

UNIVERSITATEA „ȘTEFAN CEL MARE” SUCEAVA
FACULTATEA DE SILVICULTURĂ

Ing. Iulian-Constantin DĂNILĂ

Cercetări biometrice privind productivitatea clonelor de
plop hibrid în culturi cu ciclu scurt de producție din
Nord-Estul României

REZUMAT

Conducător științific:

Cercet. șt. gr. I dr. ing. Ionel POPA

Suceava, 2015

Cuvânt înainte

*"Întreaga lume dorește să trăiască pe vârf de munte,
fără a băga de seamă că adevărata fericire constă
în modul de a-l escalada"*

Gabriel José García Márquez

Cercetările desfășurate în cadrul tezei de doctorat „Cercetări biometrice privind productivitatea clonelor de plop hibrid în culturi cu ciclu scurt de producție din Nord-Estul României” sunt înscrise în sfera de interes a cercetărilor actuale din domeniu, cu privire la instalarea culturilor forestiere pentru obținerea de biomasă. Lucrarea de față își propune să analizeze o parte din factorii care acționează asupra mărimii producției de biomasă din perspectiva variației tehnologiilor de cultură utilizate pentru instalare.

Lucrarea a fost elaborată sub îndrumarea domnului dr. ing. Ionel Popa, cercetător științific gradul I în cadrul Institutului Național de Cercetare - Dezvoltare în Silvicultură “Marin Drăcea”, căruia doresc să-i mulțumesc pentru îndemnurile și recomandările acordate pe tot parcursul de pregătire a programului de doctorat. De asemenea, cu mult respect, îi adresez sincere mulțumiri pentru că m-a acceptat ca student doctorand sub conducerea dumnealui, pentru colaborarea foarte bună, încrederea și libertatea acordată.

Sincere mulțumiri doresc să adresez domnilor prof. univ. dr. ing. Radu Leontie Cenușă, șef lucrări dr. ing. Daniel Avăcăriței și șef lucrări dr. ing. Cătălin Constantin Roibu, pentru că au contribuit prin sugestiile și sfaturile acordate în comisia de îndrumare, pentru observațiile asupra referatelor și a lucrării prezentate conform planului de pregătire.

Domnilor conf. univ. dr. ing. Sergiu Horodnic, cercet. șt. gr. I dr. ing. Ovidiu Badea, cercet. șt. gr. I dr. ing. Radu Vlad doresc să le mulțumesc pentru că au acceptat să analizeze lucrarea în calitatea de referenți oficiali și domnului prof. univ. dr. Vasile Efros, pentru amabilitatea de a reprezenta școala doctorală de la Suceava, președinte al comisiei de analiză a lucrării de doctorat.

Cadrelor didactice de la Facultatea de Silvicultură din Suceava, în special domnului șef lucrări dr. ing. Gabriel Dănilă, șef lucrări dr. ing. Alexei Savin, șef lucrări dr. ing. Ionuț Barnoaiea, șef lucrări dr. ing. Ciprian Palaghianu, șef lucrări dr. ing. Liviu Nichiforel, conf. univ. dr. ing. Marian Drăgoi și conf. univ. dr. ing. Gabriel Duduman, cărora le mulțumesc pentru încurajările, sfaturile și gândurile bune acordate.

Pentru îndrumările constante și oblăduirea acordată pentru realizarea tezei, un sincer mulțumesc adresez doamnei conf. dr. ing. Laura Bouriaud, domnului șef lucrări dr. ing. Mihai-Leonard Duduman și domnului cercet. șt. gr. III dr. ing. Olivier Bouriaud. În același timp, doresc să mulțumesc întregii echipe de cercetare a proiectului STRoMA pentru sprijinul acordat în campania de colectare a datelor de teren.

Nu în ultimul rând, doresc să le mulțumesc prietenilor, familiei și Adinei pentru că au fost alături de mine și m-au susținut în această direcție.

Autorul,

Cuvinte cheie

Culturi forestiere, Ciclu scurt de producție; Clone, Plop hibrid; Producția de biomasă; Dinamica creșterilor; Material forestier de reproducere; Densitate de plantare; Micorizarea exemplarelor; Întreținerea culturilor; Părți componente de arbore; Sortiment de trunchi; Ecuații alometrice.

Cuprins

Rezumat/Teză

Capitolul 1. Introducere	3/3
1.1. Biomasă – sursă de energie regenerabilă	4/4
1.2. Necesitatea și oportunitatea cercetărilor	4/6
Capitolul 2. Stadiul cunoștințelor privind cultivarea plopului hibrid	5/7
2.1. Morfologia și arealul natural al plopului	5/8
2.2. Culturi cu ciclu scurt de producție în scop energetic	6/13
2.3. Utilizarea biomasei de plop obținute în culturi cu ciclu scurt de producție	7/16
2.4. Influența tehnologiilor de instalare asupra acumulării de biomasă	9/20
2.5. Metode utilizate pentru determinarea și estimarea biomasei în culturi forestiere	12/25
Capitolul 3. Scopul și obiectivele cercetărilor	12/28
3.1. Scopul cercetărilor	12/28
3.2. Obiectivele cercetărilor	12/28
Capitolul 4. Materialul și metoda de cercetare	13/29
4.1. Localizarea cercetărilor	13/29
4.2. Design experimental. Proiectarea, instalarea și întreținerea suprafețelor	13/30
4.3. Modul de colectare a datelor	15/35
4.4. Analiza datelor	17/40
Capitolul 5. Rezultatele cercetărilor	17/41
5.1. Dinamica creșterilor clonelor de plop hibrid pe parcursul a cinci ani de producție	17/41
5.1.1. Dinamica creșterilor radiale curente și cumulate a clonelor de plop hibrid	17/41
5.1.2. Dinamica creșterilor curente și cumulate în înălțime a clonelor de plop hibrid	22/49
5.1.3. Dinamica creșterilor curente și cumulate în volum a clonelor de plop hibrid	26/56
5.2. Influența tipului de material forestier de reproducere în acumularea de biomasă a clonelor de plop hibrid	31/64
5.3. Influența densității de plantare în acumularea de biomasă a clonelor de plop hibrid	36/71
5.4. Producția de biomasă distribuită pe sortimente de trunchi în raport cu variația caracteristicilor de cultură	39/76
5.5. Influența micorizării artificiale a materialului de reproducere și influența efectuării lucrărilor de întreținere a terenului asupra acumulării de biomasă	43/82
5.6. Estimarea producției de biomasă și a volumului de trunchi prin ecuații alometrice	45/86
Capitolul 6. Concluzii și contribuții personale	55/98
6.1. Concluzii generale	55/98
6.2. Contribuții personale	57/101
Referințe bibliografice	58/102

Capitolul 1. Introducere

Creșterea populației umane, coroborată cu nevoia națiunilor de dezvoltare pe plan economic și tehnologic, sunt principalii factori care determină creșterea consumului de energie la nivel mondial (Howarth, 1997, Asafu-Adjaye, 2000, Soytaş and Sari, 2009). Dezvoltarea societăților umane a depins și depinde în mod direct de utilizarea oricărei forme de energie. Aceasta este desemnată a fi o precondiție în procesul de dezvoltare, iar eficientizarea obținerii energiei reprezintă principala provocare pentru toți producătorii (Alanne and Saari, 2006). Multe din resursele utilizate în mod frecvent pentru generarea de energie sunt cunoscute a fi limitate (Armaroli and Balzani, 2007, Cottrell, 2009). Pe de altă parte, criza energetică rezultată în urma cererii tot mai ridicate pentru utilizarea resurselor fosile (petrol, cărbune sau gaze naturale), reducerea cantitativă a acestora și creșterea efectelor negative generate de utilizarea lor (în special emanarea de emisii de gaze cu efect de seră), impune adaptarea și evidențierea de noi soluții energetice alternative (Styles and Jones, 2007, Navarro et al., 2012, Filat et al., 2010, Trnka et al., 2008). Acestea sunt cunoscute ca soluții alternative cu impact redus asupra mediului înconjurător (Brown, 2001, Bunn et al., 2004, Armaroli and Balzani, 2011).

Tot mai multe studii analizează relația dintre creșterea economică, creșterea consumului de energie și creșterea cantităților de substanțe poluante generate de activitățile umane (Halicioglu, 2009, Andersson and Lukaszewicz, 2006, Asafu-Adjaye, 2000, Cottrell, 2009, Pimentel and Pimentel, 2007). În acest sens, la nivel mondial, apar diferite scenarii cu privire la problema degradării condițiilor de mediu, în raport cu creșterea populației umane și creșterea consumului de energie, pentru care se urmărește stabilirea unui raport sustenabil în favoarea generațiilor viitoare (Guillebaud and Hayes, 2008, Vörösmarty et al., 2000). Creșterea consumului de energie este considerată un indicator critic de impact asupra mediului înconjurător, prin calitatea producerii energiei și prin acțiunea provocată asupra acestuia (Ailenei and Mosora, 2011).

Structura actuală a utilizării energiei neregenerabile prezintă numeroase riscuri de mediu, pentru care se încearcă reducerea acestei forme în multe state, prin adaptarea unei politici de mediu sustenabile și pozitive (Mehrra, 2007). Principala problemă de mediu este generată de încălzirea globală, cauzată de modificări ale compoziției atmosferei. Astfel, creșterea temperaturii înregistrate la nivelul solului a devenit în ultimele decenii o problemă internațională, care atrage din ce în ce mai multă atenție publicului larg (Liang et al., 2006). Protecția climei prin diferite reglementări legislative devine o preocupare tot mai mare în politica numeroaselor state dezvoltate sau în curs de dezvoltare, căutând în permanență soluții pentru transformarea sistemelor de producere a energiei într-un sistem de management integrat (Graßl et al., 2003, Richardson et al., 2014). Soluții care să răspundă în același timp numeroaselor probleme actuale de mediu (Schlamadinger and Marland, 1996, Monstadt, 2007). Această perspectivă accentuează problema necesității utilizării resurselor energetice regenerabile, respectând conceptul dezvoltării durabile, care se bazează pe valorile umane care trebuie a fi integrate în componenta de mediu, economică și socială. Satisfacerea nevoilor din prezent nu trebuie să compromită dezvoltarea generațiilor viitoare (Floyd, 2002, Bridge et al., 2003, Bejan and Rusu, 2007). Majoritatea surselor regenerabile depinde de utilizarea energiei solare, eoliene, geotermale, gravitaționale sau a hidroenergiei, iar utilizarea biomasei este una dintre soluțiile alternative pentru producerea de *bioenergie*¹ (Johansson et al., 1993, Wiesenthal and Mourelatou, 2006).

Energia obținută din surse regenerabile a fost estimată la nivel global în anul 2012 la un procent de cca. 19% din energia totală consumată, din care, energia obținută prin prelucrarea biomasei ocupă prima poziție (respectiv 9%), pondere care prezintă anual un ritm crescător (REN21, 2014, Chum et al., 2012). Aspect care, în concordanță cu prevederile Protocolului de la Kyoto (1997, cu privire la problemele de mediu), se propune ca până la nivelul anului 2020 utilizarea energiei din surse regenerabile să ajungă la o pondere de circa 20%, iar până în anul 2050 să depășească pragul de 50% din totalul energiei utilizate (Oberthür and Ott, 1999, Fischer and Schrattenholzer, 2001). România este

¹ *bioenergie* – (din eng. *Bioenergy*) - *energia produsă prin activitatea fiziologică a organismelor vii* (DEX 2009. Dicționarul explicativ al limbii române (ediția a II-a revăzută și adăugită). *Academia Română, Institutul de Lingvistică „Iorgu Iordan”*, Editura Univers Enciclopedic Gold.); *energie de natură organică* (DEX 1998. Dicționarul explicativ al limbii române (ediția a II-a revăzută și adăugită). *Academia Română, Institutul de Lingvistică „Iorgu Iordan”*, Editura Univers Enciclopedic Gold.).

una din țările europene capabile să satisfacă acest deziderat, prin creșterea proporției de energie alternativă din resurse regenerabile locale (EIA, 2015).

Biomasa – sursă de energie regenerabilă. Prin termenul de *biomasă* se înțelege partea biodegradabilă a materialelor vegetale sau resursa vegetativă (materialul vegetativ), care este capabilă să se regenereze, fiind considerată și prima formă de energie utilizată în istorie de către omenire. În această privință, pădurile și culturile forestiere create special în acest scop, oferă o sursă importantă de biomasă, care poate fi transformată în energie electrică sau calorică (Bioenergy, 2012). Obținerea maximului de energie în urma utilizării biomasei presupune valorificarea, în procent cât mai mare, a tuturor reziduurilor de natură organică, a resturilor de exploatare provenite din activitatea forestieră clasică (coaja, cioatele, ș.a.) și a culturilor cu ciclu scurt de producție. Obținerea unor cantități suficiente de biomasă pentru industrie presupune crearea de culturi speciale, cu productivitate ridicată, într-un interval scurt de timp (Hall and House, 1995, Fischer et al., 2010), culturi care sunt cunoscute sub diverse denumiri în raport cu caracteristicile lor productive (e.g. mărimea exemplarelor, ciclul de producție, tehnologiile de instalare și de destinația lemnului obținut).

Potrivit rapoartelor periodice întocmite de Comisia Internațională a Plopului (IPC), se dovedește că suprafața culturilor de acest fel este în creștere (FAO, 2014). Instalarea acestora se face prin utilizarea speciilor repede crescătoare (plop, salcie, eucalipt, ș.a.) cu randament mare productiv. Materialul forestier de reproducere provine din diverse surse pe cale vegetativă, utilizând *clone*² ale acestor specii, ce prezintă caracteristici superioare speciilor autohtone, în ceea ce privește randamentul de creștere și adaptarea la noi condiții staționale. Evidențierea celor mai rentabile clone în diferite condiții staționale este principalul obiectiv pentru favorizarea obținerii unor cantități maxime de biomasă (Nassi o di Nasso et al., 2010). Demararea studiilor în acest sens urmăresc să argumenteze științific această perspectivă, care presupune utilizarea biomasei ca sursă de energie ieftină și cu impact ecologic foarte redus (Elser and Bennett, 2011).

Necesitatea și oportunitatea cercetărilor. Creșterea interesului față de producția de biomasă și valorificarea acesteia în scop energetic este posibilă pe fondul limitării resurselor de combustibil fosil. Provocarea actuală din domeniul energetic este de a crește procentul resurselor regenerabile și, implicit, a biomasei, pentru obținerea energiei, acțiune care se desfășoară în raport cu beneficiile pe care le oferă utilizarea biomasei (Kauter et al., 2003, Goldemberg and Teixeira Coelho, 2004). Culturile forestiere cu creșteri rapide, pot suplini unele deficiențe în cererea de masă lemnoasă de pe piața lemnului. Acestea se dovedesc a fi o alternativă viabilă și reușesc să reducă din presiunile care se exercită asupra fondului forestier natural. Biomasa cunoaște mai multe moduri de valorificare viabile, conform activității forestiere clasice, de la utilizarea resturilor de exploatare și prelucrare industrială, până la înființarea culturilor specializate (Maini and Cayford, 1968). Producătorii de biomasă caută în permanență noi oportunități de extindere a acestor culturi, astfel promovându-se cele mai adecvate tehnologii de cultură pentru obținerea randamentelor maxime (Stoffel, 1998). În acest sens, plopii (*Populus spp.*) răspund acestor cerințe prin numeroșii hibrizi existenți, iar cultivarea acestora în culturi specializate reprezintă o parte importantă a economiei forestiere, care capătă amploare (Ball et al., 2005).

Biomasa obținută în culturile de plopi hibrizi, cât și rezistența clonelor utilizate la diverși factori de mediu, reprezintă un subiect de interes a multor studii de cercetare actuale, cât și în rândurile investitorilor privați. La nivel global, există numeroase studii comparative între diferite clone de plop hibrid, potrivit cărora se cunoaște productivitatea anumitor clone, pentru locațiile geografice analizate. În schimb, în România, au fost realizate studii de acest fel în zone de luncă (Luncile Dunării, Prutului, Jiului, ș.a.) și mai puțin în zona colinară. Cercetările anterioare utilizau cicluri de producție mai mari (exploatabilitatea este stabilită la 25 – 35 ani), în comparație cu tendințele actuale de reducere a acestora (Dănilă et al., 2015).

² *clone* - totalitatea indivizilor rezultați pe cale asexuată dintr-un ascendent unic, având același patrimoniu genetic (DEX 2009. Dicționarul explicativ al limbii române (ediția a II-a revăzută și adăugită). *Academia Română, Institutul de Lingvistică „Iorgu Iordan”*, Editura Univers Enciclopedic Gold.).

Capitolul 2. Stadiul cunoștințelor privind cultivarea plopului hibrid

Genul *Populus*, alături de sălcii (*Salix spp.*), aparține familiei *Salicaceae*, din ordinul *Salicales*. Speciile din acest gen sunt repede crescătoare și oferă o varietate mare de produse și utilizări, utile în gestionarea și dezvoltarea durabilă a pădurilor (Banoun et al., 1984). Aceste specii prezintă un areal larg de răspândire la nivel global, concentrat masiv în emisfera nordică și care se suprapune peste cele mai variate condiții de stațiune (fig. 2.1) (Dickmann, 2001, Eckenwalder, 1996). Înmulțirea vegetativă reprezintă un mare avantaj prin reducerea sau anularea costurilor de replantare (Sennerby-Forsse et al., 1992, Verwijst, 1996), până în momentul în care cioata și rădăcinile își pierde puterea de lăstărire (Mușat et al., 1987). Plopul hibrid sunt îmbunătățiți genetic și prezintă o rezistență ridicată împotriva factorilor externi. Tehnologiile de întreținere a plopilor în cultură se dovedesc a fi mai apropiate de cele horticole sau agricole, comparativ cu tehnologiile forestiere clasice practicate (Mușat, 1983). Cultura plopilor hibridi se află în atenția țărilor dezvoltate sau în curs de dezvoltare, care doresc aplicarea unei politici sustenabile și raționale, pentru obținerea de biomasă din afara fondului forestier (Stelian, 1968). În acest sens, progresul tehnologic privind utilizarea lemnului în alte scopuri decât cele tradiționale a diversificat piața actuală a lemnului (Filat et al., 2009a).

Morfologia și arealul natural al plopului. La nivel global, suprafața totală de plop, raportată de către statele membre ale Comisiei Internaționale a Plopului, depășește 70 de milioane de hectare. Plopul preferă terenurile cu un nivel crescut de umiditate, care se găsesc de-a lungul râurilor, pentru care, în general, se înregistrează productivități cu randamente mai bune de creștere (Filat et al., 2009a). Prezintă creșteri foarte bune în zonele cu sezoane lungi de vegetație. Sunt plante unisexuat dioice, cu flori grupate în amenți, iar frunzele sunt simple și alternante pe lujeri (Tigard, 2013). Semințele prezintă dimensiuni mici și o putere germinativă mare, ce pot fi ușor dispersate pe distanțe mari, prin intermediul puterii vântului (distribuție anemocoră). Deși formează un număr mare de semințe, înmulțirea din segmente de lemn recoltate din trunchi, ramuri sau rădăcini (înmulțirea asexuată sau vegetativă) este considerată un mijloc important de propagare, pe cale naturală sau artificială, prin formarea clonelor (Zsuffa et al., 1996). Lemnul are o densitate mică, cu lujerii care prezintă o măduvă stelată de formă pentagonală, iar arborii formează un trunchi înalt, drept și cu scoarța netedă până la vârste înaintate.

Preferințele ecologice ale plopilor pot varia de la un climat umed cu soluri reavene tot timpul anului, până la un climat uscat cu soluri bine drenate. Unele specii de plop (*P. trichocarpa*) pot tolera o diversitate mai mare a condițiilor staționale și climatice (Heilman, 1999, Dickmann et al., 2002).

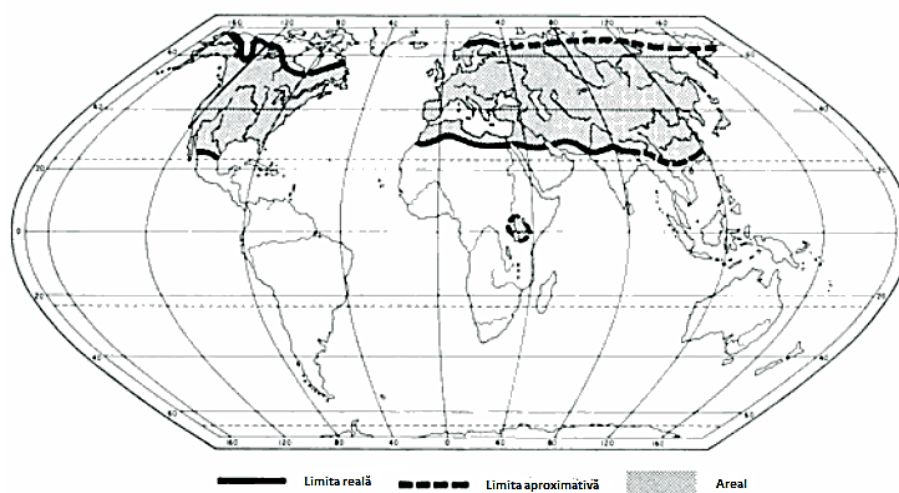


Figura 2.1. Arealul genului *Populus* după limita reală și după limita ocupată spontan (IPC, 1979).

Genul *Populus* prezintă o concentrare masivă în zonele temperate, fiind distribuit în cea mai mare parte în emisfera nordică, din zona cercului polar și până la latitudinea de 30°, în același timp este restrâns distribuit în unele zone din emisfera sudică. Plopul formează, din cele mai vechi timpuri, structuri integrate în agricultură (Filat et al., 2009a). Cuprinde șase secții taxonomice distincte, cu circa 29 de specii și un număr mare de hibrizi (Eckenwalder, 1996).

Plopul a devenit un arbore model în ingineria genetică, prin faptul că poate fi ușor de modelat (*reprogramat genetic*) și de propagat ca material forestier de regenerare (Boerjan, 2005, Strauss et al., 2004). Astfel, cu ajutorul geneticii din domeniu, s-au transferat gene de la o specie la alta, vizând anumite caractere de interes și de propagat (Harper, 1977). Au fost îmbunătățite, în acest mod, randamentul de creștere, adaptabilitatea la condiții diverse de mediu și proprietățile lemnului (Mathews and Campbell, 2000). În același timp, s-a făcut trecerea către cicluri scurte de producție, prielnice utilizării plopului pentru obținerea de bioenergie (Tzfira et al., 1998). Cel mai des, speciile *hibridate*³ (hibride) nu se pot înmulți prin semințe (doar în cazuri excepționale), ci doar pe cale vegetativă, constituind așa-numitul *material selecționat pentru reproducere*. Acesta reprezintă principalul punct de interes pentru constituirea culturilor forestiere cu ciclu scurt de producție (Harper, 1981).

Principalul avantaj al acestor hibrizi, comparativ cu speciile pure (autohtone), este acela că prezintă o înrădăcinare mai bună și o rată de supraviețuire mai mare, după momentul instalării în teren. Aceștia oferă o productivitate mai mare în acumularea de biomasă lemnoasă, ca rezultat al unei creșteri mai rapide. De asemenea, speciile selecționate prezintă o capacitate mai mare de a tolera o spațiere mai redusă în plantații specifice. Culturile cu ciclu scurt de producție depind, în ansamblu, de trei factori, pentru o producție satisfăcătoare de biomasă (Stanturf et al., 2001):

- calitatea și natura materialului săditor;
- calitatea condițiilor staționale;
- tehnologiile corespunzătoare de instalare și întreținere.

Selectarea celor mai adecvate specii și ameliorarea genetică a acestora, în scopul de a obține exemplare cu caractere superioare și rezistente, sunt preocupări permanente ale cercetătorilor din domeniu, unde hibrizii cu calități deosebite sunt propuși pentru instalarea în culturile energetice (Benea, 1989, Filat, 2010). Testarea clonelor, în diferite condiții climatice, a evidențiat anumite genotipuri cu calități superioare, în diferite zone de studiu. Producția de biomasă se dovedește a fi, în prezent, pentru această ramură, un principal obiectiv pentru ingineria genetică și pentru ameliorarea genetică a arborilor.

Culturi cu ciclu scurt de producție în scop energetic. Conceptul culturilor cu ciclu scurt a fost implementat după 1960 (Afas et al., 2008). În acest sens, s-au efectuat numeroase studii comparative și s-au testat diverse tehnologii, cu scopul de a eficientiza și maximiza producția de biomasă.

La nivel internațional. Apariția plopilor hibrizi este pusă pe seama acțiunii prin care s-a introdus la sfârșitul secolului al XVIII-lea plopul negru american (*Populus deltoides* Marsh.) în Europa și plopul negru european (*Populus nigra* L.) în America de Nord. Până la începutul secolului XX-lea, este considerată etapa în care culturile de plop hibrizi au cunoscut un real progres (Filat et al., 2009b, Heilman, 1999, FAO, 1980), perioada de timp în care s-a extins și limita arealului natural. La început, plopul hibrizi s-au făcut remarcă pentru reconstrucția ecologică a peisajelor degradate și în construcția de perdele forestiere de protecție.

Înainte de anul 1940, culturile de plop erau utilizate pentru producerea de lemn rotund pentru cherestea și celuloză (Stanturf et al., 2001, Stoffel, 1998). Astfel, creșterea posibilităților de valorificare a lemnului de plop a încurajat crearea de culturi specializate, tendință care a luat amploare și mai mult prin creșterea cererii pentru hârtie (Floyd, 2002). După 1970, odată cu creșterea taxelor vamale pentru transportul produselor petroliere și creșterea prețului pentru aceste produse, se dorește valorificarea și promovarea soluțiilor alternative de obținere a energiei (Mușat et al., 1987, Graßl et al., 2003, Stoffel, 1998). În raport cu evoluția tehnologică de utilizare a biomasei lemnoase, se creează o nevoie tot mai mare pentru resursele de lemn, care fac parte din categoria resurselor regenerabile (Bioenergy, 2009). În această direcție, cercetările promovează utilizarea plopilor cu randament mare de creștere în cultură, acțiune care favorizează scăderea presiunii asupra pădurilor pentru cererea de lemn. Culturile de plop și

³ **hibridarea** - ameliorarea genetică a arborilor definește hibridarea speciilor ca fiind procesul prin care informațiile genetice ereditare a două specii sunt contopite prin unirea gameților în timpul fecundării GLUSCENKO, I. 1962. Hibridarea vegetativă a plantelor. Acad. RPR, ȘOFLETEA, N., MOLDOVAN, I. C., ENESCU, M. C., CRĂCIUNESCU, I. & CURTU, A. L. 2011. Considerații privind identificarea hibrizilor între speciile autohtone de cvercinee. *Revista pădurilor*, 126, 6-11.

salcie au fost considerate o prioritate, pentru a sprijini reconstrucția economică la nivel rural, aducând beneficii pentru industria lemnului (Klašnja et al., 2012).

În anul 1947, a fost fondată Comisia Internațională a Plopului (IPC) de către 9 țări europene, care reglementează și fundamentează științific la nivel mondial toate acțiunile cu privire la culturile de plop. În anul 1992, Comisia Internațională a Plopului, fiind constituită doar din 19 membri, prezintă o situație prin care, șapte dintre acestea, găzduiesc o suprafață mai mare de 100.000 de hectare de plantații de plop. România este una dintre aceste țări, alături de China, Franța, Germania, Ungaria, Turcia și Iugoslavia. Alte țări membre (cinci dintre aceste) au declarat o suprafață plantată cuprinsă între 30.000 și 100.000 ha, iar restul raportează o suprafață cuprinsă între 10.000 și 30.000 ha.

Promovarea culturilor de plop, ca sursă regenerabilă pentru obținerea de energie, este pusă și pe seama prevederilor *Protocolului de la Kyoto* (1997), care presupune adoptarea unei politici de mediu sustenabilă, privind scăderea concentrației de CO₂ în atmosferă (Oberthür and Ott, 1999). Potrivit ultimei întâlniri din cadrul IPC (2012), FAO raportează la nivel global o suprafață de peste 6,7 milioane hectare de culturi cu ciclu scurt de producție, dintre care 56% sunt dedicate producției de lemn, iar restul (44%) sunt utilizate pentru creșterea calității mediului (FAO, 2012). Acest lucru este favorizat de extinderea culturilor pe terenurile marginale (Nielsen et al., 2014, Brunner et al., 2004). În altă ordine de idei, la nivel european, ponderea energiei regenerabile a crescut cu aproximativ 45% în anul 2012 față de anul 2002 (în numai 10 ani), din care producția de biomasă și utilizarea deșeurilor ocupă un procent de circa 65% (Eurostat, 2015).

La nivel național. Preocupări pentru cultura plopului și cea a sălciilor s-au evidențiat mai târziu în România. Motivul principal, care a stat la baza acestui fapt, îl reprezintă valoarea economică redusă a lemnului de plop și arealul restrâns (în principal luncile râurilor), astfel apariția plopilor hibrizi și a tehnologiilor de instalare și întreținere a acestora în cultură manifestându-se mai târziu la noi decât în alte țări (Mușat, 1983, Filat et al., 2009a). Cu toate acestea, România oferă un potențial ridicat pentru instalarea culturilor cu ciclu scurt de producție, primele culturi de acest fel apărând după anul 1915, cu caracter experimental, pe suprafețe reduse și pentru scheme dese de plantare. În anul 1960, după lucrările de regularizare și îndiguire a cursurilor râurilor, culturile de plop s-au extins remarcabil în țară. Au fost împădurite suprafețele care au rezultat în urma acțiunilor de desecare din luncile râurilor, Dunării sau din incintele Deltei Dunării. În aceeași perioadă de timp, au fost create aliniamente de-a lungul drumurilor naționale. În general, culturile de plop din perioada respectivă au fost înființate pentru un ciclu de producție mai mare (30-35 de ani), în comparație cu tendințele actuale de obținere a unor cicluri tot mai scurte (Filat et al., 2010, Stelian, 1968). În ciuda eforturilor de instalare a plopului în culturi, acestea au întâmpinat probleme generate de modificări hidrologice în zonele inundabile și îndiguite (Fara et al., 2009). Aceste modificări au provocat uscări în masă și au accentuat activitatea agenților biotici dăunători (Filat and Chira, 2004). Astfel, suprafața de plop hibrizi în România prezintă o variație alternantă în timp, dar cu o tendință de creștere (potrivit rapoartelor FAO, cu prilejul întâlnirilor din cadrul Comisiei Internaționale a Plopului) (IPC, 2004, IPC, 2012).

În România, primele cercetări cu privire la utilizarea lemnului obținut din culturi specializate, strict în scop energetic, au fost demarate, începând cu anul 1960 (Stelian, 1968, Clonaru, 1967), cu referire la capacitatea productivă a diferitelor clone de plop, evidențierea celor mai adecvate tehnologii de instalare și întreținere a acestora, influența numărului de exemplare pe unitatea de suprafață, influența unui regim de irigare și fertilizare controlat (Mușat, 1983, Mușat et al., 1987, Benea, 1989, Filat et al., 2010). În ultima perioadă de timp, cercetările conduse preiau ideea generală de valorificare a biomasei lemnoase pentru obținerea de energie, precum și rezistența culturilor la factorii externi patogeni (Filat and Chira, 2004, Filat et al., 2009a, Filat, 2010, Filat et al., 2010). Aceste cercetări sunt situate în special în partea sudică a României, mai ales în lungul Dunării, și nu oferă o perspectivă generală privind randamentul culturilor de plop la nivel național. În același context, au fost demarate cercetări în programe naționale de cercetare, privind identificarea posibilităților de utilizare a terenurilor degradate, nepotrivite pentru agricultură, în culturi cu ciclu scurt de producție, și utilizarea biomasei ca sursă alternativă de energie, sau dezvoltarea tehnologică pentru înlocuirea combustibililor gazoși, prin combinarea biomasei cu cărbunele (Lăzăroiu, 2008, Turcu, 2006).

Utilizarea biomasei de plop obținute în culturi cu ciclu scurt de producție. Lemnul de plop prezintă o gamă variată de utilizări, de la producția de hârtie și până la industria produselor pe bază de lemn (Bonga and Durzan, 1982). Atenția principală se îndreaptă către producția de biomasă forestieră

pentru bioenergie, deși utilizarea biomasei poate fi una multifuncțională. Pe lângă produsele papetare, aceasta poate fi utilizată pentru obținerea unor produși alimentari și furajeri. Lemnul obținut de pe plantațiile repede crescătoare joacă un rol important pentru țările cu suprafețe reduse de pădure în condiții naturale (Heilman, 1999). În general, acest lemn este utilizat pe categorii de sortimente, în funcție de caracteristicile de prelucrare. Industria prelucrătoare de lemn sortează materia primă obținută din culturile cu ciclu scurt de producție (SRF sau SRWC) în două categorii, pentru obținerea de prefabricate și a bioenergiei (Lazarus et al., 2011, Balatinecz and Kretschmann, 2001).

Biomasa reprezintă o sursă primară de energie pentru aproximativ două miliarde de oameni, fiind considerată cea mai comună formă de energie din istorie. Energia stocată în biomasă poate fi utilizată, în general, în două modalități (Anton and Steinicke, 2012):

- **direct** - prin ardere, imediat după recoltarea pentru producerea de energie (calorică și electrică);
- **indirect** - prin conversia acesteia în biocombustibili.

După o clasificare alternativă în ceea ce privește modul de utilizare a biomasei în raport cu modernizarea tehnologiilor de procesare a lemnului de mici dimensiuni, întâlnim două moduri de utilizare a biomasei (Armaroli and Balzani, 2011, Graßl et al., 2003, Goldemberg and Teixeira Coelho, 2004):

- **tradițional** - pentru prepararea hranei și producerea de căldură, precum și pentru producerea de prefabricate din lemn;
- **modern** - prin transformarea în instalații de cogenerare (pentru obținerea energiei electrice și calorică) și pentru obținerea biocombustibililor sau a biogazului (fig. 2.2).

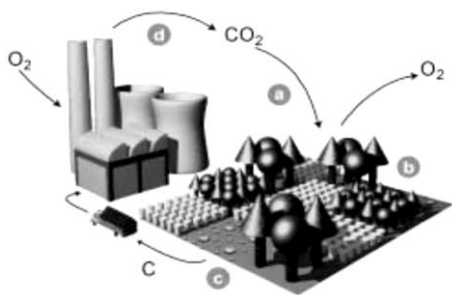


Figura 2.2. Procesul tehnologic de obținere a energiei în instalații de cogenerare. Circuitul carbonului în natură, de la captarea acestuia la nivelul culturilor cu ciclu scurt de producție sau al arboretelor natural fundamentale și până la conversia lui în energie sau păstrarea în fabricate din lemn. Unde, a) stocarea CO2 din atmosferă; b) eliberarea oxigenului (O2) în atmosferă în urma proceselor fiziologice; c) recoltarea carbonului captat în biomasă; d) eliberarea CO2 în urma proceselor de ardere a biomasei pentru obținerea de energie (Bioenergy, 2012).

Pentru multe țări în curs de dezvoltare, utilizarea biomasei în mod tradițional joacă un rol important, în special în zonele rurale (Goldemberg, 2000). Transformarea acesteia în combustibili pentru utilizarea ulterioară se poate face prin diferite procese și tehnologii de procesare (Xiu and Shahbazi, 2012). La nivel mondial, FAO estimează că peste jumătate din cantitatea de lemn obținut pe suprafețele împădurite (fond forestier și din afara acestuia) este destinat producției de energie (calorică sau energetică) (Parikka, 2004).

Se pune accent pe dezvoltarea tehnologică a sectorului de valorificare a biomasei în energie, concomitent cu îmbunătățirea caracteristicilor de cultură, privind instalarea și întreținerea acestora. Utilizarea resurselor regenerabile atinge un nivel tehnologic tot mai înalt, în acest mod luând naștere mijloace eficiente și inovatoare. Creșterea utilizării biomasei atrage crearea unui sistem complet și eficient de procesare, de la recoltarea biomasei și până la obținerea unui produs finit (Chum et al., 2012).

Utilizarea biomasei în scop energetic este influențată de "conflictul" dintre utilizarea terenului în scop agricol sau de încadrarea acestuia în fondul forestier, pentru favorizarea obținerii de sortimente lemnoase valoroase (Dragoi and Hordnic, 2010). Dezvoltarea sectorului energetic, prin utilizarea resurselor regenerabile atrage și include o serie de avantaje și dezavantaje pentru comunitățile locale.

Culturile cu ciclu scurt de producție, în contextul legislației naționale, sunt supuse unei presupozitii de încadrare în fondul forestier național, odată cu respectarea caracteristicilor unui arboret prin definiție (în conformitate cu *Legea 46/2008*). Acestea sunt desemnate și încadrate pentru exploatare în categoria *vegetație forestieră din afara fondului forestier*, pentru care se impune punerea în valoare prin piețe de probă de inventariere, pentru eliberarea documentelor necesare transportului materialului lemnos pe drumurile publice.

Influența tehnologiilor de instalare asupra acumulării de biomasă. În ultimele decenii, s-au promovat tehnologii de instalare din ce în ce mai eficiente, cu randament mare de instalare în teren (Bungart and Hüttel, 2004, Guo and Zhang, 2010, Dickmann, 2001). S-a urmărit îmbunătățirea caracteristicilor de cultură, pe lângă obținerea de biomasă, obținerea unei bune toleranțe la dăunători și adaptarea la condițiile staționale diverse. În domeniul tehnologiilor de cultură, multe studii fac referire la compoziția speciilor în teren, la tipul de material săditor utilizat și la densitatea de plantare. Toate aceste aspecte sunt studiate în raport cu mărimea ciclului de producție urmărit și cu caracteristicile speciilor utilizate. Se dorește evidențierea perioadei optime de recoltare pentru obținerea creșterilor maxime de biomasă, în raport cu reacția speciilor instalate la multitudinea factorilor menționați (Tripathi et al., 2012, Baum et al., 2009, Labrecque and Teodorescu, 2005, Filat et al., 2010, Laureysens et al., 2004).

Influența tipului de material forestier de reproducere. Pentru promovarea exemplarelor valoroase în cultură, este necesară dezvoltarea, în prealabil, a metodelor de înmulțire vegetativă a acestora, deoarece obținerea unui număr mare de exemplare valoroase pe cale sexuală este foarte dificilă (fig. 2.3). Principala problemă pentru reproducerea sexuală, în afară de necesitatea unui ciclu lung de reproducere pentru obținerea de semințe, o reprezintă dispariția arborilor valoroși. Prin propagarea vegetativă se obține o creștere a productivității, într-un interval scurt de timp (Bonga, 1982).

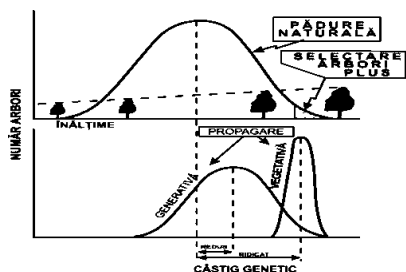


Figura 2.3. Compararea câștigului genetic obținut prin metoda de propagare vegetativă și prin cea sexuală a arborilor valoroși. Astfel, printr-o suprapunere peste primul grafic, care arată distribuția normală în înălțime a arborilor, în graficul secundar se arată cum înmulțirea vegetativă este deplasată mai mult spre dreapta decât cea selectivă (sexuală), unde câștigul genetic este mai mare, iar variabilitatea genetică se reduce considerabil (după Bonga, 1982).

Materialul vegetativ folosit pentru instalarea culturilor de plop provine din culturi specializate, numite culturi de *plantă mamă*. Capacitatea de reproducere vegetativă a acestora oferă un prim avantaj pentru instalarea și extinderea rapidă a culturilor de acest fel (Stanturf et al., 2001). În practică, pentru instalarea plopului în cultură, sunt utilizate ca *tip de material de reproducere (FRM – din eng. forest reproductive material⁴)*: butașii, sadele și puieții cu rădăcină (Zsuffa et al., 1993, Filat et al., 2009a, Stanturf et al., 2001, STRoMA, 2012a). Butașii sunt bucăți de mlădițe sau lujer, de mici dimensiuni, ce se recoltează din planta mamă din creșterile ultimului an. Sadele sunt confecționate din lăstarii de unul sau doi ani ai plantei mamă, pentru asigurarea dimensiunilor corespunzătoare. Puieții cu rădăcină sunt obținuți în pepiniere specializate din butași, în urma instalării în teren la distanțe mai mici și care prezintă un an în momentul plantării. Aceștia se pot obține și din semințe cu un anumit grad de dificultate (Landis et al., 1999). Butașii și puieții sunt cel mai frecvent utilizați în constituirea culturilor cu cicluri scurte de producție pentru plop și pentru alte specii de interes forestier: eucalipt, pin, molid, ș.a. (Sasse and Sands, 1996, Isik et al., 2004, Hannerz and Wilhelmsson, 1998, Gemmel et al., 1991).

Rata de supraviețuire a unei culturi de plop este direct proporțională cu caracteristicile și natura materialului forestier de reproducere utilizat. Prezența rădăcinilor la puieți și dimensiunile sadelor aduc unele avantaje, în comparație cu caracteristicile butașilor (dimensiunea redusă și lipsa rădăcinilor). În schimb, butașii sunt ușor de propagat ca tip de material săditor, prin numărul mare de butași obținut pe exemplar de plantă mamă. Uneori, aceștia pot fi înrădăcinați prin tehnici de pregătire inițială, permițând instalarea fără tratamente speciale (Bonga, 1982). Exemplarele cu rădăcina formată (*puieții*) la plantare sunt mai eficiente în absorbția apei și a substanțelor nutritive din sol, în acest mod suportând mai ușor "șocul" transplantării. Prezența rădăcinilor este mai avantajoasă atunci când resursele din sol sunt limitate (Dubouzet et al., 2013).

⁴ **material forestier de reproducere (MFR)** - materialul vegetal biologic prin intermediul căruia se realizează reproducerea speciilor forestiere, comercializarea acestor specii și hibridi se supuse unor legi speciale (Legea nr. 107/2011 - privind comercializarea materialelor forestiere de reproducere).

Diferențele de productivitate a exemplarelor provenite din butași, față de cele provenite din sade și puieti, sunt datorate, în primul rând, caracteristicilor morfologice și fiziologice ale acestora. În acest context, exemplarele provenite din *butași* suferă cel mai mult după instalare, prin dimensiunile reduse pe care le prezintă (20-30 cm). Adâncimea de plantare nu le asigură o umiditate necesară și sunt ușor de coplesit de vegetația ierboasă (Mușat et al., 1987). În schimb, cu aceste aspecte, butașii oferă o bună capacitate de regenerare și de propagare, sunt apreciați pentru eficiența în obținerea materialului săditor și sunt folosiți adesea în studii comparative dintre clonele de plop hibrid (Labrecque and Teodorescu, 2005, Walle et al., 2007, Laureysens et al., 2004, Guo and Zhang, 2010). Butașii oferă un randament satisfăcător în instalarea unor densități mai mari de plantare (Cart, 1996). Dacă se consideră sadele ca fiind butași de dimensiuni mai mari, constatăm că dimensiunea acestora se regăsește în productivitatea individuală a exemplarelor de plop (Dănilă et al., 2015). Există o corelație strânsă între cantitatea de biomasă produsă și mărimea butașilor utilizați (Rossi, 1991, DesRochers and Thomas, 2003, Burgess et al., 1990, Edelfeldt et al., 2014, Rossi, 1999). De asemenea, sadele, prin dimensiunile lor și modalitatea specifică de instalare, prezintă avantaje superioare față de butași, prin faptul că ajung la o adâncime mai mare în sol, cu acces la rezervele de apă (Filat et al., 2009b). Mărimea sadelor le permite depozitarea unor cantități semnificativ mai mari de apă și nutrienți, necesare generării rădăcinilor, ramurilor și frunzelor (DesRochers and Thomas, 2003). Sadele suferă mai puțin pentru lipsa precipitațiilor din perioada instalării în comparație cu butașii (Mușat et al., 1987, Djomo et al., 2015).

