

UDK 581.7(497.11 Beograd)  
Originalni naučni rad

SLOBODAN JOVANOVIĆ<sup>1</sup>, VESNA FILIPOVIĆ<sup>1</sup>, MARINA MAČUKANOVIĆ<sup>2</sup>,  
GORDANA DRAŽIĆ<sup>3</sup>, BRANKA STEVANOVIĆ<sup>1</sup>

## RASPROSTRANJENJE I EKOLOGIJA VRSTE *AILANTHUS ALTISSIMA* (MILL.) SWINGLE NA PODRUČJU GRADA BEOGRADA

Institut za botaniku i botanička bašta "Jevremovac", Biološki fakultet, Univerzitet u  
Beogradu<sup>1</sup>  
Veterinarski fakultet, Univerzitet u Beogradu<sup>2</sup>  
INEP, Zemun<sup>3</sup>

Jovanović, S., Filipović, V., Mačukanović, M., Dražić, G.,  
Stevanović, B. (1997): *Distribution and ecology of the species *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle in the territory of Belgrade.*- Glasnik Instituta za  
botaniku i botaničke bašte, Univerziteta u Beogradu, Tom XXXI, 9-21.

Allochthonous woody species *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle is  
widely distributed in inner-city Belgrade, as a selfgrown tree. Age struc-  
ture of its individuals, as well as their ecophysiological and anatomical  
adaptability were studied to establish biological status (viability) of the  
species and its ability to survive expansively in the polluted areas of  
Belgrade.

Chlorophyll content as well as the leaf structure were analysed in  
individuals deriving both from inner-city Belgrade and its neighbourhood.

*A. altissima* has been shown to be highly expansive and competitive  
woody plant, but also markedly resistant to the disturbed or stressed urban  
habitats.

Key words: *Ailanthus altissima*, Belgrade, distribution, age structure of populations, air pollution, morpho-anatomical adaptations, chlorophyll content.

Ključne reči: *Ailanthus altissima*, Beograd, rasprostranjenje, uzrasna struktura populacija, aerozagadjenje, morfo-anatomske adaptacije, sadržaj hlorofila.

## UVOD

Vrsta *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle je introdukovana iz jugoistočne Azije u Evropu (London) sredinom 18-tog veka sa prvobitnom namerom da služi kao hrana za uzgoj svilene bube. Danas je kiselo drvo jedna od najrasprostranjenijih lišćarskih vrsta drveća u urbanim biotopima širom evroazijskog kontinenta. Poredjenja radi, ako je divlji kesten, prema raširenom mišljenju, najdekorativniji introdukovani lišćar u gradovima zapadne, centralne i istočne Evrope, a bagrem najrasprostranjenija alohtona vrsta lišćara u Evropi, onda je kiselo drvo (pajasen) jedna od najbolje prilagodjenih adventivnih lišćarskih vrsta na kompleksne ekološke uslove zagadjenih gradskih biotopa.

Izraženu adaptabilnost i ekspanzivnost kiselog drveta u urbanim ekosistemima širom sveta je zapazio i analizirao veći broj autora (Petrović 1951; Radulović, 1952; Panov, 1953; Mašinski, 1954; Kolesnikov, 1974; Jovanović, 1950, 1971, 1985; Vukićević, 1973, 1987 i dr). Većina pomenutih autora, ukazujući, pre svega, na izuzetnu dekorativnost sadjenih i posebno gajenih odraslih stabala, istiće biomeliorativni i antierozioni značaj ove vrste u saniranju bujičnih terena.

Imajući u vidu opštepoznate biološke i ekološke karakteristike vrste *A. altissima*, kao i činjenicu da se radi o jednoj od najrasprostranjenijih i najkompetitivnijih samoniklih - pionirskih vrsta drveća na ruderalnim staništima uže gradske zone Beograda, pristupili smo detaljnijim istraživanjima njene ukupne brojnosti i populacione strukture. Istovremeno, obavljena su uporedna proučavanja morfo-fizioloških karakteristika jedinki koje se razvijaju u uslovima ekstremno zagadjenog i relativno čistog vazduha, na području Beograda, sa ciljem da se doprineseboljem poznavanju ukupnog adaptivnog mehanizma kiselog drveta u urbanim uslovima.

## OPŠTE KARAKTERISTIKE VRSTE *AILANTHUS ALTISSIMA* (MILL.) SWINGLE

Kiselo drvo, pajasen ili "drvo neba", *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle (= *A. glandulosa* Desf.), jedna je od 12-15 vrsta roda *Ailanthus* Desf. iz familije *Simarubaceae* L.C.Rich., koje su autohtone u istočnoj Indiji, jugoistočnoj Aziji, Indoneziji i severnoj Australiji (Matikašvili, 1970; Kolesnikov, 1974; Vukićević, 1973, 1987; Jovanović 1985). Ova drvenasta biljka vodi poreklo iz Kine (provincija Čili) gde je poznata pod nazivom "drvo koje raste u nebo", zbog izuzetne visine koju postiže za veoma kratko vreme. Podneblje njegove postojbine je u pogledu padavina manje povoljno od našeg: godišnja količina vodenih taloga retko premašuje 600 mm, pri čemu oko 90% dolazi u letnjem periodu kada je isparavanje mnogo veće, a samim tim i zadržavanje vlage u zemljištu ograničeno. Leta, kao i zime su toplije nego kod nas. Međutim, uprkos kserotermnim uslovima na svojim prirodnim staništima, vrsta *A. altissima* se, u strukturno-funkcionalnom pogledu, ne odlikuje karakteristikama izrazito kserofitnih biljaka (Panov, 1953).

Na područje Evrope je introdukovana 1751 godine, najpre u London, odakle se ubrzo proširila i u druge gradove i oblasti, odnosno u druge evropske zemlje. Klimatski i opšte ekološki uslovi na teritoriji naše zemlje bili su povoljni za ekspanzivni razvoj i širenje ove vrste.

