

KARPOTOJO BERŽO (*BETULA PENDULA* L.) BIOEKOLOGINĖS IR GENETINĖS SAVYBĖS

Asta Baliuckienė, Virgilijus Baliuckas

Lietuvos miškų institutas

Liepų 1, LT-53101, Girionys, Kauno r.

Santrauka

Baliuckienė A., Baliuckas V. Karpotojo beržo (*Betula pendula* L.) bioekologinės ir genetinės savybės. – Miškininkystė, 2005, Nr. 1 (57), 62–69.

Lietuvoje karpotojo beržo ir jam giminingų rūšių genetiniai ir selekciniai tyrimai iki šiol dar nebuvo plačiau atliekami. Remiantis Europos šalių mokslininkų tyrimais, straipsnyje apžvelgiama beržynų natūralus atsikūrimas ir jį lemiantys veiksniai. Analizuojami *Betula pendula* savidulkos ir kryžmadulkos atvejai, genetinę įvairovę lemiantys faktoriai. Galimi provenencijų perkėlimo atstumai ir įtaka palikuonių augimui pateikiama pagal Skandinavijos mokslininkų atliktus tyrimus. Aptartas medienos savybių ir morfologinių požymių paveldimumas, taip pat beržo selekciniai tyrimai įvairiose Europos šalyse.

Raktažodžiai: *Betula pendula*, kryžminimasis, genetinė įvairovė, perkėlimo efektas, morfologiniai požymiai, selekcija.

Summary

Baliuckienė A., Baliuckas V. Silver birch (*Betula pendula* L.) bio-ecological and genetic properties. – Miškininkystė, 2005, Nr. 1 (57), 62–69.

Genetic research and breeding applied research in silver birch was quite fragmented up to date in Lithuania. *Betula pendula* natural regeneration and factors involved in it are overviewed in this paper based on European scientists publications. Self-fertilisation, crossability and factors influencing genetic diversity in *Betula pendula* species are discussed. Progeny growth performance in relation to provenance transfer is presented based on research in Scandinavian countries. A brief review is given on wood properties and morphological traits inheritance, and also some results from birch breeding in different European countries.

Keywords: *Betula pendula*, crossability, genetic diversity, transfer effect, morphological traits, breeding.

Įvadas

Lietuvoje, kaip ir kai kuriose Skandinavijos šalyse, ilgą laiką beržas tarp miško medžių buvo laikomas menkaverte rūšimi. Tačiau Suomijoje selekciniai beržo rūšies tyrimai pradėti jau 6-ame praėjusio amžiaus dešimtmetyje. Kasmet Švedijoje ir Suomijoje apie 14 milijonų kubinių metrų (6 iš kurių yra importuojami iš Europos šalių, nepriklausančių Europos bendrijai) beržo popiermedžių yra sunaudojama popieriaus gamybai. Yra prognozuojama, kad beržo popiermedžių poreikis ateityje dar didės. Tai verčia Europos šalis didinti šalių vidaus beržo popiermedžių produkciją, kas leis išvengti didelės priklausomybės nuo importo iš trečiųjų šalių. Įvertinus didėjančią beržo medienos poreikį ir vis mažėjančią kainų skirtumą tarp beržo ir spygliuočių medžių rūšių, 2000-aisiais metais Vokietijoje beržas buvo paskelbtas metų medžiu.

Nors beržas yra greitai auganti medžių rūšis, jų medynai mūsų šalyje nėra produktyvūs, nepasižymi aukšta medyno bei stiebų kokybe. Selekcija, kaip perspektyviausias beržynų kokybės ir produktyvumo didinimo būdas, remiasi populiacijoje pagal fenotipinius požymius atrinktais pliusiniais medžiais. Tačiau reikalingi ir populiacijų palikuonių tyrimai genotipiniams požymiams tirti, patikimai selekcinei bazei sukurti.

Paskutiniaisiais metais, didėjant beržo sortimentų paklausai ir per pastaruosius metus 2 kartus išaugus eksportui, didesnis dėmesys beržo selekcijai skiriamas ir Lietuvoje. Miško sėklininkystės ir selekcijos tarnybos kuriama kintamos klonų struktūros beržo sėklinė plantacija iš dalies kontroliuojamo klimato sąlygomis.

Karpotasis beržas yra labiau paplitęs ir selekcinio požiūriu sąlyginai labiau perspektyvus Lietuvoje nei kitos beržų rūšys.

Karpotojo beržo ir kitų aptinkamų Lietuvoje beržo rūšių poreikis įvairiems aplinkos veiksniams

Apie 400 beržo rūšių ir porūšių auga įvairiose pasaulio dalyse, iš kurių ketvirtadalis savaime auga Europoje. Lietuvoje savaiminėmis laikomos 4 rūšys: *B. pendula* Roth., *B. pubescens* Ehrh., *B. humilis* Schrank. ir *B. nana* L. Lietuvos miškuose medynus sudaro dviejų rūšių beržai: *Betula pendula* Roth. ir *Betula pubescens* Ehrh. Karpotojo ir plaukuotojo beržų ekologiniai augimo optimumai šiek tiek skiriasi. Plaukuotasis yra mažiau reiklus dirvožemiui, bei prisitaikęs augti drėgnesnėse augavietėse. Nors šių rūšių (*B. pendula* ir *B. pubescens*) optimalios augavietės gali būti apibūdinamos kaip gana derlingos ir neužmirkusios, jie dažnai aptinkami sausose ar drėgnose augavietėse ir tam daugiausiai įtakos turi tarprūšinė konkurencija (Kleinschmit, 1998). Nauja *B. humilis* augavietė buvo neseniai aptikta centrinėje Lenkijoje (Załoski, 1998). Lenkijoje ši rūšis aptinkama drėgnose augavietėse, numelioruotose žemapelkėse *Betula-Salicetum nepentis*, *Junco-Molinietum*, *Salicetum pentandra-anereae* bendrijose. *B. humilis* paplitimas Lietuvoje iki šiol mažai tyrinėtas. Plaukuotojo beržo natūralaus išplitimo riba siekia šiaurės platumas nei karpotojo. Atlikti tyrimai (Denisov, 1999) parodė, kad plaukuotasis beržas yra atsparesnis pavasarinėms šalnoms lapų skleidimosi metu nei karpotasis. Be to, plaukuotasis beržas pasižymi žemesniu žiemos transpiracijos intensyvumu. Sutrikęs masinis *B. pendula* pumpurų sprogimas 1997 metais Šiaurės Bohemijoje paskatino beržo pakantumo temperatūrų svyravimų tyrimus. Buvo nustatyta, kad pumpurų augimo aktyvumas buvo tik pristabdytas temperatūros pasikeitimo, siekiančio -10°C (Kula 2000). *B. pendula* ir *B. pubescens* yra pionierinės medžių rūšys, bet didesnis prisitaikymas išlikti esant nepalankioms aplinkos sąlygoms įrodo antrąją rūšį esant pionieriškesnę. Tai buvo pastebėta ir Lietuvoje, vertinant beržynus pagal jų sukcesinę stadiją. D. Patalauskaitė (1997) nustatė, kad didesnė dalis, palyginti su karpotoju, plaukuotojo beržo medynų yra pirminiai.

