

## Productivitatea clonelor de plop hibrid instalate în culturi intensive în nord-estul României

I.C. Dănilă, D. Avăcăriței, A.P. Nuțu, A. Savin, M.I. Duduman, O. Bouriaud, I. Bouriaud

Dănilă I.C., Avăcăriței D., Nuțu A.P., Savin A., Duduman M.I., Bouriaud O., Bouriaud L., 2016. Poplar clones productivity managed for biomass production in North-Eastern Romania. Bucov. For. 16(1): 73-85.

**Abstract.** Poplar (*Populus* spp.) is a fast-growing species in temperate conditions, with potential to substitute fossil fuels by obtaining energy from biomass. The aim of this work was to study the productivity of 6 hybrid poplar clone from a hilly region of NE Romania, after a growing season of 4 and, respectively, 5 years. Rods were used as planting material, planted at a density of 2667 trees per ha, with between-row spacing of 3 m and interior-row distances of 1.25 m. Generally, significant differences appear between clones, for all analysed biometric characteristics ( $p \leq 0.05$ ). Results show that, in the fifth growing season, diameter increases on average with 15.1%, reaching 11.89 cm, height increases in average with 13.9%, reaching 11.89 m, and volume increases with 33.3%, reaching 0.172 m<sup>3</sup>. The total biomass after 4 years vegetation varies from 32.8 t/ha to 39.4 t/ha, and after 5 years from 47.7 t/ha to 60.2 t/ha, having an average increase in the latest growing season of 35% and an average yield of 11.3 t/ha/year. The most productive clones in the given growing conditions and crop characteristics are the clone Pannonia after 4 growing seasons and the clone AF6 after 5 years.  
**Keywords** short rotation forestry, biomass productivity, hybrid poplars, clones, rods.

**Authors.** Iulian-Constantin Dănilă (iuliandanila@usm.ro) - „Ștefan cel Mare” University of Suceava, Faculty of Forestry, Universității Street 13, 720229, Suceava, jud. Suceava, Applied Ecology Laboratory, Forest Biometry Laboratory; Daniel Avăcăriței, - Ștefan cel Mare” University of Suceava, Faculty of Forestry, Universității Street 13, 720229, Suceava, jud. Suceava, Forest Biometry Laboratory; Adina Paraschiva Nuțu, Alexei Savin, Mihai-Leonard Duduman - „Ștefan cel Mare” University of Suceava, Faculty of Forestry, Universității Street 13, 720229, Suceava, jud. Suceava, Applied Ecology Laboratory; Olivier Bouriaud - “Marin Drăcea” National Research-Development Institute, Calea Bucovinei 73 bis, 725100 - Câmpulung Moldovenesc; Laura Bouriaud - - Ștefan cel Mare” University of Suceava, Faculty of Forestry, Universității Street 13, 720229, Suceava, jud. Suceava.

**Manuscript** received June 10, 2016; revised July 03, 2016; accepted July 20, 2016; online first July 31, 2016.

## Introducere

Plopul hibrid (*Populus* spp.) este utilizat intens pentru obținerea de biomasă, datorită modului simplu de regenerare vegetativă, numărului mare de hibrizi disponibili pe piață și a productivității ridicate (Sennerby-Forsse et al. 1992, Verwijst 1996, Dickmann et al. 2008, Isbrands & Richardson 2014). Cele circa 29 de specii din genul *Populus* au permis formarea unui număr mare de hibrizi care sunt cultivați în prezent pe o suprafață de peste 70 de milioane de hectare (Heilman 1999, Liang et al. 2006, Dickmann et al. 2008).

La nivel global este raportată o suprafață de peste 6,7 milioane hectare de culturi forestiere în sistem intensiv de producție (recoltate după un ciclu scurt de producție). Dintre acestea, 56% sunt dedicate producției de lemn, iar 44% sunt utilizate și pentru îmbunătățirea condițiilor de mediu prin instalarea lor pe terenuri marginale sau improprii altor folosințe (FAO 2012, 2014).

În România interesul pentru cultivarea popului în scop energetic nu este nou. Primele discuții și cercetări au analizat posibilitatea cultivării popului în culturi cu cicluri de producție de 30 - 35 ani (Mușat 1983, Fara et al. 2009), în ultimii ani abordându-se cicluri mai scurte de 5 - 10 ani, adaptate la cerințele pieței de biomasă (Stelian 1968, Filat et al. 2010, Bouriaud et al. 2015). Majoritatea cercetărilor efectuate până în prezent s-au desfășurat în special în zona de luncă din sudul țării (Filat și Chira 2004, Șofletea et al. 2016). Există însă un interes crescut de extindere a cultivării în scop energetic al popului în zona colinară, suprafețe importante de plopi hibrizi fiind deja instalate în depresiunea Rădăuții (nord-estul României). Aceste culturi au fost instalate pentru a obține o productivitate de minim 10 t/ha/an biomasă uscată, conform unor estimări făcute la nivel național (Werner et al. 2012), estimări care însă nu sunt susținute de rezultate experimentale locale. În aceste condiții, încă din anul 2009, în apropierea orașului

Rădăuți s-a instalat o cultură experimentală de plopi hibrizi (Dănilă et al. 2015), constituită din șase clone de plop plantate la scheme diferite. Observațiile făcute până în prezent în acest experiment au abordat aspecte legate de dinamica creșterii individuale a diferitelor clone de plop pe parcursul unui ciclu de producție de 5 ani, fără însă a oferi informații legate de productivitatea culturilor de plop la finalul unui ciclu de producție. În acest context, scopul prezentei lucrări este de a analiza productivitatea a șase clone de plop hibrid din experimentul amintit anterior, cu evidențierea diferențelor de productivitate înregistrate după o perioadă de vegetație de 4 ani și, respectiv 5 ani. Obiectivele prezentului studiu sunt: (i) evaluarea productivității după tipul de clonă la nivelul diametrelor, înălțimilor, volumului și a biomasei pe părți componente de arbore, și (ii) evidențierea câștigului de productivitate realizat prin prelungirea vârstei de exploatare de la 4 la 5 ani. Oportunitatea acestui studiu asupra productivității este justificată de cererea mare de informații din partea agenților economici interesați în cultivarea clonelor de plop pentru producția de biomasă și absența unor repere în literatură cu privire la biomasă ce se poate obține din cultivarea în sistem intensiv a popului în zona colinară din România.

## Material și metodă

### Locul cercetărilor

Cercetările s-au desfășurat în perioada 2013-2014 în cadrul blocului C din suprafața experimentală de testare a diferitelor clone de plop instalate de firma FE AGRAR Rădăuți în anul 2009. Acest experiment este situat în Nord - Estul României (Depresiunea Rădăuți), desfășurat pe o suprafață de cca. 3,25 ha (47°50'52,87" N, 25°57'59,09" E) (Dănilă et al. 2015).

Condițiile staționale sunt caracterizate printr-un climat temperat continental (considerat umed și rece), temperatura anuală prezintă

o medie de 7 °C, iar precipitațiile înregistrează cca. 550 - 600 mm/an (Sandu et al. 2008, Tănasă 2011). Solul este de tip Faeoziom cambic, omogen pe toată suprafața experimentului, moderat acid, cu troficitate ridicată (Bouriaud et al. 2013).

## Design experimental

Blocul experimental în care s-au făcut observațiile (blocul C) este parte componentă a unui experiment existent, care urmărește evidențierea celor mai adecvate soluții de instalarea a unor culturi forestiere de plop hibrid cu creșteri rapide în condițiile de vegetație amintite. Experimentul are ca variabile, pe lângă tipul de clonă, tipul de material forestier de regenerare și distanța de plantare dintre indivizi (Coșofreț și Dănilă 2014).

Blocul în studiu a fost instalat cu 6 clone de plop hibrid: "A4A" (*P. x canadensis*), "AF6" (*P. nigra* L. x *P. x generosa* A. Henry), "AF2" (*P. x canadensis* Moench), "Monviso" (*P. x generosa* A. Henry), "Max4" (*P. nigra* x *P. maximowiczii*) și "Pannonia" (*P. x euramericana*). Clonele A4A, Monviso, AF2 și AF6 sunt de origine italiană (Filat et al. 2010, Lazdiņa et al. 2014), clona Max4 este de origine austriacă (Trnka et al. 2008), iar clona Pannonia este înregistrată în lista națională a Ungariei (Rédei et al. 2010). Dintre acestea, clona Pannonia prezintă avantajul de a putea fi multiplicată liber de utilizatori, fiind cea mai răspândită clonă din Europa (Oltean et al. 2010). Ca tip de material forestier de regenerare au fost utilizate sade (cu diametrul de 1,5-3,0 cm și lungimea de 180 cm), obținute din lujeri de doi ani, plantate la o adâncime de cca. 65 cm în sol. A fost adoptată o schemă de plantare de 3,00 x 1,25 m (2667 exemplare per ha) care permite instalarea și întreținerea mecanizată a culturilor (Mușat 1983). Clonele au fost instalate în unități monoclonale de 60 x 9 m (cu 144 exemplare per unitate), cu trei rânduri de exemplare fiecare și delimitate de zone tampon pentru reducerea efectului marginal și a celui de vecinătate. Au fost asigurate cel puțin două repetiții (unități monoclonale) pentru fiecare clonă, prin dispunerea în suprafața experimentală după metoda pătratului

latin (Stoiculescu 1975).

