

UDK 581.524.3:66.042.86:582.988(497.11 Kostolac)
Originalni naučni rad

JASMINKA DJORDJEVIĆ-MILORADOVIĆ

**PROMENE REPRODUKTNOG NAPORA VRSTE *TUSSILAGO FARFARA*
L. U ZAVISNOSTI OD SUKCESIVNOG STADIJUMA VEGETACIJE NA
DEPONIJAMA PEPELA TERMOELEKTRANA KOSTOLAC**

Viša tehnička škola, Poljoprivredno-prehrambeni odsek, Požarevac

Djordjević-Miloradović, J. (1997): *Changes of reproductive effort of *Tussilago farfara* L. dependent on succession stage of vegetation at coal ash deposits of Kostolac thermoelectric power plants* - Glasnik Instituta za botaniku i botaničke bašte Univerziteta u Beogradu, Tom XXXI, 23-34.

Changes in reproductive efforts I and II of a *Tussilago farfara* L. population growing at coal ash deposits of thermoelectric power plants of Kostolac have been studied during succession of the vegetation. In the early succession stage (1-2 years), reproductive efforts I and II were found to be 14.9% and 11.98%, respectively, while at that time the population was adapted to generative way of reproduction. In the later stage of the succession (8-9 years), reproduction efforts I and II were 5.82% and 5.17%, respectively, and the population was adapted to vegetative way of propagation.

Key words: *Tussilago farfara* L., coal ash, succession of vegetation, reproductive effort I and II.

Ključne reči: *Tussilago farfara* L., pepeo termoelektrana, sukcesija vegetacije, reproduktivni napor I i II

UVOD

Vrsta *Tussilago farfara* L. je široko rasprostranjena u čitavoj Evropi i Aziji, od Britanskih ostrva do Sibira, i od Himalaja na jugu do arktičkog pojasa na severu, dok je u Severnu Ameriku uneta. Raste na najrazličitijim nerazvijenim zemljištima kao pesak, šljunak ili lomljeni krečnjak. Istovremeno se javlja i na razvijenim, fertilnim zemljištima kao korov (Myerscough & Whitehead, 1967). U poslednjih pedeset godina sa narastanjem površina pod deponijama jalovina rudnika posle eksploatacije mineralnih i energetskih sirovina. *Tussilago farfara* L. se redovno javlja kao kolonizator u pionirskim zajednicama na deponijama jalovina (Doubleday, 1974, Kondratjuk & Baklanov, 1980). Javlja se i kao prvi kolonizator na deponijama pepela iz termoelektrana u Engleskoj, Madjarskoj i Jugoslaviji (Hodgson & Townsend, 1973, Szagi *et al.*, 1988, Djordjević-Miloradović, 1991, Djordjević-Miloradović & Stevanović, 1996). Kao prvom kolonizatoru deponija pepela termoelektrana i drugih sličnih "praznih" prostora, stoje mu na raspolaganju svi resursi staništa, koja su svrstana u grupu stresnih staništa (Brown, 1981, Djordjević-Miloradović & Miloradović, 1997). U kasnijim fazama sukcesivnog razvoja zajednica na ovakvim staništima dolazi u kompeticiju sa drugim vrstama, a zatim iščezava. Ova interesantna, rizomatozna i perenska vrsta je bila model za istraživanje energetske alokacije i merenja reproduktivnog napora (Ogden, 1968, Harper & Ogden, 1970, Ogden, 1974) kod viših biljaka. Reproductivni napor je količnik između biomase semena i ukupne biomase izdanka biljke koja plodonosi, izražen u procentima (Harper & Ogden, 1970). Rani radovi Ogden-a (1974) o vrednostima reproduktivnog napora kod *T. farfara* mogu poslužiti kao dobro polazište. Međutim, reproduktivni napor je meren u eksperimentalnim uslovima sa variranjem gustine biljaka i tipa zemljišta. Ogden (1974) smatra da se ova vrsta razmnožava vegetativno, iz rizoma (aseksualno), kao i reproduktivno is semena (seksualno). Izmerio je da je aseksualni reproduktivni napor 4-23 %, dok je seksualni reproduktivni napor 3-8%. Na šire variranje u vrednostima reproduktivnog napora kod *T. farfara* u zavisnosti od staništa ukazuje već Bostock (1980). Deo asimilata koje biljke translociraju u reproduktivne organe varira iz sezone u sezonu, sa gustinom u populaciji, kompeticijom sa populacijama drugih vrsta i sukcesivnom stanjem (Douglas & Werk, 1986). U skladu sa novim shvatanjima o reproduktivnom naporu kod perenskih vrsta razmatrali smo tzv. reproduktivni napor I, deo biomase translociran u semena u odnosu na ukupnu biomasu nadzemnog izdanka i reproduktivni napor II, deo biomase translocirane u semena u odnosu na čitavu biljku (Faliska, 1979, Czarnicka, 1995). Ovaj rad poredi reproduktivni napor I i II *T. farfara* tokom kolonizacije deponija pepela termoelektrana u ranoj fazi kolonizacije (1-2 godine) kada se populacija nalazi u stanju rasta i agregacije kao i kasnom sukcesivnom stanju kada se nalazi u stanju iščezavanja zbog kompeticije sa drugim vrstama (7-8 godina), kao što su *Calamagrostis epigeios* L. i *Phragmites communis* Trin. Cilj istraživanja je da se egzaktnim merenjima produkcije biomase ustanovi preovladjujuća strategija razmnožavanja *T. farfara* kao višegodišnje, zeljaste, rizomatozne vrste u dva različita vremenska perioda jedne sukcesivne zajednice, a koja često ostaje skrivena i nedostupna samo posmatranjem.

