

Studiu privind impactul culturilor de plop hibrid asupra proprietăților solului

A. Savin, D. Avăcăriței, I.-C. Dănilă, M.-L. Duduman, C. Rotaru-Buzdugan

Savin A., Avăcăriței D., Dănilă I.-C., Duduman M.-L., Rotaru-Buzdugan C. 2019. Impact of hybrid poplar short rotation crops on soil properties. Bucov. For. 19(2): 1-11

Abstract. Poplar SRC can bring a major contribution to biomass under the conditions of rational soil use. From another point of view, the export of biomass at the end of the production cycle, materialized by the consumption of nutrients from the soil and possible changes in the chemical characteristics of the soil. This study analyzed the effect of nutrient consumption on poplar crops with short production cycles and other chemical characteristics of cultivated soils. The research method involved harvesting soil samples from each area of three different uses. The initial objective was to harvest soil samples from: hybrid poplar crops at the end of a 5 year production cycle (with hybrids of AF2 and AF8 clones, set up in 2011 by mechanized planting of 2 m, in the 1.5 x 3 m density); from an agricultural crop (potato) and from an uncultivated land. Given that within the 3 km radius of the research site in the Dornești and Satu Mare areas, the agricultural land is totally cultivated, in the absence of an uncultivated land, and as a witness, lands were maintained as grasslands. As a result of the research it can be said that a new established hybrid poplar crops induces important changes in the soil chemical properties, which does not necessarily mean a degradation of the physicochemical conditions (pH, Al, Vah%), but rather an exhaustion the stock of soil nutrients (N, P, K) and soluble salts (CTSS) responsible for plant mineral nutrition.

Keywords hybrid poplar crops, short rotation crops, soil proprieties, NPK consumption.

Authors. Alexei Savin (alexeisavin@gmail.com), Daniel Avăcăriței Iulian-Constantin Dănilă, Mihai-Leonard Duduman - Ștefan cel Mare University of Suceava, Faculty of Forestry, 13 Universității, 720229 Suceava, Romania. Cătălina Rotaru-Buzdugan - S.C AWSYSTEMS S.R.L, 8 Republicii, Suceava, Romania.

Manuscript received May 15, 2019; revised June 5, 2019; accepted June 15, 2019; online first July 31, 2019.

Introducere

În contextul progresului tehnologic și al creșterii populației la nivel global, a sporit sem-

nificativ cererea de energie obținută din diferite surse (Guo et al. 2015), în special din cele regenerabile. Dintre acestea, biomasa vegetală reprezintă o alternativă din ce în ce mai

prezentă la resursele fosile (Barreto 2018). Necesitatea obținerii de biomasă vegetală în scop energetic a condus la instalarea de numeroase culturi agricole și lignicole, adaptate climatului fiecărei regiuni de interes. România nu face excepție, în ultimii ani instalându-se numeroase culturi energetice cu ciclu scurt de producție, constituite din specii de plopi, sălcii, miscanthus, acacia, sau paulownia (Moiceanu et al. 2019), doar în nord estul țării, în județul Suceava, plantându-se de către un investitor privat peste 300 ha de plop energetic cu ciclu de producție de 5 ani (Bouriaud et al. 2015).

În țările cu tradiție în managementul culturilor energetice (SUA, Canada, Germania, Suedia, Italia, etc.) culturile speciale de biomasă lemnoasă cu ciclu scurt de producție sunt considerate culturi multianuale intensive, asupra cărora se aplică tratamente și fertilizării similare cu cele din agricultură. În acest context, multe studii pornesc de la premisa unei fertilizări echivalente, factorul de modificare a caracteristicilor solului fiind doar tipul de cultură (Tabelul 1).

Studiile privind impactul culturilor de plop de 10 ani din Italia asupra caracteristicilor solului indică o creștere a conținutului de carbon organic stocat în sol și o stagnare a conținutului de azot (Pellegrino et al. 2011).

În ceea ce privește efectul culturii asupra stocării carbonului organic cercetările din SUA au demonstrat efectul pozitiv al acestora comparativ cu fânețele sau culturile agricole. Spre exemplu culturile de plopi hibridi prezintă valori sensibil mai mari față de alte culturi precum sunt Poaceele cu rol energetic (*Panicum virgatum*) din America de Nord (32 g C/kg vs 29 g C/kg) (Coleman et al., 2004). La rezultate asemănătoare s-a ajuns și în cazul plantațiilor de *Platanus occidentalis* și de *Populus deltoides* comparativ cu plantațiile de bumbac din Alabama, SUA (Tolbert et al. 2002).

Alte studii relevă evoluția stocării de carbon organic în sol în timp de la înființarea unor culturi energetice. Astfel, cercetări efectuate în Canada (zona Alberta) la plantații de *P. del-*

toides x P. x petrowskaya au condus la rezultate care au relevat o scădere drastică în primii 2 ani a conținutului de carbon organic ca după 7 ani de la înființare să se ajungă la nivelul inițial, iar după 9-11 ani să se ajungă la un trend ascendent de continuă creștere (Arevalo et al. 2011). Aceleași rezultate s-au înregistrat și în SUA la plantații de 20 ani.

Problema stocării de carbon organic în sol a fost studiată și în Spania (Granada), sub plantații de plopi euramericani. Astfel, după 30 ani de cultură, s-a înregistrat o stocare anuală de 1,6 Mg C/ha, iar față de culturile de porumb situate pe același tip de sol crește raportul în favoarea formelor de carbon neoxidabile (Sierra et al. 2013).

