nelielas ražas gados iznesa par 21.8% vairāk slāpekļa nekā bagātas ražas gados.

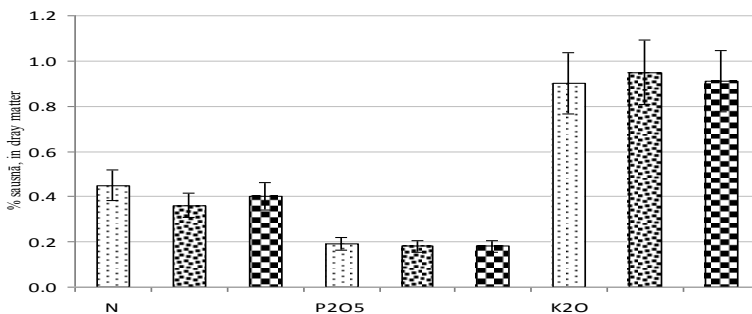
Barības elementu iznese ar ābeļu vasaras vainaga veidošanā nogriezto daudzgadīgo koksni būtiski neatšķirās starp augsnes mitruma uzturēšanas paņēmieniem, izņemot 2008. gadu, kad kontroles variantā bija zemākas slāpekļa iznese. Slāpekļa iznesai pastāv arī būtiskas atšķirības starp bagātas un nelielas ražas gadiem. Kontroles variantā bagātas ražas gados slāpekļa iznese bija par 1.5% augstāka, mulčas un pilienvēda apūdeņošanas variantos attiecīgi 20% un 19.3%.

Fosfora iznesi ar vasaras ābeļu vainaga veidošanā nogriezto koksni un lapām būtiski neietekmēja ne augsnes mitruma uzturēšanas variants, ne arī ražas slodze lielās datu izkliedes un izneses mazo vērtību dēļ, tomēr zemākā iznese konstatēta kontroles variantā, pilienvēda apūdeņošanas variantā tās bija par 11%, bet mulčas variantā par 20% lielāka.

Kālija iznesi būtiski ietekmēja gan ražas slodze, gan arī pielietotais augsnes mitruma uzturēšanas paņēmiens. Bagātas tekošā gada augļu ražas gados no vienas ābeles ar vasaras veidošanā nogriezto viengadīgo koksni un lapām no kontroles variantā iznesa 3.06 g kālija, mulčas variantā iznese bija par 30%, bet apūdeņošanas variantā par 24% lielāka. Zemas ražas gados kālija iznese bija būtiski lielāka un aptuveni 2 reizes pārsniedza kālija iznesi bagātas ražas gados. Kontroles variantā iznesa 4.62 g no koka, mulčas variantā 1.9 reizes vairāk, bet apūdeņošanas variantā 1.6 reizes vairāk nekā kontrolē. Konstatēta būtiska negatīva korelācija starp slāpekļa un kālija koncentrāciju ($r = -0.93$; $p < 0.05$), jo vairāk slāpekļa satur viengadīgās koksnes un lapu sausna, jo tajā zemāka kālija koncentrācija. Šīs atšķirības varētu izskaidrot ar to, ka starp slāpekli un kāliju pastāv antagonisms – jo augi vairāk uzņem slāpekli, jo tiek traucēta kālija aprīte, kas pierādījās arī šajā pētījumā. Kopumā ar 10 kg viengadīgo zaru un lapu biomasu vasaras ābeļu vainaga veidošanas laikā vidēji iznesa 39.00 g slāpekļa, 9.00 g fosfora un 27.30 g kālija, jeb no hektāra ābeļdārza iznesa 15.36 kg slāpekļa, 3.47 kg fosfora un 9.15 kg kālija. Kālija iznesi ar vasaras vainaga veidošanā nogriezto divgadīgo koksni un lapām būtiski ietekmēja gan ražas slodze, gan arī pielietotais augsnes mitruma uzturēšanas paņēmiens. Bagātas ražas gados no vienas ābeles ar divgadīgo koksni un lapām kontroles variantā iznesa 1.04 g kālija, bet nelielas ražas gados par 28% vairāk. Mulčas variantā nelielas ražas gados iznesa pat uz pusi mazāk kālija, bet pilienvēda apūdeņošanas variantā par trešdaļu mazāk kālija, nekā bagātas augļu ražas gados. Kopumā ar 10 kg divgadīgo zaru un lapu biomasu pavasara ābeļu vainaga veidošanas laikā vidēji iznesa 26.00 g slāpekļa, 8.15 g fosfora un 23.20 g kālija, jeb no hektāra ābeļdārza iznes 3.50 kg slāpekļa, 1.30 kg fosfora un 2.30 kg kālija. Ar 10 kg daudzgadīgo zaru biomasu pavasara ābeļu vainaga veidošanas laikā vidēji iznesa 22 g slāpekļa, 6.60 g fosfora un 12.60 g kālija, jeb no hektāra ābeļdārza iznesa 0.95 kg slāpekļa, 0.25 kg fosfora un 0.49 kg kālija.

Barības elementu iznese ar vasaras vainaga veidošanā nogrieztajām veģetatīvajām daļām bija būtiski atkarīga no tekošā gada augļu ražas slodzes un nogrieztās zaru un lapu biomasas. Bagātas ražas gados ābeles uzņēma pat 2 reizes vairāk slāpekļa, bet augstākā kālija koncentrācija ābeļu zaros konstatēta nelielas ražas gados. Barības elementu koncentrācija visaugstākā bija viengadīgajos zaros un lapās, tāpēc ar vasaras acošanai grieztajiem potzariem no dārza var iznest ievērojamu daudzumu barības elementu. Ja zarus atstāj dārzā un sasmalcina, tad šo iznesi mēslošanas plānā neietver, bet, ja zarus no dārza iznes, tad jārēķinās, ka slāpekļa iznese ar vasaras vainaga veidošanā nogrieztajiem zariem sastāda 35 – 37%, fosfora iznese sastāda 26 – 33%, bet kālija 16 – 22% no kopējās izneses veģetācijas periodā.

Slāpekļa, fosfora un kālija koncentrācija augļos. Slāpekļa koncentrāciju augļos būtiski ietekmēja pielietotie augsnes mitruma uzturēšanas paņēmieni ($p < 0.05$). Visos pētījuma gados konstatēts, ka, mulčējot apdobs, ābolos slāpekļa koncentrācija bija zemāka (par aptuveni 24% salīdzinājumā ar kontroles variantu un par 11% salīdzinājumā ar pilienvēda apūdeņošanas variantu), turklāt šī starpība bija būtiska ($p < 0.05$) (5. att.).



5. att. Slāpekļa, fosfora un kālija koncentrācija augļos/
Fig. 5. N , P_2O_5 and K_2O concentration in apple yield

□ kontrole / control ▣ mulča / mulch ▤ pilienvēda apūdeņošana / fertigation

Fosfora koncentrāciju ābolu sausnā būtiski neietekmēja pielietotie augsnes mitruma uzturēšanas paņēmieni. Kālija koncentrācija ābolu sausnā nemainījās atkarībā no pielietotā augsnes mitruma uzturēšanas paņēmiena, bet bija būtiski atkarīga no tekošā gada augļu ražas slodzes. Jo zemāka raža, jo augstāka kālija koncentrācija ābolos ($r = 0.87$). Šī pētījuma rezultāti sakrīt arī ar citu valstu zinātnieku atzinumiem, ka mazas ražas gados ābolos ir augstāka kālija, bet zemāka slāpekļa koncentrācija, līdz ar to tajos krasi samazinās kalcija un kālija attiecība un palielinās risks parādīties korķplankumanības simptomiem, kas bojā augļiem tirgus izskatu un garšu.

Iznese ar augļiem. Bagātas ražas gados, kādi bija 2009. un 2011. gads, slāpekļa iznesi pielietotie augsnes mitruma uzturēšanas paņēmieni būtiski neietekmēja – būtiski augstāka slāpekļa iznese ar ražu konstatēta kontroles variantā tikai 2011. gadā. Savukārt nelielas ražas gados augstākā slāpekļa iznese bija mulčas variantā. Šīs starpības var izskaidrot ar atšķirīgo augļu biomasu. Mazas ražas gados, kāds bija 2008. un 2010. gads, mulčas variantā bija būtiski augstāka ražas biomasa, pat 3 reizes augstāka, nekā kontroles un pilienvēda apūdeņošanas variantos. Arī bagātas ražas gados biomasa mulčas variantā bija par 10 – 18% augstāka nekā kontroles variantā un par 3 – 13% augstāka nekā pilienvēda apūdeņošanas variantā, taču starpība starp variantiem nebija būtiska. Slāpekļa iznesi noteica arī sausnas saturs ābolos. Augstākais sausnas saturs ābolos bija kontroles variantā (vidēji 13.07%), mulčas variantā tas bija par 3%, bet pilienvēda apūdeņošanas variantā par 3.5% zemāks.

Ar 1 tonnu ābolu bagātas ražas gados kontroles variantā iznesa 0.63 kg slāpekļa, nelielas ražas gados slāpekļa iznese bija par 12.6% zemāka, apdobju mulčēšana samazināja slāpekļa iznesi aptuveni par piektdaļu. Mulčas variantā bagātas ražas gados ar 1 tonnu augļu iznesa 0.49 kg slāpekļa, nelielas ražas gados iznese bija par 14% zemākas. Pilienvēda apūdeņošanas variantā ar 1 tonnu ābolu bagātas ražas gados iznesa 0.54 kg slāpekļa, bet nelielas ražas gados šī elementa iznese bija par 15% zemāka. Tātad nelielas ražas gados, nepielietojot augsnes mitruma uzturēšanas pasākumus, vidēji gadā no hektāra (1666 koki) tiek iznests 0.92 kg slāpekļa, mulčas variantā 3.45 kg, bet pilienvēda apūdeņošanā 1.29 kg slāpekļa. Bagātas ražas gados izneses sastāda attiecīgi 28.98 kg, 26.61 kg un 26.89 kg slāpekļa.

Tāpat kā slāpekļa, arī fosfora iznese stipri variēja pa gadiem. Būtiski augstāka fosfora iznese konstatēta mulčas variantā, bet kontroles un pilienvēda apūdeņošanas variantos tā bija par 20 – 22% zemāka. Ar 1 tonnu ābolu bagātas ražas gados kontroles variantā iznesa 0.24 kg fosfora, nelielas ražas gados fosfora iznese bija par 8.3% augstāka. Mulčas variantā bagātas ražas gados ar 1 tonnu augļu iznesa 0.22 kg fosfora, nelielas ražas gados iznese bija par 4.3% augstāka. Pilienvēda apūdeņošanas variantā ar 1 tonnu ābolu bagātas ražas gados iznesa 0.21 kg fosfora, bet nelielas ražas gados šī elementa iznese bija par 12.5% augstāka. Nelielas ražas gados, nepielietojot augsnes mitruma uzturēšanas pasākumus, vidēji gadā no hektāra kontroles variantā tiek iznests 0.43 kg fosfora, mulčas variantā 1.86 kg, bet pilienvēda apūdeņošanā 0.69 kg fosfora. Bagātas ražas gados iznese sastāda attiecīgi 10.84 kg, 12.49 kg un 10.44 kg fosfora.

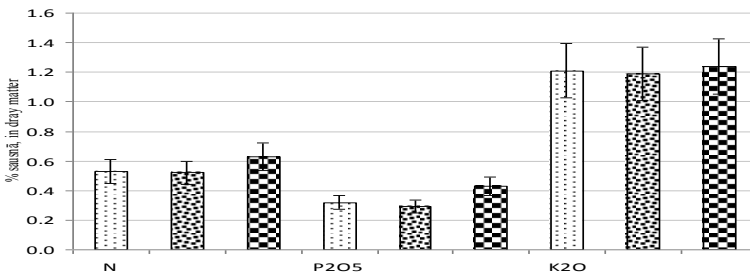
Tāpat kā slāpekļa un fosfora, arī kālija iznese krasi atšķīrās pa gadiem ābeļu periodiskas ražošanas dēļ. Ar 1 tonnu ābolu bagātas ražas gados kontroles variantā iznesa 1.38 kg kālija, nelielas ražas gados kālija iznese bija par 13.23% augstāka. Apdobju mulčēšana neietekmēja kālija iznesi. Mulčas variantā bagātas ražas gados ar 1 tonnu augļu iznesa 1.33 kg

kālija, nelielas ražas gados iznese bija par 16% augstāka. Pilienveida apūdeņošanas variantā ar 1 tonnu ābolu bagātas ražas gados iznesa 1.34 kg kālija, bet nelielas ražas gados šī elementa iznese bija par 15.5% augstāka. Tātad nelielas ražas gados, nepielietojot augsnes mitruma uzturēšanas pasākumus, vidēji gadā no hektāra kontroles variantā tiek iznests 1.0 kg kālija, mulčas variantā 13.1 kg, bet pilienveida apūdeņošanā 4.6 kg kālija. Bagātas ražas gados iznese sastādīja attiecīgi 61.6 kg, 72 kg un 66.4 kg kālija.

