



Nr. 24-00-COLA1601-000010

“Ģeotelpisko datu apstrādes algoritmu pielietošana plantāciju mežu veselības stāvokļa un oglekļa piesaistes prognozēšanai”

KOKU STĀDĪJUMI LAUKSAIMNIECĪBAS ZEMĒS –
VITALITĀTI UN PODUKTIVITĀTI
IETEKMĒJOŠIE FAKTORI
LITERATŪRAS APSKATS

Saturs

Ievads	3
Organisko vielu aprite.....	4
Augsnes hidroloģiskais režīms un augsnes temperatūra.....	4
Reljefs	5
Augsnes blīvums un augsnes gatavošanas nepieciešamība	6
Mēslošana	6
Sugu izvēle un piemērotākie augšanas apstākļi	7
Kopsavilkums	9
Informācijas avotu saraksts.....	11

Ievads

Latvijā vairāk kā 200 000 hektāru lauksaimniecības zemes netiek izmantotas, galvenokārt mazauglīgas augsnes dēļ, kas rada potenciālu šo zemju apmežošanai. Lauksaimniecībā neizmantotās zemes apmežošana ir veids kā atgriezt to saimnieciskajā aprītē kā arī gūt ekonomisku, ekoloģisku un sociālu labumu no lauksaimniecībai nederīgas zemes. Meža ieaudzēšana lauksaimniecības neizmantotajās zemēs piedāvā vairākus ieguvumus. Viens no galvenajiem ir racionāla zemes izmantošana, kas veicina gan rekreācijas iespēju paplašināšanu, gan ainavu dažādošanu. Turklāt, šis process palīdz samazināt vides piesārņojumu, radot pozitīvu ietekmi uz ekosistēmu un klimatu.

Zemes lietošanas veida maiņa ir viens no būtiskākajiem faktoriem, kas izjauc ekosistēmas līdzsvaru un veicina nevēlamu procesu attīstību, kā rezultātā augsne zaudē spēju veikt savas funkcijas. Atkarībā no audzētajām koku sugām augsnē nonāk biomasa, kas atšķiras gan pēc kvantitātes, gan ķīmiskā sastāva. Biomasas mineralizācijas ātrumu ietekmē C:N attiecība, lignīna un citu sekundāro oglekļa savienojumu klātbūtne, kas savukārt nosaka slāpekļa un citu augu barības vielu apriti un pieejamību augsnē. Lauksaimniecības zemju apmežošana būtiski ietekmē augsnē notiekošos procesus, tai skaitā augu barības vielu apriti. Sukcesijas telpiskais raksturs un sugu sastāvs ir atkarīgs no tādiem faktoriem kā augsnes fizikālajām un ķīmiskām īpašībām, mitruma apstākļiem, reljefa, sākotnējā lakstaugu seguma, kā arī sākotnējās zemes izmantošanas veida. Lauksaimniecības tehnikas izmantošanas pārtraukšana izmaina augsni, mainās augsnes fizikālās īpašības un vide mikroorganismiem.

Ierīkojot koku stādījumus lauksaimniecības zemēs svarīgi ir izvēlēties piemērotāko sugu konkrētajiem augšanas apstākļiem. Pastāv vairāki riska faktori, kas var nelabvēlīgi ietekmēt stādījumu ierīkošanu un augšanas attīstības gaitu ja sākotnēji netiek izvērtēti tādi faktori kā organisko vielu saturs augsnē, mitruma apstākļi, augsnes temperatūra, teritorijas reljefs, augsnes blīvums un augsnes sagatavošanas nepieciešamība, kā arī mēslošanas nepieciešamība. Pirms koku stādīšanas šo faktoru izvērtējums un tālākais monitorings ir nepieciešams, lai prognozētu un nepieļautu šo zemju augsnes kvalitātes pasliktināšanos, tādā veidā optimizējot audzes attīstību kvalitāti un vitalitāti.

Organisko vielu aprīte

Koku un augu augšanas apstākļu svarīgākos parametrus nevar noteikt viena vai divu faktoru mijiedarbības dēļ, tas ir komplekss process, kas veido augsnes auglību un to nosaka vairāku faktoru – ķīmisko, fizikālo un bioloģisko augsnes īpašību un klimata – mijiedarbības rezultātā. Augsnes pamatīpašības ko cilvēka saimnieciskā darbība neietekmē ir viegli identificējamās un tās ir salīdzinoši stabilas, jo tās ir formējušās ilgstošā laika periodā cilmieža, reljefa, klimata, floras un fauna ietekmē. Pretēji, īpašības, kuras mainās cilvēka saimnieciskās darbības rezultātā ir – organisko vielu saturs, augsnes struktūra, ūdens filtrācijas spēja, tilpummasa, reakcija, barības elementu resursi u.c., to ietekmē zemes izmantošanas veids, augsnes apstrādes tehnoloģija un audzētie kultūraugi vai koki (Līpenīte un Kārkliņš, 2011, 2011a).

Kvalitatīvai koku augšanai ir nepieciešama sabalansēta organisko vielu pieejamība augsnē, ko nosaka, tādu minerālvielu kā (kālijs (K), fosfors (P), slāpekļlis (N), kalcijs (Ca)) un mikroelementu (magnijs (Mg), mangāns (Mn), bors (B), varš (Cu), cinks (Zn)) daudzums augsnes šķīdumā. Latvijas pētījumos saistībā ar bērzu, zinātnieki veikuši atziņas, ka minerālvielu saturs augsnē būtiski ietekmē bērza augšanas procesu. Koki, kas aug barības vielām nabadzīgās augsnēs, uzrāda ievērojami mazāku vidējo biomasu nekā tie, kas aug barības vielām bagātās augsnēs (Daugaviete u.c., 2013). Lapu koku sugu lapas ātri sadalās, veicinot akumulatīvu augsnes veidošanās procesu zem šo koku audzēm. Tā rezultātā trūdvielu uzkrāšanās dēļ organisko vielu saturs augsnes virsējos slāņos var pārsniegt 10%. Kālija un kalcijs daudzums parasti ir pietiekams, taču slāpekļa un fosfora elementi var būt nepietiekami, īpaši smagās māla augsnēs vai augsnēs ar sārmainu reakciju. Pretējas atziņas veiktas Vācijā skujkoku sugām, kur egles audzes ierīkojot lauksaimniecības zemē novērots kalcijs, kālijs un bora deficīts un ir nepieciešams veikt augsnes mēslošanu. Zinātnieki secinājuši, ka uz 1 ha nepieciešamais mēslojuma daudzums ir minimāli 70 kg kālija (K), bet maksimāli – 170 kg (Nollendorfs, 2008; Daugaviete u.c., 2013).