Influența densității de plantare. Densitatea utilizată pentru o cultură cu ciclu scurt de producție este considerată una dintre principalele caracteristici ale acesteia. Distanța dintre exemplare influențează creșterea și proprietățile lemnului (Pliura et al., 2007). Scheme largi de plantare implică un spațiu mai mare pentru dezvoltarea biomasei ramurilor, unde raportul dintre biomasa ramurilor și cea a trunchiului se modifică, odată cu creșterea distanței de plantare (Bernardo et al., 1998, Sheppard J., 2014, DeBell et al., 1993).

Biomasa individuală a exemplarelor crește de la o schemă mică de plantare, spre o schemă largă de plantare. Acest aport se pierde prin raportarea la unitatea de suprafață (Bernardo et al., 1998, Benomar et al., 2012). Alegerea schemei de plantare stă la baza mecanizării lucrărilor, în special pentru întreținerea acestora. Cantități mari de biomasă se obțin pentru scheme optime de instalare (DeBell and Harrington, 1997, Stelian, 1968, Pannacci et al., 2009, Bernardo et al., 1998, Armstrong et al., 1999). Este necesară alegerea schemelor de plantare care permit pătrunderea utilajelor agricole printre rândurile de exemplare, în acest fel reducându-se influența vegetației ierboase în primii ani de la instalare. Astfel, distanța mare între indivizi presupune o atenție mai mare în primii ani de vegetație, activitate care implică un cost suplimentar pentru investitori (Stelian, 1968, Pannacci et al., 2009). În schimb, schemele mici de plantare oferă avantajul că implică un grad mare de închidere a coronamentului, într-un interval scurt de timp. În același timp se împiedică atât dezvoltarea speciilor ierboase nedorite, cât și reducerea procesului de evapotranspirație în suprafață, ce implică o reducere a consumului de apă din sol (Mușat, 1987). Densitatea de plantare pentru o cultură se alege în raport cu mărimea și numărul ciclurilor de producție, dar și de capacitatea de lăstărire a rădăcinilor (vigoarea cioatelor) după exploatare (Mușat et al., 1987, Laureysens et al., 2003). Utilizarea aceleiași suprafețe pentru mai multe cicluri de producție, până la înlăturarea rădăcinilor și instalarea de noi exemplare, poartă numele de *rotația culturii*⁵. Distanțele strânse de plantare reduc capacitatea de lăstărire a rădăcinilor de la un ciclu de producție la altul. Planificarea unui număr mai mare de cicluri de producție necesită adoptarea unei distanțe de plantare mai mare între exemplare. Într-un studiu comparativ la nivel european, pentru densități diferite de plantare pe unitatea de suprafață, nu există o corelație între cantitatea de biomasă acumulată și densitatea utilizată pe unitatea de suprafață (Djomo et al., 2015). Efectul distanței de plantare, cel mai adesea, se reflectă în creșterile radiale în comparație cu creșterile în înălțime (DeBell et al., 1993). Între distanțele de plantare diferite, diferențele de creștere se reduc concomitent cu mărirea ciclului de exploatare (DeBell and Harrington, 1997).

Influența mărimii ciclului de producție. Mărimea ciclurilor de producție determină stabilirea rotației culturilor, suprafața cultivată necesitând o perioadă de refacere a calității solului prin administrarea de suplimente nutritive sau instalarea unui ogor verde. Este cunoscut faptul că, în timp, numărul de exemplare pe unitatea de suprafață scade de la un ciclu de producție la altul, prin scăderea

⁵ *rotația culturilor* - operațiunea de reînnoire în totalitate în cultură a materialului selecționat de reproducere.

puterii de lăstărire a cioatelor (Mușat et al., 1987). Producția de biomasă este direct proporțională cu mărimea ciclului de vegetație ales pentru exploatare (Nassi o di Nasso et al., 2010, Pannacci et al., 2009). Sunt propuse cicluri de producție din ce în ce mai mici, în acest mod fiind recomandate cicluri de 1-5 ani, în comparație cu ciclurile utilizate pentru speciile autohtone. Se dorește astfel mecanizarea unui ciclu complet tehnologic de obținere a biomasei, exploatarea fiind condiționată de caracteristicile utilajelor de recoltare a exemplarelor (Scholz and Ellerbrock, 2002, Fischer et al., 2010, Zalesny et al., 2007). În context legislativ, pentru culturile de acest fel, nu există normative tehnice de stabilire a ciclurilor de exploatare, fiind încadrate în categoria vegetațiilor forestiere din afara fondului forestier.

Influența modului de întreținere a culturilor forestiere în urma fertilizării și irigării solului.

Aspectele legate de afânarea și aerisirea solului pe parcursul ciclului de producție sunt tratate în raport cu densitatea de plantare a culturilor și mărimea materialului săditor. Deficiențele în acumulările de biomasă, provocate de lipsa nutrienților în sol și a apei (stresul hidric), ar trebui evitate în culturile de plop. Administrarea unor suplimente nutritive și asigurarea necesarului de apă sunt principalii factori care influențează considerabil acumulările de biomasă lemnoasă. Trecerea de la un ciclu de vegetație la altul necesită administrarea periodică de suplimente nutritive pentru exemplarele instalate (Bungart and Hüttl, 2004). Asigurarea apei pentru dezvoltarea exemplarelor este foarte importantă în primii ani de cultură (Djomo et al., 2015, Sasse and Sands, 1996, Zalesny et al., 2007). Necesarul de apă pentru culturile forestiere este comparabil sau mai mic decât în culturile agricole (Djomo et al., 2015, Fischer et al., 2010). Speciile crescătoare sunt mari consumatoare de apă, acest lucru fiind analizat pentru plop și eucalipt (Sasse and Sands, 1996), și pentru salcie (Bialowiec and Randerson, 2010, Weih and Nordh, 2002). Este descrisă o corelație între intensitatea procesului de fotosinteză a arborilor și productivitatea acestora (Ledig and Botkin, 1974). În general, culturile cu ciclu scurt de producție prezintă o umiditate în sol care variază între 55 și 60% (Kauter et al., 2003). Este cunoscut faptul că schemele mici de plantare, oferă un grad mai mare de închidere a coronamentului, care reduce procesul de evapotranspirație. În același timp, se reduce și cantitatea de apă care trebuie administrată pentru dezvoltarea exemplarelor instalate (Mușat, 1983). Prin irigații repetate, crește procentul speciilor erbacee, pentru care se impune un cost suplimentar prin întreținerea cu ogor negru (Stanturf et al., 2001).

Compoziția și cantitatea suplimentelor nutritive care se pot administra variază de la o zonă la alta, în raport cu conținutul substanțelor din sol, pentru fiecare an de vegetație. Fiecare etapă de fertilizare a solului impune o analiză amănunțită a calității solului (Mușat, 1983, Quaye and Volk, 2013).

Densitatea mare a exemplarelor pe unitatea de suprafață, însoțită de un aport artificial de substanțe nutritive, nu favorizează categoric o creștere a productivității de biomasă (Bungart and Hüttl, 2004). Activitățile de fertilizare, irigare și menținerea sub control a ierburilor, dar și exploatarea, în planul de management, a culturilor forestiere sunt cele mai mari consumatoare de energie și de timp pentru producția de biomasă (Djomo et al., 2015).

Influența micorizării artificiale a materialului forestier de reproducere. În anul 1885, Albert Bernard Frank descrie relațiile microbiene care au loc în sol între ciupercă și arbori, astfel fiind introdus termenul de *micorizare*⁶, cunoscut și sub denumirea de "ciuperca rădăcinilor" (Siddiqui and Kazuyoshi, 2008). Ciupercile micorizante formează *simbioze* cu rădăcinile plantei gazdă (Goltapeh et al., 2008). Acest proces este esențial pentru arbori, facilitează extragerea apei din sol cu substanțe nutritive și asigură mobilizarea și asimilarea nutrienților necesari dezvoltării exemplarelor. Protejează planta gazdă împotriva bolilor de rădăcină și asigură toleranță la factorii de stres (Stefani et al., 2009, Smith and Read, 1996, Dahlberg, 2001). Simbioze de acest fel sunt frecvent întâlnite în majoritatea culturilor agricole (Trappe, 1987). Într-un ecosistem, procesele de micorizare joacă un rol important în buna funcționarea a acestuia, prin asigurarea nutriției minerale vegetației autotrofe, oferind rezistență la diverși factori externi (biotici și abiotici de stres). Cel mai cunoscut factor de creștere este absorbția sporită de fosfor, prin infecții cu fungi de micorizare (Abbott and Robson, 1984).

Pentru plop, efectul de micorizare în culturi forestiere cu ciclu scurt de producție oferă în primul rând o rată mai bună de instalare și de supraviețuire în teren a exemplarelor, favorizând un randament mai bun de creștere și de acumulare a biomasei lemnoase (Gherghel et al., 2014, Müller et al., 2013,

⁶ *micoriză* – (din fr. *Mycorhize*). Simbioza rădăcinilor la plantele superioare cu miceliul unei ciuperci (DEX 2009. Dicționarul explicativ al limbii române (ediția a II-a revăzută și adăugită). *Academia Română, Institutul de Lingvistică „Iorgu Iordan”*, Editura Univers Enciclopedic Gold.).

Neville et al., 2002). Plopilor sunt printre speciile de arbori care pot dezvolta asociații micorizice singure, după un anumit timp (*ECM* - *ectomycoriză* sau *AM* - *arbusculară*), acest lucru observându-se atât pentru speciile autohtone, cât și pentru speciile hibride (Karliński et al., 2010).

Metode utilizate pentru determinarea și estimarea biomasei în culturi forestiere. Biomasa poate fi determinată sau estimată, utilizând una din următoarele metode (Bombelli et al., 2009, Picard et al., 2012):

- a) **Metoda distructivă "in situ" pentru determinarea biomasei:** presupune recoltarea exemplarelor, uscarea și cântărirea acestora. Este considerată metodă directă de determinare și de mare acuratețe, ce poate fi utilizată în plantații forestiere și ierboase de dimensiuni reduse. Pentru arbori de mărime mare se pot recolta doar piese de lemn ca probe eșantion, cu ajutorul cărora se determină umiditatea și se raportează la întregul arbore și la întreaga suprafață.
- b) **Metoda nedistructivă de estimare a biomasei:** această metodă presupune măsurarea unor caracteristici biometrice medii ale eșantionului, ca: înălțimea și diametrele (variabile independente cantitativ), iar pe baza ecuațiilor alometrice sau a unor factori de conversie, să se ajungă la valoarea producției de biomasă (individuală sau raportată la unitatea de suprafață). Metodele nedistructive nu presupun un volum de lucru foarte mare și sunt ușor de aplicat pentru determinarea unor informații diverse asupra exemplarelor (masa verde, biomasa acestora sau a conținutului de carbon);
- c) **Metoda de estimare a biomasei prin intermediul teledetecției:** această metodă utilizează tehnologia microundelor, optică sau a radiație infraroșie reflectată de biomasă. Metoda permite determinări pe mai multe nivele de biomasă, în raport cu indexul suprafeței foliare (*LAI*), structura arboretului (gradul de închidere al coronamentului, înălțimea) sau proiecțiile coroanei (umbra), caracteristici care sunt utilizate în cadrul ecuațiilor alometrice și permit estimarea biomasei, fără a preleva probe din eșantion (de la distanță). Metoda este considerată mult mai practică, acoperă o suprafață mai mare într-un interval scurt de timp și se poate aplica în zone greu accesibile.
- d) **Estimarea biomasei utilizând diferite modele:** în practică, au fost dezvoltate diferite modele de estimare a biomasei (liniare sau neliniare), pentru utilizarea unor variabile independente calitativ, pe suprafețe mari, în raport cu diferite date spațiale (ca altitudinea, expoziția, ș.a.), date din teledetecție, date din inventarele forestiere și din cercetările în domeniu. Modelele sunt utilizate pentru convertirea volumului în biomasă, pentru diferite caracteristici și variabile ale ecosistemelor (Richards, 2001).

Capitolul 3. Scopul și obiectivele cercetărilor

Lucrarea de față urmărește completarea cu informații referitoare la analiza comportamentului de creștere a diferitelor clone de plop hibrid, în culturi forestiere cu ciclu scurt de producție din Nord-Estul României. Instalarea diferitelor clone de plop hibrid în condiții staționale variate reacționează pozitiv sau negativ față de acestea, prin adaptabilitate și producția de biomasă. Testarea unor clone în aceleași condiții de mediu presupune identificarea diferențelor dintre acestea, analizându-le pe parcursul ciclului de producție. Adaptabilitatea culturilor la condițiile staționale locale au fost evaluate prin prisma analizei productivității la nivel de individ și la nivel de suprafață cultivată (Dickmann et al., 2008, Dickmann et al., 2002, Nielsen et al., 2014). Alegerea clonelor și a caracteristicilor optime de cultură, care să răspundă la cererea ridicată de biomasă, se face în raport cu cerințele ecologice și cu comportamentul acestora la variația tehnologiilor de cultură.

Scopul cercetărilor. Scopul cercetărilor constă în generarea de informații și cunoștințe privind analiza comportamentului clonelor de plop hibrid în culturi forestiere cu ciclu scurt de producție din Depresiunea Rădăuți (Nord-Estul României).

Obiectivele cercetărilor. Pentru îndeplinirea scopului propus se evidențiază următoarele obiective, în raport cu stadiul cunoștințelor întocmit și cu materialul de cercetare avut la dispoziție:

O1. Analiza dinamicii creșterilor curente și cumulate a clonelor de plop hibrid pe parcursul unui ciclu de cinci ani de producție, la nivel radial, în înălțime și volum;

O2. Analiza influenței tipului de material forestier de reproducere și a densității de plantare, asupra acumulării de biomasă a clonelor de plop hibrid, pe părți componente de arbore;

O3. Analiza proporției de biomasă pe sortimente de trunchi a clonelor de plop hibrid, în raport cu tehnologiile de cultură și specificul utilizării acestora;

O4. Analiza influenței micorizării exemplarelor de plop hibrid și evidențierea importanței efectuării lucrărilor de întreținere, în producția de biomasă;

O5. Elaborarea ecuațiilor alometrice de estimare a producției de biomasă și a volumului, după variabile independente cantitativ și calitativ.

Capitolul 4. Materialul și metoda de cercetare

Localizarea cercetărilor. Cercetările au fost desfășurate în cadrul a două suprafețe experimentale instalate în Depresiunea Rădăuți (în partea de *Nord-Est* a României), în apropierea localităților Dornești și Satu Mare (*jud. Suceava*) (fig. 4.1). Studiul efectuat este parte componentă a unui proiect de cercetare mai amplu, privind sustenabilitatea și instalarea culturilor forestiere cu cicluri scurte de producție pe terenuri din afara fondului forestier (PNII-PT-PCCA-2011-3.2-1574 / Contract nr. 119/2012) (STRoMA, 2012b, Bouriaud et al., 2015). Zona de studiu este caracteristică unui climat temperat continental, specifică unui mediu umed și rece (Sandu et al., 2008, Tănasă, 2011). Temperatura medie anuală este cuprinsă între 7 - 8°C, iar precipitațiile cumulează în decursul anului circa 550 - 600 mm (Pătru et al., 2006).

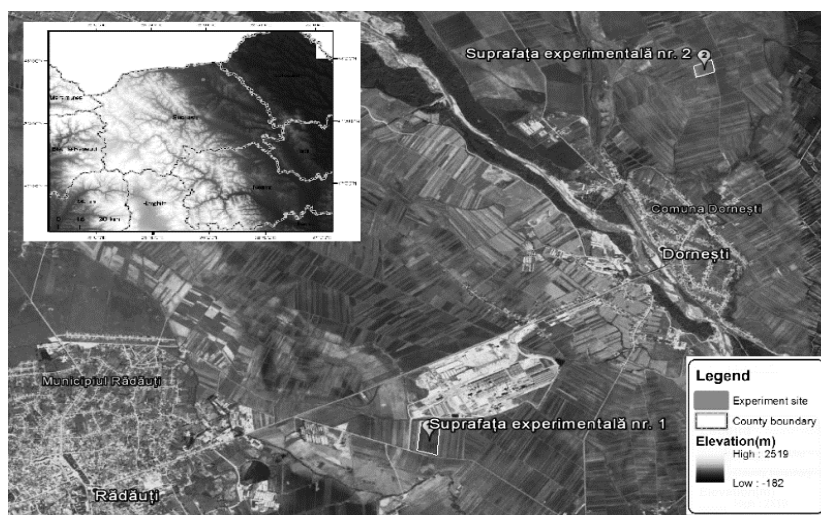


Figura 4.1. Localizarea cercetărilor și poziționarea celor două suprafețe experimentale la nivelul Depresiunii Rădăuților (în apropierea localității Dornești, *jud. Suceava*).

Pe durata desfășurării experimentelor, temperatura anuală depășește valoarea de 8,5°C, iar precipitațiile înregistrează un minim de 420 mm, în anul 2011. Solul este de tip *Faeoziom cambic*, cu aciditate moderată ($pH=5,0\div5,5$), intens humifer ($H>4\%$), cu troficitate ridicată, bine echilibrat textural și omogen pe întreaga suprafață din cele două experimente (Savin et al., 2014).

Design experimental. Suprafața experimentală S1 a fost proiectată pentru a surprinde competiția interclonală, potrivit influenței tipului de material forestier de reproducere și a schemei de plantare în acumulările de biomasă (STRoMA, 2012a). Proiectarea experimentului S2 a vizat analiza efectului de micorizare artificială a materialului săditor și evidențierea importanței efectuării lucrărilor periodice de întreținere a solului, în acumulările de biomasă. Suprafețele experimentale au fost pregătite inițial pentru instalarea materialului săditor, prin efectuarea unor serii de lucrări agricole specifice. Astfel, la sfârșitul anului 2008, pentru prima suprafață experimentală (S1), și la sfârșitul anului 2012, pentru cea de-a doua suprafață experimentală (S2), s-a erbicidat în totalitate pentru combatere, acțiune care a fost urmată de o serie de lucrări de desfundare și aerisire a solului. Pentru fiecare suprafață în parte, în primăvara anului următor (anul 2009 și 2013), s-au efectuat lucrări de afânare și mărunțire a solului, pentru a obține un

strat uniform, omogen pe întreaga suprafață, prielnic plantării materialului forestier de reproducere. După instalarea experimentelor, în cadrul suprafeței S1 au fost efectuate în primele două sezoane de vegetație o serie de lucrări de întreținere a terenului, specifice ogorului negru, pe spațiile dintre rândurile exemplarelor. Fiecare acțiune a constat în două afânări periodice pe an și s-au administrat erbicidări specifice pe rândurile instalate cu exemplare. Suprafața experimentală S2 a fost parcursă cu lucrări de întreținere specifice ogorului negru (pentru întreținerea terenului), activitate care s-a desfășurat în fiecare sezon de vegetație, în parcelele în care a fost prevăzut acest lucru conform protocolului de cercetare.

Particularitățile dispozitivului experimental instalat în anul 2009 (S1). Primul experiment acoperă o suprafață de teren de 9,5 ha, este situat la o altitudine de 346 m (47°50'55"N, 25°57'58"E) și este împărțit în 4 blocuri experimentale distincte (A, B, C, D), ce sunt delimitate printr-o zonă tampon. Diferențele dintre blocurile experimentale sunt date de mărimea distanței de plantare pe rând (densitatea de plantare) și de natura materialului forestier de reproducere utilizat pentru instalare (tab. 4.1). Fiecare bloc experimental a fost divizat într-un număr de 18 unități monoclonale, de 60 x 9 m (540 m²), constituind câte trei rânduri de exemplare. Au fost instalate, în total, 7 clone diferite de plop hibrid (AF2, AF6, AF8, A4A, Pannonia, Monviso și Max4), amplasate în cadrul blocurilor experimentale după metoda pătratului Latin (Cristian, 1975). Pentru primele 6 clonele menționate s-au utilizat, ca tip de material forestier de reproducere, doar butași și sade, iar pentru clona Max4, în plus pentru fiecare bloc experimental, au fost instalați puieți cu rădăcină. Butașii au fost instalați în primele două blocuri experimentale, A și B, sadele fiind instalate în ultimele două blocuri experimentale, C și D, iar puieții cu rădăcină găsindu-se instalați în toate cele 4 blocuri experimentale, fiind considerat elementul comun de analiză, care face legătura între blocurile experimentale instalate.

În cadrul blocurilor experimentale, tipul de material de reproducere este una dintre variabilele calitative, ce se diferențiază prin dimensiunile caracteristice (tab. 4.2). Pe rând, s-a utilizat o distanță de plantare variabilă pentru fiecare experiment, de la 0,58 m la 2,5 m. În acest mod, numărul de exemplare instalate pe unitatea monoclonală variază de la 310 exemplare, pentru blocul experimental A, la 72 exemplare pentru blocul experimental D.

Tabelul 4.1. Caracteristicile dispozitivului experimental S1 (2009)

Bloc experimental	A	B	C	D
Schema de plantare	0,58 x 3,00 m	1,16 x 3,00 m	1,25 x 3,00 m	2,50 x 3,00 m
Exemplare unitate ⁻¹	310	155	144	72
Exemplare · ha ⁻¹	5747	2874	2667	1333
Material săditor	butași + puieți cu rădăcini (Max4)	butași + puieți cu rădăcini (Max4)	sade + puieți cu rădăcini (Max4)	sade + puieți cu rădăcini (Max4)

Tabelul 4.2. Caracteristicile materialului forestier de reproducere

Material săditor	Lungime (cm)	Diametru (cm)	Masa (g)	Adâncimea de plantare (cm)
Butași	22	1,0 – 1,5	28,6	18 - 20
Sade	180	2,0 – 3,0	264,4	60 - 70
Puieți cu rădăcină	60 - 70	1 - 2 (÷ colet)	242	30 (÷ colet)

*valori medii ale materialul forestier de reproducere în stare verde

Particularitățile dispozitivului experimental instalat în anul 2013 (S2). Experimentul S2 acoperă o suprafață de teren de 4,1 ha (47°53'38"N, 26°00'31"E), este situat la o altitudine de 386 m și a fost divizat în două blocuri experimentale. Acestea au fost proiectate și divizate, la rândul lor, pentru a evidenția modul de întreținere a culturilor și tipul de clonă care răspunde cel mai fidel. În primul bloc experimental, s-a folosit un tratament bazat pe o soluție de ciuperci, pentru micorizarea părții inferioare a sadelor, iar subunitatea secundară a fost folosită ca bloc martor (bloc fără micoriză). Acest experiment a fost proiectat inițial ca fiecare bloc experimental constituit să fie divizat în trei subunități, pentru care: (1) în prima, să nu fie efectuate lucrări de întreținere a terenului, păstrându-se terenul nelucrat (denumit ogor nelucrat), (2) în cea de-a doua, să fie efectuate lucrări periodice de întreținere, în fiecare sezon de vegetație, specifice ogorului negru (fără vegetație ierboasă) și (3) să fie instalată o cultură agricolă, pentru păstrarea ogorului verde controlat. Datorită faptului că nu au fost îndeplinite toate obiectivele

experimentului S2 (prin nerespectarea anumitor lucrări prevăzute în protocolul de cercetare), a fost scos din analiză ca variabilă calitativă subblocul în cadrul căruia trebuia să fie instalat ogorul verde.

Fiecare subunitate, la rândul ei, a fost împărțită în trei unități monoclonale distincte, de 9 x 105 m (945 m²), delimitate printr-o zonă tampon, și care au fost instalate cu una din cele trei clone de plop hibrid utilizate în cadrul acestui experiment (AF2, AF8, Pannonia). Unitățile monoclonale înființate au fost plantate cu câte trei rânduri de exemplare fiecare, utilizându-se schema de plantare de 3 x 1,5 m (210 exemplare·unitate⁻¹ sau de 2222 exemplare·ha⁻¹).

Procesul de micorizare a fost efectuat în momentul instalării sadelor în teren, prin îmbăierea părții inferioare a acestora într-un container cu soluție de ciuperci micoritice. Soluția de micorizare este compusă din produsul *Mykonor Bioaktiv*, care conține ciuperci micorizante ce sunt simbioze cu rădăcinile plopilor (1,5 kg·ha⁻¹) și s-a utilizat împreună cu aditivul *Additive Symbivit*, fiind o substanță care favorizează și grăbește fixarea ciupercilor micorizante (1,5 kg·ha⁻¹).

Modul de colectare a datelor. Materialul experimental este compus pentru prima suprafață experimentală din 650 de exemplare de plop, care au fost recoltate după două sezoane de vegetație (după 4, și respectiv, 5 ani). Acestea au fost recoltate din blocurile experimentale B, C și D, utilizarea blocului experimental A (3 x 0,58 m) nemaifiind posibilă în analiza calcului statistic. Pentru cea de-a doua suprafață experimentală (S2), materialul experimental a fost recoltat după o perioadă de două sezoane de vegetație și este compus din 120 de exemplare (au fost recoltate integral un număr minim de 10 exemplare pentru fiecare unitate monoclonală).

Recoltarea exemplarelor s-a desfășurat în perioada de repaus vegetativ. Pentru prima suprafață (S1), acestea au fost recoltate în luna ianuarie 2013 (după 4 ani de vegetație în teren) și în luna ianuarie 2014 (după 5 ani de vegetație în teren), iar pentru cel de-al doilea experiment (S2), acestea au fost recoltate și măsurate în luna februarie 2015 (după o perioadă de 2 ani de vegetație). Selectarea exemplarelor s-a făcut după o schemă sistematică de pe rândul mijlociu din fiecare unitate monoclonală, asigurându-se un minim de 10 exemplare (Hair et al., 2006). În prima suprafață experimentală, exemplarele selectate au fost doborâte de la nivelul solului, iar în cadrul celei de-a doua suprafațe, acestea au fost recoltate integral din sol (pentru analiza biomasei rădăcinilor în raport cu procesul de micorizare).

Determinările de biomasă au fost efectuate utilizând metoda distructivă (de determinare directă), care presupune recoltarea exemplarelor, uscarea și cântărirea acestora (Bouriaud et al., 2015). Biomasă exemplarelor a fost realizată distinct, pe părți componente de arbore: ramuri, trunchi, rădăcină (biomasă rădăcinilor a fost determinată doar în suprafața S2) și la nivel de total, prin însumarea acestora. Biomasă fiecărei părți componente a fost determinată în funcție de umiditatea relativă a probelor eșantion recoltate în teren (*relația 2*), calculată ca diferența dintre greutatea măsurată în stare verde și greutatea uscată (Felix et al., 2008). Materialul recoltat a fost cântărit în stare verde, separat pe părți componente, și în totalitate, utilizând o balanță electronică cu precizie de 0,01 kg.

Masa uscată a trunchiului a fost determinată pe baza umidității rondelelor recoltate de-a lungul fusului (calculând umiditatea medie), masa rădăcinilor determinându-se după rondelele prelevate din aceasta (distinct pentru ordinul I și II), iar pentru determinarea masei ramurilor prelevându-se o ramură reprezentativă din coroană (*relația 1*). Creșterile radiale din primul experiment au fost determinate după rondea extrasă de la bază exemplarelor (aproximativ 0,05 m înălțime), 1 m, 2 m și de la jumătatea piesei de trunchi cu diametrul cuprins între 8 și 2 cm. Ultima rondea a fost recoltată în raport cu diametrul limită de 8 cm, potrivit valorificării industriale a lemnului. Pentru determinarea umidității necesară calculului biomasei s-a utilizat pentru primul sortiment (cu d>8 cm) ultima rondea poziționată ca înălțime pe fusul trunchiului, iar pentru cel de-al doilea sortiment (d=8÷2 cm) s-a utilizat rondea de la jumătatea piesei.

Determinarea umidității specifice a probelor s-a realizat în etuvă la temperatura de 104°C, până în momentul în care probele recoltate au ajuns la o masă constantă, între două cântăriri succesive (Klašnja et al., 2012). Cântărirea probelor s-a făcut cu precizia de 0,1 g, atât în stare verde, cât și în stare uscată. Valorile determinate au fost extrapolate către fiecare exemplar în parte și componentă, în vederea determinării biomasei individuale a acestora. În funcție de schema de plantare, s-a determinat biomasă raportată pe unitatea de suprafață (Zianis and Seura, 2005, Tripathi et al., 2012, Verwijst and Telenius, 1999).

$$Uc = \frac{MV-MU}{MU} \times 100 (\%), \quad (\text{Ecuația 1.})$$

în care: Uc – umiditatea specifică pe părți componente;
 MV – masa probelor în stare verde;
 MU – masa probelor în stare uscată.

$$B = \frac{MTVc}{1+Uc\%}, \quad (\text{Ecuația 2.})$$

în care: B – biomasa părții componente;
 $MTVc$ – masa totală în stare verde a componentelor;
 Uc - umiditatea specifică a părții componente.

Anterior efectuării cântăririi materialului experimental, în etapa de teren au fost extrase o serie de caracteristici dendrometrice, necesare pentru determinarea diferențelor de creștere anuală între clone și între blocurile experimentale (potrivit tipului de material forestier de reproducere și a schemei de plantare): diametre, pentru fiecare metru în înălțime pe fus (cm), înălțimea anuală, pentru fiecare sezon de vegetație (m) și înălțimea rondelei de 8 cm pe fus (m).

Rondelele recoltate din cadrul experimentului S1, după 5 ani (instalat în anul 2009), au fost utilizate pentru determinarea creșterilor anuale radiale, după ce au fost șlefuite și scanate la rezoluție înaltă (2400 DPI). Șlefuirea s-a efectuat cu benzi abrazive de granulații diferite, pentru o bună evidențiere a inelelor anuale, iar scanarea s-a făcut utilizând sistemul *Epson Expression 10000 XL*. Măsurătorile pe inele anuale au fost efectuate pe două direcții perpendiculare și exportate cu ajutorul pachetului de lucru *CooRecorder* și *CDendro 7.8*, program frecvent utilizat pentru măsurători dendro-cronologice (Electronik, 2007). Creșterile anuale radiale au fost determinate fără coajă pe rondeaua recoltată de la bază exemplarelor (aceasta prezintă o corelație de $r=0,81$ cu rondeaua de la 1 m pentru ambele suprafețe), fiind rondeaua care surprinde toți anii de creștere (aspect important pentru butași). Înălțimile au fost măsurate pe fusul trunchiului, în locul de inserție pe ax a segmentelor de ordin inferior. Volumul anual a fost determinat pe segmente de trunchi formate din rondelele de creștere recoltate, pentru care s-a aplicat formula trunchiului de con (pentru segmentele care prezentau diametre la ambele capete) și formula conului (pentru segmentele de trunchi terminale).

Estimarea volumului și a biomasei exemplarelor (ca variabile dependente) s-a făcut în raport cu variabile independente cantitativ, după diametrul măsurat la înălțime de 1 m pe fusul trunchiului ($Dh1$ - cm) și înălțimea acestora (m). Variabilele calitative includ tipul de clonă, materialul de regenerare și schema de plantare. Lucrările de întreținere efectuate sau condițiile staționale (edafice și climatice) sunt considerate variabile independente calitativ, ce nu pot fi cuantificate în relațiile de calcul. Elaborarea ecuațiilor de estimare către practică a impus alegerea unui model după două variabile cantitative, distinct pentru fiecare densitate de plantare (pentru a favoriza o ușoară raportare la unitatea de suprafață). Utilizarea celor două variabile cantitative favorizează creșterea coeficientului de determinare, în raport cu reducerea erorilor de estimare, în comparație cu o singură variabilă independentă cantitativ (*relația 3*). Potențialele diferențe între creșterea primară (în înălțime) și secundară (în diametru) a arborilor sunt, așadar, reprezentate în ecuațiile ajustate prin folosirea acestor două variabile independente. Diferențele între clone sau influența condițiilor de mediu sunt reprezentate prin estimarea unor coeficienți de regresie specifice.

$$X = a + bd^2h + \varepsilon, \quad (\text{Ecuația 3.})$$

în care: X – Variabila dependentă, care reprezintă: biomasa individuală (B - kg) sau volumul individual (V - dm^3);
 a – valoarea interceptului (sau termenul liber) determinat pentru fiecare clonă (echivalentul biomasei sau volumului unui arbore cu $h=1$ m);
 b – coeficientul de regresie (sau panta liniei modelului);
 d^2h – variabila independentă cantitativ predictor; unde: d - diametrul la înălțimea de 1 m (cm) și h – înălțimea exemplarului (m);
 ε - eroarea modelului, care devine: $\varepsilon = (X - a) - bd^2h$.

Reducerea valorii interceptului din valorile dependente (biomasa și volumul) simplifică ecuația de estimare pentru modelul general al blocurilor experimentale, pentru care aceasta devine: $(X - a) = bd^2h + \varepsilon$, în calcul ținându-se cont doar de valoarea coeficientului de regresie a modelului (panta modelului). Coeficientul de regresie pentru biomasă este echivalentul produsului dintre densitatea lemnului și coeficientul de formă, prin secțiunea trunchiului la înălțimea de 1 m: $b = \rho \cdot k$, unde ρ – densitatea lemnului, iar k - coeficientul de formă prin secțiunea de la 1 m, $k = \frac{V_{arb}}{V_{cila^2h}}$. În cadrul ecuației de estimare a volumului, coeficientul de regresie este echivalentul coeficientului de formă prin secțiunea trunchiului de la 1 m ($b=k$). Valoarea acestuia a fost generată în urma elaborării modelului distinct pentru fiecare componentă și pentru fiecare clonă în parte.

Analiza datelor. Prelucrarea primară a datelor s-a efectuat într-o foaie de lucru *Microsoft Office Excel*. Creșterile radiale au fost determinate cu ajutorul aplicațiilor *CooRecorder* și *CDendro* (Electronik, 2007). Parte din prelucrarea datelor și analiza acestora a fost realizată cu ajutorul aplicației *XLStat 2012* și în pachetul de lucru al aplicației *R* (Team, 2012). Pentru testarea semnificației diferențelor s-a aplicat testul ANOVA, pentru datele cu distribuții normale (conform testului *Shapiro-Wilk*). În caz contrar, a fost folosit testul neparametric *Kruskal-Wallis*. Pentru stabilirea semnificației diferențelor a fost utilizat testul *Tukey HSD* ($p \leq 0,05$) (ANOVA) pentru valori normal distribuite, și testul *Dunn* ($p \leq 0,05$) (*Kruskal-Wallis*), pentru valori care nu succed o distribuție normală (Elliott and Hynan, 2011). Normalitatea datelor a fost verificată cu testul *Shapiro-Wilk*. Corelațiile au fost efectuate după coeficienții *Pearson* și *Spearman* (acesta s-a utilizat pentru datele care nu sunt distribuite normal). Pentru gruparea clonelor s-a utilizat analiza "cluster", de clasificare ierarhică, după metoda *Ward* pentru calculul distanțelor dintre variabile (Anderberg, 2014).

Capitolul 5. Rezultatele cercetărilor

5.1. Dinamica creșterilor clonelor de plop hibrid pe parcursul a cinci ani de producție

Dinamica creșterilor anuale s-a analizat în cadrul primei suprafețe experimentale (S1), distinct pentru fiecare bloc experimental component. S-a analizat variația creșterilor radiale, în înălțime și volum, pentru fiecare dintre clonele de plop hibrid testate. Creșterile au fost determinate pe parcursul a cinci ani de vegetație, la nivel anual, în valori curente și cumulate, pentru fiecare perioadă. Utilizarea rondelor de la bază pentru determinarea creșterilor radiale fără coajă s-a făcut pentru surprinderea tuturor anilor de creștere, aspect important pentru exemplarele provenite din butași, care au fost plantate în totalitate până la nivelul solului.

5.1.1. Dinamica creșterilor radiale curente și cumulate a clonelor de plop hibrid

Variația anuală a creșterilor radiale în blocul experimental B. Creșterile radiale curente pentru exemplarele provenite din butași prezintă variații semnificative pe parcursul celor cinci ani de producție, indiferent de clona testată (tab. 5.1.1). Creșterile curente cele mai mari sunt înregistrate în anul doi de vegetație (2010), pentru clona AF8 ($21,66 \pm 5,52$ mm), în acest sezon înregistrându-se o creștere medie de $16,1 \pm 5,1$ mm·an⁻¹. Creșterile din cel de-al doilea an de vegetație se diferențiază semnificativ de restul anilor, mai puțin pentru clona Max4B (provenită din butași), care prezintă creșteri mai reduse. Clona Max4B prezintă o creștere superioară față de restul clonelor, în ultimul sezon de vegetație, superioritate care se observă și față de exemplarele provenite din puieți, pentru aceasta (Max4P). Creșterile cele mai reduse sunt înregistrate în cel de-al patrulea an de vegetație (2012), pentru clona Monviso ($4,9 \pm 1,42$ mm), care prezintă o creștere similară cu clonele A4A, AF2 și AF8. Indiferent de clonă, anul patru de vegetație este caracterizat de o creștere medie de $6,14 \pm 2,12$ mm·an⁻¹. Clona Pannonia prezintă creșterile curente cele mai mari din sezonul trei și patru de vegetație. Primul an de vegetație (2009) prezintă o creștere asemănătoare anilor trei (2011) și cinci (2013) de vegetație în privința valorilor medii înregistrate, indiferent de clonă studiată (fig. 5.1.1).

La nivel de clonă, nu apar diferențe semnificative pentru ultimul an de vegetație ($p=0,059$), în restul anilor clonele diferind semnificativ. Indiferent de anul de vegetație, creșterile medii cele mai mari

sunt întâlnite pentru clona AF8 ($11,46 \text{ mm} \cdot \text{an}^{-1}$), urmată de clona Max4P (provenită din puieți, $11,19 \text{ mm} \cdot \text{an}^{-1}$), iar cele mai reduse creșteri sunt înregistrate pentru clona Max4B (provenită din butași, $8,17 \text{ mm} \cdot \text{an}^{-1}$). Variația creșterilor curente este similară și pentru creșterile cumulate pe parcursul celor 5 ani de producție, aportul creșterilor curente din anul doi de vegetație regăsindu-se în dinamica creșterilor cumulate.

Potrivit creșterilor cumulate la nivelul clonelor apar diferențe semnificative pentru fiecare sezon de vegetație, acestea reducându-se cel mai mult în anul patru de vegetație (tab. 5.1.1). Pe parcursul ciclului de vegetație, clona Max4B înregistrează cele mai mari diferențe pentru creșterile cumulate, față de restul clonelor analizate. Clona Pannonia pornește în primul sezon de vegetație cu creșteri reduse, dar recuperează după cel de-al treilea an și ajunge clasată la sfârșitul ciclului de 5 ani pe a treia poziție, cu o creștere medie de $53,46 \pm 9,15 \text{ mm}$. Valorile maxime cumulate sunt înregistrate de clona Max4P ($59,02 \pm 8,4 \text{ mm}$), iar cele minime sunt înregistrate de clona Max4B ($41,85 \pm 9,12 \text{ mm}$). Cele mai mici variații interclonale, pentru creșterile cumulate, sunt înregistrate în sezonul trei de vegetație, când clona Max4B diferă de restul clonelor, mai puțin față de clona A4A. Clona AF8 prezintă creșteri superioare clonei Max4P în sezoanele doi, trei și patru de vegetație, în restul anilor clona Max4P prezentând creșteri superioare. Clonele A4A, AF2, AF6, Monviso și Pannonia prezintă creșteri similare pe parcursul ciclului de vegetație, de cele mai multe ori acestea nediferind semnificativ de valorile extreme (fig. 5.1.1).

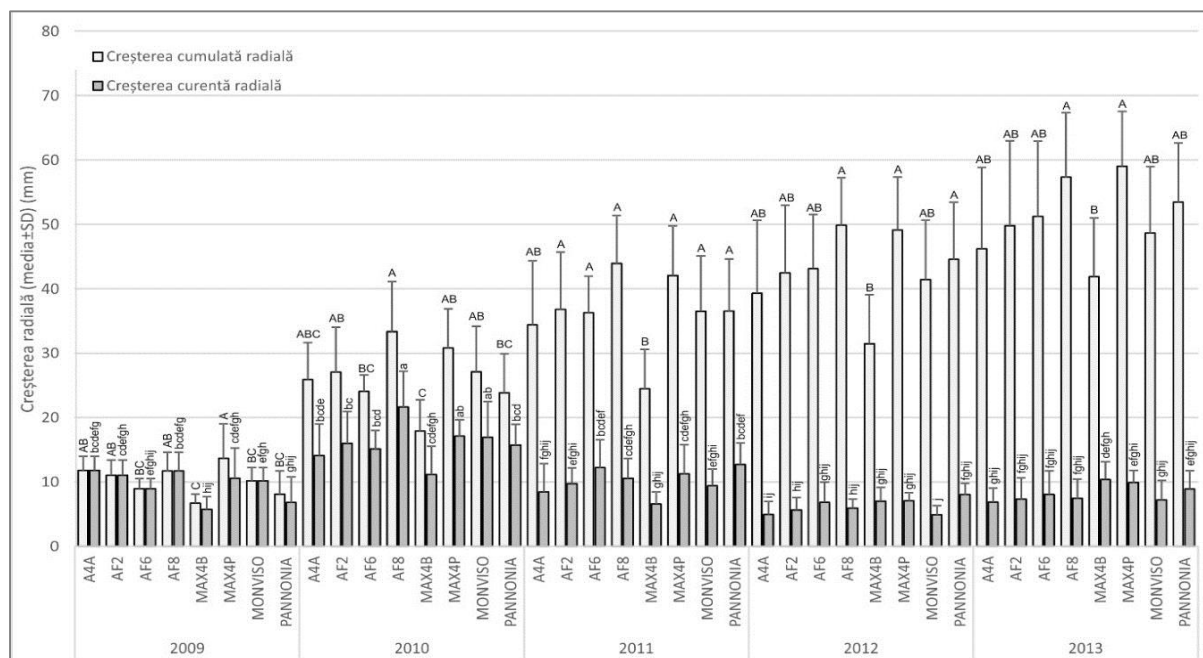


Figura 5.1.1. Dinamica creșterilor radiale curente și cumulate în blocul experimental B.

*Notă. A,B,C – semnificația testului statistic a creșterilor cumulate pentru fiecare clonă și an de vegetație; a,b,c,d,e,f,g,h,i,j – semnificația testului statistic pentru creșterile curente a clonelor pe întreg ciclu de vegetație. Creșterile cumulate radiale aferente unui anumit an însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ de la o clonă la alta pentru $p \leq 0,05$ (testul Tukey). Creșterile curente radiale însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ de la o clonă la alta indiferent de an pentru $p \leq 0,05$ (testul Tukey).