Beržynų altitudinis išplitimas kinta priklausomai nuo geografinės platumos ir nuo kontinentalumo: pietinėje arealo dalyje jie aptinkami didesniame aukštyje nei šiaurinėje; jūrinio klimato zonose jie atitinkamai auga kur kas aukščiau virš jūros lygio nei kontinentinio klimato zonose. Pavyzdžiui, toje pačioje geografinėje platumoje augantys *B. pendula* medynai Norvegijos fiorduose pakyla į 780 metrų aukštį, Švedijos centrinėje dalyje į 600 m aukštį, o Suomijos centrinėje dalyje tik iki 450 m aukščio.

Paskutiniu metu yra fiksuojamas natūralus miško plotų padidėjimas Alpių kalnų masyve centrinėje Prancūzijos dalyje. Šiam regionui yra charakteringos natūralios augmenijos sukcesijos ir ypač pastebimai padidėjo beržo, kaip pionierinės rūšies, natūralus plitimas apleistose ganyklose. Plotų dinamikos analizė parodė, kad mažiau nei per 20 metų beržynai okupuoja apleistas žemes (Prevosto, Agrech, 1998). Švedijoje atlikti tyrimai parodė, kad ištisinis apleistų žemės plotų įdirbimas pagreitina pradinį beržynų formavimąsi juose ir padidina želdinių tolygumą bei tankį (Karlsso ir kt., 1998).

Lietuvoje beržynų yra gana daug (19,9%), tačiau jie nevienodai pasiskirstę skirtinguose gamtiniuose regionuose. Jų produktyvumas skiriasi pagal augavietes ir vidutiniškai siekia $230\text{ m}^3/\text{ha}$. Atlikus didelio kiekio medynų sklypų augimo standartizaciją (eliminuojuant augavietės, amžiaus ir skalsumo įtaką), Lietuvoje nustatyti skirtumai pagal beržynų produktyvumą (LMI 2001 metų ataskaita „Lietuvos miško sėklinis rajonavimas: nustatyti karpotojo beržo ir paprastojo uosio sėklinius regionus“, vad. A. Plūra). Tai leidžia daryti prielaidą, kad Lietuvoje yra susiklosčiusi beržo populiacinė struktūra. Taip pat nustatyti fenologiniai augimo ritmo skirtumai tarp dalies beržo populiacijų palikuonių bandomuosiuose želdiniuose juvenaliniame amžiuje.

Plantaciniai *B. pendula* ir *B. pubescens* želdiniai Lenkijoje (sodinimo atstumai $2,5 \times 2,0$ ir $3 \times 4\text{ m}$) duoda 7–11 m^3/ha priaugę pirmaisiais 25 augimo metais (Załoski, Kantorowicz, 1998).

Kryžminimasis ir fenotipinė įvairovė

Dulkiadaigio vystymosi tyrimo metodu buvo nustatyta, kad *B. pendula* ir *B. pubescens* pasižymi savidulkiu nesuderinamumu (Hagman, 1971). Atlikus dviejų beržo rūšių, *B. pendula* ir *B. pubescens*, dialelinius kryžminimus gauta, kad 30% atvejų rūšys nesikryžmino, o likusiais atvejais buvo gautos sėklos, iš kurių 50% buvo pilnos. Vėlesni tyrimai patvirtino šiuos rezultatus. Taip pat buvo nustatyta, kad geresni tarprūšinio kryžminimo rezultatai gauti, kai moteriški *B. pendula* žiedai buvo apdulkinami *B. pubescens* žiedadulkėmis (Clausen, 1970). *B. pendula* sukryžminus su *B. populifolia* ir *B. papyrifera* buvo gautas sąlyginai aukštas sėklų daigumas. Panašus plaukuotojo beržo tarprūšinių hibridinių sėklų daigumas gautas tik vienu atveju – kryžminant su *B. humilis*. Tarprūšiniai hibridai atitinkamomis sąlygomis gali būti gaunami, tarpusavyje kryžminant daugumą beržo rūšių.

K. Stern (1963a) nurodo, kad yra visiškai įmanoma gauti sėklas savidulkos būdu. Savidulkos taikymo sėkmė labai priklauso nuo aplinkos sąlygų. Žemesnė temperatūra didina metodo efektyvumą. Autorius taip pat nurodo, kad nepastebėta žymesnio savidulkos depresijos poveikio sėjinukams, išaugintiems iš savidulkos būdu gautų sėklų.

Kontroliniais kryžminimais gauti poliploidai yra detalai aprašyti mokslinėje literatūroje (Johnsson, 1974; Vaarama, Valanne, 1967; Valanne, 1972). H. Johnsson (1974) nurodo, kad tetraploidų sėklos po savaiminio apsidulkinimo būna su triploidiniu chromosomų rinkiniu.

Manoma, kad natūraliai Lietuvoje augančios beržo rūšys lengvai kryžminasi, todėl gamtoje egzistuoja daug natūralių hibridų, kurių fenotipiniai požymiai panašūs į tėvines formas ar pasireiškia kaip tarpiniai, tačiau ypač skiriasi pagal taksacinius rodiklius. Genetiniu požiūriu šie individai nėra įvertinti. Škotijoje atlikti *B. pendula* ir *B. pubescens* hibridų lapų

biometriniai tyrimai atskleidė, kad pastarųjų rodikliai dažniau yra artimesni plaukuotajam beržui (Kennedy, Brown, 1983). Suomijoje yra aptinkama keletas natūralių tarprūšinių hibridų (Kurtto, Lahti, 1987): *B. pendula* × *pubescens*; *B. nana* × *pendula*; *B. nana* × *pendula* × *pubescens*, *B. nana* × *pubescens*.