Augsnes hidroloģiskais režīms un augsnes temperatūra

Ūdens hidroloģiskais režīms un atbilstoša stādīšanas vietas izvēle ir būtiski faktori, lai gruntsūdens līmenis pavasarī un rudenī nepārsniegtu 20–30 cm no zemes virsmas, kas ir vidējais rādītājs, kad koki sāk izjust plūdu negatīvo ietekmi (Mangalis, 1989), lai gan īsi, dažu dienu plūdi, miera periodā (*dormant season*) (laika posmā no novembra līdz martam) augšanai un vitalitātei lielus postījumus nerada, tomēr ilgstoša gruntsūdens līmeņa pacelšanās, īpaši lapu plaukšanas laikā, var būt kaitīgi kokiem (Clatterbuck, 2015). Stāvoša ūdens un plūdu rezultātā augsne slikti aerējas, jo skābekļa pieejamība applūdušajā augsnē ir ierobežota. Tas veicina lapu hlorozes, lapu izmēru samazināšanos, defoliācijas u.c. slimību attīstīšanos un novērots, ka ūdens līmenim nekrītoties, tas var novest pie koka bojāejas (Clatterbuck, 2015). Tomēr ir pētījumi, kas secina, ka plūdi konkrētā teritorijā var neatkārtoties gadu no gada un ūdens piesātinājuma simptomi var izzust, kā rezultātā koks var atdzīvoties (Bratkovich et al., 1994). Vairākas lapu koku, piemēram, āra bērzs, ozols, saldaiss ķirsis, kā arī skujkoku sugas, aktīvo sakņu applūšanu pacieš ne ilgāk kā piecas dienas, novērots, ka pēc šī laika var sākties augšanas traucējumi. Savukārt tādas koku sugas kā melnalksnis un purva bērzs, kas vairāk piemērotas mitrākām vietām, sakņu applūšanu spēj izturēt līdz pat deviņām dienām, bet labākus augšanas pieaugumus šīs sugas uzrāda vidēji mitrās smilšmāla un mālsmilts augsnēs (Liepiņš u.c., 2013).

Kokaugu veiksmīgai augšanai būtiska arī ir optimāla augsnes temperatūra, kas regulē minerālvielu uzņemšanu un mikroorganismu darbību. Latvijas klimata apstākļos tā vidēji svārstās ap 15–20°C, nodrošinot optimālu kokaugu barošanās režīmu, ar nosacījumu ja augsnē ir pietiekams mitruma daudzums (Mangalis, 1989). Augsnes temperatūru lielā mērā nosaka

zālaugu masa, piemēram, iepriekš kultivētās pļavās, bagātīgās augsnēs, veidojas blīvs lakstaugu segums, kas kavē augšanas gaitu (Ruskule et al., 2012), novērots, ka biežā un kuplā zālājā augsnes temperatūra ir par 3–5°C zemāka nekā vietā kur zālājs ir retāks (Moran et al., 1994; Lambin & Ehlich, 1996). Tāpēc, lai nodrošinātu kokaugu veiksmīgu ieaugšanu un straujāku sākotnējo augšanu, pirms stādīšanas ir nepieciešams veikt augsnes sagatavošanas darbus un veikt turpmāku stādījumu kopšanu (Daugaviete u.c., 2017).

Reljefs

Reljefs lauksaimniecības zemēs būtiski ietekmē sateces baseinu hidroloģisko dinamiku, ienākošās saules gaismas virzienu, intensitāti un netieši augsnes mitrumu, kā arī barības vielu sadalījumu augsnē un erozijas iespējamību (Adams et al., 2014; Lin et al., 2021). Bet tādas īpašības kā mitruma apstākļus un mikroklimatu galvenokārt ietekmē mikroreljefs. Nelielas, centimetros mērāmas atšķirības mikroreljefā spēj radīt būtiskas ekoloģisko apstākļu atšķirības. Tas skaidrojams ar to, ka līdzenumos reljefs reti ir izteikti plakans, vienmēr ir izveidojušies mazāki vai lielāki pacēlumi, kur pastāv barības vielu izskalošanās risks, kā arī pazeminājumos bieži ir sliktāki drenāžas apstākļi liela mitruma ietekmes dēļ, tāpēc atšķirīgiem mikroreljefa apstākļiem piemērotākās koku sugas izvēle ir būtiska. Reljefs ietekmē tādas augsnes īpašības kā – augsnes mehāniskais sastāvs, blīvums, struktūra, organisko vielu sastāvs un pH līmenis, novērots, ka augsne pat viendabīga reljefa apstākļos var atšķirties nelielos attālumos (Melluma un Lūkins, b.g), Norvēģijā veiktajos pētījumos veikta atziņa, ka reljefa pazeminājumos, kur ir mitrāks un dabiski šīs teritorijas aizaug lēnāk, dominē baltalksnis un bērzi, bet sausākās vietās, reljefa pacēlumos, ar normālu mitruma režīmu – egle un priede (Staaland et al., 1998). Galvenie riska faktori veidojas pazeminājumos, kur tas ietekmē mikroklimata izmaiņas, tas ir īpaši svarīgi izvēloties vietu koku stādījumiem, jo paugurainās vietās, upju ielejās un ezeru ieplakās, kur izteiktais reljefs veicina vēsā gaisa uzkrāšanos nogāžu pakājēs, veidojas stāvošas aukstā gaisa masas, jeb tā saucamie “aukstuma ezeri”, kas rada risku salnu postījumiem. Līdzīgi ir ar pārplūstošajām vietām konkrētajā teritorijā, pirms koku stādīšanas svarīgi noskaidrot vai ūdens ir tekošs, piemēram, upju tuvumā vai stāvošs (atsevišķos reljefa pazeminājumos), kas būtiski ietekmē barības vielu izskalošanos un skābekļa pieejamību saknēm (Melluma un Lūkins, b.g). Zinātnieki ir secinājuši, ka labākās vietas koku stādīšanai lauksaimniecības zemēs ir līdzenās un atklātās teritorijās, kā arī paugurainās dienvidu vai dienvidrietumu nogāzēs, ja to slīpums nepārsniedz 10%. Pārāk liels slīpums var izraisīt augsnes virskārtas izžūšanu, kas var bojāt koku saknes un veicināt koka iznīkšanu (Bušs un Mangalis, 1971).