Tabelul 5.1.1. Rezultatele testului ANOVA privind diferențele dintre creșterile radiale a clonelor de plop

Factorul de influență	DF	F	p
Analiza creșterilor radiale curente:			
Clona	7	5,4194	< 0,0001
Anul	4	120,5028	< 0,0001
Analiza creșterilor radiale cumulate:			
Clona (2009: cultura de 1 an)	7	6,2626	< 0,0001
Clona (2010: cultura de 2 an)	7	5,6828	< 0,0001
Clona (2011: cultura de 3 an)	7	5,2482	< 0,0001
Clona (2012: cultura de 4 an)	7	4,1242	0,0006
Clona (2013: cultura de 5 an)	7	2,8789	0,0097

*Notă. DF – numărul gradelor de libertate; F – mărimea efectului după distribuția Fischer; p – semnificația statistică a rezultatelor.

Variația anuală a creșterilor radiale în blocul experimental C. Exemplarele provenite din sadele prezintă un comportament diferit față de cel al exemplarelor provenite din butași, acestea înregistrând diferențe mai mici între clone, comportament care este surprins în dinamica anuală a creșterilor curente și cumulate, pe parcursul ciclului de vegetație.

Creșterile radiale curente variază semnificativ, indiferent de clonă și anul de vegetație (tab. 5.1.2). Creșterile cele mai mari sunt înregistrate în anul doi de vegetație (2010), acestea prezentând o variație diferită semnificativă de restul anilor. Creșterile cele mai reduse sunt înregistrate în anul patru de vegetație (2012), care nu diferă de restul anilor, mai puțin față de cel de-al doilea an. Indiferent de clonă, creșterile radiale care s-au înregistrat în anul 2009 sunt similare cu creșterile înregistrate în anii 2011 și 2013. La nivel de clonă, cele mai reduse creșteri sunt înregistrate pentru clona A4A ($3,29 \pm 1,17$ mm), în anul 2012, iar cele mai importante creșteri s-au înregistrat pentru clona AF6 ($17,73 \pm 2,23$ mm), în anul 2010. Pentru fiecare sezon de vegetație, creșterile anuale radiale prezintă o variație nesemnificativă între clone, mai puțin în anul 2013, când clona A4A a crescut semnificativ mai puțin decât clona AF2. Variabilitatea cea mai mare pentru creșterea radială este înregistrată de la un an la altul de către clona A4A, care se departajează de restul clonelor, în sens negativ, prin creșterile reduse din ultimele două sezoane de vegetație (fig. 5.1.2).

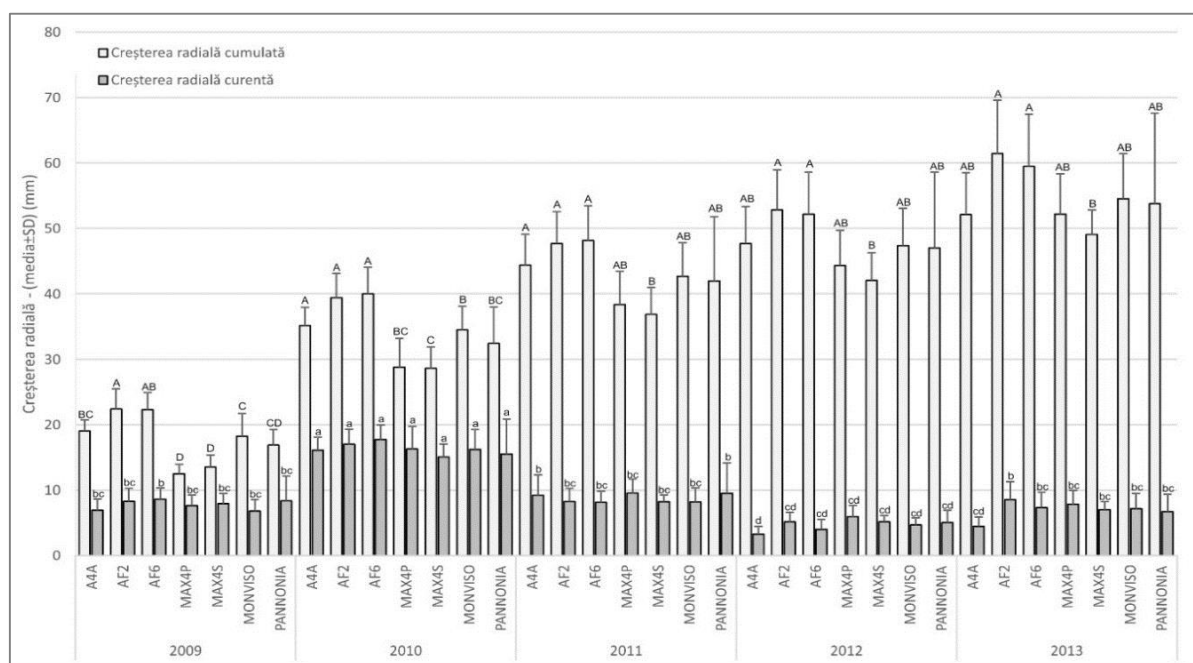


Figura 5.1.2. Dinamica creșterilor curente și cumulate radiale în blocul experimental C.

*Notă. A,B,C,D – semnificația testului statistic a creșterilor cumulate pentru fiecare clonă și an de vegetație; a,b,c,d – semnificația testului statistic pentru creșterile curente a clonelor pe întreg ciclul de vegetație. Creșterile cumulate radiale aferente unui anumit an însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ de la o clonă la alta pentru $p \leq 0,05$ (testul Tukey). Creșterile curente radiale însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ de la o clonă la alta indiferent de an pentru $p \leq 0,05$ (testul Tukey).

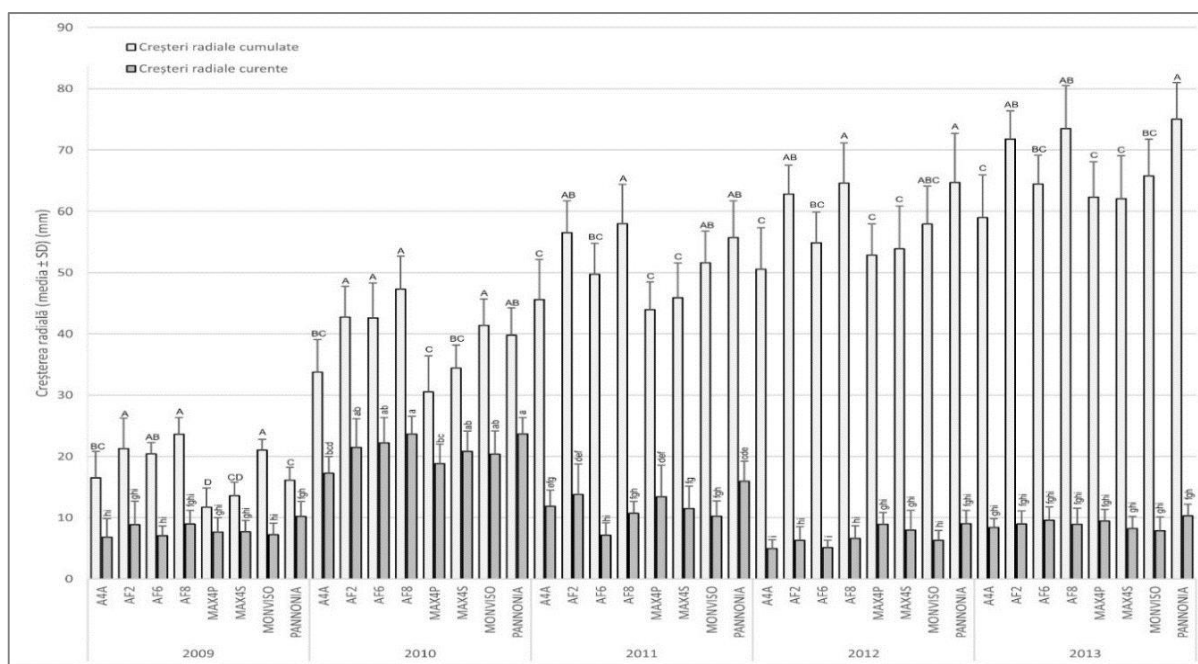
Tabelul 5.1.2. Rezultatele testului ANOVA privind diferențele dintre creșterile radiale a clonelor de plop

Factorul de influență	DF	F	p
Analiza creșterilor radiale curente:			
Clona	6	3,1973	0,0077
Anul	4	291,0418	< 0,0001
Analiza creșterilor radiale cumulate:			
Clona (2009: cultura de 1 an)	6	17,676	< 0,0001
Clona (2010: cultura de 2 an)	6	14,724	< 0,0001
Clona (2011: cultura de 3 an)	6	6,275	< 0,0001
Clona (2012: cultura de 4 an)	6	4,325	0,002
Clona (2013: cultura de 5 an)	6	4,254	0,002

*Notă. DF – numărul gradelor de libertate; F – mărimea efectului după distribuția Fischer; p – semnificația statistică a rezultatelor.

Dinamica creșterilor radiale cumulate este similară pentru clonele testate în cadrul fiecărui an din ciclul de vegetație. Diferențele semnificative dintre clone se reduc de la un an la altul, menținându-se doar pentru clona Max4S (provenită din sade), care acumulează semnificativ mai puțin, în comparație cu clonele AF2 și AF6 (cu cele mai importante creșteri). Primul sezon de vegetație prezintă variația semnificativă interclonală cea mai mare. Clonele AF2 și AF6 se fac remarcate încă din primul sezon de vegetație, dintre acestea AF2 surclasând clona AF6, doar în ultimele două sezoane de vegetație. Clonele Monviso și Pannonia au avut un comportament similar, pe tot parcursul ciclului de vegetație, depășind clona A4A în ultimul an.

Variația anuală a creșterilor radiale în blocul experimental D. Potrivit diferențelor induse de densitatea de plantare, sadele din cadrul acestui bloc experimental succed o variație anuală a creșterilor diferită față de blocul experimental C (prezentând cu o densitate de plantare dublă). Creșterile cumulate prezintă o variație interclonală anuală similară pe parcursul ciclului de producție (în cadrul fiecărui an de vegetație). În anul doi de vegetație se înregistrează cel mai mare salt de creștere, pentru valorile cumulate și curente. Clona Pannonia cumulează cele mai importante creșteri ($75,1 \pm 10,5$ mm) la sfârșitul celor cinci ani de vegetație, fără diferențe semnificative față de clonele AF8 și AF2 (fig. 5.1.3). În comparație cu acestea, nu apar diferențe semnificative între restul clonelor instalate (A4A, AF6, Max4 și Monviso). Creșterile cele mai reduse sunt înregistrate de clona Max4, care variază de la un an la altul pentru cele două proveniențe instalate (sade și puieți), fără diferențe semnificative. Pentru această clonă, exemplarele provenite din puieți prezintă o creștere superioară exemplarelor provenite din sade doar în ultimul sezon de vegetație. Diferențe interclonale, potrivit creșterilor cumulate, sunt înregistrate pentru toate sezoanele de vegetație ($p < 0,0001$) (tab 5.1.3). Cea mai mare variație este înregistrată în primul sezon de vegetație, de la clona AF8 la clona Max4P.



Figură 5.1.3. Dinamica creșterilor curente și cumulate radiale în blocul experimental D.

*Notă. A,B,C,D – semnificația testului statistic a creșterilor cumulate pentru fiecare clonă și an de vegetație; a,b,c,d,e,f,g,h,i – semnificația testului statistic pentru creșterile curente a clonelor pe întreg ciclu de vegetație. Creșterile cumulate radiale aferente unui anumit an însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ de la o clonă la alta pentru $p \leq 0,05$ (testul Tukey). Creșterile curente radiale însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ de la o clonă la alta indiferent de an pentru $p \leq 0,05$ (testul Tukey).

Potrivit creșterilor curente, cele mai bune creșteri sunt înregistrate de către clonele Pannonia și AF8 în anul 2010 (anul doi de vegetație), iar cele mai reduse sunt înregistrate de clona A4A în anul 2012 (anul patru de vegetație). Clona Pannonia se evidențiază în fiecare sezon de vegetație cu creșteri superioare, atingând valoarea maximă de $23,75 \pm 2,7$ mm, aferentă sezonului doi de vegetație. În schimb, clona A4A prezintă cele mai mici creșteri pe parcursul ciclului de producție, mai puțin în anul trei, când surclasează clona AF6 și în ultimul an, când prezintă creșteri superioare clonei Monviso. Clona A4A prezintă valoarea minimă de creștere de $4,9 \pm 1,4$ mm în anul patru de vegetație. În ultimul an de

vegetație, clonele nu diferă semnificativ și prezintă o creștere curentă medie pentru întreg ciclu de producție de $11,28 \pm 5,94$ mm per total. Creșterile curente indiferent de clonă diferă semnificativ de la un sezon de vegetație la altul și de la o clonă la alta indiferent de ciclu (tab. 5.1.3).

Tabelul 5.1.3. Rezultatele testului ANOVA privind diferențele dintre creșterile radiale a clonelor de plop

Factorul de influență	DF	F	p
Analiza creșterilor radiale curente:			
Clona	7	10,1232	< 0,0001
Anul	4	401,4699	< 0,0001
Analiza creșterilor radiale cumulate:			
Clona (2009: cultura de 1 an)	7	31,3740	< 0,0001
Clona (2010: cultura de 2 an)	7	15,0008	< 0,0001
Clona (2011: cultura de 3 an)	7	12,2429	< 0,0001
Clona (2012: cultura de 4 an)	7	8,5843	< 0,0001
Clona (2013: cultura de 5 an)	7	7,3201	< 0,0001

*Notă. DF – numărul gradelor de libertate; F – mărimea efectului după distribuția Fischer; p – semnificația statistică a rezultatelor.

Discuții - privind dinamica creșterilor radiale a clonelor de plop. Diferențele dintre clone și clasificarea acestora potrivit creșterilor radiale cumulate și curente variază de la un bloc experimental la altul în 5 ani de cultură. După creșterile curente, exemplarele provenite din butași (blocul B) prezintă o creștere superioară (în medie de $10,05 \pm 2,99$ mm·an⁻¹) exemplarelor provenite din sade (blocul C, în medie de $8,92 \pm 2,16$ mm·an⁻¹), care diferă semnificativ ($p=0,037$) (fig. 5.1.4). Diferențele dintre cele două blocuri se reduc doar în cel de-al doilea an de vegetație, unde diferențele de creștere sunt nesemnificative ($p=0,898$). Pentru clona Max4, exemplarele provenite din puieți prezintă o creștere anuală superioară proveniențelor din butași și sade. Între blocurile experimentale B și C nu există diferențe semnificative induse de distanța de plantare pe rând (1,16 vs. 1,25), au fost analizați puieții de Max4 ca element comun dintre acestea ($p=0,222$). Diferențele reduse potrivit creșterilor cumulate între clone din blocul experimental C față de blocul B sunt datorate cel mai probabil mărimii materialului săditor, care pune la dispoziție o cantitate de resurse necesare dezvoltării exemplarelor în primă fază.

Dublarea distanței de plantare pentru sade (blocul C vs. D) aduce un spor de creștere anual individual de 27%, în care se înregistrează o creștere medie de $11,35 \pm 2,69$ mm·an⁻¹. Diferențele dintre cele două blocuri sunt semnificative, mai puțin în primul an de vegetație ($p=0,915$).

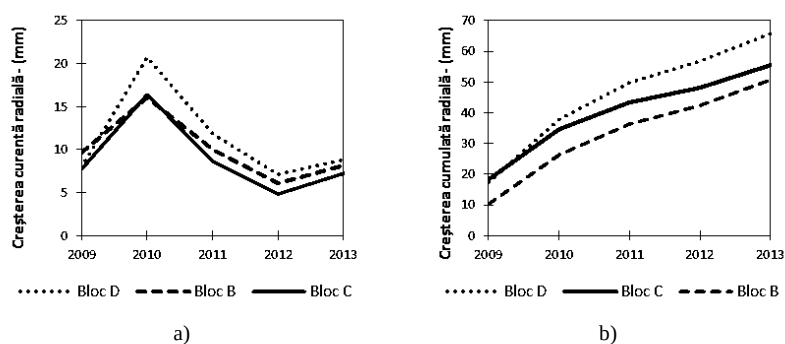


Figura 5.1.4. Diferențele dintre blocurile experimentale analizate potrivit creșterilor radiale. a) Diferențele dintre blocurile analizate potrivit creșterilor curente; b) Diferențele dintre blocurile analizate potrivit creșterilor cumulate.

Creșterea curentă medie prezintă un ritm crescător până în anul doi de vegetație, după care scade până în anul patru și crește din nou în ultimul an de vegetație, indiferent de bloc și clonă. Aspect care urmărește dinamica precipitațiilor înregistrate pe parcursul ciclului. Se remarcă clonele AF8 și Pannonia în cadrul blocurilor experimentale B și D, iar în blocul experimental C se remarcă clonele AF2 și AF6. Diferențierea pozitivă a clonelor AF2 și AF6 față de celelalte clonele este întâlnită și în cazul unui experiment dezvoltat în partea de sud-est a României. Unde clonele AF2 și AF6 au avut creșteri apropiate cu clona AF8 și au surclasat după primul sezon de vegetație celelalte clone testate: Monviso (în 3 din 5 suprafețe de probă), Turcoaia și Sacrau 79 (Fara et al., 2009, Fara et al., 2010, Filat et al., 2010).

Creșterile radiale înregistrate în plantații comparative instalate cu clonele AF2, AF6 și Monviso efectuate în nordul Italiei după doi sau trei ani de cultură clasifică de asemenea pe prima poziție clonele AF2 și AF6 (Paris et al., 2011, Di Matteo et al., 2012, Paris et al., 2015). De asemenea, alte experimente similare efectuate în centrul Italiei arată că după doi ani de vegetație clona Monviso poate realiza creșteri similare clonei AF2, iar clona AF6 acumulând în acest caz semnificativ mai puțin (Pannacci et al., 2009). Clonele Pannonia și A4A înregistrează creșteri radiale similare cu cele ale clonei Monviso în studiul de față. Clona Pannonia testată în Serbia după 5 ani de vegetație s-a dovedit inferioară în ce privește creșterea radială față de alte 4 clone testate (B-81; B-229; PE 19/66; 182/81) (Orlović et al., 2006). Pentru o densitate de plantare mai mare, clona Pannonia a reușit după cel de-al doilea an de vegetație să concureze pentru prima poziție cu restul clonelor (Klašnja et al., 2012). Cele mai reduse creșteri cumulate sunt înregistrate de către clona Max4 (butași și sade după caz), cu toate că indiferent de an, creșterile curente au fost nesemnificative cu a celorlalte clone.

Diferența pentru această clonă în blocul experimental C și D este indusă cel mai probabil de calitatea sadelor utilizate, fiind mult mai subțiri decât în cazul celorlalte clone. Potrivit creșterilor cumulate, apar diferențe semnificative între cele trei blocuri experimentale analizate pe tot parcursul ciclului de producție, mai puțin în primul an între blocul experimental C și D ($p=0,184$) (fig. 5.1.4).

5.1.2. Dinamica creșterilor curente și cumulate în înălțime a clonelor de plop hibrid

Variația anuală a creșterilor în înălțime în blocul experimental B. Creșterile în înălțime prezintă pe parcursul ciclului de producție o corelație medie cu creșterile radiale de 0,452 pentru valorile cumulate și de 0,261 pentru valorile curente. Indiferent de anul de vegetație, clonele diferă semnificativ ($p<0,0001$), aspect înregistrat și pentru sezoanele de vegetație indiferent de clonă (tab. 5.1.4). Se înregistrează un ritm crescător până la nivelul anului trei de vegetație (cu o medie de $2,38\pm0,51$ m), după care acesta scade semnificativ, ajungând în cel de-al patrulea an de vegetație la o valoare minimă ($1,58\pm0,36$ m). Cele mai importante creșteri sunt înregistrate de către clona A4A ($3,04\pm0,52$ m) în anul trei de producție, iar cele mai mici sunt înregistrate de aceeași clonă un an mai devreme ($1,12\pm0,27$ m). Pentru restul clonelor testate anul doi și trei de vegetație se dovedesc a fi cei mai prielnici pentru creșterile curente. În general, creșterile din anul doi de vegetație nu diferă semnificativ de creșterile înregistrate în anul trei. Indiferent de anul de vegetație, cele mai importante creșteri medii sunt înregistrate de către clona Pannonia ($2,24\pm0,38$ m), iar cele mai mici sunt înregistrate de clona Max4B (butași) ($1,75\pm0,51$ m). În cazul clonei Max4, exemplarele provenite din puieti prezintă creșteri superioare doar în primii doi ani de vegetație, după care înregistrează creșteri inferioare exemplarelor din butași. Întregul bloc experimental înregistrează o creștere medie anuală de $2,02\pm0,52$ m, indiferent de proveniență și clonă (fig. 5.1.5).

Tabelul 5.1.4. Rezultatele testului ANOVA privind diferențele dintre creșterile în înălțime

Factorul de influență	DF	F	p
Analiza creșterilor în înălțime curente:			
Clona	7	6,7014	< 0,0001
Anul	4	58,2436	< 0,0001
Analiza creșterilor în înălțime cumulate:			
Clona (2009: cultura de 1 an)	7	5,6972	<0,0001
Clona (2010: cultura de 2 an)	7	13,7766	<0,0001
Clona (2011: cultura de 3 an)	7	10,4879	<0,0001
Clona (2012: cultura de 4 an)	7	7,8583	<0,0001
Clona (2013: cultura de 5 an)	7	6,0879	<0,0001

*Notă. DF – numărul gradelor de libertate; F – mărimea efectului după distribuția Fischer; p – semnificația rezultatelor statistice.

Potrivit creșterilor cumulate clonele testate diferă semnificativ în fiecare an de vegetație (tab. 5.1.4). Cele mai mari variații sunt înregistrate în primul și ultimul an de vegetație, iar cele mai mici sunt înregistrate în anul trei, unde clona Max4 diferă semnificativ de restul clonelor pentru aceeași proveniență ($p<0,0001$) (fig. 5.1.5). La sfârșitul celor 5 ani de producție se înregistrează o înălțime medie de $10,36\pm1,22$ m, cu un minim pentru clona Max4 de $9,02\pm0,92$ m și maxim pentru clona Pannonia de

11,47±1,48 m. Cea mai mică variabilitate se înregistrează în sezonul doi, trei și patru de vegetație, unde clona Max4B diferă de restul clonelor, mai puțin în anul trei față de clona Max4P. În ultimul an de vegetație, clona Pannonia cu cele mai bune creșteri nu diferă semnificativ de clonele AF8, Monviso, A4A și AF6. Clona AF2 nu diferă semnificativ de restul clonelor mai puțin de prima clasată (Pannonia), cu toate că în primul sezon de vegetație prezintă creșteri superioare față de aceasta. Clona Pannonia este surclasată până în anul trei de vegetație, în special de către clona Monviso în primele două sezoane, iar în cel de-al treilea de către clona A4A.

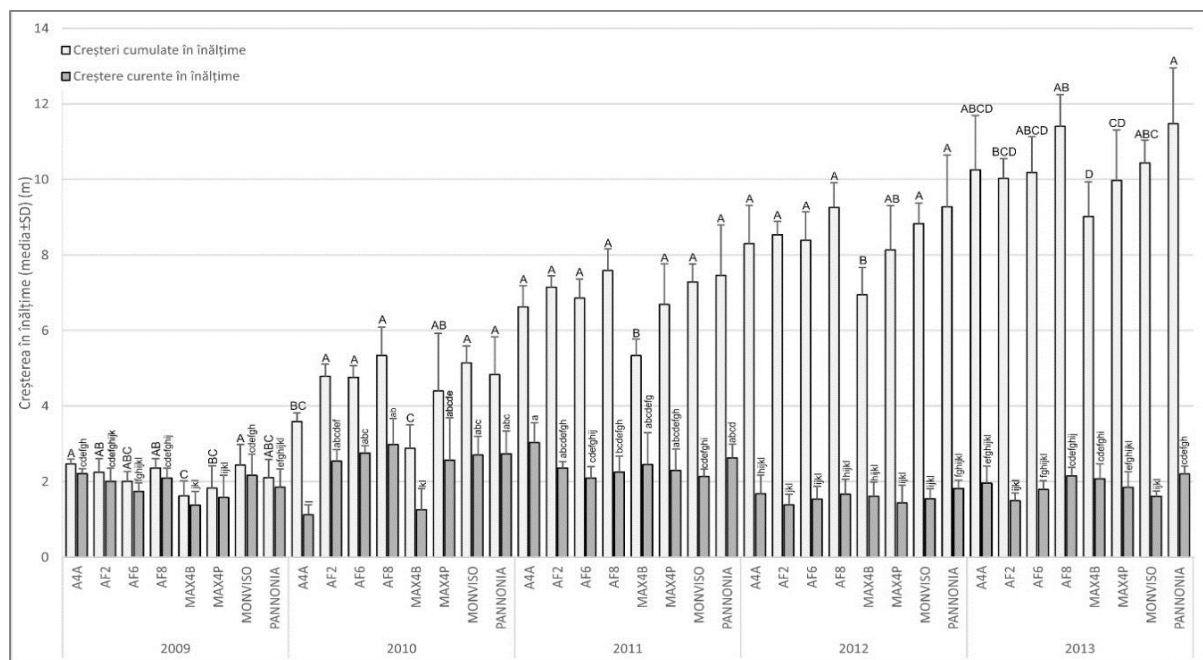


Figura 5.1.5. Dinamica creșterilor curente și cumulate în înălțime pentru blocul experimental B.

*Notă. A,B,C,D – semnificația testului statistic a creșterilor cumulate pentru fiecare clonă și an de vegetație; a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l – semnificația testului statistic pentru creșterile curente a clonelor pe întreg ciclul de vegetație. Creșterile cumulate în înălțime aferente unui anumit an însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ de la o clonă la alta pentru $p \leq 0,05$ (testul Tukey). Creșterile curente în înălțime însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ de la o clonă la alta indiferent de an pentru $p \leq 0,05$ (testul Tukey).

Variația anuală a creșterilor în înălțime în blocul experimental C. Dinamica creșterilor în înălțime prezintă o corelație puternică și pozitivă cu dinamica creșterilor radiale (0,892), unde coeficientul de corelație (Pearson) variază de la 0,911 pentru clona Pannonia la 0,843 pentru clona AF2. Cele mai importante creșteri în înălțime sunt înregistrate în anul doi de vegetație (2010), mai puțin pentru clona A4A care a înregistrat creșterea maximă în anul trei de vegetație (2011). Începând cu anul trei de vegetație (sau al patrulea în cazul clonei A4A), creșterile în înălțime au scăzut semnificativ (fig. 5.1.6).

Potrivit creșterilor curente, nu apar diferențe semnificative între clonele analizate, privind creșterile pe întreaga perioadă ($p=0,059$), în schimb apar diferențe semnificative anuale indiferent de clona studiată ($p<0,0001$) (tab. 5.1.5). Clonele AF2, AF6 și Monviso prezintă o dinamică similară pe parcursul ciclului de producție. În general, suprafața experimentală este caracterizată de o creștere medie în înălțime de $2,13 \pm 0,41 \text{ m} \cdot \text{an}^{-1}$, indiferent de clonă. Valoarea maximă de creștere este atinsă de către clona Pannonia în anul doi de vegetație ($3,45 \pm 0,37 \text{ m}$), iar cea minimă de către clona Max4 în anul 4 de vegetație ($1,29 \pm 0,36 \text{ m}$). Clona Max4 este clona cu cea mai mare variabilitate pe parcursul ciclului de vegetație (fig. 5.1.6). Înălțimile cumulate prezintă o variație de la $3,53 \pm 0,35 \text{ m}$ în primul an de vegetație la valoarea de $11,84 \pm 0,81 \text{ m}$ în ultimul an de vegetație. Clona Pannonia se face remarcată începând cu cel de-al treilea an de vegetație, aceasta atinge la sfârșitul celor 5 ani de producție înălțimea de $12,62 \pm 2,18 \text{ m}$, alături de care clona A4A care ajunge la $12,02 \pm 0,94 \text{ m}$. Cele mai reduse înălțimi sunt înregistrate de către clona Max4S (sade), de $10,78 \pm 0,37 \text{ m}$ la sfârșitul ciclului de vegetație. Clona Max4 (pentru ambele proveniențe), prezintă cele mai reduse creșteri pe tot parcursul ciclului de vegetație, mai puțin în cel de-al doilea sezon de vegetație, unde atinge o creștere superioară clonei A4A. Între cele două proveniențe de Max4, puietii prezintă o creștere redusă doar în primul sezon de vegetație, iar din cel de-al doilea an exemplarele din puietii sunt superioare exemplarelor provenite din sade. Creșterile

cumulate induc o variabilitate mare a diferențelor interclonale care scade cel mai mult în sezonul trei de vegetație (tab. 5.1.5).

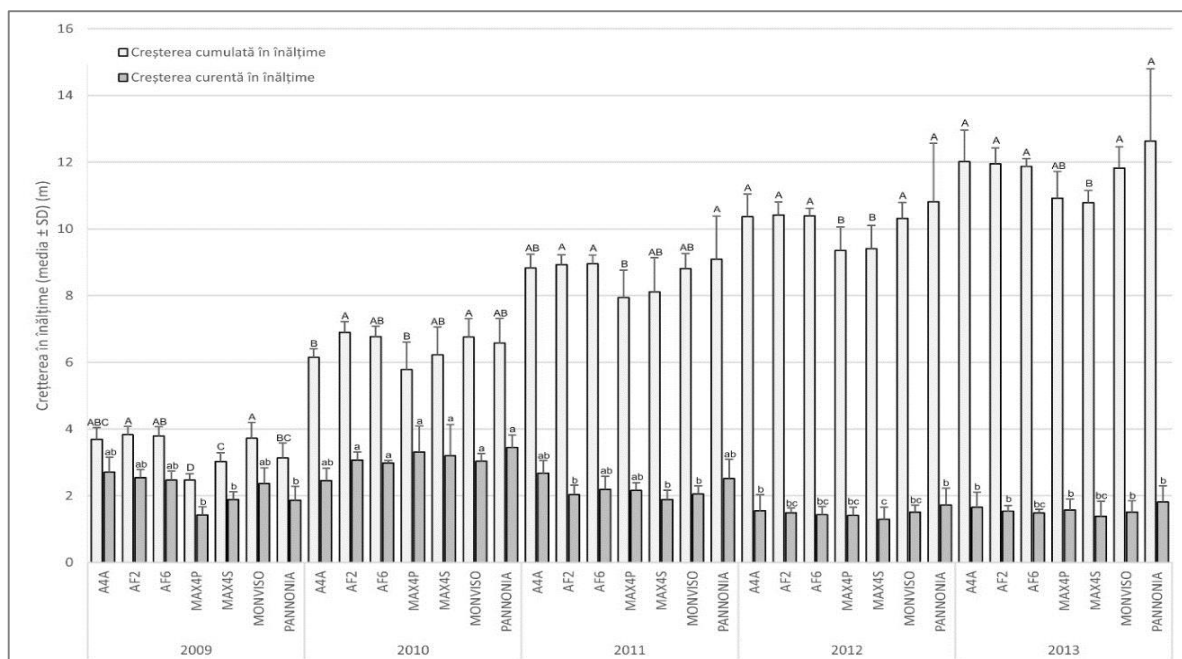


Figura 5.1.6. Dinamica creșterilor curente și cumulate în înălțime pentru blocul experimental C.

*Notă. A,B,C,D – semnificația testului statistic a creșterilor cumulate pentru fiecare clonă și an de vegetație; a,b,c,d – semnificația testului statistic pentru creșterile curente a clonelor pe întreg ciclu de vegetație. Creșterile cumulate în înălțime aferente unui anumit an însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ de la o clonă la alta pentru $p \leq 0,05$ (testul Dunn). Creșterile curente în înălțime însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ de la o clonă la alta indiferent de an pentru $p \leq 0,05$ (testul Dunn).

Tabelul 5.1.5. Rezultatele testului Kruskal-Wallis privind diferențele dintre creșterile în înălțime

Factorul de influență	DF	K	p
Analiza creșterilor în înălțime curente:			
Clona	6	12,1190	0,0594
Anul	4	279,2403	<0,0001
Analiza creșterilor în înălțime cumulate:			
Clona (2009: cultura de 1 an)	6	48,4318	<0,0001
Clona (2010: cultura de 2 an)	6	32,3103	<0,0001
Clona (2011: cultura de 3 an)	6	23,1653	0,0007
Clona (2012: cultura de 4 an)	6	26,7211	0,0002
Clona (2013: cultura de 5 an)	6	26,0153	0,0002

*Notă. DF – numărul gradelor de libertate; K – mărimea efectului (coeficientul testului Kruskal-Wallis); p – semnificația rezultatelor statistice.

Variația anuală a creșterilor în înălțime în blocul experimental D. Pentru acest bloc experimental, situația este mult mai apropiată de situația prezentă în blocul B față de blocul C. Cele mai importante creșteri curente sunt înregistrate în anul doi (2010) pentru clonele Monviso, Pannonia, AF8 și AF2, restul clonelor prezintă o variație fluctuantă pe parcursul ciclului de vegetație. Clona A4A prezintă în sezonul trei de vegetație cele mai mari creșteri curente, similare clonei Pannonia. Tot în acest sezon, clona Pannonia surclasează creșterile înregistrate de clona Monviso, situație care se păstrează pe tot ciclul. Creșterile curente înregistrate de către clona Monviso variază de la cele mai bune creșteri, înregistrate în anul doi ($3,89 \pm 0,81$ m) la cele mai reduse creșteri în anul trei de vegetație ($1,26 \pm 0,5$ m) (fig. 5.1.7). Analiza creșterilor curente în înălțime aclamă o variație semnificativă pe parcursul ciclului de vegetație, acestea diferă semnificativ indiferent de sezon și clonă (tab. 5.1.6). Anul doi de vegetație (2010) datorită creșterilor curente prezintă cel mai mare salt și pentru creșterea cumulată, an care diferă semnificativ de restul anilor analizați. Cele mai importante creșteri sunt înregistrate de către clona Pannonia ($2,55 \pm 0,28$ m), care în primii doi ani este subclasată de către clonele Monviso și AF8. Creșterile cele mai reduse sunt înregistrate de clona Max4 ($1,86 \pm 0,71$ m) pentru cele două proveniențe,

care la sfârșitul ciclului nu diferă semnificativ de restul clonelor. Pentru clona Max4 nu există diferențe semnificative pe parcursul ciclului de vegetație între puieti și sade, unde exemplarele provenite din sade prezintă o creștere superioară doar până în primul an. Clonele Monviso, AF8, AF2 și A4A prezintă o creștere curentă medie similară. În general, blocul experimental D prezintă la sfârșitul ciclului o creștere curentă de $2,13 \pm 0,7$ m an⁻¹, indiferent de clonele testate.

Creșterile cumulate variază în ultimul an de vegetație de la $14,17 \pm 1,1$ m pentru clona Pannonia la $10,32 \pm 0,8$ m pentru clona Max4S (sade). Clona Monviso, AF8, AF2 și A4A prezintă o creștere similară, care nu diferă semnificativ de clonele AF6 și Pannonia. Creșterile clonei Max4 pentru ambele proveniențe diferă semnificativ de restul clonelor, mai puțin față de clona AF6. Situația descrisă se păstrează și în sezonul patru de vegetație. Pentru clona Max4, exemplarele provenite din puieti prezintă o creștere superioară doar pentru ultimul an față de sade. Creșterile cumulate în înălțime aferente unui anumit an diferă semnificativ pentru întregul ciclu de vegetație (tab. 5.1.6).

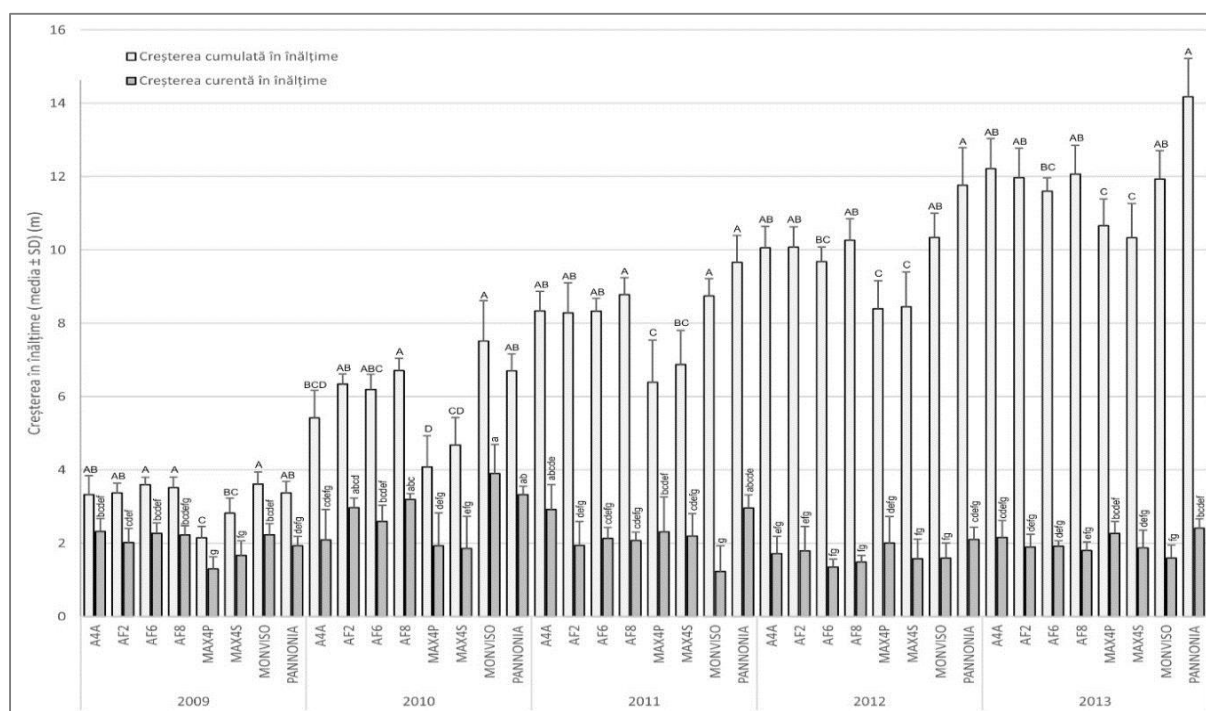


Figura 5.1.7. Dinamica creșterilor curente și cumulate în înălțime pentru blocul experimental D.

*Notă. A,B,C,D – semnificația testului statistic a creșterilor cumulate pentru fiecare clonă și an de vegetație; a,b,c,d,e,f,g – semnificația testului statistic pentru creșterile curente a clonelor pe întreg ciclu de vegetație. Creșterile cumulate în înălțime aferente unui anumit an însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ de la o clonă la alta pentru $p \leq 0,05$ (testul Dunn). Creșterile curente în înălțime însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ de la o clonă la alta indiferent de an pentru $p \leq 0,05$ (testul Dunn).

Tabelul 5.1.6. Rezultatele testului Kruskal-Wallis privind diferențele dintre creșterile în înălțime

Factorul de influență	DF	K	p
Analiza creșterilor în înălțime curente:			
Clona	7	41,5875	<0,0001
Anul	4	111,2763	<0,0001
Analiza creșterilor în înălțime cumulate:			
Clona (2009: cultura de 1 an)	7	69,5772	<0,0001
Clona (2010: cultura de 2 an)	7	83,1969	<0,0001
Clona (2011: cultura de 3 an)	7	78,0253	<0,0001
Clona (2012: cultura de 4 an)	7	75,7354	<0,0001
Clona (2013: cultura de 5 an)	7	66,6747	<0,0001

*Notă. DF – numărul gradelor de libertate; K – mărimea efectului (coeficientul testului Kruskal-Wallis); p – semnificația rezultatelor statistice.

Discuții – privind dinamica creșterilor în înălțime a clonelor de plop. Clonele prezintă o creștere curentă și cumulată diferită în cadrul blocurilor experimentale, pentru care unele clone cu creșteri superioare ridică interes pentru cultivare în condiții similare. În acest sens, în 5 ani de producție

se înregistrează o creștere curentă medie în înălțime în blocul experimental B de $2,02 \pm 0,39 \text{ m an}^{-1}$, creștere similară se înregistrează în blocurile experimentale C de $2,11 \pm 0,35 \text{ m an}^{-1}$ și în blocul experimental D de $2,13 \pm 0,51 \text{ m an}^{-1}$. Potrivit diferențelor dintre blocurile experimentale pe parcursul ciclului de vegetație, se observă fluctuația în blocul C față de restul blocurilor, unde pentru primii doi ani diferă semnificativ de cele două, iar pentru ultimul a se diferențiază negativ de cele două. Diferența dintre blocuri înregistrată prin raportarea de la creșterea curentă la creșterea cumulată este datorată dimensiunilor inițiale ale tipului de material forestier de reproducere. Astfel, blocul experimental C diferă semnificativ potrivit creșterilor cumulate de blocurile experimentale B și D, mai puțin în ultimul sezon de vegetație unde nu diferă statistic semnificativ doar față de blocul experimental D ($p=0,737$) (fig.5.1.8).

Pentru blocurile experimentale C și D, anul doi de vegetație (2010) diferă semnificativ de restul anilor, iar în cazul blocului experimental B anul doi nu diferă semnificativ de anul trei de vegetație. Pentru clona Max4, exemplarele provenite din puieti prezintă o creștere anuală superioară exemplarelor provenite din butași și sade. În medie, clonele înregistrează o creștere anuală de $2,07 \pm 0,63 \text{ m}$, indiferent de tehnologiile utilizate. În primul bloc experimental (B) unde au fost instalați butași se remarcă clonele Pannonia și AF8 cu cele mai importante creșteri. Clona Pannonia se remarcă alături de clona A4A și pentru celelalte două blocuri, cu toate că în primul an a avut creșteri slabe, confirmând în acest mod rezultatele similare din literatura de specialitate (Orlović et al., 2006, Klašnja et al., 2012). Clonele AF2, AF6 și Monviso prezintă creșteri echivalente pe durata ciclului de producție, în context cu experimentele similare din România (Fara et al., 2009, Fara et al., 2010), unde în anumite condiții clona Monviso înregistrează înălțimi superioare celorlalte două clone testate. De asemenea, în Italia pentru o producție de doi ani de vegetație, clona AF2 realizează înălțimi semnificativ mai mari decât AF6 și Monviso (Di Matteo et al., 2012, Paris et al., 2015). Clona Max4 prezintă cele mai mici înălțimi indiferent de an. Totuși, în experimente similare efectuate în Cehia, aceasta reușește să surclaseze după o perioadă de 6 ani de producție alte 4 clone de plop testate (J-104, P-494, P-524, P-473) (Trnka et al., 2008).

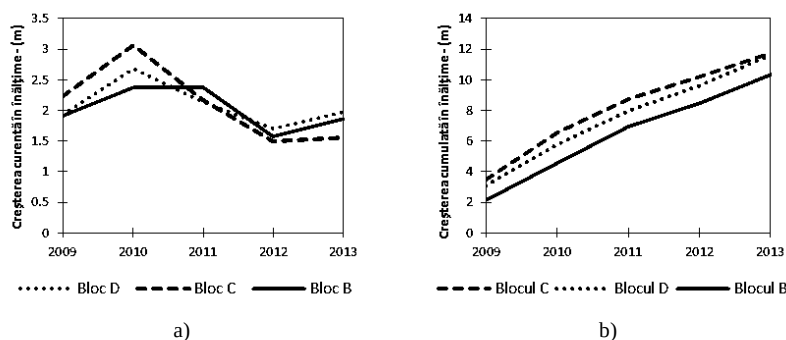


Figura 5.1.8. Diferențele dintre blocurile experimentale analizate potrivit creșterilor în înălțime. a) Diferențele dintre blocurile analizate potrivit creșterilor curente; b) Diferențele dintre blocurile analizate potrivit creșterilor cumulate.