MATERIJALI I METODE

Tussilago farfara L. kolonizuje deponije pepela termoelektrana Kostolac (80 km jugo-istočno od Beograda, 44°43 s.g.š. i 21°14 i.g.d) već u prvoj godini posle deponovanja. Pepeo nastao sagorevanjem uglja u Kostolačkim termoelektranama je izuzetno

nepovoljan za rastenje biljaka. Pripada grupi silikatnih pepela sa preovladjujućim sadržajem silicijum-oksida, aluminijum-oksida, oksida gvoždja. Inertan je na dejstvo vode, siromašan u makroelementima, povišene pH vrednosti i podložan eroziji vetrom (Stevanović *et al.*, 1975). Za proučavanje spontane rekolonizacije pepela i sukcesivno obrazovanje vegetacionog pokrivača odabrana je manja deponija ukupne površine oko 8 ha.

Istraživanja su započeta 1989. kada je obeleženo 5 permanentnih površina veličine 100 m². Tokom 1989/90. i 1995/96. praćena je brojnost, klijanje i plodonošenje u lokalnoj populaciji *T. farfara* klasičnim metodama u istraživanju demografije biljaka (Sarukhan & Harper, 1973, Sarukhan, 1974). Uzrasna struktura i prelaz iz jedne ontogenetske faze razvoja u drugu određivana su kombinovano po piktorialnom modelu razvića Ogden-a (1974) i Gatsuk *et al.* (1980). U životnom ciklusu *T. farfara* obradjene su sledeće ontogenetske faze: klijanci (pl), juvenilni (j), imaturni (im) i generativni (g).