Tot în Canada s-au efectuat cercetări privind efectul reparator și de tranziție pe care îl au culturile de plop asupra terenurilor marginale în drumul lor spre reîmpădurire cu specii indigene. Efectele negative cuantificate la nivelul solului au constat în scăderea pH-ului, și creșterea raportului C/N, ca expresie a calității humusului (Boothroyd-Roberts et al. 2013).

Pe de altă parte, sunt studii care au analizat efectul culturilor de plopi hibridi asupra proprietăților fizice ale solurilor. Astfel, după 9 ani de cultură s-a constatat o creștere a greutatei volumetrică (densitatea aparentă) a solului de la 1,15 la 1,35 g/cm³ în orizonturile superioare și de la 1,45 la 1,50 g/cm³ în cele inferioare (Makschin 1994).

Una din soluțiile de fertilizare a culturilor de plop pe cale ne-chimică o reprezintă și culturile agrosilvice. Un exemplu în acest sens este cultivarea experimentală în zona Quebec, Canada, între rândurile de plopi din plantațiile de *P. nigra x P. maximowiczii*, la 5 ani după instalarea a plopilor, a unei culturi anuale de soia. Efectul a fost unul pe măsura așteptărilor, conținutul de azot total crescând în medie cu 50 % (Rivest et al. 2010).

Urmărind eventualele modificări nedorite ale caracteristicilor solurilor aflate sub culturi energetice de plop, un grup de cercetători din China a analizat proprietățile solului din parcele ocupate cu clona cv I-72 de *Populus x eu-*

Table 1 Sinteza studiilor privind influența culturilor de plopi asupra solului
Study synthesis regarding the influence of poplar short rotation coppice on soil

Sursa	Indice cercetat	Tendență (+/-)	Observații
Pellegrino et al. 2011	- stoc carbon organic - conținutul de N total	+	Cultura de plop de 10 ani, Italia
Coleman et al. 2004	- stoc carbon organic	+	Studiu comparativ plop 5 ani, SUA
Arevalo et al. 2011	- stoc carbon organic	+	Cultura de plop de 10 ani, Canada
Sierra et al. 2013	- stoc carbon organic	+	Cultura de plop de 30 ani, Spania
Boothroyd-Roberts et al. 2013	- pH - Raportul C/N	- -	Culturi plop, Canada
Lutter et al., 2016	- pH - Conținut în Ca	- -	Cultura de plop de 10 ani, Estonia
Jug et al. 1999	- stoc carbon organic - conținutul de N total, P - pH	+ - -	Cultura de plop de 7 ani, Germania
Dimitriou și Mola-Yudego 2017	- pierderi ioni NO ₃ în pânza freatică	+	Cultura de plop de 10 ani, Suedia
Sommer et al. 2017	- pierderi ioni NO ₃ în pânza freatică	+	Cultura de plop de 10 ani, Germania
Rytter 2016	- pH, conținut P mobil - Raportul C/N	- +	Cultura de plop de 5 ani, Suedia
Zheng et al. 2017	- rata de mineralizare a C organic - biomasa totală microbială	- -	Culturi plop de 10, 15, 20 ani, China
Rivest et al. 2010	- conținutul de N total	+	Cultura plop de 5 ani + soia, Canada

ramericana, din culturi cu vârste de 10, 15 și 20 ani, comparând rezultatele obținute cu cele rezultate din analiza proprietăților unui sol de folosință agricolă. Astfel, pe termen lung, după 20 ani, s-a constatat o scădere drastică a ratei de mineralizare a carbonului organic, pe fondul schimbării raportului dintre componentele florei microbiene din sol (raportul bazidiomicete/ascomicete și bacterii/ciuperci). Coroborate cu o scădere atât a biomasei totale microbiene, cât și a activității enzimelor din sol, acestea având ca efect o scădere a vitezei circuitului nutrienților din sol (Zheng et al. 2017).

Începând cu 2010, în Nord-Estul României, în depresiunea Rădăuți se plantează primele culturi energetice de plop cu ciclu scurt de producție, pe terenuri ce au avut anterior folosință agricolă (Coșofreț și Dănilă 2014). Extinderea an de an a acestor culturi pe terenuri ce au fost anterior cultivate cu diverse culturi anuale (porumb, soia, cartof, etc.), a generat o serie de întrebări în rândul cultivatorilor și a proprietarilor de terenuri, referitoare în special la modificările produse de culturile intensive de plopi asupra fertilității solului, comparativ cu culturile agricole. În acest context a demarat și prezentul studiu.

Material și metodă

Localizarea cercetărilor. Cercetările au fost efectuate în două zone distincte, cu condiții de relief, geologie și sol complet diferite. Prima zonă analizată se află situată în raza localității Dornești (Fântâna Mare) județul Suceava, în zonă de podiș (Șaua Bălcăuți) pe depozite sedimentare consolidate, iar tipul de sol dominant este unul de tip Faeoziom ($47^{\circ}53'56.26''N$ $26^{\circ}00'42.85''E$).

A doua locație de studiu se află în lunca râului Suceava, pe raza localității Satu Mare, județul Suceava, caracterizată prin depozite aluviale de tip nisip, prundiș și pietriș, iar solul dominant este unul de tip Aluviosol ($47^{\circ}50'45.40''N$ $26^{\circ}00'48.35''E$).