Kaip vienas iš ryškiausių karpotojo beržo (*Betula pendula* Roth.) morfologinių požymių akcentuojama jo žievės forma. Lietuvoje beržai pagal žievės formą skirstomi į 3 grupes: lygiažieviai, rombiško ir gilaus išilginio žievės supleišėjimo beržai. Formomis čia vadinami genotipai, pasižymintys tam tikrais būdingais požymiais ar savybėmis, kurie netaikomi taksonominėje klasifikacijoje, o tik apibūdinant vidurūšinį kintamumą. Formų įvairovės tyrimai tiesiogiai neteikia informacijos apie genetinių polimorfizmą, bet gali būti indikuojantys, esant už tą požymį atsakingų genų su kitais jungtims, lemiančiais natūraliai atrankai svarbius požymius. Informacija apie polimorfizmą populiacijų viduje yra labai svarbi miško selekcijai, o įvairių fenologinių formų įvairovės panaudojimas gali būti efektyvus tik įrodžius jų identiškumą konkrečioms genotipams (Rone, 1978).

Pietų Urale, remiantis šiuo morfologinių požymių, plėtojami išsamūs beržo selekcijos tyrimai. Muratovo (1997) teigimu, Pietų Uralo brandžiuose atžalinės ir sėklinės kilmės medynuose dominuoja visų trijų morfologinių žievės formų beržai. Želdiniuose vyraujantys lygiažieviai beržai sudaro 56–67% ir išsiskiria silpnu medienos prieaugiu, o artėjant pagrindinių kirtimų amžiui – minimaliais taksaciniais parametrais ir smulkiapreke struktūra (53–66%). Supleišėjusių žievės formų beržai auga 3–6 kartus intensyviau ir duoda palyginti stambią (28–33%) ir vidutinę (57–67%) medieną. Taip pat minėtas autorius teigia, kad kokybiškesnės prekinės struktūros medieną išaugina sėklinės kilmės beržynai. Jie artėjant 60-ties metų amžiui pasiekia I–IIa klasės bonitetą, o atžalinės kilmės – tik II.

Kononov ir Galiejev (1998), atlikę minėtos krypties tyrimus, nustatė, kad išskirtų *B. pendula* žievės formų medžiai skiriasi skersmens ir stiebo augimo į aukštį tempais. Greičiausiai augo beržai, turintys rombišką žievės supleišėjimą, ir lygiažieviai. Geriausiais stiebo kokybės rodikliais pasižymi rombiško supleišėjimo beržai. Autorių teigimu, vienodose augavietėse augančių skirtingų žievės formų *B. pendula* taksacinių rodiklių skirtumai įrodo, kad tai lemiamą genetinių veiksmų. Tačiau šis teiginys turėtų būti pagrįstas ir palikuonių tyrimais, nes ankstesnis minėtų autorių tyrimas (Galiejev, Kononov, 1997) rodo ką kita. Pietų Uralo regione atliktas *B. pendula* lapalakščio ir lapkočio parametrų kintamumo lajos ribose tyrimas. Priešuralėje rombiško supleišėjimo, išilginio supleišėjimo ir lygiažievės formos medžių lapalakščio kintamumas lajos ribose svyruoja nuo žemo atitinkamai 9,67%, 8,65%, 9,25% iki vidutinio – 13,93%, 17,31% ir 18,51%. Užuralėje ir Kalnų Urale šie rodikliai panašūs ir kintamumas taip pat svyruoja nuo žemo iki vidutinio. Tačiau rodikliu laikant lapalakščio ilgį tokio dėsningumo nepastebėta – lygiažievės formos beržų lapalakščio ilgio kintamumas visose gamtinėse Pietų Uralo provincijose – nuo žemiausio iki aukščiausio. Iš tirtų požymių nė vienas nepasižymi pastovumu, o kinta priklausomai nuo fenotipinių formų ir gamtinių zonų, vadinasi, yra būdingas geografinis kintamumas.

Denisov ir Zacharov (1998) medienos tankio tyrimais nustatė, kad didžiausiu medienos tankiu pasižymi rombiško ir išilginio žievės supleišėjimo formų beržai. Stabiliausia mediena pasižymi išilginio supleišėjimo formos medžiai.

Stiebo forma, šakojimasis ir šakų kampas stiebo atžvilgiu yra genetiškai labai determinuoti požymiai (Stern, 1963b). Morfologiniai žievės formos ir medienos požymiai yra paveldimi ir mažiau poligeniški (Johnsson, 1974).