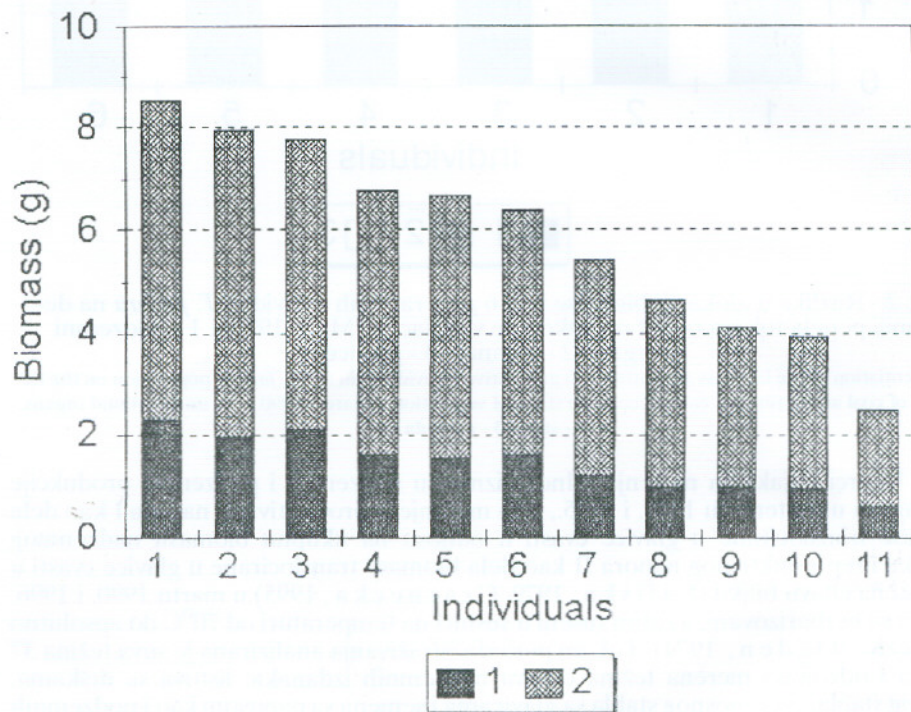


Fig. 1 - Razlike u alokaciji biomase kod 11 vegetativnih individua *T. farfara* na deponiji pepela tokom rane faze sukcesije vegetacije (Septembar, 1989.).

1 - podzemni organi, 2 - nadzemni organi

Differentiation of the biomass allocation in 11 vegetative individuals in the *T. farfara* on the deposit of coal ash during the early successive stage of vegetation (September, 1989.). 1 - underground organs, 2 - aboveground organs.

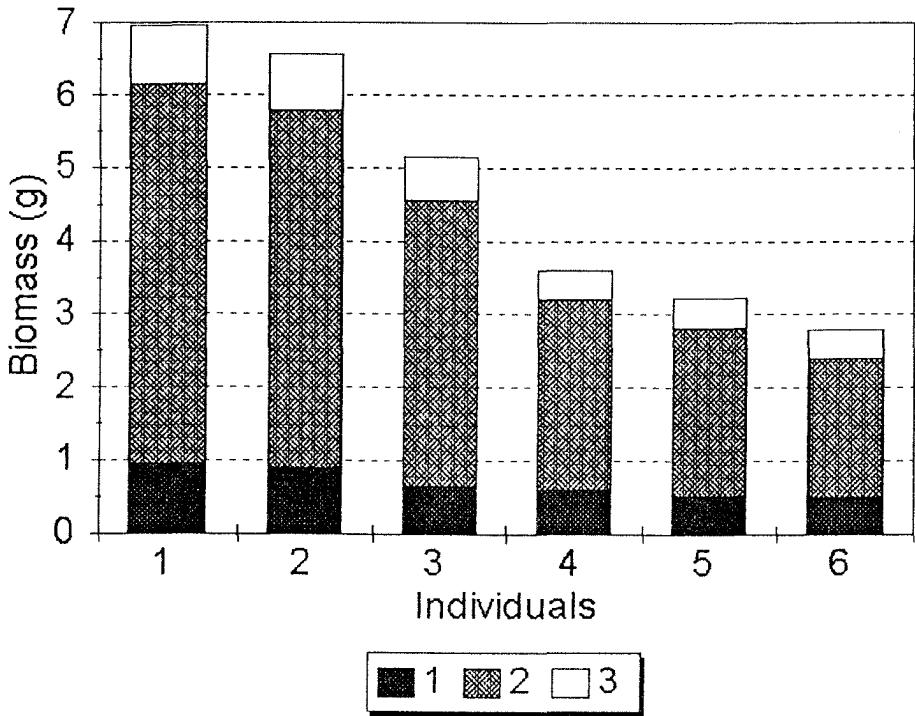


Fig. 2 - Razlike u alokaciji biomase kod 6 generativnih individua *T. farfara* na deponiji pepela tokom rane faze sukcesije vegetacije (Mart, 1990.). 1 - podzemni organi, 2 - izdanak, 3 - glavice

Differentiation of the biomass allocation in 6 generative individuals in the *T. farfara* population on the deposits of coal ash during the early successive stage of vegetation (March, 1990.). 1 - underground organs, 2 - stem, 3 - capitula.