Ar ražu barības elementi no dārza tiek iznesti neatgriezeniski. Nelielas ražas gados barības elementu iznese sastādīja tikai ap 10% no kopējām iznesēm, bet bagātas ražas gados pat vairāk nekā 50%. Nelielas ražas gados ābolos tika uzņemts vairāk kālija, bet mazāk slāpekļa. Augsnes mitruma uzturēšanas paņēmieni izmantošana būtiski ietekmēja ābeļu ražu, līdz ar to arī barības elementu iznesi.

Slāpekļa, fosfora un kālija koncentrācija nobirušajās lapās.

Augsnes mitruma uzturēšanas paņēmieni būtiski neietekmēja ($p > 0.05$) kopējā slāpekļa koncentrāciju nobirušo lapu sausnā (6. att.).



6. att. Slāpekļa, fosfora un kālija koncentrācija nobirušajās lapās

Fig. 6. N, P₂O₅ and K₂O concentration in fallen leaves

□ kontrolē / control ▨ mulča / mulch ▩ pilienveida apūdeņošana / fertigation

Konstatēta pozitīva, kaut nebūtiska sakarība ($r = 0.55$) starp tekošā gada augļu ražas lielumu un slāpekļa koncentrāciju nobirušo lapu sausnā – jo lielāka raža, jo lielāka slāpekļa koncentrācija. Zemākā slāpekļa koncentrācija nobirušo lapu sausnā konstatēta 2008. un 2010. pētījumu gados, kad bija zemākā raža. Fosfora koncentrāciju ābeļu nobirušo lapu sausnā visos pētījuma gados būtiski palielināja apūdeņošanas izmantošana. Konstatēta pozitīva, kaut nebūtiska korelācija ($r = 0.38$) starp fosfora koncentrāciju nobirušajās lapās un ražu. Kaut arī ne augsnes mitruma uzturēšanas paņēmiena pielietošana, ne augļu ražas slodze neietekmēja kālija koncentrāciju ābeļu lapu sausnā, šī elementa īpatsvars 2 reizes pārsniedza slāpekļa un 3 reizes fosfora saturu ābeļu lapu sausnā.

Iznese lapkritī. Slāpekļa atšķirīgā iznese starp variantiem balstījās uz būtiski atšķirīgo lapu biomasu, kas visos pētījuma gados, izņemot 2011., bija būtiski lielāka mulčas un pilienvēda apūdeņošanas variantā, kā arī sausnas saturu lapās. Slāpekļa iznese mulčas un pilienvēda apūdeņošanas variantos būtiski pārsniedza šī elementa iznesi kontroles variantā. Pie zemas ražas kontroles variantā iznesa par 40% mazāk slāpekļa, nekā bagātas ražas gados, mulčas variantā iznese bagātas ražas gados bija pat 2 reizes lielāka, bet pilienvēda apūdeņošanas variantā par 30% lielākas. No ha nelielas ražas gadā ar nobirušajām lapām no kontroles varianta vidēji iznesa 3.83 kg slāpekļa, mulčas variantā 5.44 kg, bet pilienvēda apūdeņošanā 7.35 kg slāpekļa. Bagātas ražas gados iznese sastādīja attiecīgi 6.54 kg, 10.56 kg un 9.76 kg slāpekļa.

Visos pētījumu gados zemākā fosfora iznese konstatēta kontroles variantā, bet augstākā pilienvēda apūdeņošanas ietekmē. Fosfora iznese ar nobirušajām lapām ražas slodzes ietekmē būtiski atšķīrās kontroles un mulčas variantos, kur tā bagātas ražas gados konstatēta par 30% lielāka nekā mazas ražas gados. Ar 1 tonnu nobirušo lapu bagātas ražas gados kontroles variantā iznesa 1.30 kg fosfora, nelielas ražas gados 0.87 kg, mulčas variantā attiecīgi 1.07 kg un 0.78 kg, bet pilienvēda apūdeņošanas variantā 1.44 un 1.18 kg fosfora. Mazas ražas gadā ar nobirušajām lapām kontroles variantā vidēji iznesa 2.59 kg fosfora, mulčas variantā 3.79 kg, bet pilienvēda apūdeņošanā 5.74 kg slāpekļa. Bagātas ražas gados fosfora iznese sastāda attiecīgi 3.81 kg, 5.17 kg un 6.02 kg fosfora.

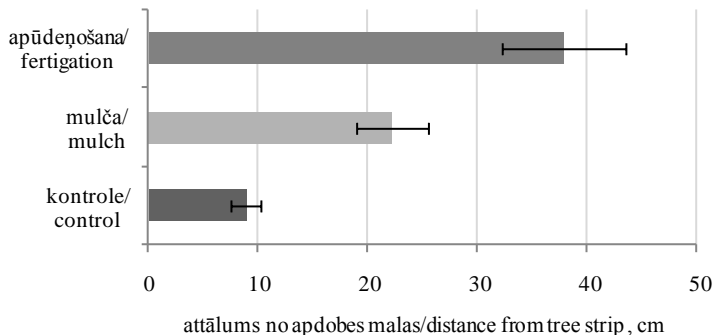
Kālija iznese ar nobirušajām lapām vidēji visos pētījuma gados mulčas un pilienvēda apūdeņošanas variantos bija par 30 – 36% lielāka nekā kontroles variantā. Ar 1 tonnu nobirušo lapu bagātas ražas gados kontroles variantā iznesa 4.26 kg kālija, nelielas ražas gados 3.92 kg, mulčas variantā attiecīgi 3.80 kg un 3.69 kg, bet pilienvēda apūdeņošanas variantā 3.62 un 4.13 kg kālija. Ražas slodze būtiski neietekmēja kālija iznesi ne kontroles variantā (11.31 – 12.45 kg ha⁻¹), ne mulčas variantā (18.29 – 18.49 kg ha⁻¹). Pilienvēda apūdeņošanas variantā nelielas ražas gados no hektāra iznesa 15.05 kg, bet bagātas ražas gados par 25% vairāk kālija.

Pielietojot šos pētījuma rezultātus mēslošanas plāna sastādīšanā, jāņem vērā, ka ne visas lapas tiek iznestas no dārza – respektīvi, ne visas aizpūš vējš. Pēc citu valstu zinātnieku pētījumiem, vējš no dārza aizpūš no 30% līdz 80% lapu. Pārējās lapas paliek dārzā, un slāpekļlis nonāk atpakaļ aprītē.

Pielietotie augsnes mitruma uzturēšanas paņēmieni būtiski ietekmēja barības elementu iznesi lapkritī. Lai arī slāpekļa iznese ar nobirušajām lapām sastāda 10 – 15%, fosfora iznese sastāda 17 – 29%, bet kālija 18 – 25% no kopējās izneses veģetācijas periodā, jāņem vērā, ka aptuveni 30-50% lapu no dārza aizpūš vējš, pārējās paliek dārzā un barības elementi atgriežas aprītē.

Ābeļu un dārza rindstarpās audzēto zālaugu mijiedarbība

Zālaugu sakņu horizontālais izvietojums. Kontroles variantā zālaugu saknes apdobē horizontālā virzienā iestiepās apmēram 9 cm tālu apdobē, kamēr variantā ar mulču gandrīz 3 reizes tālāk, bet pilienveida apūdeņošanas variantā pat 5 reizes tālāk, nekā kontroles variantā, turklāt starpība bija būtiska ($F_{\text{fakt.}} > F_{\text{krit}}$) (7. att.).

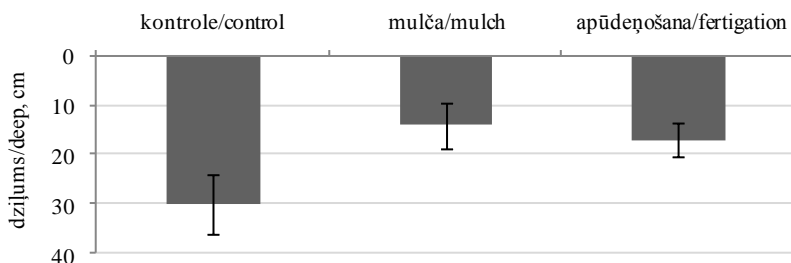


7. att. Zālaugu sakņu horizontālā augšana apdobēs /

Fig. 7. Horizontal growth of grass in tree strips

Šīs starpības varētu izskaidrot ar atšķirīgajiem minerālās barošanās apstākļiem starp augsnes mitruma uzturēšanas variantiem, un to, ka zālaugu saknes ir agresīvas un tiecas koncentrēties vietās, kur labāki augšanas apstākļi.

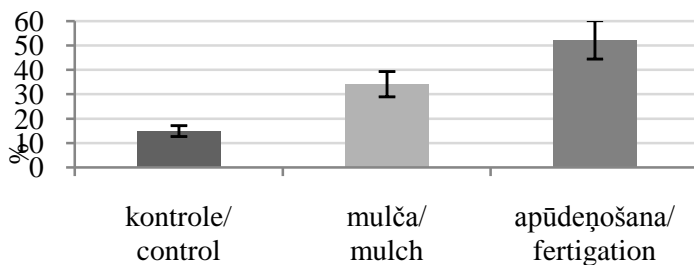
Zālaugu sakņu vertikālais izvietojums. Zālaugu sakņu vertikālā augšana apdobē būtiski atšķīrās no horizontālā zālaugu sakņu izvietojuma. Kontroles variantā zālaugu saknes apdobē sniedzās 2 reizes dziļāk (pat līdz 40 cm dziļumam) nekā mulčas un pilienveida apūdeņošanas variantos, kur zālaugu saknes no apdobes malas iestiepās vidēji 15 cm dziļumā (8. att.). Mulčas un pilienveida apūdeņošanas variantos zālaugu sakņu dziļums apdobēs būtiski neatšķīrās, kaut arī mulčēšanas ietekmē zālaugu, līdzīgi kā ābeļu saknes, bija koncentrējušās vairāk augsnes virsējā slānī. Šīs atšķirības varētu būt saistītas ar mainīgajiem mitruma apstākļiem, kā arī zināmu mitruma deficītu kontroles variantā.



8. att. Zālaugu sakņu vertikālā augšana apdobēs /
Fig. 8. Vertical growth of grass in tree strips

Mulčas un pilienvēda apūdeņošanas variantos mitruma saturs, īpaši augsnes virsējā slānī, iespējams, bija augstāks, tāpēc ne tikai ābeļu saknes, bet arī zālāja saknes koncentrējās seklā augsnes slānī.

Ābeļu un zālaugu sakņu konkurences laukums. Augsnes mitruma uzturēšanas paņēmieni būtiski ietekmēja zālaugu un ābeļu sakņu iespējamo konkurenci (9. att.). Kontrolē variantā zālaugu saknes aizņēma 15% no ābeļu galvenās sakņu sistēmas aizņemtā laukuma augsnes profilā. Tas nozīmē, ka zālaugu saknes konkurēja ar ābeļu saknēm 15% – tos ābeļu galvenās sakņu daudzuma aizņemtajā platībā.

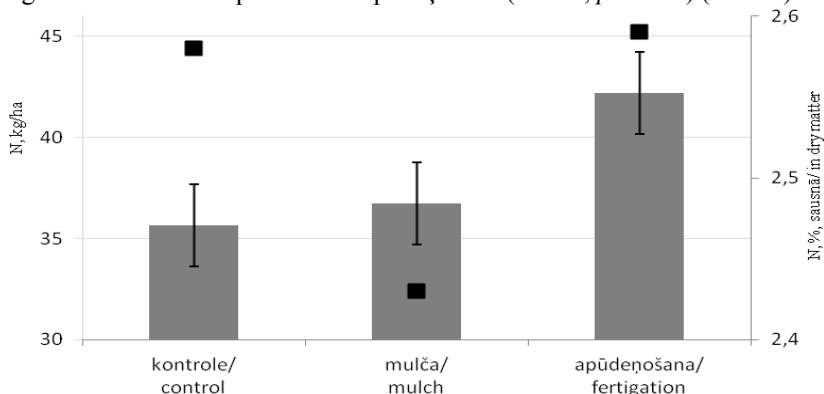


9. att. Zālaugu sakņu aizņemtā laukuma īpatsvars no galvenās ābeļu sakņu masas aizņemtā laukuma apdobes joslā /
Fig. 9. Grass root distribution in strips relative to the area occupied by apple tree roots

Mulčas variantā ābeļu galvenās sakņu masas un zālāja sakņu konkurences laukums sastādīja 34.2% no platības, bet pilienvēda

apūdeņošanas variantā pat 52.4%. Tas nozīmē, ka pusē no galvenās sakņu masas aizņemtā laukuma iespiedušās zālāja saknes, kas varēja būtiski ietekmēt sakņu sistēmas attīstību. Būtiskās atšķirības variantu starpā varētu izskaidrot ar to, ka mulčas un apūdeņošanas variantos apdabes joslā, iespējams, bija daudz labāki sakņu augšanas apstākļi, optimālāks mitruma režīms nekā zem zālaugiem Īpaši mitruma ietekme uz zālaugu sakņu iespiešanos apdobē varētu būt jūtama sausos gados.

