



ĀBEĻU UN ZĀLĀJA KONKURENCE AUGĻU DĀRZĀ COMPETITION BETWEEN APPLE-TREES AND GRASS IN THE ORCHARD

Valentīna Surikova¹, Aldis Kārkiņš²

1- Latvijas Valsts Augļkopības institūts
Graudu iela 1, Dobele, LV 3701; e-pasts: valentina.surikova@lvai.lv

2- Latvijas Lauksaimniecības universitāte
Augsnes un augu zinātņu institūts
Lielā iela 2, Jelgava, LV 3001; e-pasts: aldis.karklins@llu.lv

Abstract. *The objective of the research was to study the possible competition between roots of apple-trees and grass under the influence of applied moisture regulation methods. No analogical research has been performed in Latvia so far. The investigation was done on the base of an existing trial planted in 1997 with cultivar `Melba` at 1.5 × 4 m planting distances. Three different treatments of soil moisture management were compared: control, sawdust mulch and fertigation. Inter-row strips were covered by grass vegetation (*Lolium perenne* and *Poa pratensis*, in proportion 1:3). The horizontal and vertical spacing of the main root mass was determined, as well as the distance and depth of the spread of grass roots from the inter-row strip into the tree strip. The results of the research show that mulching and fertigation have significant influence on the horizontal and vertical root spacing of grass grown in the inter-row strip, which can be an evidence of competition between apple-trees and grass for water and nutrients.*

Keywords: *fertigation, mulch, root distribution, soil moisture.*

Ievads

Augļu dārzi ir gan Latvijas ainavas neatņemama sastāvdaļa, gan arī nozīmīga saimnieciskās darbības nozare. Pēdējās desmitgadēs tā ir ievērojami modernizējusies un komercializējusies un jaunā kvalitātē iekļāvusies augļu tirgū, piedāvājot labas kvalitātes vietējās izcelsmes augļus. Līdz pagājušā gadsimta beigām Latvijā ābeles audzēja uz sēklaudžu jeb liela auguma potcelmiem. Taču kopš 1998.gada līdz ar valsts atbalstu komercdārzu ierīkošanai tradicionālā ābeļu audzēšana ir radikāli mainījusies. Strauji palielinās augļu dārzu platības, kur ābeles tiek audzētas uz maza un vidēja auguma jeb klona potcelmiem. Līdz 2008.gadam Latvijā iestādīti ap 1000 ha šādu ābeļu komercdārzu.

Pēdējos gados periodiska nokrišņu deficīta dēļ augļkopji arvien biežāk pielieto dažādas augsnes mitruma regulēšanas tehnoloģijas: mulčē apdobs, kā arī ierīko dažādas apūdeņošanas sistēmas. Ja augļu dārzos uz liela auguma potcelmiem tradicionāli rindstarpās uzturēja melno papuvi, tad modernos komerciālajos augļu dārzos starprindās audzē zālāju. Līdz ar to dārza ekosistēmā ir ieviestas jaunas populācijas, kas izmaina augu savstarpējās biocenotiskās attiecības.

Šī pētījuma mērķis ir noteikt ābeļu un zālāja sakņu iespējamo konkurenci attiecībā uz ūdeni un barības vielām, pielietoto mitruma regulēšanas paņēmieni ietekmē.

Dzīvju organismu, arī augu starpā, kuri apdzīvo vienu ekosistēmu, vienmēr pastāv konkurence [1]. Augļu koku un to starprindās esošo daudzgadīgo zāļu izcelsme ir atšķirīga. To dabiskie dzīves areāli ir dažādi, tāpēc šīm sugām bioloģiski ir izveidojusies atšķirīga izdzīvošanas stratēģija. Mūsu dārzos augošo augļu koku sugu izcelsme ir mežu ekosistēma. Parasti meža augsnēs ir pietiekams mitruma saturs, tās satur daudz organisko vielu, tāpēc šādi priekšnoteikumi ir stimulējoši labai koku augšanai [2; 3]. Savukārt zālaugi, īpaši stiebrzāles, cēlušās no stepei līdzīgas ekosistēmas. Zālaugi ir piemērojušies augsnēm ar relatīvi zemu mitruma saturu un pieticīgāki augsnes auglības ziņā. Tāpēc zālāja saknes ir īpaši agresīvas un ievērojami konkurētspējīgākas [4]. Cilvēks salicis šos divus dabiski atšķirīgo ekosistēmu