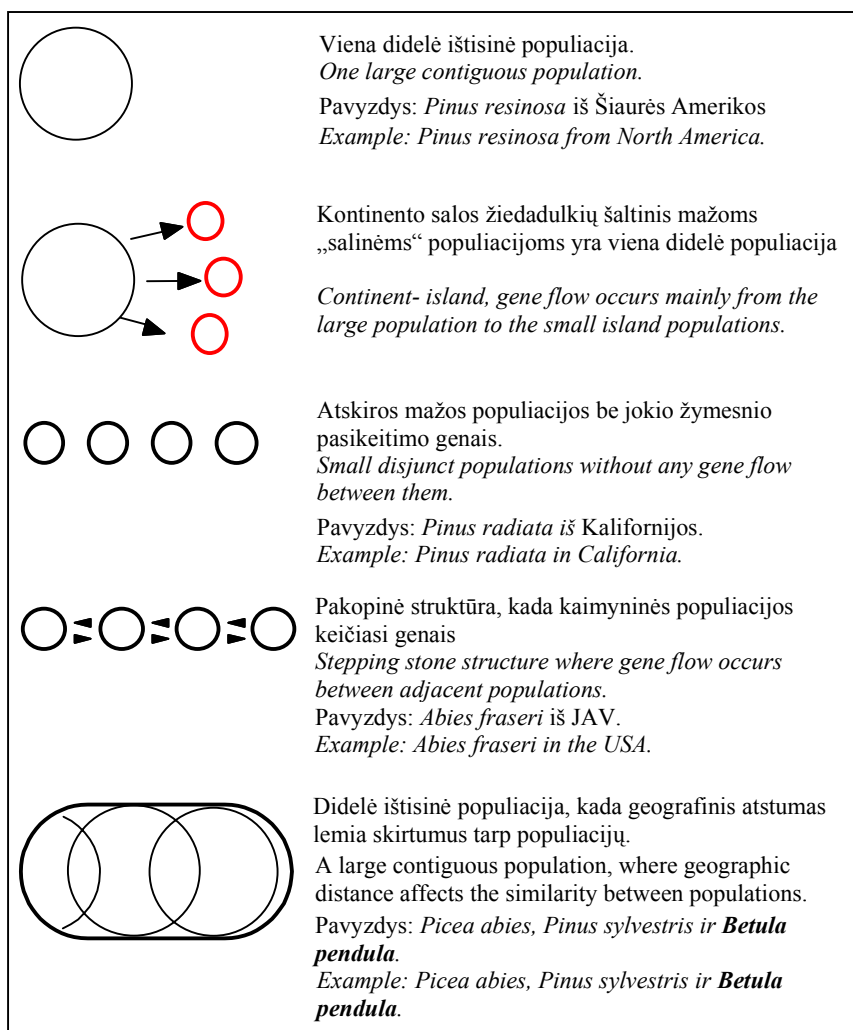
Genetinė įvairovė ir selekcija

Izoenziminiai daugybės augalų rūšių tyrimai leido apibendrinti, kokios rūšiai būdingos charakteristikos labiausiai lemia genetinės įvairovės lygį rūšies viduje (1 lentelė). Populiacinė struktūra lemia pasikeitimo genais lygį kryžminimosi proceso metu. Teoriniai modeliai, iliustruojantys skirtingų medžių rūšių populiacinės struktūros tipus, yra pavaizduoti 1 paveiksle.

1 lentelė. Rūšies lygmens genetinė įvairovė (pagal Hamrick and Godt, 1990)

Table 1. Genetic diversity at species level (after Hamrick and Godt, 1990)

Faktoriai <i>Factors</i>	Procentinė variacijos dalis, paaiškinama vieno ar kelių faktorų grupės <i>Percentage of variation explained by factor or by group of factors</i>
geografinis arealo dydis <i>geographical range</i>	32
gyvenimo forma (t. y. sumedėjęs ar ne, daugiametis ar vienmetis) <i>life form (woody or perennial or annual)</i>	25
kryžminimosi vektorius ir sėklų platinimo pobūdis <i>breeding system and seed dispersal mechanism</i>	17
taksonominė priklausomybė, regioninis išplitimas, reprodukcinis modelis, sukcesinis statusas <i>taxonomic status, regional distribution, mode of reproduction, successional status</i>	26



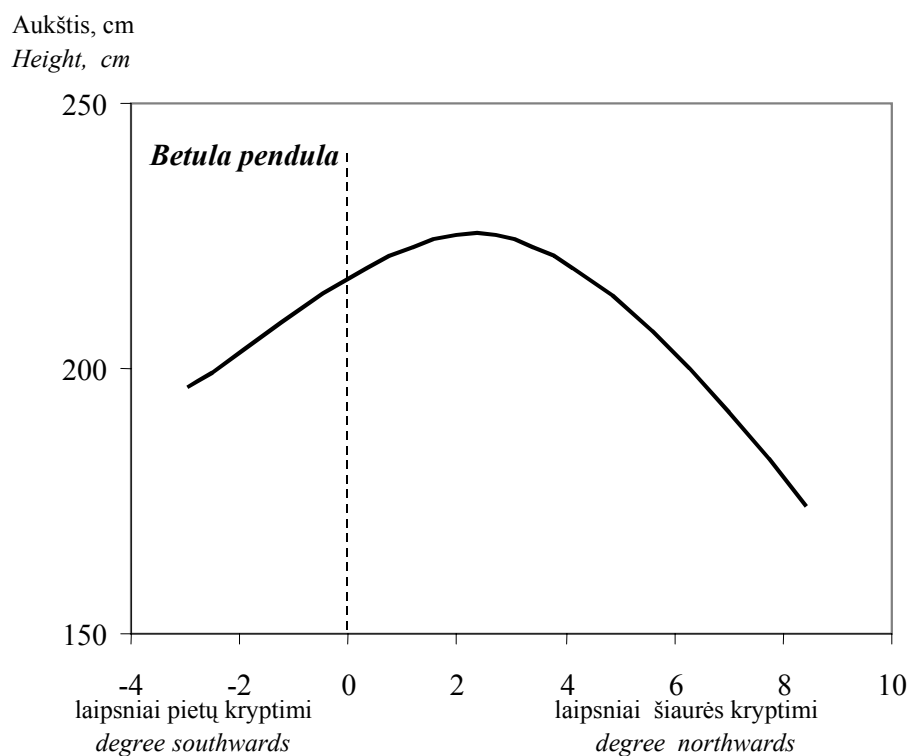
1 pav. Skirtingų medžių rūšių populiacinės struktūros ir pasikeitimo genais modeliai (pagal Eriksson & Ekberg, 2000)
Fig. 1. Possible models of population structure and gene flow in different species (after Eriksson & Ekberg, 2000)

B. pendula ir *B. pubescens* yra tarp rūšių, sudarančių ištisinę persidengiančių populiacijų grandinę. Tai lemia gana didelį pasikeitimo genais lygį tarp gretimų populiacijų, o geografinis atstumas tarp populiacijų koreliuoja su populiacijų genetiniu skirtingumu. Šie dalykai yra svarbūs genofondo išsaugojimo strategijos rūšiai parinkti bei ilgalaikės selekcijos programai sudaryti.

Pionierinės medžių rūšys su panašiomis ekologinėmis charakteristikomis (kaip klimaksinės pagal sukcesinę priklausomybę) turi didesnį populiacinį efektą. Tai yra svarbu genetinių išteklių programai įgyvendinti, nes sąlyginai daugiau pionierinių rūšių (tokioms priskiriamos ir beržų rūšys) populiacijų turi būti atrinkta genofondui išsaugoti. 500 medžių populiacija yra gana didelė, kad talpintų beveik visus galimus alelinius variantus. Tyrimais yra įrodyta, kad sėklinių plantacijų, kurių paprastai sudaro medžiai iš įvairių rajonų medynų, sėklų genetinė įvairovė nėra mažesnė nei surinktų natūraliuose sėkliniuose medynuose (Koski, 1995).

