

PRODUKCIJA BIOMASE KLONOVA BIJELE VRBE U POKUSNOJ KULTURI KRATKIH OPHODNJI DRAVICA

WHITE WILLOW BIOMASS PRODUCTION IN A SHORT
ROTATION CLONAL TEST DRAVICA

Davorin KAJBA, Saša BOGDAN, Ida KATIČIĆ-TRUPČEVIĆ*

SAŽETAK: Test s klonovima bijele vrbe osnovan je na lokalitetu Dravica (Šumarija Darda) prema eksperimentalnom dizajnu potpunog blok sustava sa slučajnim rasporedom u četiri ponavljanja. Klonski test osnovan je u ožujku 1999. godine, sa reznicama u razmaku $1,3 \times 0,8$ m. Cilj je bio utvrditi potencijal produkcije biomase izabranih klonova u kratkim vegetativnim ophodnjama od dvije godine, na staništu nepogodnom za uzgajanje vrijednijih vrsta šumskog drveća. U dobi od 2/5 godina izmjereni su prsní promjeri, utvrđeno je preživljavanje i broj izbojaka po pojedinom korijenu, a kombinacijom tzv. destruktivne i nedestruktivne metode procijenjena je suha biomasa pojedinog dvogodišnjeg izbojka. Producija biomase klonova po hektaru procijenjena je s obzirom na srednju vrijednost suhe drvene biomase izbojaka, preživljavanje, broj biljaka po ha i prosječan broj izbojaka po korijenu.

Prosječno preživljavanje iznosilo je 65,6 %, ali su uočljive značajne razlike između pojedinih klonova. Prosječna produkcija suhe biomase svih istraživanih klonova iznosila je 6,5 tona po hektaru. Najveću produkciju imali su klonovi 'B44', 'V093' i 'V052' (10,2, 9,2 odnosno 9,1 t/ha). Posebno se izdvajaju klonovi 'B44' i 'V093' koji su pokazali specifičnu adaptaciju na ispitivanu stanište i uvjete razvoja, ali uz to imaju i nadprosječne vrijednosti ukupne produkcije biomase, kao i najveću izbojnu snagu. Klonovi 'V052' i 'V160' pokazali su dobru adaptaciju na testirane stanišne uvjete kroz preživljavanje i izbojnu snagu, iako su im vrijednosti mase srednjeg izbojka prosječne.

Ključne riječi: klonovi bijele vrbe, biomasa, kulture kratkih ophodnji

UVOD – Introduction

Povećanje udjela obnovljivih izvora energije u ukupnoj energetskoj bilanci jedan je od strateških ciljeva sve većeg broja zemalja. Hrvatska se potpisivanjem određenih sporazuma (npr. Kyoto protokol) te sukladno zakonodavstvu i priključivanju u EU, obvezala na poduzimanje konkretnih koraka u povećanju korištenja obnovljivih izvora energije sukladno paradigm 'održivog razvoja'. Biomasa je obnovljivi izvor energije s najvećim potencijalom u Hrvatskoj te je 1997.

godine pokrenut nacionalni program BIOEN, u sklopu kojega se promiče uporaba biomase u energetske svrhe (Domac i dr. 1998).

U Europi, pa tako i u Hrvatskoj, prisutni su problemi niske profitabilne poljoprivredne proizvodnje na marginalnim zemljistima. U novije vrijeme tu proizvodnju posebno otežavaju nepovoljne klimatske promjene, onečišćenje tla i voda, nedostatka energije i depopulacije predjela s dominantnom ekstenzivnom poljoprivrednom proizvodnjom. Uslijed rasta potrošnje drveta povećani su pritisci na prirodne šumske ekosustave, što povećava njihovu ugroženost. Osnivanje bioenergetskih plantaža i proizvodnja biomase sukladne

* Doc. dr. sc. Davorin Kajba, mr. sc. Saša Bogdan,
Ida Katičić-Trupčević, dipl. ing.,
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

su sa svjetskim trendovima, a u cilju su boljeg iskorišćenja obnovljivih izvora energije bez stvaranja dodatnih količina CO₂, kojima su opterećena fosilna goriva. Biomasa kao nefosilizirani materijal biljnog porijekla, nastao je fotosintezom uz stvaranje kisika i korišćenje atmosferskog CO₂, što joj daje znatne prednosti u odnosu na druge energente.