Kiselo drvo uspeva na svakovrsnom zemljištu, pa i na plitkim kamenitim i peščanim terenima, kao i na kompaktnom, sabijenom, ili slabo aerisanom, nitrifikovanom i zagadjenom zemljištu. Medjutim, hladno i teško ilovasto zemljište, ipak ne podnosi. Spontano raste već od same obale mora, a naročito dobro uspeva u ravničarskim i brdskim područjima naše zemlje. Otporan je prema jakom vetru, dugotrajnoj suši, niskim temperaturama i zagadjenom vazduhu. Odrasle jedinke dobro podnose niske temperature (do  $-20^{\circ}\text{C}$ ), dok su mladi primerci osetljivi na mrazeve. Pri jačim mrazovima podmladak promrzne, ali obično samo nadzemni deo. Iz podzemnog dela, medjutim, već sledećeg proleća izbijaju novi izdanci. Lako i brzo se razvija iz semena koje se seje suvo, bez ikakvih prethodnih priprema. Posедуje jaku izdanačku snagu i brzi rast zbog čega se lako širi i osvaja teren. Pored većeg broja površinskih, razvija i dubinske, osovinske korenove koji prodiru snažno i brzo u podlogu; čak su i isečeni delovi korenovog sistema sposobni da daju novu biljku (P a n o v, 1953). Takvi izdanci rastu isto tako dobro kao i mladice isključivo iz semena, a osim toga, razvijaju bolji i snažniji korenov sistem. Deficit vlažnosti u podlozi ova vrsta rešava upravo razvojem snažnog i razgranatog korenovog sistema, koji lako stiže do slojeva zemljišta bogatih vodom, kako u horizontalnom, tako i u vertikalnom pravcu. Zahvaljujući svim ovim osobinama, kiselo drvo je vrlo pogodna vrsta i za vezivanje terena koji su ugroženi erozijom i bujicama.

Kiselo drvo je izrazito heliofitna vrsta koja se retko sreće u šumskoj senci. Medjutim, u konkurenciji za svetlost sa drugim vrstama na istom staništu, koje može biti više ili manje zasenčeno, najčešće pobeđuje zahvaljujući brzom rastu i zauzimanju boljeg položaja. Pored toga, seme klija i u uslovima smanjenog intenziteta svetlosti (na primer sa unutrašnje strane podrumskih prozora), a zatim se, mlada biljka intenzivnim rastom probija i okreće ka izvoru svetlosti.

Kiselo drvo je listopadna vrsta koja retko dostiže starost preko 50 godina. Kruna mu je okruglasta, umereno do retko gusta. Raste veoma brzo, za 5 godina i do 5 m, a najčešće dostiže visinu od 20-30 m. U našem podneblju, prema V u k i ć e v i ć (1973), obično dostiže visinu do 20 m, a prečnik stabla do 50 cm. Kora koja je tanka i glatka, svetlosive boje, u starosti ispuca. Stablo i grane su krte. Pupoljci su okruglasti, sa 2-4 ljuspe i upadljivo mali (do 4 mm dužine) u odnosu na list koji daju. Na granama nema terminalnog pupoljka.

Listovi su naizmenično raspoređeni, neparno perasti, dugi 30-90 cm, sa 6-20 pari listića. Listići su dugi 8-12 cm, celi, ali po obodu trepljasti zbog prisustva obodnih dlačica, sa 2-4 zlezde u donjem delu liske. Jak miris i neprijatan ukus lista potiče od taninskih materija (19 %) koje efikasno odbijaju herbivorne životinje (V u k i ć e v i ć, 1973).

Stabla kiselog drveta većinom su dvodoma, obilno cvetaju odmah nakon listanja, krajem maja i tokom juna meseca. Cvetovi su smešteni u terminalnim metlicama dugim do 30 cm i karakterišu ih jednopolni (muški) ili dvopolni (muško-ženski) cvetovi, raspoređeni u proste ili zbirne cvasti. Razlikuju se muška stabla, sa jednopolnim, samo muškim cvetovima, i stabla sa dvopolnim cvetovima. Mozaične muško-dvopolne cvasti su vrlo retke, a evidentirane su po prvi put samo na jednom od velikog broja posmatranih stabala pajasena u Srbiji (T u c o v i ć & I s a j e v, 1997). Izuzetno, T u c o v i ć, I s a j e v & O r l o v i ć (1996) su zabeležili i retku neoteničnu pojavu pojedinačnih, terminalnih cvetova na klijancima pajasena starim 33 dana.

Kiselu drvo radja svake godine, počev od 5-te godine starosti. Plod je pljosnata, izdužena krilata orašica, do 5 cm duga i oko 1 cm široka, svetlo crvenkasta ili smeđja, a sazreva tokom septembra i oktobra meseca.

Praktični značaj vrste *A. altissima* ogleda se, pre svega u dekorativnom izgledu stabla i krune drveta (naročito kada cveta), kao i biomeliorativnim vrednostima. Medjutim, kiselom drvetu se u šumarstvu pretpostavljaju vrste manje uzgojne i ekonomske vrednosti, zbog male mogućnosti tehničke obrade i neupotrebljivosti kao gradjevinskog drveta. Ipak, ovo drvo se koristi u kolarstvu i, često, služi kao zamena brestovog i jasenovog drveta, mada je slabijeg kvaliteta. Kao ogrevno drvo ima osrednju vrednost, ali se upotrebljava za dobijanje drvenog uglja. Gori lako, čak i kada nije suvo. U Japanu služi za fabrikaciju obične hartije. Lišće se u Kini upotrebljava za ishranu svilene bube, a smolasti sok za spravljanje laka.

Ekološki posmatrano, izražena biomeliorativna sposobnost ove vrste u najširem smislu reči jeste i njena najveća aplikativna vrednost. To se, naročito u savremeno doba, pored brzog i efikasnog pošumljavanja erozionih i bujičnih terena, odnosi i na uspešno i lako ozelenjavanje površina bez vegetacije, kao i opšte fitosaciono dejstvo ove lišćarske vrste u zagadjanim urbanim biotopima širom sveta.