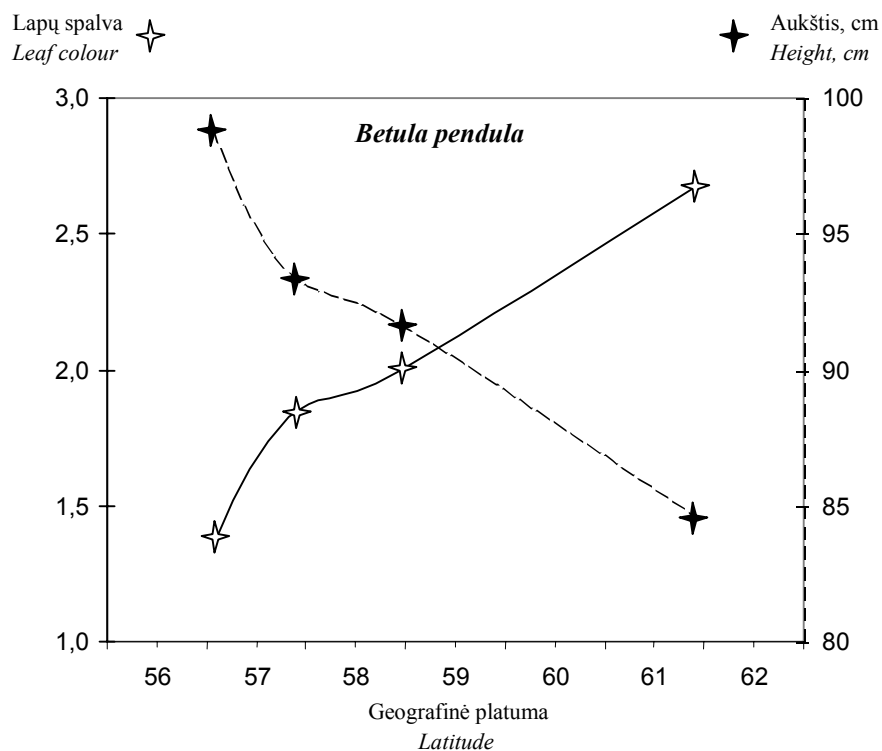
Plataus geografinio spektro *B. pendula* ir *B. pubescens* provenencijų tyrimai Švedijoje (Johnsson, 1977) leido nustatyti galimus provenencijų perkėlimo atstumus ir perkėlimo įtaką palikuonių augimui. Apskritai perkėlimas šiaurės kryptimi iki 2 geografinės platumos laipsnių gali būti laikomas teigiamu, tačiau bet koks didesnis perkėlimas tiek šiaurės, tiek pietų kryptimis ryškiai sumažina beržų aukščio prieaugį (2 pav.). Sąlyginai saugus provenencijų perkėlimo atstumas iki 250 km yra minimas Suomijos eksperimento autorių Raulo ir Koski (1975).

Klinalinė *B. pendula* aukščio bei augimo pabaigos priklausomybė nuo geografinės platumos pažymima suomių provenencijų eksperimente (Velling, 1979). 3 paveiksle pavaizduotas šių dviejų požymių kintamumas geografinės platumos gradientu. Augimo pabaiga buvo glaudžiai susijusi su palikuonių išsilaikymu bandomuosiuose želdiniuose. Net jei fotoperiodas ir yra vienas svarbiausių augimo trukmę lemiančių faktorių, jo poveikis gali būti modifikuotas temperatūros. Tikėtina, kad temperatūra turi didesnę poveikį, palyginti su fotoperiodu, pietinėms medžių rūšių populiacijoms, kadangi natūrali atranka yra atsakinga už klinalinį fotoperiodinio atsako kintamumą.



2 pav. *B. pendula* provenencijų perkėlimo geografiniame platumos gradiente, nekintant altitudei, įtaka palikuonių augimui 5-ųjų metų amžiuje (Johnsson, 1977)

Fig. 2. The effect of *B. pendula* provenance latitudinal transfer at the same altitude on progeny height at age 5 (Johnsson, 1977)



3 pav. *B. pendula* provenencijų palikuonių vidutinis aukštis ir lapų geltimo vidurkiai (augimo pabaigos) 2-ųjų metų amžiuje priklausomai nuo geografinės platumos (Velling, 1979)

Fig. 3. Mean height and leaf colouring of *B. pendula* provenances progenies at age 2 in relation to latitude of origin (Velling, 1979)

A. Håbjörg (1978) tyrė, kaip fotoperiodas lemia įvairių medžių rūšių provenencijų augimo pabaigą. Mokslininkas pademonstravo, kad kritinis nakties ilgis buvo svarbiausias veiksnys, lemiantis *B. pendula* ir *B. pubescens* augimo pabaigą. Šiauriniai ekotipai, palyginti su pietiniais, pasižymi ilgesniu kritiniu fotoperiodu ir jautresne reakcija į fotoperiodo pokyčius (Li ir kt., 2003).

Jūrinio klimato beržo populiacijos yra prisitaikiusios sukaupiti daugiau neigiamų temperatūrų tam, kad pradėtų augti, nei kontinentinės (Leinonen, 1996). Tai evoliucinis prisitaikymas, padedantis išvengti temperatūrų svyravimų sukeltą augimo inicijavimo. Šis prisitaikymas yra svarbus globalinio atšilimo sąlygomis, kada jūrinio klimato populiacijos gali būti laikomos perspektyvesnėmis.

Hill ir kt. (1998) nustatė, kad pionierinių rūšių populiacijų iš optimalių augimo sąlygų palikuonys yra prisitaikę augti didesniame spektre augaviečių, palyginti su vadinamosiomis marginalinėmis populiacijomis. Marginalinių populiacijų aplinkos sąlygos yra dažnai labiau heterogeniškos nei centrinių rūšies arealo dalių, todėl erdvinė populiacijų izoliacija gali būti laikoma neigiamu faktoriu formuojant platų prisitaikymą turinčią selekcinę populiaciją.

Nepaisant to, kad adaptaciniai procesai yra nenutrūkstanti, daugybės provenencijų tyrimų rezultatai byloja, kad populiacijos yra pasiekusios tam tikrą adaptaciją. Didžiosios Britanijos įvairių rūšių provenenciniuose želdiniuose atlikti tyrimai atskleidė, kad *Betula pendula*, *Quercus petraea*, *Alnus glutinosa* vietinės provenencijos augo geriau nei atkeltos 90% atvejų (Worrell, 1992). Kita vertus, skirtingos medžių rūšys yra išvysčiusios savitą adaptacijos strategiją – tiek atskiro individo, tiek ir populiacinė. Pavyzdžiui, esant daliniam pavėsiui beržo reakcija pasireiškia pakitusiu požeminės ir antžeminės augalo dalies santykiu, o paprastojo ažuolo padidėja lapų paviršiaus plotas ir pakinta anglies dvideginio ir mineralinių medžiagų apykaitos balansas (Van Hees, Clerkx, 2003). Provenencijų bandymai yra pageidautini pirmajame selekcijos etape, kad būtų patikrinta esama populiacijų adaptacija.