pārstāvjus vienuviet, tāpēc starp koku un zālaugu savienību vienmēr pastāvēs konkurence, kur vairumā gadījumu virsroku gūs agresīvākie pārstāvji – zālaugi [3]. Konkurējošās veģetācijas klātbūtne kokam būtiski ierobežo ūdens un barības vielu resursu pieejamību augsnē [2]. Vairāki autori pētījumos ir mēģinājuši kompensēt zālāja sakņu konkurenci ar augstākām ūdens un mēslojuma pievadīšanas normām, tomēr šie pasākumi nav devuši gaidītos rezultātus. Šādi rīkojoties visbiežāk tiek veicināta pastiprināta zālāja augšana, taču efekts attiecībā uz augļu kokiem ir nebūtisks [1].

Tomēr mūsdienu modernie augļu dārzi nav iedomājami bez zālāja augļu dārza rindstarpās. Zālājs augļu dārzā veic svarīgas funkcijas. Zālājs, tāpat kā mulča, labvēlīgi ietekmē augsnē notiekošos procesus, galvenokārt bioloģiskos. Būtiska ietekme ir arī uz fizikāliem un ķīmiskiem procesiem augsnē, kā rezultātā mainās augsnes īpašības [5]. Zālāja loma ir būtiska velēnošanās (trūda akumulācijas un stabilizācijas) procesā, jo tas notiek tikai zem daudzgadīgiem augiem, īpaši zālaugiem. Zālājam ir nozīmīga loma agronomiski labvēlīgas augsnes struktūras veidošanā, tādējādi veicinot augsnes aerāciju, kā arī ūdens infiltrāciju. Ja zālājā izmanto tauriņziežus (visbiežāk balto āboliņu – *Trifolium repens*), tad notiek simbiotiska atmosfēras slāpekļa fiksācija, kā rezultātā augsnē palielinās šī bioloģiski svarīgā elementa krājumi augiem izmantojamā veidā. Zālāji attīstītā, sazarotā un dziļi ejošā sakņu sistēma, kā arī atmirušās virszemes daļas augsnē palielina organisko vielu krājumus, kas nodrošina labu vidi mikroorganismu darbībai un aktīvi iesaistās barības elementu aprites procesos [6]. Turklāt nopļautā zāle ir labs mulčējama materiāls, kas samazina ūdens iztvaikošanu no augsnes, augsnes garozas veidošanos, stimulē ūdens infiltrāciju, uztur augsnē vienmērīgāku temperatūras režīmu [2]. Rindstarpās audzējot zālāju, augļiem novērots arī daudz intensīvāks krāsojums [7].

Agronomijā par nezālēm sauc visu augus, kas aug nevēlamā vietā. Tātad arī zālāju, ja tas pārsniedzis sev atvēlētās robežas, var uzskatīt par nezāli. Nezāles tiecas ieņemt arvien jaunas platības, uzņemt augsnē pieejamo ūdeni un barības vielas. Tas, vai zālāja sakņu konkurence nopietni iedarbosies uz koku, ir atkarīgs no vairākiem faktoriem: no zālaugu sugas, augļu koku vecuma, potcelma, zālāja sakņu attāluma no koka saknēm u.c. faktoriem [8].

Vairāki zinātnieki [8; 9; 10] jau pagājušā gadsimta sākumā pierādījuši, ka nekontrolēta zālāja augšana negatīvi ietekmē gan augļu koku augšanu, gan ražas kvantitāti un kvalitāti. Augļu kokiem, īpaši uz maza auguma potcelma, ir seklāk izvietota sakņu sistēma, nekā uz sēklaudžiem potētiem, saknes tiem koncentrējas tuvāk augsnes virsējam slānim, tāpēc konkurence ar zālaugiem tiem ir īpaši aktuāla [6]. L.Davsons [10] eksperimentāli pētījis zālāja un ķiršu sakņu konkurenci. Viņš secinājis, ka īpaši lielu konkurenci zālāja saknes rada sausos gados, kad vērojams nokrišņu deficīts. Pētnieks konstatējis, ka nekontrolēta zālāja (nezāļu) augšana sausos gados izraisījusi 1/3 augļu koku bojāeju [11].