Augsnes blīvums un augsnes gatavošanas nepieciešamība

Pēc saimnieciskās darbības beigām, ilgstoši neizmantotā, lauksaimniecības zemē ir grūti veikt produktīvu apmežošanu ja netiek pielietotas metodes augsnes uzlabošanai, visticamāk neapstrādātā augsnē ierīkojot koku stādījums, tie aizies bojā jau pirmajā sezonā pēc stādīšanas, tas skaidrojas ar to, ka ilgstoši lauksaimniecībā izmantotai zemei veidojās augsnes sablīvējums zem arkla apstrādes dziļuma, (arkla zole), kas traucē ūdens kapilārajai pacelšanās spējai no zemākajiem augsnes slāņiem (Ruža, 2021). Novērots, ka mālainās augsnēs, arkla zole var būt pat praktiski ūdensnecaurlaidīga. Zinātnieki ir veikuši atziņas, ka optimāls blīvums koku attīstība ir $1,25\text{--}1,35\text{ g}(\text{cm}^3)^{-1}$, īpaši augšanas pirmajos gados (Bušs un Mangalis, 1971), bet sasniedzot $1,80\text{ g}(\text{cm}^3)^{-1}$ atzīmi, blīvās un smagās augsnēs jebkuras koku sugas izaugsma un tālākā attīstība ir apgrūtināta. Rezultāti liecina, ka kokiem sasniedzot briestaudzes vecumu (30–40 gadi) arī smaga māla augsnēs, kur augšanas apstākļi pirmajos gados pēc stādīšanas ir apgrūtināti, saknes spēj izspraukties cauri pat blīvākajiem cilmieža slāņiem un veidojas produktīvas mežaudzes. Tāpēc, lai agrīnajā vecumā neveidotos risks kokiem aiziet bojā ir nepieciešams veikt augsnes apstrādi (Nollendorfs, 2007; Nikodemus u.c., 2008, Liepiņš u.c., 2013).

Viens no biežāk izmantotajiem augsnes sagatavošanas veidiem stādījumu ierīkošanai ir vienlaidus apstrāde joslās, izmantojot vienkorpusa, trīskopusa, diskveida lauksaimniecības arklu vai rotējošās frēzes. Vienlaidus augsnes sagatavošana visā stādījuma platībā ir salīdzinoši dārga, bet vairākkārt tā ir vienīgā metode, kā uzlabot augšanas apstākļus ļoti blīvās augsnēs. Piemēram, dziļaršana (līdz 40 cm) palīdz izjaukt “arkla zoles” struktūru un ievērojami uzlabo augsnes mehāniskās īpašības, aerāciju un mitruma režīmu. Smagās augsnēs, kur vienkorpusa arklu izmantotās vagas nesniedz gaidīto rezultātu, var izmantot trīskorpusa arklu, veidojot platas mineralizētas joslas (Liepiņš u.c., 2013).

Cits augsnes sagatavošanas veids paredz atsevišķas koku stādvietas sagatavošanu – palicošanu jeb kupicošanu. Pacila ir mikropaaugstinājums, kuru izveido ar ekskavatora vai speciālas tehnikas palīdzību. Stādīšana uz pacilām ir īpaši efektīva pārmitrās augsnēs, jo tā ļauj pielāgot stādvietai konkrētās vietas mitruma režīmam. Ja platība ir mēreni mitra, stādus var izvietot starp pacilu un izrakto bedri, bet ļoti mitrās vietās – pacilas virspusē. Koki, kas stādīti uz pacilām, uzrāda labākus augšanas rādītājus, jo tiem ir nodrošināts ne tikai optimāls mitruma režīms, bet arī labvēlīgi apstākļi barības vielu uzņemšanai. Pētījumos arī apstiprināts, ka uz pacilām stādus mazāk apdraud sala izcilāšana (Heiskanen et al., 2013; Liepiņš u.c., 2013). Apgāztajā velēnā, kurā pēc stādīšanas atrodas koku un citu sugu saknes, laika gaitā sadalās un kalpo kā papildu mēslojums. Tas pirmajos gados pēc iestādīšanas uzlabo koka augšanas gaitu, nodrošinot kokam papildu barības vielas un veicinot tā attīstību (Heiskanen et al., 2013).

Mēslošana

Papildus mēslojums palīdz kokiem un augiem izveidot līdzsvarotu barības vielu bāzi, kur tādi elementi, kā slāpekļis, fosfors, kālijs, magnijs, bors u.c., spēj palielināt augšanas gaitas rādītājus, uzlabot augsnes fizikālās un ķīmiskās īpašības, nodrošināt ilglaicīgāku barības vielu saglabāšanos augsnē un ūdens noturēšanas spēju (Badu-Brempong & Addo-Danso, 2022). Īpaši svarīga mēslošanas prakses pielietošana ir audzējot ātraudzīgos kokus biomasas ieguvei, jo konstatēts, ka strauji pasliktinās virskārtas reakcija, jeb augsne paskābinās un veicot atkārtotu koku novākšanu no augsnes tiek iznests liels daudzums mikroelementu un makroelementu, kas samazina augsnes produktivitāti un auglību (Līpenīte un Kārklīšs, 2011a). Augsnē esošā, smalko sakņu masa, kas kompensē augsnes augu barības elementu iznesi un augsnes noplicināšanos ir zināmā mērā galvenais barības elementu resurss mikroorganismu dzīvības procesa nodrošināšanai, tāpēc nepieciešama augu barības elementu regulācija un

augšnes ielabošana, kas izpaužas kā augšnes kalķošana, ielabošana ar NPK (slāpekļi, fosfors, kālijs) vai cita veida mēslošana. Informācija nav pilnīga par makroelementu vajadzību kokiem ierīkojot stādījumus lauksaimniecības zemēs, bet ir atsevišķas situācijas, kas liecina, ka augsnē var veidoties bora nepietiekamība (Līpenīte un Kārklīšs, 2011a). Pieejami daudz pētījumi par pozitīvo ietekmi starp barības elementu ienesi augsnē un biomasas veidošanas palielināšanos, bet ir virkne faktoru, kas jāņem vērā, lai nepārsātinātu augšni ar nepiemērotiem elementiem, neradītu bojājumus sakņu sistēmām un neizbojātu mikrobioloģisko aktivitāti, tāpēc strādājot bez zinātniski pamatotām mēslošanas rekomendācijām nav ieteicams, jo pastāv risks vides piesārņojumam ar nitrātiem un virszemes noteci (Heilman & Norby, 1998).