Augimo rodiklių komponentinė populiacijų ir šeimų analizė daugelyje skirtingų *B. pendula* ir *B. pubescens* bandymų parodė, kad abiejų šių efektų svoris yra maždaug vienodas ir svyruoja priklausomai nuo tirtų populiacijų kilmės teritorijos dydžio bei testuotų šeimų jose skaičiaus (Tigerstedt, 1966; Erken, 1972; Raulo, Koski, 1977; Langhammer, 1982). Vadinas, gali būti sėkminga tiek populiacinio, tiek ir šeimų lygio atranka ir jos santykis priklausytų nuo gerinamų požymių paveldimumo pasireiškimo.

Sėklinis rajonavimas (ir pagal EUFORGEN rekomendacijas) turėtų būti pirmas selekcijos etapas. Tarp Europos šalių ilgiausiai besitęsianti ir intensyviausia karpotojo beržo selekcinė programa vykdoma Suomijoje, kur jau šeštajame dešimtmetyje buvo atrinkta apie 2000 plusinių *B. pendula* medžių. Laisvo apsidulkkinimo ir gautų kontroliuojamų kryžminimų metodu atrinktų medžių palikuonys buvo testuojami bandomuosiuose želdiniuose (Koski, 1991). Dabar šioje selekcinėje programoje jau pradėtas trečiasis selekcinis ciklas. Prognozuojamas 20–30% tūrio prieaugio genetinis efektas. Pagal stiebo parametrus genetiškai pagerintų beržų kirtimų amžius potencialiai gali būti trumpinamas iki 40 metų, o tūris 1 hektare gali siekti iki 400 m³ (Vihera-Aarnio, 1994). Jau pirmojoje sėklinės plantacijos palikuonių kartoje geriausia šeima 89% lenkė kontrolę augimo sparta (Wang, 1996). Daugiausia dėmesio suomių selekcinėje beržo programoje skiriama kokybiniais požymiais, tačiau augimo sparta taip pat nėra ignoruojama. Sėklos gaunamos daugiausia polietileno šiltnamiuose, kur paprastai sukaupiama 30–50 klonų, tačiau naudojamos ir įprastos atviro lauko sėklinės plantacijos. Kada reikia gauti sėklų šeimas, įveisiamos bikloninės sėklinės plantacijos (Vihera-Aarnio, Ryynanen, 1994). Švedijos beržo selekcinė programa savo intensyvumu nusileidžia tokių rūšių kaip paprastoji eglė ar paprastoji pušis programoms. Vokietijoje vykdomoje beržo selekcinėje programoje vykdoma rūšių, provenencijų, plusinių medžių selekcija. Be dviejų vietinių rūšių, yra tiriamos tokios rūšys kaip *B. maximowicziana*, *B. papyrifera*, *B. populifolia* ir *B. aschersonicea*. Vokietijos bandymuose geriausiai vertintini vietinės kilmės *B. pubescens* plusinių medžių palikuonys, išauginti iš plantacinių sėklų (Kleinschmit, 1998).

B. pendula, *B. pubescens* ir *B. papyrifera* aukštis, tūris ir stiebų kokybė buvo tiriami provenencijų bandomuosiuose 32-jų metų amžiaus želdiniuose Suomijos šiaurėje. Provenencijas sudarė neselekcijuotų medynų palikuonys ir selekcijuotų pagal fenotipą plusinių beržų palikuonys (Vihera-Aarnio, Velling, 1999). Vietinės Suomijos kilmės pralenkė atvežtas iš Šiaurės vakarų Kanados *B. papyrifera* kilmės pagal visus rodiklius. Geriausi buvo plusinio *B. pendula* medžio palikuonys, pralenkė motininis medžius pagal minėtus rodiklius. Atlikti tyrimai atskleidė popieržievio beržo neperspektyvumą Suomijoje.

Vietinės kilmės pasirodė sparčiausiai augančios ir perspektyviausios iš tirtų *B. pendula* provenencijų Latvijoje, kur buvo tirtos provenencijos iš Suomijos, Latvijos ir Lenkijos (Pirags, 1992). Daugelio autorių tyrimais patvirtinta didelė vidupopuliacinė beržo sėklinių palikuonių stiebo tūrio ir aukščio variacija. Vykdam karpotojo beržo selekciją galima efektyviai panaudoti tolimąjį vidurūšinį kryžminimą, taip pat savidulkos būdu gautų linijų (keliose kartose išgrynintų savidulkių palikuonių) hibridizaciją (Wang, 1996).

Beržynų įveisimas žemės ūkiui nenaudojamuose plotuose būtų tikslingas, nes beržas yra pionierinė rūšis, kurią vėliau galima būtų pakeisti vėlesnių sukcesijų rūšimis. Beržo selekcija galėtų pagerinti ne tik kiekybinius ir fenotipinius kokybinius rodiklius, bet ir tokias medienos savybes kaip spalvos pakitimas, kuris vadinamas netikruoju medienos branduoliu. Genotipų su plonomis šakomis (Hallaksela, Niemisto, 1998) ir statesniu stiebo atžvilgiu šakų kampu atrinkimas galėtų gerokai sumažinti netikrojo medienos branduolio išplitimą kultūrinės kilmės medynuose. Tikslinga paminėti, kad Suomijoje atliktais tyrimais nenustatyta neigiamos genetinės koreliacijos tarp augimo požymių ir atsparumo įvairioms ligoms (Tikkanen ir kt., 2003).