5.1.3. Dinamica creșterilor curente și cumulate în volum a clonelor de plop hibrid

Variația anuală a creșterilor în volum în blocul experimental B. Datorită dimensiunilor reduse ale materialului forestier utilizat pentru reproducere, în primul sezon de vegetație clonele prezintă o creștere scăzută. Creșterile curente cele mai importante sunt înregistrate concomitent cu înaintarea în vârstă a culturii, unde în ultimul sezon de vegetație se înregistrează cele mai importante creșteri anuale. Astfel încât, ultimul sezon înregistrează un aport de creștere de până la 81%. Indiferent de clonă, pe întreg ciclu de vegetație se cumulează un volum unitar de $10,2 \pm 3,1 \text{ dm}^3$, rezultatul a unei creșteri curente anuale de $5,3 \pm 1,1 \text{ dm}^3$ (fig. 5.1.9). Potrivit creșterilor curente, ultimul sezon de vegetație diferă semnificativ de restul anilor, unde clonele prezintă o creștere similară fără diferențe semnificative. Indiferent de clonă apar diferențe semnificative între creșterile curente, situație similară înregistrată indiferent de ciclul de vegetație.

Potrivit creșterilor cumulate nu apar diferențe semnificative între clonele în ultimul an de vegetație ($p=0,051$), cu toate că clona Max4B înregistrează semnificativ creșteri mai mici decât clona AF8 (tab. 5.1.7). Clona AF8 se remarcă încă din primul sezon de vegetație cu cele mai importante

creșteri curente, aceasta reușește să cumulează în 5 ani de producție un volum $31,6 \pm 7,2 \text{ dm}^3$. Începând cu anul trei de vegetație, creșterile cumulate ale clonei AF8 nu diferă semnificativ de celelalte clone, mai puțin față de clona Max4B (butași). Diferența dintre clona AF8 și Max4 pentru aceeași proveniență se păstrează pentru parcursul ciclului de producție pentru creșterile curente ($p < 0,0001$). Creșterile reduse ale clonei Max4 se mențin doar pentru proveniența din butași față de exemplarele provenite din puieti, acestea înregistrează printre cele mai bune creșteri. Clona Pannonia prezintă creșteri importante la sfârșitul ciclului de vegetație, cu toate că în primele două sezoane înregistrează creșteri mai reduse. Aceasta în anul doi nu diferă semnificativ de clona Max4B. Clona A4A prezintă creșteri similare clonei AF8 în primul și ultimul sezon de vegetație, față de care nu diferă semnificativ pentru toate sezoanele de vegetație.

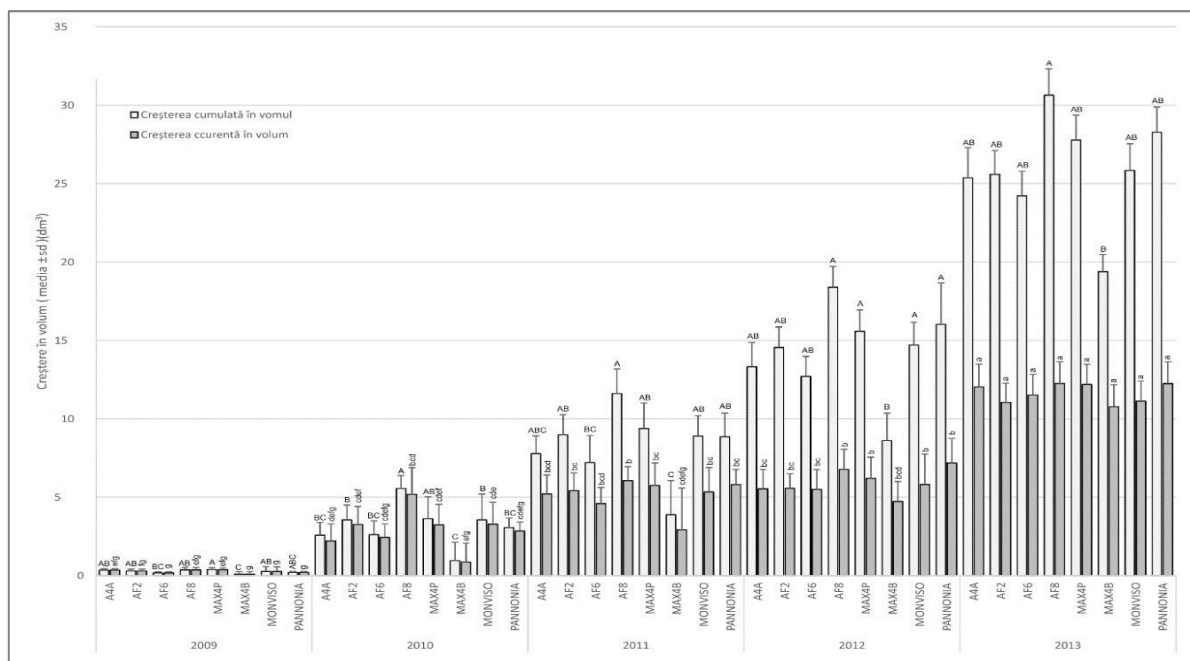


Figura 5.1.9. Dinamica creșterilor curente și cumulate în volum pentru blocul experimental B.

*Notă. A,B,C – semnificația testului statistic a creșterilor cumulate pentru fiecare clonă și an de vegetație; a,b,c,d,e,f,g – semnificația testului statistic pentru creșterile curente a clonelor pe întreg ciclu de vegetație. Creșterile cumulate în volum aferente unui anumit an însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ de la o clonă la alta pentru $p \leq 0,05$ (testul Tukey). Creșterile curente în volum însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ de la o clonă la alta indiferent de an pentru $p \leq 0,05$ (testul Tukey).

Tabelul 5.1.7. Rezultatele testului ANOVA privind diferențele dintre creșterile în volum a clonelor de plop

Factorul de influență	DF	F	p
Analiza creșterilor în volum curente:			
Clona	7	5,8450	< 0,0001
Anul	4	420,8209	< 0,0001
Analiza creșterilor în volum cumulate:			
Clona (2009: cultura de 1 an)	7	5,2457	< 0,0001
Clona (2010: cultura de 2 an)	7	8,0612	< 0,0001
Clona (2011: cultura de 3 an)	7	6,0344	< 0,0001
Clona (2012: cultura de 4 an)	7	4,4566	0,0003
Clona (2013: cultura de 5 an)	7	2,1148	0,0509

*Notă. DF – numărul gradelor de libertate; F – mărimea efectului după distribuția Fischer; p – semnificația rezultatelor statistice.

Variația anuală a creșterilor în volum în blocul experimental C. Pentru întregul ciclu de producție în cadrul acestui bloc experimental se înregistrează o creștere curentă în volum de $6,8 \pm 1,8 \text{ dm}^3$. Indiferent de clonă și anul de vegetație la sfârșitul celor 5 ani de producție se acumulează un volum mediu unitar de $34,7 \pm 6,2 \text{ dm}^3$ (echivalentul a $0,034 \pm 0,006 \text{ m}^3$). Ultimul sezon de vegetație aduce un aport de creștere de 36%, în comparație cu primul sezon care înregistrează o creștere de doar 4% (fig. 5.1.10). După variația creșterilor curente, ultimul sezon de vegetație diferă semnificativ de restul sezoanelor, iar primul sezon de vegetație, diferă în același timp și față de sezonul doi și trei de vegetație

($p < 0,0001$). Diferențele înregistrate între creșterile cumulate se reduc spre ultimul an de vegetație între clonele analizate (tab. 5.1.8).

Clonele AF2 și AF6 prezintă cele mai importante creșteri (curente și cumulate) și se remarcă încă din primii ani de vegetație față de restul clonelor. Clona AF2 prezintă o creștere superioară fără diferențe semnificative doar în ultimul sezon de vegetație față de clona AF6, în rest aceasta este subclasată. Creșterile cele mai reduse sunt înregistrate de către clona Max4S (provenită din sade), care în comparație cu exemplarele provenite din puieți (Max4P) prezintă o creștere superioară doar în anul doi de vegetație. Diferența de creștere curente dintre valorile extreme se reduc cu creșterea perioadei de vegetație în teren. Clona Pannonia prezintă în primii doi ani de vegetație creșteri mai mici, iar începând cu cel de-al treilea an de vegetație aceasta reușește să reducă din diferență față de clonele AF2 și AF6 ($p = 0,640$). Clona A4A și Monviso prezintă o variație similară pe parcursul ciclului de vegetație. Clona A4A în cel de-al treilea an de vegetație prezintă creșteri superioare în volum față de clona AF2, poziționându-se pe locul al doilea, după clona AF6. Clona AF2 prezintă cea mai mare creștere în ultimul an de vegetație, cu cea mai mare variabilitate a diferențelor pe creșterile curente în volum în timp. Clona Max4 (provenită din sade și puieți) diferă semnificativ de clona AF2 în anul doi și trei de vegetație.

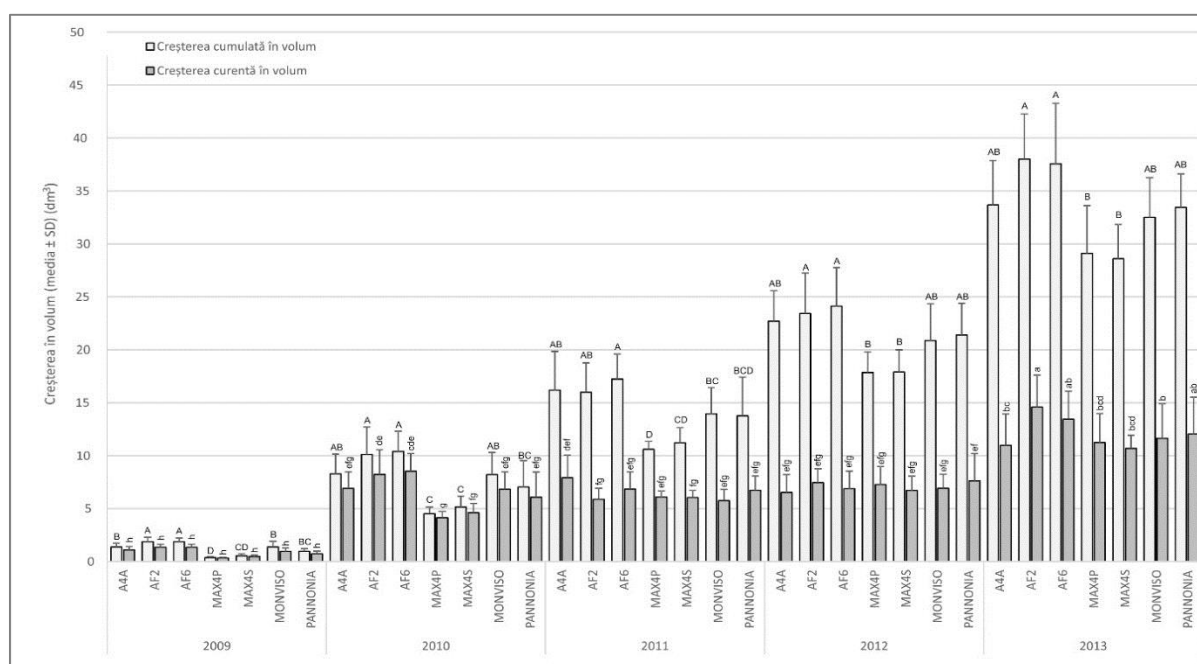


Figura 5.1.10. Dinamica creșterilor curente și cumulate în volum pentru blocul experimental C.

*Notă. A,B,C,D – semnificația testului statistic a creșterilor cumulate pentru fiecare clonă și an de vegetație; a,b,c,d,e,f,g,h – semnificația testului statistic pentru creșterile curente a clonelor pe întreg ciclul de vegetație. Creșterile cumulate în volum aferente unui anumit an însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ de la o clonă la alta pentru $p \leq 0,05$ (testul Tukey). Creșterile curente în volum însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ de la o clonă la alta indiferent de an pentru $p \leq 0,05$ (testul Tukey).

Tabelul 5.1.8. Rezultatele testului ANOVA privind diferențele dintre creșterile în volum a clonelor de plop

Factorul de influență	DF	F	p
Analiza creșterilor în volum curente:			
Clona	6	9,6753	< 0,0001
Anul	4	457,3583	< 0,0001
Analiza creșterilor în volum cumulate:			
Clona (2009: cultura de 1 an)	6	30,1446	< 0,0001
Clona (2010: cultura de 2 an)	6	14,4173	< 0,0001
Clona (2011: cultura de 3 an)	6	9,9791	< 0,0001
Clona (2012: cultura de 4 an)	6	4,7793	0,0003
Clona (2013: cultura de 5 an)	6	4,4886	0,0006

*Notă. DF – numărul gradelor de libertate; F – mărimea efectului după distribuția Fischer; p – semnificația rezultatelor statistice.

Variația anuală a creșterilor în volum în blocul experimental D. Dublarea distanței de plantare față de blocul precedent favorizează o creștere a volumului la nivel individual, care indiferent de clona

analizată la sfârșitul ciclului de producție se înregistrează un volum mediu de $41,3 \pm 9,2 \text{ dm}^3$ (echivalentul a $0,041 \pm 0,009 \text{ m}^3$). La sfârșitul perioadei de vegetație, creșterile cele mai importante sunt înregistrate de către clona Pannonia și AF8 (în medie acumulează $48,2 \pm 9,8 \text{ dm}^3$). Cele mai slabe creșteri sunt întâlnite la clona Max4 pentru cele două tipuri de material forestier de reproducere, aceasta acumulează $34,4 \pm 7,4 \text{ dm}^3$ și nu diferă semnificativ față de clonele AF6 și A4A. În plus exemplarele provenite din puieți ale clonei Max4 nu diferă statistic de clona Monviso. Pentru clona Max4, până în ultimul sezon de vegetație, exemplarele provenite din puieți au fost subclasate de exemplarele provenite din sade. Diferențele cele mai mari între clonele din primii ani se reduc odată cu înaintarea în vârstă a culturii, unde cea mai mică diferență se înregistrează în anul trei de vegetație. Clona Pannonia cumulează cele mai importante creșteri, cu toate că în primul sezon de vegetație pornește cu creșteri reduse, care nu se diferențiază semnificativ de creșterile clonei Max4 (puieți și sade) și A4A (fig. 5.1.11). În general nu apar diferențe semnificative pe parcursul ciclului de vegetație între clonele Pannonia, Monviso, AF2, AF6, AF8 și A4A, excepție fac primele două sezoane de vegetație când clona A4A prezintă creșteri reduse.

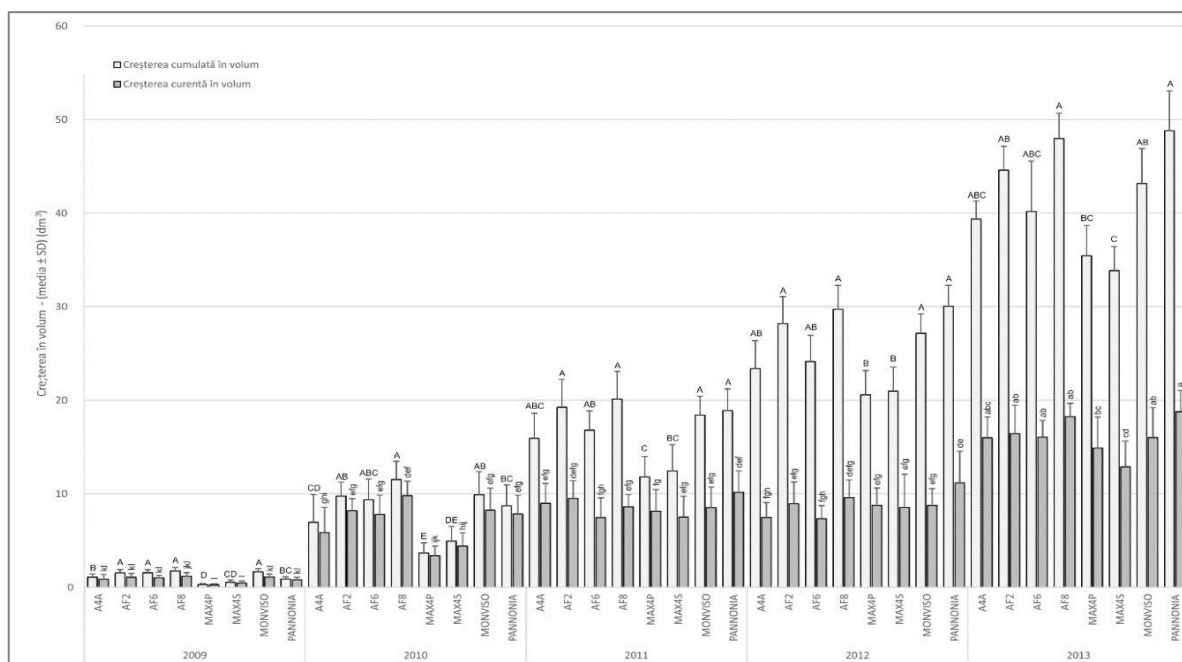


Figura 5.1.11. Dinamica creșterilor curente și cumulate în volum pentru blocul experimental D.

*Notă. A,B,C,D,E – semnificația testului statistic a creșterilor cumulate pentru fiecare clonă și an de vegetație; a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l – semnificația testului statistic pentru creșterile curente a clonelor pe întreg ciclu de vegetație. Creșterile cumulate în volum aferente unui anumit an însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ de la o clonă la alta pentru $p \leq 0,05$ (testul Tukey). Creșterile curente în volum însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ de la o clonă la alta indiferent de an pentru $p \leq 0,05$ (testul Tukey).

Tabelul 5.1.9. Rezultatele testului ANOVA privind diferențele dintre creșterile în volum a clonelor de plop

Factorul de influență	DF	F	p
Analiza creșterilor în volum curente:			
Clona	6	14,511	< 0,0001
Anul	4	569,995	< 0,0001
Analiza creșterilor în volum cumulate:			
Clona (2009: cultura de 1 an)	6	43,568	< 0,0001
Clona (2010: cultura de 2 an)	6	28,707	< 0,0001
Clona (2011: cultura de 3 an)	6	11,218	< 0,0001
Clona (2012: cultura de 4 an)	6	6,869	< 0,0001
Clona (2013: cultura de 5 an)	6	5,827	< 0,0001

*Notă. DF – numărul gradelor de libertate; F – mărimea efectului după distribuția Fischer; p – semnificația rezultatelor statistice.

La nivel anual se înregistrează o creștere medie în volum de $8,2 \pm 1,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$. Creșterile din ultimul an de vegetație aduc un aport de 39%, în comparație cu primul an unde se însumează doar 3%. Creșterile din anul doi de vegetație sunt similare creșterilor din anul trei. Creșterile cele mai importante

sunt întâlnite la clona Pannonia ($19,2 \pm 4,3 \text{ dm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$), care este urmată de AF8 ($18,5 \pm 4,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$). În partea extremă, cele mai reduse creșteri sunt întâlnite la clona Max4P (provenită din puieti). Anul doi de vegetație înregistrează un salt important de creștere pe întreg ciclu, unde clona AF8 prezintă creșteri superioare clonei Pannonia. Indiferent de clonă, potrivit creșterilor cumulate se înregistrează diferențe semnificative pe parcursul ciclului de vegetație. Diferențele se păstrează semnificative indiferent de ciclul de vegetație (tab. 5.1.9). Potrivit creșterilor curente, clonele nu diferă semnificativ în anul doi și trei de vegetație, iar în ultimul și în cel de-al doilea an de vegetație clona Max4 (provenită din puieti și sade) nu diferă semnificativ de clona A4A (fig. 5.1.11).

Discuții - privind dinamica creșterilor în volum a clonelor de plop. Variațiile anuale de creștere a clonelor la nivel radial și în înălțime sunt transmise cumulat către variațiile în volum a acestora. Creșterile în volum se corelează puternic cu creșterile radiale ($r=0,812$) și moderat cu creșterile înălțimilor ($r=0,663$). Dinamica anuală a clonelor se datorează cel mai probabil condițiilor staționale, cât și a lucrărilor de întreținere, a posibilităților elagaje artificiale sau distribuirii de nămoluri de decantare în primele două sezoane de vegetație, asupra cărui fapt nu sunt informații complete. Acestea formează un cumul de factori de acțiune în timp asupra productivității culturilor. Importanța stațiunii asupra diferențelor de creștere a clonelor este scoasă în evidență de rezultatele unor cercetări efectuate în Lunca și Delta Dunării, unde clona Monviso obține creșteri superioare clonelor AF2 și AF6 (Fara et al., 2009, Fara et al., 2010). Aceste rezultate sunt confirmate și de cercetările efectuate în Italia de Pannacci et al., (2009), care susține că în anumite situații, clonele AF2 și Monviso obțin creșteri superioare clonei AF6. După analiza clonală, creșterile în volum a exemplarelor de plop au fost puternic influențate de tipul acestora. Diferențele semnificative între clone s-au menținut pe parcursul întregului ciclu de producție, contrar rezultatelor obținute în alte cercetări similare, care au arătat că diferențele semnificative dintre clone, se reduc odată cu creșterile din cel de-al doilea sezon de vegetație (Paris et al., 2011, Paris et al., 2015, Klačnja et al., 2012). Clonele AF8 și Pannonia prezintă cele mai importante creșteri din blocul experimental B și D. Creșterile superioare în volum ale clonelor AF6 și AF2 din blocul experimental C se mențin de-a lungul celor 5 ani de producție, totuși, în condiții staționale diferite acestea se comportă diferit (Paris et al., 2011).

În ce privește creșterile în volum indiferent de tipul clonelor testate, în condițiile locale se obține un volum mediu pe exemplar de $13,3 \text{ dm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ (fără coajă și ramuri). În valori cumulate, un exemplar mediu poate crește până la $34,2 \text{ dm}^3$ (echivalentul a $0,034 \text{ m}^3$). Rezultate similare au fost obținute prin experimentele instalate în Serbia pentru clona Pannonia, care produce într-un ciclu de 7 ani $40,2 \text{ dm}^3$ (Klačnja et al., 2012). Blocurile experimentale C și D înregistrează creșteri similare după 5 ani de producție ($33,1 \text{ dm}^3$), superioare blocului B ($26,2 \text{ dm}^3$). Productivitatea cea mai slabă este obținută de către clona Max4, în medie aceasta acumulează un volum de $29,1 \text{ dm}^3$, indiferent de proveniență. Creștere similară în volum pentru clona Max4 sunt obținute în Danemarca ($30,2 \text{ dm}^3$) după un ciclu asemănător de 5 ani de vegetație (Nielsen et al., 2014). Alegerea ciclului pentru recoltare biomasei este un prim aspect important pentru culturile cu ciclu scurt de producție (Mușat et al., 1987). Este mai avantajos alegerea unor cicluri de producție de lungă durată, numărul de exemplare scade de la un an la altul atunci când recoltarea se face după cicluri foarte scurte de producție (1 an de vegetație) (Berry, 1974, Schmidt and DeBell, 1973). Recoltarea după perioade scurte de timp (*rotația culturii*) reduc vigoarea de lăstărire a cioatelor (Mușat, 1983). Cercetările efectuate arată că ultimul sezon de vegetație aduce un aport foarte mare de biomasă (până la 40%), aspect confirmat și în cercetări similare (Bungart and Hüttl, 2004).

Rezultatele cercetărilor prezintă diferențele dintre clone doar la nivelul trunchiului pe parcursul celor 5 ani de producție. În acest sens sunt necesare noi etape de cercetare care să analizeze dinamica anuală a creșterilor pe componente de arbore, de la nivelul ramurilor și rădăcinilor în principal. Sunt necesare pentru a surprinde variațiile acestora de la o clonă la alta și de a analiza proporția în volumul total, în raport cu tehnologiile de cultură utilizate.

Potrivit diferențelor dintre blocurile analizate, la nivel de creștere curentă în volum se observă că blocul D diferă semnificativ de restul blocurilor analizate, mai puțin în sezonul doi de vegetație față de blocul C ($p=0,806$). Între blocurile experimentale B și C nu apar diferențe semnificative doar în ultimul sezon de vegetație ($p=0,352$). Pentru creșterile cumulate, apar diferențe semnificative între blocurile experimentale, mai puțin între blocul C și D în cel de-al doilea an de vegetație (2010) ($p=0,525$). Blocul Experimental C prezintă creșteri superioare blocului D doar în primele două sezoane de vegetație, în

rest este subclasat. Blocul experimental B diferă semnificativ de restul blocurilor analizate pe întregul ciclu de producție (fig. 5.1.12).

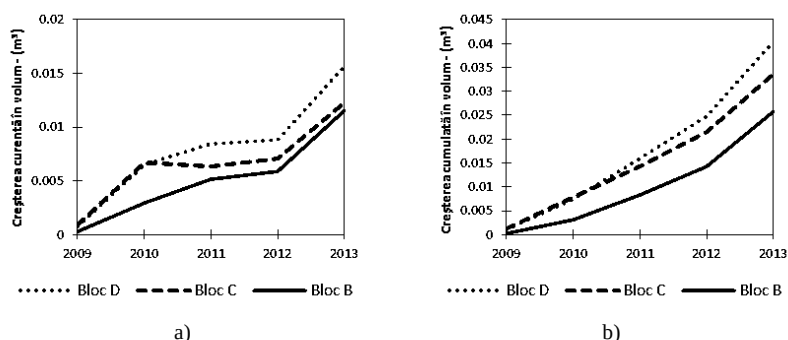


Figura 5.1.12. Diferențele dintre blocurile experimentale analizate potrivit creșterilor în volum. a) Diferențele dintre blocurile analizate potrivit creșterilor curente; b) Diferențele dintre blocurile analizate potrivit creșterilor cumulate.

5.2. Influența tipului de material forestier de reproducere în acumularea de biomasă a clonelor de plop hibrid

Variația biomasei pentru clona de plop hibrid Max4 în funcție de natura materialului forestier de reproducere. Influența celor trei tipuri de material forestier de reproducere (butași, puiet și sade) s-a putut analiza doar pentru clona Max4 (*Populus nigra* x *P. Maximowiczii*) în cadrul primului experiment S1 instalat 2009. Pentru această clonă au fost instalați în plus puiet cu rădăcină pe lângă butași și sade, din care au fost recoltate exemplare de plop sistematic (tab. 5.2.1). Restul clonelor au fost testate ca tip de material săditor doar pentru butași și sade. Pentru clona Max4, influența tipului de material săditor s-a analizat în blocurile experimentele B și C, unde diferența generată de distanța de plantare pe rând a exemplarelor dintre blocurile respective este nesemnificativă (1,16 versus 1,25 m). Aspect care a fost testat statistic între puietii clonei Max4 (ca element comun) din ambele blocuri experimentale pentru fiecare perioadă de recoltare (ANOVA: $n=40$, $p=0,486$ - pentru biomasa totală individuală acumulată după 4 ani; ANOVA: $n=20$, $p=0,134$ - pentru biomasa totală individuală realizată după 5 ani).

Tabelul 5.2.1. Structura datelor după experiment, tip de material săditor și ciclu de producție

Tipul de material săditor	Experimentul B (2874 arbori · ha ⁻¹)	Experimentul C (2667 arbori · ha ⁻¹)
după 4 ani de vegetație (recoltare și măsurare în ianuarie 2013)		
MAX4 Butași	20	-
MAX4 Puiet cu rădăcină	20	20
MAX4 Sade	-	20
după 5 ani de vegetație (recoltare și măsurare în ianuarie 2014)		
MAX4 Butași	10	-
MAX4 Puiet cu rădăcină	10	10
MAX4 Sade	-	10

Exemplarele provenite din sade și puietii cu rădăcină prezintă după o perioadă de 4 ani de vegetație o acumulare de biomasă semnificativ mai mare decât exemplarele provenite din butași ($p<0,0001$) (tab. 5.2.2). După patru ani de vegetație, exemplarele din butași acumulează 44,1% din biomasa acumulată de exemplarele din sade și 54,2% față de biomasa exemplarelor din puiet. Diferența semnificativă se păstrează și după o perioadă de cinci ani de vegetație pentru toate proveniențele de material săditor, mai puțin pentru biomasa ramurilor ($p=0,236$). După 5 ani, exemplarele din butași recuperează din diferența de creștere și acumulează 66,6% din biomasa exemplarelor provenite din sade și 69,3% din biomasa exemplarelor provenite din puiet cu rădăcină. După patru sezoane de vegetație, exemplarele provenite din sade acumulează o cantitate de biomasă semnificativ mai mare decât cele provenite din puiet (23,1%). În schimb, după 5 ani de vegetație, exemplarele provenite din puiet ajung

să reducă din diferență la o valoare de 4,1%, valoare nesemnificativă indiferent de partea anatomică studiată (trunchi și ramuri). Aportul de biomasă realizat în ultimul an de vegetație este de 45,4% pentru exemplarele provenite din sade, 72,0% pentru cele provenite din puieti și 119,6% pentru exemplarele din butași. Exemplarele provenite din butași și puieti prezintă o vigoare de creștere în ultimul an de vegetație semnificativ mai mare decât cea a exemplarelor provenite din sade.

Tabelul 5.2.2. Biomasa medie a clonei Max4 după 4 și 5 ani de vegetație în funcție de natura materialului săditor

Ciclu de producție	Biomasă pe componentă	Tip de material săditor			ANOVA		
		Sade	Puieti cu rădăcină	Butași	DF	F	p
Producția de biomasa individuală (kg) (media±SD)							
după 4 ani de vegetație	totală	12,3±0,87 ^a	9,99±0,80 ^b	5,42±0,43 ^c	2	20,331	<0,0001
	trunchi	8,91±0,63 ^a	7,22±0,60 ^a	3,61±0,28 ^b	2	22,341	<0,0001
	ramuri	3,38±0,28 ^a	2,76±0,24 ^a	1,81±0,18 ^b	2	10,904	<0,0001
după 5 ani de vegetație	totală	17,88±0,71 ^a	17,18±1,29 ^a	11,9±1,25 ^b	2	7,895	0,0014
	trunchi	13,38±0,59 ^a	12,85±1,10 ^a	8,22±0,83 ^b	2	9,517	0,0005
	ramuri	4,50±0,33 ^a	4,34±0,30 ^a	3,68±0,46 ^a	2	1,500	0,2363
Producția de biomasa pe unitatea de suprafață (t·ha ⁻¹) (media±SD)							
după 4 ani de vegetație	totală	32,79±4,5 ^A	27,51±4,36 ^A	15,57±2,43 ^B	2	18,2059	< 0,0001
	trunchi	23,77±3,27 ^A	18,89±3,27 ^A	10,37±1,59 ^B	2	20,4289	< 0,0001
	ramuri	9,02±1,44 ^A	7,62±1,30 ^A	5,20±0,98 ^B	2	8,9347	0,0003
după 5 ani de vegetație	totală	47,70±4,14 ^A	47,46±7,95 ^A	34,19±7,86 ^B	2	6,1015	0,0051
	trunchi	35,69±3,43 ^A	35,48±6,70 ^A	23,61±5,24 ^B	2	7,8066	0,0015
	ramuri	12,01±1,91 ^A	11,98±1,89 ^A	10,58±2,92 ^A	2	0,7378	0,4851

*Notă. a,b,c: semnificația testului statistic pentru biomasă individuală; A,B: semnificația testului statistic pentru biomasă raportată la unitatea de suprafață. Valorile de pe linie însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ pentru $p \leq 0,05$ (conform testului Tukey).

Potrivit producției de biomasă raportată la unitatea de suprafață, după 4 ani de vegetație cultura provenită din butași acumulează o cantitate semnificativ mai mică în comparație cu cea provenită din puieti și sade ($p < 0,0001$). După un an în plus de vegetație, cultura provenită din butași recuperează diferența de biomasă doar pentru biomasă obținută la nivelul ramurilor ($p = 0,485$). În medie pentru ambele cicluri de vegetație, biomasă raportată pe unitatea de suprafață nu se diferențiază semnificativ între culturile provenite din puieti cu cele provenite din sade. Pe de altă parte, culturile provenite din sade au acumulat după 4 și respectiv 5 ani mai mult decât cele provenite din puieti, valori care nu sunt semnificative din punct de vedere statistic. În ultimul an de producție, față de exemplarele provenite din sade se observă o creștere accelerată a exemplarelor din butași (de la o diferență de 2,1 la o diferență de 1,4 ori mai mică) și mai puțin a celor din puieti (de la o diferență de 1,2 la o diferență de 1,0 ori mai mică). În urma prelungirii ciclului de producție cu un an de vegetație, indiferent de tipul de material săditor, se observă o reducere a proporției biomasei de la nivelul ramurilor (în raport cu biomasă trunchiului) de 2,4%.

Variația biomasei clonelor de plop hibrid în funcție de natura materialului forestier de reproducere. După 4 ani de vegetație, indiferent de clonă și de partea componentă studiată, apar diferențe semnificative între biomasă înregistrată de exemplarele provenite din butași față de cele provenite din sade (tab. 5.2.3). În general, sunt foarte semnificative diferențele pentru biomasă trunchiului și cea totală ($p < 0,0001$). În această privință, clona A4A înregistrează cele mai mici diferențe pentru biomasă ramurilor ($p = 0,039$). După 4 ani de vegetație, indiferent de originea clonală, se obține o biomasă totală la nivel individual de $8,98 \pm 3,33$ kg pentru exemplarele provenite din butași și de $13,71 \pm 3,32$ kg pentru cele provenite din sade. Exemplarele provenite din sade înregistrează o producție de 52,7% mai multă biomasă decât cele provenite din butași. În schimb, pentru un ciclu de producție de 5 ani, diferențele dintre cele două materiale de reproducere se reduc foarte mult. Nu apar diferențe semnificative pentru toate componentele de arbore la două dintre clonele studiate, clona A4A ($p = 0,139$) și Pannonia ($p = 0,476$). Pe lângă aceste clone, nu apar diferențe semnificative pentru biomasă ramurilor la clonele AF6 ($p = 0,063$) și Max4 ($p = 0,166$). După 5 ani de vegetație, diferențele dintre cele două proveniențe se reduc până la 34,6%, exemplarele provenite din butași ajung să acumuleze o biomasă totală individuală de $15,68 \pm 5,71$ kg, iar exemplarele provenite din sade acumulează $21,11 \pm 5,05$ kg.

Potrivit variației interclonale pentru exemplarele provenite din butași, cele mai bune rezultate după 4 ani sunt obținute de către clonele AF8 (10,99±3,05 kg) și Monviso (10,19±3,45 kg) față de clona Max4 (5,42±1,93 kg), cu cele mai mici creșteri. Clona Max4 înregistrează o diferență de biomasă la nivel total de 51,6% mai redusă decât cele două clone prezentate anterior. Această clonă diferă semnificativ de majoritatea clonelor testate, mai puțin față de clona A4A ($p=0,071$). Nu apar diferențe semnificative între clonele studiate după 4 ani de vegetație pentru biomasa acumulată la nivelul ramurilor ($p=0,250$). În schimb, un an mai târziu pentru exemplarele provenite din butași, diferențele dintre clone se reduc pe lângă biomasa ramurilor și pentru biomasa totală ($p=0,139$). Un an de vegetație în plus (după 5 ani) evidențiază clona Pannonia cu creșteri foarte bune, urmată de clona AF8, acestea depășesc în medie o biomasă de 18±8,63 kg. Cele mai reduse acumulări de biomasă sunt întâlnite pentru clona Max4, care înregistrează 11,9±3,95 kg la nivel total. Pentru butași ultimul an de vegetație aduce un aport de 71,6%. Diferențele de biomasă dintre clonele de plop provenite din sade la vârsta de patru ani de vegetație nu sunt semnificative pentru biomasa totală ($p=0,077$). În schimb, trecerea de la 4 la 5 ani de vegetație reduce din diferență pe lângă biomasa totală ($p=0,284$) și pentru biomasa ramurilor ($p=0,062$). Creșterile cele mai bune pentru exemplarele provenite din sade de 5 ani sunt înregistrate de către clonele AF2 și AF6, care cumulează o biomasă de 22,31±4,52 kg pe individ. Cele mai slabe acumulări sunt înregistrate de către clona Max4 (17,88±2,25 kg). Pentru ultimul an de vegetație, exemplarele provenite din sade produc o creștere de 51,81% în raport cu creșterile anului precedent.

Tabelul 5.2.3. Producția de biomasă individuală în raport cu natura materialului săditor după 4 și 5 ani de vegetație

Clona	Compo nentă	După 4 ani de vegetație (kg)		După 5 ani de vegetație (kg)		ANOVA – pe material săditor			
						După 4 ani		După 5 ani	
		Butași	Sade	Butași	Sade	F	p	F	p
A4A	total	8,10±2,72 ^{b,c} B	13,94±4,08 ^a A	15,56±7,2 ^a A	20,09±6,02 ^a	28,4100	< 0,0001	2,3980	0,1389
	trunchi	6,26±2,24 ^b B	11,59±3,43 ^a A	12,27±5,1 ^{a,b} A	16,6±4,48 ^{a,b} A	33,8460	< 0,0001	4,0771	0,0586
	ramuri	1,84±0,72 ^a B	2,35±0,8 ^b A	3,29±2,01 ^a A	3,47±1,58 ^{a,b} A	4,5620	0,0392	0,0489	0,8274
AF2	total	9,21±3,03 ^{a,b} B	14,57±3,32 ^a A	13,83±3,51 ^a B	22,05±3,83 ^a	36,7665	< 0,0001	32,4545	< 0,0001
	trunchi	7,22±2,29 ^{a,b} B	11,32±2,39 ^a A	11,3±2,43 ^{a,b} B	17,94±2,56 ^a	40,3294	< 0,0001	46,2904	< 0,0001
	ramuri	2,00±0,95 ^a B	3,25±1,18 ^a A	2,53±1,24 ^a B	4,12±1,34 ^{a,b} A	17,1030	0,0001	9,7556	0,0041
AF6	total	8,43±1,97 ^{a,b} B	13,18±1,99 ^a A	15,05±5,38 ^a B	22,57±4,52 ^a	57,4150	< 0,0001	11,4399	0,0033
	trunchi	7,02±2,29 ^{a,b} B	10,9±1,67 ^{a,b} A	12,53±4,2 ^{a,b} B	18,86±3,37 ^a	58,1274	< 0,0001	13,7932	0,0016
	ramuri	1,41±0,44 ^a B	2,2±0,48 ^b A	2,52±1,22 ^a A	3,71±1,46 ^{a,b} A	31,8068	< 0,0001	3,9311	0,0629
AF8	total	10,99±3,05 ^a	n.a.	18,11±4,45 ^a	n.a.				
	trunchi	9,20±2,53 ^a	n.a.	15,6±3,88 ^a	n.a.				
	ramuri	1,79±0,61 ^a	n.a.	2,51±0,77 ^a	n.a.				
MAX 4	total	5,42±1,93 ^c B	12,3±3,88 ^a A	11,9±3,95 ^a B	17,88±2,25 ^a	50,2326	< 0,0001	17,3095	0,0006
	trunchi	3,61±1,27 ^c B	8,91±2,82 ^b A	8,22±2,63 ^b B	13,38±1,86 ^b	58,8192	< 0,0001	25,6116	< 0,0001
	ramuri	1,81±0,78 ^a B	3,38±1,25 ^a A	3,68±1,47 ^a A	4,5±1,04 ^a A	22,8717	< 0,0001	2,0878	0,1657
MON VISO	total	10,19±3,45 ^{a,b} B	13,2±2,07 ^a A	16,39±4,94 ^a B	21,66±4,74 ^a	22,3422	< 0,0001	11,8230	0,0014
	trunchi	8,26±2,79 ^a B	10,87±1,6 ^{a,b} A	13,52±3,84 ^a B	17,88±3,8 ^{a,b} A	26,4207	< 0,0001	12,7718	0,0010
	ramuri	1,94±0,82 ^a B	2,33±0,57 ^b A	2,87±1,15 ^b B	3,78±1,1 ^{a,b} A	6,1020	0,0157	6,5094	0,0149
PANN ONIA	total	9,29±3,59 ^{a,b} B	14,76±4,46 ^a A	18,17±8,63 ^a	20,89±8,14 ^a	18,2460	0,0001	0,5292	0,4763
	trunchi	7,52±2,94 ^{a,b} B	11,79±3,71 ^a A	15,09±6,99 ^a	18,09±7,12 ^a	16,2832	0,0003	0,9049	0,3541
	ramuri	1,77±0,81 ^a B	2,97±1,11 ^{a,b} A	3,08±1,73 ^a A	2,81±1,15 ^b A	15,2861	0,0004	0,1693	0,6856
Media ± SD	total	8,98±3,33	13,72±3,33	15,68±5,72	21,11±5,05				
	trunchi	7,17±2,82	10,95±2,66	12,76±4,7	17,32±4,18				
	ramuri	1,81±0,76	2,76±1,04	2,92±1,39	3,79±1,32				
ANOVA - interclonal									
DF		6	5	6	5				
F	total	7,9264	2,0336	1,674	1,2750				
	trunchi	11,9048	3,3798	3,353	2,5539				
	ramuri	1,3224	7,8102	1,059	2,2099				
p	total	< 0,0001	0,0769	0,139	0,2838				
	trunchi	< 0,0001	0,0063	0,006	0,0346				
	ramuri	0,2504	< 0,0001	0,395	0,0622				

*Notă. a, b, c: semnificația testului statistic pentru biomasa individuală interclonală, distinct pe părți componente. A, B: semnificația testului statistic în raport cu natura materialului forestier de reproducere pe cicluri de producție (DF=1). Valorile pentru o componentă de arbore cu aceeași literă nu diferă semnificativ (conform testului Tukey, pentru $p \leq 0,05$), n.a.: nu sunt date disponibile pentru secțiunea respectivă.

Raportul dintre biomasa trunchiului și biomasa ramurilor, pentru exemplarele provenite din butași la vârsta de patru ani, variază de la un raport de 1:5,3 (Br/Btr) pentru clona AF8 la un raport de 1:2 pentru clona Max4, în medie acest raport este de 1:3,8 pentru întreg blocul experimental. Situația nu se schimbă cu mult la vârsta de cinci ani de vegetație, unde acest raport variază de la 1:6,1 pentru clonele Pannonia și AF8 la 1:2,2 pentru clona Max4, cu o medie de 1:4,3 pe întregul bloc experimental. Pentru exemplarele provenite din sade după 4 ani de vegetație raportul dintre biomasa ramurilor și cea a trunchiului (Br/Btr) crește de la 1:4,9 pentru clonele A4A și AF6 la 1:4,6 pentru clona Max4, înregistrând o medie de 1:4,4 pe bloc experimental. Raportul mediu nu diferă cu mult față de cel obținut pentru exemplarele provenite din butași. Un an mai târziu pentru exemplarele provenite din sade (după 5 ani de vegetație) raportul variază de la 1:6,7 pentru clona Pannonia, la 1:3 pentru clona Max4, cu o medie de 1:4,6 pentru întregul bloc experimental. Biomasa trunchiului diferă semnificativ de biomasa rădăcinilor, indiferent de clonă și blocul analizat ($p < 0,0001$). Acest aspect este influențat puternic și de elagajele artificiale efectuate pe primii 3 metri de tulpină în primii doi ani de cultură pentru pătrunderea utilajului agricol pentru întreținere culturilor.