Latvijā veiktajā pētījumā, nabadzīga satura, zālainā un četrus gadus neapsaimniekotā lauksaimniecības augsnē, bērza, priedes un egles stādījumu ieaugšanas uzlabošanai veikta mēslošana ar superfosfātu – 40 g uz stādvieta, kālija sāls – 25 g uz stādvieta un amonija nitrāts – 30 g uz stādvieta, pirmajā gadā pēc audzēšanas mēslošana nav veikta, bet turpināta tekošos 5 gadus un noskaidrots, ka bērzi, sasniedzot 15 gadu vecumu, šajā periodā auguši labi un jau septītajā gadā pēc stādīšanas vidējais augstums pieaugums bijis 1 m gadā. Igaunu, bērzu izmēģinājumā konstatēts, ka pēc 15 veģetācijas sezonām, īscirtmeta bērza audzēs starp N, K un P elementiem vienīgi K daudzums bijis samazinājies, bet kopumā koncentrācijas daudzums bijis optimāls un papildu mēslošana nav bijusi nepieciešama. Ilgtermiņā varētu būt nepieciešama K mēslošana, lai nodrošinātu augstu produktivitāti nākamajās meža paaudzēs, bet lai izvairītos no mēslošanas izmaksām un iespējamā kaitējuma videi, zinātnieki ieteikuši mežizstrādes atliekas atstāt audzē, lai tie sadalītos, vienlaikus veicinot bioloģisko daudzveidību (Lutter et al., 2015). Latvijā priedes augšanas gaita 15 gadu periodā novērota samērā vienmērīga, bet koki bijuši ļoti zaraini, kas raksturīgi šai sugai lauksaimniecības zemēs. Citā izmēģinājumā, atsevišķu koku sugu (ozola un saldā ķirša) sākotnējās augšanas uzlabošanai izmantots superfosfāts – 55 g uz stādvieta un amonija nitrāts – 30 g uz stādvieta. Izteikti pozitīvi rezultāti konstatēti otrajā un trešajā gadā pēc stādīšanas, kā rezultātā augšana intensitāte palielinājās par 25–30% un uzlabojās koku (Daugaviete, 2000). Egles audzes izmēģinājumā, ar augšnes tipu – velēnu vidēji podzolēta, uz morēnu smilšmāla cilmieža, konstatēts, ka augšanas gaita bijusi samērā lēna pirmajos 5 gados arī tad, kad mēslošana veikta regulāri šajā periodā: krūšaugstumu audze sasniegusi vidēji piektajā gadā pēc iestādīšanas, bet tekošajos gados augšana strauji uzlabojusies, tāpēc šis izmēģinājums uzskatāms par sekmīgu. Ceturtajā gadā, stādījuma vidējais augstums bija sasniedzis $1,38 \pm 0,09$ m, kontroles variantā (bez mēslošanas) – $0,70 \pm 0,05$ m un veiktas galvenās atziņas, ka mēslošana ir efektīva ja tā darīta īstajā laikā un nav pieļaujama zāles ieviešanās platībā (Daugaviete u.c., 2017). *Alnus* ģintij piederošajām baltalkšņa un melnalkšņa sugām ir raksturīga simbioze ar slāpekli fiksējošām aktīobaktērijām *Frankiella alni*, kas piesaista atmosfēras slāpekli un deponē to augsnē uzņemamā nitrātu formā. Tādējādi šīs sugas uzlabo arī citu koku augšanas rādītājus, kas atrodas tiešā tuvumā. (Liepiņš and Liepiņš, 2010). Piemēram, katru gadu slāpekļa daudzums augsnē ko baltalksnis spēj piesaistīt sasniedz 40–50 kg, bet 40 gadu vecumā, kur sadaloties baltalkšņa lapām augsnē papildus nonāk 120 kg slāpekļa un tādi elementi, kā kālijs, fosfors un kalcijs (Āze, 2011), liecina par to, ka baltalksnis pats sev spēj nodrošināt mēslojumu, paralēli uzlabojot augšanas apstākļus citām sugām (Daugavietis un Indriksons, 2006).

Sugu izvēle un piemērotākie augšanas apstākļi

Veicot lauksaimniecības zemes apmežošanu svarīgi izvēlēties piemērotāko koku sugu, ko vislabāk noteikt pēc augšnes un cilmieža īpašībām, augšnes mehāniskā sastāva un mitruma apstākļiem (Lūkins, 2013).

Parastās priedes (*Pinus sylvestris* L.) sēšana un stādīšana ir piemērota dažāda satura augsnēm. Arī vietās kur krasi izmainās reljefs priede spēj pielāgoties. To var sēt vai stādīt

pietiekami valgās un irdenās smilts augsnēs, sausās smilts augsnēs, kā arī kūdras augsnēs. Maz piemērota tā ir smagām, mālainām un auglīgām augsnēm, kā arī augšanas pirmajos gados bieži cieš no zālaugu konkurences (Lūkins, 2013). Priedei ir augsta ekoloģiskā pielāgošanās spēja, kur gan nabadzīga satura augsnēs, gan kūdrainās purva augsnēs tā spēj izdzīvot. Tomēr priekšroku tā dod sausākiem augšanas apstākļiem, kur tā veido spēcīgu mietsakni ar plašu sānsakņu tīklu, kas spēj nodrošināt izturību pret vēju un aizsniegšanos līdz pat dziļākajiem gruntsūdeņiem. Izteikti mitros, kūdrainos augšanas apstākļos priedei neattīstās mietsakne, bieži vien tā nīkuļo un neveido produktīvas mežaudzes (Smal & Olszewska, 2008; Wu et al., 2020). Latvijas meža tipos, priede, kā valdošā koku suga ar augstu produktivitāti aug lānā, damaksnī, silā un šaurlapju kūdrēnī (Berķis u.c., 2013).