Sa stajališta šumarske struke, biomasa koja se može iskoristiti za dobivanje energije drvena je masa dobivena uzgojnim zahvatima kao što su čišćenja i prorede ili kao ostatak od sječe (granjevina, ogrijevno drvo). Prema nekim procjenama (Domaci i dr. 2001) od šumarske je djelatnosti u Hrvatskoj moguće pridobiti oko 2 mil. m³ drvene mase godišnje za energetske potrebe. U navedenu biomasu uključeni su ostaci od sjeća (sitna granjevina), ostaci od prerade drveta, prostorno drvo, otpad i gubici pri sjećama, te biomasa s opožarenih površina i degradiranih šuma.

Biomasa šumskih vrsta drveća može se proizvoditi i intenzivnim uzgajanjem brzorastućih vrsta drveća kao što su vrbe, topole, joha, breza, bagrem i dr. Ovakav način proizvodnje biomase šumskih vrsta poznat je pod nazivima "kulture kratkih ophodnj" ili "intenzivne kulture kratkih ophodnj" (engl. Short Rotation Coppice ili Short Rotation Intensive Culture). Komlenović i dr. (1996a) definiraju termin kao intenzivne nasade brzorastućeg drveća na tlima koja su na-

puštena, na kojima poljoprivredna proizvodnja nije rentabilna ili su nepodesna za uzgoj vrijednijih šumskih vrsta. Takve plantaže brzorastućeg drveća nazivaju se i energetski nasadi ili energetske plantaže. Osnovna funkcija takvog tipa kultura je proizvodnja biomase kao obnovljivog i ekološki prihvatljivog energenta, ali uz to one mogu biti alternativna "poljoprivredna" kultura (na lošijim staništima) i imaju funkciju diversifikacije poljoprivrednog zemljišta, pružaju mogućnost ekološki naprednjeg načina pročišćavanja otpadnih voda i tla (fitoremedijacija), a služe i za vezivanje povećane količine atmosferskog ugljika (sekvestracija ugljika), kako navodi Verwijst (2003).

Do sada je u Hrvatskoj na različitim staništima, uglavnom u nizinskom panonskom području, postavljeno nekoliko pokusnih ploha s brzorastućim šumskim vrstama (Krstinić 1984, Komlenović i Krstinić 1987, Kajba i Krstinić 1998, Kajba i dr. 1998, Kajba 1999a, Kajba 1999b, Bogdan 2002). Klonovi stablastih vrba pokazali su u dosadašnjim istraživanjima najveći potencijal produkcije biomase u kratkim ophodnjama do pet godina (Komlenović i dr. 1996a, Bogdan 2002). Cilj je ovih istraživanja utvrditi potencijal produkcije biomase izabranih klonova u kratkim ophodnjama na staništima nepodesnim za uzgoj vrijednijih vrsta šumskog drveća ili za poljoprivrednu proizvodnju.

MATERIJAL I METODE – Materials and Methods

Test s 14 klonova bijele vrbe (tablica 1, slika 1) osnovan je pikiranjem reznica početkom 1999. godine na lokalitetu Dravica u blizini sela Podravlje (područje

Šumarije Darda). Test je osnovan prema dizajnu potpunog blok sustava sa slučajnim rasporedom u četiri ponavljanja. Svaki klon je zastupljen sa 30 rameta po

Tablica 1. Istraživani klonovi stablastih vrba u testu Dravica (Šumarija Darda)