În primele două sezoane de vegetație, au fost efectuate lucrări de îngrijire prin două afânări pe an și erbicidări specifice. În al doilea sezon, au fost administrate nămoluri din bazinele de decantare a apelor pluviale de pe platforma industrială din împrejurimi, însă nu dispunem de informații complete asupra calității și cantității acestora.

## Colectarea datelor

Determinările de biomasă au fost efectuate după o perioadă de 4 ani, respectiv 5 ani de vegetație, în perioada ianuarie-februarie a fiecărui an. Au fost recoltate 160 de exemplare în anul 2013 (cu câte 10 exemplare per unitate monoclonală) și 80 exemplare în anul 2014 (cu câte 5 exemplare per unitate monoclonală), după o schemă sistematică. Cultura se află în primul ciclu de vegetație pentru toate componentele de arbore (R1T1, unde: R1 – primul ciclu de vegetație pentru rădăcină, T1 – primul ciclu de vegetație pentru tulpină), știind că, de regulă, rata de supraviețuire scade odată cu intensificarea numărului de exploatari pe aceleași rădăcini (Nassi o di Nasso et al. 2010). Rata de supraviețuire a fost considerată de 100% pentru toate clonele analizate, în cele două situații. Fiecare exemplar a fost recoltat integral de la nivelul solului, măsurat și cântărit în stare verde pe părți componente de arbore, cu o balanță electronică cu precizia de 0,01 kg. Diametrul a fost măsurat la înălțimea de 1,0 m deasupra solului, cu ajutorul unei rulete dendrometrice (mm), iar înălțimea exemplarelor s-a determinat de la baza acestuia și până la mugurele terminal (m). Nu s-a măsurat diametrul de bază ( $h = 1,3$  m) și nici cel de la baza arborelui ( $h = 0$  m), deoarece pentru aceste înălțimi trunchiul prezintă neregularități de formă induse de înălțimea sabei la instalare în cultură (creșterile din primul an de vegetație), și de lăbărțarea în apropierea cioatei. Volumul trunchiului s-a determinat pe piese de trunchi, după relația (1) (Truax et al. 2014):

$$V_{1,2} = \frac{\pi}{12} (D_1^2 + D_2^2 + D_1 D_2) L \text{ (m}^3\text{)}$$

unde:  $V_{1,2}$  - volumul pieselor de trunchi (pentru care,  $V_1 + V_2 = V_{tot}$ ),  $V_1$  - volumul trunchiului cu lungimea de 2 m de la bază,  $V_2$  - volumul trunchiului de la 2 m de la bază și până la mugurele terminal,  $D_1$  - diametrul primei secțiunii din trunchi,  $D_2$  - diametrul secțiunii finale a trunchiului,  $L$  - lungimea piesei de trunchi.

Biomasa s-a determinat utilizând metoda gravimetrică bazată pe umiditatea relativă a probelor eșantion care s-au recoltat pentru fiecare componentă de arbore (Dănilă 2015). Pentru determinarea umidității trunchiului a fost prelevată o rondă din fus la înălțimea de 2 m, iar pentru umiditatea ramurilor s-a prelevat o ramură medie a coroanei. Vârful trunchiului cu diametrul sub 2 cm a fost inclus în biomasa ramurilor. Probele au fost uscate în etuvă, la temperatura de 104°C, până când diferența dintre două cântăriri succesive a rămas constantă (Orlović et al. 2006). Astfel, umiditatea relativă a rezultat ca diferență dintre cântărirea probelor în stare verde și uscată, și a fost utilizată în formula de determinare a biomasei trunchiului și ramurilor (relației 3) (Felix et al. 2008):

$$Uc = \frac{MV - MU}{MU} \times 100 \text{ (\%)}$$

unde:  $Uc$  - umiditatea specifică pe părți componente,  $MV$  - masa probelor în stare verde,  $MU$  - masa probelor în stare uscată. Această simulare s-a realizat comparativ, în două scenarii:

$$B = \frac{MTVc}{1 + Uc} \text{ (kg)}$$

unde:  $B$  - biomasa părții componente,  $MTVc$  - masa totală în stare verde a componentelor,  $Uc$  - umiditatea specifică a părții componente.

Biomasa individuală s-a raportat la unitatea de suprafață (t/ha) după schema de plantare a blocului experimental (Tripathi et al. 2012).

În prelucrarea datelor, pentru testarea semnificației diferențelor s-a utilizat testul Tukey HSD ( $p \leq 0,05$ ) după cum rezultă din analiza variației (ANOVA). Datele prezintă o distribuție normală, în urma verificării cu testul Shapiro - Wilk (Shapiro și Wilk 1965). Prelucrarea primară a datelor s-a realizat într-un format tabelar (Excel - Microsoft Office 2013), analizate cu ajutorul aplicației XLStat 2014.

## Rezultate

### Variația diametrului pe fus (la înălțimea de 1 m)

Diametrele măsurate după 4 ani de vegetație (2013) diferă semnificativ de cele măsurate după 5 ani de vegetație (2014) ( $p < 0,0001$ ). Media diametrelor crește între cei doi ani de la 10,09 cm la 11,89 cm (cca. 15,1% în ultimul an), indiferent de clona analizată (tabelul 1). La 4 ani de vegetație, clona AF2 ( $11,13 \pm 1,05$  cm) cu cele mai bune rezultate diferă semnificativ de patru dintre clonele analizate, mai puțin de clona Pannonia ( $p = 0,1749$ ). În schimb, clona Max4 ( $9,06 \pm 1,36$  cm) cu cele mai reduse creșteri, nu diferă semni-

**Tabelul 1** Diametrul la 1 m (media  $\pm$  S.D.) după patru (2013), și respectiv cinci ani (2014)  
*The diameter of 1 m (mean  $\pm$  S.D.) after 4 years (2013) and after 5 years (2014)*

Clona	2013 – (cm)	2014 – (cm)
A4A	10,12 $\pm$ 1,10 <sup>b</sup>	11,74 $\pm$ 1,51 <sup>abc</sup>
AF2	11,13 $\pm$ 1,05 <sup>a</sup>	12,96 $\pm$ 1,41 <sup>a</sup>
AF6	9,62 $\pm$ 0,73 <sup>bc</sup>	12,76 $\pm$ 1,30 <sup>ab</sup>
MAX4	9,06 $\pm$ 1,36 <sup>c</sup>	10,56 $\pm$ 0,66 <sup>c</sup>
Monviso	9,63 $\pm$ 0,85 <sup>bc</sup>	11,45 $\pm$ 1,09 <sup>bc</sup>
Pannonia	10,42 $\pm$ 1,51 <sup>ab</sup>	11,21 $\pm$ 1,71 <sup>bc</sup>
Media	10,09 $\pm$ 1,28	11,89 $\pm$ 1,52
<i>F</i>	13,3714	6,6617
<i>P</i>	< 0,0001	< 0,0001

Notă. *S.D.* - abaterea standard; *a, b, c*: semnificația testului statistic. Valorile însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ (testului Tukey, pentru  $P < 0,05$ ); *F* - mărimea efectului conform distribuției Fischer; *p* - semnificația statistică a rezultatelor.

ficativ de clonele AF6 și Monviso. Clonele A4A, AF6, Monviso și Pannonia prezintă creșteri care nu se diferențiază semnificativ.

Un an mai târziu (în 2014), clona AF2 ( $12,96 \pm 1,41$  cm) nu diferă semnificativ de clonele AF6 și A4A, iar clona Max4 ( $10,56 \pm 0,66$  cm) diferă doar de primele două clone clasate (AF2 și AF6). Clona A4A nu diferă de nici una dintre clone testate în cadrul experimentului și prezintă valori ale diametrului apropiate de media acestora. Clona Max4 prezintă o creștere curentă în ultimul sezon de vegetație ( $1,49$  cm) superioară clonei Pannonia ( $0,79$  cm). Media grupului în ceea ce privește creșterea curentă din ultimul sezon este de  $1,79$  cm.