Parastā egle (*Picea abies* (L.) H Karst – labi aug mistrojumā ar citām koku sugām nogāzēs un pauguru virsotnēs, kā arī līdzenos, labi drenētos apstākļos ar nosacījumu ja to nenoēno citas sugas. Augšanai piemērota viegli līdz stipri skāba podzolēta, smilšmāla un mālsmilts augsne. Sakņu sistēma attīstās sekli, jo eglei nav mietsaknes, tā veido plašu sānsakņu tīklu, kas ir viens no galvenajiem iemesliem kāpēc šī suga augsnēs ar augstu gruntsūdens līmeni cieš no vējgāzēm. Lauksaimniecības zemes teritorijās, ierīkotajos egļu stādījumos, ir novērota īpaši strauja augšana un augsta bonitāte, kas norāda uz labvēlīgiem augšanas apstākļiem. Tomēr arī novērots, ka lauksaimniecības zemēs augsnes virskārta bieži vien ir sablīvējusies intesīvās apstrādes rezultātā gadu no gada un saknes izplešas sekli, eglei, kurai sakņu sistēma jau piemērotos apstākļos attīstās sekli, pastāv papildus risks inficēties ar trupi izraisīto sēni *Heterobasidion* spp., kas ziemeļu puslodes boreālajos mežos izraisa nozīmīgas skuju slimības (Kļaviņa, 2019; Lībiete u.c., 2019). Viens no iemesliem, kādēļ skuju koki lauksaimniecības zemēs varētu būt īpaši uzņēmīgi pret *Heterobasidion* spp., ir sakņu mikorizācijas atšķirības. Lauksaimniecības zemēs bieži vien nav sastopamas meža zemēm raksturīgās mikorizas sēnes, kas aizsargā saknes pret augsnes patogēnajām sēnēm. Bet vispārīgi iegūtas atziņas, ka egles stādījumi neizmantojamās lauksaimniecības zemēs ir ar augstu potenciālu, salīdzinājumā ar meža zemēm, novērota sevišķi strauja augšanas gaita ar platām gadskārtām, ko nodrošina bagātais barības vielu saturs augsnē (Gaitnieks u.c., 2019). Egles stādījumos lauksaimniecības zemēs konstatēts, ka auglīgās, dabiski sausās augsnēs – velēngleja aluviālā, velēnu podzolētā augsnē un kultūraugsnē ar mālsmilts un smilšmāla mehānisko sastāvu – egles krūšaugstuma caurmērs 15 gadu periodā sasniedz vidēji 11–12,6 cm, kas pretēji eglei meža augsnēs būtu sagaidāms vien 25–27 gadu laikā (Daugaviete u.c., 2017).

Bērzi ir salīdzinoši mazprasīgi attiecībā uz vietas apstākļiem un tie aug strauji uz dažādām lauksaimniecības augsnēm. Vairāk piemēroti tie ir vienmērīgi mitrām, irdenām un trūdvielām bagātām augsnēm, kā arī minerālaugsnēm. Pavasara un rudens salnās neapsalst, bet vāji panes ilgstošus sausuma periodus (Kund et al., 2010; Lūkins, 2013). Purva bērzs – (*Betula pubescens* Ehrh) labāk aug auglīgās kūdras augsnēs un tūrumos, kā arī augsnēs, kas atrodas uz blīviem pamatiežiem vai citās pārmitrās vietās, un salīdzinājumā ar āra bērzu to neietekmē augsnes virskārtas noplacinājums (Hynynen et al., 2010). Kūdras augsnes, kā lauksaimniecības zemes, nav populāras, tāpēc praksē šādas sugas audzes ir reti sastopamas. Iemesls arī ir dažādas augšanas gaitas un kvalitātes problēmas, piemēram, pieauguma temps ir lēnāks un bieži novērota stumbra līkumainība un dihotomais zarojums (Nieuwenhuis and Barreti, 2002; Renou, 2007; Lutter, 2015). Āra bērzs – (*Betula pendula* Roth) (syn. *B. verrucosa* Ehrh.) pretēji pūkainajam bērzam ir piemērotāks minerālaugšņu lauksaimniecības zemēm un augsnēs ar biezu organisko slāni, tomēr šādās augsnēs novērots, ka sugai neveidojas kvalitatīva koksne. Bērzi, kas stādīti šādās lauksaimniecības zemēs, bieži vien izceļas ar resnākiem zariem un vairākiem stumbra defektiem, salīdzinot ar tiem, kas dabiski ieauguši meža zemēs. Šie defekti bieži rodas stādīšanas un kopšanas kļūdu dēļ, kā arī citu bojājumu rezultātā, kas ietekmē mežaudzes attīstību (Niemiste et.al., 2020). Pierādījumi liecina, ka āra bērzs sakņu applūšanu var izturēt ne vairāk kā piecas dienas, pēc šī laika sāk parādīties augšanas traucējumi, tāpēc

stādīšanai svarīgi izvēlēties platības kur rudenī un pavasarī gruntsūdens līmenis nepārsniedz 30 cm no zemes virsmas (Liepiņš u.c., 2013). Bērziem, kā sugai ir blīvi zarota sakņu sistēma, kas būtiski ietekmē augsnes īpašības, veicinot bioloģiskās aprites intensitāti un pozitīvi ietekmējot augsnes mikroorganismu aktivitāti (Jonczak, 2020).

Melnalksnis – (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) – ātraudzīga suga, piemērota audzēšanai auglīgās un organiskām vielām bagātās smilšmāla, mālsmilts un smilts augsnēs, pārplūstošās platībās ūdenstilpņu tuvumā un vietās kur ir plūstošs gruntsūdens. Melnalksnis veido plašu sakņu sistēma, kas sastāv gan no virspusējām, gan dziļām saknēm un ir ar ievērojamu struktūras pielāgošanās spēju, kas ļauj kokam izdzīvot gan pārlietu mitrās augsnēs, gan vietās ar dziļu gruntsūdens līmeni (McVean, 1953). Tāpēc vispiemērotākie apstākļi ir ieplakās un mitrās pazeminājuma vietās kur apstākļi nav piemēroti citām koku sugām, uzskatīts, ka melnalksnis ir tik pat izturīgs arī pret sausumu, jo mietsakne spēj aizsniegties līdz pat dziļākajiem ūdens avotiem (McVean, 1953; Lūkins, 2013).