Lai koki un zālājs varētu sadzīvot vienā ekosistēmā – augļu dārzā, konkurences mazināšanai ap augļu kokiem tiek atstātas no zālāja brīvas joslas – apdobes. Pēc ilggadīgo pētījumu rezultātiem vairāki pētnieki [12; 13] apdobju joslu ierīkošanu konkurences mazināšanai atzinuši par labāko risinājumu. Pēc pētījuma rezultātiem viņi secinājuši, ka optimālā apdobes josla augļu dārzos ir 0,5 m katrā virzienā no koka stumbra rindas virzienā ābelēm uz maza auguma potcelmiem.

Pētījuma objekti un metodes

Pētījums veikts Latvijas Valsts Augļkopības institūtā Dobelē, 2007.gadā. Tas veikts 1997.gada pavasarī stādītā ābeļu dārzā. Konkrētais pētījums veikts ābeļu šķirnei 'Melba' jau esošajā izmēģinājumā [16]. Analizētie faktori, kas varētu ietekmēt zālāja un augļu koku konkurences apstākļus – ar diviem mitruma regulēšanas paņēmieniem apdobēs (zāģu skaidu mulča, pilienvēda apūdeņošana) un kontroli trīs atkārtojumos. Ābelēm izmantots maza auguma potcelms B.9, stādīšanas attālumi bija 1,5 × 4 m. Rindstarpās sētajam zālājam

izmantots maisījums no ganību airesnes (*Lolium perenne* L.), pļavu skarenes (*Poa pratensis* L.) attiecībā 1 : 3. Apdobe (stādījumu josla) kontroles un pilienvaida apūdeņošanas variantos 1 m platumā veģetācijas periodā tika uzturēta melnā papuvē. Mulčas variantā apdobi sedza 10-20 cm biezs mulčas slānis, ko ik pēc 3 gadiem divas reizes atjaunoja. Rindstarpas joslas platums 3 m. Tajās regulāri (5-6 reizes sezonā) tiek pļauta zāle, kura sēta, iekārtojot izmēģinājumu. Ābeļu vainags veidots, izmantojot slaidās vārpstas vainaga formas elementus. Augsne pētījuma vietā: reliktkarbonātiskā brūnaugsne (nosaukums atbilstoši Latvijas augšņu klasifikatoram, 2009) [*Haplic Luvisol (Hypereutric)*] - nosaukums atbilstoši Pasaules augšņu klasifikatoram, 2006], kas mijas ar Lesivēto brūnaugsnī (*Cutanic Luvisol*), kas pēc agroķīmiskām īpašībām ir tuvas. Granulometriskais sastāvs – smags un vidējs smilšmāls (sM₃ un sM₂). Šīs augsnes pieder pie automorfo augšņu klases [14]. Augsnes agroķīmiskie rādītāji: organisko vielu saturs – 2,5 g kg⁻¹ augsnes (pēc Tjurina metodes), augsnes apmaiņas skābums pH KCl 6,5 (potenciometriski), augiem izmantojamais P₂O₅ – 300 mg kg⁻¹ un K₂O – 190 mg kg⁻¹, apmaiņas magnijs 162 mg kg⁻¹ (pēc Egnera – Rīma jeb DL metodes).