În fiecare din cele două locații s-au identificat câte trei parcele ocupate cu culturi de plop, culturi agricole respectiv cu pășune. Culturile de plop au fost reprezentate de plantații de plopi hibridi aflate la sfârșitul unui ciclu de producție de 5 ani (cu plopi hibridi din clonele AF2 (*P. deltoides* 145-86 x *P. nigra* 40) și AF8 (*P. xgenerosa* 103-86 x *P. trichocarpa* PEE). Acestea au fost înființate în anul 2011 prin plantarea mecanizată a sadelor de 2 m, în schemă de 1,5 x 3 m). Pe suprafața parcelor ocupate cu plop nu s-au administrat îngrășăminte naturale sau chimice. Culturile agricole au fost reprezentate de parcele cultivate în anul culegerii datelor cu culturi de cartof, ce în anii anteriori au fost cultivate și cu alte specii (porumb, soia, etc.). Pe suprafețele ocupate cu culturi agricole proprietarii au administrat an de an gunoi de grajd și îngrășăminte chimice de tip complex (N/P/K). În lipsa unui teren nelucrat, drept martor s-au considerat două parcele întreținute ca și pășiști. Pe aceste terenuri practicele administrării nu au efectuat nici un fel de fertilizare chimică sau naturală, cu excepția încorporării obișnuite a bălegarului prin procedul târlirii.

Într-o primă etapă, în fiecare locație și tip de folosință a terenului luate în studiu, s-au prelevat probe de câte un profil de sol pentru analizarea proprietăților fizice a solului (granulometria).



Figura 1 Prelevarea probelor de pe o raza de 1 m
Harvesting soil samples from 1 m radius



Figura 2 Amestecul celor patru eșantioane
Mixing the four soil samples harvested

Ulterior, din fiecare folosință au fost recoltate probe de sol aflate în două zone distincte de adâncime: 0-20 cm și 40-50 cm. Pentru fiecare din cele trei folosințe au fost recoltate câte 10 probe de sol de pe cele două nivele de profunzime a solului. Pentru evitarea conta-

minării probelor de sol cu substanțe și corpuri străine, fiecare probă prelevată a constituit un amestec de patru eșantioane recoltate de pe o raza de cca. 1 m (Figura 3). Probele au fost recoltate la finele lunii aprilie 2017.

În total, din cele două tipuri de sol situate în locații diferite, de pe cele trei folosințe analizate au fost recoltate 120 de probe de sol. Acestea au fost analizate la laboratorul de analize pedologice aparținând AWSYSTEMS SRL Suceava (<https://analiza-sol-ingrasaminte.ro/servicii/>). Pentru actualul studiu au fost analizați o serie de parametri chimici ai solului: reacția solului (pH); conținutul procentual de humus (H %); conținutul de azot total (Nt %); conținutul de P mobil (P-AL, ppm); conținutul de K (K-AL, ppm); gradul de saturație cu baze (Vah %); conținutul de aluminiu schimbabil (Al, me/100 g); conținutului total de săruri solubile (C.T.S.S., mg/100 g); indicele de azot (IN, %).

Aciditatea (pH) a fost măsurată folosind metoda potențiomtrică (STAS 7184/13); conținutul de humus (H %) a fost determinat prin metoda Sscholemerger (variantea Gogoasă, STAS 7184/21-82); azotul total (Nt %) prin metoda Kjeldahl (STAS 7184/2-85); P-AL (fosforul mobil) a fost determinat metoda colorimetrică Egner-Riehm-Domingo (STAS 7184/19-82), iar pentru stabilirea valorilor K-AL (potasiu mobil) - metoda flamefotometrică (STAS 7184/18-80); pentru determinarea conținutului de aluminiu schimbabil (Al) s-a utilizat metoda Sokolov (STAS 7184/12-88); conținutul total de săruri solubile (CTSS) s-a stabilit prin metoda conductometrică (STAS 7184/7-87), iar indicele de azot (IN %) a fost calculat în funcție de conținutul de humus și gradul de saturație cu baze.

Prelucrarea datelor. Valorile obținute ale principalelor caracteristici chimice ale probelor analizate au fost prelucrate cu ajutorul aplicației statistice XLSTAT, iar analiza variabilității s-a efectuat după testul Tukey HSD (ANOVA, $p \leq 0,05$) (Silva și Azevedo, 2016).

Rezultate

Analiza granulometrică a celor trei profile de sol din zona Satu Mare a scos în evidență că textura Aluviosolurilor (cu folosințele: cultură de plop, teren agricol și pășune) este una predominant grosieră (de la nisipoasă în orizontul C, la nisipo-lutoasă în orizontul A), valorile medii ale fracțiunii nisip (fin și grosier) depășind frecvent valoarea de 75-80 %. În schimb analiza celor trei profile de sol din zona Dornești au arătat că textura Faeoziomurilor prezente în punctele studiate este una predominant mijlocie (lutoasă) spre fină în orizontul A/B (luto-argiloasă), cu un conținut mediu de argilă de cca. 32 %.

În ce privesc rezultatele analizei parametrilor chimici ai solului, s-a constatat că în majoritatea cazurilor aceștia diferă semnificativ în funcție de tipul de folosință, excepție făcând parametrii Al la Dornești în orizonturile A respectiv AB și CTSS în cazul orizontului C la Satu Mare (Tabelul 2).