### Variația înălțimii

Indiferent de clonă, înălțimile după 5 ani de vegetație diferă semnificativ de cele după 4 ani ( $p < 0,0001$ ). Media înălțimilor între cei doi ani crește de la  $10,24$  m (2013) la  $11,86$  m (2014), indiferent de clona analizată (Tabelul 2). La nivel de clonă, diferențe mai mari apar după 4 ani de vegetație, în comparație cu situația de după 5 ani. La 4 ani de vegetație, clona Max4 ( $9,3 \pm 0,82$  m),

cu cele mai mici rezultate, diferă semnificativ de toate clonele analizate. Clona Pannonia prezintă cele mai bune rezultate ( $10,96 \pm 1,30$  m), care diferă semnificativ de toate clonele, mai puțin față de clona A4A ( $p = 0,1089$ ). Clonele A4A, AF2, AF6 și Monviso nu diferă semnificativ. În schimb, după 5 ani, clona Max4 ( $10,78 \pm 0,37$  m) nu diferă semnificativ de clonele AF6 și Monviso. În rest, clonele prezintă înălțimi similare. Cele mai bune rezultate sunt obținute de către clona Pannonia ( $12,62 \pm 2,18$  m). Creșterea curentă în înălțime din ultimul sezon de vegetație este de  $13,9\%$  ( $1,62$  m). Cea mai mare creștere curentă este înregistrată de către clona AF6 ( $1,78$  m), urmată de clona Pannonia ( $1,66$  m), iar cea mai slabă este întâlnită la clona Max4 ( $1,48$  m).

### Volumul trunchiului exemplarelor pe clone

Volumul trunchiului la vârsta de 4 ani de vegetație diferă semnificativ de cel cumulat la 5 ani ( $p < 0,0001$ ). Valorile medii ale acestuia cresc de la  $0,036$  m<sup>3</sup> (în 2013) la  $0,054$  m<sup>3</sup> (în 2014), indiferent de clona analizată. După 4 ani de vegetație, variația semnificației diferențelor dintre clone este mai mare în comparație cu situația de după 5 ani.

**Tabelul 2** Înălțimea totală (media  $\pm$  S.D.) după patru (2013), și respectiv cinci ani (2014).  
*The overall height (mean  $\pm$  S.D.) after 4 years (2013) and after 5 years (2014).*

Clona	2013 – (m)	2014 – (m)
A4A	$10,38 \pm 0,83$ <sup>ab</sup>	$12,02 \pm 0,94$ <sup>a</sup>
AF2	$10,35 \pm 0,38$ <sup>b</sup>	$11,95 \pm 0,47$ <sup>a</sup>
AF6	$10,09 \pm 0,66$ <sup>b</sup>	$11,87 \pm 0,24$ <sup>ab</sup>
MAX4	$9,3 \pm 0,82$ <sup>c</sup>	$10,78 \pm 0,37$ <sup>b</sup>
Monviso	$10,26 \pm 0,36$ <sup>b</sup>	$11,82 \pm 0,64$ <sup>ab</sup>
Pannonia	$10,96 \pm 1,30$ <sup>a</sup>	$12,62 \pm 2,18$ <sup>a</sup>
Total	$10,24 \pm 0,82$	$11,86 \pm 1,02$
F	11,7573	4,1172
p	< 0,0001	0,0024

\* Notă. S.D. – abaterea standard; a, b, c: semnificația testului statistic. Valorile însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ (testului Tukey, pentru  $P < 0,05$ ); F - mărimea efectului conform distribuției Fischer; p – semnificația statistică a rezultatelor.

**Tabelul 3** Volumul trunchiului (media  $\pm$  s.d.) după patru (2013), respectiv cinci ani (2014).  
*The trunk volume (mean  $\pm$  S.D.) after 4 years (2013) and after 5 years (2014).*

Clona	2013 – (m <sup>3</sup> )	2014 – (m <sup>3</sup> )
A4A	$0,037 \pm 0,01$ <sup>ab</sup>	$0,053 \pm 0,016$ <sup>ab</sup>
AF2	$0,043 \pm 0,008$ <sup>a</sup>	$0,061 \pm 0,013$ <sup>a</sup>
AF6	$0,032 \pm 0,005$ <sup>bc</sup>	$0,06 \pm 0,011$ <sup>a</sup>
MAX4	$0,028 \pm 0,007$ <sup>c</sup>	$0,038 \pm 0,005$ <sup>b</sup>
Monviso	$0,033 \pm 0,006$ <sup>bc</sup>	$0,051 \pm 0,012$ <sup>ab</sup>
Pannonia	$0,039 \pm 0,015$ <sup>ab</sup>	$0,053 \pm 0,023$ <sup>ab</sup>
Total	$0,036 \pm 0,01$	$0,054 \pm 0,015$
F	11,2201	4,1593
P	< 0,0001	0,0022

\* Notă. S.D. – abaterea standard; a, b, c: semnificația testului statistic. Valorile însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ (testului Tukey, pentru  $P < 0,05$ ); F - mărimea efectului conform distribuției Fischer; p – semnificația statistică a rezultatelor.

Clona Max4, cu volumul individual cel mai redus ( $0,028 \pm 0,007 \text{ m}^3$ ), diferă semnificativ de clonele AF2, A4A și Pannonia și nu diferă de clonele AF6 și Monviso. Clona AF2, cu cele mai bune rezultate ( $0,043 \pm 0,008 \text{ m}^3$ ), nu diferă de clonele Pannonia și A4A. Restul clonelor analizate (A4A, AF6, Monviso și Pannonia), prezintă volume care nu diferă semnificativ. În schimb, după 5 ani de vegetație, clona Max4, cu cele mici rezultate ( $0,038 \pm 0,005 \text{ m}^3$ ), diferă semnificativ doar de clonele AF2 și AF6.

Cele mai bune rezultate sunt obținute de către clona AF2 ( $0,061 \pm 0,013 \text{ m}^3$ ), care nu diferă semnificativ de clonele AF6, Pannonia, A4A și Monviso. Potrivit creșterilor curente din ultimul sezon de vegetație (33,3%), cele mai bune acumulări în volum sunt înregistrate de către clona AF6 ( $0,029 \text{ m}^3$ ), urmată de către clona AF2 și Monviso ( $0,019 \text{ m}^3$ ), iar cele mai slabe creșteri sunt înregistrate la clona Max4 ( $0,011 \text{ m}^3$ ). Media grupului în ultimul sezon de vegetație este de  $0,018 \text{ m}^3$ .

### Producția de biomasă pe clone

Biomasa individuală (kg) și cea raportată la unitatea de suprafață (t/ha) acumulată la vârsta de 4 ani a culturii diferă semnificativ de cea acumulată un an mai târziu, indiferent de partea anatomică a arborelui studiată (pentru biomasa totală, trunchi și ramuri) ( $p < 0,0001$ ). Pentru biomasa individuală, valorile medii cresc între cele două perioadă (2013 - 2014) de la 13,72 kg la 21,11 kg pentru biomasa totală, de la 10,95 kg la 17,32 kg pentru biomasa trunchiului și de la 2,76 kg la 3,79 kg pentru biomasa ramurilor (Tabelul 4). Raportând aceste valori la unitatea de suprafață, se înregistrează o creștere de 19,72 t/ha pentru biomasa totală, de 16,99 t/ha pentru biomasa trunchiului și de 2,73 t/ha pentru biomasa ramurilor (Tabelul 5). În general, se observă o scădere a biomasei ramurilor din biomasa totală de la 20,1% la 17,9%, concomitent cu mărirea ciclului de vegetație de la 4 la 5 ani.

La sfârșitul a 4, respectiv a 5 ani de vegetație

(la nivel individual și în suprafață), se observă că nu apar diferențe între clonele analizate în ceea ce privește biomasa totală acumulată. Diferențe între clone apar pentru biomasa trunchiului și pentru cea a ramurilor. Încât, după 4 ani, la nivelul trunchiului, clona Max4, cu cele mai reduse acumulări ( $8,91 \pm 2,82 \text{ kg}$  sau  $23,77 \pm 7,52 \text{ t/ha}$ ), diferă semnificativ de clonele Pannonia, AF2 și A4A, și nu diferă semnificativ de clonele AF6 și Monviso. Cele mai importante acumulări la nivelul trunchiului pentru acest ciclu sunt înregistrate de clona Pannonia ( $11,79 \pm 3,71 \text{ kg}$  sau  $31,44 \pm 9,89 \text{ t/ha}$ ). La nivelul ramurilor, cele mai reduse acumulări sunt înregistrate de către clona AF6 ( $2,24 \pm 0,48 \text{ kg}$  sau  $5,96 \pm 1,28 \text{ t/ha}$ ), aceasta nu diferă semnificativ de clonele A4A, Monviso și Pannonia. Cele mai importante acumulări sunt înregistrate de către clona Max4 ( $3,38 \pm 1,25 \text{ kg}$  sau  $9,02 \pm 3,33 \text{ t/ha}$ ), față de aceasta nu diferă semnificativ clonele AF2 și Pannonia.