### MATERIJAL I METODE

Detaljna istraživanja ukupne brojnosti i populacione strukture vrste *A. altissima* obavljena su tokom 1990-92 godine na području uže gradske zone Beograda ograničene rekam Dunav do Pančevačkog mosta, ulicama Mije Kovačevića, Ruzveltovom, Bulevarom revolucije, Trgom Nikole Pašića, Terazijama, Prizrenskom ulicom i rekam Savom do njenog ušća. Unutar ovih granica istražene su sve ulice, dostupne bašte i dvorišta, vrtovi, parkovi i ruderalna staništa. Brojnost individua je utvrđivana totalnim prebrojavanjem (cenzus), pri čemu je za svaku od njih standardnom šumarskom prečnicom meren i prsni prečnik stabla. Visina stabala određivana je slobodnom, približnom procenom (pre svega u odnosu na postojeće reper-objekte).

Uporedna proučavanja morfo-fizioloških karakteristika jedinki vrste *A. altissima* koje se razvijaju u uslovima ekstremno zagadjenog i relativno čistog vazduha na području grada Beograda obavljena su po mesečnoj dinamici od maja do oktobra meseca 1990 godine.

Analizirana je dinamika količine hlorofila, kao parametar fizioloških promena, i anatomska gradnja listova, kao parametar strukturnih promena izazvanih dejstvom urbanog aerogadjenja.

Biljni materijal za morfo-fiziološka ispitivanja jedinki iz zagadjene sredine uziman je u strogom centru grada (ulica Djure Djakovića) u čijoj se neposrednoj blizini (ulica 29. novembra) nalazi i merna-monitoring stanica Gradskog zavoda za zdravstvenu zaštitu koja svakodnevno beleži koncentracije SO<sub>2</sub>, čadji i drugih aeropolutanata. Preuzeti podaci ovih merenja prikazani su u posebnoj tabeli (Tab. 1).

Provera analiziranih karakteristika listova kiselog drveta obavljena je poredjenjem sa istim morfo-fiziološkim parametrima listova jedinki koje su rasle u parku (bašti) istraživačkog centra INEP, udaljenog desetak kilometara od strogog centra Beograda. Stabla kiselog drveta sa kojih su uzimani listovi za morfo-fiziološku analizu pripadaju istoj uzrasnoj klasi (reproduktivni adulti), slične visine (5-7 m) i sličnog prsnog prečnika (40-50 cm).

*Tab. 1.- Srednje mesečne vrednosti za najvažnije aeropolutante tokom perioda istraživanja ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$  vazduha)*

Mean monthly values of the most important atmospheric pollutants (in  $\text{mg}/\text{m}^3$  of air) during the investigation period

mesec (month)	Izvori aerozagadenja (Sources of air pollution)			
	stacionarni izvori (stationary sources)		motorna vozila (motor vehicle)	
	SO <sub>2</sub>	čad (soot)	CO	Pb
Maj (May)	86	56	4,7	4,3
Jun (June)	79	68	4,6	4,3
Jul (July)	80	71	3,7	3,5
Avgust (August)	92	75	3,4	3,2

Sadržaj hlorofila (a+b) i ukupnih pigmenata u biljnim ekstraktima u DMF (dimetilformamid) meren je simultanom spektrofotometrijskom metodom na aparatu AMINCO DW 2. Pigmenti su ekstrahovani u DMF u toku 72 sata na 4°C, u mraku. Za određivanje količine pigmenata korišćeni su koeficijenti po Moranu (Moran, 1982). Rezultati predstavljaju srednju vrednost najmanje četiri nezavisna merenja. Dobijeni podaci obradjeni su standardnim statističkim metodama.

Listovi biljaka za anatomsku analizu stavljeni su na terenu u rastvor alkohola i formalina, a u laboratoriji preneti u fiksativ Navaina (Prozina, 1960). Trajni preparati pravljani su standardnim postupkom koji obuhvata obradu fiksiranog materijala parafinskom metodom, sečenje preseka na ručnom mikrotomu (15  $\mu\text{m}$  debljine) i dvojno bojenje preparata svetlo-zelenim i safraninom (Chamberlain, 1921; Prozina, 1960).

## REZULTATI I DISKUSIJA

Totalnim prebrojavanjem (cenzusom) populacija vrste *A. altissima* na istraživanom području uže gradske zone Beograda konstatovano je ukupno 7.362 jedinke ove vrste. Iz priložene distribucije utvrđenih jedinki (Fig. 1) zapaža se njihova najveća zastupljenost na terenima koji se nalaze u obodnom - obalnom pojasu pored Save i Dunava (Karadjordjeva ulica, Donjogradski bulevar, Kalemegdan, Dunavska ulica, okolina Pančevačkog mosta). Procenjuje se, s obzirom da su neki delovi istraživanog područja, iz objektivnih razloga, ipak ostali nedostupni (pojedine privatne bašte, dvorišta nekih radnih organizacija, vojni objekti), da cenzusom i analizom nije obuhvaćeno oko 20 % jedinki ukupne populacije kiselog drveta u centralnom delu grada. Međutim, analiza 7.362 jedinke ove vrste je dovoljno reprezentativna za celovito sagledavanje stanja i uzrasne stukture, a samim tim i populacione dinamike ove vrste na istraživanom području.

Analizom zastupljenosti različitih uzrasnih klasa koje su definisane u skladu sa prečnikom stabla (Tab. 2), utvrđena je najveća brojnost mladih uzrasnih klasa koje obuhvataju klijance, juvenile i izbojke oko adultnih stabala (klasa I), kao i vegetativne adulte (klasa II). Velika zastupljenost mladih uzrasnih klasa ukazuje na ekspanzivnost, odnosno progresivnost populacije kiselog drveta na području Beograda. Istovremeno, i brojnost adultnih, reproduktivno sposobnih jedinki (klasa III), kao i reproduktivnih i senilnih adulta (klasa IV) je relativno velika u odnosu na mlađe uzrasne klase. Ovakav

odnos između adultnog dela populacije s jedne strane, i klijanaca, juvenila i vegetativnih adulta s druge strane, ukazuje na optimalnost ekoloških uslova urbanih biotopa za razvoj vrste *A. altissima*. Ovim se objašnjava izrazita ekspanzivnost kiselog drveta na području Beograda.