Daugelio medienos rodiklių genetinis paveldimumas svyruoja nuo vidutinio iki labai ryškaus. Beržo medienos fibrilių ir vandens indų rodikliai yra glaudžiai susiję su medienos tankiu. Vieni autoriai teigia, kad augimo sparta yra mažai susijusi su medienos tankiu (Helinska-Raczowska, Fabisiak, 1995; Eriksson, Jonsson, 1986), kiti yra nustatę gana didelę neigiamą genetinę koreliaciją tarp stiebo diametro ir medienos tankio (Stener, Hedenberg, 2003). Tačiau kartu galima pabrėžti, kad medienos

tankio sumažėjimas vykdant beržo stiebo skersmens selekciją Švedijoje buvo nežymus. Beržo klonų augimo sparta, medienos ir fibrilių rodikliai genetiškai yra labai nulemti. Pietų Švedijos 11 metų kloninio beržo bandymo paveldimumas plačiąja prasme svyravo nuo 0.43 iki 0.73 (Stener, Hedenberg, 2003). Medienos tankio variacija paprastai yra kur kas mažesnė nei augimo ir stiebo kokybės rodiklių, tačiau statistiškai patikimi skirtumai buvo gauti atliekant karpotojo beržo palikuonių bandymus Suomijoje (Velling, 1979). Nepveu ir Velling (1983) nustatė gana žemą specifinę kombinacinę beržo medienos požymių galią.

Mikrodauginimo metodas gali būti sėkmingai panaudotas tiek komerciniais tikslais, tiek ir selekcijoje ar moksliniuose tyrimuose. Mccown (1989) nustatė, kad didžiausiu gyvybingumu pasižymėjo sėkliniai *B. pendula* palikuonys, o mažiausiai – skiepyti medeliai. *In vitro* padauginėti augalai užėmė tarpinę padėtį. Welander (1993) padarė išvadą, kad fenotipiškai vienodi augalai *in vitro* būdu gauti tiek imant dauginimo medžiagą iš viršūninių, tiek ir iš šoninių ūglių.

Literatūra

- Clausen K. E.** Interspecific Crossability in *Betula* // Sexual Reproduction of Forest Trees. Proc. IUFRO Section 22 Working Group. Varparanta, Finland, 1970. – p. 1–10.
- Erken T.** Results of Progeny Trials with Birch in Middle and Upper Norrland // Sveriges Skogsvardsforb. Tidskrift. – 1972, 5. – p. 437–476.
- Eriksson G. and Jonsson A.** A Review of the Genetics of *Betula* // Scandinavian Journal of Forest Research. – 1986, 1 (4). – p. 421–434.
- Håbjörg A.** Photoperiodic Ecotypes in Scandinavian Trees and Shrubs // Meld Norges Landbruksh. – 1978, 57. – 33 p.
- Hagman M.** On Self- and Cross- Incompatibility Shown by *Betula verrucosa* Ehrh. and *Betula pubescens* Ehrh. // Commun. Inst. Forest. Fenn. – 1971, 73. – p. 1–125.
- Hallaksela A. M., Niemisto P.** Stem Discoloration of Planted Silver Birch // Scandinavian Journal of Forest Research. – 1998, 13 (2). – p. 169–176.
- Hamrick J. L., Godt M. J. W.** Allozyme Diversity in Plant Species // A. H. D Brown, M. T. Clegg, A. L. Kahler and B. S. Weir (Editors), Plant Population Genetics, Breeding and Genetic Resources. Sinauer, Sunderland, Mass, 1990. – p. 43–63.
- Helinska-Raczkowska L., Fabisiak E.** The Relationship Between Anatomical Elements Length and Density in Birch Wood (*Betula pendula* Roth.). // Prace Komisji Technologii Drewna. – 1995, 14. – p. 42–48. (lenkų k.)
- Hill J., Becker H. C. and Tigerstedt P. M. A.** Plant Breeding Series 4: Quantitative and Ecological Aspects of Plant Breeding. – Chapman & Hall, 1998. – 275 p.
- Johnsson H.** Genetic Characteristics of *Betula verrucosa* Ehrh. and *B. Pubescens* // Hereditas. – 1974, 35. – p. 112–127.
- Johnsson H.** Southward and Northward Displacement of Birch Provenances. Association for Forest Tree Breeding, Institute of Forest Improvement, 1977. – p. 48–61.
- Karlsson A., Albrekston A., Forsgren A. and Svensson L.** An Analysis of Successful Natural Regeneration of Downy and Silver Birch on Abandoned Farmland in Sweden // Silva Fennica. – 1998, 32 (3). – p. 229–240.
- Kennedy D., Brown I. R.** The Morphology of the Hybrid *Betula pendula* Roth X *B. pubescens* Ehrh // Watsonia. – 1983, 14 (4). – p. 329–336.
- Kleinschmit J.** Birch. Site Requirements and Possibilities for Breeding // Forst und Holz. – 1998, 53 (4). – p. 99–104. (vokiečių k.).
- Koski V.** Experience with Genetic Improvement of Birch in Scandinavia // In: The Commercial Potential of Birch in Scotland (Lorrain-Smith R. & Worrell R., eds.). The Forestry Industry Committee of Great Britain, London. – 1991. – p. 67–73.
- Koski V.** Genetical Diversity of Forest Trees // In: Biodiversity in Silviculture (Hannellius S. & Niemelä P., eds.). Research Papers, Finnish Forest Research Institute, 564. Finnish Forest Research Institute, Vantaa. – 1995. – p. 85–88. (suomių k.).
- Kula E.** Burst Phenology and Birch bud Resistance to Frost // Ecologia (Bratislava). – 2000, 19 (3). – p. 251–257.
- Kurtto A. & Lahti T.** Checklist of the Vascular Plants in Finland // Pamphl. Bot. Mus. Univ. Helsinki II: I–V. – 1987. – p. 1–163. (suomių k.).
- Langhammer A.** Growth Studies on Silver Birch (*Betula verrucosa* Ehrh.) in Norway // Meld. Norg. Landbr. hogsk. – 1982, 61 (23). – p. 1–43.
- Leinonen I.** Dependence of Dormancy Release on Temperature in Different Origins of *Pinus sylvestris* and *Betula pendula* Seedlings // Scandinavian Journal of Forest Research. – 1996, 11 (2). – p. 122–128.
- Li C. Y., Junttila O., Ernsten A., Heino P., Palva E. T.** Photoperiodic Control of Growth, Cold Acclimation and Dormancy Development in Silver Birch (*Betula pendula*) Ecotypes // Physiologia Plantarum. – 2003, 117 (2). – p. 206–212.
- Nepveu G. and Velling P.** Individual Genetic Variability of Wood Quality in *Betula pendula* // Folia Forestalia. – 1983, 575. – 21 p. (suomių k.).
- Mccown B. H.** Birch (*Betula* spp.) // Bajaj Y. P. S. (Editor), Biotechnology in Agriculture and Forestry 5, Trees II. Springer-Verlag, 1989. – 324–340 p.
- Patalauskaitė D.** The Role of *Betula pendula* and *B. pubescens* in Lithuanian Forest Communities // Botanica Lituanica. – 1 Supl., 1997. – p. 139–140.