După 5 ani de vegetație, semnificația diferențelor dintre clone se modifică față de situația prezentată în anul precedent. La nivelul trunchiului, cele mai reduse acumulări sunt înregistrate tot de către clona Max4 ( $13,38 \pm 1,86 \text{ kg}$  sau  $35,69 \pm 4,97 \text{ t/ha}$ ), clonă care nu diferă de clonele A4A și Monviso. Cele mai mari creșteri sunt înregistrate de clona AF6 ( $18,86 \pm 3,37 \text{ kg}$  sau  $50,29 \pm 9,10 \text{ t/ha}$ ), care diferă semnificativ doar față de clona Max4. Pentru biomasa ramurilor, cele mai reduse acumulări de biomasă sunt înregistrate de către clona Pannonia ( $2,81 \pm 1,15 \text{ kg}$  sau  $7,49 \pm 3,06 \text{ t/ha}$ ), care diferă semnificativ de clona Max4, cu cele mai mari acumulări ( $4,5 \pm 1,04 \text{ kg}$  sau  $12,01 \pm 2,77 \text{ t/ha}$ ). Restul clonelor testate (AF2, Monviso, AF6 și A4A) prezintă creșteri relativ similare.

Referitor la acumulările din ultimul an de vegetație acestea sunt în medie de cca. 35%, unde clona AF6 înregistrează cele mai bune creșteri ( $9,39 \text{ kg/exemplar}$ ), iar cele mai slabe creșteri sunt înregistrate de către clona Max4 ( $5,59 \text{ kg/exemplar}$ ). Media grupului este situată la  $7,39 \text{ kg}$  ( $19,72 \text{ t/ha}$ ).

**Tabelul 4** Biomasa individuală (media  $\pm$  s.d.) după patru (2013), și respectiv cinci ani (2014).  
*The individual biomass (mean  $\pm$  S.D.) after 4 years (2013) and after 5 years (2014).*

Clona	2013 (kg)			2014 (kg)		
	BT	Btr	Br	BT	Btr	Br
A4A	13,94 $\pm$ 4,08 <sup>a</sup>	11,59 $\pm$ 3,43 <sup>a</sup>	2,35 $\pm$ 0,8 <sup>b</sup>	20,09 $\pm$ 6,02 <sup>a</sup>	16,62 $\pm$ 4,48 <sup>ab</sup>	3,47 $\pm$ 1,58 <sup>ab</sup>
AF2	14,57 $\pm$ 3,32 <sup>a</sup>	11,32 $\pm$ 2,39 <sup>a</sup>	3,25 $\pm$ 1,18 <sup>a</sup>	22,05 $\pm$ 3,83 <sup>a</sup>	17,94 $\pm$ 2,56 <sup>a</sup>	4,12 $\pm$ 1,34 <sup>ab</sup>
AF6	13,18 $\pm$ 1,99 <sup>a</sup>	10,95 $\pm$ 1,67 <sup>ab</sup>	2,24 $\pm$ 0,48 <sup>b</sup>	22,57 $\pm$ 4,52 <sup>a</sup>	18,86 $\pm$ 3,37 <sup>a</sup>	3,71 $\pm$ 1,46 <sup>ab</sup>
MAX4	12,3 $\pm$ 3,88 <sup>a</sup>	8,91 $\pm$ 2,82 <sup>a</sup>	3,38 $\pm$ 1,25 <sup>a</sup>	17,88 $\pm$ 2,25 <sup>a</sup>	13,38 $\pm$ 1,86 <sup>b</sup>	4,5 $\pm$ 1,04 <sup>a</sup>
Monviso	13,2 $\pm$ 2,07 <sup>a</sup>	10,87 $\pm$ 1,6 <sup>ab</sup>	2,33 $\pm$ 0,57 <sup>b</sup>	21,66 $\pm$ 4,74 <sup>a</sup>	17,88 $\pm$ 3,87 <sup>ab</sup>	3,78 $\pm$ 1,1 <sup>ab</sup>
Pannonia	14,76 $\pm$ 4,46 <sup>a</sup>	11,79 $\pm$ 3,71 <sup>a</sup>	2,97 $\pm$ 1,11 <sup>ab</sup>	20,89 $\pm$ 8,14 <sup>a</sup>	18,09 $\pm$ 7,12 <sup>a</sup>	2,81 $\pm$ 1,15 <sup>b</sup>
Media	13,72 $\pm$ 3,33	10,95 $\pm$ 2,66	2,76 $\pm$ 1,04	21,11 $\pm$ 5,05	17,32 $\pm$ 4,18	3,79 $\pm$ 1,32
<i>F</i>	2,0336	3,3798	7,8102	1,2750	2,5539	2,2099
<i>p</i>	0,0769	0,0063	< 0,0001	0,2838	0,0346	0,0622

\* Notă. S.D. – abaterea standard; a, b, c: semnificația testului statistic. Valorile însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ (testul Tukey,  $P < 0,05$ ); *F* – mărimea efectului conform distribuției Fischer; *p* – semnificația statistică a rezultatelor; BT – biomasa totală; Btr – biomasa trunchiului; Br – biomasa ramurilor.

**Tabelul 5** Biomasa pe suprafață (media  $\pm$  s.d.) după patru (2013), și respectiv cinci ani (2014).  
*Biomass per hectare (mean  $\pm$  S.D.) after 4 years (2013) and after 5 years (2014).*

Clona	2013 (t ha <sup>-1</sup> )			2014 (t ha <sup>-1</sup> )		
	BT	Btr	Br	BT	Btr	Br
A4A	37,18 $\pm$ 10,87 <sup>a</sup>	30,91 $\pm$ 9,15 <sup>a</sup>	6,27 $\pm$ 2,14 <sup>b</sup>	53,58 $\pm$ 16,07 <sup>a</sup>	44,33 $\pm$ 11,95 <sup>ab</sup>	9,25 $\pm$ 4,22 <sup>ab</sup>
AF2	38,87 $\pm$ 8,86 <sup>a</sup>	30,2 $\pm$ 6,39 <sup>a</sup>	8,67 $\pm$ 3,14 <sup>a</sup>	58,82 $\pm$ 10,2 <sup>a</sup>	47,84 $\pm$ 6,83 <sup>a</sup>	10,98 $\pm$ 3,58 <sup>ab</sup>
AF6	35,16 $\pm$ 5,32 <sup>a</sup>	29,19 $\pm$ 4,45 <sup>ab</sup>	5,96 $\pm$ 1,28 <sup>b</sup>	60,2 $\pm$ 12,06 <sup>a</sup>	50,29 $\pm$ 9,10 <sup>a</sup>	9,9 $\pm$ 3,9 <sup>ab</sup>
MAX4	32,79 $\pm$ 10,36 <sup>a</sup>	23,77 $\pm$ 7,52 <sup>b</sup>	9,02 $\pm$ 3,33 <sup>a</sup>	47,7 $\pm$ 6,01 <sup>a</sup>	35,69 $\pm$ 4,97 <sup>b</sup>	12,01 $\pm$ 2,77 <sup>a</sup>
Monviso	35,2 $\pm$ 5,51 <sup>a</sup>	28,99 $\pm$ 4,26 <sup>ab</sup>	6,21 $\pm$ 1,52 <sup>b</sup>	57,76 $\pm$ 12,64 <sup>a</sup>	47,68 $\pm$ 10,31 <sup>ab</sup>	10,08 $\pm$ 2,93 <sup>ab</sup>
Pannonia	39,37 $\pm$ 11,9 <sup>a</sup>	31,44 $\pm$ 9,89 <sup>a</sup>	7,93 $\pm$ 2,97 <sup>ab</sup>	55,73 $\pm$ 21,71 <sup>a</sup>	48,24 $\pm$ 18,98 <sup>a</sup>	7,49 $\pm$ 3,06 <sup>b</sup>
Media	36,58 $\pm$ 8,88	29,21 $\pm$ 7,09	7,37 $\pm$ 2,77	56,3 $\pm$ 13,48	46,2 $\pm$ 11,15	10,1 $\pm$ 3,53
<i>F</i>	2,0336	3,3798	7,8102	1,2750	2,5539	2,2099
<i>p</i>	0,0769	0,0063	< 0,0001	0,2838	0,0346	0,0622

\* Notă. S.D. – abaterea standard; a, b, c: semnificația testului statistic. Valorile însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ (testul Tukey,  $P < 0,05$ ); *F* – mărimea efectului conform distribuției Fischer; *p* – semnificația statistică a rezultatelor; BT – biomasa totală; Btr – biomasa trunchiului; Br – biomasa ramurilor.