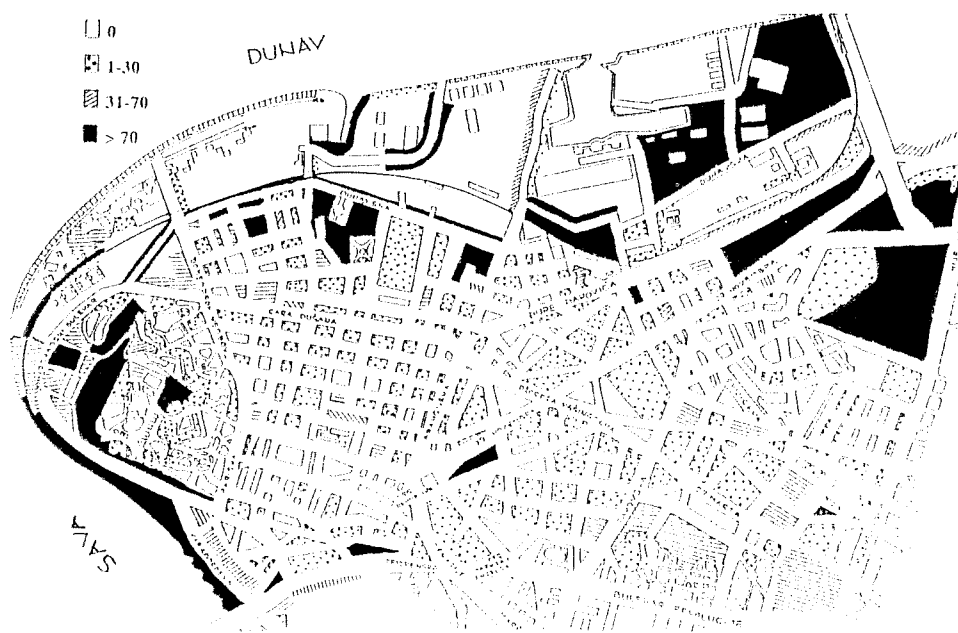


Fig. 1. - Distribucija vrste *Ailanthus altissima* na području uže gradske zone Beograda  
Distribution of species of *Ailanthus altissima* in the central area of Belgrade

Tab. 2.- Zastupljenost uzrasnih klasa u populaciji vrste *Ailanthus altissima* (I - klijanci, juvenili i izbojci; II - vegetativni adulti; III - reproduktivni adulti; IV - stariji reproduktivni i senilni adulti (prema prečniku stabla))

Presence of age classes in the population of the species *Ailanthus altissima* (I - Seedlings, juveniles and shoots; II - Vegetative adults; III - Reproductive adults; IV - Senior reproductive and senile adults (in terms of the trunk diameter))

Uzrasna klasa (Age class)	Prečnik stabla (cm) Trunk diameter (cm)	Srednja vrednost (cm) Mean value (cm)	Broj individua Number of individuals
I	0,5-2	1,33	3874
II	2-15	6,37	2240
III	15-30	22,60	844
IV	30-130	42,59	404

Što se tiče zastupljenosti klasa definisanih prema visini jedinke (Tab. 3), zapaža se relativno velika brojnost visokog drveća (klasa III). Ove individue produkuju veliki broj semena iz kojih se razvijaju jedinke koje ubrajamo u klasu izbojaka (klasa I), čiji je broj i najveći. Neočekivano veliki pad brojnosti mladog drveća (klasa II) u odnosu na izbojke objašnjava se velikom osetljivošću izbojaka na dejstvo mraza koji svake zime uslovljava veliki mortalitet ove uzrasne kategorije, tako da samo oni izbojci koji prežive ulaze u sastav klase mladog drveća.

Tab. 3.- Zastupljenost uzrasnih klasa u populaciji vrste *Ailanthus altissima* (prema visini stabla)

Presence of age classes in the population of the species *Ailanthus altissima* (in terms of trunk height)

Uzrasna klasa (Age class)	Visina stabla (m) Trunk height (m)	Srednja vrednost (m) Mean value (m)	Broj individua Number of individuals
I	0,2-2	1,05	3487
II	2-4	3,33	1301
III	4-14	8,01	2574

Populaciona struktura i stabilnost vrste *A. altissima* na pojedinim, posebnim i prostorno ograničenim mikrostaništima, razlikuje se, u manjoj ili većoj meri, od generalne populacione slike za čitavo istraživano područje. Primera radi, u jednom mračnom dvorištu, na uglu ulica Kosovske i Takovske, najveću brojnost imaju individue klase I, dok su ostale klase veoma slabo zastupljene. Populacija se na ovom staništu ne obnavlja, već stagnira, s obzirom na izraženu heliofitnost mladjih uzrasnih kategorija koje se teško dalje razvijaju u uslovima duboke senke. Istovremeno, na prostoru Kalemegdana populacija kiselog drveta još nije stabilizovana jer dominiraju vegetativni adulti iz klase II, koji su reproduktivno nezreli, tako da dolazi do njihovog "akumuliranja" u ovu klasu. Međutim, za populacije koje se razvijaju uz železničku prugu duž Karadjordjeve ulice i Donjogradskog bulevara, može se reći da su stabilizovane i progresivne, jer relativno veliki broj reproduktivno zrelih adultnih jedinki, svake godine, daje ogromnu količinu semena iz kojeg se razvija vrlo veliki broj klijanaca i juvenila, a samim tim i veliki broj vegetativnih adulta. Duž Dunavske ulice (od Donjogradskog bulevara do Dubrovačke), kiselo drvo je zastupljeno ogromnim brojem individua iz klasa I i II, što ukazuje na veliku progresivnost i skoru stabilizaciju populacije.