Astfel, la nivelul orizontului superior A (0-20 cm) pentru solul de tip Faeoziom (zona Dornești) s-au constatat diferențe semnificative sunt la conținutul de humus, dar în acest caz conținutul mult mai ridicat la pășune ($H_{med} = 9,2$ %) se poate explica prin humusul total măsurat în orizontul A_ț (înțelenit) de sub pajiște, care include toate formele de materie organică descompuse și în curs de descompunere (miceliul de rădăcini). Același lucru se poate spune și despre indicele IN, ca fiind o rezultantă a conținutului de humus (tabelul 3).

Conținutul celor trei nutrienți analizați (N, P, K) prezintă diferențe semnificative între cele trei folosințe. Atât conținutul de fosfor mobil, cât și cel de azot total, dar și de potasiu prezintă valori minime la solul aflat sub plantația de plopi hibridi (asigurare foarte slabă). Diferențele sunt și de 300 % (4,81 față de 12,84 ppm) la conținutul de fosfor sub cultura de plop comparativ cu cea martor (pășune), unde se înregistrează o aprovizionare slabă, față de mijlocie la cultura agricolă de cartof. Prezența unui conținut ridicat de fosfor pentru

Table 2 Rezultatele aplicării testului ANOVA asupra valorilor parametrilor chimici determinați pentru orizonturile A, A/B respectiv C în locațiile Dornești și Satu Mare
ANOVA results on determined chemical parameters for soil layer A, A/B and C in Dornești and Satu Mare

Orizont de sol	Parametru chimic determinat	Dornești			Satu Mare		
		DF	F	P	DF	F	P
A	pH	2	30,3517	< 0,0001	2	37,9845	< 0,0001
	H (%)	2	361,1818	< 0,0001	2	249,3694	< 0,0001
	Nt (%)	2	424,3730	< 0,0001	2	247,4686	< 0,0001
	P- AL (ppm)	2	78,8767	< 0,0001	2	33,6249	< 0,0001
	K-AL (ppm)	2	208,9294	< 0,0001	2	44,8303	< 0,0001
	Vah (%)	2	30,0693	< 0,0001	2	35,4114	< 0,0001
	Al (me/100 g)	2	3,6211	0,0404	2	-	-
	CTSS (mg/100 g)	2	75,8570	< 0,0001	2	75,0387	< 0,0001
	IN (%)	2	276,9140	< 0,0001	2	217,3131	< 0,0001
A/B (Dornești) sau C (Satu Mare)	pH	2	26,3664	< 0,0001	2	15,8936	< 0,0001
	H (%)	2	76,4592	< 0,0001	2	68,6231	< 0,0001
	Nt (%)	2	87,5282	< 0,0001	2	84,8864	< 0,0001
	P- AL (ppm)	2	47,6672	< 0,0001	2	30,3101	< 0,0001
	K-AL (ppm)	2	81,8064	< 0,0001	2	30,9899	< 0,0001
	Vah (%)	2	11,1118	0,0003	2	12,9543	0,0001
	Al (me/100 g)	2	0,9142	0,4129	2	-	-
	CTSS (mg/100 g)	2	26,3664	< 0,0001	2	1,4159	0,2602
	IN (%)	2	43,3169	< 0,0001	2	61,7849	< 0,0001

Notă: DF: grade de libertate; F: valoarea raportului Fisher; P: valoarea semnificației.

cultura agricolă de cartof ține de administrarea anuală a îngrășămintelor complexe de tip N/P/K.

Saturația cu cationi bazici (Ca, Mg, K, Na) exprimată prin indicele Vah % înregistrează și el diferențe semnificative între cele trei folosințe. Și de această dată pe ultimul loc se situează cultura de plop, semn că există și un consum susținut de elemente bazice, în acord cu scăderea valorilor pH.

Conținutul total se săruri solubile, exprimat prin indicele CTSS, ne indică și el un consum mai mare a acestor săruri de către cultura de plop hibrid. Diferențele sunt semnificative doar între cultura de plop și cea de cartof.

În ce privește orizontul de tranziție A/B (40-50 cm), pentru solul de tip Faeoziom se poate

spune că efectul culturii de plop asupra valorilor acidității solului în adâncime este ceva mai scăzut (doar - 0,2 unități pH față de cultura de mator de pășune).

În adâncime (40-50 cm) solul prezintă o humificare mai slabă, iar diferențele dintre culturi în ceea ce privește valori conținutului de humus H (%) deși sunt mai mici rămân în continuare semnificative, o dovadă în plus că prezența plopului contribuie la circuitul azotului prin procesele de mineralizare a humusului, în lipsa unei administrări anuale cu îngrășămintă chimice pe bază de azot.