Table 1 Investigated willow clones

Red. br. No.	Oznaka klena Clone mark	Taksonomski naziv Taxon	Geografsko porijeklo Geographic origin
1	'107/65/1'	<i>Salix alba</i>	Podunavlje
2	'107/65/6'	<i>Salix alba</i>	Podunavlje
3	'107/65/7'	<i>Salix alba</i>	Podunavlje
4	'107/65/9'	<i>Salix alba</i>	Podunavlje
5	'V 158'	<i>Salix alba</i>	Podravina
6	'B 44'	<i>Salix alba</i>	Baranja
7	'B 72'	<i>Salix alba</i>	Baranja
8	'B 84'	<i>Salix alba</i>	Baranja
9	'73/64/8'	<i>Salix alba</i>	Podunavlje
10	'V 093'	(<i>S. alba</i> × <i>S. alba</i> var. <i>vit.</i>) × <i>S. alba</i>	Podravina, Posavina
11	'V 052'	<i>S. alba</i> var. <i>calva</i> × <i>S. alba</i>	Engleska, Posavina
12	'V 0240'	<i>S. alba</i> var. <i>calva</i> × <i>S. alba</i>	Engleska, Posavina
13	'V 161'	<i>Salix alba</i>	Podravina
14	'V 160'	<i>Salix alba</i>	Podravina

ponavljanju u razmaku 1.3×0.8 m (9615 biljaka po hektaru). Početkom 2000. i 2002 godine obavljena su tzv. čepiranja, sječa nadzemnog dijela izbojka. Prilikom druge sječe provedene su prve izmjere prsnih promjera i procjene drvene biomase. Rezultati tih istraživanja prethodno su objavljeni (Bogdan 2002).



Slika 1. Pokusna kultura klonova bijele vrbe u kratkim ophodnjima, Dravica (kod starosti rameta 2/3 godine)

Figure 1 Experimental short rotation white willow clonal test, Dravica (at age of 2/3 yrs)

U dobi rameta od 2/5 godina (studeni 2003. godine) izmjereni su prjni promjeri, utvrđeno je preživljavanje i broj izbojaka po pojedinom korijenu. Zatim su u jednoj repeticiji na visini 10 cm od tla odrezani svi dvogodišnji izbojci (šibe iz panja) te im je izmjerena masa u svježem stanju. Zasebno za svaki pojedini klon, od odreznih su izbojaka slučajnim odabirom prikupljeni uzorci mase 0.5 kg. Uzorci su prosušeni u sušionicima na 105°C do konstantne mase. Iz omjera svježe i prosušene mase uzorka utvrđeni su prosječni udjeli vlage u drvetu svakoga klona, a pomoću kojih je procijenjeno

suha biomasa odrezanih šiba. Nelinearnom regresijskom metodom izjednačeni su prni promjeri i suha biomasa. Pomoću dobivenih regresijskih modela (za svaki klon zasebno) i prethodno izmjerenih prsnih promjera, procijenjena je suha biomasa svake pojedine šibe u pokusu. Producija biomase klonova po hektaru procijenjena je s obzirom na srednju vrijednost suhe biomase izbojaka, preživljavanje, razmake između rama i prosječan broj izbojaka po korijenu.

Statistička obrada podataka

Podaci izmjera obrađeni su deskriptivnom statističkom analizom da bi se utvrdile prosječne, minimalne i maksimalne vrijednosti kao i standardne devijacije. Nelinearnom regresijskom analizom procijenjena je suha biomasa pojedinih izbojaka prema jednadžbi (Telenius i Verwijst 1995):

$$W = a + bD_{1,3}^c; \text{ gdje su:}$$

W – suha biomasa izbojka

$D_{1,3}$ – prni promjer izbojka

a, b, c – parametri procijenjeni na temelju uzorka odrezanih izbojaka u jednoj repeticiji (od 25 do 126 izbojaka po pojedinom klonu).