Slāpekļa iznese ar nopļautajiem zālaugiem. Pētījuma rezultāti liecina, ka slāpekļa koncentrāciju augļu dārzā rindstarpās audzētajos zālaugos neietekmēja pielietotie augsnes mitruma regulēšanas paņēmieni – zāģu skaidu mulča un pilienvēda apūdeņošana ($n = 54, p > 0.05$) (10. att.).

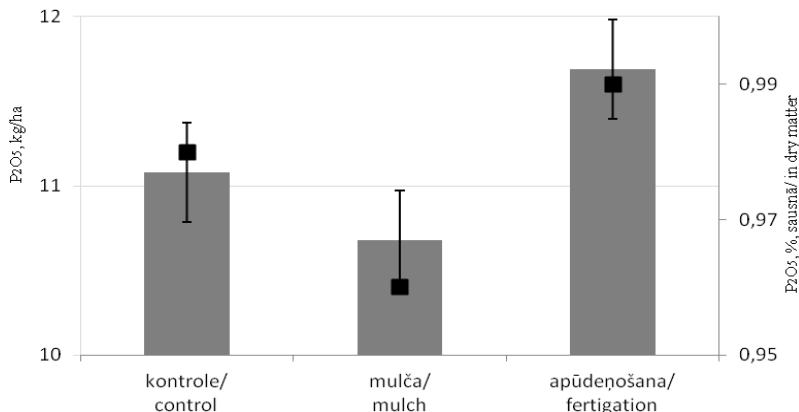


10. att. Slāpekļa koncentrācija (%) un iznese ar nopļautajiem zālaugiem, kg ha^{-1} .
Fig. 10. N concentration in the mown grass and N removal, kg ha^{-1} .

2009. pētījumu gadā slāpekļa koncentrācija zālaugos bija būtiski atkarīga no pļaušanas reizes un attāluma no apdabes joslas. Būtiski augstāka slāpekļa koncentrācija zālaugos konstatēta trešajā pļaušanas reizē, kā arī otrajā pļaušanas reizē 0 – 15 cm attālumā no apdabes joslas. 2010. gadā slāpekļa koncentrāciju zālaugos neietekmēja ne pļaušanas laiks, ne pielietotais augsnes mitruma uzturēšanas paņēmiens, ne arī attālums no apdabes joslas, tomēr bija vērojama tendence mulčas variantā slāpekļa koncentrācijai zālaugos samazināties. Vairāk izteikts tas bija 0 – 15 cm attālumā no apdabes joslas. 2011. pētījumu gadā zemākā slāpekļa koncentrācija zālaugos konstatēta pirmajā pļaušanas reizē. Līdzīgi kā iepriekšējos gados, arī 2011. gadā zālaugos mulčas variantā konstatēta zemāka slāpekļa koncentrācija. Zemākais slāpekļa saturs mulčas variantā varētu būt izskaidrojams ar to, ka slāpekļi, ko zāģu skaidām sadaloties, mikroorganismi izmanto savu dzīvības procesu nodrošināšanai, vēl nav atbrīvojušies, bet turpinās imobilizācijas procesu. Kaut arī slāpekļa

koncentrācija kontroles un pilienveida apūdeņošanas variantos zālaugos bija augstāk nekā mulčas variantā, tomēr kopējās slāpekļa iznese ar nopļautajiem zālaugiem kontroles variantā bija vismazākās, turklāt tās būtiski atšķīrās no slāpekļa izneses pilienveida apūdeņošanas variantos, kurā iznese bija 16% augstāka ($p < 0.05$). Šādas atšķirības iegūtas tāpēc, ka nopļauto zālaugu sausnas masa pa variantiem bija būtiski atšķirīga.

Fosfora izneses ar nopļautajiem zālaugiem. Pētījuma rezultāti liecina, ka fosfora koncentrāciju augļu dārzā rindstarpās audzētajos zālaugos 2009. gadā ietekmēja pielietotie augsnes mitruma uzturēšanas paņēmieni – zāģu skaidu mulča un pilienveida apūdeņošana ($n = 54, p < 0.05$) (11. att.). Fosfora koncentrācija zālaugos viszemākā bija pirmajā pļāvumā 0 – 30 cm attālumā no apdobses joslas. Otrajā pļaušanas reizē zālājā fosfora koncentrācija bija par 8 – 12% augstāka, taču starp fosfora koncentrāciju zālājā starp pirmo un otro pļaušanas laiku netika konstatētas būtiskas atšķirības ($p > 0.05$).

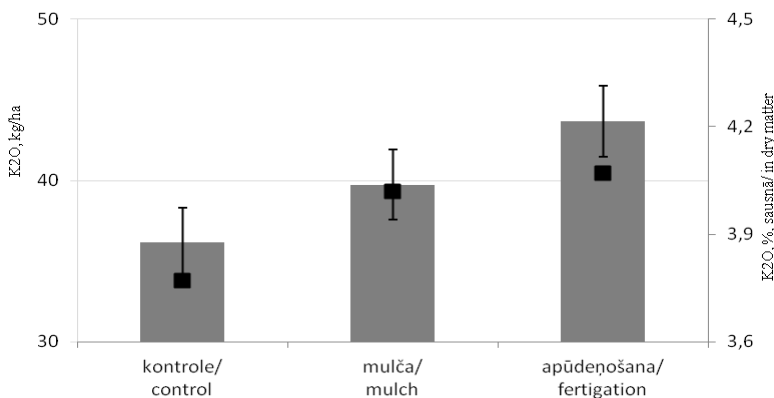


11. att. P_2O_5 koncentrācija un iznese ar nopļautajiem zālaugiem, $kg\ ha^{-1}$.
 Fig. 11. P_2O_5 concentration in the mown grass and P_2O_5 removal, $kg\ ha^{-1}$.

2010. gadā kopumā fosfora koncentrācija zālaugos bija augstāka nekā 2009. gadā Pirmajā pļaušanas reizē fosfora koncentrācija zālaugos bija viszemākā, tomēr būtiski pārsniedza fosfora koncentrāciju, kāda bija pirmajā pļaušanas reizē 2009. gadā. Otrajā un trešajā pļaušanas reizē fosfora koncentrācija zālaugos būtiski neatšķīrās no fosfora koncentrācijas 2009. gadā. Šīs atšķirības varētu izskaidrot ar būtiski lielāko nokrišņu daudzumu 2010. gada maijā, jo mitrums, iespējams, pozitīvi ietekmēja barības elementu, tostarp arī fosfora uzņemšanu augos. Visos pētījumu gados fosfora koncentrācijai zālaugos bija tendences pieaugt līdz attālumu no

apdabes joslas. Līdzīgi kā fosfora koncentrācija kontroles un pilienveida apūdeņošanas variantos zālaugos bija augstāka nekā mulčas variantā, arī fosfora iznese ar nopļautajiem zālaugiem mulčas variantā bija vismazākā, turklāt tā ievērojami atšķirās no fosfora izneses pilienveida apūdeņošanas variantā, kurā iznese bija par 9% lielāka. Kontroles variantā fosfora iznese bija par 4% lielāka nekā mulčas variantā ($p < 0.05$).

Kālija izneses ar nopļautajiem zālaugiem. Kālija koncentrāciju nopļauto zālaugu sausnā ietekmēja mulčas un pilienveida apūdeņošanas izmantošana, kaut būtiska starpība konstatēta tikai starp kontroles un pilienveida apūdeņošanas variantiem (12. att.).



12. att. K_2O koncentrācija un iznese ar nopļautajiem zālaugiem, $kg\ ha^{-1}$.
 Fig. 12. K_2O concentration in the mown grass and K_2O removal, $kg\ ha^{-1}$.

2009. gadā zemākā kālija koncentrācija nopļautajos zālaugos bija pirmajā pļaušanas reizē. 0 – 15 cm attālumā no apdabes joslas zemākā kālija koncentrācija zālaugos tika konstatēta kontroles variantā. Mulčas un pilienveida apūdeņošanas variantos kālija koncentrācija bija par 16% augstāka. 15 – 45 cm attālumā no apdabes joslas kontroles un pilienveida apūdeņošanas variantos kālija koncentrācija bija līdzīga kā 0 – 15 cm attālumā, bet kālija koncentrācija mulčas variantā bija par 38% zemāka, turklāt starpība bija būtiska ($p < 0.05$). Otrajā pļaušanas reizē kālija koncentrācija zālaugos kopumā bija par 5 – 15%, augstāka, būtiski zemāka kālija koncentrācija konstatēta zālaugos mulčas variantā 0 – 15 cm attālumā no apdabes joslas. 15 – 30 cm attālumā no apdabes joslas augstākā kālija koncentrācija konstatēta zālaugos pilienveida apūdeņošanas variantā. Trešajā pļaušanas reizē kālija koncentrācija zālaugos bija par 55% augstāka nekā pirmajā un par 30% augstāka nekā otrajā pļaušanas reizē, turklāt atšķirības

bija būtiskas ($p < 0.05$). Trešajā pļaušanas reizē kālija koncentrācijai zālaugos bija tendence pieaugt līdz ar attālumu no apdobes joslas. Kālija koncentrācijas pieaugums īpaši izteikts kontroles variantā, kaut arī būtiska ietekme netika konstatēta. 2010. gadā kopumā kālija koncentrācija nopļautajos zālaugos bija par 10% augstāka nekā 2009. gadā. Pirmajā pļaušanas reizē 0 – 30 cm attālumā no apdobes joslas zemākā kālija koncentrācija zālaugos konstatēta kontroles variantā, augstākā mulčas variantā, kaut gan atšķirība nebija būtiska. 30 – 45 cm attālumā no apdobes joslas pilienvēda apūdeņošanas variantā konstatēta būtiski augstāka kālija koncentrācija zālaugos, salīdzinot ar citiem variantiem. Otrajā pļaušanas reizē kālija koncentrācija zālaugos bija par 10% augstāka nekā pirmajā pļaušanas reizē, turklāt līdz ar attālumu no apdobes joslas tai bija tendence pieaugt. Trešajā pļaušanas reizē kālija koncentrācija zālaugos bija par 25% augstāka nekā pirmajā pļaušanas reizē, kur visos attālumos no apdobes joslas kālija koncentrācija zemākā bija kontroles variantā. 2011. gadā kālija koncentrācija nopļauto zālaugu sausnā kopumā bija līdzīga kā iepriekšējā pētījuma gadā. Zemākā kālija koncentrācija konstatēta pirmajā pļaušanas reizē, turklāt kontroles un mulčas variantos tā bija būtiski zemāka, nekā pilienvēda apūdeņošanas variantā, kur kālija koncentrācija bija pat par 30% augstāka, turklāt starpība bija būtiska.

Pielietotie augsnes mitruma uzturēšanas paņēmieni būtiski ietekmēja arī kālija iznesi ar nopļautajiem zālaugiem. Vismazāk kāliju iznesa kontroles variantā ($33.61 - 38.01 \text{ kg ha}^{-1}$), apdobju mulčēšana augļu dārzā kālija iznesi palielināja par 10%, bet pilienvēda apūdeņošanas izmantošana – par 15%, salīdzinot ar kontroles variantu. Latvijā līdz šim pētījumi par barības elementu iznesēm augļu dārzu rindstarpās nav zināmi, tāpēc nav datu par nopļauto zālaugu sadalīšanās ātrumu un barības elementu atgriešanos atpakaļ aprītē, taču citu valstu zinātnieki izpētījuši, ka barības elementi atgriežas atpakaļ aprītē jau 1 – 2 gadus pēc zālāja pļaušanas. Pie tam izpētīts, ka, atstājot nopļautos zālaugus dārzā, vai metot to uz apdobēm, augsnē būtiski tiek palielināta organiskā viela, kas labvēlīgi ietekmē slāpekļa un citu barības elementu apriti un pieejamību augiem.