Producția de biomasă a clonelor raportată la unitatea de suprafață. Producția de biomasă raportată la hectar păstrează aceleași variații a semnificațiilor dintre diferențele clonelor ca și producția de biomasă la nivel individual. Biomasa per hectar a fost calculată prin multiplicarea valorii medii individuale pentru fiecare clonă analizată cu numărul de exemplare aferent unui hectar de cultură potrivit blocului experimental.

Exemplarele provenite din butași pot produce o cantitate de biomasă medie în 4 ani de producție de $25,3 \pm 8,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, cu diferențe semnificative între producția minimă înregistrată de clona Max4 de $15,6 \pm 5,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ la o producție maximă pentru clona AF8 de $31,6 \pm 8,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Clona Max4 diferă semnificativ de restul clonelor analizate, iar clona AF8 diferă și aceasta față de toate clonele, mai puțin față de clona Monviso. În comparație cu exemplarele provenite din butași pentru cele din sade nu apar diferențe semnificative între clone pentru același ciclu de vegetație. Acestea acumulează o cantitate de biomasă pe întreg bloc de $34,4 \pm 8,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, cu o amplitudine ce variază între o producție minimă de $32,8 \pm 10,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ pentru clona Max4 și cea maximă de $39,4 \pm 11,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ pentru clona Pannonia (fig. 5.2.1). După patru ani de vegetație apar diferențe pentru producțiile de biomasă indiferent de tipul de material forestier de reproducere utilizat (proveniența) și de clona ($p < 0,0001$), dar nu apar diferențe semnificative pentru o analiză concomitentă a variabilelor ($p = 0,077$) (tab. 5.2.4).

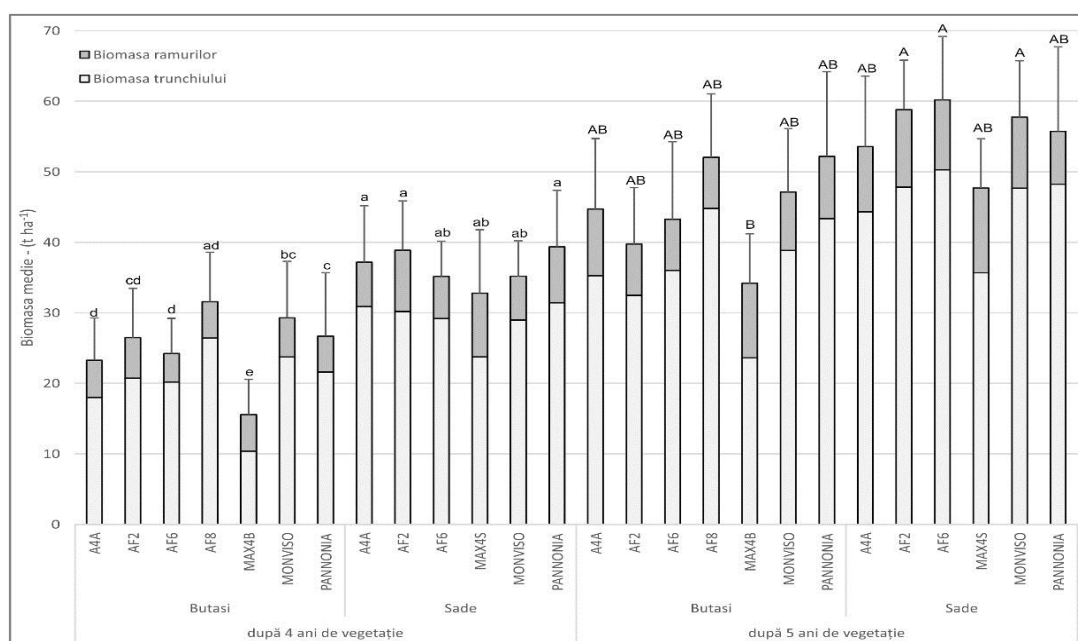


Figura 5.2.1. Biomasa raportată la hectar după natura materialului săditor și anul de producție.

*Notă. a,b,c,d,e - semnificația testului statistic, după 4 ani de producție, indiferent de natura materialului săditor. A,B – semnificația testului statistic, după 5 ani de producție, indiferent de natura materialului săditor. Biomasa unui anumit an însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ de la o clonă la alta, indiferent de proveniența materialului săditor, pentru $p \leq 0,05$ (testul Tukey).

Creșterea ciclului de producție cu un an, după 5 ani de vegetație (în 2014) se aduce un aport mediu de biomasă la hectar de 77% pentru o cultură provenită din butași și 62% pentru o cultură instalată cu sade, indiferent de clonă. Astfel, se obține pentru butași o producție maximă de $52,2 \pm 24,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ pentru clona Pannonia, urmată de o producție similară de $52,1 \pm 12,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ pentru clona AF8. Cel mai slab randament de biomasă înregistrat este întâlnit la clona Max4 care acumulează $34,2 \pm 11,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, această nu diferă semnificativ față de restul clonelor analizate. Productivitatea medie a exemplarelor provenite din butași este de $44,76 \pm 14,01 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, indiferent de clona analizată. Pentru o cultură provenită din sade producția medie de biomasă este de $55,63 \pm 13,11 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ fără diferențe semnificative între clone, unde se înregistrează o producție maximă de biomasă de $60,2 \pm 12,06 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ pentru clona AF6.

Tabelul 5.2.4. Rezultatele testului ANOVA privind diferențele de biomasă raportată la hectar

Factorul de influență	DF	F	p
Analiza diferențelor după 4 ani de vegetație			
Clona	7	11,5885	< 0,0001
Proveniența	1	91,8387	< 0,0001
Clona*Proveniența	4	2,1285	0,0772
Analiza diferențelor după 5 ani de vegetație			
Clona	7	2,1876	0,0385
Proveniența	1	20,9868	< 0,0001
Clona*Proveniența	4	1,0132	0,4026

*Notă. DF – numărul gradelor de libertate; F – mărimea efectului după distribuția Fischer; p – semnificația rezultatelor statistice.

Potrivit analizelor statistice pentru productivitatea clonelor după o perioadă de cinci ani de vegetație apar diferențe semnificative între acestea, indiferent de tipul de material forestier de reproducere utilizat ($p=0,039$). Cu atât mai mult, apar diferențe semnificative între productivitatea exemplarelor provenite din butași față de cea a exemplarelor provenite din sade ($p<0,0001$). În schimb nu apar diferențe semnificative de productivitate pentru o analiză multifactorială (*clona*proveniență*, $p=0,402$) (tab. 5.2.4).

Discuții – privind influența tipului de material de reproducere în acumularea de biomasă.

Natura materialului forestier utilizat în momentul instalării culturilor forestiere cu ciclu scurt de producție se reflectă direct în producția de biomasă (la nivel individual și raportat la hectar). Diferența de biomasă acumulată de exemplarele provenite din butași față de cea a exemplarelor provenite din sade și puieti cu rădăcină se datorează în primul rând caracteristicilor morfologice și fiziologice ale acestora (tab. 4.2.1). Astfel, dacă considerăm sadele similare butașilor de dimensiuni mai mari, constatăm că dimensiunea acestora se regăsește în productivitatea individuală de biomasă a exemplarelor de plop, confirmând în acest mod rezultatele obținute în studii similare efectuate pe plop și salcie. Rezultatele indică o corelație strânsă între cantitatea de biomasă produsă și mărimea butașilor (Rossi, 1991, DesRochers and Thomas, 2003, Burgess et al., 1990, Edelfeldt et al., 2014, Rossi, 1999).

Pe de altă parte, puietii de plop cu rădăcină au un avantaj major față de butași și sade, deoarece aceștia încep în scurt timp după plantare în teren să absoarbă din sol apă cu substanțele nutritive necesare dezvoltării (Dubouzet et al., 2013, Zalesny Jr et al., 2009). De asemenea, sadele prin dimensiunile lor și modul de plantare, prezintă numeroase avantaje față de butași (Filat et al., 2009b). Acestea, au depozitate cantități semnificativ mai mari de apă și nutrienți necesare generării de rădăcini, ramuri și frunze (DesRochers and Thomas, 2003). De asemenea, sadele la plantare sunt introduse la adâncimi mai mari față de butași, având un acces superior la resursele de apă din sol. În acest fel, sadele nu sunt supuse eventualelor influențe generate de lipsa precipitațiilor din perioada instalării culturilor (Mușat et al., 1987, Djomo et al., 2015). În acest sens, Djomo et al. (2015) arată că nu există o corelație între cantitatea de precipitații și cea de biomasă acumulată într-un studiu efectuat la nivel european. Utilizarea sadelor și a puietilor în formarea culturilor cu ciclu scurt de producție au avantajul unei adaptări la condiții staționale mai rapide, în comparație cu butașii. Productivitatea similară a exemplarelor provenite din sade cu a exemplarelor provenite din puieti (după 4 și respectiv 5 ani de la instalare) arată clar că sadele au reușit să compenseze după instalare în teren lipsa rădăcinilor prin cantitatea suficientă de rezerve înmagazinate (apă și nutrienți).

5.3. Influența densității de plantare în acumularea de biomasă a clonelor de plop hibrid

Efectul dublării distanței de plantare a fost determinat după un ciclu de producție de 5 ani în suprafața experimentală S1 pentru exemplarele provenite din sade și puieți cu rădăcină în cazul clonei Max4, iar pentru restul clonelor acest aspect a fost analizat doar pentru exemplarele provenite din sade. Diferențele de productivitate au rezultat ca urmare a dublării distanței de plantare în cadrul blocului experimental D (2,5 x 3 m) față de blocul experimental C (1,25 x 3 m). Pentru clona Max4 în analiza statistică s-au inclus și exemplarele provenite din puieți recoltate din cadrul blocului experimental B, care față de blocul experimental C nu diferă semnificativ (1,16 vs. 1,25, $p = 0,134$ – pentru biomasă totală).

Efectul densității de plantare asupra acumulării de biomasă pentru clona Max4. Potrivit analizelor statistice la nivel individual, pentru clona Max4 dublarea distanței de plantare pe rând este semnificativă pentru biomasă exemplarelor provenite din sade ($p = 0,0002$) și pentru cea a exemplarelor provenite din puieți cu rădăcină ($p < 0,0001$) (tab. 5.3.1). Diferențele semnificative se păstrează pentru toate componentele de arbore analizate, respectiv biomasă trunchiului și cea a ramurilor pentru ambele proveniențe. Dintre acestea, exemplarele din sade reușesc să acumuleze o cantitate de biomasă, semnificativ mai mare în comparație cu exemplarele provenite din puieți pentru cele două densități de plantare. Dublarea distanței de plantare pe rând a condus la un spor de biomasă la nivel individual de 64,5% pentru exemplarele provenite din puieți și de 61,1% la cele provenite din sade.

Dublarea distanței de plantare a influențat semnificativ și raportul dintre biomasă ramurilor și cea a trunchiului, în cazul puieților acesta variază de la 1:3 pentru distanța de plantare pe rând de 1,15 m, respectiv la 1:2 pentru o distanță dublă pe rând între exemplare (2,5 m). Pentru exemplarele provenite din sade, efectul dublării distanței asupra raportului dintre biomasă ramurilor și cea a trunchiului este similar, cu o variație de la 1:3 la 1:2 în urma dublării distanței de plantare. Pentru ambele tipuri de material săditor concomitent cu mărirea distanței dintre exemplare se înregistrează o creștere a biomasei de la nivelul ramurilor.

Tabelul 5.3.1. Biomasă clonei Max4 în raport cu efectul dublării densității de plantare pentru exemplarele provenite din puieți și sade

Tipul de material săditor		Schema de plantare		ANOVA		
Producția de Biomasă		1,25 x 3 m	2,5 x 3 m	DF	F	p
Biomasă individuală (kg) (media±SD)						
Puieti	total	17,18±0,969 ^b	28,26±1,607 ^a	1	34,8029	< 0,0001
	trunchi	12,85±0,806 ^b	18,89±0,966 ^a	1	23,1032	< 0,0001
	ramuri	4,34±0,229 ^b	9,36±0,877 ^a	1	30,7038	< 0,0001
Sade	totală	17,88±0,712 ^b	28,81±1,782 ^a	1	17,7887	0,0002
	trunchi	13,38±0,589 ^b	18,99±1,343 ^a	1	8,2167	0,0078
	ramuri	4,50±0,329 ^b	9,81±0,631 ^a	1	32,6489	< 0,0001
Biomasă pe unitatea de suprafață (t·ha ⁻¹) (media±SD)						
Puieti	total	47,46±7,95 ^A	37,68±3,80 ^B	1	8,4806	0,0060
	trunchi	35,48±6,70 ^A	25,19±2,29 ^B	1	16,6442	0,0002
	ramuri	11,98±1,89 ^A	12,48±2,08 ^A	1	0,1432	0,7072
Sade	totală	47,70±4,14 ^A	38,40±4,23 ^B	1	6,5421	0,0162
	trunchi	35,69±3,43 ^A	25,32±3,19 ^B	1	13,9184	0,0009
	ramuri	12,01±1,90 ^A	13,08±1,50 ^A	1	0,6243	0,4361

*Notă. a, b: semnificația testului statistic pentru biomasă individuală. A, B: semnificația testului statistic pentru biomasă raportată la unitatea de suprafață. Valorile de pe linie însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ (testului Tukey, pentru $p \leq 0,05$). DF – numărul gradelor de libertate; F – mărirea efectului după distribuția Fischer; p – semnificația rezultatelor statistice.

Efectul densității de plantare asupra acumulării de biomasă pentru clonele de plop hibrid. Dublarea distanței de plantare pentru exemplarele provenite din sade implică diferențe semnificative pentru biomasă totală, trunchiului și ramurilor a clonelor ($P < 0,035$) (tab. 5.3.2). Sporul de biomasă înregistrat la nivel individual variază de la 28,8% pentru clona AF6 la 79,7% pentru clona Pannonia, cu o medie de 50,3% indiferent de clonă. La nivelul ramurilor sunt înregistrate sporuri de biomasă care variază de la 179,2% pentru clona Pannonia la 42,0% pentru clona AF2. Pentru biomasă trunchiului, dublarea distanței de plantare aduce un aport care variază de la 64,7% tot pentru clona Pannonia la

25,2% pentru clona AF6. Potrivit distanței de plantare pe rând de 1,25 m, clona AF6 produce o cantitate de biomasă semnificativ mai mare per total ($22,57 \pm 4,52$ kg) față de clona Max4 ($17,88 \pm 2,25$ kg), care diferă semnificativ de toate clonele testate ($p=0,014$). Potrivit biomasei acumulate la nivelul trunchiului, clona AF6 diferă semnificativ doar față de clona Max4, cu cele mai mici creșteri ($p=0,036$). Pentru biomasa ramurilor, apar diferențe semnificative doar între clona Pannonia și Max4, în rest clonele nu se diferențiază statistic.

În cazul unei distanțe duble de plantare pe rând (2,5 m), clona Pannonia ($37,55 \pm 8,91$ kg) diferă semnificativ de clonele A4A ($26,58 \pm 5,16$ kg) și Max4 ($28,81 \pm 7,97$ kg) pentru biomasa totală a exemplarelor. Pentru biomasa ramurilor, clona Max4 diferă semnificativ de restul clonelor, mai puțin față de clona Pannonia ($p=0,372$). Potrivit biomasei acumulată la nivelul trunchiului, clona Max4 diferă semnificativ de clonele Pannonia și Monviso, restul clonelor nu diferă semnificativ (tab. 5.3.2). Dublarea distanței de plantare pe rând modifică raportul dintre biomasa ramurilor și cea a trunchiului de la 1:4,3 la 1:3,6, acesta crește concomitent cu mărirea distanței de plantare. Pentru schema strânsă de plantare (1,25 x 3 m) acest raport variază de la 1:5,3 pentru clona AF6 la 1:3 pentru clona Max4. În schimb pentru schema largă de plantare (2,5 x 3 m) acest raport variază de la 1:4,5 pentru clonele A4A și AF6 la 1:1,9 pentru clona Max4.

Tabelul 5.3.2. Efectul densității de plantare asupra biomasei clonelor de plop după 5 ani de vegetație

Clona	Componenta	Schema de plantare		ANOVA – densitate		
		1,25 x 3 m	2,5 x 3 m	DF	F	p
Biomasa individuală (kg) (media±SD)						
A4A	total	20,09±6,02 ^{a B}	26,58±5,16 ^{b A}	1	6,6821	0,0187
	trunchi	16,6±4,48 ^{a,b B}	21,43±3,61 ^{b,c,d A}	1	6,9798	0,0166
	ramuri	3,47±1,58 ^{a,b B}	5,14±1,7 ^{b A}	1	5,1851	0,0352
AF2	total	22,05±3,83 ^{a B}	29,38±3,71 ^{a,b A}	1	24,8961	< 0,0001
	trunchi	17,94±2,56 ^{a B}	23,53±3,24 ^{a,b,c,d A}	1	26,6177	< 0,0001
	ramuri	4,12±1,34 ^{a,b B}	5,85±1,25 ^{b A}	1	11,5485	0,0021
AF6	total	22,57±4,52 ^{a B}	29,07±2,33 ^{a,b A}	1	16,3282	0,0008
	trunchi	18,86±3,37 ^{a B}	23,6±1,81 ^{a,b,c,d A}	1	15,3370	0,0010
	ramuri	3,71±1,46 ^{a,b B}	5,47±1,03 ^{b A}	1	9,6309	0,0061
AF8	total	n.a.	29,45±5,85 ^{a,b}			
	trunchi	n.a.	24,8±4,69 ^{a,b,c}			
	ramuri	n.a.	4,65±1,26 ^b			
MAX4	total	17,88±2,25 ^{a B}	28,81±7,97 ^{b A}	1	17,7887	0,0002
	trunchi	13,38±1,86 ^{b B}	19±6,01 ^{c,d A}	1	8,2167	0,0078
	ramuri	4,5±1,04 ^{a B}	9,81±2,82 ^{a A}	1	32,6489	< 0,0001
MONVISO	total	21,66±4,74 ^{a B}	32,99±6,23 ^{a,b A}	1	41,9091	< 0,0001
	trunchi	17,88±3,8 ^{a,b B}	26,27±4,93 ^{a,b A}	1	35,8780	< 0,0001
	ramuri	3,78±1,1 ^{a,b B}	6,72±1,56 ^{b A}	1	47,2196	< 0,0001
PANNONIA	total	20,89±8,14 ^{a B}	37,55±8,91 ^{a A}	1	19,0465	0,0004
	trunchi	18,09±7,12 ^{a B}	29,8±7,2 ^{a A}	1	13,3883	0,0018
	ramuri	2,81±1,15 ^{b B}	7,75±2,37 ^{a,b A}	1	35,2274	< 0,0001
Media ± SD	total	20,09±6,02 ^{a B}	30,62±6,91			
	trunchi	16,6±4,48 ^{a,b B}	6,88±2,6			
	ramuri	3,47±1,58 ^{a,b B}	23,74±5,87			
ANOVA - interclonal						
DF		5	6			
F	total	1,2750	3,2309			
	trunchi	2,5539	8,4392			
	ramuri	2,2099	9,4225			
p	total	0,2838	0,0039			
	trunchi	0,0346	< 0,0001			
	ramuri	0,0622	< 0,0001			

*Notă. a,b,c,d: semnificația testului statistic pentru biomasa individuală interclonală, separat pe părți componente. A,B: semnificația testului statistic în raport cu schema de plantare, separat pe părți componente. Valorile pentru aceeași componentă de arbore cu aceeași literă nu diferă semnificativ (conform testului Tukey, pentru $p \leq 0,05$). n.a.: nu sunt date disponibile la secțiunea respectivă. DF – numărul gradelor de libertate; F – mărirea efectului după distribuția Fischer; p – semnificația rezultatelor statistică.

Producția de biomasă raportată la unitatea de suprafață a clonelor de plop hibrid. Creșterea distanței de plantare pe rând conduce la reducerea semnificativă a productivității de biomasă la hectar de 35,1% pentru toate clonele. Clona Pannonia se comportă foarte bine pentru ambele densități de plantare, aceasta depășește o producție de 50 t·ha⁻¹ pentru cele două densități. Pentru clona Pannonia mărirea distanței de plantare înregistrează o scădere de biomasă la hectar de doar 10,2%, iar în partea extremă se află clona AF6 pentru care mărirea distanței de plantare reduce cantitatea de biomasă până la 35,6%. Clona AF6 oferă cea mai mare producție de biomasă raportată la hectar pentru schema strânsă de plantare (60,2±12,1 t·ha⁻¹). Dublarea distanței de plantare modifică raportul dintre biomasa ramurilor și cea acumulată la nivelul trunchiului atât pozitiv cât și negativ. Producția de biomasă a ramurilor scade odată cu mărirea distanței de plantare pentru clonele AF2 (aceasta se reduce cu 29%), AF6 (26%), A4A (25,9%) și Monviso (11,2%) și crește odată cu distanța de plantare pentru clonele Pannonia (cu 38%), Max4 provenită din sade (cu 8,8%) și Max4 provenită din puiet (cu 7,8%) (fig. 5.3.1). Potrivit producției de biomasă la hectar nu apar diferențe semnificative între clonele analizate pentru fiecare schemă de plantare în parte. Nu apar diferențe semnificative de productivitate pentru o analiză multifactorială ($p=0,130$), în schimb indiferent de schema de plantare și clonă apar diferențe semnificative (tab. 5.3.3).

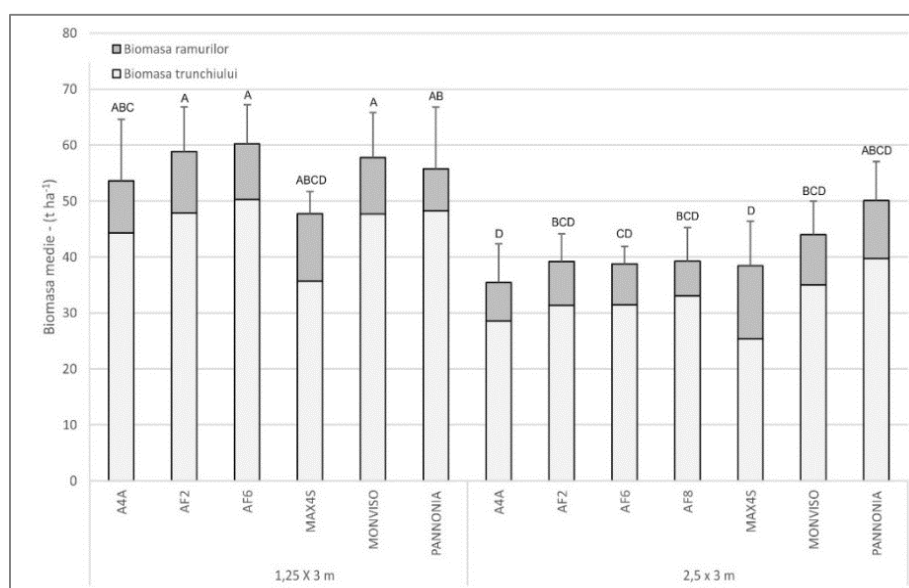


Figura 5.3.1. Biomasa clonelor de plop după distanța de plantare raportată la unitatea de suprafață.

*Notă. A,B,C,D – semnificația testului statistic după 5 ani de producție, indiferent de schema de plantare. Biomasa raportată la unitatea de suprafață însoțită de aceeași literă nu diferă semnificativ de la o clonă la alta, indiferent de schema de plantare pentru $P \leq 0,05$ (testul Tukey).

Tabelul 5.3.3. Rezultatele testului ANOVA privind diferențele de biomasă raportată la hectar

Factorul de influență	DF	F	p
Analiza diferențelor după 5 ani de vegetație			
Clona	6	2,2229	0,0436
Schema de plantare	1	66,2026	< 0,0001
Clona*Schema de plantare	5	1,7336	0,1299

*Notă. DF – numărul gradelor de libertate; F – mărimea efectului după distribuția Fischer; p – semnificația rezultatelor statistice.

Discuții – privind efectul dublării distanței de plantare pe rând în acumularea de biomasă. Condiția principală pentru păstrarea unei distanțe minime între rândurile de exemplare este impusă de mecanizarea tehnologiilor de instalarea, întreținerea și protecția culturilor cu ciclu scurt de producție (Stelian, 1968, Fara et al., 2009, Mușat et al., 1987). Totuși, distanța între exemplarele de plop pe același rând permite unele modificări, care se pot reflecta în productivitatea individuală și pentru cea raportată la unitatea de suprafață cultivată. Acest aspect se resimte asupra capacității de lăstărire a cioatelor după recoltare pentru pornirea unui nou ciclu de producție (Mușat et al., 1987, Laureysens et al., 2003). Literatura de specialitate oferă numeroase studii care analizează competiția interclonală care este cuantificată prin variația cantității de biomasă în raport cu densitatea de plantare (Di Matteo et al., 2012, Sheppard J., 2014, Armstrong et al., 1999). În această privință nu se identifică o corelație dintre

producția de biomasă și densitatea de plantare (Djomo et al., 2015). Cantitatea de biomasă obținută variază pe lângă densitatea de plantare și în raport cu ciclul de vegetație, fapt confirmat și de alte studii similare (Tripathi et al., 2012, Scholz and Ellerbrock, 2002, Fischer et al., 2010, Bungart and Hüttel, 2004, Nielsen et al., 2014).

Mărirea distanței de plantare pe rând între exemplare se regăsește în creșterea producției individuale de biomasă, aspect confirmat și în cazul culturilor de eucalipt, unde prin dublarea distanței de plantare (de la 1,5 la 3,0) s-a obținut un spor de productivitate de până la 47% (Bernardo et al., 1998). Pe de altă parte, dublarea distanței de plantare s-a regăsit și în creșterea proporției biomasei la nivelul ramurilor, aspect confirmat de mai multe studii asemănătoare (Benomar et al., 2012). Un rezultat similar este prezentat pentru clona Max4, unde se observă o creștere a cantității de biomasă a ramurilor prin reducerea numărului exemplarelor de pe rând (Sheppard J., 2014). Producția de biomasă totală obținută în prezentul studiu pentru clona Max4 (pentru ciclul de producție de 4 ani) este apropiată de cea obținută în condiții similare de alți cercetători, care au măsurat acumulări de biomasă de $3,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ în culturi cu densități de $1075 \text{ arbori} \cdot \text{ha}^{-1}$ și cu ciclu de 5 ani. (Zalesny Jr et al., 2009). Totuși, o densitate prea mare de exemplare la hectar însoțită de un aport artificial de nutrienți nu duce neapărat la o creștere a productivității de biomasă (Bungart and Hüttel, 2004).

5.4. Producția de biomasă distribuită pe sortimente de trunchi în raport cu variația caracteristicilor de cultură

Împărțirea pe sortimente a lemnului din trunchi a fost studiată în prima suprafață experimentală (S1), la sfârșitul ciclului de producție de 5 ani în raport cu modul de valorificare a lemnului. Astfel, au fost stabilite două sortimente diferențiate prin diametrul limită de 8 cm, unde primul sortiment prezintă diametrul minim la capătul subțire de 8 cm și cel de-al doilea sortiment este cuprins între 8 și 2 cm (vârful cu diametrul sub 2 cm a fost inclus în biomasa ramurilor). Primul sortiment ($d > 8 \text{ cm}$) este utilizat pentru obținerea de așchii de lemn ce pot fi valorificate în fabricarea plăcilor compozite (e.g. OSB), iar cel de-al doilea sortiment obținut în primă fază se poate toca alături de ramuri în scop energetic.

Distribuția biomasei pe sortimente de lemn pentru diferite clone de plop hibrid. Biomasa sortimentelor variază în raport cu clona analizată, tip de material săditor și de schema de plantare. Primul sortiment ($d > 8 \text{ cm}$) prezintă o creștere mai importantă în experimentul D pentru o distanță dublă de plantare a exemplarelor, care diferă semnificativ față de restul blocurilor experimentale. Pentru același sortiment, biomasa obținută în blocul experimental C, diferă semnificativ de cea obținută în blocul experimental B (comparând sade vs. butași) doar pentru clonele AF2, AF6 și Monviso (tab. 5.4.2). Pentru clona Max4 influența tipului de material săditor se resimte asupra producției de biomasă pe sortimente, exemplarele provenite din butași diferă semnificativ de cea a exemplarelor provenite din puieți și sade ($p=0,0001$). Pentru aceeași clonă biomasa exemplarelor provenite din puieți nu diferă statistic de biomasa exemplarelor provenite din sade ($p=0,531$). La nivelul unei analize interclonale, biomasa primului sortiment diferă semnificativ de la o clonă la alta pentru toate blocurile experimentale. Pentru cel de-al doilea sortiment ($d=8 \div 2 \text{ cm}$) producții importante de biomasă sunt obținute în cadrul experimentului C, care pentru clonele AF2, AF8, Max4S și Pannonia nu apar diferențe semnificative între blocurile experimentale. Biomasa exemplarelor provenite din puieții blocului B nu diferă semnificativ de cea obținută pentru același tip de material săditor în blocul experimental D (puieții fiind elementul comun între blocuri). Pentru clona Max4 nu apar diferențe semnificative între tipurile de material săditor instalate în blocurile experimentale B și C ($p=0,191$). Sortimentul I diferă semnificativ de sortimentul II pentru cele trei experimente (B, C, D), indiferent de clonă ($p < 0,0001$).

Biomasa primului sortiment reprezintă 62% din biomasa totală a exemplarelor în experimentul D, aceasta scade către blocurile experimentale C (53,7%) și B (47,3%). Acest aspect este în strânsă legătură cu schema de plantare și indicele de zveltețe al exemplarelor (fig. 5.4.1). Potrivit celui de-al doilea sortiment, biomasa medie din cele trei blocuri experimentale prezintă o valoare aproximativ egală (tab. 5.4.1). În cadrul experimentului B apar diferențe semnificative pentru biomasa sortimentului I doar între clonele AF8 ($11,34 \pm 4,4 \text{ kg}$) și Max4 ($3,83 \pm 2,64 \text{ kg}$, pentru $p=0,01$), restul clonelor nu diferă semnificativ pentru acest sortiment. Pentru clona Max4 nu sunt înregistrate diferențe semnificative între biomasa exemplarelor provenite din puieți și cea a exemplarelor provenite din butași ($p=0,746$). Pentru

sortimentul secundar ($d=8\pm 2$ cm) se prezintă o variație mult mai mare între clone analizate, unde cele mai mici valori se regăsesc pentru clona AF8 ($4,26\pm 0,59$ kg) și Max4B ($4,39\pm 0,81$ kg) care diferă semnificativ doar față de clonele AF6, Monviso și Pannonia. Clona Pannonia ($6,08\pm 1,02$ kg) cu cele mai importante acumulări de biomasă pentru acest sortiment diferă semnificativ de clona A4A, Max4 (puieți și butași) și AF8, mai puțin față de Monviso și AF6. În blocul experimental C, clonele AF6 și AF2 diferă semnificativ de clona Max4 pentru primul sortiment stabilit și pentru aceeași proveniență. Pentru clona Max4 biomasă exemplarelor provenite din butași nu diferă semnificativ de cea a exemplarelor provenite din puieți cu rădăcină ($p=0,999$).

Pentru cel de-al doilea sortiment, clona AF2 înregistrează cele mai mici creșteri și diferă semnificativ de restul clone testate, mai puțin față de clona AF6. Pentru schema largă de plantare (bloc experimental D), clona Pannonia acumulează cea mai mare cantitate de biomasă pentru primul sortiment de lemn și diferă semnificativ de clonele A4A și Max4 (pentru proveniențele puieți și sade). Pentru clona Max4 nu apar diferențe semnificative între exemplarele din puieți și sadelor, dar prezintă acumulări mai reduse față de restul clonelor. Biomasă celui de-al doilea sortiment prezintă o variație interclonală mai mică ($p=0,003$), unde sunt înregistrate diferențe semnificative între clona Pannonia și clonele AF8 și AF2, restul clonelor testate nu diferă semnificativ. Creșterile superioare ale clonei Pannonia se regăsesc în biomasă celor două sortimente stabilite prin protocolul de cercetare (tab. 5.4.1).

Tabelul 5.4.1. Biomasă trunchiului pe sortimente a clonelor după diferite caracteristicile de cultură

Clona	Sortiment I ($d>8$ cm)			Sortiment II ($d=8\pm 2$ cm)		
	B - 1,16 x 3 m (butași)	C - 1,25 x 3 m (sade)	D - 2,5 x 3 m (sade)	B - 1,16 x 3 m (butași)	C - 1,25 x 3 m (sade)	D - 2,5 x 3 m (sade)
Biomasă individuală după 5 ani de vegetație – (kg) (media $\pm$ SD)						
A4A	7,49 $\pm$ 5,4 ^{ab B}	10,88 $\pm$ 4,92 ^{ab B}	17,3 $\pm$ 3,78 ^{bcd A}	4,78 $\pm$ 1,25 ^{bc AB}	5,74 $\pm$ 1,02 ^{a A}	4,13 $\pm$ 0,83 ^{ab B}
AF2	6,52 $\pm$ 3,17 ^{ab C}	13,7 $\pm$ 3,21 ^{a B}	19,62 $\pm$ 3,63 ^{abc A}	4,78 $\pm$ 1,01 ^{bc A}	4,24 $\pm$ 0,85 ^{b A}	3,91 $\pm$ 0,77 ^{b A}
AF6	6,71 $\pm$ 4,81 ^{ab C}	13,71 $\pm$ 4,33 ^{a B}	19,08 $\pm$ 1,84 ^{abcd A}	5,82 $\pm$ 0,9 ^{ab A}	5,15 $\pm$ 1,4 ^{ab AB}	4,51 $\pm$ 0,65 ^{ab B}
AF8	11,34 $\pm$ 4,4 ^{a B}	n.a.	20,88 $\pm$ 4,79 ^{ab A}	4,26 $\pm$ 0,59 ^{c A}	n.a.	3,93 $\pm$ 0,86 ^{b A}
MAX4Butași	3,83 $\pm$ 2,64 ^b	-	-	4,39 $\pm$ 0,81 ^c	-	-
MAX4Puieti	7,12 $\pm$ 3,82 ^{ab B}	8,16 $\pm$ 3,16 ^{ab B}	13,78 $\pm$ 4,38 ^{d A}	4,57 $\pm$ 0,65 ^{bc B}	5,84 $\pm$ 1,46 ^{a A}	5,11 $\pm$ 1,38 ^{ab B}
MAX4Sade	-	7,85 $\pm$ 1,81 ^{b B}	14,1 $\pm$ 5,69 ^{cd A}	-	5,53 $\pm$ 0,48 ^{a A}	4,9 $\pm$ 1,36 ^{ab A}
MONVISO	7,92 $\pm$ 4,02 ^{ab C}	12,02 $\pm$ 3,84 ^{ab B}	21,34 $\pm$ 5,01 ^{ab A}	5,6 $\pm$ 0,89 ^{ab A}	5,85 $\pm$ 0,57 ^{a A}	4,93 $\pm$ 1,04 ^{ab B}
PANNONIA	9,01 $\pm$ 7,41 ^{ab B}	11,71 $\pm$ 7,6 ^{ab B}	24,3 $\pm$ 7,02 ^{a A}	6,08 $\pm$ 1,02 ^{a A}	6,38 $\pm$ 1,06 ^{a A}	5,5 $\pm$ 0,64 ^{a A}
Media $\pm$ SD	7,49 $\pm$ 4,81	11,15 $\pm$ 4,62	18,8 $\pm$ 5,89	5,04 $\pm$ 1,08	5,53 $\pm$ 1,17	4,62 $\pm$ 1,15
ANOVA - interclonal						
DF	7	6	7	7	6	7
F	2,2018	3,6808	8,5754	6,3690	7,8842	3,3990
p	0,0423	0,0027	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,0026

*Notă. a,b,c – semnificația statistică interclonală, distinct pe sortimente și blocuri experimentale. Valorile pentru aceeași sortiment și bloc experimental cu aceeași literă nu diferă semnificativ (testul Tukey, pentru $p\leq 0,05$); A,B,C – semnificația statistică între blocurile experimentale. Valorile pe aceeași linie nu diferă semnificativ (testul Tukey, pentru $p\leq 0,05$). DF – numărul gradelor de libertate; F – mărimea efectului după distribuția Fischer; p – semnificația rezultatelor statistice; n.a.: nu sunt date disponibile la secțiunea respectivă.

Tabelul 5.4.2. Rezultatele testului ANOVA privind diferențele de biomasă între blocurile experimentale

Clona	DF	Sortiment I ($d>8$ cm)		Sortiment II ($d=8\pm 2$ cm)	
		F	p	F	p
A4A	3	11,0240	0,0003	5,9587	0,0072
AF2	3	39,3050	< 0,0001	2,5422	0,0924
AF6	3	25,5249	< 0,0001	4,0512	0,0289
AF8	3	21,5042	0,0002	1,0317	0,3232
MAX4Butași	-	-	-	-	-
MAX4Puieti	3	12,6726	0,0001	6,7597	0,0042
MAX4Sade	3	11,3195	0,0022	2,0089	0,1674
MONVISO	3	50,6071	< 0,0001	6,1433	0,0038
PANNONIA	3	12,3413	0,0002	2,3602	0,1136

*Notă. DF – numărul gradelor de libertate; F – mărimea efectului după distribuția Fischer; p – semnificația rezultatelor statistice.

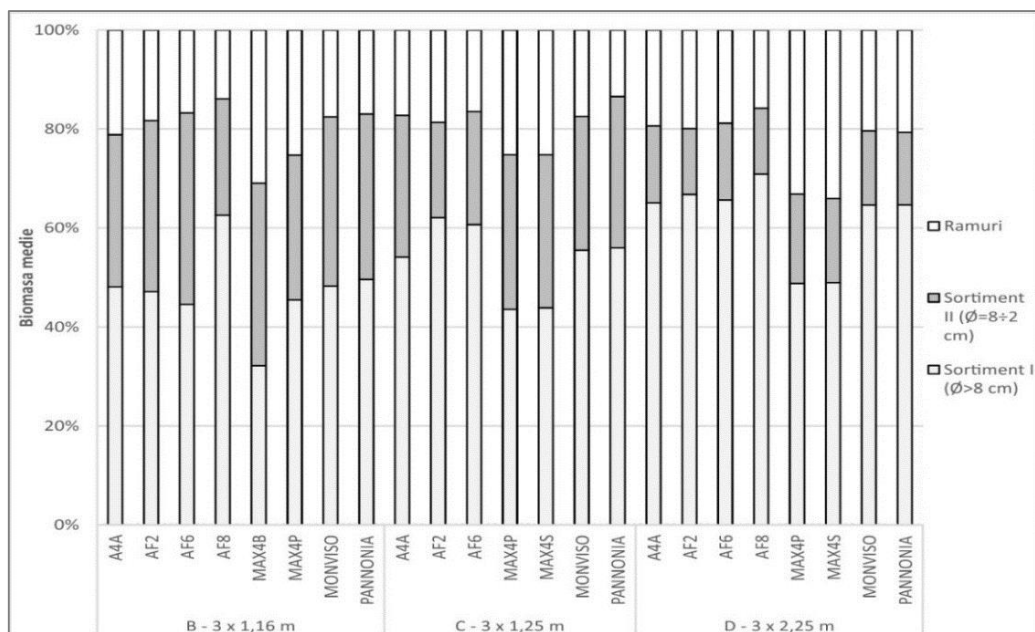


Figura 5.4.1. Procentul biomasei sortimentelor de trunchi și cel al ramurilor.

Producția de biomasă a sortimentelor raportată la unitatea de suprafață. Biomasa sortimentul I diferă semnificativ de biomasa sortimentului II în toate blocurile experimentale, indiferent de clonă ($p < 0,0001$). Separat pentru fiecare sortiment, se înregistrează diferențe de la un bloc experimental la altul. Biomasa sortimentului I înregistrată în blocul experimental C diferă semnificativ de biomasa pentru același sortiment din blocurile experimentale B și D, indiferent de clonă ($p < 0,0001$). În schimb, nu apar diferențe privind acumulările de biomasă pentru o analiză după mai mulți factorii, unde s-au inclus blocul experimental și tipul clonei ($p = 0,132$) (tab. 5.4.3).

Diferența dintre blocurile experimentale B și C sunt puse pe seama naturii materialului forestier de reproducere (comparând butași vs. clone), iar diferențele dintre blocurile experimentale C și D dovedesc importanța schemei de plantare raportată la unitatea de suprafață. Pentru acest sortiment sunt înregistrate diferențe de biomasă între clone, pentru care clona Max4 diferă semnificativ de toate clonele, mai puțin față de clonele AF6 și A4A. Proveniențele diferite ale clonei Max4 (butași, sade și puiți cu rădăcină) nu diferă semnificativ între ele per hectar ($p = 0,980$). În blocul experimental B, clona AF8 diferă semnificativ doar de clona Max4B, pentru același tip de material de reproducere. Restul clonelor testate nu diferă semnificativ și înregistrează o acumulare medie de biomasă de $21,7 \pm 10,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. În restul blocurilor experimentale, clonele nu se diferențiază semnificativ, dar în cadrul blocul experimental C se departajează creșterile clonei AF2 și AF6, urmate de cele ale clonelor Monviso și Pannonia. În schimb, pentru o distanță de plantare dublă (în blocul D), clonele prezintă o creștere aproximativ egală cu amplitudinea a diferențelor dintre clona Pannonia și Max4 (pentru puiți și sade).

Biomasa celui de-al doilea sortiment ($d = 8 \div 2 \text{ cm}$) variază între blocurile experimentale, blocul D diferă semnificativ față de blocurile C și B ($p < 0,0001$). Diferența este rezultatul distanței de plantare pe rând mai mare, pentru care biomasa sortimentului II din blocul D este vizibil mai mică și față de biomasa sortimentului I. Pentru acest sortiment, clona Pannonia, cu cea mai mare acumulare diferă semnificativ de majoritatea clonelor, mai puțin față de clonele Monviso, Max4S (sade) și AF6. Clona Pannonia înregistrează cele mai importante creșteri în biomasă pentru cel de-al doilea sortiment pentru toate blocurile experimentale. În blocul experimental B, clona Pannonia nu se diferențiază semnificativ doar față de clonele AF6 și Monviso, în rest clonele prezintă un comportament similar. Cele mai mici creșteri pentru acest sortiment sunt înregistrate de către clona AF8, care sunt semnificativ mai mici și față de creșterile clonelor AF6 și Monviso. Pentru blocul C, Clona Pannonia prezintă acumulări semnificativ mai mici doar față de clona AF2, iar pentru o schemă mai largă (blocul D) acestea nu se diferențiază. În blocul experimental D clonele nu diferă semnificativ pentru acest sortiment (fig. 5.4.2).