Analizom varijance testirano je postojanje statistički značajnih razlika između klonova za svojstvo suhe mase izbojaka uz pretpostavku normalne distribucije i slučajnosti ispitivanih efekata varijabilnosti. Analiza varijance provedena je GLM (General Linear Model) procedurom prema jednadžbi:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + R_j + CR_{ij} + \varepsilon_{ijk}; \text{ gdje su:}$$

Y_{ijk} – vrijednost suhe biomase izbojka na k -toj rameti i -toga klona smještenog u j -toj repeticiji ($k = 1, 2, \dots, k$; broj jedinki je varirao obzirom na preživljavanje)

μ – prosječna vrijednost suhe biomase izbojka na pokusnoj plohi

C_i – efekt i -tog klona ($i = 1, 2, \dots, 14$)

R_j – efekt j -te repeticije ($j = 1, 2, 3, 4$)

CR_{ij} – interakcija i -tog klona i j -te repeticije

ε_{ijk} – eksperimentalna pogreška.

Pearson-ovom produkt-moment korelacijskom metodom ispitana je korelacija između izbojne snage tj. broja izbojaka i produkcije suhe mase klonova. Sve statističke analize provedene su pomoću programskog paketa SAS System for Windows ver. 8.2 (SAS Institute Inc. 1989).

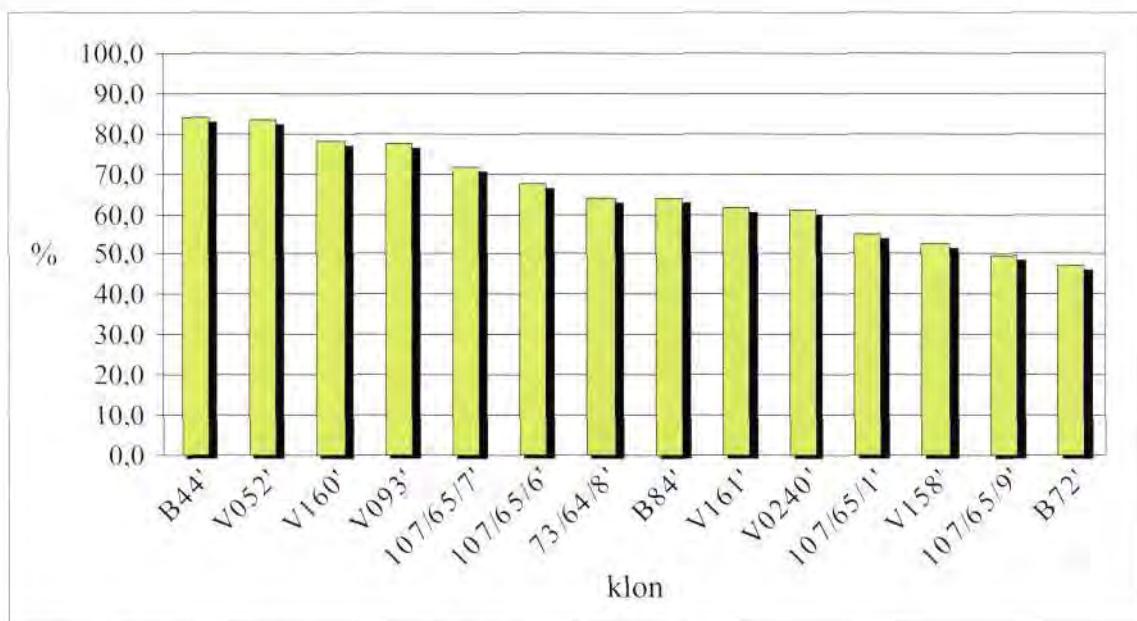
REZULTATI I RASPRAVA – Results and Discussion

Prosječno preživljavanje u testu iznosilo je 65,6 %, ali su vidljive značajne razlike između pojedinih klonova (grafikon 1). Pokusna ploha oštećena je mrazom

koji je pogodio to područje 14. i 15. travnja 2001. godine, a u prvim godinama nakon osnivanja primijećena su oštećivanja korjenskog sustava od strane glodavaca.