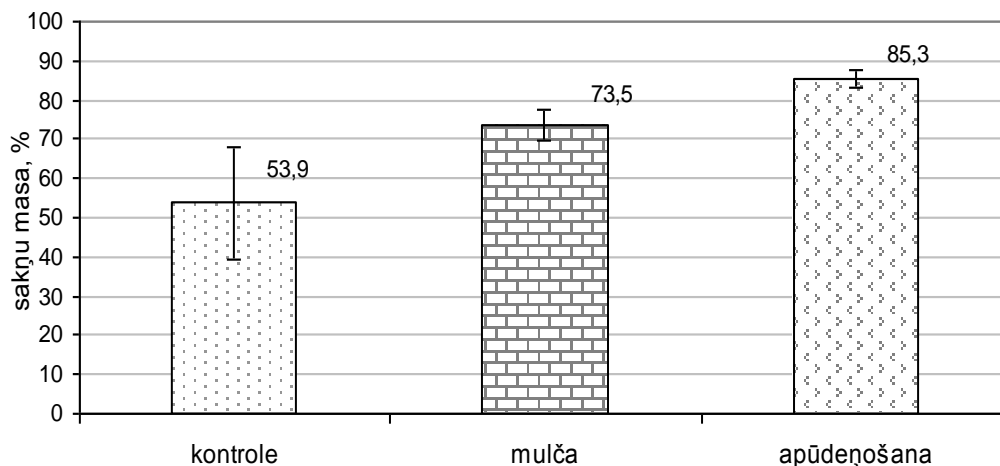
Sakņu izvietojuma pētīšanai pamatā tika izvēlēta augsnes griezuma jeb profila metode. Kaut arī saknes tika skaitītas plaknē un sakņu masa netika noteikta sverot, vairākos pētījumos konstatēta cieša pēc abām metodēm iegūto rezultātu korelācija, tāpēc turpmāk šajā darbā ir lietots termins – sakņu masa [15]. Ābelēm saknes tika skaitītas, dalot tās 5 grupās (pēc šķērsriezuma diametra). Šim pētījumam izmantots uzsūcošo sakņu (<2 mm diametrā) daudzums. Katrā augsnes profilā tika identificētas arī zālāja saknes, kas ieaugušas ābeļu sakņu aizņemtajā platībā apdobes joslā no zālāja malas. Zālāja saknes netika skaitītas. Izmantojot šos rezultātus, tika noteikts arī laukums augsnes profilā zem apdobes joslas, kurā atrodas galvenā uzsūcošo sakņu masa, kā arī aprēķināta laukuma daļa (%), kādā zālāja saknes konkurē ar ābeļu saknēm

Pētījuma rezultāti analizēti, izmantojot dispersijas analīzi, kā arī aprakstošo statistiku (*Descriptive statistic*). Divu paraugkopu datu salīdzināšanai izmantots Fišera kritērijs. Lietotā datorprogramma – MS Excel.

Rezultāti un to izvērtējums

Ābeļu sakņu izvietojums augsnē zem apdobes joslas

Pētījuma rezultāti liecina, ka zem apdobes joslas augsnē atrodas lielākā daļa uzsūcošo (diametrā līdz 2 mm) sakņu (1.att.). Zem apdobes joslas kontroles variantā atradās puse no kopējā sakņu daudzuma. Turklāt datu izkliede kontroles variantā bija ļoti liela (S_x = 11,3), kas liecina par nevienmērīgu mitruma saturu augsnē šajā variantā. Ap 70% no kopējās uzsūcošo sakņu masas zem apdobes joslas izvietojušās mulčas variantā, tomēr starp abiem variantiem būtiskas atšķirības nav konstatētas (p = 0,07).



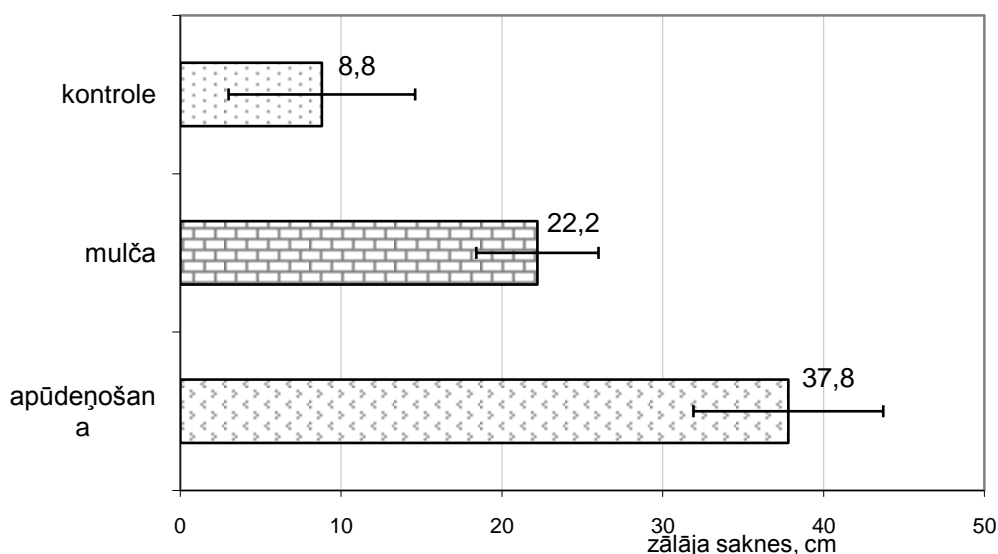
1.att. Zem apdobes joslas izvietojušos ābeļu sakņu masas īpatsvars