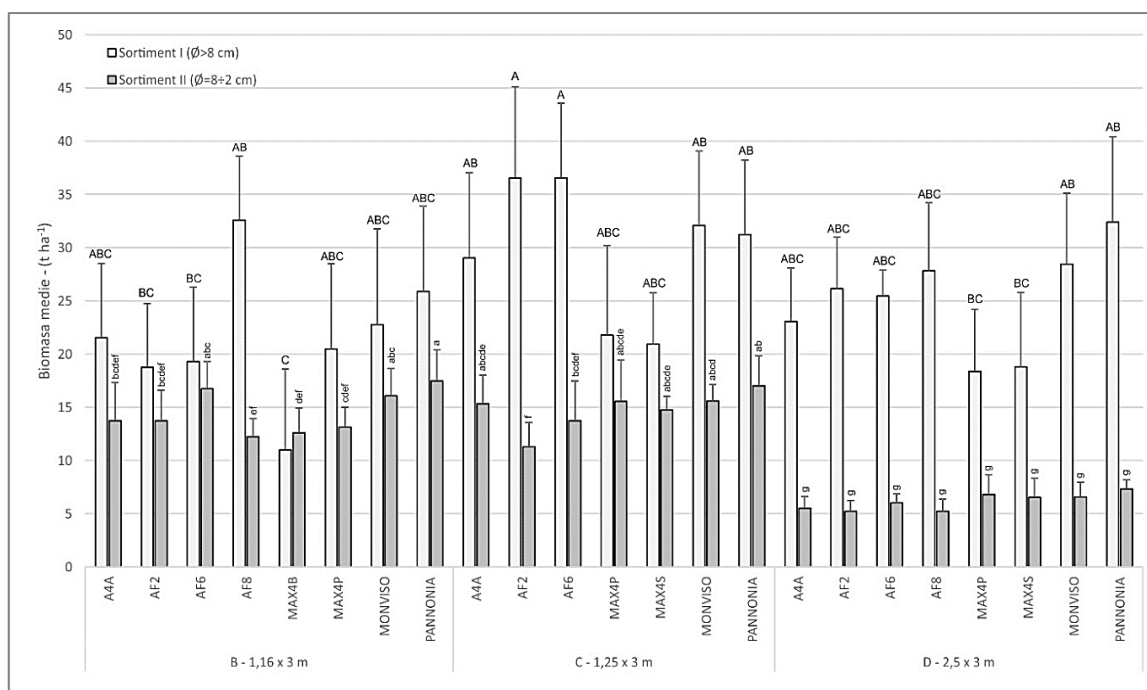


Figura 5.4.2. Biomasa clonelor pe sortimente de lemn la hectar în raport cu blocul experimental analizat.

*Notă. A,B,C – semnificația testului statistic pentru sortimentul I, indiferent de clonă și bloc experimental. Biomasa sortimentului I însoțită de aceeași literă nu diferă semnificativ de la o clonă la alta, indiferent blocul experimental pentru $p \leq 0,05$ (testul Tukey); a,b,c,d,e,f,g – semnificația testului statistic pentru sortimentul II, indiferent de clonă și blocul experimental. Biomasa sortimentului II însoțită de aceeași literă nu diferă semnificativ de la o clonă la alta, indiferent de blocul experimental pentru $p \leq 0,05$ (testul Tukey).

Tabelul 5.4.3. Rezultatul testului ANOVA privind diferențele de biomasă la hectar pe sortimente

Factorul de influență	DF	F	p
Analiza biomasei pentru sortimentul I (d>8 cm)			
Experimental	2	18,2097	< 0,0001
Clona	8	6,9489	< 0,0001
Experiment*Clona	12	1,4774	0,1323
Analiza biomasei pentru sortimentul II (d=8±2 cm)			
Experimental	2	472,4007	< 0,0001
Clona	8	12,1318	< 0,0001
Experiment*Clona	12	3,1660	0,0003

*Notă. DF – numărul gradelor de libertate; F – mărimea efectului după distribuția Fischer; p – semnificația rezultatelor statistice.

Discuții – privind componentele de arbore și sortimentele de lemn. Biomasa cumulată la nivelul trunchiului este direct influențată de mărimea distanței de plantare și de lucrările de întreținere practicate (Stelian, 1968). Biomasa trunchiului crește față de biomasa ramurilor în același timp cu creșterea spațiului dintre exemplare (DeBell and Harrington, 1997). Efectuarea elagajului artificial în primii doi ani de cultură a redus și mai mult cantitatea de biomasă la nivelul ramurilor, acest lucru este sugerat și de alți cercetători în cuprinsul plantațiilor de acest fel (Mușat, 1983). Obținerii unor trunchiuri zvelte este condiționată de acest aspect, alături de practicarea emondajului (Filat et al., 2009a). Irigarea controlată a culturilor se dovedește un bun aport de biomasă la nivelul trunchiului în comparație cu biomasa altor componente (ramuri și frunze) (Zalesny et al., 2007).

Biomasa trunchiului diferă de la o clonă la alta în funcție de blocul experimental incident, iar obținerea unor dimensiuni tot mai mare necesită mărirea ciclurilor de producție (Mușat et al., 1987, Zalesny et al., 2009, Wegener et al., 1999). Rezultate similare sunt surprinse pentru toate clonele analizate după 5 ani de vegetație în comparație cu 4 ani, în capitolul 5.2. Acest aspect este confirmat într-un studiu similar pe diferite clone de plop, care prezintă diferite proporții de biomasă pentru fiecare componentă de arbore după vârste diferite (Liang et al., 2006). În funcție de necesitatea obținerii unor sortimente de lemn mai mari se propun anumite tehnologii de instalare și întreținere. Biomasa sortimentului I (d>8 cm) prezintă un procent tot mai mare din masa exemplarelor pentru scheme largi de plantare, unde creșterea radială capătă amploare consecutiv cu creșterea în înălțime. Sortimente mai mari de lemn implică și dimensiuni mai mari pentru fibrele de lemn. Lungimea și grosimea acestora

sunt un bun indicator al utilizării în industria papetară sau pentru obținerea plăcilor aglomerate (PFL, OSB) (Filat et al., 2009a, Akrami et al., 2014). Plopul este o specie de mare importanță în acest sens, repede crescătoare care prezintă proprietăți fizico-mecanice ce sunt agreate în ambele direcții industriale (papetare sau prelucrătoare) (Winistorfer et al., 1996, Filat et al., 2009a).

5.5. Influența micorizării artificiale a materialului de reproducere și influența efectuării lucrărilor de întreținere a terenului asupra acumulării de biomasă

Biomasa acumulată în blocul experimental în care s-au efectuat lucrările specifice de întreținere a ogorului diferă semnificativ de blocul unde nu s-a intervenit, diferență care se înregistrează pentru toate componentele de arbore ($p < 0,0001$) (tab. 5.5.1). Pentru biomasa rădăcinilor și cea a ramurilor nu apar diferențe semnificative între clone testate din punct de vedere statistic atât pentru suprafețele parcurse cu lucrări, cât și în cadrul celor martor, indiferent de procesul de micorizare al sadelor ($p > 0,163$). În schimb, apar diferențe între clone pentru o analiză a diferențelor după biomasa cumulată la nivelul trunchiului în blocul specific ogorului negru, unde clona Pannonia diferă semnificativ de clonele AF2 și AF8 pentru biomasa trunchiului ($p < 0,0001$). În general clona AF2 prezintă creșterile cele mai importante în blocul cu ogor negru pentru toate componentele de arbore analizate. Aceleași diferențe dintre creșterile realizate de clone nu se păstrează pentru suprafețele nelucrate, unde clona AF8 prezintă acumulări semnificativ mai mici de biomasă față de clona Pannonia ($0,33 \pm 0,09$ kg).

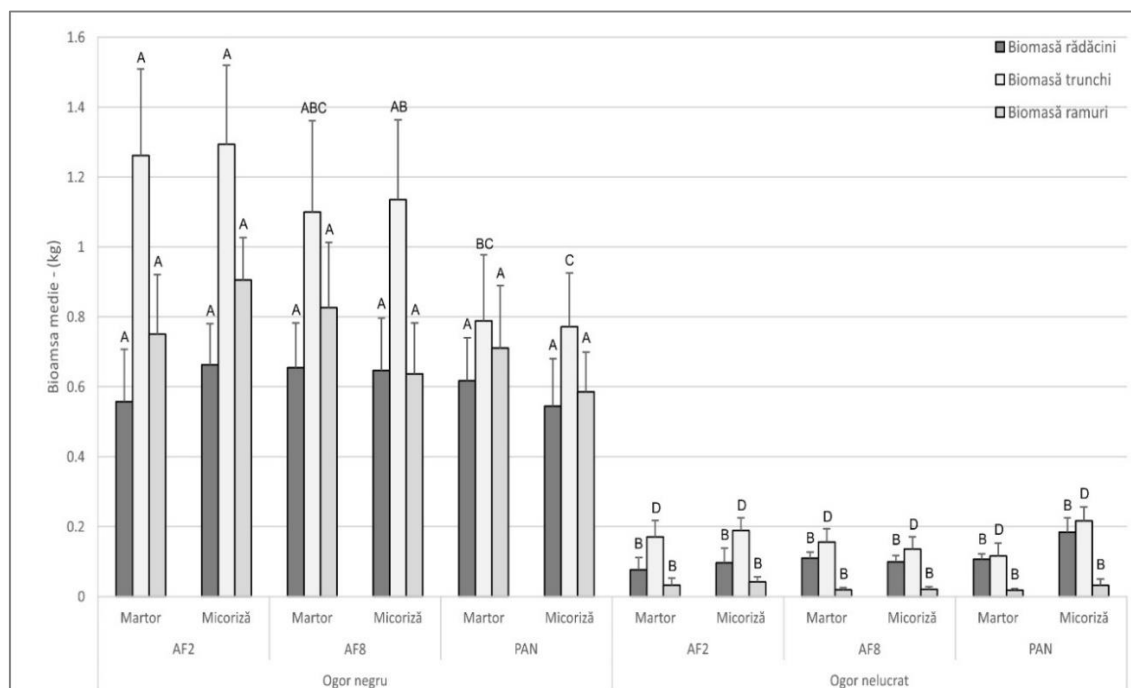


Figura 5.5.1. Distribuția biomasei în raport cu micorizarea sadelor și modul de întreținere a culturilor după un ciclu de producție de 2 ani pentru fiecare componentă de arbore.

*Notă. A,B,C,D – semnificația testului statistic distinct pentru fiecare componentă de arbore. Biomasa unei componente însoțită de aceeași literă indiferent de modul de întreținere și micorizarea exemplarelor nu diferă semnificativ pentru $p \leq 0,05$ (testul Tukey).

Pentru toate componentele de arbore nu apar diferențe semnificative între blocul unde s-a aplicat substanța micoritică și blocul martor, indiferent de clona analizată și modul de întreținere a culturilor ($p > 0,419$). Pentru ogorul negru se obține o biomasă totală pentru exemplarele fără micorizare din blocul martor de $2,42 \pm 0,65$ kg indiferent de clonă, față de $2,39 \pm 0,48$ kg în blocul cu exemplarele micorizate. În schimb, situația se prezintă diferit pentru ogorul nelucrat, pentru exemplarele micorizate se obține o biomasă totală de $0,34 \pm 0,09$ kg, față de $0,27 \pm 0,08$ kg în blocul martor.

După o analiză multiplă a diferențelor de productivitate de la nivelul trunchiului dintre clone și modul de întreținere rezultă că apar diferențe semnificative ($p < 0,0001$). Clona Pannonia diferă semnificativ de clonele AF2 și AF8 în blocul unde s-au efectuat lucrările de întreținere și nu diferă de

cele două în blocurile unde nu s-au efectuat. După biomasa acumulată la nivelul rădăcinilor și cea a ramurilor diferențele se păstrează doar pentru modul de întreținere și mai puțin între clonele analizate. Prin neefectuare lucrărilor de întreținere se pierde un aport de biomasă de 87%, indiferent de clonă și efectuarea procedurii de micorizare a sadelor. Potrivit analizei după modul de întreținere și de micorizare a exemplarelor în momentul instalării, apar diferențe de productivitate doar între modul de întreținere pentru toate componentele analizate (rădăcini, trunchi și ramuri) ($p > 0,449$). În ceea ce privește analiza diferențelor de productivitate dintre clone și efectul de micorizare, apar diferențe la nivelul trunchiului doar între clona Pannonia și clona AF2 atât în blocul cu micorizare cât și în cel martor. Clona AF8 nu diferă de cele două în ambele blocuri experimentale. Pentru restul componentelor nu apar diferențe semnificative după o analiză similară (tab. 5.5.1).

Tabelul 5.5.1. Rezultatul testului ANOVA privind diferențele de biomasă pentru fiecare componentă

Factorul de influență	DF	F	p
Analiza biomasei rădăcinilor			
Întreținere	1	431,8476	< 0,0001
Clona	2	0,5114	0,6011
Micorizare	1	0,6592	0,4187
Întreținere*Clona	2	1,8395	0,1639
Întreținere*Micorizare	1	0,1677	0,6830
Clona*Micorizare	2	0,8404	0,4344
Întreținere*Clona*Micorizare	2	2,0384	0,1353
Analiza biomasei trunchiului			
Întreținere	1	435,6720	< 0,0001
Clona	2	11,5812	< 0,0001
Micorizare	1	0,4092	0,5238
Întreținere*Clona	2	11,2426	< 0,0001
Întreținere*Micorizare	1	0,0370	0,8479
Clona*Micorizare	2	0,0530	0,9484
Întreținere*Clona*Micorizare	2	0,3619	0,6972
Analiza biomasei ramurilor			
Întreținere	1	313,8766	< 0,0001
Clona	2	1,8449	0,1631
Micorizare	1	0,2753	0,6009
Întreținere*Clona	2	1,4211	0,2460
Întreținere*Micorizare	1	0,5775	0,4490
Clona*Micorizare	2	1,7989	0,1705
Întreținere*Clona*Micorizare	2	1,7127	0,1853

*Notă. DF – numărul gradelor de libertate; F – mărimea efectului după distribuția Fischer; p – semnificația rezultatelor statistice.

Analiza multiplă a diferențelor de productivitate după cele trei variabile incidente, rezultă că pentru biomasa rădăcinilor și cea a ramurilor apar diferențe doar în funcție de modul de întreținere al culturilor. Pentru o analiză la nivelul trunchiului după cele trei variabile apar diferențe în primul rând potrivit modului de întreținere pentru toate clonele, indiferent de efectul micorizării. În blocul unde s-au efectuat lucrările de întreținere a terenului, clona Pannonia micorizată diferă semnificativ de clona AF2 în blocul cu micoriză și martor și de clona AF8 doar în blocul fără micoriză (martor) (fig. 5.5.1).

Discuții - privind efectul micorizării exemplarelor și efectuării lucrărilor de îngrijire a culturilor. În ceea ce privește efectuarea lucrărilor de îngrijire, diferențele sunt semnificative de la o suprafață la alta (ogor negru vs. ogor nelucrat). Costul lucrărilor de îngrijire, executate în primii ani de vegetație a culturilor, este compensat prin producția de biomasă. Pentru care micorizarea exemplarelor înainte de plantare este mai importantă în suprafețele unde nu s-au efectuat lucrările necesare, ajutând exemplarele să supraviețuiască în competiția cu speciile ierboase. În schimb, în blocul cu micorizarea efectuarea lucrărilor de îngrijire a redus din diferențele dintre exemplarele micorizate și cele nemicorizate (bloc martor). Rezultatele cele mai importante erau așteptate în blocurile cu micoriză pentru toate clonele (în special pentru ogorul negru). În general se observă în blocurile cu micoriză o reducere a volumului de rădăcină și implicit a biomasei acestora (mai puțin pentru clona AF2), confirmând rezultate similare unde s-au testat două tipuri de micorizare (Karliński et al., 2010).

După o analiză a proporțiilor componentelor de arbori în urma aplicării substanțe micoritice, se observă un aport mai mare la nivelul trunchiului în comparație cu biomasa rădăcinilor și cea a ramurilor. Aspect care este întâlnit atât în cadrul suprafețelor ce au fost parcurse cu lucrările de întreținere, cât și în cele unde nu s-a intervenit. Clona Pannonia prezintă cele mai bune acumulări de biomasă în suprafețele unde nu s-a intervenit pentru toate componentele de arbore studiate. Karliński et al. (2010) prezintă o mai bună circulație la nivelul rădăcinilor (40%), în comparație cu exemplarele nemicorizate.

Testarea efectului de micorizarea în condiții unei perturbări cu metale poluante, conferă o mai bună acumulare de biomasă indiferent de mediul de instalare a clonelor de plop (Lingua et al., 2008). Același lucru este demonstrat pentru o bună rezistență împotriva poluării cu aluminiu, unde micorizarea conferă rezistență împotriva acestui poluant și oferă o mai bună acumulare de biomasă pentru exemplare (indiferent de componenta studiată) (Lux and Cumming, 2001).

5.6. Estimarea producției de biomasă și a volumului de trunchi prin ecuații alometrice

Elaborarea ecuațiilor alometrice la nivel de individ și pe părți componente ale acestuia s-a făcut după două variabile independente cantitative, utilizându-se un model liniarizat în raport cu diametrul de la înălțimea de 1 m pe fus (cm) și înălțimea totală a exemplarelor (m). Utilizarea în calcul a două variabile cantitative a condus la o creștere a coeficientului de determinare (R^2) și o reducere a erorii standard de estimare (ϵ). În acest mod, au fost elaborate ecuații de estimare a biomasei și a volumului pentru fiecare clonă din cadrul suprafețelor experimentale instalate, pentru care în raport cu densitatea de plantare se poate determina productivitatea raportată la unitatea de suprafață.

Ecuații alometrice de estimare a biomasei la nivel individual, după un ciclu de 5 ani de producție în blocul experimental B. Ecuațiile alometrice au fost elaborate distinct pentru fiecare clonă după la sfârșitul ciclului de producție, pentru a surprinde randamentul maxim productiv. Ecuațiile elaborate pot fi utilizate pentru o perioadă mai mică de timp în limita intervalului de acoperire pentru cele două caracteristici. Pentru clona Max4 s-a ținut cont de ambele proveniențe ale materialului forestier de reproducere.

Valoarea interceptului variază de la clonă la alta, care la nivelul biomasei totale pe individ prezintă un maxim pentru clona Max4 ce este provenită din puiet cu rădăcină (4,886 kg), iar un minim pentru aceeași clonă provenită din butași (0,673 kg). Aceasta variază în raport cu mărimea producției de biomasă obținută pentru fiecare clonă după distribuția observațiilor incluse în analiza regresiei. Sunt înregistrate valori negative pentru biomasa totală doar în cazul clonei AF2 și în general pentru biomasa ramurilor pentru o parte din clonele analizate (A4A, AF2, AF6, MAX4B și Monviso). Potrivit modelului liniarizat, coeficientul de regresie (b) este influențat de valoarea coeficientului de determinare. Coeficientul de determinare (R^2) prezintă în general valori foarte mari (prezentând legături puternice între variabilele dependente și independente), unde valoare minimă este înregistrată de către clona AF2 ($R^2=0,589$) ale cărei valori ce sunt distribuite dispersat (difuz), iar valoarea maximă este întâlnită la clona AF8 ($R^2=0,995$) cu o distribuție aproximativ liniară. Valori foarte mari ale coeficientului de determinare sunt întâlnite pentru biomasa trunchiului, acestea scad către biomasa totală și cea a ramurilor. Variația mare a biomasei ramurilor implică pentru clona Max4P un coeficient de determinare slab ($R^2=0,366$), similar clonei AF2 ($R^2=0,377$), acestea prezentând o varianță reziduală mai mare în comparație cu clona AF6 ($R^2=0,931$).

Crearea unui model general pentru fiecare componentă și la nivel de individ pe baza întregului număr de observații implică un coeficient de determinare puternic pentru biomasa totală ($R^2=0,89$) și cea a trunchiului ($R^2=0,88$) și un coeficient slab pentru biomasa ramurilor ($R^2=0,27$). Biomasa ramurilor este explicată de cca. 27% din variabilele independente cantitativă (d^2h), pentru care reprezentarea grafică a regresiei liniare prezintă o distribuție difuză a valorilor (fig. 5.6.1). Eroarea de estimare a ecuațiilor elaborate este reprezentată de suma erorilor pentru fiecare observație, aceasta variază de la 16,1% pentru ecuația de estimare a biomasei ramurilor spre 5,9% pentru biomasa trunchiului și 5,7% pentru biomasa totală. Prezintă un maxim pentru biomasa ramurilor de 19,5% pentru clona Max4 provenită din butași și un minim pentru biomasa totală de 1,5% pentru clona AF8 (tab. 5.6.1).

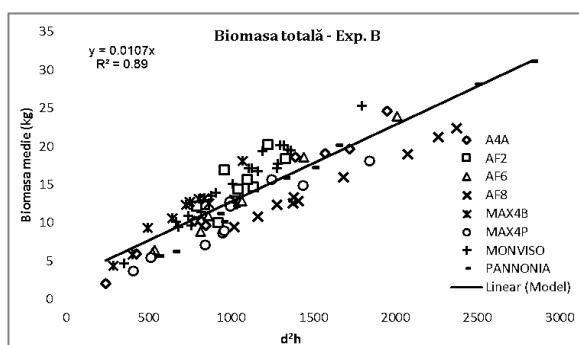
În comparație cu modelul general, modelul elaborat distinct pentru fiecare clonă prezintă un coeficient de determinare și de regresie care nu diferă foarte mult de acesta. Modelul creat pentru fiecare

clonă acordă o predictibilitate de estimare a biomasei mai mare decât în cazul general. Estimarea biomasei pe unitatea de suprafață necesită multiplicarea valorilor individuale medii pentru un eșantion mediu cu numărul de exemplare aferent densității de plantare pentru fiecare bloc analizat. Numărul dublu de observații prezent pentru clona Monviso nu implică neapărat un coeficient de determinare mai mare sau o eroare de estimare mai mică pentru componentele analizate.

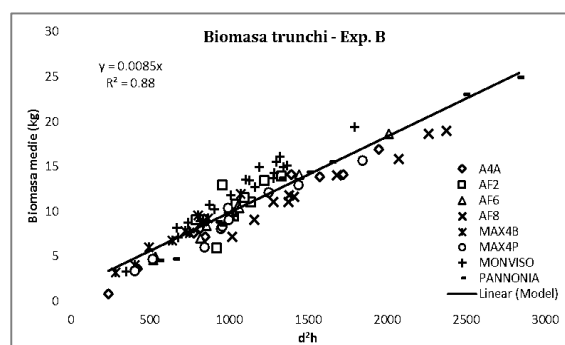
Tabelul 5.6.1. Ecuatii alometrice propuse pentru estimarea biomasei la nivel individual în blocul experimental B

Clona	N	Model	R ²	ε
Variabile independente calitative: proveniența, clona; Variabile independente cantitative: d _h 1 (cm) / h (m) / 5 ani 2874 arbori ha ⁻¹ (interval: d=5,6÷14,4; h=7,4÷13,5)				
Biomasa totală - (kg)				
A4A	10	B = 0,0123d ² h + 2,255	0,983	0,441
AF2	10	B = 0,0142d ² h - 0,755	0,589	0,448
AF6	10	B = 0,0122d ² h + 2,416	0,986	0,345
AF8	10	B = 0,0093d ² h + 3,133	0,995	0,657
MAX4B	10	B = 0,0163d ² h + 0,673	0,958	0,057
MAX4P	10	B = 0,0106d ² h + 4,886	0,885	-0,530
MONVISO	20	B = 0,0146d ² h + 0,958	0,965	0,393
PANNONIA	10	B = 0,0113d ² h + 2,363	0,989	0,669
Biomasa trunchi - (kg)				
A4A	10	B = 0,0089d ² h + 2,635	0,964	0,380
AF2	10	B = 0,0103d ² h + 0,574	0,514	0,298
AF6	10	B = 0,0095d ² h + 2,673	0,986	0,480
AF8	10	B = 0,0081d ² h + 2,676	0,974	-0,699
MAX4B	10	B = 0,0109d ² h + 0,687	0,971	0,254
MAX4P	10	B = 0,0089d ² h + 2,613	0,951	0,014
MONVISO	20	B = 0,0114d ² h + 1,515	0,963	-0,607
PANNONIA	10	B = 0,0092d ² h + 2,326	0,985	-0,512
Biomasa ramuri - (kg)				
A4A	10	B = 0,0034d ² h - 0,380	0,916	0,066
AF2	10	B = 0,0039d ² h - 1,330	0,377	0,110
AF6	10	B = 0,0027d ² h - 0,257	0,931	-0,101
AF8	10	B = 0,0013d ² h + 0,457	0,621	-0,278
MAX4B	10	B = 0,0054d ² h - 0,014	0,752	-0,228
MAX4P	10	B = 0,0017d ² h + 2,273	0,366	-0,509
MONVISO	20	B = 0,0032d ² h - 0,556	0,882	1,033
PANNONIA	10	B = 0,0022d ² h + 0,037	0,911	0,501

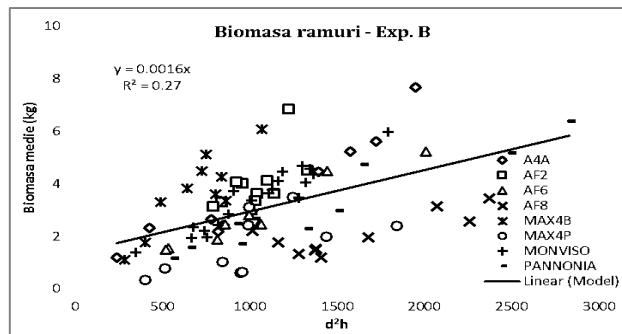
*Notă. N – numărul observații; R² – coeficientul de determinare; ε – suma erorii de estimare pe clone; B – biomasa (variabilă dependentă); d²h – variabila independentă.



a)



b)



c)

Figura 5.6.1. Reprezentarea grafică a modelului general de ecuație pentru estimarea biomasei "B-a" în cadrul blocului experimental B. a) Model propus pentru estimarea biomasei totale; b) Model propus pentru estimarea biomasei trunchiului; c) Model propus pentru biomasei ramurilor.

Ecuatii alometrice de estimarea biomasei la nivel individual, după un ciclu de 5 ani de producție în blocul experimental C. Variabilele calitative independente utilizate au fost stabilite după natura materialului săditor pentru clona Max4 și distinct pentru fiecare clonă în parte. Valoarea interceptului scade de la ecuațiile pentru estimarea producției de biomasă la nivel total și la nivelul trunchiului către ecuațiile de estimare a biomasei ramurilor, înregistrându-se un maxim pentru clona AF6 (9,43 kg) la nivel de biomasă totală în raport reducerea coeficientului de determinare. Aceasta variază în raport cu mărimea producției de biomasă obținută pentru fiecare clonă în parte și cu distribuția observațiilor. Conform modelului utilizat, interceptul prezintă valori pozitive cât și negative pentru toate părțile componente analizate. Prezintă valori negative pentru biomasa totală doar pentru clona MAX4P, pentru biomasa trunchiului tot pentru clona MAX4P și pentru biomasa ramurilor acesta este negativ pentru clona A4A și AF2.

Panta modelului (b - coeficientul de regresie) prezintă valori care scad pentru biomasa trunchiului și cea totală de la clona Max4P către clona AF2 și AF6, iar pentru biomasa ramurilor acesta scade de la clona A4A către clona AF6. Pentru modelul general panta ecuației scade concomitent cu producția înregistrată pentru fiecare componentă, de la biomasa totală ($b=0,0081$) către biomasa ramurilor ($b=0,0019$) (fig. 5.6.2). În comparație cu modelul general, modelul sau ecuațiile elaborate distinct pentru fiecare clonă prezintă un coeficient de regresie (panta modelului) care nu variază în limite foarte mari, fiind superior doar pentru clonele AF2 și AF6 pentru ecuațiile de estimare a biomasei totale și cea a trunchiului și clonele AF6 și Pannonia pentru ecuațiile de estimare a biomasei ramurilor. Coeficientul de determinare (R^2) prezintă în general valori foarte mari pentru regresia liniară dintre variabilele analizate pentru biomasa totală și cea a trunchiului, care scade pentru estimarea biomasei ramurilor. Pentru biomasa totală și cea a trunchiului cel mai mic coeficient de determinare este înregistrat de către AF6 ($R^2=0,314$ pentru biomasa totală și $R^2=0,392$ pentru biomasa trunchiului) ale cărei valori observate dependente prezintă o distribuție difuză în raport cu variabilele independente cantitative. În schimb pentru elaborarea ecuațiilor de estimare a biomasei ramurilor, coeficientul de determinare prezintă valori slabe în general pentru toate clonele, atingând un minim pentru clona AF6 ($R^2=0,028$) și un maxim pentru clona A4A ($R^2=0,915$). Cele mai mari valori înregistrate ale coeficientului de determinare în urma utilizării modelului liniarizat sunt prezentate de către clona A4A pentru toate componentele analizate și pentru ecuația de estimare a biomasei totale, în partea opusă aflându-se clona AF6 tot pentru toate componentele analizate (tab. 5.6.2). Conform modelului general creat pe întreg bloc experimental pentru fiecare componentă în parte, coeficientul de determinare prezintă o valoare mai mare pentru ecuațiile de estimare a biomasei trunchiului ($R^2=0,776$), față de ecuațiile de estimare a biomasei ramurilor ($R^2=0,411$) și cea totală ($R^2=0,754$). Biomasa ramurilor este cel mai mult supraestimată pentru clona AF6 (fig. 5.6.2). Eroarea de estimare a ecuațiilor prezintă un procent de 18,1% pentru biomasa ramurilor și scade către biomasa trunchiului și biomasa totală (5,6%). Cea mai mare abatere a modelului este înregistrată pentru clona AF6 pentru predicția biomasei ramurilor de 36,9%, iar cea mai mică este înregistrată pentru clona MAX4S (3,1%) pentru estimarea biomasei totale. Pentru întreg bloc experimental suma erorilor scade de la ecuațiile elaborate pentru biomasa trunchiului către biomasa totală și cea a ramurilor, care este negativă pentru toate clonele analizate (tab. 5.6.1).

Tabelul 5.6.2. Ecuatii alometrice propuse pentru estimarea biomasei la nivel individual în blocul experimental C.

Clona	N	Model	R ²	ε
Variabile independente calitative: proveniența, clona; Variabile independente cantitative: Dh1 (cm) / H (m) / 5 ani Bloc experimental C – 2667 arbori ha ⁻¹ (interval: d=9,1÷15,3; h=9,8÷15,3)				
Biomasa totală - (kg)				
A4A	10	$B = 0,011d^2h + 1,379$	0,967	-0,457
AF2	20	$B = 0,0067d^2h + 8,331$	0,756	0,678
AF6	10	$B = 0,0067d^2h + 9,431$	0,314	0,637
MAX4P	10	$B = 0,0157d^2h - 0,896$	0,914	0,448
MAX4S	10	$B = 0,0114d^2h + 4,055$	0,833	0,234
MONVISO	20	$B = 0,012d^2h + 2,767$	0,931	-1,158
PANNONIA	10	$B = 0,0104d^2h + 3,436$	0,991	-0,818
Biomasa trunchi - (kg)				
A4A	10	$B = 0,0082d^2h + 2,686$	0,969	-0,466
AF2	20	$B = 0,0045d^2h + 8,666$	0,770	1,542
AF6	10	$B = 0,0056d^2h + 7,902$	0,392	0,249
MAX4P	10	$B = 0,0139d^2h - 3,301$	0,888	-0,240
MAX4S	10	$B = 0,0095d^2h + 1,836$	0,848	0,398
MONVISO	20	$B = 0,0097d^2h + 2,499$	0,927	1,212
PANNONIA	10	$B = 0,0091d^2h + 2,806$	0,993	-0,665
Biomasa ramuri - (kg)				
A4A	10	$B = 0,0028d^2h - 1,306$	0,915	-1,266
AF2	20	$B = 0,0022d^2h - 0,334$	0,647	-3,416
AF6	10	$B = 0,0011d^2h + 1,528$	0,083	-0,888
MAX4P	10	$B = 0,0019d^2h + 2,404$	0,267	-1,833
MAX4S	10	$B = 0,0019d^2h + 2,219$	0,106	-1,439
MONVISO	20	$B = 0,0022d^2h + 0,267$	0,597	-1,763
PANNONIA	10	$B = 0,0013d^2h + 0,629$	0,775	-1,428

*Notă. N – numărul de observații; R² – coeficientul de determinare; ε – suma erorii de estimare pe clone; B – biomasa (variabilă dependentă); d²h – variabila independentă.

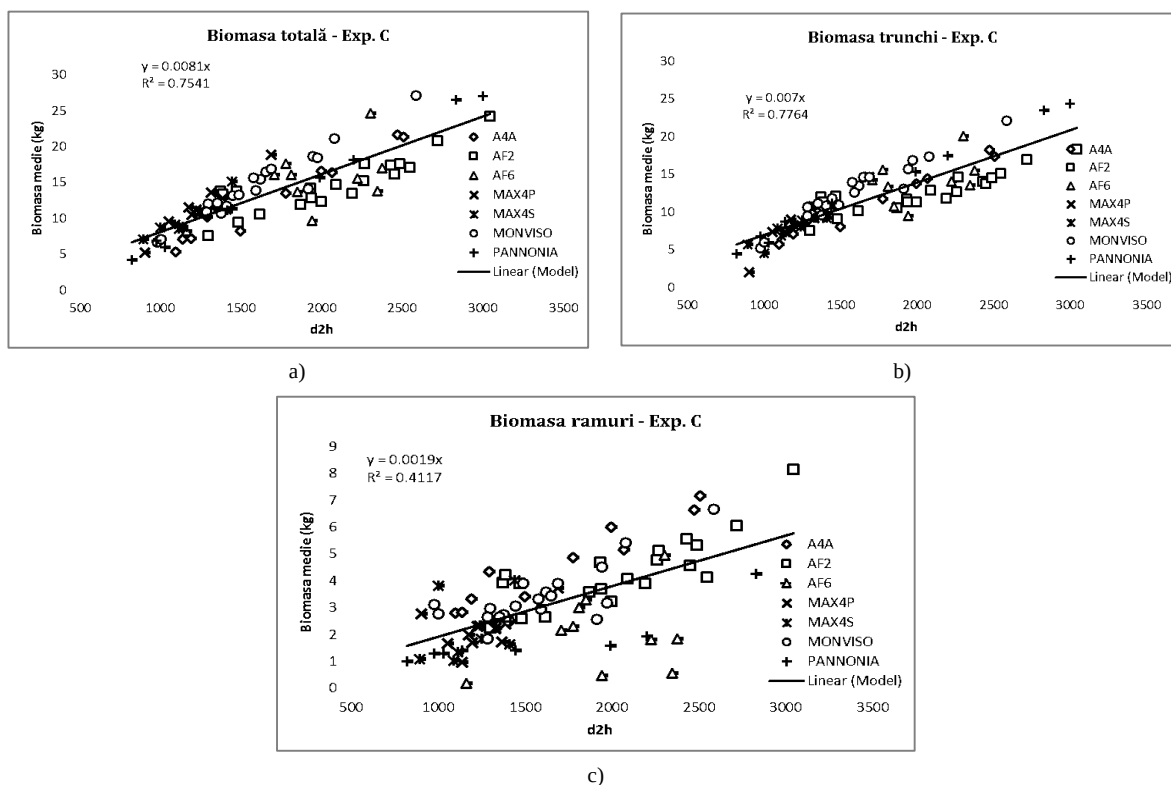


Figura 5.6.2. Reprezentarea grafică a modelului general de ecuație pentru estimarea biomasei "B-a" în cadrul blocului experimental C. a) Model propus pentru biomasei totale; b) Model propus pentru biomasei trunchiului; c) Model propus pentru estimarea biomasei ramurilor.

Ecuatii alometrice de estimarea biomasei la nivel individual, după un ciclu de 5 ani de producție în blocul experimental D. Dublarea distanței de plantare mărește valoarea interceptului pentru ecuațiile de estimare a biomasei individuale pentru fiecare clonă. Interceptul prezintă valori care scad de la ecuațiile de estimare a producției de biomasă la nivel total către biomasa trunchiului și cea a ramurilor, variază în raport cu mărimea producției de biomasă obținută pentru fiecare clonă și distribuției valorilor observate. Se înregistrează un maxim pentru clona AF2 (14,508 kg) la nivel de biomasă totală în raport cu reducerea coeficientului de determinare și un minim pentru clona MAX4P (puieți) tot la nivel de biomasă totală (0,01 kg). Potrivit modelului liniarizat utilizat, interceptul prezintă atât valori pozitive cât și negative pentru ecuațiile de estimare a biomasei totale și cea a ramurilor. Prezintă valori negative pentru biomasa totală doar pentru clona MAX4P și pentru biomasa ramurilor pentru clona AF8.

Tabelul 5.6.3. Ecuatii alometrice propuse pentru estimarea biomasei la nivel individual în blocul experimental D

Clona	N	Model	R ²	ε
Variabile independente calitative: proveniența, clona; Variabile independente cantitative: Dh1 (cm) / H (m) / 5 ani Bloc experimental D – 1333 arbori ha ⁻¹ (interval: d=9,3÷19,0; h=8,7÷15,3)				
Biomasa totală - (kg)				
A4A	10	B = 0,007d ² h + 9,891	0,878	0,200
AF2	10	B = 0,0053d ² h + 14,508	0,581	0,837
AF6	10	B = 0,0072d ² h + 12,93	0,753	0,217
AF8	10	B = 0,0106d ² h + 0,647	0,908	1,216
MAX4P	20	B = 0,0165d ² h - 0,01	0,760	0,104
MAX4S	20	B = 0,014d ² h + 4,286	0,840	-0,643
MONVISO	20	B = 0,0119d ² h + 4,895	0,798	-0,291
PANNONIA	10	B = 0,009d ² h + 10,572	0,717	0,818
Biomasa trunchi - (kg)				
A4A	10	B = 0,005d ² h + 9,534	0,910	-0,044
AF2	10	B = 0,0043d ² h + 11,569	0,492	-0,339
AF6	10	B = 0,0061d ² h + 10,041	0,878	-0,977
AF8	10	B = 0,0086d ² h + 1,512	0,926	0,221
MAX4P	20	B = 0,011d ² h + 0,080	0,932	-0,523
MAX4S	20	B = 0,0105d ² h + 0,582	0,833	0,018
MONVISO	20	B = 0,0098d ² h + 3,189	0,859	-1,328
PANNONIA	10	B = 0,0067d ² h + 9,809	0,603	-0,340
Biomasa ramuri - (kg)				
A4A	10	B = 0,002d ² h + 0,357	0,662	0,245
AF2	10	B = 0,001d ² h + 2,939	0,194	1,169
AF6	10	B = 0,0012d ² h + 2,888	0,097	-1,041
AF8	10	B = 0,002d ² h - 0,865	0,716	0,995
MAXP	20	B = 0,0041d ² h + 1,837	0,386	0,201
MAXS	20	B = 0,0035d ² h + 3,703	0,415	-0,659
MONVISO	20	B = 0,0021d ² h + 1,706	0,403	1,034
PANNONIA	10	B = 0,0023d ² h + 0,763	0,679	1,153

*Notă. N – numărul de observații; R² – coeficientul de determinare; ε – suma erorii de estimare pe clone; B – biomasa (variabilă dependentă); d²h – variabila independentă.

Coeficientul de regresie al modelului (b) prezintă valori care scad pentru fiecare ecuație de stimare a biomasei pe componente (ramuri și trunchi) și pentru biomasa totală de la clona Max4P către clona AF2. Pentru modelul general panta ecuației scade concomitent cu producția înregistrată pentru fiecare componentă, de la biomasa totală (b=0,0076) către biomasa ramurilor (b=0,0023) similar valorilor întâlnite în cadrul blocului experimental C (fig. 5.6.3). Modelul general creat pentru întregul bloc experimental, prezintă valori superioare pentru ecuațiile de estimare a biomasei totale pentru clona AF2 și AF6, iar pentru ecuațiile alometrice aferente biomasei trunchiului pe lângă cele două clone amintite sunt prezentate și clonele A4A și Pannonia. Potrivit ecuației de estimare a biomasei ramurilor, modelul general prezintă o pantă superioară clonelor A4A, AF2, AF6, AF8 și pentru Monviso. Coeficientul de determinare prezintă o variație pentru ecuația de estimare a biomasei totale individuale de la un maxim pentru clona AF8 (R²=0,908) la o valoare minimă pentru clona AF2 (R²=0,581). Pentru ecuațiile de estimare a biomasei trunchiului acesta prezintă cea mai mică valoare pentru clona AF2 (R²=0,492), iar pentru estimarea biomasei ramurilor coeficientul de determinare scade foarte mult pentru clona AF6

($R^2=0,097$) datorită distribuției valorilor observate (tab. 5.6.3). Potrivit modelului general creat pentru estimarea fiecărei componente (fără valoarea interceptului), coeficientul de determinare scade de la ecuațiile de estimare a biomasei trunchiului ($R^2=0,742$), către cea aferentă biomasei totale ($R^2=0,548$) și a ramurilor ($R^2=0,105$). Biomasa ramurilor este subestimată în principal pentru clona Max4, pentru ambele proveniențe și supraestimată pentru clonele AF6 și AF2 (fig. 5.6.3). Eroarea de estimare a ecuațiilor variază între un maxim pentru biomasa ramurilor (16,7%) și un minim pentru biomasa trunchiului (6,1%). Estimarea biomasei la nivel total prezintă o predictibilitate de 6,8% indiferent de clonă analizată. Valoarea maximă a erorii de estimare este înregistrată pentru clona Max4P (21%) pentru biomasa ramurilor, iar cea minimă este înregistrată pentru biomasa trunchiului pentru clona AF6 (2,4%) (tab. 5.6.3).

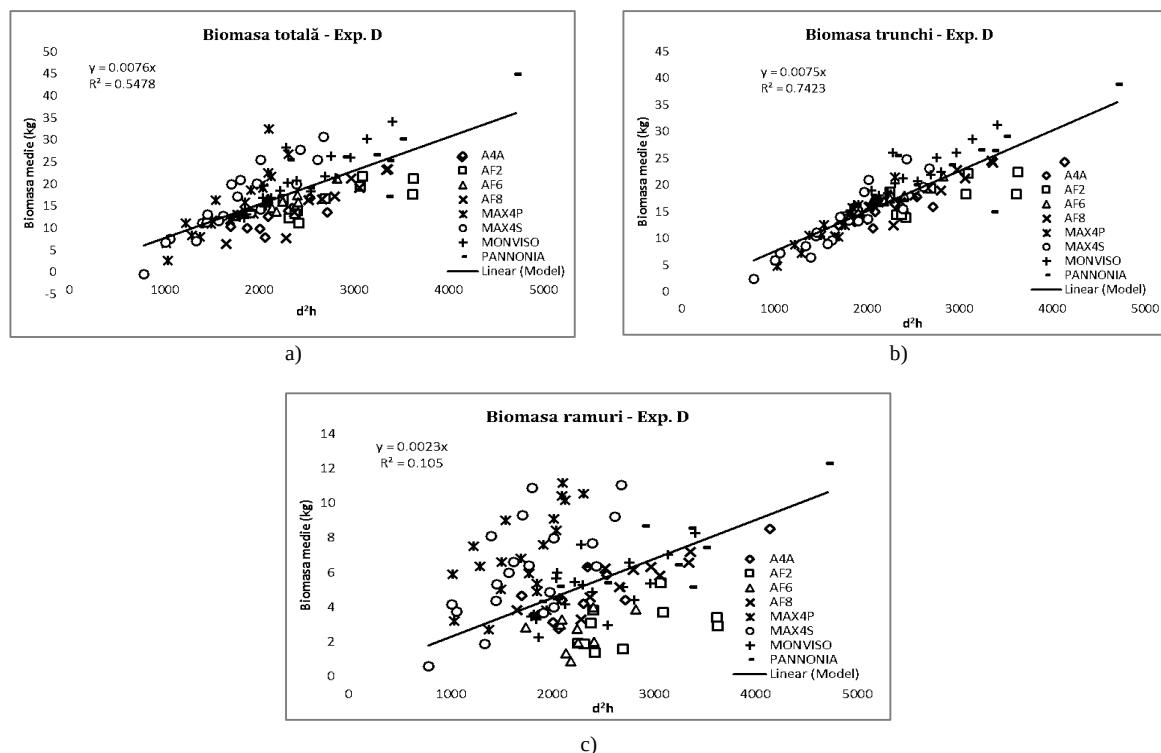


Figura 5.6.3. Reprezentarea grafică a modelului general de ecuație pentru estimarea biomasei "B-a" în cadrul blocului experimental D. a) Model propus pentru estimarea biomasei totale; b) Model propus pentru estimare biomasei trunchiului; c) Model propus pentru estimarea biomasei ramurilor.