U testu nisu provođene nikakve mјere zaštite od korovne vegetacije, pa se navedenim može objasniti relativno nizak postotak preživljavanja. Nakon sječe izbojaka 2002. godine kod nekih je rameta potjerao samo jedan izbojak, ali nije bio rijedak slučaj da je i do deset izbojaka potjeralo iz jednog panja. U prosjeku su ramete imale 2,6 izbojaka po jednom korijenu, ali taj broj varira između pojedinih klonova (tablica 2). Prosječna pro-

dukeija suhe biomase svih istraživanih klonova iznosi la je 6,5 tona po hektaru. Najveću produkciju imali su klonovi 'B44', 'V093' i 'V052' (tablica 3). Vidljivo je značajno povećanje produkcije biomase u suhom stanju svih istraživanih klonova u odnosu na procjenu kod dobi 2/3 godine (Bogdan 2002) koje je tada iznosilo prosječnih 3,87 t/ha (od 2,8 do 6,4 t/ha).



Grafikon 1. Postotak preživljavanja istraživanih klonova vrbe u dobi 2/5 godina

Figure 1 Survival of the investigated willow clones at age 2/5 years

Tablica 2. Broj dvogodišnjih izbojaka (šiba) po pojedinom korijenu

Table 2 Number of sprouts per stump

Klon Clone	Ukupni broj izbojaka No. of sprouts	Najmanji broj izbojaka po korijenu The lowest no. of sprouts per stump	Najveći broj izbojaka po korijenu The highest no. of sprouts per stump	Srednja vrijednost broja izbojaka po korijenu Mean no. of sprouts per stump	Standardna devijacija Standard deviation
'V160'	379	1	9	3.0	1.8
'B44'	375	1	8	2.8	1.7
'V161'	269	1	10	2.8	1.7
'V093'	340	1	9	2.7	1.6
'V158'	197	1	9	2.6	1.7
'V052'	360	1	8	2.6	1.5
'B72'	200	1	7	2.6	1.5
'B84'	253	1	8	2.6	1.6
'V0240'	234	1	7	2.4	1.4
'107657'	245	1	8	2.4	1.5
'107656'	220	1	7	2.3	1.5
'107659'	155	1	8	2.3	1.4
'107651'	180	1	7	2.3	1.3
'73648'	212	1	6	2.2	1.3

Ukupna produkcija suhe biomase po hektaru nije uvijek proporcionalna većem broju izbojaka, što je vid-

ljivo kod klena 'V161' koji ima natprosječan broj izbojaka po pojedinom korijenu, ali mu je procijenjena pro-

dukacija ispodprosječna. Pearson-ovom produkt-moment metodom utvrđena je negativna korelacija između izbojne snage tj. broja izbojaka i produkcije suhe mase klonova, međutim korelacija nije bila statistički

značajna. Na temelju korelacijske analize i subjektivnog dojma, mišljenja smo da uzgojnim zahvatima treba podržavati manji broj šiba po panju (jedna do dvije) u cilju veće produkcije suhe biomase.

Tablica 3. Biomasa u suhom stanju istraživanih klonova vrbe u dobi 2/5 godina
Table 3 Above-ground dry biomass of investigated willow clones at age 2/5 years

Klon <i>Clone</i>	Broj rameta <i>No. of rametes</i>	Prosječna biomasa izbojaka (kg) <i>Mean sprout biomass</i>	Producija suhe biomase (t/ha) <i>Dry biomass production</i>
B44	101	0.45	10.2
V093	93	0.46	9.2
V052	100	0.43	9.1
V160	94	0.34	7.7
73/64/8	77	0.51	7.1
107/65/6	81	0.40	6.1
V0240	73	0.42	6.0
V158	63	0.44	5.9
B84	77	0.36	5.8
V161	74	0.34	5.6
107/65/7	86	0.33	5.4
B72	57	0.45	5.4
107/65/9	60	0.45	5.0
107/65/1	66	0.20	2.4
Prosjek – Mean		0.40	6.5