Kiselo drvo je sposobno da spontano naseli i da se normalno razvija i na takvim staništima kao što su pukotine zidova, ravni i kosi krovovi, balkoni, oluci, rasedline u asfaltu ili betonu, na mostovima, gde svojim snažnim korenovim sistemom prodire u podlogu dovodeći često do rušenja i pucanja zidnih i betonskih konstrukcija. Velika izdanačka moć kiselog drveta pričinjava velike štete, naročito na zidinama Kalemegdanske tvrđave gde se razvija pojedinačno ili u manjim grupama. Redovan tretman herbicidima ili mehaničko uklanjanje jedinki mladjih uzrasnih kategorija predstavlja stalnu aktivnost na zaštiti ovog spomenika kulture. Ipak, na mnogim mestima su prisutna pojedinačna ili grupe stabala do 2 m visine i 5-6 cm prečnika.

Sadjeni na zaklonjenim, ali sunčanim i svetlim mestima (uređjene bašte, drvoredi i parkovi), na dubljem, hranljivom i rastresitom zemljištu, primerci vrste *A. altissima* u stanju su da dostignu velike dimenzije i starost. Najveći primerci koji se pominju u

literaturi su sa Krima (K o l e s n i k o v, 1974). Dostižu visinu od 25 m, prečnik stabla do 80 cm i starost od 80 godina. Prema V u k i ć e v i ć (1987), najveći primerci u našoj zemlji su visoki 20 m, sa prečnikom stabla od 50 cm. Međutim, najveći primerak vrste *A. altissima* izmeren prilikom naših istraživanja nalazi se na Kalemegdanu (kod Zoološkog vrta), visine od 13 m i prečnika stabla od 123 cm. Osim toga, na raznim lokalitetima istraživanog područja Beograda izmereno je još desetak stabala čija visina dostiže 10 m, a prsni prečnici premašuju 70 cm.

Za razliku od drugih vrsta drveća koje su prisutne u drvoredima Beograda i kod kojih su, već na prvi pogled, vidljive patološke promene na listovima usled velike koncentracije aeropolutanata (M i t r o v i ć, 1992; M a č u k a n o v i ć, D r a ž i ć & S t e v a n o v i ć, 1994; M a č u k a n o v i ć, 1995), kiselo drvo uspeva, raste i buja bez ikakvih, makroskopski primetnih, oštećenja na listovima.

U mladim listovima kiselog drveta koje se razvija u uslovima zagadjene životne sredine konstatovana je već početkom sezone (u maju mesecu) relativno velika količina ukupnog hlorofila ( $a+b = 55.78 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) koja premašuje sadržaj hlorofila u listovima jedinke koja se razvija u nezagadjenoj sredini ( $50.40 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ). Tokom sezone, međutim, nasuprot očekivanjima i ekološki logičnim pretpostavkama, razlike u sadržaju hlorofila se sve više povećavaju, ali i dalje u korist listova biljke iz zagadjene životne sredine

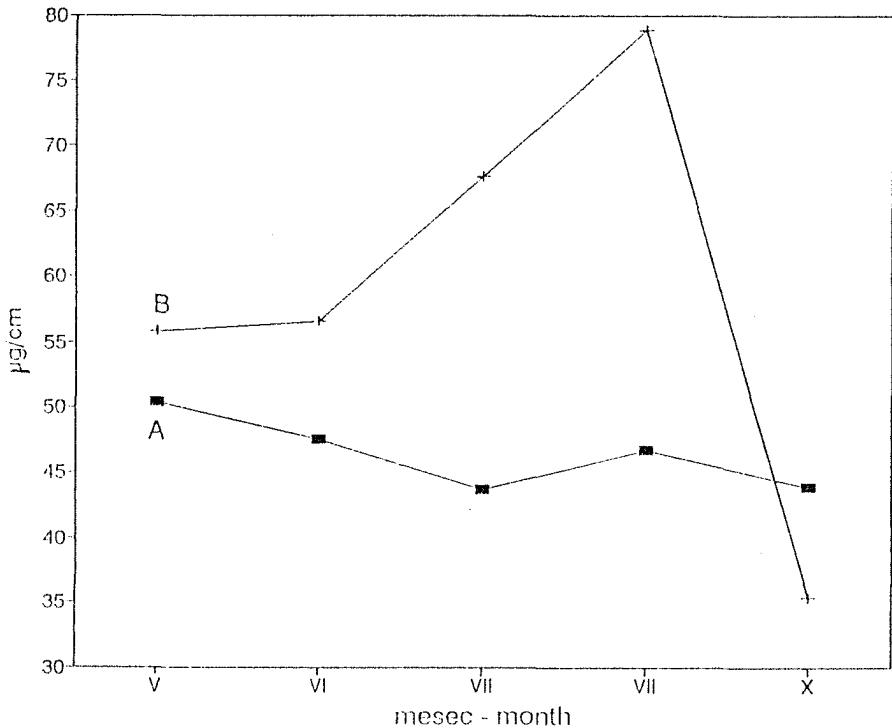


Fig. 2. - Sezonska dinamika količine hlorofila (a+b) ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) u listovima *Ailanthus altissima* u A - nezagadjenoj i B - zagadjenoj sredini

Seasonal variations of chlorophyll a+b content in leaves of *Ailanthus altissima* from: A - unpolluted and B - polluted area



(Fig. 2). Naime, već tokom juna, koncentracija hlorofila u listovima iz zagadjene sredine raste na  $56.50 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ , da bi tokom jula meseca dostigla  $67.58 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ , a u avgustu čitavih  $78.87 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ . Istovremeno, u listovima iz nezagadjene sredine sadržaj hlorofila tokom juna opada na  $47.49 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ , odnosno na svega  $43.68 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  u julu mesecu, da bi u avgustu opet počeo blago da raste ( $46.77 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ). Pri kraju vegetacijske sezone (početkom oktobra meseca), sadržaj hlorofila u listovima iz zagadjene sredine naglo opada (svega  $35.43 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ), dok se u listovima iz nezagadjene sredine spušta do  $43.90 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ , dakle, na nivo vrednosti iz jula meseca.