Deși diferențele dintre conținutul de fosfor și, respectiv, azot total nu sunt la fel de mari ca și în orizontul superior A acestea sunt semnificative și cu ierarhizare identică ca la orizontul

Table 3 Semnificația diferențelor dintre valorile medii ale parametrilor solului în funcție de modul de utilizare a terenului (folosință) în locațiile Dornești și Satu Mare
Significant differences between soil parameters means according to land use type in Dornești and Satu Mare locations

Orizont de sol	Parametru chimic	Dornești			Satu Mare		
		Cultură plop	Cultură agricolă	Pășune	Cultură plop	Cultură agricolă	Pășune
A	pH	4,906 ± 0,061 ^B	5,221 ± 0,152 ^A	5,226 ± 0,056 ^A	7,027 ± 0,063 ^a	6,203 ± 0,343 ^b	6,072 ± 0,263 ^b
	H	4,448 ± 0,299 ^C	5,414 ± 0,238 ^B	9,219 ± 0,574 ^A	0,861 ± 0,151 ^c	2,657 ± 0,418 ^b	9,039 ± 1,343 ^a
	Nt	0,197 ± 0,011 ^C	0,278 ± 0,012 ^B	0,465 ± 0,031 ^A	0,038 ± 0,007 ^c	0,126 ± 0,020 ^b	0,470 ± 0,072 ^a
	P-AL	4,810 ± 0,741 ^C	30,31 ± 7,03 ^A	12,84 ± 2,87 ^B	2,37 ± 0,41 ^b	7,42 ± 1,43 ^a	6,37 ± 1,87 ^a
	K-AL	62,3 ± 9,0 ^C	243,8 ± 29,7 ^A	136,1 ± 10,7 ^B	63,9 ± 9,5 ^b	122,8 ± 9,8 ^a	124,7 ± 23,1 ^a
	Vah	61,158 ± 4,000 ^C	77,271 ± 6,152 ^A	71,535 ± 2,458 ^B	98,692 ± 1,553 ^a	83,338 ± 6,090 ^b	87,148 ± 3,039 ^b
	Al	0,129 ± 0,097 ^A	0,079 ± 0,063 ^{AB}	0,042 ± 0,029 ^B	0	0,004 ± 0,008 ^B	0,004 ± 0,008 ^B
	CTSS	15,61 ± 2,78 ^B	89,39 ± 23,08 ^A	27,82 ± 4,05 ^B	30,00 ± 4,86 ^b	93,51 ± 21,95 ^a	24,07 ± 5,27 ^b
	IN	2,716 ± 0,184 ^C	4,183 ± 0,359 ^B	6,595 ± 0,460 ^A	0,772 ± 0,241 ^c	2,195 ± 0,313 ^b	7,888 ± 1,267 ^a
	A/B (Dornești sau C (Satu Mare))	pH	4,995 ± 0,137 ^B	5,29 ± 0,19 ^A	5,175 ± 0,019 ^A	7,006 ± 0,053 ^a	6,598 ± 0,263 ^b
H		1,993 ± 0,111 ^C	2,284 ± 0,174 ^B	2,962 ± 0,211 ^A	0,307 ± 0,097 ^c	1,475 ± 0,325 ^b	2,204 ± 0,495 ^a
Nt		0,088 ± 0,005 ^C	0,118 ± 0,009 ^B	0,149 ± 0,014 ^A	0,013 ± 0,005 ^c	0,067 ± 0,016 ^b	0,116 ± 0,024 ^a
P-AL		2,37 ± 0,74 ^C	8,15 ± 1,58 ^A	5,63 ± 1,32 ^B	0,52 ± 0,39 ^b	2,62 ± 0,70 ^a	2,93 ± 0,95 ^a
K-AL		41,1 ± 5,9 ^C	128,3 ± 13,2 ^A	83,6 ± 20,4 ^B	40,3 ± 6,2 ^b	81,1 ± 16,8 ^a	87,1 ± 15,6 ^a
Vah		66,654 ± 6,383 ^B	78,418 ± 6,041 ^A	71,91 ± 2,68 ^B	98,552 ± 1,789 ^a	93,036 ± 3,761 ^b	91,827 ± 3,072 ^b
Al		0,056 ± 0,043 ^A	0,036 ± 0,045 ^A	0,059 ± 0,027 ^A	0	0	0
CTSS		11,81 ± 1,57 ^B	27,89 ± 8,22 ^A	14,79 ± 2,21 ^B	23,88 ± 6,85 ^B	28,54 ± 9,76 ^B	23,26 ± 4,08 ^B
IN		1,327 ± 0,141 ^C	1,795 ± 0,221 ^B	2,131 ± 0,181 ^A	0,362 ± 0,224 ^c	1,359 ± 0,285 ^b	2,015 ± 0,413 ^a

Notă: Valorile aferente unui anumit parametru chimic însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ între ele (testul Tukey HSD, ANOVA, p≤0,05).

de la suprafață: întotdeauna pe ultimul loc cultura de plop. Acest fapt ne indică că în primii 5 ani ai unei culturi, exemplarele de plop consumă masiv nutrienți și din orizonturile inferioare de sol.

Conținutul de aluminiu (Al), ca indicator al acidității solului și cu rol inhibitor asupra nutriției plantelor, este la cote minime la toate cele trei culturi analizate, între acestea neexistând diferențe semnificative.

Indicele de azot IN, ca o expresie cumulată a conținutului de humus total și a gradului de saturație cu baze indică și el diferențe distinct semnificative între plop și pășune și, respectiv, cultura de cartof, cu specificarea că plopul prezintă valorile cele mai mici ale acestui indice (1,32 % față de 2,14 % la pășune).

Solul, la nivelul orizontului A (0-20 cm), la tipul Aluviosol (zona Satu Mare) datorită poziționării în lunca Sucevei și a neuniformității depozitelor aluviale, prezintă o variabilitate mult mai mare atât a proprietăților fizice (textură) cât și a celor chimice (pH și Vah%).