Baltalksnis – (*Alnus incana* (L.) Moench) dod priekšroku mitrām un barības vielām bagātām augsnēm, bet spēj pielāgoties arī nabadzīgākām un sausākām vietām. Baltalksni neietekmē veģetācijas periodā vidējās temperatūras samazināšanās un tas ir mazāk prasīgs pret ūdens pieejamību teritorijā nekā melnalksnis, tomēr vairāk cieš stāvoša ūdens rezultātā, kad ir ierobežota skābekļa pieejamība. Kopumā baltalksnis ir piemērots dažādiem augsnes veidiem, atskaitot nabadzīgas, smilšmāla augsnes un purvainas vietas (Rytter, 1996; Lūkins, 2013). Secināts, ka ļoti skābās augsnēs (pH < 4), kā arī vietās ar stāvošu ūdeni – baltalkšņa audzes nav produktīvas, tādēļ baltalkšņa stādījumu ierīkošana šādās platībās nav ieteicama (Daugaviete u.c., 2017). Pētījumā par baltalkšņa dabiski izveidojušos audžu piemērotību īsircimeta plantāciju saimniecībai secināts, ka koku izvietojums dabiski atjaunojušās vai apmežotās, nekoptās baltalkšņu jaunaudzēs ir ļoti nevienmērīgs. Dažādu faktoru, piemēram, gaismas, aizzēluma, citu koku sugu konkurences un treilēšanas ceļu izvietojuma ietekmē dabiskās atlases rezultātā baltalkšņi veido grupas, tādēļ koku skaits uz vienu kvadrātmetru var ievērojami svārstīties – no 0 līdz pat 30 un vairāk (Daugaviete u.c., 2009).

Parastais ozols – (*Quercus robur* L.) zinātnieki noskaidrojuši, ka stādījumiem vispiemērotākās vietas ir labi drenētos apstākļos, piemēram, uz nogāzēm (īpaši dienvidu pusē), pauguru virsotnēs un pakājēs. Ozoli labi pacieš arī periodisku applūšanu, tādēļ tos var stādīt ūdeņu tuvumā. Tomēr tie var apsalt salnu ietekmē, tāpēc nav ieteicama stādīšana ieplakās. Poļu pētījumā salīdzinot lauksaimniecībā stādītus un meža zemē stādītus ozolus, bērzus un dižskābaržus noskaidrots, ka lauksaimniecības zemē tie ir augstumā augstāki, bet diametrā šaurāki, atskaitot ozolu, kur tas uzrādīja labākus rezultātus abiem rādītājiem. Literatūrā pieejamā informācija liecina, ka no koksnes kvalitātes aspekta, turpmākai rūpnieciskajai ražošanai, labāk ozolu audzēt lauksaimniecības zemē. Bet ir nepieciešams veikt vairāk pētījumu saistībā ar augsnes kvalitātes mērījumiem un mehānisko/ fizikālo īpašību pārbaudēm (Löff et al., 2004; Minotta & Degioanni, 2011; TOMCZAK et al., 2022).

Kopsavilkums

Pēdējās desmitgadēs, Latvijā, klimata pārmaiņas, zemes racionālas apsaimniekošanas principi, īsircimeta, plantāciju koku stādījumu prakses un noteikumu ieviešana ir strauji attīstījusi zinātnes jomu sakarā ar neizmantoto lauksaimniecības zemju apmežošanu. Attīstoties selekcijai, uzlabojoties stādmateriāla ražošanas apjomiem un kvalitātei, zinātnieki plaši pētījuši mežaudžu produktivitāti un veselības stāvokli apmežotajās lauksaimniecības zemēs, izvērtējuši augstražīgu plantāciju mežu ierīkošanas un apsaimniekošanas tehnoloģijas, plantācijā augošu koku kvalitāti, tās izmantošanu tautsaimniecībā, audzēšanas ekonomisko efektivitāti, kā arī ietekmi uz vidi (Daugaviete u.c., 2017).

Koku augšanas gaitai un vitalitātei galvenos ietekmējošos faktoros var iedalīt divās daļās. Pirmkārt – apstākļos, kas laika gaitā veidojušies dabiski: Cilmieži, kuru īpašības nosaka kādi augšanas apstākļi veidosies konkrētajā teritorijā; augsnes mitruma apstākļi un temperatūra, kam ir tieša ietekme uz koku un citu sugu augšanas attīstību, produktivitāti un daudzveidību; reljefs, kas īpaši paugurainos apvidos izteikti ietekmē dabas procesu norisi un to intensitāti. Otrkārt – apstākļos, kurus ietekmējuši iepriekšējā cilvēka darbība: Izmaiņas augsnē hidromeliorācijas ietekmē; augsnes granulometrisko, fizikālo un ķīmisko īpašību izmaiņas ilgstošas zemes apstrādes rezultātā; augsnes piesārņojums un organisko vielu deficīts ko izraisījusi iepriekšējā saimnieciskā darbība (Lūkins, 2013).

Šo faktoru uzskaitē un kartēšana ir ļoti būtiska, lai prognozētu ne tikai koku augšanas gaitas un vitalitātes, bet arī kvalitātes un risku iespējamības rādītājus.

Latvijā lauksaimniecības zemju kartēšana ir veikta daudz intensīvāk nekā meža zemēs un ir publiski pieejami dati un kartes par Latvijas lauksaimniecības zemju augsnēm un to kvalitāti, ķīmisko un fizikālo sastāvu, reljefu, gruntsūdens līmeni, kā arī ir pieejams kūdras kartes, tādās mājaslapās kā – zm.gov.lv (zemkopības ministrija), vaad.gov.lv (valsts augu aizsardzības dienests), arccgis.com, agrozemes.lv, lad.gov.lv (lauku atbalsta dienests) u.c. (Eglīte, 2016; Latvijas reljefa modelis, 2021; Līcīte, 2021; Kūdraugsnes kartes dati..., 2024). Šāda veida attālās izpētes datiem un kartogrāfiskajiem materiāliem ir potenciāls veicināt dažādu modeļu un mašīnmācīšanas attīstību, lai veiktu dažādu paramteru prognozēšanu koku augšanai neizmantojamās lauksaimniecības zemēs (Ivanovs et al., 2024).