Barības elementu iznesi ar nopļautajiem zālaugiem viennozīmīgi dēvēt par iznesi nevarētu, jo nopļautie zālaugi vienmēr tiek atstāti dārzā. Tomēr šie rezultāti var būt par pamatu tālākiem barības elementu, īpaši slāpekļa aprites pētījumiem augļu dārzā, kā arī kvalitatīva, ekonomiski un zinātniski pamatota mēslošanas plāna sastādīšanā, jo no tā, vai zālaugi paliek rindstarpās, vai tiek mesti uz apdobēm, varētu būt atšķirīgas mēslošanas prasības.

Atšķirībā no barības elementu izneses ar ābeļu veģetatīvajām daļām un ražu, kur barības elementu koncentrāciju būtiski ietekmēja tekošā gada ābolu ražas slodze, starp zālaugu biomasu un barības elementu koncentrāciju tajā matemātiskas sakarības konstatētas netika. Tas varētu būt izskaidrojams ar atšķirīgo zelmeņa sastāvu pļaušanas reizēs. Pavasarī zālaugu zelmenī

dominēja pienenes un baltais āboliņš, bet vairāk uz rudens pusi baltais āboliņš un stiebrzāles. Barības elementu koncentrāciju niecīgās izmaiņas zālaugos, salīdzinājumā ar ābelēm, iespējams, liecina par to, ka zālaugi varētu būt agresīvāki par ābelēm un spējīgi barības elementus uzņemt arī atšķirīgos augsnes mitruma apstākļos. Mulčas un apūdeņošanas izmantošana būtiski ietekmēja zālaugu un ābeļu sakņu iespējamo konkurenci un liek meklēt risinājumu starprindā audzētā zālāju sakņu ierobežošanai, piem., plašāka apdobe, zālāju sakņu apgriešana. Zālaugu biomasas veidošanai veģetācijas periodā 1 ha augļu dārzā nepieciešams 35 – 42 kg slāpekļa, 10 – 12 kg fosfora un 36 – 42 kg kālija. Šos aprēķinus nevar tiešā veidā nosaukt par iznesi, taču tie jāņem vērā pie mēslošanas plāna sastādīšanas, jo būtiski var ietekmēt barības elementu apriti augļu dārzā, īpaši, ja nopļautie zālaugi tiek mesti uz apdabēm.

SECINĀJUMI

1. Augsnes mitruma regulēšana ietekmē ābeļu sakņu izvietojumu augsnē, kas ir jāņem vērā vācot augsnes paraugus agroķīmisko īpašību noteikšanai. Salīdzinot ar stādījumiem bez mitruma regulēšanas, mulčējot apdabes, galvenā sakņu masa izvietojas tuvāk stumbram, bet pielietojot pilienvēda laistīšanu – saknes ir gan īsākas, gan arī izvietojas seklāk.

2. Ņemot vērā iepriekš teikto, tiek rekomendēts šāds augsnes paraugu ņemšanas dziļums: stādījumos bez mitruma regulēšanas līdz 45 cm un 75 cm rādiusā ap koku; mulčas un pilienvēda apūdeņošanas variantā līdz 30 cm dziļumam un 60 cm rādiusā ap koku.

3. Ieteiktā augsnes paraugu ņemšanas, kā arī mēslojamā platība ābelēm ir šāda: stādījumos bez mitruma regulēšanas 75 cm rādiusā ap koku, mulčējot apdabes – 75 cm, bet pielietojot pilienvēda laistīšanas sistēmu – 60 cm.

4. Pielietotie augsnes mitruma uzturēšanas paņēmieni būtiski neietekmēja augu barības elementu iznesi ar ābeļu pavasara vainaga veidošanā nogrieztajiem zariem. Salīdzinoši lielāka (8.43 kg N, 1.32 kg P₂O₅, 2.36 kg K₂O ha⁻¹) tā bija potenciāli augstas augļu ražas gadā. Šo iznesi tieši var neņemt vērā mēslošanas normu un devu plānošanā, ja nogrieztos zarus sasmalcina un atstāj dārzā, taču vajadzības gadījumā var veikt aprēķināto lielumu korekciju.

5. Arī augu barības elementu iznesi ar ābeļu vasaras vainaga veidošanā nogrieztajiem zariem un lapām (11.7 kg N un 2.7 kg P₂O₅, 7.5 kg K₂O ha⁻¹) tieši var neņemt vērā mēslošanas normu un devu plānošanā, ja nogrieztos zarus sasmalcina un atstāj dārzā, taču vajadzības gadījumā var veikt aprēķināto lielumu korekciju.

6. Augu barības elementu iznese ar nobirušām lapām neatkarīgi no pielietotās agrotehnikas vidēji sastādīja 7.3 kg N, 4.5 kg P₂O₅ un 15.9 kg K₂O ha⁻¹) un to var neņemt vērā mēslošanas normu un devu plānošanā.

7. Augu barības elementu iznese ar augļu ražu vidēji sastādīja 14.7 kg N, 6.1 kg P₂O₅ un 36.7 kg K₂O ha⁻¹, tā maz mainījās no pielietotā mitruma regulēšanas paņēmiena, bet gan no iegūtās ražas. Plānojot mēslošanas normas un devas, jāreķinās, ka augstas ražas gados no augsnes tiks iznests vidēji 15 reizes vairāk barības elementu, nekā zemas ražas gados, jeb uz tonnu novākto ābolu 0.55 kg N, 0.22 kg P₂O₅ un 1.35 kg K₂O ha⁻¹.

8. Apdobju mulčēšana paaugstināja zālaugu sakņu iespīšanas apdobses joslā par 17%, bet pilienvēda apūdeņošanas izmantošana par 37%, salīdzinot ar stādījumiem bez mitruma regulēšanas. Ņemot vērā zālaugu konkurenci pēc barības vielām un īslaicīgo to imobilizāciju, slāpekļa norma šādos stādījumos būtu jāpalielina par 10%.

INTRODUCTION

While integrated or environment-friendly fruit growing is developing in Latvia, use of mineral fertilizers is limited by EU Nitrate Regulations Nr. 91/676 EK and LR Minister Cabinet regulations Nr. 531 and Nr.406 developed on the basis of the Guidelines of Integrated Fruit and Berry Growing, which demand to reduce as well as keep records on the fertilizer use. The aim of these regulations is to increase the effectiveness of fertilizing, to obtain the desirable result by as little as possible fertilizer use. Thus the accent is placed on the improvement of technologies, more precise determination of fertilizer norms and doses, monitoring of plant nutrition, control of environment conditions, to minimize the negative effect of fertilizing. Studies explaining the removal of plant nutrients in orchards of Latvia have been performed in the 1960ties - 1970ties for apple-trees on vigorous rootstocks. These studies form the base of the fertilizing recommendations developed at the time and still in found in horticultural literature.

A standard growing technology in fruit orchards is apple-tree pruning. With cut off plant parts the plant nutrients which they contain are removed from the nutrient turnover. The same happens with leaves fallen in autumn. Fruit harvest also irreversibly removes nutrients from the orchard. At development of the basic principles for fertilizing plans, it is necessary to find out if such nutrient translocations are economically significant, whether their amounts should be included in calculations for the annual fertilizer doses, or if they can be ignored. Problems of fertilizing are closely related to other agro-technical operations. In the recent years because of periodical rainfall deficit fruit growers are increasingly using soil moisture regulation

technologies: mulching of tree strips as well as various irrigation systems. So these factors must be taken into account when planning fertilizer application. Nowadays apple-trees in commercial orchards are planted mostly on dwarfing or medium vigour vegetative propagated rootstocks which have a root system morphologically different from the traditional seedling rootstocks, therefore have also different demand for the growing conditions. Taking into account the above said, it is important to clarify the spatial distribution and structure of the root system in orchards, to gain knowledge about the possibilities of plant nutrient uptake and the orchard area to which fertilizers must be applied.

With grasses in the alleyways new plant populations are introduced into the orchard ecosystem, which may change the plant biocenotic interrelations, thus creating serious competition between grasses and apple-trees for water and nutrients. Evaluation is necessary for the effect of such competition on the nutrient availability for apple-trees, as well as the necessity to take into account this factor in making fertilizing plans.

Apple cultivar 'Melba', which is widely grown in Latvia and is characterized by biennial bearing, was chosen for the study, grown on B9 – one of the most popular dwarfing rootstocks in Latvia. It can be assumed that the results of this study may be attributed to plantations with cultivars and rootstocks of this type.

Hypothesis of the study: mulching of tree strips and drip irrigation (fertigation) change the removal of nitrogen, phosphorus and potassium, the horizontal and vertical distribution of the apple-tree root system. Grasses grown in alleyways create competition to apple-trees both in moisture supply and nutrient uptake.

Aim of the study: theoretical background for the improvement of the fertilizing system for apple 'Melba' on dwarfing rootstock B9 in Latvian soil and climate conditions.

Tasks of the research:

1. to determine the horizontal and vertical distribution of the main mass of apple-tree roots in soil;
2. to clarify nitrogen, phosphorus and potassium removal for apple-trees:
 - with branches cut off during spring pruning of apple-trees;
 - with branches and leaves cut off during apple-tree summer pruning;
 - with apple yield;
 - with fallen leaves;
3. to find out the possible interaction between grass and apple-tree roots.

Novelty of the thesis:

1. for the first time in Latvian conditions research was done about the horizontal and vertical spacing of apple-tree roots, using different soil moisture regulation methods;
2. for the first time in Latvian conditions removal of nutrients was studied for apple-trees on a vigour reducing rootstock;

3. for the first time in Latvian conditions research was done on the interaction between grass and apple-trees and their potential competition for water and nutrient uptake.

Results of the research have been summed up and presented in 9 publications in Latvian, English and Russian languages, including reviewed publications of international conferences, symposiums and scientific seminars. Results of the research have been reported in 8 oral and 9 poster presentations at international scientific conferences.

This paper contains 133 pages, includes 18 tables and 50 figures and 12 annex, used 206 literature sources.

The study was done with the support of EU Social Foundation sub-activity "Support to doctoral study program implementation" project „Support to LUA doctoral study implementation" target financing (Nr. 2009/0180/1DP/1.1.2.1.2/09/IPIA/VIAA/017).

MATERIALS AND METHODS

The research was done at the Latvia State Institute of Fruit-Growing, Dobele. For characterization of meteorological conditions data from the Institute weather station were used for years 2007-2011. For characterization of soil moisture supply the hydro-thermic coefficient was used, which is determined as the relation between tenfold precipitation amount during the period with daily average temperatures above 10 °C, and temperature sum in degrees during the same period. The place of the study is located in a level field with good drainage. On the east and west there are protective tree strips (windbreaks). The soil is typical sod carbonate, sandy loam, its agro-chemical parameters are: organic matter on average 21 – 36 g kg⁻¹ of soil (by Tiurin method), soil exchange reaction pH KCl 5.7 – 6.7, plant-usable P₂O₅ 181 – 585 mg kg⁻¹ and K₂O 146 – 268 mg kg⁻¹ of soil (by Egner-Rheem method), exchangeable magnesium 142 – 175 mg kg⁻¹.

Establishment of the trial and growing technology. The study was done on the background of an apple-tree trial planted in spring of 1997. For all trees the tree strips (the tree lines) were maintained grass-free. Width of the alleyways was 3m. Grass in alleyways which was sown at the establishment of the trial was regularly mown (5 – 6 times in season). The trial was established in three replications. One replication included 10 trees. The apple cultivar used for study was 'Melba'. Apple-trees have been budded on rootstock B 9 and planted at distances 1.5 × 4 m as one-year whips. As isolation were planted the cultivars 'Stars', 'Korichnoe Novoe' and 'Spartan', which served also as pollinators. The total number of trees in the trial was 204, including the isolation. Total area of the trial was 1200 m². Trees located in the border zone between moisture regulation treatments

were not included in the measurements. In the alleyways of the apple-tree trial grass mixes were sown containing *Lolium perenne* and *Poa pratensis* in proportion 1:3. In the course of time other plant species appeared in the alleyways, mostly dandelion (*Taraxacum officinale*) and white clover (*Trifolium repens*). The base plots of the trial included variants of soil moisture regulation treatments: control, sawdust mulch and drip irrigation (fertiligation).

In the control and mulch variants mineral fertilizers were spread in the tree strips, while in the fertiligation variant – dissolved in water and given to apple-trees with it. Control of harmful organisms was done in accordance with the established plant protection plan and weather conditions. Control of apple scab was performed following the scab warning computer program RIMpro (relative infection measurement prognosis). To obtain fruits with firmer skin as well as to prevent calcium deficit in the fruits, the trees were given several sprayings of calcium nitrate and calcium chloride solutions during apple maturing.