Analizom varijance utvrđena je statistički značajna varijanca uzrokovana razlikama između klonova u suhoj biomasi izbojaka. Klonovi '73/64/8', 'V093', 'B72' i 'B44' imali su najviše vrijednosti suhe biomase srednjeg izbojka. Slično kao i kod broja izbojaka po pojedinom korijenu (klon 'V161'), na primjeru klonova '73/64/8' i 'B72' vidljivo je da viša vrijednost biomase pojedinih izbojaka ne mora značiti i najviše vrijednosti produkcije klova. Konačna produkcija po hektaru najviše je bila u korelaciji sa preživljavanjem, jer su najbolji "proizvođači" suhe biomase bili upravo oni klonovi koji su pokazali najbolju prilagodenost na testirane uvjete.

Između svih istraživanih, posebno se izdvajaju klonovi 'B44' i 'V093' koji su pokazali najbolju adaptabilnost na ispitivano stanište i uvjete razvoja, ali uz to imaju i nadprosječne vrijednosti suhe mase srednjeg izbojka odnosno ukupne produkcije biomase, kao i izbojne snage. Klonovi 'V052' i 'V160' također pokazu-

ju dobru adaptaciju na testirane uvjete kroz preživljavanje i izbojnu snagu, iako su im vrijednosti biomase srednjeg izbojka prosječne.

Brojni su strani i domaći autori objavili procjene produkcije suhe biomase u kratkim ophodnjama klonova različitih vrsta unutar roda *Salix* (usp. Berguson i Grigal 1988, Dawson 1992, Hasselgren 1996, Morsing 1996, Ridell-Black i dr. 1996, Jossart i dr. 1998, Komlenović i dr. 1996a, Komlenović i dr. 1996b, Kajba i dr. 1998, Nordh 2003). Rezultati tih istraživanja nisu potpuno komparativni, jer su istraživanja provedena na različitim vrstama i u vrlo varijabilnim stanišnim uvjetima, te primjenom različitih uzgojnih i zaštitnih mjera. Međutim radi ilustracije može se izdvojiti da se produkcija suhe biomase kretala između jedne i 17 tona po hektaru godišnje. Prema nekim autorima ekonomski je isplativa kultura koja prosječno producira 10–12 t/ha godišnje (Christersson i dr. 1993).

ZAKLJUČCI – Conclusions

Pokusna kultura kratkih ophodnji klonova vrba osnovana je na nepovoljnem staništu, te nisu poduzimane nikakve mjere prihranjivanja niti zaštite od korovne vegetacije i štetnika, no rezultati su iskazali relativno visoku produkciju biomase. Prosječno preživljavanje iznosilo je 65,6 %, ali su uočljive značajne razlike između pojedinih klonova. Prosječna produkcija suhe biomase svih istraživanih klonova iznosila je 6,5 tona

po hektaru. Najveću produkciju imali su klonovi 'B44', 'V093' i 'V052' (10,2, 9,2 odnosno 9,1 t/ha). Posebno se izdvajaju klonovi 'B44' i 'V093' koji su pokazali specifičnu adaptaciju na ispitivano stanište i uvjete razvoja, ali uz to imaju i nadprosječne vrijednosti ukupne produkcije biomase, kao i najveću izbojnu snagu. Klonovi 'V052' i 'V160' pokazali su dobru adaptaciju na testirane stanišne uvjete kroz preživljavanje i izbojnu snagu, iako su im vrijednosti biomase srednjeg izbojka prosječne.

vanje i izbojnu snagu, iako su im vrijednosti mase srednjeg izbojka prosječne.

U cilju veće produktivnosti klonova trebalo bi nakon prve sječe izbojaka uzgojnim zahvatima reducirati njihov broj na jednu do dvije po korijenu. Istraživanja bi trebalo nastaviti u smjeru identifikacije i selekcije većeg broja klonova sa specifičnom adaptacijom na nepovoljna staništa, a produkcija biomase na marginalnim staništima mogla bi se i znatno povećati primjenom intenzivnijih uzgojnih i zaštitnih mjera.