## Discuții

### Diametrul clonelor

Potrivit creșterilor în diametru, pe lângă clona AF2 cu cele mai bune rezultate și clona Max4 cu cele mai slabe rezultate, se evidențiază clona AF6 care reușește să înregistreze cea mai mare creștere curentă în cel de-al cincilea an de vegetație (de cca. 3,14 cm). Media tuturor clonelor este de 1,79 cm. Același aspect este surprins și în dinamica creșterilor radiale pe parcursul a cinci ani de vegetație (Dănilă, et al. 2015). Clonle AF2 și

AF6 sunt prezentate cu creșteri superioare și în condițiile staționale din sudul României, alături de care a fost testată și clona Monviso pe lângă alte varietăți locale (Turcoaia și Sacrau 79) (Fara, et al. 2009, Fara et al. 2010). Față de aceste rezultate, se arată că clonele AF2 și AF6 prezintă creșteri superioare și după doi și trei ani de vegetație în nordul Italiei (Paris et al. 2011, Di Matteo et al. 2012, Paris et al. 2015). Totuși, un alt studiu din centrul Italiei, clasifică clona Monviso după doi ani de vegetație cu creșteri similare clonei AF2, și superioare clonei AF6, pe fondul creșterii densității de plantare (Pannacci et al. 2009). Prin ur-

mare, sugerăm că menținerea clonei Monviso în cultură se justifică doar în condițiile unor densități de plantare mai mari, pentru cicluri foarte scurte de vegetație. Acest aspect este valabil și pentru clona Pannonia, care în studiul nostru prezintă creșteri mai importante față de restul clonelor după 4 ani de vegetație, în comparație cu situația de după 5 ani. Astfel, confirmă rezultatele obținute în Serbia, tot după 5 ani, unde clona Pannonia prezintă creșteri inferioare față de restul clonelor (Orlović et al. 2006). Totuși, pentru o densitate mai mare de plantare, clona Pannonia reușește doar după doi ani de vegetație să se claseze pe prima poziție (Klašnja et al. 2012).

Într-un alt studiu, clona Max4 obține în cel de-al cincilea an o creștere de cca. 24,3% (acesta ajunge la cca. 11,4 cm la baza exemplarelor) pentru o densitate de plantare de cca. 8333 exemplare per ha, în condițiile în care s-au administrat suplimente nutritive (Bungart și Hüttl 2004). În studiul nostru, clona Max4 reușește să obțină o creștere de cca. 14,2% (care ajunge la cca. 10,6 cm, pentru  $h = 1,0$  m). Scăderea diametrului este observată și la 4 ani de vegetație, unde media diametrelor pentru studiul nostru este de 10,1 cm, iar pentru o densitate mai mare de plantare (cca. 6944 exemplare per ha), se obțin pentru diferite clone (de *P. trichocarpa*) o medie de 6,5 cm (în cazul în care s-a analizat diametrul de bază,  $h = 1,3$  m) (Heilman și Stettler 1985). Creșterea densității până la 10000 exemplare per ha pentru aceeași perioadă de vegetație și condiții staționale mai bogate de precipitații (de cca. 1000 mm/an) se obțin diametre mai mici (care variază între 6,4 și 10,2 cm la baza exemplarelor,  $h = 0,05$  m) (Ceulemans et al. 1992). Astfel, dacă se urmărește maximizarea diametrelor în condițiile studiului efectuat se recomandă utilizarea unor densități mai mici de plantare, care să permită dezvoltarea individuală a exemplarelor, și în același timp se recomandă mărirea ciclului de producție cu 1 - 2 ani.

### Înălțimea clonelor

După cele două sezoane de vegetație analizate (după 4 și 5 ani), clona Pannonia înregistrează

cele mai importante înălțimi în acest studiu, confirmând rezultatele unor studii similare din Serbia (Orlović et al. 2006, Klašnja et al. 2012).

Conform rezultatelor obținute în studiul nostru, ultima clasată este clona Max4 care prezintă cele mai reduse creșteri în înălțime după ambele perioade de vegetație. Creșterea curentă între anul 4 și 5 de vegetație este de cca. 14% (ajunge la cca. 10,8 m în cel de-al cincilea an), dar pentru o densitate de plantare mai mare (de 8333 exemplare per ha) într-un studiu efectuat în Germania, obține o creștere de cca. 31% (ajunge la cca. 10,3 m) și se clasează pe ultima poziție (Bungart și Hüttl 2004). Pentru o densitate și mai mare de până la 10000 exemplare per ha, testată într-un experiment din Cehia, reușește să obțină după 6 sezoane de creștere o înălțime mai mare decât restul clonelor testate (ajunge la cca. 11,0 m) (Trnka et al. 2008). Densitatea mare de plantare nu implică neapărat creșteri mai mari în înălțime, astfel încât pentru densitatea utilizată în studiul nostru (2667 exemplare per ha) s-au obținut valori apropiate ale înălțimilor cu cele obținute în studii unde s-au utilizat densități mai ridicate de plantare. Acest lucru este confirmat și după o perioadă de 4 ani de vegetație, unde creșterea media este de 10,2 m în condițiile studiului nostru, iar rezultate similare (de 10,3 m) sunt obținute în Statele Unite, pentru o densitate mai mare de plantare (de 6944 exemplare per ha) (Heilman și Stettler 1985). Tot pentru aceeași perioadă de vegetație, creșterea densității de plantare până la 10000 exemplare per ha, în condiții staționale mai bogate de precipitații (de cca. 1000 mm/an), se obține o medie de cca. 10,1 m (care variază între 8,12 și 13,65 m) (Ceulemans et al. 1992). Prin urmare, clonele testate în nord-estul României prezintă o amplitudine mai restrânsă, între 9,3 și 10,96 m.

În studiul nostru, clonele de origine italiană (A4A, AF2, AF6 și Monviso) înregistrează creșteri similare după 4 și 5 ani de vegetație, dintre acestea se evidențiază clona A4A. Rezultatele clonei Monviso nu reușesc să confirme rezultatele obținute în studiile efectuate în

sudul României, unde aceasta surclasează clonele AF6 și AF2 (Fara et al. 2009, Fara et al. 2010). Testată în țara de origine (Italia), clona AF2 realizează creșteri în înălțime semnificativ mai mari în comparație cu clonele AF6 și Monviso (Di Matteo et al. 2012, Paris, et al. 2015). Dar, atunci când este instalată la o densitate mai mare de plantare (9000-10000 exemplare per ha), clona AF6 reușește să obțină creșteri superioare clonei AF2, după o perioadă de 2 și 3 ani de vegetație (Lazdiņa et al. 2014).

### Volumul trunchiului exemplarelor pe clone

Volumul trunchiului cumulată după 4 și 5 ani de vegetație este influențat semnificativ de tipul de clonă, aspect confirmat și de dinamica anuală a acestora (Dănilă et al. 2015). Clona AF2 obține cele mai bune rezultate după cele două sezoane de vegetație analizate, iar clona Max4 cele mai slabe rezultate. Acumulările în volum din al cincilea an de vegetație prezintă un procent de cca. 33,5% (ajunge la cca. 0,011 m<sup>3</sup>/an), acesta variază de la 47,2% pentru clona AF6 la 26% pentru clona Pannonia. Un procent mai mare este obținut în cel de-al treilea an de vegetație sub un regim controlat de umiditate de până la 80% (pentru clonele R-247 și DN-70). Unde se ajunge la valoarea unitară de cca. 0,059 m<sup>3</sup> (cca. 0,0196 m<sup>3</sup>/an), utilizându-se o densitate de plantare de 10000 exemplare per ha (Guo și Zhang 2010). Tot pentru densitate de 10000 exemplare per ha și pentru aceeași ecuație de estimare a volumului - d<sup>2</sup>h, se obține după 4 ani de vegetație în condiții mai favorabile de precipitații volume care variază între 0,036 m<sup>3</sup> (cca. 0,009 m<sup>3</sup>/an) și 0,152 m<sup>3</sup> (cca. 0,038 m<sup>3</sup>/an) (Ceulemans et al. 1992). În altă ordine de idei, conform studiului nostru s-a obținut după 4 ani de vegetație un volum mediu unitar de 0,107 m<sup>3</sup> (cca. 285,4 m<sup>3</sup>/ha), rezultat superior față de o densitate de plantare mult mai mare practică într-un alt studiu similar (cu cca. 6944 exemplare per ha), unde s-au obținut o medie de doar 0,014 m<sup>3</sup> (cu cca. 95 m<sup>3</sup>/ha) (Heilman și Stettler 1985). Reducere-