Uzorci biljaka za merenje odnosa između nadzemne i podzemne produkcije uzimani su u septembru 1989. i 1995., a za merenje reproduktivnog napora I kao dela biomase translocirane u glavice cvasti u odnosu na ukupnu biomasu nadzemnog izdanka i reproduktivnog napora II kao dela biomase translocirane u glavice cvasti u odnosu na čitavu biljku (Fališka, 1979, Čarnećka, 1995) u martu 1990. i 1996. Uzorci su herbarizovani, a zatim sušeni u sušnici na temperaturi od 70°C do apsolutno suve težive (Ogden, 1974). Tokom perioda istraživanja analizirana je suva težina 37 uzorka i odvojeno merena težina delova nadzemnih izdanaka: listova sa drškama, kratkog stabla, cvetonosnog stabla sa glavicama i semena sa papusom kao i podzemnih delova: korena i rizoma sa vegetativnim pupoljcima. Izmeren je odnos između biomase nadzemnih i podzemnih delova biljaka na 11 uzoraka uzetih u septembru mesecu 1989. i 13 uzoraka uzetih u septembru mesecu 1995. (Kvent *et al.*, 1971, Abramson & Gadgil, 1973). Na uzorcima biljka iz marta meseca 1990. (n=6) i 1996. (n=7) analiziran je reproduktivni napor I i II. Svi rezultati merenja su obradjeni standardnim statističkim metodama (srednja vrednost, standardno odstupanje od srednje vrednosti, minimalna i maksimalna vrednost, varijansa) (Pap *et al.*, 1989).

Tab. 1 - Biomasa vegetativnih individua u populaciji T. farfara na deponiji pepela tokom rane faze sukcesije vegetacije (Septembar, 1989.)

Biomass of vegetative individuals in the *T. farfara* population on the deposit of coal ash during the early stage of vegetation (September, 1989.)

Karakteristika (Features)	Srednja vrednost (Mean)	SE*	SD ⁺	V ¹	Min. ^{''}	Max. [#]
Podzemni deo biomase, (g) (Underground parts biomass, g)	1.4445	0.1626	0.5303	0.2909	0.6	2.31
Nadzemni deo biomase, (g) (Aboveground parts biomass, g)	4.4327	0.4183	1.3875	1.9251	1.89	6.23
Ukupna biomasa, (g) (Total biomass, g)	5.8773	0.5523	1.9144	3.6649	2.49	8.54
Nadzemna biomasa/podzemna biomasa (Aboveground biomass/Underground biomass)	3.1319	0.0885	0.2936	0.0862	2.6904	3.65

* SE-standardno odstupanje od srednje vrednosti, ⁺ SD-standardna devijacija, V-varijansa, ^{''}Min.-minimlna izmerena vrednost, [#] Max-maksimalna izmerena vrednost

*Tab. 2 - Biomasa generativnih individua u populaciji T. farfara na deponiji pepela tokom rane faze sukcesije vegetacije (Mart, 1990.) gde je *Reproduktivni napor I (%) - stopa biomase glavica u biomasi nadzemnog izdanka, a Reproduktivni napor II (%) - stopa biomase glavica u ukupnoj biomasi.*

Biomass of generative individuals in the *T. farfara* population on the deposit of coal ash during the early stage of vegetation (March, 1990.) where are *Reproductive effort I (%) - ratio of biomass of capitula to biomass of aboveground parts and Reproductive effort II - ratio of biomass of capitula to total biomass

Karakteristika (Feature)	Srednja vrednost (Mean)	SE*	SD ⁺	V ⁺	Min. ^{''}	Max. [#]
Podzemni deo biomase (g) (Underground parts biomass, g)	0.6850	0.0802	0.1965	0.0386	0.49	0.96
Biomasa izdanka (g) (Stem biomass, g)	3.4683	0.5712	1.3992	1.9580	1.95	5.21
Biomasa glavica (g) (Capitula biomass, g)	0.5633	0.0783	0.1920	0.0368	0.41	0.82
Nadzemna biomasa (g) (Aboveground biomass, g)	4.0866	0.6513	1.5953	2.5452	2.35	6.06
Ukupna biomasa (g) (Total biomass, g)	4.7716	0.7291	1.7861	3.1902	2.84	6.06
Nadzemna biomasa/podzemna biomasa (Abovegr. biomass/underground biomass)	5.8301	0.3345	0.885	0.783	4.7959	7.01
*Reproduktivni napor I (%) (Reproductive effort I, %)	14.09	0.62	1.52	0.02	13.11	17.02
Reproduktivni napor II (%) (Reproductive effort II, %)	11.98	0.45	1.11	0.01	10.92	14.08