Zahvala

Istraživanje je provedeno u sklopu istraživačkog zadatka 1.1.23. "Oplemenjivanje mekih listača i proizvodnja biomase u kratkim ophodnjama", financiranog od trgovačkog društva Hrvatske šume d.o.o. Osnivanje i održavanje klonskog testa provedeno je u suradnji sa Šumarijom Darda, na čelu s tadašnjim upraviteljem Dragomirom Pfeiferom, dipl. ing. Ovim putem zahvaljujemo svima koji su omogućili ovo istraživanje.

LITERATURA – References

- Bergeson, W.E. & D.F. Grigal, 1988: Salix clonal screening research on peatlands in Minnesota. IEA Proceedings from Willow Breeding Symposium, Uppsala August 31 – September 1, 1987. Research Notes 41. Str. 1–6.
- Bogdan, S., 2002: Procjena genetskih parametara i produkcije biomase mekih listača u pokusnim kulturama kratkih ophodnji. Magistarski rad. Zagreb. 178 str.
- Christersson, L., L. Sennerby-Forsse & L. Zsuffa, 1993: The role and significance of woody biomass plantations in Swedish agriculture. The Forestry Chronicle 69(6): 687–693.
- Dawson, M., 1992: Some aspects of the development of short-rotation coppice willow for biomass in Northern Ireland. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, 98B, 193–205.
- Domac, J., M. Beronja, N. Dobričević, M. Đikić, D. Grbeša, V. Jelavić, Ž. Juric, T. Krička, S. Matić, M. Oršanić, N. Pavčić, S. Pliestić, D. Salopek, L. Staničić, F. Tomic, Ž. Tomšić, V. Vučić, 1998: Bioen Program korištenja biomase i otpada: Prethodni rezultati i buduće aktivnosti. Energetski institut "Hrvoje Požar". Zagreb. 180 str.
- Domac, J., M. Beronja, S. Fijan, B. Jelavić, V. Jelavić, N. Krajnc, D. Kajba, T. Krička, V. Krstulović, H. Petrić, I. Raguzin, S. Risović, L. Staničić, H. Šunjić, 2001: Bioen Program korištenja energije biomase i otpada. Nove spoznaje i provedba. 144 str.
- Hasselgren, K., 1996: Municipal Wastewater Recycling in Energy Forestry, U: Chartier P., G.L. Ferrero, U.M. Henius, S. Hultberg, J. Sachau & M. Wiinblod (ur.): Biomass for Energy and the Environment. Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference Vol. 1. Elsevier Science Ltd. 90–95.
- Jossart, J-M., X. Dubuisson X & J-F. Ledent, 1998: Short Rotation Coppice Production in Belgium: Productivity Trials. U: Proceedings of the International Conference – 10th European Conference and Technology Exhibition, Biomass for Energy and Industry. Würzburg, 8.–11. June 1998. C.A.R.M.E.N. Germany. 860–862.
- Kajba, D., 1999a: Short Rotation Crops in Croatia. U: Christersson, L. & S. Ledin (ur.) Proceeding of the first meeting of IEA, Bioenergy Task 17. June 4–6 1998. Uppsala. Sweden. SLU. str. 37–40.
- Kajba, D., 1999b: Arborescent Willow Biomass Production in Short Rotations. U: Overend, R.P. & E. Chornet (ur.) Proc. of the fourth Biomass Conference of the Americas. August 29 – September 2. Oakland. California. USA. str. 55–60.
- Kajba, D., A. Krstinić, 1998: Vrste roda *Alnus* L. podesne za proizvodnju biomase.
- Kajba, D., A. Krstinić, N. Komlenović, 1998: Proizvodnja biomase stablastih vrba u kratkim ophodnjama. Šumarski list 3–4: 139–145.
- Komlenović, N., A. Krstinić, 1987: Međupopulacijska i unutarpopulacijska varijabilnost nekih provenijencija crne johe (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) u produkciji biomase i akumulaciji hravniva. Zagreb, Croatia. Šum. list 10–12: 577–587.
- Komlenović, N., A. Krstinić, D. Kajba, 1996a: Mogućnosti proizvodnje biomase stablastih vrba u kratkim ophodnjama u Hrvatskoj. U Mayer, B. (ur.) Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava. Knjiga 1. Hrvatsko šumarsko društvo. Zagreb. Str. 9–23.
- Komlenović, N., A. Krstinić, D. Kajba, 1996b: Selection of Arborescent Willow clones suitable for biomass production in Croatia. Proceedings. Budapest. IPC/FAO Vol. I. Str. 297–308.
- Krstinić, A., 1984: Selekcija klonova vrba stablašica za namjensku proizvodnju drveta. Topola 141/142: 51–55.
- Morsing, M., 1996: Willow dry matter production in Danish short rotation plantations and possible re-