rea densității de plantare, influențează puternic și producția la nivel de suprafață. Acest aspect se poate observa că pentru clona Max4, care obține în studiul nostru la sfârșitul celor cinci ani de vegetație un volum unitar de 0,038 m<sup>3</sup> (cca. 63,35 m<sup>3</sup>/ha), comparativ cu un rezultat din Danemarca, pentru aceeași perioadă de timp unde reducerea densității de plantare la cca. 1600 exemplare per ha se obține un volum similar de cca. 0,034 m<sup>3</sup> (cca. 54,4 m<sup>3</sup>/ha) (Nielsen et al. 2014). Reducerea și mai mult a densității de plantare pentru în cazul clonei Pannonia testată în studiul nostru, ce obține la noi un volum unitar de 0,053 m<sup>3</sup> (cca. 88,35 m<sup>3</sup>/ha) după 5 ani de vegetație. Aceeași clonă testă în Serbia, după o perioadă mai lungă de vegetație de 7 ani, obține un volum mediu de cca. 0,35 m<sup>3</sup> (cca. 96 m<sup>3</sup>/ha), pentru o densitate de doar 278 exemplare per ha (Klašnja et al. 2012). Astfel, dacă se dorește maximizarea volumului pe individ se recomandă utilizarea unor densități reduse de plantare (cca. 1500-2500 exemplare per ha), în raport cu o mărimea adecvată a unui ciclu de producție.

### Biomasa clonelor

Producția de biomasă în culturile de plop cu ciclu scurt este direct influențată de un cumul de factori, printre cei mai importanți se numără mărimea densității de plantare (DeBell et al. 1993, Kauter et al. 2003, Liang et al. 2006), mărimea ciclului de producție (Nassi o di Nasso et al. 2010), tipul de clonă și condițiile de stațiune, în special de cantitatea de umiditate (din sol și din precipitații) (Fischer et al. 2010b, Fischer et al. 2010a).

Se consideră că densitatea de plantare utilizată în prezentul experiment (2667 exemplare per ha) este una redusă în comparație cu alte studii de referință (Lazdiņa et al. 2014, Djomo et al. 2015). În acest sens, Djomo et al. (2015) arată că pentru densități mai mari de plantare (de cca. 10400 exemplare per ha), se obține în 5 ani o producție de 73,5 t/ha, cu un randament de cca. 14,7 t/ha/an. Același autor arată că atunci când se mărește și mai mult densi-

tatea de plantare (pentru 14000 exemplare per ha) se obține o producție de biomasă mai mică, de doar 29,8 t/ha (cca. 5,95 t/ha/an). Același aspect nu se înregistrează pentru densități mai mici de plantare într-un studiu din Franța, unde după o perioadă de 7 ani se obține pentru 2000 exemplare per ha o producție de biomasă (de cca. 70 - 94,5 t/ha) cu cca. 10% mai față de o densitate de 3500 exemplare per ha (Bonduelle 1989).

Potrivit studiului nostru, acumulările de biomasă variază după perioada de vegetație, încât s-a obținut după 4 ani o biomasă medie de 36,58 t/ha (cca. 9,2 t/ha/an) și după 5 ani o biomasă medie de 56,3 t/ha (cca. 11,3 t/ha/an). Mărirea ciclului de producție în acest studiu de la 4 la 5 ani de vegetație aduce un aport de biomasă de cca. 35%, indiferent de tipul de clonă. În condiții similare de stațiune, conform unei comunicări făcută de un reprezentat al unei firme cultivatoare de plop hibrid (Anonymos 2016), firma că a recolat în anul 2016, după 5 ani de vegetație o producție medie de cca. 34 t/ha (după primul ciclu de producție, R1T1). Față de această cifră, considerăm că biomasă totală calculată în acest studiu se justifică prin condițiile staționale favorabile, la care se adaugă administrarea de nămoluri din bazine de decantare a apelor pluviale și lucrările de elagaj artificial efectuate până la 3 m pe fusul trunchiului. Pentru maximizarea producției de biomasă la 5 ani potrivit tipului de clonă, se recomandă utilizarea clonelor de proveniență italiană, în special clonele AF2 și AF6.

Pentru densități similare cu studiul nostru, în Italia se consideră ca perioada optimă de exploatare este de 5 ani (Lazdiņa, et al. 2014), iar scăderea ciclului de producție la 3 - 4 ani se recomandă doar pentru densități de plantare mai mari (8000-10000 exemplare per ha) (Kauter et al. 2003, Guo și Zhang 2010).

După 4 ani de vegetație, în condițiile unei densități de plantare de cca. 6944 exemplare per ha, s-a obținut o producție medie de biomasă de 50 t/ha, adică un randament de cca. 12,5 t/ha/an în condiții controlate de umiditate și suplimente nutritive (Heilman și Stettler 1985).

Pentru aceleași caracteristici de cultură cu studiul efectuat de Heilman și Stettler (1985), Djomo et al. (2015) arată că după 4 ani se obține în Belgia în condițiile în care nu s-a irigat și nu s-au administrat fertilizanți o producție de biomasă de 14 t/ha (cca. 3,5 t/ha/an). Dar pentru aceeași perioadă și o densitate mai mare de plantare (19700 exemplare per ha), în Spania se obține o producție de cca. 48 t/ha (cca. 12 t/ha/an), în condiții de irigare și administrare de fertilizanți. Pentru densități similare de plantare (18000 exemplare per ha) și pentru aceeași perioadă de exploatare de 4 ani de vegetație, randamentul poate urca până la 72,2 t/ha (cca. 18,1 t/ha/an) pentru clona NM6 (similară clonei Max4 - *Populus maximowiczii* x *P. nigra*) (Labrecque & Teodorescu 2005).

Potrivit cantităților de precipitații, se observă ca în condiții staționale mai favorabile, de cca. 847 mm/an, în Belgia se obține după 4 ani de vegetație un randament cuprins între 2,2 și 10,4 t/ha/an (cca. 8,8 și 41,6 t/ha) pentru o densitate de 10000 exemplare per ha (Laureysens et al. 2004). Față de acest studiu, pentru condițiile de precipitații mai reduse, de cca. 500 mm/an, pentru aceeași densitate de plantare, Bungart și Hüttel (2004) obțin după 8 ani de vegetație, un randament cuprins între 3,0-6,1 t/ha/an (24-49 t/ha). Mărirea ciclului de producție în condiții mai reduse de precipitații nu redă neapărat o producție superioară de biomasă. Așadar, în comparație cu cele două studii pentru aceeași densitate, se dovedește că irigarea culturilor în perioada aridă a anului este necesară (în condițiile în care se înregistrează anual o cantitate de precipitații de 644 mm), ajută la obținerea unor randamente mai mari de biomasă, cuprinse între 3,2 și 25 t/ha/an (cca. 9,6-75 t/ha) într-o perioadă mai scurtă de timp, de doar 3 ani de vegetație (Guo și Zhang 2010).

Față de rezultatele obținute de Guo și Zhang (2010), reducerea ciclului de exploatare de la 3 la 2 ani, și respectiv din an în an, nu favorizează obținerea unor randamente mai mari de biomasă pentru aceeași densitate de plantare (10000 exemplare per ha), chiar dacă se administrează

fertilizanți în sol și precipitațiile prezintă o medie anuală de 750 mm (Nassi o di Nasso et al. 2010). În aceste condiții, ciclul de producție de 3 ani se justifică a fi optim, iar pentru acesta nu se recomandă utilizarea unei densități mai reduse de plantare. Încât, pentru o densitate de plantare 5000 exemplare per ha se obține un randament mai redus de biomasă (de cca. 11,7 t/ha/an) (Morhart et al. 2013). Într-o altă ordine de idei, într-un studiu elaborat în Cehia, mărirea ciclului de producție la 6 ani de vegetație, nu favorizează obținerea unor randamente superioare pentru aceeași densitate de plantare (10000 exemplare per ha). În aceste condiții se obțin randamente tot mai mici de biomasă, care variază de la 2,6 la 13,9 t/ha/an, iar clona Max 4 prezintă creșterile cele mai importante (Trnka et al. 2008). Încât, pentru densități mari de plantare, se recomandă o exploatare după perioade scurte pentru obținerea unor randamente superioare. Aspect care demonstrează într-o altă situație, în care clona Max4, care este cea mai slab productivă de la noi, obține în studiul nostru o producție de 32,8 t/ha după 4 ani și 47,7 t/ha după 5 ani. Această productivitate nu este confirmată în studii unde s-au utilizat densități mai mari de plantare (8333 exemplare per ha), unde după 8 ani de vegetație se obține o producție de cca. 24 t/ha (respectiv 13 t/ha după 4 ani și 18 t/ha după 5 ani). În studiul respectiv, clona Max4 obține cele mai slabe rezultate față de restul clonelor ce s-au testat (Bungart & Hüttl 2004).