Ecuații alometrice pentru estimarea volumului de trunchiului, în cadrul suprafeței experimentale S1. Elaborarea ecuațiilor de volum s-a efectuat după volum determinat pentru fiecare individ în parte specific fiecărui an de vegetație pe parcursul ciclului de producție (5 ani). Motiv pentru care coeficientul de determinare prezintă valori foarte ridicate, iar suma erorilor de estimare este apropiată de valoare nulă. Astfel, coeficientul de determinare prezintă pentru blocul experimental B o valoare minimă pentru clona Pannonia ($R^2=0,906$), ale cărei observații prezintă cea mai largă distribuție (fig. 5.6.4 a).

Pentru blocul experimental C, valoarea minimă a coeficientului de determinare este prezentată pentru ecuațiile de estimare a volumului pentru clona A4A ($R^2=0,909$), iar în raport cu dublarea distanței de plantare a sadelor (blocul experimental D) acesta scade pentru clona AF2 ($R^2=0,796$). Potrivit modelului general propus pentru fiecare bloc experimental, coeficientul de determinare prezintă valori care descresc de la blocul experimental C ($R^2=0,941$) spre blocul experimental B ($R^2=0,915$) și blocul experimental D ($R^2=0,901$) (fig. 5.6.4). Datorită similarității coeficientului de regresie dintre blocurile analizate și a coeficienților de determinare foarte mari se poate concretiza un model general care prezintă o pată medie de 0,0238 și un bun coeficient de determinare ($R^2=0,911$) (fig. 5.6.4 d).

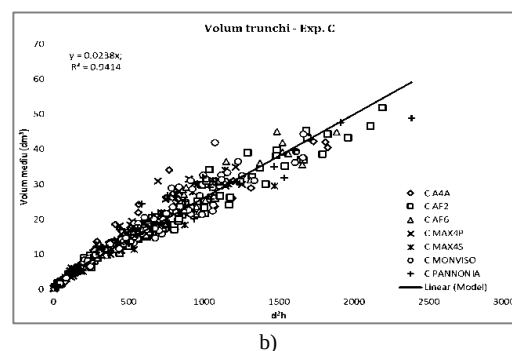
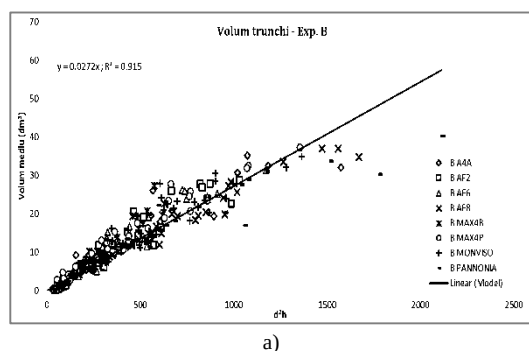
Suma erorilor de estimare a ecuațiilor propuse prezintă cele mai mari valori în blocul experimental D ($3,16 \text{ dm}^3$), aceasta scade în cadrul blocului experimental C ($1,59 \text{ dm}^3$) și în blocul experimental B ($0,69 \text{ dm}^3$). Valoarea cea mai mare la nivel de clonă este înregistrată de către clona Monviso ($2,66 \text{ dm}^3$)

în blocul experimental D și cu o valoare apropiată de către clona AF2 (2,61 dm³) în blocul experimental C. În schimb valoarea minimă este înregistrată de către clona A4A (0,01 dm³) în blocul experimental C (tab. 5.6.4). Valoarea interceptului descrește în raport cu producția de biomasă la nivel individual de la nivelul blocului experimental D (valoarea maximă este de 6,831 dm³) spre restul blocurilor analizate. Variația coeficientului de regresie (panta modelelor) este restrânsă la nivelul blocului experimental C, unde clonele prezintă o creștere uniformă. Potrivit ecuații specifice clonelor analizate, se observă că pentru clona Max4B (butași) panta modelului este superioară celorlalte clone în sens invers producției individuale.

Tabelul 5.6.4. Ecuații alometrice propuse pentru estimarea volumului la nivel individual (dm³) în suprafața experimentală S1.

Clona	N	Model	R ²	ε
Variabile independente calitative: proveniența, clona; Variabile independente cantitative: d _h l (cm) / h (m) / 1 ÷ 5 ani Bloc experimental B - 2874 arbori ha ⁻¹ (interval: d=0,25÷14,7; h=0,7÷13,5)				
A4A	50	V = 0,0277d ² h + 2,149	R ² = 0,911	-0,251
AF2	50	V = 0,0313d ² h + 1,303	R ² = 0,937	0,194
AF6	50	V = 0,0314d ² h + 1,244	R ² = 0,947	0,236
AF8	50	V = 0,025d ² h + 1,818	R ² = 0,972	-0,266
MAX4B	50	V = 0,0408d ² h + 0,400	R ² = 0,972	-0,338
MAX4P	50	V = 0,0313d ² h + 1,793	R ² = 0,959	-0,749
MONVISO	100	V = 0,0296d ² h + 1,290	R ² = 0,938	-0,301
PANNONIA	50	V = 0,0218d ² h + 2,616	R ² = 0,906	0,777
Variabile independente calitative: proveniența, clona; Variabile independente cantitative: d _h l (cm) / h (m) / 1 ÷ 5 ani Bloc experimental C - 2667 arbori ha ⁻¹ (interval: d=0,82÷14,7; h=2,2÷13,5)				
A4A	50	V = 0,0219d ² h + 3,634	R ² = 0,909	-0,010
AF2	100	V = 0,0229d ² h + 2,081	R ² = 0,966	2,614
AF6	50	V = 0,0245d ² h + 2,322	R ² = 0,960	-0,583
MAX4P	50	V = 0,0276d ² h + 1,351	R ² = 0,941	0,501
MAX4S	50	V = 0,0265d ² h + 1,352	R ² = 0,936	1,897
MONVISO	100	V = 0,0255d ² h + 1,670	R ² = 0,938	-1,775
PANNONIA	50	V = 0,0226d ² h + 2,927	R ² = 0,943	-1,047
Variabile independente calitative: proveniența, clona; Variabile independente cantitative: d _h l (cm) / h (m) / 1 ÷ 5 ani Bloc experimental D - 1333 arbori ha ⁻¹ (interval: d=0,48÷18,2; h=1,5÷15,3)				
A4A	50	V = 0,0259d ² h + 1,490	R ² = 0,913	-0,800
AF2	50	V = 0,0159d ² h + 6,831	R ² = 0,796	-0,845
AF6	50	V = 0,0229d ² h + 2,458	R ² = 0,915	0,282
AF8	50	V = 0,0217d ² h + 3,053	R ² = 0,971	0,054
MAX4P	100	V = 0,024d ² h + 2,917	R ² = 0,920	-1,907
MAX4S	100	V = 0,0265d ² h + 1,941	R ² = 0,930	1,905
MONVISO	100	V = 0,0199d ² h + 3,359	R ² = 0,912	2,665
PANNONIA	50	V = 0,0204d ² h + 2,363	R ² = 0,985	1,807

*Notă. N – numărul de observații; R² – coeficientul de determinare; ε – suma erorii de estimare pe clone; V – volumul trunchiului exemplarelor fără coajă (variabilă dependentă); d²h – variabila independentă.



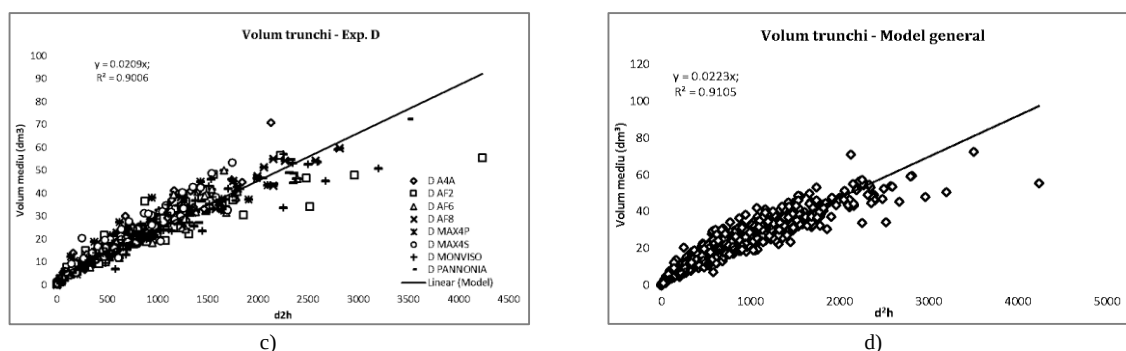


Figura 5.6.4. Reprezentarea grafică a modelului de ecuație pentru estimarea volumului fără coajă "V-a". a) Model pentru volum trunchiului în experimentul B; b) Model propus pentru estimarea volumului trunchiului în experimentul C; c) Model propus pentru estimarea volumului trunchiului în experimentul D; d) Model general propus pentru estimarea volumului trunchiului în suprafața experimentală S1.

Ecuatii alometrice de estimare a biomasei individuale, după un ciclu de 2 ani de producție, în suprafețe parcurse cu lucrări de îngrijire (S2). Elaborarea ecuațiilor s-a făcut pentru fiecare componentă în parte în raport cu variabilele independente cantitativ și calitativ amintite, distinct pentru exemplarele care au fost tratate cu o substanță micoritică și pe cele din suprafețele martor. Mărimea interceptului pentru ecuațiile propuse scade pe la nivel total, pentru estimarea biomasei totale către biomasa celorlalte componente de arbore (respectiv către biomasa trunchiului, ramurilor și cea a rădăcinilor).

Tabelul 5.6.4. Ecuatii alometrice pentru estimarea biomasei la nivel individual în blocul experimental cu ogor negru

Clona	N	Model	R ²	ε
Variabile independente calitative: micorizarea, clona; Variabile independente cantitative: Dh1 (cm) / H (m) / 2 ani				
Experiment ogor negru – 2222 arbori ha ⁻¹ (interval: d=1,9÷4,7; h=2,8÷4,7)				
Biomasa totală - (kg)				
AF2 FM	10	B = 0,0349d ² h + 0,602	0,565	0,007
AF8 FM	10	B = 0,0149d ² h + 1,837	0,277	0,020
PAN FM	10	B = 0,03d ² h + 1,254	0,756	0,005
AF2 M	10	B = 0,0157d ² h + 1,928	0,438	0,010
AF8 M	10	B = 0,0201d ² h + 1,220	0,348	0,014
PAN M	10	B = 0,0406d ² h + 0,690	0,703	0,013
Biomasa trunchi - (kg)				
AF2 FM	10	B = 0,0142d ² h + 0,387	0,484	0,029
AF8 FM	10	B = 0,0051d ² h + 0,851	0,114	-0,020
PAN FM	10	B = 0,0158d ² h + 0,298	0,746	0,012
AF2 M	10	B = 0,006d ² h + 0,863	0,240	-0,012
AF8 M	10	B = 0,0079d ² h + 0,612	0,379	0,028
PAN M	10	B = 0,0154d ² h + 0,281	0,497	0,012
Biomasa ramuri - (kg)				
AF2 FM	10	B = 0,0115d ² h + 0,080	0,627	-0,004
AF8 FM	10	B = 0,0063d ² h + 0,395	0,294	-0,002
PAN FM	10	B = 0,0057d ² h + 0,540	0,284	0,010
AF2 M	10	B = 0,0041d ² h + 0,611	0,139	-0,012
AF8 M	10	B = 0,0067d ² h + 0,230	0,216	-0,028
PAN M	10	B = 0,015d ² h + 0,135	0,698	0,010
Biomasa rădăcini - (kg)				
AF2 FM	10	B = 0,0078d ² h + 0,137	0,361	-0,006
AF8 FM	10	B = 0,0025d ² h + 0,510	0,345	-0,025
PAN FM	10	B = 0,009d ² h + 0,363	0,641	0,011
AF2 M	10	B = 0,0053d ² h + 0,347	0,656	-0,009
AF8 M	10	B = 0,0035d ² h + 0,450	0,147	0,011
PAN M	10	B = 0,0098d ² h + 0,252	0,707	-0,030

*Notă. N – numărul de observații; R² – coeficientul de determinare; ε – suma erorii de estimare pe clone; B – biomasa (variabilă dependentă); d²h – variabila independentă; FM – suprafețe martor (fără micorizare); M – suprafețe unde s-a administrat substanța micoritică.

Coeficientul de regresie (b) prezintă valori care scad pentru fiecare clonă de la biomasa totală individuală către biomasa ramurilor acestora în raport cu producțiile realizate pentru fiecare componentă. După modelul general întocmit pentru fiecare componentă se observă că panta exemplarelor provenite din suprafețele martor prezintă o pantă (coeficient de regresie) superioare exemplarelor provenite din suprafețele martor, mai puțin pentru ecuația de estimare a biomasei rădăcinilor. Coeficientul de determinare (R^2) prezintă în general valori similare atât pentru exemplarele provenite din suprafețe în care s-au aplicat tratarea exemplarelor cu substanțe micoritice, cât și în suprafețele martor. Fapt care se observă pentru toate componentele de arbore analizate și pentru ecuațiile de estimare a biomasei totale (fig. 5.6.5). Pentru biomasa totală acesta variază de la clona Pannonia cu o valoare maximă din blocul martor ($R^2=0,756$) la clona AF8 cu o valoare minimă pentru același bloc ($R^2=0,277$). De la nivelul biomasei totale, coeficientul de determinare scade către ecuațiile de determinare a biomasei rădăcinilor, mai puțin pentru exemplarele provenite din suprafețele unde s-a administrat tratamentul micoritic ($R^2=0,492$).

Eroarea de estimare modelelor propuse variază pentru ambele blocuri experimentale (bloc cu micorizare și fără) de la un procent de 25,6% pentru biomasa ramurilor spre un procent de 18,2% pentru biomasa trunchiului, la 14,6% pentru biomasa rădăcinilor și 14,1% înregistrat pentru biomasa totală. Cele mai mici variații la nivel de clonă sunt specifice clonei Pannonia, care prezintă pentru biomasa totală cele mai mici valori ale erorii de estimare pentru ambele blocuri experimentale. Potrivit celor două blocuri, eroarea de estimare a ecuațiilor alometrice este mai mică în blocul cu micorizare (13,5%), față de blocul martor (14,7%) (tab. 5.6.5).

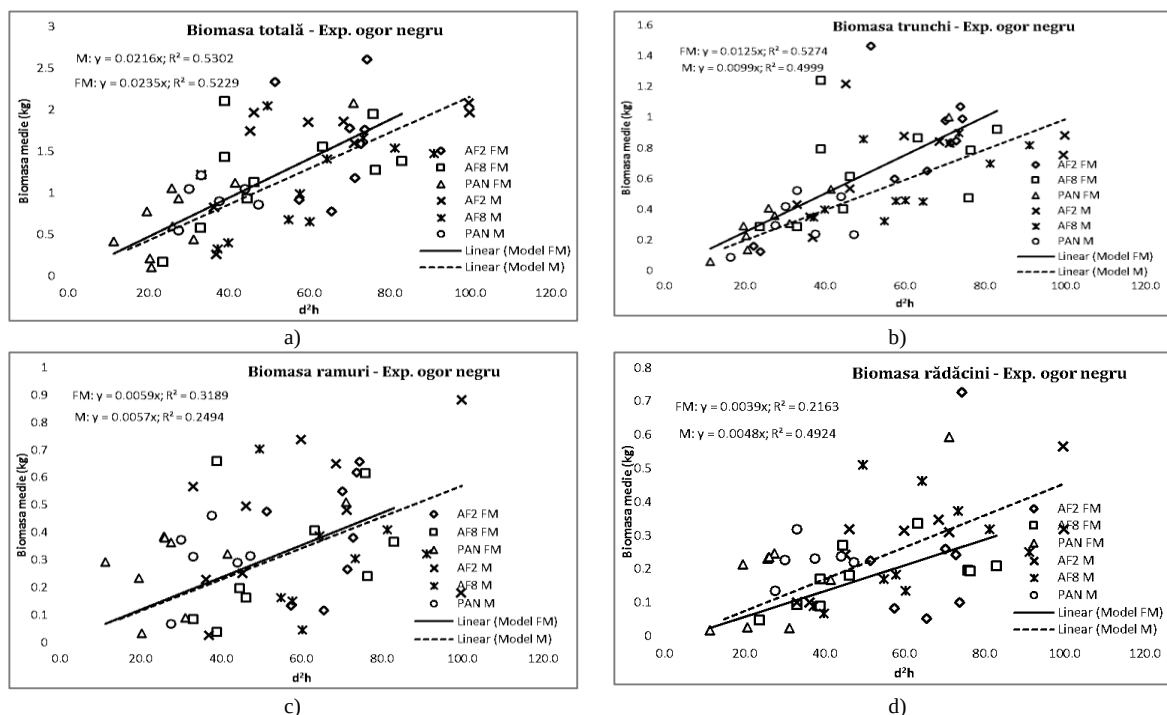


Figura 5.6.5. Reprezentarea grafică a modelului general de ecuație pentru biomasa componentelor "B-a" în cadrul blocului experimental cu ogor negru (S2), blocul experimental cu și fără micoriză. a) Model propus pentru biomasa totală. b) Model propus pentru biomasa trunchiului. c) Model propus pentru biomasa ramurilor. d) Model propus pentru biomasa rădăcinilor.

Discuții – privind elaborarea ecuațiilor alometrice. Influența variabilelor individuale calitative este greu de cuantificat în elaborarea unui model de estimare a biomasei și a volumului. Factori calitativ acționează direct asupra variabilelor cantitative, care se evidențiază în producția exemplarelor. În acest sens, sunt create modele care compara influența variabilelor calitative asupra modelului studiat pentru estimarea biomasei (Picard et al., 2012). Pe de altă parte au fost elaborate atât modele liniare sau neliniare: tip putere, exponențiale, ș.a.) de estimare a biomasei după o singură variabilă independentă. Acestea au fost comparate cu ecuații de estimare multifactoriale (după două variabile independente), care s-au dovedit a fi inferioare în ceea ce privește precizia de estimare (Ciuvăț, 2013, Blujdea et al., 2012, Návar, 2009). Utilizarea înălțimii ca singură ca variabilă dependentă induce o eroare de estimare

(MSE) mult mai mare decât în cazul în care s-ar utilizat diametrul ca variabilă independentă. Testarea ecuațiilor pentru molid, utilizarea înălțimii ca variabilă independentă generează o supraestimare a producției de biomasă (Dutcă, 2011, Dutca et al., 2010). Este recomandat pentru elaborarea ecuațiilor alometrice utilizarea diametrului ca variabilă independentă pentru modele cu o singură variabilă (Picard et al., 2012). În ansamblu generarea ecuațiilor alometrice au drept scop estimarea cantității de biomasă în funcție de un diametru specific raportată la unitatea de suprafață, unde densitatea de plantare este inclusă în calcul ca variabilă independentă.

Eliminarea termenului liber din ecuația pentru determinarea biomasei rădăcinilor și cea a ramurilor este confirmată de studii similare (Ciuvăț, 2013). Este apreciat utilizarea diametrului de la colet pentru elaborarea ecuațiilor de biomasă, lucru care pentru estimarea productivității unor proveniențe diferite de material de reproducere, diametrul trunchiului de la 1 m este mult mai stabil. Stabilitatea este mai mare și față de diametrul de bază ($h=1,3$ m) unde satele formează un defect indus de creșterile din primul an. Coeficientul de determinare pentru biomasa totală scade de la nivelul blocului experimental B ($R^2=0,799$) către blocul experimental C ($R^2=0,754$) și către blocul experimental D ($R^2=0,548$). Aceeași clasificare se observă și pentru ecuațiile de estimare a biomasei trunchiului, iar pentru estimarea biomasei ramurilor coeficientul de determinare este mai mare pentru blocul experimental C ($R^2=0,412$) (fig. 5.6.6 a, b, c). Testarea ecuației propuse pentru estimarea volumului trunchiului pentru blocurile experimentale din cadrul suprafeței experimentale S1 prezintă un coeficient de determinare foarte puternic ($R^2=0,919$) (fig. 5.6.6 d). Modelul generează rezultate foarte bune și pentru arbori de dimensiuni mai mari (Komiyama et al., 2005).

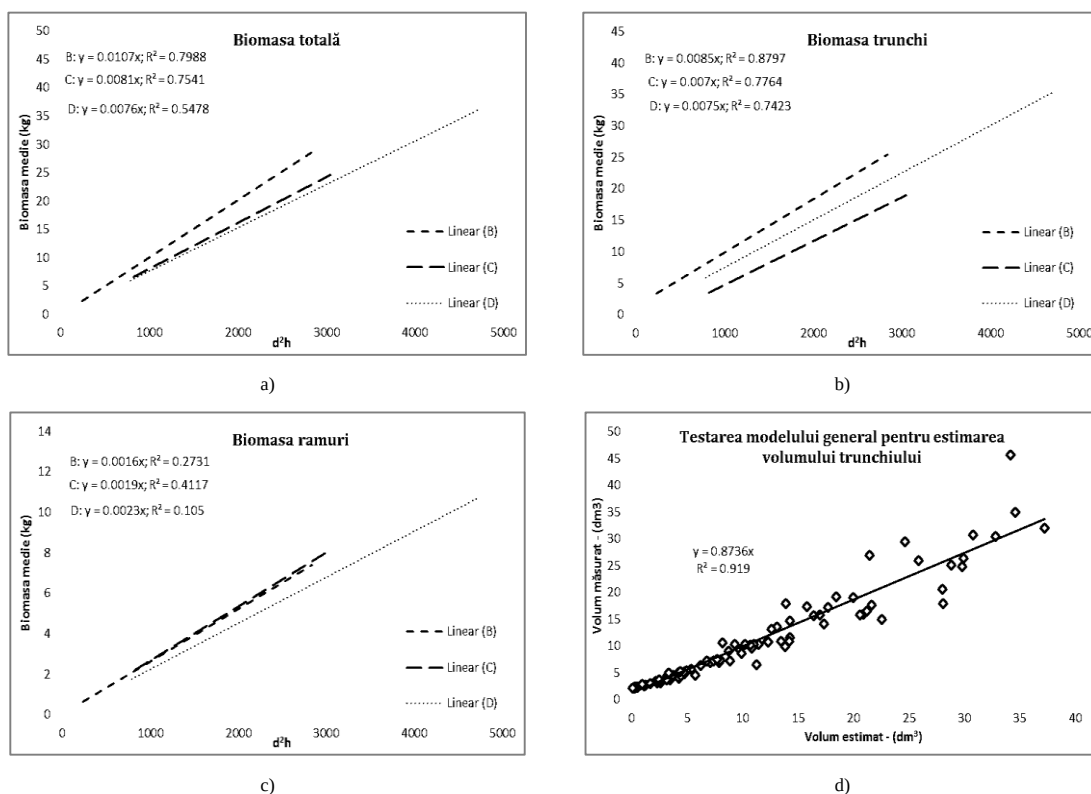


Figura 5.6.6. Distribuția modelului liniarizat pentru fiecare bloc experimental pe părți componente. a) Modelul propus pentru estimarea biomasei totale; b) Modelul propus pentru estimarea biomasei trunchiului; c) Modelul propus pentru estimarea biomasei ramurilor; d) Distribuția volumului în raport cu modelul propus pentru estimarea acestuia.

Capitolul 6. Concluzii și contribuții personale

6.1. Concluzii generale

Adaptabilitatea clonelor de plop hibrid, în culturile cu ciclu scurt de producție, la condițiile specifice zonei colinare din Nord-Estul României, s-a evaluat prin prisma analizei productivității de biomasă și volum, la nivel individual și raportată la unitatea de suprafață cultivată. În raport cu cercetările efectuate în cadrul celor două suprafețe experimentale, se deprind următoarele concluzii:

a) referitoare la întocmirea stadiului cunoștințelor, privind instalarea plopului hibrid în culturi cu ciclu scurt de producție. Au fost tratate perspective referitoare la înființarea culturilor cu ciclu scurt de producție, cu scopul de a reda o imagine generală asupra modului de gospodărire al acestora. Astfel, au fost incluse într-o formă sintetică aspecte legate de încadrarea și descrierea culturilor de plop cu ciclu scurt de producție, din perspectiva dezvoltării raționale, în străinătate și în țară. Au fost descrise aspecte legate de necesitatea și apariția clonelor de plop hibrid și legate de preferințele ecologice ale acestora, privind adaptarea la varietatea condițiilor staționale, pentru obținerea unor randamente de mare productivitate. S-a evidențiat importanța modului de obținere a materialului forestier de reproducere pe cale vegetativă, potrivit câștigului genetic, în comparație cu înmulțirea generativă și avantajele oferite pe această cale. A fost tratată problema beneficiilor oferite prin înființarea unor astfel de culturi, din punct de vedere ecologic, economic și social, pentru investitori și comunitățile locale, în raport cu dezavantajele oferite. S-au tratat o serie de aspecte privind utilizarea biomasei obținute din culturi de acest fel, în scop energetic. A fost analizată influența tehnologiilor specifice de instalare și întreținere a culturilor de plop hibrid, în scopul obținerii celor mai bune rezultate. Parcurgerea tuturor etapelor se poate concretiza într-un ghid de bune practici pentru investitorii în domeniu. Potențialul productiv al acestor culturi a fost tratat în raport cu (i) influența tipului de material forestier de reproducere în acumularea de biomasă; (ii) influența densității de plantare asupra acumulării de biomasă; (iii) influența mărimii ciclului de producție și necesitatea utilizării rotației culturilor, pentru îmbunătățirea condițiilor edafice ale solului; (iv) influența modului de întreținere a suprafețelor, în raport cu afânarea solului, administrarea unor suplimente nutritive și irigarea culturilor; (v) influența efectului de micorizare artificială a materialului săditor, în favorizarea creșterilor individuale în primii ani de dezvoltare. În final, au fost descrise metodele de determinare și de estimare a biomasei, esențiale pentru stabilirea stocului de carbon și de monitorizare a productivității culturilor. Potrivit ecuațiilor alometrice de estimare, au fost prezentate aspecte din perspectiva elaborării modelelor de predicție a biomasei, în raport cu calitatea rezultatelor oferite.

b) referitoare la dinamica creșterilor radiale, în înălțime și volum, a clonelor de plop hibrid, pe parcursul a cinci ani de producție. Analiza dinamicii creșterilor curente și cumulate la nivel radial, în înălțime și în volum, pentru cele șapte clone de plop hibrid testate, oferă o imagine clară a potențialului productiv, în condițiile staționale specifice din Nord-Estul României. Potrivit diferențelor de creștere interclonale, se evidențiază cele mai productive clone, ce pot fi promovate în condiții similare de stațiune. În raport cu necesitățile urmărite pentru fiecare cultură se pot alege astfel caracteristicile optime pentru obținerea cantităților de biomasă dorite, în ceea ce privește distribuția biomasei exemplarelor, pe componente de arbore. Productivitatea clonelor diferă, în funcție de natura materialului forestier de reproducere utilizat și de schema de plantare. Diferențele dintre clone și clasificarea acestora, potrivit creșterilor radiale cumulate și curente, variază de la un bloc experimental la altul, pe parcursul ciclului de producție analizat.

Rezultatele arată că cele mai bune creșteri curente înregistrate la nivelul diametrului și a înălțimii sunt înregistrate în anul doi de vegetație (2010), iar cele mai reduse se obțin în anul patru de vegetație (2012). Acestea urmăresc o dinamică a precipitațiilor medii, înregistrate pe parcursul perioadei de vegetație a culturilor. În ultimul sezon din ciclul de vegetație (2013), se înregistrează un aport de creștere în volum, pentru toate componentele de până la 36% din volumul total cumulat, indiferent de tipul de clonă analizată. Potrivit creșterilor radiale curente, exemplarele provenite din butași (bloc B) prezintă o creștere superioară ($10,05 \pm 2,99 \text{ mm} \cdot \text{an}^{-1}$) exemplarelor prevenite din sade (bloc C, $8,92 \pm 2,16 \text{ mm} \cdot \text{an}^{-1}$). Dublarea distanței de plantare pentru sade (bloc C vs. D) aduce un spor de creștere anual individual de 27%, în care se înregistrează o creștere medie de $11,35 \pm 2,69 \text{ mm} \cdot \text{an}^{-1}$. Potrivit creșterilor radiale, se remarcă clonele AF8 și Pannonia, în cadrul blocurilor experimentale B și D, iar în blocul experimental

C, se remarcă clonele AF2 și AF6. Clona Max4, pentru care s-au instalat trei tipuri de material forestier de reproducere, prezintă pentru exemplarele provenite din puieți o creștere anuală superioară celor provenite din butași și sade, la nivel radial. Pe parcursul celor 5 ani de producție se înregistrează o creștere curentă în înălțime similară în cadrul blocurilor analizate ($2,07 \pm 0,63 \text{ m an}^{-1}$). Pentru blocurile experimentale C și D, anul doi de vegetație (2010) diferă semnificativ de restul anilor, iar în cazul blocului experimental B, anul doi și trei nu diferă semnificativ. Pentru clona Max4, exemplarele provenite din puieți prezintă o creștere anuală superioară exemplarelor provenite din butași și sade. Diferențele reduse dintre clone, din blocul experimental C, față de B, sunt datorate, cel mai probabil, mărimii materialului săditor, care oferă o cantitate de resursă mai mare, necesară dezvoltării exemplarelor în primă fază. În general, productivitatea ridicată dintre toate clonele, în ceea ce privește acumularea în volum, s-a înregistrat pentru clonele AF8, AF2 și AF6, urmate de clonele A4A, Pannonia și Monviso. Productivitatea cea mai mică este întâlnită la clona Max4, pentru toate proveniențele de material forestier utilizate pentru această clonă. Creșterile în volumul se corelează puternic cu creșterile radiale ($r=0,81$) și moderat cu creșterile înălțimilor ($r=0,66$). În condițiile de stațiune descrise, culturile cu ciclu scurt de producție obțin un volum mediu al trunchiului, pe exemplar de $13,3 \text{ dm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ (fără coajă și ramuri). În valori cumulate, un exemplar mediu poate crește în 5 ani de vegetație până la $34,2 \text{ dm}^3$ (echivalentul a $0,034 \text{ m}^3$).

c) referitoare la influența tipului de material forestier de reproducere și a densității de plantare, în acumularea de biomasă a clonelor de plop hibrid. Natura materialului forestier utilizat se reflectă direct în producția de biomasă (la nivel individual și raportat la hectar). Diferența de biomasă acumulată de exemplarele provenite din butași, față de cea a exemplarelor provenite din sade și puieți cu rădăcină, se datorează, în primul rând, caracteristicilor morfologice și fiziologice ale acestora. Culturile de plop cu ciclu scurt oferă un randament bun, în special pentru culturile provenite din sade și puieți, în comparație cu cele provenite din butași, după 4 și 5 ani de vegetație. Creșterea ciclului de producție modifică raportul dintre biomasa ramurilor și a trunchiului, pentru fiecare tip de material săditor. Pentru clona Max, aportul de biomasă realizat în ultimul an de vegetație este de 45,4% pentru exemplarele provenite din sade, 72,0% pentru cele provenite din puieți și 119,6% pentru exemplarele din butași. Pentru restul clonelor testate, după 4 ani de vegetație, se obține o biomasă totală la nivel individual de $8,98 \pm 3,33 \text{ kg}$, pentru exemplarele provenite din butași, și de $13,71 \pm 3,32 \text{ kg}$, pentru cele provenite din sade. Exemplarele provenite din sade înregistrează o producție cu 52,7% mai multă biomasă decât cele provenite din butași. În schimb, după 5 ani, diferențele dintre cele două tipuri de material de reproducere se reduc foarte mult. Nu apar diferențe semnificative pentru toate componentele de arbore la două dintre clonele studiate, clona A4A și Pannonia.

Dublarea schemei de plantare aduce un spor de biomasă la nivel individual de peste 60%, dar înregistrează un randament scăzut, atunci când se raportează la unitatea de suprafață. Dublarea distanței de plantare a influențat semnificativ și raportul dintre biomasa ramurilor și cea a trunchiului, producând o creștere a biomasei la nivelul ramurilor. În cazul puieților, acesta variază de la 1:3 pentru distanța de plantare pe rând de 1,15 m (bloc C), la 1:2 pentru o distanță dublă pe rând între exemplare (bloc D). Sporul de biomasă înregistrat la nivel individual variază de la o valoare minimă de 28,8%, pentru clona AF6, la o valoare maximă de 79,7%, pentru clona Pannonia, cu o medie de 50,3%, indiferent de clona analizată. La nivelul ramurilor sunt înregistrate sporuri de biomasă, care variază de la 179,2% pentru clona Pannonia, la 42,0% pentru clona AF2. Pentru biomasa trunchiului, dublarea distanței de plantare aduce un aport care variază de la 64,7%, pentru clona Pannonia, la 25,2%, pentru clona AF6. Pentru clona Max4, exemplarele provenite din sade reușesc să acumuleze o cantitate de biomasă semnificativ mai mare, în comparație cu exemplarele provenite din puieți, pentru cele două densități de plantare.

d) referitoare la producția de biomasă distribuită pe sortimente de trunchi. Biomasa acumulată la nivelul trunchiului este direct influențată de mărimea distanței de plantare dintre exemplare și de lucrările de întreținere efectuate. Biomasa sortimentelor la nivel individual crește față de biomasa ramurilor, în același timp cu creșterea spațiului dintre exemplare. Biomasa sortimentului I prezintă un procent tot mai mare din masa exemplarelor pentru scheme largi de plantare (aferente blocului experimental D), care diferă semnificativ față de restul blocurilor experimentale. Instalarea sadelor asigură o dezvoltare mai rapidă a exemplarelor, pentru obținerea unor sortimente de lemn mai valoroase, în comparație cu puieții și butașii pe perioade scurte de timp. Pentru același sortiment, biomasa obținută

în blocul experimental C, diferă semnificativ de cea obținută în blocul experimental B, doar pentru clonele AF2, AF6 și Monviso. Obținerea unor dimensiuni tot mai mari necesită mărirea ciclurilor de producție și a distanței de plantare. Pentru cel de-al doilea sortiment, producții importante de biomasă sunt obținute în cadrul experimentului C, în cadrul căruia, pentru clonele AF2, AF8, Max4S și Pannonia, nu apar diferențe semnificative între blocurile experimentale.

e) referitoare la influența micorizării artificiale, a materialului de reproducere și a efectuării lucrărilor de întreținere asupra acumulării de biomasă. Efectuarea lucrărilor periodice de îngrijire a terenului, în cadrul culturilor, implică diferențe distinct semnificative între suprafețele aferente ogorului negru (teren întreținut cu lucrări agricole specifice) și cele aferente ogorului nelucrat. În schimb, procedeul de micorizare artificială a exemplarelor nu este acoperit statistic, potrivit diferențelor înregistrate între blocul martor și cel în care s-a efectuat tratamentul micoritic. Nu sunt înregistrate diferențe între cele două blocuri (micorizare vs. martor), nici în cadrul suprafețelor parcurse de lucrări de întreținere a terenului, și nici în cele nelucrate. Efectuarea artificială a micorizării nu implică diferențe între cele trei clone analizate (Pannonia, AF2 și AF8), pentru toate componentele de arbore, în suprafețele nelucrate. În schimb, apar diferențe în blocul unde au fost efectuate lucrările de îngrijire a terenului, doar la nivelul trunchiului (Pannonia vs. AF2). Pentru biomasa rădăcinilor și cea a ramurilor, nu apar diferențe semnificative între clonele testate, nici în cadrul suprafețelor parcurse cu lucrări, și nici în cele neparcurse, indiferent dacă acestea au fost sau nu micorizate.

Micorizarea artificială a exemplarelor este mai importantă în suprafețele unde nu s-a intervenit prin lucrări de întreținere a terenului, ajutând exemplarele să supraviețuiască în competiția cu speciile ierboase. În general, clona AF2 prezintă creșterile cele mai importante în blocul cu ogor negru, pentru toate componentele de arbore analizate. Nu se păstrează aceleași diferențe dintre creșterile realizate de clone pentru suprafețele nelucrate, unde clona AF8 prezintă acumulări semnificativ mai mici de biomasă față de clona Pannonia.

f) referitoare la elaborarea ecuațiilor alometrice de estimare a productivității de biomasă și cea a volumului de trunchi. A fost utilizat un model liniarizat după două variabile independente cantitativ, pentru estimarea biomasei din cadrul suprafețelor experimentale S1 și S2. Ecuațiile au fost realizate distinct, pentru fiecare bloc experimental și clonă analizată. În acest mod, s-a ținut cont de influența tipului de material săditor și de influența schemei de plantare, ca variabile independente calitativ. Utilizarea diametrului de la înălțimea de 1 metru și a înălțimii exemplarelor ca și caracteristică explicativă, într-un model liniarizat, oferă o eroare de estimare mai mică, în raport cu utilizarea unei singure variabile independente (într-un model liniarizat sau neliniar). Datorită numărului de observații, testarea ecuației propuse pentru estimarea volumului trunchiului, pentru blocurile experimentale din cadrul suprafeței experimentale S1, prezintă un coeficient de determinare foarte puternic. Eroarea de estimare scade de la ecuațiile elaborate pentru biomasa trunchiului, la ecuațiile de estimare a biomasei totale, a ramurilor și cea a rădăcinilor (în cadrul suprafeței experimentale S2).

6.2. Contribuții personale

Cercetările efectuate în prezenta teză de doctorat au adus următoarele contribuții originale, pentru dezvoltarea culturilor de plop cu ciclu scurt de producție:

- realizarea sistematică a unei perspective privind influența caracteristicilor de cultură, în acumularea de biomasă a plopului hibrid;
- descrierea și încadrarea culturilor de plop hibrid cu ciclu scurt de producție în scop energetic, potrivit avantajelor și dezavantajelor oferite;
- analiza comparativă a productivității unui număr de 7 clone de plop hibrid;
- analiza influenței tipului de material forestier de reproducere (butași, sade și puiți cu rădăcină), în acumularea de biomasă pentru culturile de plop hibrid cu ciclu scurt de producție;
- analiza influenței densității de plantare în acumularea de biomasă, pentru culturile de plop cu ciclu scurt de producție;

- analiza dinamicii creșterilor curente și cumulate la nivel radial, în înălțime și volum, pentru clonele analizate și caracteristicile de cultură;
- testarea influenței micorizării artificiale a materialului forestier de reproducere, în acumularea de biomasă;
- analiza influenței lucrărilor de întreținere, în acumularea de biomasă;
- analiza comparativă a acumulărilor de biomasă, în culturi cu ciclu scurt de producție, pe părți componente de arbore (trunchi, ramuri și rădăcină);
- analiza proporției de biomasă, pe sortimente de trunchi din biomasa totală a exemplarelor;
- elaborarea ecuațiilor alometrice de estimare a biomasei și a volumului de trunchi, pentru cele 7 clone de plop hibrid analizate, în raport cu materialul săditor și schemei de plantare, utilizându-se un model după două variabile independente cantitativ (diametrul și înălțimea).

Referințe bibliografice

- ABBOTT, L. & ROBSON, A. 1984. The effect of VA mycorrhizae on plant growth. *Plant and Soil*, Volume 85, pp 375-383.
- AFAS, N. A., MARRON, N., VAN DONGEN, S., LAUREYSENS, I. & CEULEMANS, R. 2008. Dynamics of biomass production in a poplar coppice culture over three rotations (11 years). *Forest Ecology and Management*, 255, 1883-1891.
- AILENEI, D. & MOSORA, L.-C. 2011. Economia dezvoltării sustenabile. Competitivitate și creștere economică. *Economie Teoretică și aplicată*, 555.
- AKRAMI, A., FRUEHWALD, A. & BARBU, M. 2014. The effect of fine strands in core layer on physical and mechanical properties of oriented strand boards (OSB) made of beech (*Fagus sylvatica*) and poplar (*Populus tremula*). *European Journal of Wood and Wood Products*, 72, 521-525.
- ALANNE, K. & SAARI, A. 2006. Distributed energy generation and sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 10, 539-558.
- ANDERBERG, M. R. 2014. *Cluster Analysis for Applications: Probability and Mathematical Statistics: A Series of Monographs and Textbooks*, Academic press.
- ANDERSSON, E. & LUKASZEWICZ, P. 2006. Energy consumption and related air pollution for Scandinavian electric passenger trains. 43.
- ANTON, C. & STEINICKE, H. 2012. Bioenergy—Chances and Limits. *German National Academy of Sciences, Leopoldina, Halle*, 124.
- ARMAROLI, N. & BALZANI, V. 2007. The future of energy supply: challenges and opportunities. *Angewandte Chemie International Edition*, 46, 52-66.
- ARMAROLI, N. & BALZANI, V. 2011. *Energy for a sustainable world*, Wiley-VCH, Weinheim.
- ARMSTRONG, A., JOHNS, C. & TUBBY, I. 1999. Effects of spacing and cutting cycle on the yield of poplar grown as an energy crop. *Biomass and Bioenergy*, 17, 305-314.
- ASAFU-ADJAYE, J. 2000. The relationship between energy consumption, energy prices and economic growth: time series evidence from Asian developing countries. *Energy economics*, 22, 615-625.
- BALATINECZ, J. J. & KRETSCHMANN, D. E. 2001. Properties and utilization of poplar wood. *Poplar Culture in North America*, 277-291.
- BALL, J., CARLE, J. & DEL LUNGO, A. 2005. Contribution of poplars and willows to sustainable forestry and rural development. *UNASYLVA-FAO*-, 56, 3.
- BANOUN, F., MORGAN, D., VIART, M. & ZSUFFA, L. 1984. The poplar: a multi-purpose tree for forestry development. *Unasylda*, 36, 23-33.
- BAUM, C., LEINWEBER, P., WEIH, M., LAMERSDORF, N. & DIMITRIOU, I. 2009. Effects of short rotation coppice with willows and poplar on soil ecology. *Agriculture and Forestry Research*, 3, 183-196.
- BEJAN, M. & RUSU, T. 2007. Exploatarea resurselor naturale și conceptul de dezvoltare durabilă. *Buletinul AGIR*, 1, 20-24.