Na poprečnom preseku kroz list kiselog drveta iz nezagadjene sredine uočava se njegova mezokseromorfna, tačnije izrazito heliomorfna gradja (Fig. 3). Ona se, pre svega, ogleda u tipičnom odnosu ujednačeno razvijenog palisadnog i sundjerastog tkiva, pri čemu palisadno tkivo čini jedan sloj izuzetno dugačkih, fino vretenastih ćelija. Kutikula je zadebljala, a epidermalne ćelije lica lista su krupnije od epidermalnih ćelija naličja. Efikasna fotosinteza proizilazi i iz specifične strukture palisadnog tkiva. Veoma duge, uzane, vretenasto izdužene palisadne ćelije gusto su zbijene u jednom (retko dva) nizu, čime se ostvaruje minimalan kontakt između njih i omogućava postojanje velike slobodne površine za razmenu gasova i efikasno odvijanje procesa asimilacije. Sundjerasto tkivo čine tri-četiri sloja nepravilno ovalnih do četvrtastih ćelija. Poslednji sloj ćelija sundjerastog tkiva, koji naleže na epidermis naličja lista, oblikom i položajem formira netipičan i nekontinuirani palisadni sloj. Sa gornje, a naročito sa donje strane snopića se nalaze parenhimske ćelije sa kristalima. U mezofilu su prisutni idioplasti, kao pojedinačni mehanički elementi, koji listu daju određenu čvrstinu.

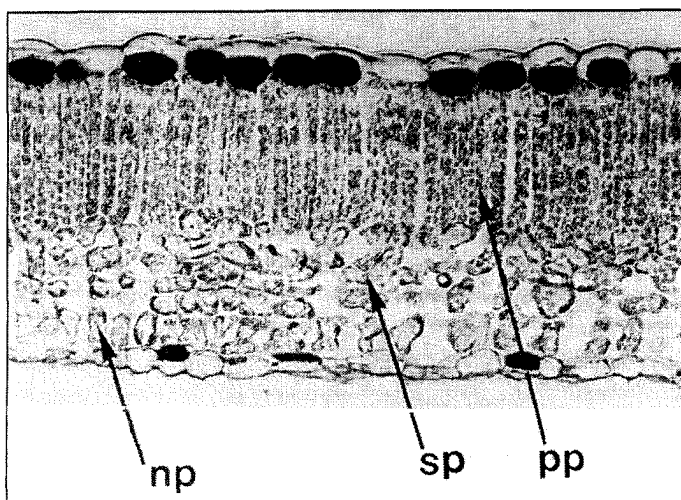


Fig. 3. - Poprečni presek kroz list *Ailanthus altissima* iz nezagadjene sredine: pp - palisadni parenhim, sp - sundjerasti parenhim, np - netipični palisadni sloj.

Cross section of *Ailanthus altissima* leaf from unpolluted area: pp - palisade parenchyma, sp - spongy parenchyma, np - untypical palisade layer

Anatomska gradja lista vrste *A. altissima* iz zagadjene sredine razlikuje se od gradje lista iz nezagadjene sredine, a ogleda se u: 1) smanjenju dužine ćelija palisadnog tkiva lica lista, 2) izrazitijem diferenciranju ćelija poslednjeg sloja sundjerastog tkiva,

koje oblikom i položajem odgovaraju kratkom palisadnom parenhimu na naličju lista, 3) povećanju količine kristala i broja idioblasta, 4) ukрупnjavanju hloroplasta, izrazitije sferičnog oblika u ovim listovima, kako u palisadnom, tako i u sundjerastom tkivu (Fig. 4). Ove promene, ipak, odražavaju delovanje stresnih uslova spoljašnje sredine, jer je opšta uredjenost ćelija i slojeva mezofila poremećena, izmenjena, više je intercelularnih prostora, dodirne površine između ćelija su veće, smanjena je efikasnost foto-sinteze. Povećanje količine ukupnog hlorofila i izmenjen oblik hloroplasta kao kod biljaka koje rastu u uslovima smanjenog intenziteta svetlosti (Eames & MacDaniels, 1947; Givnish, 1986), ukazuju na mobilizaciju ekofizioloških kompenzatorskih mehanizama u promenjenim, manje povoljnim ekološkim uslovima na urbanom području. Uz sve to, uopšte se ne javljaju očigledne promene tkiva, oštećenja ili nekroze na listovima ove biljke, čak i kada ona raste u najzagadjenijim delovima grada. Sve to ukazuje na veliku rezistentnost i mogućnost brze adaptacije na uslove urbanog staništa, što joj daje veliku prednost nad drugim vrstama drveća, u gradskim uslovima.

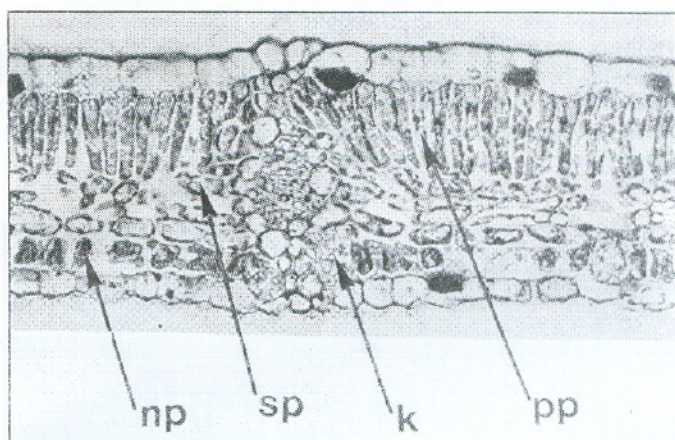


Fig. 4. - Poprečni presek kroz list *Ailanthus altissima* iz zagadjene sredine; pp - palisadni parenhim, sp - sundjerasti parenhim, k - kristali, np - netipični palisadni sloj.

Cross section of *Ailanthus altissima* leaf from polluted area: pp - palisade parenchyma, sp - spongy parenchyma, k - crystals, np - untypical palisade layer

## ZAKLJUČCI

*A. altissima* (Mill.) Swingle je izuzetno dobro zastupljena, kompetitivno najjača i adaptivno najprilagodljivija samonikla i alohtona vrsta drveća na različitim ruderalnim staništima uže gradske zone Beograda.