Observations, measurements and collecting of samples.

Investigation of the root distribution was based on the soil profile method. In 3 replications of each variant 2.6 m long and 1.2 m deep trenches were dug perpendicular to the tree rows, their walls passing by the tree trunk. Roots were counted in the soil profile and grouped accordingly to their cross section diameter into 5 groups: very fine (< 1mm), fine (1 - 2 mm), medium (2 – 5 mm), coarse (5-15 mm), very coarse (> 15 mm). The main root mass was defined as 80% of the total amount of roots (with diameter below 2 mm).

Removal of nutrients was determined during spring and summer pruning of the apple-trees, during fruit harvest and leaf fall. All branches cut during spring pruning were collected and sorted into one-year, two-year and older wood. During summer pruning (mid-July) all branches and shoots removed from the trees were collected and sorted into one-year, two-year and older wood and leaves. Randomized samples were taken from the harvested fruits (10 fruits from each tree). At the beginning of leaf fall all leaves from the tree were collected (removed). The grass was mown 3 times during the growth season. The roots of grass were not counted, but their horizontal and vertical spread into the tree strips was measured. The apple-tree crown radius was measured from the tree trunk middle point and perpendicular to the tree strip, at the end of the vegetation season. The tips of branches most removed from the tree trunk in the horizontal direction were used as reference points. The height of the tree was measured from the soil to the tree top. The trunk diameter was measured at the end of the vegetation season, 20 cm above the graft union.

Methods of soil and plant samples analysis. The collected samples of apple-tree vegetative parts were air-dried at room temperature.

The samples were crushed by a laboratory mill. The chemical analyses of plant samples were done at the Agrochemical analyses research laboratory of LUA, using standard methods approved in the Republic of Latvia: dry matter was determined by drying the sample at 105°C till reaching constant mass (ISO 5983), for determination of phosphorus, calcium and potassium an ash extract was prepared. Phosphorus was determined by colorimetry (ISO 6491), calcium – by titration with trilon B (ISO 6490/1), potassium – with a flame photometer (LV ST ZM 82 – 97). In this study all results of phosphorus and potassium analyses are shown in oxide form, accordingly as P₂O₅ and K₂O.

The amount of organic matter in soil was determined by oxidizing with potassium bichromate (K₂Cr₂O₇) (Tiurin method; LVST ZM 80-97). Soil reaction (pH) was determined by potentiometer in 1M KCl suspension, the relation of soil – solution 1:5 (LVST ZM 81-97; LVS ISO 10390:2002). For determination of plant available phosphorus and potassium the Aegner-Rheim method was used – these elements were extracted from soil with 0.04M solution of calcium lactate. The concentration of phosphorus in the extract was determined with a photoelectric colorimeter, potassium – with a flame photometer (LVST ZM 82-97). Exchangeable magnesium and calcium were detected by an atomic absorption spectrophotometer (LVST ZM 83 – 97 LVST ZM 84 – 97). Mineral nitrogen in the soil was determined by photometry (LVST ZM 90-97). Mobile manganese in the soil was determined by an atomic absorption spectrometer (LVST ZM 88-97). Mobile zinc was extracted from the soil with ammonium acetate buffer solution (LVST ZM 89-97), boron was determined by extracting with hot water and following colorimetry (LVST ZM 86-97).

RESULTS AND DISCUSSION

Distribution of apple tree roots in the soil

Vertical distribution of roots. In the control variant where only weed control was applied in the tree strip (mostly using herbicides), a third of all root amount was situated in the depth of 0 – 15 cm of soil, while in 15 – 45 cm depth 40% of roots were found. The root mass situated in these soil layers did not differ significantly. The main root mass (with diameter below 2 mm) was situated till the depth of 45 cm (Fig.1). Individual roots were found even till 90 cm depth. In the variant with mulch the apple-tree roots were concentrated closer to the soil surface. Already in the depth of 15 cm more than half of the roots were found, but the main root mass occupied a soil layer of 30 cm. This can be explained by the fact that the use of mulch for moisture regulation in tree strips maintained the optimum soil moisture level in the upper 0 – 15 cm of soil, which is shown also by the relatively

small data dispersion. In the soil layer of 15 – 30 cm the variation of root distribution was 2 times higher, which is the evidence of irregular moisture distribution in his soil layer. In the mulch variant root amount in the other soil layers was very low, while individual roots could be found till the depth of 60 – 75 cm. When drip irrigation was used for soil moisture regulation, the main root mass was situated till the depth of 30 cm. Significantly more roots (60%) were situated already till the depth of 15 cm. Individual tree roots, like in the mulch variant, were found till the depth of 75 cm. The variation of root amount in the drip irrigation variant was low, which demonstrates uniform soil moisture distribution in this variant.

Horizontal distribution of roots. In the control variant a fourth of all roots was situated in a 0 – 15 cm distance from the tree trunk, but till 30 cm from the trunk 40% of roots were found. Till the distance of 45 cm from the trunk a half of the root amount was found, while till 60 cm – 67%. The main root mass (80% of roots till 2 mm diameter) were located till the distance of 75 cm from the tree trunk. Individual roots were found till 90 cm from the trunk. About 60 % of the main root mass was concentrated in the grass-free tree strip (Fig.2).

In the variant with mulch (covering the tree strips with sawdust mulch) in the distance of 0 – 15 cm from the tree trunk a third of all roots was situated, but till 30 cm from the trunk - 44% of roots. Till 45 cm from the tree trunk more than a half (61%) of tree roots was found, while till the distance of 60 cm – 73%. The main root mass (80% of roots till 2 mm diameter) were situated till 75 cm from the tree trunk. Individual roots were found till 135 cm from the trunk and even further. About 70% of the main roots mass were concentrated in the tree strip.

In the drip irrigation (fertigation) variant a third of the root amount in soil was situated in the distance of 0 – 15 cm from the tree trunk, but till the distance of 30 cm a half of apple-tree roots were located. Till 45 cm from the trunk 68% of apple-tree roots were found, but the main root mass was found till the distance of 60 cm from the trunk. Individual roots could be found in the soil till the distance of 75 cm from the tree trunk. About 85% of the main root mass was concentrated in the grass-free tree strip.

Although the soil granulometric composition in the trial place is medium heavy, which points to a stable soil capillary system, moving the water upwards to the tree root zone even in periods without rainfall, it is in the upper soil layer of the drip irrigation variant where soil moisture may be constantly optimal or higher, therefore the roots concentrate in the zone of the highest moisture. On the other side, in the mulch variant soil moisture evaporation is significantly reduced, temperature fluctuation is lower, aeration improves and the amount of humus in the soil increases, which all could positively affect root proliferation and growth.

Taking into account the results of the investigation, it is recommended for the aims of determining the soil agro-chemical characteristics to take samples till the depth of 45 cm in the control variant, till the depth of 30 cm when using mulch or drip irrigation. The area for fertilizer application is where the main root mass is concentrated, which in control nad mulch variants may be till 75 cm from the tree trunk, but in the drip irrigation variant till 60 cm from the trunk.

Removal of nitrogen, phosphorus and potassium from apple orchard

Concentration of nitrogen, phosphorus and potassium in the apple-tree vegetative parts removed by spring pruning. The lowest nitrogen concentration in the dry matter of one-year shoots removed in spring was in years 2008 and 2010. In 2009 the nitrogen concentration was 18 – 22% higher, but in 2011 even 26 – 33% higher. In average in the years with high current year fruit yield the nitrogen concentration in one-year shoot dry matter was 25% higher than in years with low yield. The study did not reveal correlation between amount of precipitation or sum of active temperatures and nitrogen concentration in the dry matter of shoots cut in spring, yet a significant positive correlation ($r = 0.98$; $p < 0.05$) was found between nitrogen concentration and yield amount. The higher was the concentration of nitrogen in the dry matter of shoots removed in spring, the higher was the current year fruit yield. Besides, in years of minimum yield (2008 and 2010) higher nitrogen concentration was found in the mulch variant, while in years of abundant yield – in the control variant, although the differences were not statistically significant ($p < 0.05$) (Fig.3).

Similar tendencies were observed also for the dry matter in two-year old wood removed in spring, higher nitrogen concentration was found in the years with high fruit yield. The lowest nitrogen concentration in two-year wood was found in 2008. In 2009 the nitrogen concentration was 24 – 26% higher, in 2010 higher for 11 – 15%, but in 2011 for 18 – 22%, although the difference was mathematically significant only in year 2008 ($p < 0.05$). Significant positive correlation ($r = 0.94$; $p < 0.05$) was found also between nitrogen concentration and yield amount. In years of high yield nitrogen concentration in the shoot dry matter was 20% higher than in years of low yield.

Similarly as in the younger wood, such tendencies were observed also in the older wood of spring-cut shoots – increased nitrogen concentration in the years of high yield, yet this could not be proved statistically. The lowest nitrogen concentration in the dry matter of older branches was found in 2010, but in 2008 the nitrogen concentration was higher for 6 – 7%, in 2010 for 8 – 12%, in 2011 for 28 – 32%, although mathematically significant differences were found only between years 2010

and 2011. This can be explained by the high dispersion of the data, as the category of older wood includes all wood older than 2 years. Significant positive correlation was found between the nitrogen concentration in older wood and the yield amount ($r = 0.76$; $p < 0.05$). In years of high yield the nitrogen concentration in the dry matter was 26% higher than in years of low yield. Besides, the nitrogen concentration in wood older than 2 years was 1.5 times lower than in two-year and 1.6 times lower than in one-year wood.

The concentration of phosphorus in one-year, two-year and older wood was not significantly affected by the soil moisture regulation treatment. Some tendencies were observed – in the years of abundant yield the concentration of phosphorus in spring-cut shoots was higher, yet significant correlation between the amount of current year yield and phosphorus concentration in shoots dry matter was found only for the older wood.

The concentration of potassium in the one-year wood removed by apple-tree spring pruning varied in reversed proportion with the content of nitrogen. If the nitrogen concentration in one-year wood was higher in years with high fruit yield, then the potassium concentration was significantly lower with high fruit yield of the current year ($r = 0.97$; $p < 0.05$). These differences may be explained by the increased demand for nitrogen in the form of aminoacids, proteins, enzymes and other biologically active substances in years of abundant yield and less demand in the previous year with low yield. On the other side, potassium is used for the development of flower buds and increase of their winter-hardiness, so its concentration in wood may decrease.

The lowest concentration of potassium in the dry matter of one-year wood was in 2011 ($p < 0.05$), when it significantly differed among the variants. In the control and mulch variants the content of this nutrient was even 2 times lower than in other years of research, while in the drip irrigation variant the concentration of potassium was similar to other years. These differences may be also explained also by the relatively earlier start of vegetation in the spring of 2011, higher average air temperature in April and earlier end of apple-tree dormancy, so potassium was already actively used in tree metabolism.

The potassium concentration in two-year and older wood also varied in reverse proportion to nitrogen – in years with high yield its concentration in spring-cut wood was lower, yet significant differences were found only in 2011, when the flowering and yield were the most abundant. Potassium concentration in the mulch variant was 20% higher in year 2010.

Nutrient removal with apple-tree vegetative parts during spring pruning. Removal of nutrients with one-year old wood cut off of in apple-tree spring pruning significantly differed among years. Possibly the differences can be explained not by the concentration of nutrients in branch dry matter, but by the biomass of the cut off vegetative parts, which was

significantly higher in the years with abundant current year yield. This may be explained with increased vegetative growth of apple-trees in years without fruit yield or with low yield. Little effort was needed for fruit development, therefore in such years shoots grew more vigorously, which were removed by pruning the next spring.

On the average of all years of study, the highest removal of nitrogen, phosphorus and potassium was observed in the variant with mulch. Nitrogen removal here was 20.09% higher than in the drip irrigation variant, but 9.7% higher than in the control variant. Removal of phosphorus, in comparison with nitrogen, was much lower and did not differ among years. Removal of potassium did not significantly differ between the mulch and irrigation variants, but was 9.5 – 23% higher than in the control variant. On average removal by spring pruning with 10 kg branch biomass was 48.1 g nitrogen, 13.8 g phosphorus and 22.7 g potassium, or from one hectare of orchard - 8.05 kg nitrogen, 2.1 kg phosphorus and 2.97 kg potassium. Several growers use productive orchards also for cutting graftwood for propagation. In this case they should take into account additional loss of nutrients, especially nitrogen.