Referitor la eșalonarea biomasei pe părți componente de arbore, în studiul nostru se observă că proporția biomasei ramurilor din biomasă totală scade odată cu creșterea ciclului de producție de la 4 la 5 ani de vegetație (de la 20,2% la 17,9%). Un procent mai mare este înregistrat pentru o perioadă de 3 ani de vegetație la cca. 23% (Morhart et al. 2013, Lazdiņa et al. 2014), dar procente similare sunt înregistrate și pentru culturi cu vârste mai mari, pentru densități diferite de plantare (Liang et al. 2006). Dacă se dorește obținerea unor cantități de biomasă mai mari din trunchi, se recomandă ca utilizarea unui ciclu de producție mai mare, în raport cu efectuarea lucrărilor de elagaj artificial în primii ani de vegetație.

## Concluzii

În condițiile unor terenuri cu productivitate medie spre slabă, cultura plopului poate aduce investitorului după primul ciclu de producție o biomasă medie nediferențiată pe părți componente de 35-40 t/ha în 4 ani și de 55-60 t/ha după 5 ani de vegetație, pentru o densitate de plantare de 2667 exemplare per ha.

Ultimul sezon de vegetație aduce un plus de biomasă totală de 35%, obținându-se un randament după 5 ani de vegetație de cca. 11-12 t/ha/an.

Biomasa ramurilor prezintă un procent aproximativ de 18 - 20% din biomasă totală, indiferent de anul de vegetație în care se recoltează.

Clonele testate produc o biomasă care la nivel total nu diferă semnificativ, dar se remarcă superioritatea clonelor AF6 și AF2 după 5 ani de vegetație și cea a clonei Pannonia după 4 ani.

Față de studiile prezentate în literatura străină, rezultatele noastre sugerează următoarele recomandări: (i) dacă se dorește obținerea unor diametre mari se recomandă evitarea densităților mari de plantare și utilizarea unor cicluri de producție mai mari (5-7 ani); (ii) dacă se dorește maximizarea înălțimilor, se recomandă mărirea ciclului de producție, în aceste condiții mărirea densității de plantare nu favorizează obținerea unor înălțimi mai mari pentru aceeași perioadă de vegetație; (iii) reducerea densității de plantare influențează negativ mărirea volumului la nivel de suprafață, rezultate favorabile se obțin doar la nivel individual; (iv) pentru densitățile mari de plantare se recomandă utilizarea unor cicluri de producție scurte, reducerea densității impune creșterea ciclului de producție.

## Mulțumiri

Cercetările au fost efectuate în cadrul Proiectului PN II STRoMA (Sustenabilitatea culturilor cu specii forestiere cu ciclu scurt de producție pe terenuri din afara fondului forestier). Proiect PNII-PTPCCA-2011-3.2-1574, contract nr. 119/2012, autoritatea contractantă:

Unitatea Executivă pentru Finanțare a Învățământului Superior, a Cercetării, Dezvoltării și Inovării (UEFISCDI).

## Bibliografie

- Bonduelle P. 1989. Taillis à courtes rotations de peuplier (TCR): Premiers résultats de développement en France. Biomass for Energy and Industry, Fifth EC Conference, Lisbon, Portugal, pp. 1356-1361.
- Bouriaud L., Duduman M.-L., Dănilă I. C., Olenici N., Biriș I. A., Ciomei I., Barnoiea I., Măciucă A., Savin A., Grosu L., Mutu M. 2015. How to evaluate the sustainability of short-term cultures for biomass production? An application from NE Romania. *Agriculture and Forestry* 61(4): 7-22. DOI: 10.17707/agricultforest.61.4.01.
- Bouriaud L., Duduman M.-L., Olenici N., Avăcăriței D., Bouriaud O., Roibu C., Savin A., Biriș I. A., Chira D., Măciucă A., Tomescu C., Dănilă G. 2013. Raport științific și tehnic - Proiect STROMA. Faza II: 24 p. Web: [http://www.silvic.usv.ro/stroma/stroma\\_results\\_2013.pdf](http://www.silvic.usv.ro/stroma/stroma_results_2013.pdf). Accesat la 14.05.2016.
- Bungart R., Hüttl R. F. 2004. Growth dynamics and biomass accumulation of 8-year-old hybrid poplar clones in a short-rotation plantation on a clayey-sandy mining substrate with respect to plant nutrition and water budget. *European Journal of Forest Research* 123(2): 105-115. DOI: 10.1007/s10342-004-0024-8.
- Ceulemans R., Scarascia-Mugnozza G., Wiard B., Braatne J., Hinckley T., Stettler R., Isebrands J., Heilman P. 1992. Production physiology and morphology of *Populus* species and their hybrids grown under short rotation. I. Clonal comparisons of 4-year growth and phenology. *Canadian journal of forest research* 22(12): 1937-1948. DOI: 10.1139/x92-253
- Coșofreț C., Dănilă I. 2014. Sustenabilitatea culturilor cu specii forestiere cu ciclul scurt de producție pe terenuri din afara fondului forestier: proiectul STROMA. *Bucovina Forestieră* 14(2): 252-254.
- Dănilă I. C., Avăcăriței D., Alexei S., Roibu C., Bouriaud O., Duduman M. L., Bouriaud L. 2015. Dinamica și caracteristicile creșterii a șase clone de plop hibrid pe parcursul unui ciclu de producție într-o plantație comparativă din Depresiunea Rădăuți. *Bucovina Forestieră* 15(1): 1-12.
- Dănilă I. C. 2015. Cercetări biometrice privind productivitatea clonelor de plop hibrid în cultură cu ciclul scurt de producție din Nord-Estul României. Universitatea "Ștefan cel Mare" Suceava, România. Teză de doctorat, 120 p.
- DeBell D. S., Clendenen G. W., Zasadat J. C. 1993. Growing *Populus* biomass: Comparison of woodgrass versus wider-spaced short-rotation systems. *Biomass and Bioenergy* 4(5): 305-313. DOI: 10.1016/0961-9534(93)90046-7
- Di Matteo, G., Sperandio, G., Verani, S., 2012. Field performance of poplar for bioenergy in southern Europe after two coppicing rotations: effects of clone and planting density. *iForest-Biogeosciences and Forestry* 5(5): 224.