Totalnim prebrojavanjem (cenzusom) populacija vrste *A. altissima* na području uže gradske zone Beograda konstatovano je, u periodu istraživanja, prisustvo ukupno 7.362 jedinke. Najveća gustina populacije zabeležena je u obodnom - obalnom pojasu pored Save i Dunava, dok je najmanja gustina populacije bila duž centralnih ulica i na "Terazijskom grebenu".

Analizom zastupljenosti različitih uzrasnih klasa (prema prečniku stabla), utvrđena je najveća brojnost klijanaca, juvenila i izbojaka oko adultnih stabala (klasa I), kao i vegetativnih adulta (klasa II). Velika zastupljenost mladih uzrasnih klasa ukazuje na ekspanzivnost odnosno progresivnost populacije kiselog drveta na istraživanom području Beograda. Istovremeno, brojnost adultnih, reproduktivno sposobnih jedinki (klasa III), kao i starijih reproduktivnih i senilnih adulta (klasa IV) je velika u odnosu na mlađe uzrasne klase.

Analiza zastupljenosti uzrasnih klasa (prema visini jedinke) ukazuje na relativno veliku brojnost visokog drveća (klasa III). Ove individue produkuju veliki broj semena iz kojih se razvijaju jedinke koje pripadaju klasi izbojaka (klasa I), čiji je broj najveći, tako da su ova dva populaciona parametra u potpunoj korelaciji. Neočekivano veliki pad brojnosti mladog drveća (klasa II) u odnosu na izbojke objašnjava se izuzetnom osetljivošću mladih biljaka na dejstvo mraza. Dugi period niskih temperatura i mraza svake zime uslovljava veliki mortalitet ove uzrasne kategorije, tako da samo oni izbojci, koji prežive, ulaze u sastav klase mladog drveća. Ovakav odnos između adultnog dela populacije s jedne strane, i klijanaca, juvenila i vegetativnih adulta s druge strane, ukazuje na pogodnost ekoloških uslova urbanih biotopa za razvoj i izuzetnu ekspanzivnost vrste *A. altissima* na području Beograda.

Najveći primerak vrste *A. altissima* registrovan je na Kalemegdanu (kod Zoološkog vrta), sa prečnikom stabla od 123 cm i visinom od 13 m. Osim toga, na raznim lokalitetima istraživanog područja Beograda, izmereno je još desetak stabala čiji prsni prečnici premašuju 70 cm, a visina dostiže 10 m.

Za razliku od drugih vrsta drveća prisutnih u drvoredima i na ruderalnim staništima Beograda, kod kojih su patološke promene na listovima usled velike koncentracije aeropolutanata uočljive već na prvi pogled, kiselu drvo (*A. altissima*) uspeva na istim staništima bez ikakvih, makroskopski i mikroskopski, vidljivih oštećenja na listovima.

U listovima kiselog drveta koje se razvija u uslovima zagadjene sredine konstatovana je već početkom sezone relativno velika količina ukupnog hlorofila ( $a+b$ ), koja premašuje sadržaj hlorofila u listovima jedinke koja se razvija u nezagadjenoj sredini. Tokom sezone, u listovima ovih biljaka, količina ukupnog hlorofila se neprestano povećava i najveću vrednost postiže u avgustu. Istovremeno, u listovima iz nezagadjene sredine, sadržaj hlorofila tokom sezone konstantno opada, sa minimumom u julu mesecu i blagim povećanjem u vlažnijem jesenjem periodu.

Morfo-anatomska analiza lista kiselog drveta iz nezagadjene sredine ukazuje na njegovu helio-mezokseromorfnu gradju. Odredjene strukturne promene u uslovima zagadjene sredine predstavljaju povećanu kseromorfizaciju koja odražava prilagođavanje na stresne uslove urbanih staništa. Promene u anatomskoj gradji listova vrste *A. altissima* iz zagadjene sredine ogledaju se u redukciji veličine ćelija palisadnog tkiva lica lista i diferencijaciji poslednjeg sloja ćelija mezofila, koji naleže na epidermis naličja lista, oblikom i položajem u netipičan palisadni parenhim, u povećanju količine kristala i idioblasta, kao i upadljivijem broju hloroplasta u ćelijama mezofila.

Povoljan biološki status, ekspanzivnost i rezistentnost vrste *A. altissima* u zagadjanim uslovima grada mogu da utiču i na opšti stav u ekološkom planiranju vegetacije u urbanim uslovima. Ovo drvo ostvaruje očiglednu prednost u narušenim uslovima sredine i time obezbeđuje opšte ozdravljenje ovakvih prostora, kako u opšte biološkom, tako i u estetskom smislu (naročito odraslo drvo koje cveta i plodonosi).