Informācijas avotu saraksts

1. Adams H. R., Barnard H. R., Loomis A. K. (2014). Topography alters tree growth–climate relationships in a semi-arid forested catchment. *Ecosphere*, 5(11): 1–16; <https://doi.org/10.1890/ES14-00296.1>.
2. Āze A. (2011). Iepazīsti kokus, krūmus, puskrūmus, sīkrūmus un liānas: stāsti, apraksti, uzdevumi. Rīga: N.I.M.S., 52 lpp.
3. Badu-Brempong M., Addo-Danso A. (2022). Improving Soil Fertility with Organic Fertilizers. In: *New Generation of Organic Fertilizers*. IntechOpen, 10–102 pp.
4. Beķeris A., Meijere A., Sedlenieks A., Vanags A., Ansons G., Rove I., Brauns J., Grīslis J., Gaigals M. (2013). Rokasgrāmata meža tipu noteikšanai. Rīga: Latvijas valsts meži, 67 lpp.
5. Bratkovich S., Burbán L., Katovich S., Locey L., Pokorny P., Wiest W. (1994). Flooding and its effects on trees. *Miscellaneous Information Packet*. St. Paul, MN: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, State and Private Forestry, Northeastern Area, 20–28 pp.
6. Bušs M., Mangalis I. (1971). *Meža kultūras*. Rīga: Zvaigzne, 585 lpp.
7. Clatterbuck W.K. (2015). *Shade and Flood Tolerance of Trees 2015* [tiešsaiste]. Pieejams: <https://utia.tennessee.edu/publications/wp-content/uploads/sites/269/2023/10/SP656.pdf> (skatīts 24.09.2024.)
8. Daugaviete M. (2000). *Meža ieaudzēšanas pētījumi nemeža zemēs. Pārskats*. Salaspils: LVMI “Silava”, 56 lpp.
9. Daugaviete M., Bambe B., Lazdiņš A., Lazdiņa D. (2017). *Plantāciju mežu augšanas gaita, produktivitāte un ietekme uz vidi*. Salaspils: LVMI “Silava”, DU AA “Saule”, 470 lpp.
10. Daugaviete M., Korica A., Siliņš I., Bārdulis A., Bārdule A., Daugavietis U., Spalvis K. (2013). Minerālvielu aprīte bērza jaunaudzēs dažādos augšanas apstākļos un to ietekme uz audžu vitalitāti. *Mežzinātne*, 27: 17–35.
11. Daugaviete M., Žvīgurs K., Liepiņš K., Lazdiņš A., Daugavietis O. (2009). *Baltalkšņa (Alnus incana [L.] Moench.) audžu atjaunošanās gaita un biomasas uzkrāšanās jaunaudzju vecuma audzēs*. LLU Raksti, 23: 78–90.
12. Daugavietis M., Indriksons A. (2006). *Baltalksnis Latvijā: Apskats valsts pētījumu programmas “Lapu koku audzēšanas un racionālas izmantošanas pamatojums, jauni produkti un tehnoloģijas” ietvaros*. Salaspils: LVMI “Silava”, 129 lpp.
13. Eglīte I. (2016). *Lauksaimniecībā izmantojamās zemes kvalitātes rādītāji* [tiešsaiste] Pieejams: <https://www.agrozemes.lv/2019/06/19/lauksaimnieciba-izmantojamas-zemes-kvalitates-raditaji/> (skatīts 07.10.2024.)
14. Gaitnieks T., Brūna L., Burņeviča N., Kenigsvalde K., Kļaviņa D., Zaļuma A. (2019). *Sakņu trupe egļu audzēs: saimnieciskie zaudējumi, trupī izraisīto sēņu bioloģija un izplatības ierobežošana*. Grām: Jansons J. (red.) *Vienvecuma egļu meži Latvijā*. Salaspils: LVMI “Silava”, DU AA “Saule”, 153.–195. lpp.
15. Heilman P., Norby R. J. (1998). Nutrients cycling and fertility management in temperature short rotation forest systems. *Biomass and Bioenergy*, 4: 361–370.
16. Heiskanen J., Saksa T., Luoranen J. (2013). Soil preparation method affects outplanting success of Norway spruce container seedlings on till soils susceptible to frost heave. *Silva Fennica*, 47: id893.
17. Hugues L., Oosterbaan A., Savill P., Rondeux J., Clatterbuck W.K. (2005). *Shade and Flood Tolerance of Trees*. The University of Tennessee.

18. Hynynen J., Niemistö P., Viherä-Aarnio A., Brunner A., Hein S., Velling P. (2010). Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) in northern Europe. *Forestry*, 83(1): 103–119.
19. Ivanovs J., Haberl A., Meniks R. (2024). Modeling Geospatial Distribution of Peat Layer Thickness Using Machine Learning and Aerial Laser Scanning Data. *Land*. 13(4): 466.
20. Jonczak J., Jankiewicz U., Kondras M., Kruczkowska B., Oktaba L., Oktaba J., Olejniczak I., Pawłowicz E., Pollakova N., Raab T., Regulska E., Slowinska S., SutLohmann M. (2020) The influence of birch trees (*Betula* spp.) on soil environment – A review. *Forest Ecology and Management*, 477.
21. Kļaviņa D. (2019). Sakņu piepes *Heterobasidion* spp. izplatība un citu sēņu sabiedrības parastās egles audzēs uz bijušajām lauksaimniecības zemēm [tiešsaiste]. Pieejams: <https://www.silava.lv/petnieciba/petijumu-arhivs/saknu-piepes-heterobasidion-spp-izplatiba-un-citu-senu-sabiedribas-parastas-egles-audzes-uz-bijusajam-lauksaimniecibas-zemem> (skatīts 16.09.2024.).
22. Kund M., Vares A., Sims A., Tullus H., Uri V. (2010). Early growth and development of silver birch (*Betula pendula* Roth.) plantations on abandoned agricultural land. *European Journal of Forest Research*, 129(4): 679–688; <https://doi.org/10.1007/s10342-010-0369-0>.
23. Kūdraugnes kartes dati neietekmēs lauksaimnieku iespēju 2024. gadā saņemt atbalsta maksājumus (2024). [tiešsaiste] Pieejams: <https://www.lad.gov.lv/lv/jaunums/kudraugnes-kartes-dati-neietekmes-lauksaimnieku-iespeju-2024-gada-sanemt-atbalsta-maksajumus> (skatīts 07.10.2024.).
24. Lambin E.F., Ehlich D. (1996). The surface temperature-vegetation index space for land cover and land-cover change analysis. *International Journal of Remote Sensing*, 17(3): 463–487.
25. Latvijas reljefa modelis (2021). [tiešsaiste]. Pieejams: <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=d60bd1bbcb4b47bbad9d64fcfc80a4e7> (skatīts 07.10.2024.).
26. Liepiņš K., Daugaviete M., Zālītis P. (2013), Bērza plantācijas lauksaimniecības zemēs. 93 lpp.
27. Liepiņš K., Liepiņš J. (2010). Field performance of grey alder (*Alnus incana* L. (Moench)) and common alder (*Alnus glutinosa* L.) container seedlings in experimental plantation on former farmland. *Mežzinātne*, 21: 4–15.
28. Lin S., Li Y., Li Y., Chen Q., Wang Q., He K. (2021). Influence of tree size, local forest structure, topography, and soil resource availability on plantation growth in Qinghai Province, China. *Ecological Indicators*, 120: 106957; <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106957>.
29. Lībiete Z., Donis J., Jansons J., Zālītis P. (2019). Egļu vienvecuma tīraudžu augšanas potenciāls un tā izmaiņas. Grām.: Jansons J. (red.) Vienvecuma egļu meži Latvijā. Salaspils: LVMI “Silava”, DU AA “Saule”, 11.–15. lpp.
30. Līcīte I. (2021). Gruntsūdens dziļuma kartes: nozīmīgs rīks organiskās augsnes un augsnes mitruma izplatības modelēšanai Baltijas valstīs. Projekts LIFE OrgBalt, LIFE18CCM/LV/001158).
31. Līpenīte I., Kārklīšs A. (2011). Augsnes kvalitāte zemes izmantošanas maiņas kontekstā. I Problēmas nostādne un augsnes organiskā viela. *LLU Raksti*, 26: 1–17.
32. Līpenīte I., Kārklīšs A. (2011a). Augsnes kvalitāte zemes izmantošanas maiņas kontekstā. II Augsnes fizikālās un agroķīmiskās īpašības. *LLU Raksti*, 26: 18–32.
33. Löff M., Thomsen A., Madsen P. (2004). Sowing and transplanting of broadleaves (*Fagus sylvatica* L., *Quercus robur* L., *Prunus avium* L. and *Crataegus monogyna* Jacq.) for