Apūdeņošanas variantā zem apdobses joslas izvietojušās ap 85% no galvenās sakņu masas, turklāt tas bija būtiski vairāk ($p = 0,008$) nekā kontroles un mulčas variantos.

Zem apdobses joslas koncentrējušos būtiski lielāko sakņu masu variantā ar pilienveida apūdeņošanu varētu izskaidrot ar to, ka samitrinājuma zonā bija būtiski augstāks augsnes mitrums, kas veido sava veida konteineru efektu [16]. Tas saskan arī ar citu valstu zinātnieku [17; 18; 19] pētījumiem, kuros konstatēts, ka, izmantojot pilienveida apūdeņošanu, galvenā uzsūcošo sakņu masa koncentrējas tuvu piliņātājcaurulēm un samitrinājuma zonā.

Zālāja sakņu horizontālais izvietojums

Pētījuma rezultāti parāda, ka, pielietojot atšķirīgus mitruma regulēšanas paņēmienus apdobēs, atšķirīgs bija arī zālāja sakņu iestiepšanās attālums apdobē no zālāja un apdobses robežas (2.att.).



2.att. Zālāja sakņu iestiepšanās attālums (horizontāli) apdobses joslā

Kontroles variantā saknes horizontālā virzienā iestiepās aptuveni 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 ir būtiska, uz ko norāda Fišera kritērijs ($F_{\text{fakt.}} > F_{\text{krit.}}$).

Pēc pētījumā iegūtajiem datiem ar 95% ticamību var apgalvot, ka mitruma regulēšanas paņēmiena izvēle būtiski ietekmēja zālāja sakņu augšanu horizontālā virzienā apdobē no zālāja malas.

Pētījuma rezultāti atbilst literatūrā apskatītajiem [4; 8; 9; 10], ka zālāja saknes ir agresīvas un tiecas koncentrēties augsnes vietās ar optimāliem apstākļiem (šajā pētījumā – ar mitruma nodrošinājumu).