Removal of nutrients with two-year wood cut off in spring pruning of apple-trees significantly differed among years, but no significant differences were found among variants. With 10 kg of two year old branch biomass the average removal was 54.3 g nitrogen, 11.9 g phosphorus and 26.2 g potassium. Theoretically the higher removal may be explained with lower concentration of moisture in two year old wood and therefore higher concentration of dry matter, yet it must be taken into account that the biomass of removed two-year wood was significantly lower than the biomass of one-year wood, so along with 10 kg one-year wood only 2.8 kg of two-year wood is removed. For this reason nitrogen removal with two year old wood was 2.6 times lower than with one year old wood, removal of phosphorus 3 times lower and of potassium 2.2 times lower. Correspondingly with two-year wood cut off in spring pruning from a hectare of orchard the removal of nutrients is 3.4 kg nitrogen, 0.69 kg phosphorus and 1.38 kg potassium.

Removal of nutrients with older wood cut off in spring pruning does not significantly differ either among soil moisture treatments or years, except year 2008 when significantly lower amount of biomass was removed from apple trees by pruning. With 10 kg of older branches biomass spring pruning removed on average 39.7 g nitrogen, 6.7 g phosphorus and 22.9 g potassium. It must be taken into account that the dry matter concentration in older wood was significantly higher than in one-year and two-year wood, and correspondingly the cut off biomass was lower. The removal of older wood was 2 times lower than of two-year wood and 5 times lower than removal of one-year wood. This means that the proportion of cut off wood biomass by its age was – one-year wood: two-year wood: older wood – 5:2:1. Therefore

nitrogen removal with cut off older wood was 6.4 times lower than with one-year wood and 2.5 times lower than with two-year wood; removal of phosphorus was accordingly 10.4 and 3.4 times lower, but of potassium 4.5 and 2.1 times lower. From a hectare of apple orchard the removal with older wood in spring pruning was 1.26 kg nitrogen, 0.2 kg phosphorus and 0.6 kg potassium.

Concentration of nitrogen and potassium in the dry matter of spring-cut branches significantly correlated with the current year fruit yield, in years of abundant yield the apple-tree wood contained 25% more nitrogen, while the concentration of potassium was higher in years of lower yield. Concentration of nitrogen in one-year shoots was even 2 times higher than in older wood, which must be taken into account by those growers who use productive orchards for obtaining of budwood for spring grafting. Methods of soil moisture regulation did not significantly influence nutrient removal in general, but there were differences among years. If branches are left in the orchard and chopped, this removal may not be included in the fertilizing plan, but if branches are carried out of the orchard, it must be taken into account that nitrogen removal with branches cut off in spring composes 21 – 24%, removal of phosphorus 15 – 18%, but potassium 6 – 7% of the total nutrient removal during the growth season.

Concentration of nitrogen, phosphorus and potassium in the apple-tree vegetative parts cut off in summer pruning. Nitrogen concentration in one year old apple-tree wood and leaves on it significantly varied among years, differing even for 2 times (Fig.4). On the other side, different soil moisture regulation methods did not cause significant changes, although tendencies can be observed for lower nitrogen concentration in the mulch variant and higher in the control variant ($p > 0.05$). The study established significant positive correlation ($r = 0.96$; $p < 0.05$) between nitrogen concentration and current year fruit yield. The higher was the yield, the higher was nitrogen concentration in the dry matter of shoots and leaves removed by summer pruning. The lowest nitrogen concentration was found in the dry matter of shoots cut off in summer of 2008, while in 2010 nitrogen concentration was 20 – 25% higher, but in 2009 and 2011 even 45 – 50% higher. In years with high current year apple yield the concentration of nitrogen in one-year shoot dry matter was 40% higher than in years with low yield. The study found also significant correlation ($r = 0.86$; $p < 0.05$) between nitrogen concentration in one-year wood and temperature and precipitation, which could affect also nitrogen turnover in apple-trees. In July of 2008, when apple-tree summer pruning was done, there was a prolonged dry period, while in other years of study the hydrothermic coefficient was higher than optimum.

The leaves on one-year wood, too, had higher nitrogen concentration in the control variant and lower in the mulch variant, although

significant differences were not established ($p > 0.05$). The lowest nitrogen concentration in the dry matter of leaves on one-year shoots cut off in summer, like in the one-year shoots, was in year 2008. In 2010 the nitrogen concentration 40 – 50% higher, in 2009 higher for 2 times, but in 2011 even 2.8 times higher. In years with high yield the nitrogen concentration in one-year shoot dry matter was 50% higher than in years with low apple yield. The dry matter of leaves on one-year wood also showed significant correlation ($r = 0.94$; $p < 0.05$) between nitrogen concentration in leaves, temperature and amount of precipitation.

The concentration of nitrogen in the dry matter of leaves on one-year wood was on average 2 times higher than in one-year shoot wood ($p < 0.05$), except year 2011, when the nitrogen concentration in leaves was 2.5 times higher. Nitrogen concentration in the dry matter of two year old wood removed by summer pruning varied in dependence of the yield weight of the current year, while in leaves on two-year wood – both in dependence of fruit yield and the soil moisture regulation method ($p < 0.05$). Significant positive correlation ($r = 0.86$, $p < 0.05$) between yield weight and nitrogen concentration in leaves on two-year wood was established only in the control treatment. In variants with mulch and drip irrigation (fertigation) only tendencies of increased nitrogen concentration were observed with increase of fruit yield. On the other side, significant correlation ($r = 0.84$, $p < 0.05$) was found for two year old wood in all variants. Nitrogen concentration in the control variant was 37% lower than for one-year wood, in the mulch variant 25% lower, but with drip irrigation 35% lower. Further, in leaves on two-year wood the nitrogen concentration in the control variant was 44% lower, in mulch variant 38%, but in fertigation 47% lower than in leaves on one-year wood. In the dry matter of two-year wood nitrogen concentration in the control treatment was 45% lower, in mulch treatment 40.1%, but in drip irrigation treatment 43.4% lower than in leaves on two-year wood.

Nitrogen concentration in the biomass of older wood removed by summer pruning was not significantly influenced by soil moisture treatments, although similarly to one-year and two-year wood, tendencies were observed of increased nitrogen concentration in high fruit yield years. The lowest nitrogen concentration in older branch dry matter was observed in 2008 and 2010, but in 2009 and 2010 the nitrogen concentration was 13 – 19% higher. On average the nitrogen concentration in older wood was 8% lower than in two-year wood and 39% lower than in one-year wood. Results of the research comply with conclusions of other researchers, that the younger apple-tree wood has higher nitrogen content.

Concentration of phosphorus either in dry matter of one-year shoot or their leaves was not significantly influenced by the soil moisture regulation methods and fruit yield, but tendencies were observed for increased phosphorus concentration in years with high yield. The lowest phosphorus concentration was observed in the dry matter of one-year shoots

cut in summer of 2008. In other years of the study the concentration of phosphorus in one-year wood was 25 – 35% higher. In the dry matter of leaves (on one-year wood) the lowest phosphorus concentration was also in 2008.

The effect of fruit yield on phosphorus concentration in leaves on two year old wood was established only in the mulch variant ($r = 0.82$, $p < 0.05$). In the control variant the lowest concentration in leaves on two-year wood was found in 2010, but in the drip irrigation variant phosphorus concentration was higher only in 2008. In year 2008 the dry matter of two-year wood showed significant differences among variants, when the lowest concentration of phosphorus was found in the fertigation treatment, but the highest - in the mulch treatment. In other years of study no significant differences were found for phosphorus concentration in two-year shoot dry matter.

Phosphorus concentration in the dry matter of older branches was not significantly influenced by the soil moisture treatments, except year 2008, when significantly lower concentration was found in the drip irrigation treatment. It may be explained by faster phosphorus turnover in plants under the influence of irrigation in comparison with control and mulch treatments, where there is periodical deficit of water. Positive, but insignificant correlation was found between the yield amount of the current year and concentration of phosphorus – the higher the yield, the higher concentration of phosphorus in the branches cut off in summer. On average phosphorus concentration in the dry matter of older wood was 30% lower than concentration of nitrogen, 28% lower than in the two-year wood and one third lower than in the one-year wood.

Similarly as in the wood cut off in spring, the concentration of potassium found in dry matter of one-year shoots and leaves in summer was reverse proportional to the concentration of nitrogen. The lowest concentration of potassium in the dry matter of one-year shoots and leaves was in the years of high fruit yield. In years with low yield the concentration of this element in wood was 30 – 35% higher, but in leaves 25 – 30% higher than in years with high yield ($p < 0.05$). The concentration of potassium in two-year shoots and their leaves varied in dependence both of fruit yield and the soil moisture treatment ($p < 0.05$). Significant negative correlation was found between fruit yield and the potassium concentration in two-year wood and its leaves ($r = 0.88$, $p < 0.05$), with increase of yield potassium significantly reduces both in leaves and wood. Potassium concentration of two-year wood in the control treatment was 16% lower than than in one-year shoots, in mulch treatment 18% lower, in irrigation treatment 17% lower. On the other side, in the leaves on two-year wood the concentration was 28% lower in control, 30% lower with mulch and 28% lower with drip irrigation than in the leaves from one-year shoots. On average potassium concentration in the dry matter of two-year wood was 55% lower in control, 54.6% lower

with mulch, and 58.4% lower with fertigation if compared with leaves on the same wood. Similarly as the concentration of potassium during spring pruning varied in reverse proportion to nitrogen in all types of wood, potassium concentration decreased with higher fruit yield, but no significant differences were proven for older wood.

Nutrient removal with apple-tree vegetative parts during summer pruning. Nitrogen removal with one-year wood and leaves during summer pruning was significantly influenced both by the soil moisture treatment and the fruit yield of the current year. In the control variant in years of low yield nitrogen removal was the lowest, in the mulch variant it was 23% higher, but in the irrigation variant 6% higher. In years with high yield nitrogen removal in control was higher by 25%, in the mulch treatment 8% higher, in the irrigation treatment 11% higher.

Nitrogen removal with older wood and its leaves in summer pruning was significantly influenced by the soil moisture treatment and yield amount. Significant differences were created not only by the nitrogen concentration in tree vegetative parts, but also by their dry matter content and the removed biomass. Significantly higher content in two-year wood and its leaves was found in 2008. This may be explained by the different moisture supply in the trial variants, as in July of 2008 when summer pruning was done there was a prolonged dry period. This may certify that in the drip irrigation treatment apple-trees may have more suitable moisture and therefore growing conditions, yet the highest amount of removed two-year wood biomass in 2008 was found in the mulch variant, which was one third more than in the fertigation variant and control. On average nitrogen removal with two-year wood and its leaves in summer pruning was lowest in the mulch variant, yet no significant differences were found among variants. In control and fertigation variants 23% higher nitrogen removal was in years with high apple yield than in years with low yield, but in the mulch variant 21.8% higher.

Nutrient removal with older wood in summer pruning did not significantly differ among soil moisture treatments, except year 2008, when in control nitrogen removal was lower. There are significant differences also in nitrogen removal between years with high and low fruit yield. In control there was 1.5% higher nitrogen removal in years with high yield, in mulch and fertigation variants correspondingly 20% and 19.3% higher.

For removal of phosphorus by summer pruning no significant influence was proven either for soil moisture treatments or yield amount, because of high data dispersion and low values of phosphorus removal, yet the lowest removal was found in control, in drip irrigation treatment it was 11% higher, in mulch treatment 20% higher.

Removal of potassium with one-year wood and leaves was significantly influenced both by yield amount and the soil moisture treatment.

In years with high yield potassium removal with summer pruning of one-year wood and leaves from one apple-tree was 3.06 g, in mulch treatment 30% higher, in drip irrigation treatment 24% higher. In years with low yield the removal was significantly higher and about twice the amount of years with abundant yield. In control the removal was 4.62 g per tree, in the mulch variant 1.9 times more, in the fertigation variant 1.6 times more than in control. Significant negative correlation was found between nitrogen and potassium concentration ($r = -0.93$; $p < 0.05$), the more nitrogen is found in one-year wood and leaf dry matter, the lowest is potassium concentration. These differences may be explained by the antagonism between nitrogen and potassium – the higher is uptake of nitrogen by plants, the more obstacles there are for potassium uptake, which was shown also by this investigation. On average the removal during summer pruning with 10 kg of one-year shoots and leaves biomass was 39.00 g nitrogen, 9.00 g phosphorus and 27.30 g potassium, or from a hectare of orchard – 15.36 kg nitrogen, 3.47 kg phosphorus and 9.15 kg potassium.