Valorile medii ale pH-ului sunt semnificativ diferite la plop față de celelalte două folosințe, dar de data asta având valori mai ridicate (cu până la o unitate pH). Diferențele mari atât pentru valorile medii ale acidității solului cât și pentru cele ale Vah % țin de litologia neuniformă a depozitelor aluviale de nisip, pietriș și sedimente fine, cu implicare directă asupra caracteristicilor chimice.

Diferențe semnificative foarte mari sunt și la conținutul de Nt, cu valori minime sub plantația de plop (Nt med = 0,038 %).

Conținutul mic de fosfor mobil față de tipul de sol Faeoziom din zona Dornești la acest sol aluvial (asigurare foarte slabă) este afectat și de tipul de cultură. Pe fondul unei carențe generale în fosfor a solurilor de luncă s-a observat și o scădere semnificativă a conținutului acestui macroelement sub cultura de plop până la un conținut foarte scăzut (P-AL = 2,37 ppm față de 6,37 ppm la modul de utilizare pășune).

Față de Faeoziomul de la Dornești, la Aluviosolul din lunca Sucevei se constată o carență mai mare în potasiu (K-AL = 2,37 față

de 4,81 ppm), fapt explicat și de textura nisipoasă a solului aluvial, în directă corelație cu conținutul solului în acest macroelement.

Indicele de azot IN (%) prezintă diferențe semnificative între cele trei tipuri de utilizare a terenului, cu valori minime sub cultura de plop hibrid (IN med = 0,77 %), ceea ce denotă o asigurare potențială slabă cu azot (Borlan et al., 1994).

Analizând rezultatele prelucrărilor statistice, la nivelul orizontului C (40-50 cm), pentru solul de tip Aluviosol se poate afirma că și în orizontul C (nisip cu alternate de material grosier aluvial) se observă efectul culturii de plop asupra consumului de nutrienți din sol.

Astfel, pentru toate cele trei macroelemente (N, P, K) asistăm la diferențe semnificative ale conținutului mediu a acestora sub cultura de plop hibrid comparativ cu cea agricolă și practicoolă și pentru fiecare nutrient în minus (cu până la 5 ori la fosfor față de modul de cultură mator, 0,52 ppm față de 2,93 ppm).

Diferențele dintre valorile medii ale CTSS analizate la cele trei folosințe sunt nesemnificative, semn că în adâncimea unor soluri sărace de tip aluvial procesele de asimilare sunt precare indiferent de modul de cultură.

Discuții

Studiul efectului culturilor de plop cu ciclul scurt de producție asupra caracteristicilor chimice ale solului au fost puse în evidență de un grup de cercetători din Estonia, care au studiat efectul unei plantații de *Populus tremula* x *Populus tremuloides* asupra unor foste terenuri arabile. Studiile au relevat faptul că după 10 ani de cultură intensivă pH a scăzut cu o unitate, la fel și conținutul în Ca (-19,4 %). În schimb conținutul de P, K și N au rămas aproximativ la aceleași niveluri (Lutter et al., 2016). Față de aceste rezultate, determinările noastre au relevat modificări semnificative a conținutului de fosfor, în special, după un ciclu de 5 ani de cultură.

Cercetări ale efectului plantațiilor de *P. tri-*

chocarpa și de *P. tremuloides x P. tremula* de acum 20 ani în trei zone din Germania (nord, centru și sud) au relevat modificări asupra solului ce au costat în scăderea în 7 ani a conținutului de azot total cu 12 %, cu 15 % a carbonului organic, raportul C/N a crescut, iar pH-ul a scăzut cu 0,1 - 1,0 unități (Jug et al. 1999). Modificări (scăderi) ale valorilor pH-ului cu până la 0,8 unități au fost relevate și de alți autori cu cercetări similare în fosta RFG în perioada 1983-1991 (Makschin 1994).

Un avantaj al culturilor de plop față de terenurile agricole neproductive sau abandonate îl constituie capacitatea de protecție a culturilor energetice față de cele agricole de a preîntâmpina pierderile prin levigarea sărurilor de tip nitrifiți (NO_3) sau fosfați (PO_4) în pânza freatică (Dimitriou și Mola-Yudego 2017).

Faptul că plantațiile de plop sunt mari consumatoare de azot a fost văzut de un grup de cercetători drept un avantaj. Astfel, o clonă de plop hibrid analizată (Max 1) a confirmat capacitatea mare de utilizare a N din circuitul din sol (până la 97 % din azotul total disponibil), fapt ce ar proteja pânzele freactice de levigarea ionilor de NO_3 din solurile agricole supra îngrășate în timp și necultivate (Sommer et al. 2017).

Cercetări ale efectului culturilor de 5 ani din Familia *Salicaceae* asupra solurilor din fostele exploatații agricole din Suedia au relevat următoarele modificări: nu s-au înregistrat modificări importante ale conținutului de carbon organic; rezerva de fosfor mobil a scăzut semnificativ sub culturi de plopi hibridi, dar a crescut rezerva de azot sub cele de sălcii; conținutul de K și Mg a crescut în orizontul superior, dar a scăzut la adâncimi de 30 cm, asistând practic la o redistribuire a elementelor bazice în orizonturile din solurile aflate sub aceste ligniculturi; raportul C/N a scăzut cu 10 %, iar pH-ul cu 0,1 unități (Rytter 2016).