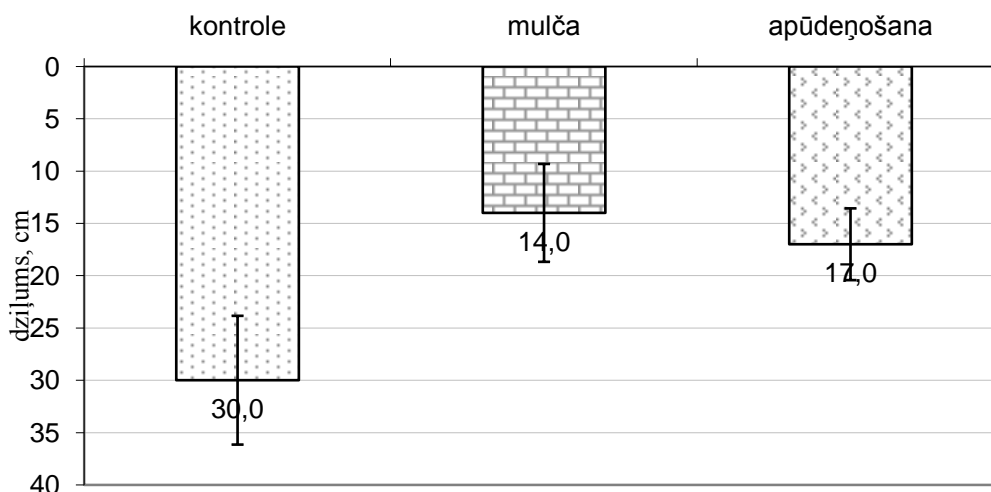
Zālāja sakņu vertikālais izvietojums

Kontroles variantā zālāja saknes apdobē sniedzās 2 reizes dziļāk (pat līdz 40 cm dziļumam) nekā variantos ar mitruma regulēšanu (mulča un pilienveida apūdeņošana). Mulčas un apūdeņošanas variantā zālāja saknes apdobses malā iestiepās vidēji 15 cm dziļumā (3.attēls).

Mulčas un pilienveida apūdeņošanas variantos zālāja sakņu dziļums apdobēs būtiski neatšķīrās ($F_{\text{fakt.}} < F_{\text{krit.}}$).

Būtiskā atšķirība kontroles variantā varētu būt saistīta ar mainīgajiem mitruma apstākļiem, kā arī zināmu mitruma deficītu. Mulčas un pilienveida apūdeņošanas variantos mitruma režīms, īpaši augsnes virsējā slānī, ir optimālāks un nav tik dinamisks kā kontroles variantā [19; 20], tāpēc ne tikai ābeļu saknes, bet arī zālāja saknes koncentrējušās seklā augsnes slānī. Pēc

zinātnieka Atkinsona [6] pētījumiem, saknes normāli aug pietiekama mitruma apstākļos, tāpēc mitruma meklējumos saknes iestiepjas arī dziļākos augsnes slāņos.



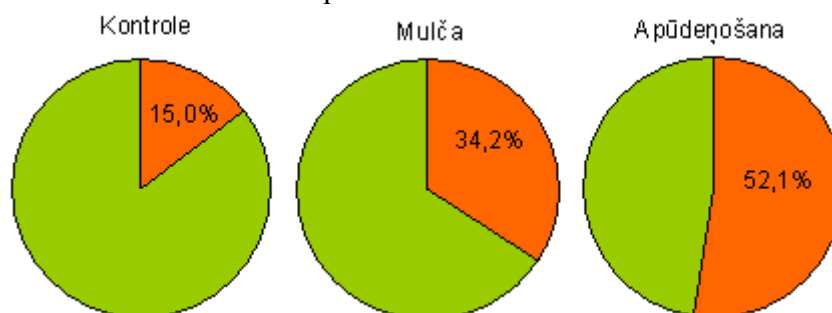
3.att. Zālāja sakņu sasniegtais dziļums zālāja un apdobs robežšķirtnē

Ābeļu un zālāja sakņu konkurences laukums

Vairāki zinātnieki [8; 9; 10], pētot zālāja vai nezāļu sakņu mijiedarbību ar kultūraugu saknēm, konstatējuši, ka zālājs rindstarpā kultūraugiem ir vērā ņemams konkurents barības elementu un ūdens apgādes ziņā.

Pēc 4.att. vizualizētajiem pētījuma datiem redzams, ka starp variantiem konstatētas būtiskas atšķirības ($p=0,00$). Kontroles variantā zālāja saknes iespiedušās 15% no ābeļu galvenās sakņu masas aizņemtā laukuma apdobs joslā. Tas nozīmē, ka zālāja saknes konkurēja ar ābeļu saknēm 15% ābeļu sakņu aizņemtajā platībā zem apdobs joslas.

Mulčas variantā ābeļu sakņu un zālāja sakņu konkurences laukums sastādīja 34% no ābeļu sakņu aizņemtās platības, bet pilienvēda apūdeņošanas variantā sasniedza 52%. Tas nozīmē, ka pusē no ābeļu sakņu aizņemtā laukuma apdobs joslā iespiedušās zālāja saknes, kas var radīt vērā ņemamu konkurenci ābelēm pēc ūdens un barības vielām.