- afforestation of farmland. *Forest Ecology and Management*, 188(1–3): 113–123; <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2003.07.013>.
34. Lutter R., Tullus A., Kanal A., Tullus T., Vares A., Tullus H. (2015). Growth development and plant–soil relations in midterm silver birch (*Betula pendula* Roth) plantations on previous agricultural lands in hemiboreal Estonia. *European Journal of Forest Research*, 134(4): 653–667; <https://doi.org/10.1007/s10342-015-0879-x>.
 35. Lūkins M. (2013). Lauksaimniecībā neizmantoto zemju apmežošana. SIA “UnitedPress Tipogrāfija”, 16 lpp.
 36. Mangalis I. (1989). *Meža kultūras*. Rīga: Zvaigzne, 347 lpp.
 37. McVean D. N. (1953). *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. *Journal of Ecology*, 41(2): 447–466.
 38. Melluma A., Lūkins M. (b.g.). Lauksaimniecības zemju apmežošana. Pasaules dabas fonds, 4–30 lpp.
 39. Minotta G., Degioanni D. (2011). Naturally regenerated English oak (*Quercus robur* L.) stands on abandoned agricultural lands in Rilate valley (Piedmont Region, NW Italy). *IForest*, 4(1): 31–37; <https://doi.org/10.3832/ifor0560-004>.
 40. Moran M. S., Clarke T. R., Inoue Y., Vidal A. (1994). Estimating crop water deficit using the relation between surface-air temperature and spectral vegetation index. *Remote Sensing of Environment*, 49: 246–263.
 41. Niemiste P., Vihere-Arnio A., Vellinga P., Herejervi H., Verkasalo E. (2020). Bērzu audzēšana un izmantošana. AS “Latvijas Finieris”, 242 lpp.
 42. Nieuwenhuis M., Barreti F. (2002). The growth potential of downy birch (*Betula pubescens* (Ehrh.)) in Ireland. *Forestry*, 75(1): 75–86.
 43. Nikodemus O., Kārklīš A., Kļaviņš M., Melecis V. (2008) Augsnes ilgtspējīga izmantošana un aizsardzība. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds, 254 lpp.
 44. Nollendorfs V. (2007) Barības elementu nodrošinājums kokaugiem. *Saimnieks*, 8: 25–27.
 45. Nollendorfs V. (2008). Egļu audžu panūkuma un sabrukšanas cēloņu noskaidrošana, to samazināšanas iespējamie pasākumi. Pārskats par MAF pētījumu. Salaspils: LVMI “Silava”, 60 lpp.
 46. Renou F., Scallan U., Keane M., Farrell E.P. (2007). Early performance of native birch (*Betula* spp.) planted on cutaway peatlands: influence of species, stock types and seedlings size. *European Journal of Forest Research*, 126: 545–554.
 47. Ruskule A., Nikodemus O., Kasparinska Z., Kasparinskis R., Brūmelis G. (2012). Patterns of afforestation on abandoned agriculture land in Latvia. *Agroforestry Systems*, 85(2): 215–231; <https://doi.org/10.1007/s10457-012-9495-7>.
 48. Ruža A. (2021). Minimālās augsnes apstrādes ietekme uz augsnes auglības saglabāšanu, kaitīgo organismu attīstību un izplatību, ražu un tās kvalitāti bezmaiņas sējumos. Atskaite par ZM subsīdiju projektu. 44 lpp.
 49. Rytter L. (1996). Grey alder in forestry: a review. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences*, Suppl. 24: 65–84.
 50. Smal H., Olszewska M. (2008). The effect of afforestation with Scots pine (*Pinus silvestris* L.) of sandy post-arable soils on their selected properties. II Reaction, carbon, nitrogen and phosphorus. *Plant and Soil*, 305(1–2): 171–187; <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9538-z>.
 51. Staaland H., Holand O., Nellemann C., Smith M. (1998). Time Scale for Forest Regrowth: Abandoned Grazing and Agricultural Areas in Southern Norway. *Amibio*, 27(6): 456–460.
 52. Tomczak K., Mania P., Tomczak A. (2022). Wood density and annual ring width of pedunculate oak from stands grown on former agricultural land. *Wood Research*, 67(5): 718–730; <https://doi.org/10.37763/wr.1336-4561/67.5.718730>.

53. Wu S.-H., Chao C.-T., Huang B.-H., Luo M.-X., Duan X.-G., Liao P.-C. (2020). Environmental disturbance in natural forest and the effect of afforestation methods on timber volume increment in *Pinus sylvestris* L. var. *mongolica* Litv. *Global Ecology and Conservation*, 24: 2–10; <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01311>.