## LITERATURA

- Chamberlain, C. (1921): Mikrotehnika i botanički praktikum.- Zagreb.
- Eames, A. & MacDaniels, L. (1947): An Introductory to Plant Anatomy. - McGraw-Hill Book Comp., New York.
- Givnish, T. ed. (1986): On the economy of plant form and function. - Cambridge University press, Cambridge.
- Jovanović, B. (1950): Nesamonikla dendroflora Beograda i okoline.- Glas. Šum. Fak. 1: 75-116.
- Jovanović, B. (1971): Dendrologija sa osnovama fitocenologije.- Beograd.
- Jovanović, B. (1985): Dendrologija.- Naučna knjiga, Beograd.
- Kolesnikov, A. I. (1974): Dekorativnaja dendrologija.- Lesnaja promišlenost, Moskva.
- Mačukanović, M. & Dražić, G. & Stevanović, B. (1994): Uticaj aerzagadjenja na ekofiziološke i anatomske karakteristike vrsta *Acer negundo* i *Acer pseudoplatanus*.- Glasn. Inst. za bot. i bot. bašte Univ. u Beogradu 29: 49-62.
- Mačukanović, M. (1995): Ekofiziološke karakteristike divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum* L.) u urbanim uslovima Beograda.- Magistarski rad, Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Mašinški, L.O. (1954): Gorodskoe zelenih nasaždenii.- Moskva - Leningrad
- Matikašvili, I.V. (1970): Sem. *Simarubaceae* Lindl.- Dendroflora Kavkaza. SSSR 5, pp. 32-35.
- Mitrović, M. (1992): Ekofiziološke i morfoanatomske karakteristike nekih vrsta drveća u uslovima grada Beograda.- Magistarski rad, Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Moran, R. (1982): Formulae for determination of chlorophyllous / pigment extracted with DMF (dimetil formamid).- Plant Physiol. 69: 1376-1381.
- Panov, A. (1953): *Ailanthus glandulosa* Desf.- Šumarstvo, 2, Beograd.
- Petrović, D. (1951): Strane vrste drveća (egzoti) u Srbiji, Beograd.
- Prozina (1960): Botaničeskaja mikrotehnika.- Moskva.
- Radulović, S. (1952): Značaj gajenja kiselog drveta kod nas.- Šumarstvo, 4.
- Tucović, A. & Isajev, V. (1995): Dimorfizam i funkcije cvetova i cvasti pajasena.- Glasn. Inst. za bot. i bot. bašte Univ. u Beogradu 29: 157-165.
- Tucović, A. & Isajev, V. & Orlović, S. (1996): *Ailanthus* (*Ailanthus altissima* Swingle) neoteny. - The 10th FESPP Congress. Sept. 9-13. 1996. Firenze, Italy.
- Vukićević, E. (1973): Fam. *Simarubaceae* L.C. Rich. In. Flora SR Srbije 5 (M. Josifović ed.) pp. 61.62.- SANU, Beograd.
- Vukićević, E. (1987): Fam. *Simarubaceae* D.C. Dekorativna dendrologija. pp. 456-457.- Naučna knjiga, Beograd.

## Summary

SLOBODAN JOVANOVIĆ<sup>1</sup>, VESNA FILIPOVIĆ<sup>1</sup>, MARINA MAČUKANOVIĆ<sup>2</sup>,  
GORDANA DRAŽIĆ<sup>3</sup>, BRANKA STEVANOVIĆ<sup>1</sup>

DISTRIBUTION AND ECOLOGY OF THE SPECIES *AILANTHUS ALTISSIMA*  
(MILL.) SWINGLE IN THE TERRITORY OF BELGRADE

Institute of Botany and Botanical Garden "Jevremovac", Faculty of Biology,  
University of Belgrade<sup>1</sup>  
Faculty of Veterinary Medicine, University of Belgrade<sup>2</sup>  
INEP, Zemun<sup>3</sup>

*A. altissima* (Mill.) Swingle is exceptionally widely distributed, most competitive and most adaptive selfgrown, allochthonous species of tree growing in various ruderal habitats of urban areas of Belgrade.

The census of the populations of the species *A. altissima* in the inner-city Belgrade revealed the presence of 7.362 individuals over the survey period. The

greatest population density was recorded at the contours of the town i.e. along the banks of the Danube and Sava. The lowest population density, however, was observed along the central streets and in the so called Terazije Ridge.

The analysis concerned with the presence of different age classes, in terms of the trunk diameter, has shown that seedlings, juveniles and shoots around the adult tree (class I) as well as vegetative adults (class II) are present in the greatest number. The great occurrence of young age classes indicates to the expansiveness i.e. progressiveness of the population of the tree of heaven in the area studied. At the same time, the number of reproductive adults (class III) as well as of senior reproductive and senile adults (class IV) is great in respect to younger age classes.

In regard to age classes, determined according to the height of the individuals, high trees (class III) were relatively the most numerous. These individuals produce a great number of seeds from which the individuals, belonging to the class of shoots (class I), develop. Given that their number is the greatest these two population parameters are fully correlated. Unexpectedly great slump in the number of young trees (class II), in respect to shoots, may be attributed to the exceptional susceptibility of young plants to frost. A long period of low temperatures and frost every winter results in great mortality of this age category. Thus, only those shoots which survive fall into the category of young trees. Such a relationship between adult portion of the population on the one hand, and seedlings, juveniles and vegetative adults on the other hand indicate to favourable ecological conditions of urban habitats for the development and exceptional expansiveness of the species *A. altissima* in the area of Belgrade.

The highest specimen of the species *A. altissima*, being 13 m high and with 123 cm trunk diameter, was recorded in Kalemegdan park (in the vicinity of Zoological Garden). Besides, in various localities of Belgrade, tens of trees were as high as 10 m and their trunk diameter was more than 70 cm.

Unlike the other species of trees, present in treelined paths and in ruderal habitats of Belgrade, in which, due to great concentration of air pollutants, leaf pathological changes are visible at the first glance, the tree of heaven thrives in the same habitats without any, macroscopically or microscopically visible leaf damages.

In the leaves of *A. altissima*, which develops under the conditions of polluted environment, total chlorophyll (Chl a+b) content was relatively great already at the beginning of the vegetative season, and greater than that in the leaves of the individuals growing in unpolluted environment. During the season, in the leaves from polluted areas the total chlorophyll content continuously increases, being the highest in August. At the same time, in the leaves of unpolluted environment, chlorophyll content during the season constantly decreases being at the minimum in July.

Morpho-anatomical analysis of the tree of heaven leaves from the unpolluted environment suggests its helio-mesoxeromorphic structure. Certain structural changes, under the conditions of polluted environment, reflect the increased xeromorphism, including adaptation to stressful conditions of urban habitats. Changes in the leaf anatomical structure of the species *A. altissima* from the polluted environment are reflected in the reduction of the palisade cell size and differentiation of the last mesophyll layer into untypical palisade tissue; in the increase of crystal and idioblast amounts, as well as in the conspicuous number of chloroplasts in mesophyll cells.

Favourable biological status, expansiveness and resistance of the species *A. altissima*, under polluted urban conditions, might also change the attitude of relevant officials in taking the measures concerned with vegetation management under urban conditions. As this tree is obviously the most competitive under disturbed environmental conditions, it may help in providing general recovery of this type of areas, both in biological and in aesthetic respect, given that both flowering and fruitifying tree is extremely decorous.