4.att. Zālāja sakņu aizņemtā laukuma īpatsvars no galvenās ābeļu sakņu masas aizņemtā laukuma apdobs joslā

Lielās un būtiskās atšķirības variantu starpā varētu izskaidrot ar to, ka mulčas un apūdeņošanas variantos apdobs joslā ir daudz labāki apstākļi sakņu augšanai, optimālāks mitruma režīms nekā zem zālāja [6]. Ne tikai koka saknes meklē augsnē mitrumu un barības vielas, bet arī zālāja saknes, tāpēc augšanai labvēlīgākajās augsnes vietās koncentrējas gan koku, gan zālāja saknes [7]. Īpaši mitruma ietekme uz zālāja sakņu iespiešanos apdobs varētu būt aktuāla sausos gados, kad zem mulčas un apūdeņošanas variantā mitruma saturs ir būtiski lielāks [10].

Secinājumi

Augļu dārzā pielietotie mitruma regulēšanas paņēmieni – apdobju mulčēšana un pilienveida apūdeņošana – būtiski ietekmē gan ābeļu, gan arī zālāja sakņu izvietojumu.

Zem apdobes joslas kontroles variantā atrodas aptuveni puse ābeļu uzsūcošo sakņu (<2 mm šķērsgriezumā), mulčējot apdobes vai pielietojot pilienveida apūdeņošanu, ābeļu sakņu izvietojums zem apdobes joslas ir attiecīgi 73% un 85% no uzsūcošo sakņu masas.

Horizontālā virzienā zālāja saknes mulčas lietošanas ietekmē apdobes joslā iespiedušās 4 reizes, bet pilienveida apūdeņošanas variantā 5 reizes tālāk nekā kontroles variantā.

Kontrolē zālāja saknes iesniegušās 2 reizes dziļāk augsnē nekā mulčas un apūdeņošanas variantos.

Kontroles variantā ābeļu un zālāja sakņu konkurences laukums apdobes joslā ir 15%, mulčējot apdobes – 34%, bet, pielietojot pilienveida apūdeņošanu – pat 52%, kas varētu būt vērā ņemama konkurence.

Summary

Since 1998 when government support started for the establishing of commercial orchards, traditional apple growing in Latvia has radically changed. Today apple-trees are grown on dwarf and semi dwarf rootstocks, using moisture regulation – mulching of the tree strips and various irrigation systems. Instead of bare fallow, grass is grown in the inter-row strips. With that, new plant populations are introduced into the orchard ecosystem, which change the biocenotic interrelations of the plants.

The aim of the research was to study the possible competition between apple-trees and lawn grass.

The research was done at the Latvia State Institute of Fruit-Growing, Dobeles, in 2007 on the basis of an orchard established in 1997, for cultivar 'Melba' on rootstock B.9 (planting distances 1.5×4 m), which was provided with two soil moisture regulation treatments in tree strips (sawdust mulch, drip irrigation) and control, in three replications. For the lawn sown in the inter-row strips grass mixture were used consisting of *Lolium perenne* and *Poa pratensis* in proportion 1 : 3. The tree strip (1 m wide) in the control and drip irrigation treatments during the growth season was maintained free from grass. In the mulching treatment it was covered with 10 – 20 cm layer of sawdust mulch which was renewed each three years. The inter-row strips were 3 m wide. The grass which was sown in these strips at the orchard planting was mown regularly (5 – 6 times during the season). The apple-trees were trained as slender spindle. In the place of trial the soil was sandy loam (sM₃ and sM₂) *Haplic Luvisol* (*Hypereutric*), interspaced with sandy loam *Cutanic Luvisol*, which both have similar agrochemical properties. These soils belong to the class of automorphic soils [14]. The amount of organic matter was 2.5 g kg⁻¹ (determined by the method of Tiryin). The reaction pH KCl 6.5 (determined in 1 M KCl suspension). Available P₂O₅ – 300 mg kg⁻¹ un K₂O – 190 mg kg⁻¹, MgO – 162 mg kg⁻¹ (analysed by the method Egner – Reem (DL method)).