* SE-standardno odstupanje od srednje vrednosti, ⁺ SD-standardna devijacija, V-varijansa, ^{''}Min.-minimalna izmerena vrednost, [#] Max-maksimalna izmerena vrednost

REZULTATI

Vrsta *T. farfara* se pojavljuje već u prvoj godini obrazovanja vegetacije na deponijama pepela TE (Djordjević-Miloradović 1991, Djordjević-Miloradović & Stevanović, 1996). Tokom prve godine istraživanja (1989.) na permanentnim površinama javlja se sa učestalošću 3-146 jedinki/100 m². Maksimalnu brojnost jedinki pokazuje u septembru mesecu, jer tada postoje klijanci iz semena i izdanci iz rizoma. Već druge godine istraživanja brojnost u populaciji se naglo povećava, gustina varira od 27-555 jedinki/100 m², a populacioni rast je pozitivan (trenutna stopa rasta 4.62). Prateći životni ciklus *T. farfara* na deponiji pepela i upoređujući ga sa drugim rezultatima, otkriveno je da krajem druge ili treće godine raste, izvestan broj jedinki ulazi u imaturnu fazu i obrazuje 2-6 generativnih pupoljaka. Obrazovanje generativnih pupoljaka je u funkciji veličine rozete kao dela nadzemne biomase i veličine rizoma i korena kao dela podzemne biomase. Zbog toga je u prvoj godini (1989.) izvršeno merenje biomase u septembru mesecu kada, je prema fenološkim osmatranjima, *T. farfara* dosigla maksimalni rast (Tab. 1, Fig. 1). Izmereno je da prosečna totalna biomasa po individui iznosi 5.8773 g, a da je nadzemna biomasa u odnosu na podzemnu 3,1 puta veća. Dalje, do obrazovanja generativnih pupoljaka i

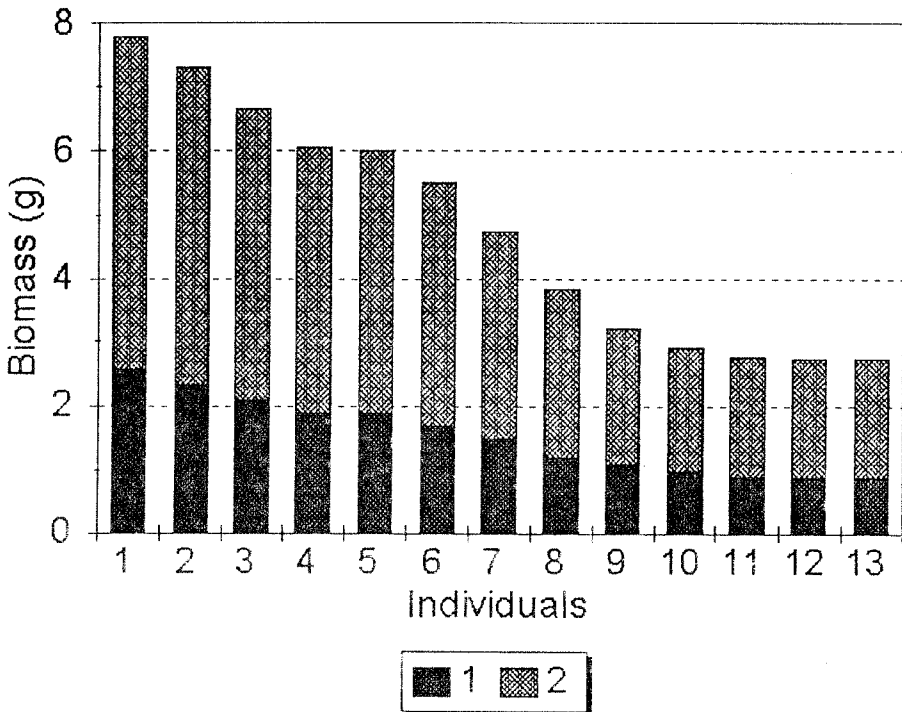


Fig. 3 - Razlike u alokaciji biomase kod 13 vegetativnih individua *T. farfara* na deponiji pepela tokom kasne faze sukcesije vegetacije (Septembar, 1995.).
1 - podzemni organi, 2 - nadzemni organi

Differentiation of biomass allocation in 13 vegetative individuals in the *T. farfara* on the deposit of coal ash during the late successive stage of vegetation (September, 1995). 1 - underground organs, 2 - above-ground organs.