- Pirags D.** Breeding of White Birch (*Betula pendula* Roth.) in Latvia // Proc. of the 1st Genetical Congress of the Baltic States (Estonia, Latvia, Lithuania). Eksperimentinė Biologija. – 1992, 3–4. – p. 83–84.
- Prevosto B., Agrech B.** Dynamique et typologie des accrues. Le cas des bétulaies dans la chaîne des Puys. // Rev. forest. fr. – 1998, 50 (1). – p. 46–48. (prancužų k.)
- Raulo J., Koski V.** Height Growth of Different Progenies of *Betula verrucosa* in Southern and Central Finland // Metsantutkimuslaitoksen Julkaisuja. – 1975, 84 (7). – 30 p.
- Raulo J. and Koski V.** Growth of *Betula pendula* Roth Progenies in Southern and Central Finland // Commun. Inst. For. Fenn. – 1977, 90 (5). – p. 1–39.
- Rone V.M.** Genetical Analysis of Natural Populations // Otkor les. drevesnykh. Teor. Osnovy i prakt. metody, 1978. – p. 5–68.
- Stener L. G., Hedenberg O.** Genetic Parameters of Wood, Fibre, Stem Quality and Growth Traits in a Clone Test with *Betula pendula* // Scandinavian Journal of Forest Research. – 2003, 18 (2). – p. 103–110.
- Stern K.** Versuche über die Selbststerilität der Sandbirke // Silvae Genet. – 1963a, 12. – p. 80–82. (vokiečių k.)
- Stern K.** Birkenzüchtung im Schmalenbecker Institut von 1949–1963 // Holz Zentralblatt (Stuttgart). – 1963b, 98. – p. 1577–1581. (vokiečių k.)
- Tigerstedt P.M.A.** Entwicklung der genetischen varianzen des höhenwachstums in einem Feldversuch mit *Betula verrucosa* // Silvae Genetica. – 1966, 15. – p. 101–140. Negative Correlation between Growth and Resistance to Multiple Herbivory in a Deciduous tree, *Betula pendula* // Forest Ecology and Management. – 2003, 177 (1–3). – p. 587–592.
- Vaarama A., Valanne T.** Induced Mutations and Polyploidy in Birch, *Betula* spp. // Final report (Parts 1 & 2), 2 vols., Department of Botany, University of Turku, Finland. – 1967. – p. 22.
- Van Hees A. F. M., ir Clercx A. P. P. M.** Shading and Root-shoot Relations in Saplings of Silver Birch, Pedunculate Oak and Beech // Forest Ecology and Management. – 2003, 176 (1–3). – p. 439–448.
- Valanne T.** Colchicine Effects and Colchicine-Induced Polyploidy in *Betula* // Ann. Acad. Sc. Fenn. IV. – 1972, 191. – p. 28.
- Velling P.** Initial Development of Different *Betula pendula* Provenances in the Seedling Nursery and in Field Trials // Folia Forestalia. – 1979, 379. – 14 p.
- Velling P.** Wood Density in Two *Betula pendula* Roth Progeny Trials // Folia Forestalia. – 1979, 416. – 24 p. (suomių k.)
- Vihera-Aarnio A., Velling P.** Growth and Stem Quality of Mature Birches in a Combined Species and Progeny Trial // Silva Fennica. – 1999, 33 (3). – p. 225–234.
- Vihera-Aarnio A., Ryynanen L.** Seed Production of Micropropagated Plants, Grafts and Seedlings of Birch in a Seed orchard // Adaptation of tree breeding to changing circumstances and demands. Selected papers from the meeting of the Nordic Group of Forest Genetics and Tree Breeding, Held in Finland, August 30–September 2, 1994 (eds. Korpilahti E., Koski V.). Silva Fennica. – 1994, 28 (4). – p. 257–263.
- Vihera-Aarnio A.** Genetic Variation and Breeding Strategy of Birch in Finland // Nor. J. Agric. Sci. – 1994 (Suppl. 18). – p. 19–26.
- Wang T.** Physiological and Genetic Basis of Superior Yield in Silver Birch (*Betula pendula* Roth) // Thesis. The Department of Plant Biology, University of Helsinki. – 1996. – 51 p.
- Welander M.** Micropropagation of birch // Micropropagation of Woody Plants (Ahuja M.R., ed.). Kluwer Academic Publishers. – 1993. – p. 223–244.
- Worrell, R.** A Comparison Between European Continental and British Provenances of Some British Native Trees: Growth, Survival and Stem Form // Forestry Oxford. – 1992, 65 (3). – p. 253–280.
- Załęski A., Kantorowicz W.** 1998. Wzrost wybranych gatunków leśnych w uprawach plantacyjnych w różnych warunkach siedliskowych. Pr. Inst. bad. les. A., No 852–855: 5–49. (lenkų k.)
- Załuski T.** Nowe stanowisko *B. hum.* Sh. w Polsce Środkowej // Acta Univ. N. Copernici. Biol. – 1998, 50. – p. 243–248. (lenkų k.)
- Галеев Э. И., Коновалов В. Ф.** Внутривидовая изменчивость вегетативных органов берёзы повислой на Южном Урале. Леса Башкортостана: соврем. состояние и перспективы // Матер. науч. – практ. конф., Уфа, 1997. – с. 137–138. (rusų k.)
- Денисов С. А.** Отношение берёз повислой и пушистой к теплу // Докл. ТСХА. – 1999, 270: 343–347. (rusų k.)
- Денисов С. А., Захаров Е. К.** Экол. и генет. популяций // Сб. матер. Всерос. популяц. семян., Йошкар-Ола (5–9 февр., 1997), 1998. – с. 216–218. (rusų k.)
- Коновалов В. Ф., Галеев Э. И.** Закономерности роста и качественной структуры березняков учебно-опытного лесхоза // Науч. тр., Моск. гос. ун-т леса. – 1998, № 297. – с. 16–18. (rusų k.)
- Муратов М. Э.** Лесоводственные особенности производных березняков Южного Урала // Леса Башкортостана: соврем. состояние и перспективы. Матер. науч.- практ. конф., Уфа, 1997. – с. 23–24. (rusų k.)