The results of the research showed that the applied soil moisture regulation treatments – mulching of tree strips and drip irrigation - influenced the root spacing both of apple-trees and grass significantly. Under the tree strip kept free of grass about half of the absorbing tree roots (<2 mm in cross-section) were found, while with mulching and drip irrigation the proportion of apple-tree roots under the tree strip was 73% and 85% of the mass of absorbing roots, respectively. The grass roots in the mulching treatment spread into the tree strip 4 times farther in the horizontal direction than in the control treatment, but with drip irrigation - 5 times farther than in control. Vertically (into depth) the grass roots in the control treatment spread 2 times deeper than with mulching or irrigation. In the control treatment the competition area of apple-tree and grass roots was 15%, with mulching – 34%, but with drip irrigation – even 52% of the total area occupied by apple-tree roots.

Literatūra

1. Parker M.L., Meyer J.R. Peach tree vegetative and root growth respond to orchard floor management. *HortScience*. V.31, 1996. p.330-333.
2. Eisental D.M., Yanai R.D. The ecology of root life span. *Ecological Research*. V.27, 1997. p.1-60.
3. Hipondoka M., Aranibarw J., Chiraraz C., Lihavhaz M., Mackow S. Vertical distribution of grass and tree roots in arid ecosystems of Southern Africa: niche differentiation or competition? *Journal of Arid Environments*. V.54, 2003. p.319-325.
4. Scholes R.J. Tree – grass interactions in savanna. *Annual Review of Ecology and Systematics*. V.28, 1997. p.517-544
5. Skroch W.A., Shribbs J.M. Orchard floor management: an overview. *HortScience*. V.21, 1986. p.390-394.
6. Atkinson D. The growth, activity and distribution of the fruit tree root system. *Plant and Soil*. V.71, 1983. p.23-25.
7. Mason E.G., Milne P.G. Effects of weed control, fertilization and soil cultivation on the growth of *Pinus radiata*. *D.J. For. Res.* V.29, 1999. p.982-985.
8. Hornig R., Bünemann G. Fertigation and controlled strip cover by weeds in apple orchards. *Acta Hort.* V.335, 1993. p.65-72.
9. Casper B.B., Jackson R.B. Plant competition underground. *Ecol. Syst.* V.28, 1997. p.545-570.
10. Dawson L.A., Duff E.I., Campbell C.D. Depth distribution of cherry (*Prunus avium* L.) tree roots as influenced by grass root competition. *Plant and Soil*. V.231, 2001. p.11-19.
11. Bedling R.D., Majek B.A., Lokaj G.W., Hammersted J., Ayeni A.O. Orchard Floor Management Influence on Summer Annual Weeds and Young Peach Tree Performance. *Weed Technology*. V.18, Nr. 2, 2000. p.215-222.
12. Eason W.R, Newman E.I., Chuba G.H. Specificity of interplant cycling of nutrients: the role of mycorrhizas. *Plant Soil*. V.137, 1991. p.267-274.
13. Ristevski B. Strip Pear Orchard Desing. *Acta Hort.* V.367, 1994. p.255-259.
14. Augsnes diagnostika un apraksts /sast. A. Kārkiņš. Jelgava: LLU, 2008. 336 lpp.
15. Kolesnikov V.A. Root system of the fruit trees and small fruit. Moscow: Kolos, 1974. p.509.
16. Rubauskis. E. Augsnes mitruma režīmu regulēšanas ietekme uz augļu koku augšanu un ražas parametriem: Promocijas darbs lauksaimniecības doktora zinātniskā grāda ieguvei / Latvijas lauksaimniecības universitāte. Jelgava, 2005. 161 lpp.
17. Ben–Asher J., Silberbush M. Root distribution under trickle irrigation: factors affecting distribution and comparison among methods of determination. *Journal of Plant Nutrition*, No.15 (6& 7). 1992. p.783-794.
18. Neilsen G.H., Parchomchuk P., Berard R., Neilsen D. Irrigation frequency and quantity affect root and top growth of fertigated ‘McIntosh’ apple on M 9, M 26 and M 7 rootstock. *Canadian Journal of Plant Science* V.77. 1997. p.133-139.
19. Levin I., Assaf R., Bravdo B. Soil moisture and root distribution in an apple orchard irrigated by tricklers. *Acta Horticulturae*. V.89. 1979. p.81-82.
20. Hee–Myong R. Water use of young ‘Fuji’ apple trees at three soil moisture regimes in drainage lysimeters. *Agricultural Water Management*, No.50. 2001. p.185-196.