Tab. 3 - Biomasa vegetativnih individua u populaciji *T. farfara* na deponiji pepela tokom kasne faze sukcesije vegetacije (Septembar, 1995.)

Biomass of vegetative individuals in the *T. farfara* population on the deposit of coal ash during the late stage of vegetation (September, 1995.)

Karakteristika (Feature)	Srednja Vrednost (Mean)	SE ⁺	SD ⁺	V+	Min. ^{..}	Max. [#]
Podzemna biomasa (g) (Underground parts biomass, g)	1.5269	0.1644	0.5929	0.3515	0.87	2.56
Nadzemna biomasa (g) (Aboveground parts biomass, g)	3.2638	0.3527	1.2716	1.6172	1.88	5.23
Ukupna biomasa (g) (Total biomass, g)	4.7907	0.5166	1.8627	3.4697	2.75	7.79
Nadzemna biomasa/podzemna biomasa (Abovegr. biomass/undergr. biomass)	2.1343	0.0236	0.0851	0.0072	1.9181	2.2352

⁺ SE-standardno odstupanje od srednje vrednosti, ⁺ SD-standardna devijacija, V-varijansa, ^{..}Min.-minimilna izmerena vrednost, [#]Max-maksimalna izmerena vrednost

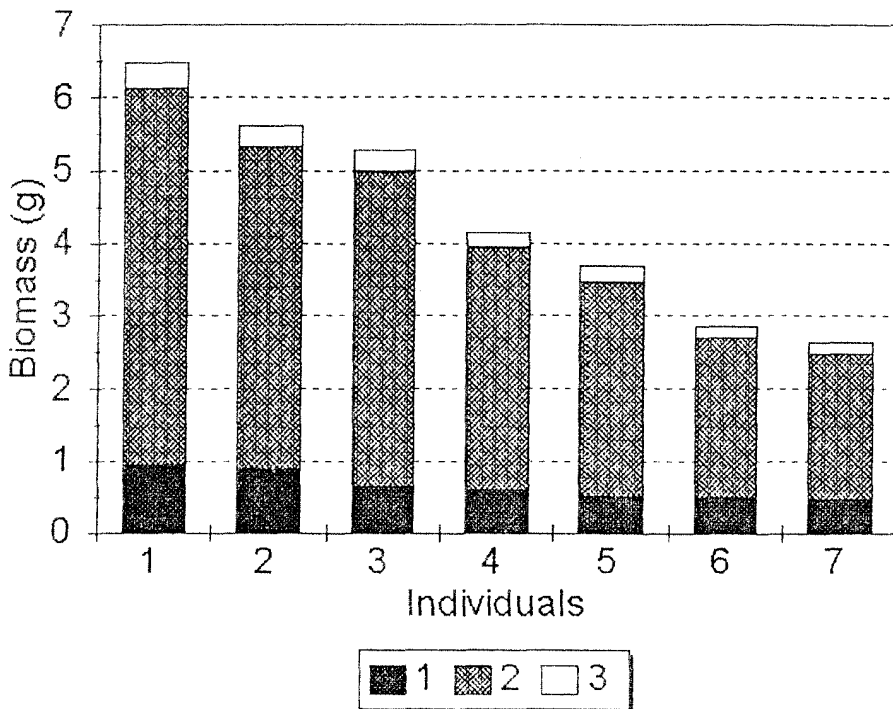


Fig. 4. - Razlike u alokaciji biomase kod 7 generativnih individua *T. farfara* na deponiji pepela tokom kasne faze sukcesije vegetacije (Mart, 1996.). 1 - podzemni organi, 2 - izdanak, 3 - glavice

Differentiation of the biomass allocation in 7 generative individuals in the *T. farfara* population on the deposits of coal ash during the early successive stage of vegetation (March, 1996.). 1 - underground organs, 2 - stem, 3 - capitula.