- lation to climate, clone, rotation lenght, stem and stool age. U: Chartier P., G.L. Ferrero, U.M. Henius, S. Hultberg, J. Sachau & M. Wiinblod (ur.): Biomass for Energy and the Environment. Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference Vol. 1. Elsevier Science Ltd. 702–706.
- Nordh, N.-E., 2003: Sustainability of willow SRF during later cutting cycles. U: Nicholas, I. D. (ur.) IEA Bioenergy Task 30 Proceedings of the Conference: The role of short rotation crops in the energy market. December 1–5, 2003. Mount Maunganui, Tauranga, New Zealand. Str. 93–98.
- Riddell-Black, D.M., C. Rowlands & A. Snelson, 1996: Short Rotation Forest Productivity Using Sewage Sludge as a Nutrient Source. U: Chartier P., G.L. Ferrero, U.M. Henius, S. Hultberg, J. Sachau & M. Wiinblod (ur.): Biomass for Energy and the Environment. Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference Vol. 1. Elsevier Science Ltd. 103–108.
- Telenius, B., T. Verwijst, 1995: The influence of allometric variation, vertical biomass distribution and sampling procedure on biomass estimates in commercial short-rotation forests. Biore-source Technology 51: 247–253.
- Verwijst, T., 2003: Short rotation crops in the world. U: Nicholas, I. D. (ur.) IEA Bioenergy Task 30 Proceedings of the Conference: The role of short rotation crops in the energy market. December 1–5, 2003. Mount Maunganui, Tauranga, New Zealand. Str. 1–10.

SUMMARY: A test with 14 white willow clones was conducted on the locality of Dravica (northeastern part of Croatia, near Osijek) following the randomized complete block system design with four replications. Clonal test was established by cuttings in March 1999, with 1.3×0.8 m spacing. The goal was to determine the potential of biomass production of selected clones in short rotations of 2 years, on the site not favorable for growing more valuable species of forest trees. At the age of 2/5 (2 years old shoots and 5 years old stump) diameter at breast height, survival and a number of shoots per stump was measured, and using the combination of the destructive and non-destructive methods, dry biomass of a single two year old shoots was assessed. The production of biomass per hectare was estimated with respect to the clones, mean dry biomass of shoots, survival, spacing, and the average number of shoots per stump.

Average survival rate was 65.6 %, but there were significant differences between clones. The overall mean dry biomass production of all the investigated clones was 6.5 tons per hectare. The greatest production exhibited clones 'B44', 'V093' and 'V052' (10.2, 9.2 and 9.1 t/ha). Clones 'B44' and 'V093' showed specific adaptability to the investigated site and growth conditions through survival, above the average values of the total biomass production, as well as the greatest sprouting ability. Clones 'V052' and 'V160' showed good adaptability to tested site conditions through survival rate and sprouting ability, although their values of the mean dry biomass were average.

For the purpose of greater productivity, after the first rotation, shoots should be reduced to one or two per stump. Research should be continued in the direction of identification and selection of a greater number of clones with specific adaptability to unfavorable sites, and the production of biomass on marginal sites could be significantly increased with the application of more intense growth and protection measures.

Key words: white willow clones, biomass, short rotation crops