Diferențele semnificative s-au semnalat între valoarea medie a pH-ului solului aflat sub cultura de plopi și cele de pășune și, respectiv, cultura de cartof pe soluri de tip Faeoziom. Diferențele negative sunt de cca. 0,3 unități

pH, nu una îngrijorător de mare, scădere a acidității constatată și la alte plantații din alte țări (Lutter et al. 2016).

Concluzii

Pentru ambele tipuri de soluri modul de cultură a constituit un factor important în ceea ce privește consumul și conținutul de macro-elemente nutritive din sol.

Valorile pH suferă o scădere la solurile fertile de tip Faeoziom de sub plop față de pășune, dar nu este una care să ducă la o degradare a solului ca și aciditate a soluției acestuia.

Conținutul de humus (H %) și indicele de asigurare potențială cu azot (IN %) țin mai degrabă de modul de bioacumulare a materiei organice de sub pășuni decât de consumul de azot și mineralizarea acestuia. Așa se pot explica diferențele prea mari ale valorilor acestor indici între pășune și plantațiile de plopi.

Diferențe semnificative între valorile indicilor N, P, K au fost înregistrate la ambele tipuri de sol și pentru cele două nivele de adâncime, cu specificația că valorile minime le-a înregistrat, pentru fiecare eșantion, solul de sub cultura de plopi hibridi. Din această stare de fapt se poate deduce necesitatea obligatorie de administrare de îngrășăminte chimice pe baza de N, P și K, atât la înființarea culturilor, cât și pe parcursul celor 5 ani dintr-un ciclu de producție.

Consumul de nutrienți de către plantațiile de plop este confirmat și de indicele, CTSS, ca expresie a conținutului mediu de săruri solubile (pe bază de Ca, Mg, Mn etc.). Se constată diferențe semnificative în acest sens în defavoarea culturilor energetice de plop față de restul folosințelor.

Concluzionând, în urma analizelor efectuate se poate spune că o plantație nou înființată de plop hibrid induce modificări importante la nivelul proprietăților chimice din sol, care nu înseamnă neapărat o degradare a condițiilor fizico-chimice (pH, Al, Vah %), ci mai degrabă o epuizare a stocului de elemente nutritive din

sol (N, P, K) și de cel al unor săruri solubile, (CTSS) responsabile de nutriția minerală a plantelor.

Astfel, se impune obligatoriu, după exemplul altor țări cu tradiție în dezvoltarea de culturi energetice cu ciclu scurt de producție (SRC-short rotation crops), aplicarea unui plan de fertilizare, atât la înființarea sau după încheierea unui ciclu de producție de 5 ani, cât și pe parcursul celor cinci sezoane de vegetație.

Mulțumiri

Această lucrare a fost elaborată în cadrul Contract de cercetare cu „F.E. AGRAR” S.R.L. Nr. 6458.17/26.04.2017 înregistrat la Universitatea „Ștefan cel Mare” Suceava cu Nr. 6052/05.05.2017 cu titlul: Studiu privind impactul culturilor de plopi hibridi asupra proprietăților solului.