- BENEA, V. 1989. Selecția și tehnologii de cultură a speciilor cu creștere rapidă (plop, salcie, salcâm) pentru producerea de fitomas energetică. [Culture techniques and selection of fast growing tree species (poplars, willows and black locust) for energetic biomass production]. . *Technical report ICAS 35 p.*
- BENOMAR, L., DESROCHERS, A. & LAROCQUE, G. 2012. The effects of spacing on growth, morphology and biomass production and allocation in two hybrid poplar clones growing in the boreal region of Canada. *Trees*, 26, 939-949.
- BERNARDO, A. L., REIS, M. G., REIS, G. G., HARRISON, R. B. & FIRME, D. J. 1998. Effect of spacing on growth and biomass distribution in *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita* and *E. urophylla* plantations in southeastern Brazil. *Forest Ecology and Management*, 104, 1-13.
- BERRY, A. 1974. Production of dry matter from aspen stands harvested on short rotations.
- BIALOWIEC, A. & RANDERSON, P. F. 2010. Phytotoxicity of landfill leachate on willow—< i> Salix amygdalina</i> L. *Waste management*, 30, 1587-1593.
- BIOENERGY, I. 2009. Bioenergy—a sustainable and reliable energy source. *International Energy Agency Bioenergy, Paris, France.*
- BIOENERGY, I. 2012. Sustainable production of woody biomass for energy. A position paper prepared by IEA Bioenergy. ExCo 2002; 03.
- BLUJDEA, V., PILLI, R., DUTCA, I., CIUVAT, L. & ABRUDAN, I. 2012. Allometric biomass equations for young broadleaved trees in plantations in Romania. *Forest Ecology and Management*, 264, 172-184.
- BOERJAN, W. 2005. Biotechnology and the domestication of forest trees. *Current opinion in biotechnology*, 16, 159-166.
- BOMBELLI, A., AVITABILE, V., BALZTER, H., MARCHESINI, L., BERNOUX, M. & BRADY, M. 2009. Biomass—assessment of the status of the development of the standards for the terrestrial essential climate variables. *Food and Agriculture Organization-Global Terrestrial Observation System. GTOS, Rome.*
- BONGA, J. M. 1982. Vegetative Propagation in Relation to Juvenility, Maturity, and Rejuvenation. *In*: BONGA, J. M. & DURZAN, D. J. (eds.) *Tissue Culture in Forestry*. Springer Netherlands.
- BONGA, J. M. & DURZAN, D. 1982. *Tissue culture in forestry*, Springer Science & Business Media.
- BOURIAUD, L., DUDUMAN, M. L., DĂNILĂ, I. C., OLENICI, N., BIRIȘ, I.-A., CIORNEI, I., BARNOAIEA, I., MĂCIUCĂ, A., SAVIN, A., GROSU, L., MUTU, M., NICHIFOREL, L., BOURIAUD, O., DĂNILĂ, G., AVĂCĂRIȚEI, D. & ROIBU, C. 2015. How to evaluate the sustainability of short-term cultures for biomass production? An application from NE Romania. *Agriculture and Forestry*, 61, AgricultForest.
- BRIDGE, S., WRIGHT, P. & RIOS, R. 2003. Relationship between multi-scaled criteria and indicators initiatives in North America.
- BROWN, L. R. 2001. World Economy Expands. *Worldwatch Institute, Vital Signs*, 56-57.
- BRUNNER, A. M., BUSOV, V. B. & STRAUSS, S. H. 2004. Poplar genome sequence: functional genomics in an ecologically dominant plant species. *Trends in Plant Science*, 9, 49-56.
- 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, 105-115.
- BUNN, S., RAE, A., HERBERT, C. & TAYLOR, G. 2004. Leaf-level productivity traits in *Populus* grown in short rotation coppice for biomass energy. *Forestry*, 77, 307-323.
- BURGESS, D., HENDRICKSON, O. Q. & ROY, L. 1990. The importance of initial cutting size for improving the growth performance of *Salix alba* L. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 5, 215-224.
- CART, L. R. S. M. 1996. Biology of *Populus* and its implications for management and conservation.
- CHUM, H., FAAIJ, A. & MOREIRA, J. 2012. Bioenergy.
- CIUVĂȚ, A. L. 2013. Producția de biomasă și stocarea carbonului în arboretele tinere de salcâm (*Robinia pseudoacacia* L.) din sudul României *Teza de doctorat*, 76.
- CLONARU, A. 1967. Cultura plopului și salciei în Lunca Dunării. *Editura Agrosilvică, București.*
- COTTRELL, F. 2009. *Energy and society: the relation between energy, social change, and economic development*, AuthorHouse.

- CRISTIAN, S. 1975. Automatizarea prelucrării datelor experimentale privind experiențele organizate după metoda patratului latin. *Revista pădurilor*.
- DAHLBERG, A. 2001. Community ecology of ectomycorrhizal fungi: an advancing interdisciplinary field. *New Phytologist*, 150, 555-562.
- DĂNILĂ, I., AVĂCĂRIȚEI, D., ALEXEI, S., ROIBU, C., BOURIAUD, O., DUDUMAN, M. & 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.
- 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, 305-313.
- DEBELL, D. S. & HARRINGTON, C. A. 1997. Productivity of Populus in monoclonal and polyclonal blocks at three spacings. *Canadian journal of forest research*, 27, 978-985.
- DESROCHERS, A. & THOMAS, B. 2003. A comparison of pre-planting treatments on hardwood cuttings of four hybrid poplar clones. *New Forests*, 26, 17-32.
- DEX 1998. Dicționarul explicativ al limbii române (ediția a II-a revăzută și adăugită). *Academia Română, Institutul de Lingvistică „Iorgu Iordan”*, Editura Univers Enciclopedic Gold.
- DEX 2009. Dicționarul explicativ al limbii române (ediția a II-a revăzută și adăugită). *Academia Română, Institutul de Lingvistică „Iorgu Iordan”*, Editura Univers Enciclopedic Gold.
- 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, 224.
- DICKMANN, D. I. 2001. An overview of the genus Populus. *Poplar culture in north America*, 1e42.
- DICKMANN, D. I., ISEBRANDS, J. G., ECKENWALDER, J. E. & RICHARDSON, J. 2002. *Poplar Culture in North America*, NRC Research Press.
- DICKMANN, D. I., KUZOVKINA, J., ISEBRANDS, J. & RICHARDSON, J. 2008. Poplars and willows of the world, with emphasis on silviculturally important species.
- 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*, 41, 845-854.
- DRAGOI, M. & HORDNIC, S. 2010. Wood for energy, sustainable forestry and rural development. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, 14, 79-84.
- DUBOUZET, J. G., STRABALA, T. J. & WAGNER, A. 2013. Potential transgenic routes to increase tree biomass. *Plant Science*, 212, 72-101.
- DUTCA, I., ABRUDAN, I. V., STANCIOIU, P. T. & BLUJDEA, V. 2010. Biomass conversion and expansion factors for young Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) trees planted on non-forest lands in Eastern Carpathians. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38, 286-292.
- DUTCĂ, I. 2011. ESTIMAREA STOCĂRII CARBONULUI ÎN PLANTAȚIILE TINERE DE MOLID INSTALATE PE TERENURI NEFORESTIERE DIN CARPAȚII ORIENTALI *Teza de doctorat*, 65.
- ECKENWALDER, J. E. 1996. Systematics and evolution of Populus. *Biology of Populus and its Implications for Management and Conservation*, 7-32.
- EDELFFELDT, S., LUNDKVIST, A., FORKMAN, J. & VERWIJST, T. 2014. Effects of Cutting Length, Orientation and Planting Depth on Early Willow Shoot Establishment. *BioEnergy Research*, 1-11.
- EIA 2015. U.S. Energy Information Administration. <http://www.eia.gov>.
- ELECTRONIK, C. 2007. Coorecorder, Cdendro.
- ELLIOTT, A. C. & HYNAN, L. S. 2011. A SAS® macro implementation of a multiple comparison post hoc test for a Kruskal–Wallis analysis. *Computer methods and programs in biomedicine*, 102, 75-80.
- ELSER, J. & BENNETT, E. 2011. Phosphorus cycle: a broken biogeochemical cycle. *Nature*, 478, 29-31.
- EUROSTAT 2015. European Commission. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>.
- FAO 1980. Poplars and Willows in Wood Production and Land Use. FAO Rome.

- FAO 2012. Improving lives with poplars and willows. Synthesis of Country Progress Reports. 24th Session of the International Poplar Commission, Dehradun, India, 30 Oct-2 Nov 2012. Working Paper IPC/12. Forest Assessment, Management and Conservation Division, FAO, Rome.
- FAO 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). International Poplar Commission (IPC). www.fao.org/forestry/ipc/en.
- 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 si utilizarea de biomasei pentru sinteza bioetanolului*.
- FARA, L., FILAT, M., CHIRA, D., FARA, S. & NUTESCU, C. Preliminary research on short cycle poplar clones for bioenergy production. Proceedings of the International Conference RIO, 2009. 127-132.
- FELIX, E., TILLEY, D. R., FELTON, G. & FLAMINO, E. 2008. Biomass production of hybrid poplar (< i> Populus</i> sp.) grown on deep-trenched municipal biosolids. *ecological engineering*, 33, 8-14.
- FILAT, M. 2010. Cercetări eco-fiziologice la clone de plop în stadiul juvenil în vederea determinării potențialului productiv. *Revista pădurilor*.
- FILAT, M., BENE, V., NICOLAE, C., ROȘU, C., DAIA, M., NEȚOIU, C. & CHIRA, D. 2009a. Cultura plopilor, a sălciilor și a altor specii forestiere în zona inundabilă a Dunării. *Poplar, willows and other species cultivation in flooding area along the Danube*.
- FILAT, M., BENE, V., NICOLAE, C., ROȘU, C., DAIA, M., NEȚOIU, C. & CHIRA, D. 2009b. Poplar, willows and other species cultivation in flooding area along the Danube. *Cultura plopilor, a sălciilor și a altor specii forestiere în zona inundabilă a Dunării*.
- FILAT, M. & CHIRA, D. 2004. Cercetări pentru introducerea în cultură de specii/clone 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*, 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, 151-160.
- FISCHER, G. & SCHRATTENHOLZER, L. 2001. Global bioenergy potentials through 2050. *Biomass and bioenergy*, 20, 151-159.
- FISCHER, M., TRNKA, M., KUČERA, J., FAJMAN, M. & ŽALUD, Z. 2010. 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.
- FLOYD, D. W. 2002. *Forest sustainability: the history, the challenge, the promise*, Forest History Society.
- GEMMEL, P., ÖRLANDER, G. & HÖGBERG, K. 1991. Norway spruce cuttings perform better than seedlings of the same genetic origin. *Silvae Genet*, 40, 198-202.
- GHERGHEL, F., BEHRINGER, D., HAUBRICH, S., SCHLAUB, M., FEY-WAGNER, C., REXER, K.-H., JANBEN, A. & KOST, G. 2014. Former land use and host genotype influence the mycorrhizal colonization of poplar roots. *Forests*, 5, 2980-2995.
- GLUSCENKO, I. 1962. Hibridarea vegetativă a plantelor. Acad. RPR.
- GOLDEMBERG, J. 2000. *World Energy Assessment: Energy and the challenge of sustainability*, United Nations Pubns.
- GOLDEMBERG, J. & TEIXEIRA COELHO, S. 2004. Renewable energy—traditional biomass vs. modern biomass. *Energy Policy*, 32, 711-714.
- GOLTAPEH, E. M., DANESH, Y. R., PRASAD, R. & VARMA, A. 2008. Mycorrhizal Fungi: What We Know and What Should We Know? In: VARMA, A. (ed.) *Mycorrhiza*. Springer Berlin Heidelberg.
- GRABL, H., KOKOTT, J., KULESSA, M., LUTHER, J., NUSCHELER, F., SAUERBORN, R., SCHNELLNHUBER, H., SCHUBERT, R. & SCHULZE, E.-D. 2003. World in Transition—Towards Sustainable Energy Systems, German advisory council on global change (WBGU), Earthscan, London. ISBN 1-85383-882-9.

- GUILLEBAUD, J. & HAYES, P. 2008. Population growth and climate change. *BMJ*, 337.
- GUO, X.-Y. & ZHANG, X.-S. 2010. Performance of 14 hybrid poplar clones grown in Beijing, China. *biomass and bioenergy*, 34, 906-911.
- HAIR, J. F., BLACK, W. C., BABIN, B. J., ANDERSON, R. E. & TATHAM, R. L. 2006. *Multivariate data analysis*, Pearson Prentice Hall Upper Saddle River, NJ.
- HALICIOGLU, F. 2009. An econometric study of CO₂ emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey. *Energy Policy*, 37, 1156-1164.
- HALL, D. & HOUSE, J. 1995. Biomass: an environmentally acceptable fuel for the future. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 209, 203-213.
- HANNERZ, M. & WILHELMSSON, L. 1998. Field performance during 14 years' growth of *Picea abies* cuttings and seedlings propagated in containers of varying size. *Forestry*, 71, 373-380.
- HARPER, J. L. 1977. Population biology of plants. *Population biology of plants*.
- HARPER, J. L. 1981. meanings of rarity. *Biological aspects of rare plant conservation*.
- HEILMAN, P. E. 1999. Planted forests: poplars. *New Forests*, 17, 89-93.
- HOWARTH, R. B. 1997. Energy efficiency and economic growth. *Contemporary Economic Policy*, 15, 1-9.
- IPC 1979. *Poplars and willows in wood production and land use*, Food & Agriculture Org.
- IPC 2004. INTERNATIONAL POPLAR COMMISSION (4), Publications Listed in Country Progress Reports.
- IPC 2012. INTERNATIONAL POPLAR COMMISSION (13), Publications Listed in Country Progress Reports.
- ISIK, F., LI, B., FRAMPTON, J. & GOLDFARB, B. 2004. Efficiency of seedlings and rooted cuttings for testing and selection in *Pinus taeda*. *Forest Science*, 50, 44-53.
- JOHANSSON, T. B., KELLY, H., REDDY, A. K. & WILLIAMS, R. H. 1993. Renewable fuels and electricity for a growing world economy: defining and achieving the potential. *Energy Studies Review*, 4, 6.
- KARLIŃSKI, L., RUDAWSKA, M., KIELISZEWSKA-ROKICKA, B. & LESKI, T. 2010. Relationship between genotype and soil environment during colonization of poplar roots by mycorrhizal and endophytic fungi. *Mycorrhiza*, 20, 315-324.
- 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, 411-427.
- KLAŠNJA, B., ORLOVIĆ, S. & GALIĆ, Z. 2012. Energy potential of poplar plantations in two spacings and two rotations. *Šumarski list*, 136, 161-167.
- KOMIYAMA, A., POUNGPARN, S. & KATO, S. 2005. Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves. *Journal of Tropical Ecology*, 21, 471-477.
- 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, 1-9.
- LANDIS, T., TINUS, R. & BARNETT, J. 1999. The container tree nursery manual. Vol. 6. Seedling propagation. *US Dep. Agric. Agric. Handb*, 674.
- 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, 295-309.
- LAUREYSENS, I., DERAEDT, W., INDEHERBERGE, T. & CEULEMANS, R. 2003. Population dynamics in a 6-year old coppice culture of poplar. I. Clonal differences in stool mortality, shoot dynamics and shoot diameter distribution in relation to biomass production. *Biomass and Bioenergy*, 24, 81-95.
- LAZARUS, W. F., TIFFANY, D. G., ZALESNY, R. S. & RIEMENSCHNEIDER, D. E. 2011. Economic impacts of short-rotation woody crops for energy or oriented strand board: a Minnesota case study. *Journal of Forestry*, 109, 149-156.
- LĂZĂROIU, G. 2008. Tehnologii alternative de înlocuire a combustibililor gazoși prin utilizarea durabilă, combinată a resurselor forestiere și de cărbune. [Alternative technologies for replacing

- gas fuels by sustainable utilization, combined with forestry and coal resources]. Technical report ICAS.
- LEDIG, F. T. & BOTKIN, D. B. 1974. Photosynthetic CO₂-Uptake and the Distribution of Photosynthate as Related to Growth of *Populus* and Sycamore Progenies. *Silvae Genetica*, 23, 6.
- 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, 75-79.
- LINGUA, G., FRANCHIN, C., TODESCHINI, V., CASTIGLIONE, S., BIONDI, S., BURLANDO, B., PARRAVICINI, V., TORRIGIANI, P. & BERTA, G. 2008. Arbuscular mycorrhizal fungi differentially affect the response to high zinc concentrations of two registered poplar clones. *Environmental Pollution*, 153, 137-147.
- LUX, H. B. & CUMMING, J. R. 2001. Mycorrhizae confer aluminum resistance to tulip-poplar seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, 31, 694-702.
- MAINI, J. & CAYFORD, J. 1968. Growth and utilization of poplars in Canada.
- MATHEWS, J. & CAMPBELL, M. 2000. The advantages and disadvantages of the application of genetic engineering to forest trees: a discussion. *Forestry*, 73, 371-380.
- MEHRARA, M. 2007. Energy consumption and economic growth: the case of oil exporting countries. *Energy policy*, 35, 2939-2945.
- MONSTADT, J. 2007. Urban governance and the transition of energy systems: Institutional change and shifting energy and climate policies in Berlin. *International Journal of Urban and Regional Research*, 31, 326-343.
- MÜLLER, A., VOLMER, K., MISHRA-KNYRIM, M. & POLLE, A. 2013. Growing poplars for research with and without mycorrhizas. *Frontiers in plant science*, 4.
- 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*.
- MUŞAT, I., POPESCU, G., TUDOSOIU, P. & NICOLAE, C. 1987. Tehnologii de Installemnt, upkeep, guidance and mecanized harvest of poplar and willow crops of higt energetical value. *Redacția de Propagandă tehnică Agricolă*, II.
- NASSI O DI NASSO, N., GUIDI, W., RAGAGLINI, 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, 89-97.
- NÁVAR, J. 2009. Allometric equations for tree species and carbon stocks for forests of northwestern Mexico. *Forest ecology and Management*, 257, 427-434.
- NAVARRO, A., MASTRORILLI, M., CAMPI, P., PALUMBO, A. D. & FACCIOTTO, G. 2012. BIOMASS PRODUCTION OF FAST GROWING WOODY SPECIES IN A SHORT ROTATION COPPICE IN APULIA (ITALY). *Conference: 20th European Biomass Conference and Exhibition, At Milan, Italy.*, Proceedings of the 20th EU BC&E - Milan 2012, 422 - 426.
- NEVILLE, J., TESSIER, J., MORRISON, I., SCARRATT, J., CANNING, B. & KLIRONOMOS, J. 2002. Soil depth distribution of ecto-and arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Populus tremuloides* within a 3-year-old boreal forest clear-cut. *Applied Soil Ecology*, 19, 209-216.
- 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, 99-109.
- OBERTHÜR, S. & OTT, H. E. 1999. *The Kyoto Protocol: international climate policy for the 21st century*, Springer Science & Business Media.
- ORLOVIĆ, S., PILIPOVIĆ, A., GALIĆ, Z., IVANIŠEVIĆ, P. & RADOSAVLJEVIĆ, N. 2006. Results of poplar clone testing in field experiments. *Genetika*, 38, 259-266.
- 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, 191-198.
- PAKKA, M. 2004. Global biomass fuel resources. *Biomass and Bioenergy*, 27, 613-620.
- 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, 1524-1532.
- 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*, 657.
- PĂTRU, I. G., ZAHARIA, L. & OPREA, R. 2006. *Geografia fizică a României: climă, ape, vegetație, soluri*, Editura Universitară.
- PICARD, N., SAINT-ANDRÉ, L. & HENRY, M. 2012. Manual for building tree volume and biomass allometric equations: from field measurement to prediction.
- PIMENTEL, D. & PIMENTEL, M. H. 2007. *Food, energy, and society*, CRC press.
- PLIURA, A., ZHANG, S., MACKAY, J. & BOUSQUET, J. 2007. Genotypic variation in wood density and growth traits of poplar hybrids at four clonal trials. *Forest ecology and management*, 238, 92-106.
- QUAYE, A. K. & VOLK, T. A. 2013. Biomass production and soil nutrients in organic and inorganic fertilized willow biomass production systems. *Biomass and Bioenergy*, 57, 113-125.
- REN21 2014. Renewables 2014 Global Status Report (Paris: REN21 Secretariat).
- RICHARDS, G. P. 2001. The FullCAM carbon accounting model: development, calibration and implementation for the national carbon accounting system.
- RICHARDSON, J., ISEBRANDS, J. & BALL, J. 2014. Ecology and physiology of poplars and willows. *Poplars and Willows: Trees for Society and the Environment*, 92.
- ROSSI, P. 1991. Length of cuttings in juvenile development of a hybrid poplar clone. *New forests*, 5, 211-218.
- ROSSI, P. 1999. Length of cuttings in establishment and production of short-rotation plantations of *Salix* 'Aquatica'. *New Forests*, 18, 161-177.
- SANDU, I., PESCARU, V. & POIANA, I. 2008. *Clima Romaniei. Editura Academiei Romane, Bucharest.*
- SASSE, J. & SANDS, R. 1996. Comparative responses of cuttings and seedlings of *Eucalyptus globulus* to water stress. *Tree physiology*, 16, 287-294.
- SAVIN, A., TRIFAN, O., COVATARIU, S., CIURLĂ, C. & BOURIAUD, L. 2014. Influența profunzimii solurilor aluviale asupra biodiversității subterane și a unor caracteristici biometrice în culturi de clone de plopi hibrizi: rezultate preliminare. *Bucovina Forestieră*.
- SCHLAMADINGER, B. & MARLAND, G. 1996. The role of forest and bioenergy strategies in the global carbon cycle. *Biomass and Bioenergy*, 10, 275-300.
- SCHMIDT, F. L. & DEBELL, D. S. 1973. Wood production and kraft pulping of short-rotation hardwoods in the Pacific Northwest.
- SCHOLZ, V. & ELLERBROCK, R. 2002. The growth productivity, and environmental impact of the cultivation of energy crops on sandy soil in Germany. *Biomass and Bioenergy*, 23, 81-92.
- SENNERBY-FORSSE, L., FERM, A. & KAUPPI, A. 1992. Coppicing ability and sustainability. *Ecophysiology of short rotation forest crops*, 146-184.
- SHEPPARD J., M. C., SPIECKER H. 2014. Influence of spacing on biomass and bark proportion for three hybrid poplar clones at an age of four years. *Agroforestry Systems – a Modern Response to Global Challenges of Climate Change, Food Production, Bioenergy Needs, and Environmental Restoration*, Porano, Italy. .
- SIDDIQUI, A. & KAZUYOSHI, F. 2008. *Mycorrhizae: sustainable agriculture and forestry*, Springer.
- SMITH, S. E. & READ, D. J. 1996. *Mycorrhizal symbiosis*, Academic press.
- SOYTAS, U. & SARI, R. 2009. Energy consumption, economic growth, and carbon emissions: challenges faced by an EU candidate member. *Ecological economics*, 68, 1667-1675.
- STANTURF, J. A., VAN OOSTEN, C., NETZER, D. A., COLEMAN, M. D. & PORTWOOD, C. J. 2001. Ecology and silviculture of poplar plantations. *Poplar Culture in North America*, 153-206.
- STEFANI, F. O., MONCALVO, J.-M., SÉGUIN, A., BÉRUBÉ, J. A. & HAMELIN, R. C. 2009. Impact of an 8-year-old transgenic poplar plantation on the ectomycorrhizal fungal community. *Applied and environmental microbiology*, 75, 7527-7536.

- STELIAN, R. 1968. Cercetări privind culturile de plop și salcie din zona dig-mal. Centrul de Documentare Tehnică pentru Economia Forestieră.
- STOFFEL, R. Short Rotation Woody Crops-Hybrid Poplar. Proceedings of the Conference Improving Forest Productivity for timber. USA, 1998.
- STRAUSS, S. H., BRUNNER, A. M., BUSOV, V. B., MA, C. & MEILAN, R. 2004. Ten lessons from 15 years of transgenic *Populus* research. *Forestry*, 77, 455-465.
- STROMA 2012a. Sustainability of short rotation production crops with forestry on land outside the forest. *Project STRoMA*, PNII-PT-PCCA-2011-3.2-1574/Contract no. 119/2012.
- STROMA 2012b. Sustenabilitatea culturilor cu specii forestiere cu ciclu scurt de producție pe terenuri din afara fondului forestier. *Proiect STRoMA*, PN II-PT-PCCA-2011-3.2-1574/ Contract nr. 119/2012.
- STYLES, D. & JONES, M. B. 2007. Energy crops in Ireland: quantifying the potential life-cycle greenhouse gas reductions of energy-crop electricity. *Biomass and Bioenergy*, 31, 759-772.
- ȘOFLETEA, N., MOLDOVAN, I. C., ENESCU, M. C., CRĂCIUNESC, I. & CURTU, A. L. 2011. Considerații privind identificarea hibridurilor între speciile autohtone de cvercinee. *Revista pădurilor*, 126, 6-11.
- TĂNASĂ, I. 2011. Clima Podisului Sucevei - fenomene de risc, implicații asupra dezvoltării durabile. *Teză de doctorat*, Universitatea Ștefan cel Mare Suceava, 72.
- TEAM, R. C. 2012. R: A language and environment for statistical computing.
- TIGARD 2013. Forestry Manual http://www.tigard-or.gov/books_and_more/index.php.
- TRAPPE, J. M. 1987. Phylogenetic and ecologic aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint.
- 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.
- 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 Environ*, 54, 78-88.
- TURCU, D. 2006. Realizarea unei culturi energetice forestiere (sursă energetică regenerabilă) într-o zonă slab productivă pentru culturi agricole, în scopul verificării rezistenței speciilor și varietăților de arbori cu creștere rapidă în condiții de sol degradat, evaluarea producției de lemn (biomasă), selectarea unor tehnologii mecanizate de cultivare/recoltare și tocare, în vederea utilizării energetice. [The establishment of an forestry energetic culture in low agricultural productivity zone for investigating fast growing tree species resistance to degraded soil conditions, biomass production evaluation and selection of mechanized cultivation and harvesting technologies]. . *Technical report ICAS*.
- TZFIRA, T., ZUKER, A. & ALTMAN, A. 1998. Forest-tree biotechnology: genetic transformation and its application to future forests. *Trends in Biotechnology*, 16, 439-446.
- VERWIJST, T. 1996. Cyclic and progressive changes in short-rotation willow coppice systems. *Biomass and Bioenergy*, 11, 161-165.
- VERWIJST, T. & TELENUS, B. 1999. Biomass estimation procedures in short rotation forestry. *Forest Ecology and Management*, 121, 137-146.
- VÖRÖSMARTY, C. J., GREEN, P., SALISBURY, J. & LAMMERS, R. B. 2000. Global water resources: vulnerability from climate change and population growth. *science*, 289, 284-288.
- WALLE, I. V., VAN CAMP, N., VAN DE CASTEELE, L., VERHEYEN, K. & LEMEURE, R. 2007. Short-rotation forestry of birch, maple, poplar and willow in Flanders (Belgium) I—Biomass production after 4 years of tree growth. *Biomass and bioenergy*, 31, 267-275.
- WEGENER, G., BERTI, S., MACCHIONI, N., NEGRI, M. & RACHELLO, E. Oriented structural boards (OSB) from fast-growing poplar and willow. Industrial end-uses of fast-grown species. Eurowood Technical Workshop Proceedings, Florence, Italy, 31st May-1st June 1999., 1999. Istituto per la Ricerca sul Legno, 135-145.
- WEIH, M. & NORDH, N.-E. 2002. Characterising willows for biomass and phytoremediation: growth, nitrogen and water use of 14 willow clones under different irrigation and fertilisation regimes. *Biomass and Bioenergy*, 23, 397-413.

- WIESENTHAL, T. & MOURELATOU, A. 2006. *How much bioenergy can Europe produce without harming the environment?*
- WINISTORFER, P. M., YOUNG, T. M. & WALKER, E. 1996. Modeling and comparing vertical density profiles. *Wood and Fiber Science*, 28, 133.
- XIU, S. & SHAHBAZI, A. 2012. Bio-oil production and upgrading research: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 4406-4414.
- ZALESNY, J. A., ZALESNY JR, R. S., COYLE, D. R. & HALL, R. B. 2007. Growth and biomass of *Populus* irrigated with landfill leachate. *Forest Ecology and Management*, 248, 143-152.
- ZALESNY JR, R. S., HALL, R. B., ZALESNY, J. A., MCMAHON, B. G., BERGUSON, W. E. & STANOSZ, G. R. 2009. Biomass and genotype $\times$ environment interactions of *Populus* energy crops in the Midwestern United States. *BioEnergy Research*, 2, 106-122.
- ZALESNY, J. R. S., WIESE, A. H., BAUER, E. O. & RIEMENSCHNEIDER, D. E. 2009. Ex situ growth and biomass of *Populus* bioenergy crops irrigated and fertilized with landfill leachate. *Biomass and Bioenergy*, 33, 62-69.
- ZIANIS, D. & SEURA, S. M. 2005. *Biomass and stem volume equations for tree species in Europe*, Finnish Society of Forest Science, Finnish Forest Research Institute.
- ZSUFFA, L., GIORDANO, E., PRYOR, L. & STETTLER, R. 1996. Trends in poplar culture: some global and regional perspectives. *Biology of Populus and its implications for management and conservation*. Edited by RF Stettler, HD Bradshaw, Jr., PE Heilman, and TM Hinckley. NRC Research Press, Ottawa, Ont, 515-539.
- ZSUFFA, L., SENNERBY-FORSSE, L., WEISGERBER, H. & HALL, R. 1993. Strategies for clonal forestry with poplars, aspens, and willows. *Clonal Forestry II*. Springer.

Activitate științifică

Articole de cercetare

1. Jucker, T., Bouriaud, O., Avacaritei, D., **Dănilă, I.**, Duduman, G., Valladares, F., & Coomes, D. A. (2014). Competition for light and water play contrasting roles in driving diversity–productivity relationships in Iberian forests. *Journal of Ecology*, 102(5), 1202-1213, <https://www.repository.cam.ac.uk/handle/1810/245373>;
2. **Dănilă I. C.**, Avăcăriței D, Savin A, Roibu CC, Bouriaud O, Duduman M, 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). <http://www.bucovina-forestiera.ro/article/dinamica-si-caracteristicile-cresterii-a-sase-clone-de-plop-hibrid-pe-parcursul-unui-ciclu-de-productie-intr-o-plantatie-comparativa-din-depresiunea-radauti/>;
3. Piticar M. A., Cenusa R. L., Grosu L., **Danila I. C.**, 2015 Ecologic research concerning the forest vegetation at the pioneer stage in the Bucovina Ridges area, Suceava, Romania. *AAB Bioflux* 7(3): 174-186, <http://www.aab.bioflux.com.ro/docs/2015.174-186.pdf>;
4. Laura Bouriaud, Mihai Leonard Duduman, **Iulian-Constantin Dănilă**, Nicolai Olenici, Iovu-Adrian Biriș, Ioan Ciornei, Ionuț Barnoaiea, Anca Măciucă, Alexei Savin, Lucian Grosu, Mihaela Mutu, Liviu Nichiforel, Olivier Bouriaud, Gabriel Dănilă, Daniel Avăcăriței, Cătălin Roibu. 2015. How to evaluate the sustainability of short-term cultures for biomass production? An application from NE Romania, *Agriculture and Forestry*, Vol.61 issue 4 (15/12/2015), ISSN 0554-5579 (Printed), ISSN 1800-9492 (Online), DOI: 10.17707/ AgricultureForest; <http://www.agricultforest.ac.me/page.php?id=54>.

Articole de informare

1. Coșofreț, C., **Dănilă, I. C.** Sustenabilitatea culturilor cu specii forestiere cu ciclu scurt de producție pe terenuri din afara fondului forestier: proiectul STRoMA., Suceava, (2014), [http://www.bucovina-forestiera.ro/arhiva/2014/14\(2\)/11_informatii.pdf](http://www.bucovina-forestiera.ro/arhiva/2014/14(2)/11_informatii.pdf);
2. Nuțu A, **Dănilă I. C.**, 2015. Sesiunea Națională de Comunicări Științifi ce Studentești, pe teme de Silvicultură și Protecția Mediului. Vatra Dornei, 29-30 mai 2015. *Bucovina Forestieră* 15(1): [http://www.bucovina-forestiera.ro/arhiva/2015/15\(1\)/sesiunea-nationala-de-comunicari-stiintifi-ce-studentesti-pe-teme-de-silvicultura-si-protectia-mediului-vatra-dornei-29-30-mai-2015.pdf](http://www.bucovina-forestiera.ro/arhiva/2015/15(1)/sesiunea-nationala-de-comunicari-stiintifi-ce-studentesti-pe-teme-de-silvicultura-si-protectia-mediului-vatra-dornei-29-30-mai-2015.pdf)

Prezentări conferințe

1. **Danila, I.C.**; Roibu, C.C.; Popa, I; Cenusa,R.; Radu, I - Disturbance history and dynamics in old growth beech forest “Humosu” –A spatial dendro-ecological analysis - Simpozion WWF Lviv Ucraina Primeval Beech Forests: Reference Systems for the Management and Conservation of Biodiversity, Forest Resources and Ecosystem Services, June 3-5th, 2013 <http://www.wsl.ch/epub/pbf/sessions/oralpresentat...>;
2. Daniel AVĂCĂRIȚEI, Olivier BOURIAUD, Mihai-Leonard DUDUMAN, Manole GREAVU, Alexei SAVIN, Nicolae-Marcel FLOCEA, Cătălin-Constantin ROIBU, **Iulian DĂNILĂ**, Bogdan NEGREA, Lucian FLUTUR, Mihai VRABIE, WOOD BIOMASS ASSESSMENT IN SHORT CICLE, MULTICLONALE COMPARATIVE CULTURES OF HYBRID POPLAR OF DIFFERENT PROVENANCE (METHODOLOGY AND PARTIAL RESULTS), International Conference Integrated Management of Environmental Resources, Suceava, 1-2 November, 2013., <http://www.silvic.usv.ro/conference2013/>;
3. Mihai-Leonard DUDUMAN, Nicolai OLENICI, Cezar Valentin TOMESCU, Anca MĂCIUCĂ, Gabriel DĂNILĂ, Valentina OLENICI, Iovu BIRIȘ, Cătălina BARBU, **Iulian DĂNILĂ**, Lucian GROSU, Bogdan NEGREA, Laura BOURIAUD. ASSESSMENT OF BIODIVERSITY IN HABITATS WITH DIFFERENT DEGREES OF HUMAN INTERVENTION - METHODOLOGICAL

ISSUES AND PRELIMINARY RESULTS, International Conference Integrated Management of Environmental Resources, Suceava, 1-2 November, 2013., <http://www.silvic.usv.ro/conference2013/>.

4. Bouriaud O., Bouriaud L., Avacaritei D., **Danila I.**, Danila G., Duduman G., Nichiforel L, Barnoaiea I, 2013, Functional significance of forest biodiversity in Europe – Romanian case study, International Conference Integrated Management of Environmental Resources, Suceava, 1-2 November, 2013, <http://www.silvic.usv.ro/conference2013/>.

5. Olenici, N., Duduman, M., L., Olenici, V., **Dănilă, I.**, Grosu, L.: Ground beetle diversity on short-rotation coppices in a mosaic of habitat types. International Symposium "Forest and Sustainable Development", Braşov 24-25 octombrie 2014, http://www.unitbv.ro/Portals/16/fisiere_silvic/cercetare/simpozion2014/.

6. Bouriaud Laura, Cosofret Cosmin, **Dănilă Iulian**, Mutu Mihaela, Nichiforel, Liviu, 2014. Private forest owners perceptions and attitudes regarding forest management adaptation to the climate change. Communication to the International IUFRO Symposium 2014, Adaptation in Forest Management Under Changing Framework Conditions, IUFRO Research Groups 3.08 Small-Scale Forestry and 4.05 Managerial Economics and Accounting, Sopron, 19-23 of May, 2014, <http://erti.hu/iufro/>

7. Mutu Mihaela, Bouriaud Laura, Nichiforel Liviu, Duduman Gabriel, Drăgoi Marian, Duduman Corina, **Dănilă Iulian**, 2014. Forest engineers' perceptions about adapting forest management to climate change in Northern-Eastern Romania. Communication to the International IUFRO Symposium 2014, Adaptation in Forest Management Under Changing Framework Conditions, IUFRO Research Groups 3.08 Small-Scale Forestry and 4.05 Managerial Economics and Accounting, Sopron, 19-23 of May, 2014, <http://erti.hu/iufro/>

8. **Dănilă Iulian**, Coşofreţ Cosmin, Avăcăriţei Daniel, Duduman Mihai-Leonard, 2015. Analiza productivităţii culturilor de plop cu ciclu scurt de producţie. Sesiunea Naţională de comunicări Ştiinţifice Studenţeşti. 29-30 mai 2015, Vatra Dornei, Ediţia I. http://silvic.usv.ro/avizier/2015_mai_simpozion_national_prog.pdf

9. N. Olenici, A. Ispravnic, **I.C. Dănilă**, M.L. Duduman, V. Olenici, The response of *Ips typographus*, *Ips duplicatus* and *Pityogenes chalcographus* adults to combinations of their synthetic aggregation pheromones in field tests, Integrated Management of Environmental Resources, International Conference 2015/III, http://silvic.usv.ro/conference2015/IMER_book_of_abstracts_2015.pdf

10. **I.C. Dănilă**, D. Avăcăriţei, M.L. Duduman, A. Savin, C.C. Roibu, L. Grosu, O. Bouriaud, L.G. Bouriaud, Influence of the type of forest reproductive material and planting density on Max 4 hybrid poplar clone - *Populus nigra* x *maximowiczii* in biomass accumulation, Integrated Management of Environmental Resources, International Conference 2015/III, http://silvic.usv.ro/conference2015/IMER_book_of_abstracts_2015.pdf

11. A. Savin, **I.C. Dănilă**, D. Avăcăriţei, M.L. Duduman, V.M. Hazi, P. Grosu, C. Coşofreţ, O. Bouriaud, L.G. Bouriaud, The influence of the soil management and mycorrhiza inoculation on biomass accumulation of some poplar hybrids clones from Suceava Plateau, Romania, Integrated Management of Environmental Resources, International Conference 2015/III, http://silvic.usv.ro/conference2015/IMER_book_of_abstracts_2015.pdf

Poster conferinţă

1. **Danila, I.C.**; Popa, I; Roibu, C.C. A dendroecology analysis in "Slătioara Ancient Forest" of disturbance dynamics, International Conference Integrated Management of Environmental Resources (2), Suceava, 1-2 November, 2013., <http://www.silvic.usv.ro/conference2013/>;

Rapoarte de cercetare

1. Laura Bouriaud, Mihai Leonard Duduman, Nicolai Olenici, Daniel Avăcăriţei, Olivier Bouriaud, Cătălin Roibu, Alexei Savin, Iovu Adrian Biriş, **Iulian Dănilă**, Anca Măciucă, Lucian Grosu, Gabriel

Dănilă. Sustainability of short-term rotation cultures of trees on marginal lands. Raport științific și tehnic (2014). Proiect PN-II-PT-PCCA-2011-3.2-1574, Contract 119/2012
http://www.silvic.usv.ro/stroma/stroma_results_2014.pdf

Participare în proiecte de cercetare

- (1) FP7 FUNDIVEurope - Functional significance of forest biodiversity in Europe (Semnificația funcțională a biodiversității forestiere în Europa) / Grant agreement nr.: 265171, Contract USV 265171/10.12.2010;
- (2) PN II STRoMA - Sustenabilitatea culturilor cu specii forestiere cu ciclu scurt de producție pe terenuri din afara fondului forestier / Numărul proiectului: PNII-PT-PCCA-2011-3.2-1574 / Contract nr. 119/2012;
- (3) PN II HUBFORClimate - Understanding human behaviour role with respect to forest management adaptation to climate change (Studierea rolului comportamentului uman în adaptarea gestionării pădurilor la schimbările climatice) / Numărul contractului: PN-II RU-TE 2011-3-0222, nr.116/5.10.2011;
- (4) COST FP 1203 NWFPs - European non-wood forest products (NWFPs) network;
- (5) WWF România – Inventarieri în cele mai reprezentative păduri virgine ale României / Identificarea pădurilor virgine și cvasivirgine în România (verificarea Ordinului nr. 3397/2012) - Numărul contractului: 108/22.07/FY15;
- (6) CLIMFOR - Forest response to climate change predicted from multicentury climate proxy-records in the Carpathian region / Contract number: 18 SEE/30.06.2014;
- (7) Studii științifice de specialitate (inventarieri, cartări, evaluări de specii și habitate, stabilirea metodelor și protocoalelor de monitorizare, lucrări GIS etc.) aferente sitului Natura 2000, Rarău Giumalău, contract 9784/23.06.2014.
- (8) FP7 Star_Tree - Multipurpose trees and non-wood forest products for an innovative forestry in rural areas (Utilizarea multifuncțională a arborilor și a produselor nelemnoase ale pădurii pentru un sector silvic inovativ în zonele rurale) (2012-2016).

Curriculum Vitae

INFORMAȚII PERSONALE

Dănilă Iulian-Constantin

 Smirodava, 21/33, Roman (România)

 0040749963403

 iuliandanila@ymail.com, iuliandanila@usm.ro

Data nașterii 29/09/1988 | Naționalitatea română

EXPERIENȚA PROFESIONALĂ

2011 – prezent asistent de cercetare în silvicultură, Facultatea de Silvicultură, Universitatea „Ștefan cel Mare” din Suceava (România).

EDUCAȚIE ȘI FORMARE

2007 – 2011 Licențiat în Silvicultură
Universitatea „Ștefan cel Mare”, Facultatea de Silvicultură, Suceava (România);

2007 – 2010 Licențiat în Economie
Universitatea „Ștefan cel Mare”, Facultatea de Științe Economice și Administrație Publică, Suceava (România);

2010 – 2012 Masterat în Silvicultură
Universitatea „Ștefan cel Mare”, Facultatea de Silvicultură, Suceava (România);

2007 – 2010 Studii psihopedagogice - Nivelul I
Universitatea „Ștefan cel Mare”, Facultatea de Științe ale Educației, Departamentul de Specialitate cu Profil Psihopedagogic, Suceava (România);

2011 – 2013 Studii psihopedagogice - Nivelul II
Universitatea „Ștefan cel Mare”, Facultatea de Științe ale Educației, Departamentul de Specialitate cu Profil Psihopedagogic, Suceava (România).

COMPETENȚE PERSONALE

Limba maternă română

Limbi străine cunoscute

engleză

ÎNȚELEGERE		VORBIRE		SCRIERE
Ascultare	Citire	Participare la conversație	Discurs oral	
C2	C1	C1	B2	B1
Certificat de competență lingvistică, Universitatea „Ștefan cel Mare”, Facultatea de Litere și Științe ale Comunicării, Suceava; 2015.				

Niveluri: A1/A2: Utilizator elementar - B1/B2: Utilizator independent - C1/C2: Utilizator experimentat
Cadrul european comun de referință pentru limbi străine

Competențe de comunicare

participarea la conferințe științifice:

- Integrated Management of Environmental Resource, 2013, Suceava;
- International conference on the functional significance of forest biodiversity, 2013, Firenze, Italia;
- Primeval Beech Forests – WSL; 2013, Lviv, Ukraine;
- Sesiunea Națională de Comunicări Științifice Studentești, 2015, Vatra Domei;
- Integrated Management of Environmental Resource, 2015, Suceava.

participări ca doctorand:

- Școala de vara organizată de Universitatea „Ștefan cel Mare”, 2013, Suceava, Romania;
- International Summer School on the functional significance of forest biodiversity, University of Warsaw, 2013, Bialowieza, Polonia;
- Forest inventory, Max Planck Institute for Chemical Ecology, Department of Biochemistry, 2014, Jena, Germany;
- Curs exploatare forestiere cu cabluri, BFW-Forstliche Ausbildungsstätte, 2015, Ossiach, Österreich.

Permis de conducere BE, CE