Removal of potassium with two-year wood and its leaves also was significantly influenced by yield and moisture treatment. In years with abundant yield removal from one apple-tree in control variant was 1.04 g potassium, while in years of small yield 28% higher. In the mulch variant removal in years with low yield was even by a half lower, but in drip irrigation variant by a third more than years with higher yield. On average removal with 10 kg of two-year wood and leaves biomass during summer pruning was 26.00 g nitrogen, 8.15 g phosphorus and 23.20 g potassium, or from a hectare of apple orchard - 3.50 kg nitrogen, 1.30 kg phosphorus and 2.30 kg potassium. With 10 kg of older branches removal was on average 22 g nitrogen, 6.60 g phosphorus and 12.60 g potassium, or from one hectare - 0.95 kg nitrogen, 0.25 kg phosphorus and 0.49 kg potassium.

Nutrient removal with summer pruning significantly depended on the fruit yield in the current year and the removed wood and leaves biomass. In years with abundant yield apple-tree uptake of nitrogen was even 2 times higher, while higher concentration of potassium in branches was found in years with low yield. Concentration of nutrients was the highest in one-year shoots and leaves, so the removal of nutrients with budwood cut for summer grafting may be significant. If cut branches are left in the orchard and chopped, this removal is not included in the fertigation plan, but if the branches are carried out of the orchard, it must be taken into account that removal of nitrogen with summer pruning is 35 – 37%, removal of phosphorus 26 – 33%, of potassium 16 – 22% of total nutrient removal during the vegetation period.

Concentration of nitrogen, phosphorus and potassium in fruits.

Nitrogen concentration in fruits was significantly influenced by the applied soil moisture regulation treatments ($p < 0.05$). In all years of study it was

found that with mulching of tree strips the concentration of nitrogen in apples was lower (for about 24% if compared with control and for 11% compared with drip irrigation), besides this difference was significant ($p < 0.05$) (Fig.5).

Concentration of phosphorus in fruit dry matter was not significantly influenced by the soil moisture treatment.

Concentration of potassium in fruit dry matter did not change in dependence of the soil moisture treatment, but was significantly affected by the amount of current year fruit yield. the lower the yield, the higher was potassium concentration in fruits ($r = 0.87$). Results of this study agree with findings of other researchers that in years of low yield the concentration of potassium in fruits is lower, but the concentration of nitrogen – higher, so the proportion between calcium and potassium sharply decreases and the risk of bitter pit becomes higher, reducing fruit market value and flavour.

Nutrient removal with fruits. In years of abundant yield like 2009 and 2011 nitrogen removal was not significantly influenced by the soil moisture regulation variants – significantly higher nitrogen removal with yield was found only in 2011 in the control variant. On the other side, in years with low yield higher removal was in the mulch variant. These differences may be explained by differences in fruit biomass. In poor yield years like 2008 and 2010 the yield biomass in the mulch variant was significantly higher, even by 3 times in comparison with the other two variants. In years with high yield as well the fruit biomass in the mulch treatment was 10 – 18% higher than in control and 3 – 13% higher than with drip irrigation, yet the differences were not significant. Nitrogen removal was affected also by the content of dry matter in fruits. The highest dry matter content in apples was in the control variant (on average 13.07%), by 3% less in the mulch variant and 3.5% less in the fertigation variant.

With 1 ton of apples the removal in years with high yield was 0.63 kg nitrogen, in years with low yield 12.6% less, mulching of tree strips reduced nitrogen removal by about a fifth. In the mulch variant removal in high production years with 1 ton of apples was 0.49 kg nitrogen, in low production years removal was 14% less. In the drip irrigation (fertigation) variant removal with 1 ton in years with high fruit yield was 0.54 kg nitrogen, but in years with low yield nitrogen removal was 15% less. So in years with low fruit yield without use of soil moisture control the average annual nitrogen removal from a hectare (1666 trees) is 0.92 kg, in mulch treatment 3.45 kg, while with drip irrigation 1.29 kg. In years with high yield the removal is correspondingly 28.98 kg, 26.61 kg and 26.89 kg nitrogen.

Like with nitrogen the removal of phosphorus largely varied among years. Significantly higher phosphorus removal was found in the mulch variant, while in control and drip irrigation it was 20 – 22% lower. With 1 ton of apples in years with abundant yield the removal of phosphorus in

control was 0.24 kg, in years with low yield 8.3% higher. In the mulch variant removal with 1 ton in years with abundant yield was 0.22 kg, in low yield years 4.3% higher. In the drip irrigation variant phosphorus removal in productive years was 0.21 kg, but in low yield years removal was 12.5% higher. In years with low fruit yield without using soil moisture control the average annual removal from a hectare is 0.43 kg phosphorus, in mulch treatment 1.86 kg, in drip irrigation 0.69 kg. In high yield years the removal is correspondingly 10.84 kg, 12.49 kg and 10.44 kg.

As well as for nitrogen and phosphorus, the removal of potassium strongly varied among years because on biennial apple-tree production. In years with high yield potassium removal with 1 ton of fruits was 1.38 kg in the control variant, in years with low yield it was 13.23% higher. Mulching of tree strips did not influence potassium removal. In the mulch treatment removal in years with high fruit yield with 1 ton was 1.33 kg, years with low yield 16% lower. In the drip irrigation variant removal of potassium with 1 ton of fruits in productive years was 1.34 kg, while in low yield years removal was 15.5% higher. So in years with low fruit yield without use of soil moisture regulation the average annual removal from a hectare (1666 trees) in the control variant was 1.0 kg potassium, in mulch variant 13.1 kg, in fertigation variant 4.6 kg potassium. In abundant yield years the removal was correspondingly 61.6 kg, 72 kg and 66.4 kg potassium.

Nutrients removed with harvested fruits are lost to the orchard irretrievably. Nutrient removal in years with poor fruit yield was only about 10% of total nutrient removal, but in years with abundant yield even above 50%. In years of low yield apples did assimilate more potassium and less nitrogen. Use of soil moisture regulation had significant effect on the apple yield and therefore on nutrient removal.

Concentration of nitrogen, phosphorus and potassium in fallen leaves. Methods of soil moisture regulation did not significantly affect ($p > 0.05$) the concentration of total nitrogen in the dry matter of fallen leaves (Fig. 6). Positive, but statistically not significant correlation ($r = 0.55$) was found between the amount of current year fruit yield and nitrogen concentration in fallen leaves – the highest was the yield, the highest was nitrogen concentration. The lowest concentration of nitrogen in dry matter of fallen leaves was found in 2008 and 2010 when the yield was the lowest. In all years of study, concentration of phosphorus in fallen leaves significantly increased with the use of irrigation. Positive yet not significant correlation ($r = 0.38$) was found between phosphorus concentration in autumn leaves and the fruit yield. Although neither use of soil moisture regulation, nor fruit yield did affect potassium concentration in the dry matter of fallen leaves, the amount of this element was 2 times higher than the content of nitrogen and 3 times higher than the content of phosphorus.

Nutrien removal during leaf fall. Differences of nitrogen removal among variants depended on the significantly different leaf biomass, which during all years of study except 2011 was significantly higher in the mulch and drip irrigation treatments, as well as the content of dry matter in leaves. Removal of nitrogen in mulch and drip irrigation variants was significantly higher than in control. Nitrogen removal with fallen leaves significantly differed under the influence of the current year fruit yield. At low yield nitrogen removal in the control variant was 40% less than in years with high yield, in the mulch variant removal at high yield was even 2 times higher, but in the irrigation variant 30% higher. With 1 ton of fallen leaves in years with high fruit yield the removal in control variant 2.22 kg nitrogen, in low yield years 1.33 kg, in mulch variant correspondingly 2.18 kg and 1.09 kg, but for drip irrigation 2.25 and 1.52 kg. Further, from 1 ha in years with low yield in the control variant 3.83 kg nitrogen were removed with fallen leaves, in the mulch variant 5.44 kg and in the drip irrigation variant 7.35 kg. In years with high fruit yield removal was correspondingly 6.54 kg, 10.56 kg and 9.76 kg nitrogen.

During all years of study the lowest removal of phosphorus was found in the control variant, but the highest - with drip irrigation. Removal of phosphorus with fallen leaves under the influence of fruit yield significantly differed in the control and mulch variants, where in years of high yield it was 30% higher than in low yield years. With 1 ton of fallen leaves in years with high yield the removal in control variant was 1.30 kg of phosphorus, in low yield years 0.87 kg, in the mulch variant correspondingly 1.07 kg and 0.78 kg, but for drip irrigation 1.44 and 1.18 kg. In years with low yield the average removal of phosphorus with fallen leaves was 2.59 kg in control, 3.79 kg for mulch and 5.74 kg for irrigation. in years with high yield phosphorus removal was correspondingly 3.81 kg, 5.17 kg and 6.02 kg.

Removal of potassium with fallen leaves on average of all years of study was 30 – 36% higher in mulch and fertigation variants than in control. With 1 ton of fallen leaves potassium removal in years of abundant yield was 4.26 kg, in low production years 3.92 kg, in the mulch variant correspondingly 3.80 kg and 3.69 kg, but in drip irrigation variant 3.62 and 4.13 kg. Amount of fruit yield did not significantly affect potassium removal in control (11.31 – 12.45 kg ha⁻¹), nor in the mulch variant (18.29 – 18.49 kg ha⁻¹). In the drip irrigation (fertigation) variant removal from one hectare in years of low yield was 15.05 kg, but in years of high yield 25% more potassium.

In applying these results for composing a fertilizing plan, it must be taken into account that not all leaves are carried out of the orchard – respectively, blown away by the wind. Studies of other researchers have shown that the wind blows away from the 30% to 80% of leaves. The rest of leaves stay in the garden, and their nitrogen returns to the soil.

The applied soil moisture regulation treatments had significant effect on the removal of nutrients during leaf fall. Although nitrogen removal with fallen leaves composes 10 – 15%, removal of phosphorus 17 – 29% and potassium 18 – 25% of the total removal during the growth season, it must be considered that about 30-50% of leaves are blown away from the orchard, but the rest remain and return to the nutrient turnover.

Interaction between apple trees and grass vegetation

To evaluate the interaction of apple-tree and grass roots, the distance and depth of grass root penetration into the tree strips were measured. Results of the study show that use of different moisture control methods in the tree strips causes different horizontal and vertical orientation of grass roots in the soil.

Horizontal distribution of grass roots. In the control variant the roots of grass stretched horizontally into the tree strip for about 9 cm, while in the mulch variant almost 3 times further, but in the drip irrigation variant even 5 times further than in control, and the differences were significant ($F_{\text{fakt.}} > F_{\text{krit}}$) (Fig. 7).

These differences may be explained by different conditions of mineral nutrition in different soil moisture treatments, as well as by the aggressivity of grass roots and their tendency to concentrate in places with better growth conditions.

Vertical distribution of grass roots. The vertical growth of grass roots in the tree strip significantly differed from their horizontal distribution. In control grass roots grew into the tree strip 2 times deeper (even till 40 cm depth) than in mulch and irrigation variants, where the grass roots grew from the margin of tree strips to the average depth of 15 cm (Fig. 8).

In the variants with mulch and drip irrigation the depth of grass roots in tree strips did not differ significantly, although under the influence of mulch the roots of grass similarly to tree roots were concentrated mostly in the soil upper layer. These differences may be linked to unstable moisture supply as well as certain deficit of water in the control variant. Soil moisture in the mulch and irrigation treatments, especially in the upper layer of soil, possibly was higher, so not only the apple-tree roots, but grass roots as well concentrated in a shallow depth.

Methods of soil moisture regulation had significant effect on the possible competition between grass and apple-tree roots (Fig. 9). In the control variant grass roots occupied 15% of the soil profile area occupied by apple-tree roots. This means that grass roots competed with tree roots in this 15% of soil area taken by the main tree root mass.

In the mulch variant the competition between the main tree root mass and grass roots was 34.2% of area, but in the drip irrigation variant

even 52.4%. This means that grass roots have penetrated into a half of area occupied by apple-tree root main mass, which could significantly affect development of the root system.

Significant differences among variants may be explained by possibly much better root growth conditions in the grass-free tree strips of mulch and irrigation treatments, more optimal moisture regime than under the grass cover. Especially strong effect of moisture on grass root penetration into tree strips may be felt in dry years.

Removal of nitrogen with mown grass. Results of the study show that nitrogen concentration in the grass grown in orchard alleyways was not affected by the applied soil moisture treatments in tree strips – sawdust mulch and drip irrigation ($n = 54, p > 0.05$) (Fig. 10).

In year 2009 nitrogen concentration in grass significantly depended on the time of grass cutting and the distance from tree strip. Significantly higher nitrogen concentration was found in the grass from the third mowing, as well as from the second mowing in the distance of 0 – 15 cm from tree strip. In 2010 concentration of nitrogen was not influenced significantly by either the mowing time or soil moisture treatment, or the distance from tree strip, yet a tendency was observed in the mulch treatment for decrease of nitrogen concentration. More expressed it was in the distance of 0 – 15 cm from tree strip. In 2011 the lowest nitrogen concentration was found in grass mown for the first time. Similarly to previous years, in 2011 lower nitrogen concentration was found in the mulch variant. The lower nitrogen content in grass may be explained by the possibility that the nitrogen consumed by microorganisms during sawdust mulch decomposition has not yet been released, but the immobilization process continues.