DOI: 10.3832/ifer0628-005

- Djomo, S.N., Ac A., Zenone, T., De Groote, T., Bergante, S., Facciotto, G., Sixto, H., Ciria, P.C., Weger J., Ceulemans R., 2015. Energy performances of intensive and extensive short rotation cropping systems for woody biomass production in the EU. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 4: 845-854. DOI: 10.1016/j.rser.2014.08.058
- FAO, 2012. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). International Poplar Commission (IPC). 24 th Session, Dehradun, India, 81 p.
- Fara, L., Filat, M., Chira, D., Fara, S., Nutescu, C., 2009. Preliminary research on short cycle poplar clones for bioenergy production. In: Proceedings of the International Conference RIO, pp. 127-132.
- Fara, L., Cincu, C., Hubca, G., Filat, M., Chira, D., Nutescu, C., Fara, S., Zaharia, C., Diaconu, A., Comaneci, D., 2010. Cultivation and utilization of specific wood biomass for synthesis of cellulose based bioethanol. Cultivarea și utilizarea de biomasă pentru sinteza biotanolului. XVIIth Canadian Society for Bioengineering (CSBE/SCGAB) Québec, Canada, 8 p.
- Felix, E., Tilley, D.R., Felton, G., Flaminio, E., 2008. Biomass production of hybrid poplar (*Populus* sp.) grown on deep-trenched municipal biosolids. *Ecological Engineering* 33(1): 8-14.
- Filat, M., Chira, D., 2004. Cercetări pentru introducerea în cultură de specii/clonă de plop și salcie cu potențial silvoprodusiv superior și rezistență sporită la adversități. Research for introducing clones of poplar and willow that have higher productive potential and higher diseases resistance. *Analele ICAS* 47: 83-99.
- Filat, M., Chira, D., Nică, M.S., Dogaru, M., 2010. First year development of poplar clones in biomass short rotation coppiced experimental cultures. *Annals of Forest Research* 53(2): 151-160.
- Fischer, M., Trnka, M., Kučera, J., Žalud, Z., 2010a. Water consumption and biomass yields relation in short rotation poplar coppice. *MendelNet*. 10 p.
- Fischer, M., Trnka, M., Kučera, J., Fajman, M., Žalud, Z., 2010b. Biomass productivity and water use relation in short rotation poplar coppice (*Populus nigra* x *P. maximowiczii*) in the conditions of Czech Moravian Highlands. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* 59(19): 141-152.
- Guo, X.-y., Zhang, X.-s., 2010. Performance of 14 hybrid poplar clones grown in Beijing, China. *Biomass and Bioenergy* 34(6): 906-911. DOI: 10.1016/j.biombioe.2010.01.036
- Heilman, P.E., 1999. Planted forests: poplars. *New Forests* 17(1-3): 89-93. DOI: 10.1023/A:1006515204167
- Heilman, P.E., Stettler, R., 1985. Genetic variation and productivity of *Populus trichocarpa* and its hybrids. II. Biomass production in a 4-year plantation. *Canadian Journal of Forest Research* 15(2): 384-388. DOI: 10.1139/x85-061
- Isebrands, J. G., Richardson, J., 2014. Poplars and willows: trees for society and the environment. Rome, Italy, CABI. 699 p. DOI: 10.1079/9781780641089.0000
- Kauter, D., Lewandowski, I., Claupein, W., 2003. Quantity and quality of harvestable biomass from *Populus* short rotation coppice for solid fuel use—a review of the physiological basis and management influences.

- Biomass and Bioenergy 24(6): 411-427. DOI: 10.1016/S0961-9534(02)00177-0
- Klašnja, B., Orlović, S., Galić, Z., 2012. Energy potential of poplar plantations in two spacings and two rotations. Šumarski list 136(3-4): 161-167.
- Labrecque, M., Teodorescu, T.I., 2005. Field performance and biomass production of 12 willow and poplar clones in short-rotation coppice in southern Quebec (Canada). Biomass and Bioenergy 29(1): 1-9. DOI: 10.1016/j.biombioe.2004.12.004
- Laureysens, I., Bogaert, J., Blust, R., Ceulemans, R., 2004. Biomass production of 17 poplar clones in a short-rotation coppice culture on a waste disposal site and its relation to soil characteristics. Forest Ecology and Management 187(2): 295-309. DOI: 10.1016/j.foreco.2003.07.005
- Lazdiņa, D., Bārdulis, A., Bārdule, A., Lazdiņš, A., Zeps, M., Jansons, Ā., 2014. The first three-year development of ALASIA poplar clones AF2, AF6, AF7, AF8 in biomass short rotation coppice experimental cultures in Latvia. Agronomy Research 12(2): 543-552.
- Liang, W.-J., Hu, H.-Q., Liu, F.-J., Zhang, D.-M., 2006. Research advance of biomass and carbon storage of poplar in China. Journal of Forestry Research 17(1): 75-79. DOI: 10.1007/s11676-006-0018-0
- Morhart, C., Sheppard, J., Spiecker, H., 2013. Above ground leafless woody biomass and nutrient content within different compartments of a *P. maximowiczii* × *P. trichocarpa* poplar clone. Forests 4(2): 471-487. DOI: 10.3390/f4020471
- Muşat, I., 1983. Tehnologii de instalare, întreținere, conducere și recoltare mecanizată a culturilor de plop și salcie selecționată de mare valoare energetică și industrială (Installation, maintaining, leading and mechanized harvesting technologies of the poplar and willows cultures, selected for height energetically and industrial value). Technical report ICAS Tulcea, 43 p.
- Nassi o di Nasso, N., Guidi, W., Ragolini, G., Tozzini, C., Bonari, E., 2010. Biomass production and energy balance of a 12 year old short rotation coppice poplar stand under different cutting cycles. GCB Bioenergy 2(2): 89-97.
- Nielsen U. B., Madsen P., Hansen J. K., Nord-Larsen T., Nielsen A. T., 2014. Production potential of 36 poplar clones grown at medium length rotation in Denmark. Biomass and Bioenergy 64(0): 99-109. DOI: 10.1016/j.biombioe.2014.03.030
- Oltean, L., Hansmann, C., Nemeth, R., Teisinger, A., 2010. Wood surface discolouration of three Hungarian hardwood species due to simulated indoor sunlight exposure. Wood Research 55(1): 49-58.
- Orlović, S., Pilipović, A., Galić, Z., Ivanišević, P., Radosavljević, N., 2006. Results of poplar clone testing in field experiments. Genetika 38(3): 259-266. DOI: 10.2298/GENSR0603259O
- Pannacci, E., Bartolini, S., Covarelli, G., 2009. Evaluation of four poplar clones in a short rotation forestry in central Italy. Italian Journal of Agronomy 4(4): 191-198. DOI: 10.4081/ija.2009.4.191
- Paris, P., Mareschi, L., Sabatti, M., Tosi, L., Scarascia-Mugnozza, G., 2015. Nitrogen removal and its determinants in hybrid Populus clones for bioenergy plantations after two biennial rotations in two temperate sites in northern Italy. iForest-Biogeosciences and Forestry 8(5): 668 - 876.
- Paris, P., Mareschi, L., Sabatti, M., Pisanelli, A., Ecosse, A., Nardin, F., Scarascia-Mugnozza, G., 2011. Comparing hybrid Populus clones for SRF across northern Italy after two biennial rotations: Survival, growth and yield. Biomass and Bioenergy 35(4): 1524-1532. DOI: 10.1016/j.biombioe.2010.12.050
- Rédei, K., Keseru, Z., Szulcsán, G., 2010. Early evaluation of promising white poplar (*Populus alba* L.) clones in Hungary. Acta Silvatica & Lingaria Hungarica, 6: 9-16.
- Sandu, I., Pescaru, V., Poiana, I., 2008. Clima României. Editura Academiei Române, București, România. 365 p.
- Sennerby-Forsse, L., Ferm, A., Kauppi, A., 1992. Coppicing ability and sustainability. Ecophysiology of short rotation forest crops: 146-184.
- Shapiro, S.S., Wilk, M.B., 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika 52(3): 591-611. DOI: 10.1093/biomet/52.3.4.591
- Stelian, R., 1968. Cercetări privind culturile de plop și salcie din zona dig-mal. Centrul de Documentare Tehnică pentru Economia Forestieră. București, România. 144 p.
- Stoiculescu, C., 1975. Automatizarea prelucrării datelor experimentale privind experiențele organizate după metoda patratului latin. Revista pădurilor, 4: 10 p.
- Șofletea, N., Curtu, A.L., Vasile, A.L., Ciocîrlan, E., 2016. Growth performance of hybrid poplars (*Populus x canadensis* Moench) in the Danube floodplain, Southern Romania. Bulletin of the Transilvania University of Brașov: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering 9 (58)(1): 1 - 8.
- Tănasă, I., 2011. Clima Podisului Sucevei - fenomene de risc, implicatii asupra dezvoltării durabile. Universitatea Ștefan cel Mare, Suceava. Teză de doctorat: 72 p.
- Tripathi, A., Trnka, M., Fischer, M., Orság, M., Fajman, M., Marek, M., Žalud, Z., 2012. Estimation of above ground woody biomass of SRC hybrid poplar clone J-105 in different fertilizer treatments in Czech-Moravian Highland. MendelNet: 8 p.
- Trnka, M., Trnka, M., Fialová, J., Koutecký, V., Fajman, M., Žalud, Z., Hejduk, S., 2008. Biomass production and survival rates of selected poplar clones grown under a short-rotation system on arable land. Plant Soil and Environment 54(2): 78-88.
- Truax, B., Gagnon, D., Fortier, J., Lambert, F., 2014. Biomass and volume yield in mature hybrid poplar plantations on temperate abandoned farmland. Forests 5(12): 3107-3130. DOI: 10.3390/f5123107
- Verwijst, T., 1996. Cyclic and progressive changes in short-rotation willow coppice systems. Biomass and Bioenergy 11(2): 161-165. DOI: 10.1016/0961-9534(96)00016-5
- Werner, C., Haas, E., Grote, R., Gauder, M., Graeff-Hönninger S., Claupein W., Butterbach-Bahl K., 2012. Biomass production potential from Populus short rotation systems in Romania. GCB Bioenergy 4(6): 642-653. DOI: 10.1111/j.1757-1707.2012.01180.x