Bibliografie

- Arevalo, C., Bhatti, J., Changa, S., Sidders, D., 2011. Land use change effects on ecosystem carbon balance: From agricultural to hybrid poplar plantation. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 14 342–349.
- Barreto, RA. Fossil fuels, alternative energy and economic growth. *Econ Model* 2018;75:196–220.
- Boothroyd-Roberts, K., Gagnon D., Truax, B., 2013. Can hybrid poplar plantations accelerate the restoration of forest understory attributes on abandoned fields? *Forest Ecology and Management* 287 77–89.
- Borlan, Z., Hera C., 1984. Optimizarea agrochimica a sistemului sol – planta, Ed. Academiei RSR, Bucuresti.
- Borlan, Z., Hera C., Dornescu., D., Kurtinez P., Rusu M., Buzdugan, I., Tănase, Gh., 1994. Fertilitatea și fertilizarea solurilor. Compediu de Agrochimie, Editura Ceres. 232p. ISBN 973-40-0314-3.
- 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., Avăcăreței, D., Roibu, C., 2015: How to evaluate the sustainability of short-term cultures for biomass production? An application from NE Romania. *Agriculture & Forestry*, 61(4): 7-22.
- Coleman, M., Isebrands, J., G., Tolsted, D., Tolbert, V., 2004. Comparing Soil Carbon of Short Rotation Poplar Plantations with Agricultural Crops and Woodlots in North Central United States. *Environmental Management* Vol. 33, Supplement 1, pp. S299–S308.
- Coșofreț, C., & Dănilă, I. (2014). Sustenabilitatea culturilor cu specii forestiere cu ciclu scurt de producție pe terenuri din afara fondului forestier: proiectul STRoMA. *Bucovina Forestieră*, 14(2), 252-254.
- Davidescu, V., Davidescu, D., 1999. Compendium agrochimic, Editura Academiei Române, Bucuresti.
- Dimitriou, I., & Mola-Yudego, B., 2017. Impact of Populus Plantations on Water and Soil Quality. *Bioenerg. Res.* DOI 10.1007/s12155-017-9836-5.
- Dumitru, M., Lăcătușu, R., Șimotă, C., Roman, Gh., Cio-roianu, T., Mihalache M., 2012. Codul de bune practici agricole pentru protecția apelor împotriva poluării cu nitrați din surse agricole. Proiect «Controlul Integrat al Poluării cu Nutrienți», contract 24/CQ/2012.
- Filat, M., Chira, D., 2008. Cercetări pentru introducerea în cultură de specii / clone de plop și salcie cu potențial silvoprodusiv superior și rezistență sporită la adversități. *Anale ICAS*, 47.
- Filat, M., Chira, D., Nica, M. S., Dogaru M. 2010. First year development of poplar clones in biomass short rotation coppiced experimental cultures. *Annal of Forest Research* 53(2): 151-160.
- Guo, M, Song, W., Buhain J. Bioenergy and biofuels: history, status, and perspective. *Renew Sustain Energy Rev* 2015;42:712–25.
- Heilman, P., & Norby, R., 1998. Nutrient cycling and fertility management in temperate short rotation forest systems. *Biomass and Bioenergy* Vol. 14, No. 4, pp. 361±370.
- Jug, A., Makeschin, F., Rehfuess, K., E., Hofmann-Schille, C., 1999. Short-rotation plantations of balsam poplars, aspen and willows on former arable land in the Federal Republic of Germany. III. Soil ecological effects. *Forest Ecology and Management* 121 85 ± 99.
- Laganriere, J., Angers, D., Pare, D., 2010. Carbon accumulation in agricultural soils after afforestation: a meta-analysis. *Global Change Biology* 16, 439–453.
- Lutter, R., Tullus, A., Kanal A., Tullus, T., Tullus, H., 2016. The impact of short-rotation hybrid aspen (*Populus tremula* L. x *P.tremuloides* Michx.) plantations on nutritional status of former arable soils. *Forest Ecology and Management* 362 184–193.
- Makeschin, F., 1994. Effects of energy forestry on soils. *Biomass and Bioenergy* vol. 6, no. 1/2, pp. 63-79.
- Mann, L., & Tolbert, V., 2000. Soil Sustainability in Renewable Biomass Plantings. *Journal of the Human Environment*, 29(8):492-498.
- Moiceanu, G., Paraschiv, G., Voicu, G., Dinca, M., Negoita, O., Chitoiu, M. & Tudor, P. 2019. Energy Consumption at Size Reduction of Lignocellulose Biomass for Bioenergy. *Sustainability*, 11, 2477.
- 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.
- Pellegrino, E., Di Bene, C., Tozzini, C., Bonari, E., 2011. Impact on soil quality of a 10-year-old short-rotation coppice poplar stand compared with intensive agri-

- cultural and uncultivated systems in a Mediterranean area. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 140 245–254
- Rivest, D., Cogliastro, A., Bradley, R., Olivier, A., 2010. Intercropping hybrid poplar with soybean increases soil microbial biomass, mineral N supply and tree growth. *Agroforest Syst* 80, 33–40.
- Rytter, R.-M., 2016. Afforestation of former agricultural land with Salicaceae species – Initial effects on soil organic carbon, mineral nutrients, C:N and pH. *Forest Ecology and Management* 363 21-30.
- 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 declone de plop hibridi: rezultate preliminare. *Bucovina Forestieră* 14(1): 60-67, 2014.
- Sierra, M., Martinez, F.,J., Verde R., Martin, F.,J., Macias, F., 2013. Soil-carbon sequestration and soil-carbon fractions, comparison between poplar plantations and corn crops in south-eastern Spain. *Soil & Tillage Research* 130 1–6.
- Sommer, J., Hartmann, L., Dippold, M., Lamersdorf, N., 2017. Specific Nmin uptake patterns of two widely applied poplar and willow clones for short rotation coppices e Implications for management practices. *Biomass and Bioenergy* 98 236-242.
- Tolbert, V.,R., Todd Jr., D.,E., Manna, L.,K., Jawdy, C.,M., Maysc, D.,A., Malick, R., Bandaranayaked, W., Hustone, A., Tylere, D., Pettry, D.,E., 2002. Changes in soil quality and below-ground carbon storage with conversion of traditional agricultural crop lands to bioenergy crop production. *Environmental Pollution* 116 S97–S106.
- Vintilă, I., Borlan, Z., Borza, I., Tîmbota, I., 1989. Metodologia de stabilire a dozei de azot în funcție de rezerva de azot mineral din profilul solului. *Red. Propaganda Tehnică Agricolă a Ministerului Agriculturii* pp 1-19.
- Zheng, J., Chen, J., Pan, G., Wang, G., Liu, X., Zhang, X., Li, L., Bian, R., Cheng, K., Zheng, J., 2017. A long-term hybrid poplar plantation on cropland reduces soil organic carbon mineralization and shifts microbial community abundance and composition. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.11.017>.
- *** Raport proiect STROMA, 2016. Sustenabilitatea culturilor de specii cu ciclu scurt de producție pe terenuri marginale. Contract USV PN-II-PT-PC-CA-2011-3.2-1574.
- *** Raport contract de cercetare cu „F.E. AGRAR” S.R.L. Nr. 6458.17/26.04.2017 înregistrat la Universitatea ”Ștefan cel Mare” Suceava cu Nr. 6052/05.05.2017 cu titlul: Studiu privind impactul culturilor de plop hibridi asupra proprietăților solului.