Although the nitrogen concentration in grass in control and irrigation treatments was higher than in the mulch treatment, still the total nitrogen removal with grass in the control variant was the lowest, besides, it differed significantly from nitrogen removal in the drip irrigation variant, where removal was 16% higher ($p < 0.05$).

Such differences have been obtained because the mass of mown grass significantly differed among variants. Nitrogen removal with mown grass was 53% of total removal.

Removal of phosphorus with mown grass. Results of the study show that concentration of phosphorus in the grass grown in orchard alleyways in year 2009 was influenced by the applied soil moisture treatments – sawdust mulch and drip irrigation ($n = 54, p < 0.05$) (Fig. 11). Phosphorus concentration in grass was the lowest at the time of first mowing in 0 – 30 cm from the tree strip. During second mowing phosphorus concentration was 8 – 12% higher, but now significant differences were found between first and second mowing ($p > 0.05$).

In 2010 on average phosphorus concentration in grass was higher than in 2009. At first mowing the concentration was the lowest, yet significantly higher than the concentration at the same time in 2009. During second and third mowing no significant differences were found with year 2009. This may be explained by significantly higher precipitation in May 2010, as the moisture could have positive effect on nutrient uptake by plants, including phosphorus. During all years of study the concentration of phosphorus had a tendency to increase with distance from the tree strip. During first mowing concentration of this element in grass was by a third lower than during the next mowing times.

Similarly to concentration of phosphorus in control and irrigation variants was higher than in the mulch variant, its removal with cut grass in the mulch variant was the lowest, and it significantly differed from phosphorus removal in the drip irrigation variant, where it was 9% higher. In the control variant removal was 4% higher than in mulch variant, but not significantly so ($p < 0.05$). Removal of phosphorus with mown grass was 13% of total removal.

Removal of potassium with mown grass. Concentration of potassium in the dry matter of cut grass was positively influenced by use of mulch and drip irrigation, yet significant difference was found only between control and irrigation treatments (Fig. 12).

Potassium concentration in mown grass in 2009 was significantly affected by the soil moisture regulation method as well as the time of mowing. Lower concentration of potassium was at the first time of mowing in 0 – 15 cm from tree strip. The lowest concentration was found in the control variant. In mulch and drip irrigation variants the concentration was 16% higher. In 15 – 45 cm from tree strip and in drip irrigation treatment the concentration of potassium was similar to that in 0 – 15 cm, but in the mulch variant it was 38% lower, and the difference was significant ($p < 0.05$). During the second mowing the concentration of potassium in grass on average was 5 – 15% higher, but significantly lower concentration was found in the mulch variant in 0 – 15 cm from tree strip. In 15 – 30 cm from tree strip the highest potassium concentration in grass was with drip irrigation. During the third mowing the concentration in grass was higher by 55% than at first mowing and by 30% than at second mowing, besides, the differences were significant ($p < 0.05$). During the third time of mowing there was a tendency for increase of potassium concentration with increased distance from tree strip. This increase was especially distinct in the control variant, although no significant differences were proven. In 2010 the average potassium concentration in cut grass was 10% higher than in 2009. At the first time of mowing in 0 – 30 cm from tree strip the lowest concentration of potassium was found in the control treatment, the highest in the mulch treatment, although the difference was not significant. In 30 – 45 cm from

tree strip in the fertigation variant significantly higher potassium concentration was found, if compared with other variants. During second mowing the concentration was 10% higher than during first mowing, and there was a tendency of increased concentration along with increased distance from tree strip. During third mowing potassium concentration in grass was 25% higher than at first mowing, where at all distances from tree strips the lowest potassium concentration was in control. In 2011 potassium concentration in mown grass dry matter on average was similar to the previous year. The lowest was found at the first mowing time, besides it was significantly lower in control and mulch than in drip irrigation variant, where potassium was even by 30% higher, and the difference was significant.

The applied soil moisture regulation treatments significantly influenced also potassium removal with cut grass. The least removal was in control (33.61 – 38.01 kg ha⁻¹), mulching of tree strips increased removal of potassium by 10%, but drip irrigation by 15%, as compared to control. Similar investigations about nutrient removal from orchard alleyways are not yet known in Latvia, so there are no data about the speed of the rate of cut grass decomposition and return of the nutrients to the turnover cycle, yet scientists in other countries have found that nutrients return to turnover already 1 – 2 years after grass mowing. Besides it has been established that leaving of cut grass in the orchard or putting it in the tree strips significantly increases soil organic matter, which has positive effect on the turnover of nitrogen and other nutrients and their accessibility to plants.

Removal of nutrients with mown grass can not be, without reservations, called removal, as the cut grass always remains in the orchard. Still these results may form the base for further nutrient research, especially nitrogen, as well as for creation of a high quality, economically and scientifically sound fertilizing plan, as there may be different fertilizer needs in dependence of grass remaining in the alleyways or being moved over to tree strips.

Unlike removal of nutrients with apple-tree vegetative parts and fruit yield, where the nutrient concentration was significantly influenced by the yield amount, mathematical correlations were not found between grass biomass and nutrient concentration in it. This may be explained by the different species composition of the green growth at different mowing times. In spring dandelions and white clover were dominating in the lawn, but closer to autumn – clover and grasses. The small changes of nutrient concentrations in grasses in comparison with apple-trees may be evidence of more aggressive growth of grass plants and their ability for nutrient uptake also in different soil moisture conditions.

Use of mulch and irrigation significantly affected the possible competition between grass and tree roots and demand a solution for the control of grass roots in alleyways, e.g. wider tree strips, cutting back of grass roots. For the formation of grass biomass during the growth season in

1 ha of an apple orchard the necessary fertilizer amounts are 35 – 42 kg nitrogen, 10 – 12 kg phosphorus and 36 – 42 kg potassium. These calculations may not be truly called removal, but they must be taken into account at composing a fertilizing plan, as may have significant influence on the nutrient turnover in the orchard, especially if the cut grass is moved to tree strips.

CONCLUSIONS

1. Soil moisture regulation has effect on the apple-tree root distribution in soil, which must be taken into account at collecting soil samples for agro-chemical analyses. In comparison with plantations without moisture regulation, at mulching of tree strips the main root mass is located closer to the tree trunk, while with using drip irrigation – the roots are both shorter and more shallowly placed.

2. Considering the above said, the recommended depth for taking soil samples is as following: in plantations without moisture regulation till 45 cm depth (desirably in two layers, 0 – 25 cm and 25 – 45 cm) and in 75 cm radius around the tree; in orchards with mulch or drip irrigation till 30 cm depth (in one layer) and in 60 cm radius around the tree.

3. The recommended area for taking samples and applying fertilizers for apple-trees is as follows: in plantations without moisture regulation in 75 cm radius around the tree, with mulching of tree strips 75 cm, but with drip irrigation in 60 cm radius.

4. The applied soil moisture regulation methods did not significantly influence the removal of plant nutrients with apple branches cut in spring pruning. Relatively higher (8.43 kg N, 1.32 kg P₂O₅ and 2.36 kg K₂O ha⁻¹) it was during years of potentially high fruit yield. This removal may not be taken into account directly at calculation of norms and doses for fertilizing, if the cut branches are crushed and left in the orchard, but at necessity correction of the calculated values can be used.

5. The removal of nutrients with apple-tree wood and leaves by summer pruning (11.7 kg N and 2.7 kg P₂O₅, 7.5 kg K₂O ha⁻¹) also may not be taken into account directly if the cut branches are crushed and stay in the orchard, but at necessity can be used for correction of calculated values.

6. Removal of plant nutrients with fallen leaves independently of the growing technology on average was 7.3 kg N, 4.5 kg P₂O₅ and 15.9 kg K₂O ha⁻¹) and may not be taken into account in planning of fertilizer norms and doses.

7. Removal of plant nutrients with fruit yield on average was 14.7 kg N, 6.1 kg P₂O₅ and 36.7 kg K₂O ha⁻¹, it changed only slightly in dependence of the applied moisture regulation treatment, but in dependence of the harvested yield. In planning fertilizing norms and doses it must be Taken

Into account that in years with high yield the removal of nutrients from soil is on average 15 times higher than in years with low yield, or for a ton harvested apples - 0.55 kg N, 0.22 kg P₂O₅ and 1.35 kg K₂O ha⁻¹.

8. Mulching of tree strips increased the penetration of grass roots in the tree strip by 17%, but use of drip irrigation by 37% in comparison with orchards without moisture regulation. Taking into account grass competition for nutrients and their short-time immobilization, nitrogen norm in such plantations must be increased by 10%.

ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA

APPROBATION OF THE SCIENTIFIC PAPER

1. Surikova V., Kārklīš A., Rubauskis E., Skrivele M., Berlands V. (2008). Influence of soil management treatment on root systems of apple-trees. **In:** *Proceedings of International Scientific Conference "Sustainable Fruit Growing: from Plant to Product"*, May 28-31, 2008, Jurmala–Dobele. Latvia State Institute of Fruit-Growing. Jurmala, p. 227-232.
2. Surikova V. Kārklīš A. (2009). Removal of Nitrogen, Phosphorus and Potassium with Summer Pruning of Apple Trees. **In:** *Research for Rural Development 2009. Annual 15th International Scientific Conference Proceedings*, 20-22 May, 2009, Jelgava. Latvia University of Agriculture. Jelgava: LLU, p. 57 – 63.
3. Surikova V. Kārklīš A. (2009). Competition between Apple-trees and Grass in the Orchard. Environment = Ābeļu un zālāja konkurence augļu dārzā. **In:** *Environment. Technology. Resources: Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference*, June 25-27, 2009, Rezekne = Vide. Tehnoloģija. Resursi: VII starptautiskās zinātniski praktiskās konferences materiāli, 2009.gada 25.-27. Jūnijs, Rēzekne. 1.sēj., 169.-175.lpp
4. Surikova V. Kārklīš A. (2010) Nitrogen Removal with Apple-tree Fruits. **In:** *Research for Rural Development 2010. Annual 16th International Scientific Conference Proceedings*. 19-21 May 2010, Jelgava. Latvia University of Agriculture. Jelgava: LLU. Vol.1, p. 55 – 59.
5. Surikova V., Kārklīš A., Rubauskis E. (2010). Preliminary results of nitrogen uptake with mown grass in an apple orchard under influence of mulch and irrigation. *Agronomy Research*, No.8, Special 2., Proceedings of the International Scientific Conference "Risks in Agriculture: Environmental and Economic Consequences"; p. 481 – 486.
6. Surikova V. Kārklīš A. (2010). Slāpekļa, fosfora un kālija izneses lapkrītī augļu dārzā. **No:** *Ražas svētki „Vecauce 2010”*. Zināšanas – visdrošākais ieguldījums darbam un dzīvei: zinātniskā semināra rakstu krājums, 4.nov. 2010, Vecauce. Latvijas Lauksaimniecības universitāte,

- Lauksaimniecības fakultāte. SIA LLU mācību un pētījumu saimniecība "Vecauce". Jelgava: LLU, 75. – 79. lpp.
7. Surikova V. Kārklīšs A. (2011). Phosphorus removal with mown grass in an apple orchard under influence of mulch and irrigation. **In:** *Vide. Tehnoloģija. Resursi: VIII starptautiskās zinātniski praktiskās konferences materiāli*, 2011.gada 20.-22.jūnijs, Rēzekne = Environment. Technology. Resources. Proceedings of the 8th International Scientific and Practical Conference, June 20 – 22, Rezekne, Vol.1, p. 83 – 88.
 8. Surikova V. Kārklīšs A. (2011). Potassium removal with mown grass in an apple orchard under influence of mulch and irrigation. **In:** *Research for Rural Development 2011. Annual 17th International Scientific Conference Proceedings*. 18-20 May 2011, Jelgava. Latvia University of Agriculture. Jelgava: LLU. Vol.1, p. 59 – 63.
 9. Surikova V. Kārklīšs A. Rubauskis E., Berlands V., Skrīvele M. (2011). Apple-tree Root Development and Distribution Influenced by Soil Chemical Properties, Fertigation and Mulching. *Acta Horticulturae*, No.922. ISHS, p. 319 – 325. Proceedings of the XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People. Proceedings of the International Symposium on Climwater2010: Horticultural Use of Water in a Changing Climate.