prelaska u generativnu fazu u trećoj godini razvoja dolazi kod jedinki koje razvijaju rozetu sa 8-12 listova. Jedinke sa minimalnom nadzemnom biomasom od 5.1123 g i podzemnom od 1.5645 g ustanovljene su u drugoj godini razvoja. Ova veličina nadzemne biomase (rozete) je kritična za prelazak *T. farfara* iz imaturne u generativnu fazu u ranoj fazi sukcesije vegetacije. U martu 1990. izvršeno je merenje cvetajućih jedinki *T. farfara* (n=6). Ustanovljeno je da krajem februara meseca iz generativnih pupoljaka, iz osnove izdanka izbijaju 2-6 cvetonosnih stabala, obraslih ljuspastim listovima bele ili ljubičaste boje. Visina cvetonosnog stabla varira od 17-28 cm. Prosečna biomasa cvetonosnih stabala, bez glavice je 3.4683 g (Tab. 2). Na njemu se obrazuje jedna glavica čija je prosečna težina 0.2 g. Na slici 2 vide se razlike u alokaciji biomase kod cvetalih individua *T. farfara* iz marta 1990. (n=6). Cvetanje traje šest, a sazrevanje semena 2 nedelje. Produkuje se u proseku 102 semena po cvasti ili 404-612 po biljci. Semena su veoma sitna sa dugim papusom od svilenih dlačica. Razlika između biomase čitave glavice i zrelih semena je zanemarljiva i iznosi oko 0.01 g. Prosečna težina semena je 1.9 mg. Reproductivni napor I u ranoj fazi kolonizacije je 14.09 %, a reproductivni napor II je 11.98 %, što predstavlja veću vrednost reproductivnog napora u odnosu na druge višegodišnje, zeljaste vrste.

Tab. 4. - Biomasa generativnih individua u populaciji *T. farfara* na deponiji pepela tokom kasne faze sukcesije vegetacije (Mart, 1996.) gde je *Reproductivni napor I (%) - stopa biomase glavica u biomasi nadzemnog izdanka, a Reproductivni napor II (%) - stopa biomase glavica u ukupnoj biomasi.

Biomass of generative individuals in the *T. farfara* population on the deposit of coal ash during the late stage of vegetation (March, 1996.) where are *Reproductive effort I (%) - ratio of biomass of capitula to biomass of aboveground parts and Reproductive effort II - ratio of biomass of capitula to total biomass

Karakteristika (Feature)	Srednja vrednost (Mean)	SE*	SD+	V ⁺	Min. [»]	Max. [#]
Podzemni deo biomase (g) (Underground parts biomass, g)	0.6557	0.0738	0.1954	0.0381	0.48	0.96
Biomasa izdanka (g) (Stem biomass, g)	3.3098	0.4336	1.2265	1.5043	2.01	5.1687
Biomasa glavica (g) (Capitula biomass, g)	0.2311	0.0294	0.0778	0.0060	0.14	0.35
Nadzemna biomasa (g) (Aboveground biomass, g)	3.9098	0.4404	1.1654	1.3582	2.41	5.5787
Ukupna biomasa (g) (Total biomass, g)	4.4369	0.5512	1.4585	2.1275	2.68	6.5387
Nadzemna biomasa/podzemna biomasa (Abovegr. biomass/underground biomass)	5.9876	0.3345	6.8850	0.7833	4.9183	7.26
*Reproductivni napor I (%) (Reproductive effort I, %)	5.82	0.11	0.29	886.69	5.28	62.73
Reproductivni napor II (%) (Reproductive effort II, %)	5.17	0.10	0.27	760	4.82	5.63

* SE-standardno odstupanje od srednje vrednosti, ⁺ SD-standardna devijacija, V-varijansa, Min.-minimalna izmerena vrednost, [#] Max-maksimalna izmerena vrednost

U kasnijoj fazi sukcesivnog razvoja vegetacije na deponiji pepela termoelektrana, demografska situacija se menja u lokalnoj populaciji *T. farfara*. Zbog opšteg povećanja brojnosti i pokrovnosti drugih kolonizatora (*Calamagrostis epigeios* L., *Phragmites communis* Trin. i dr.), *T. farfara* je u subdominantnom položaju, rasprostire se u obliku izolovanih facijesa u centralnim delovima deponije ili u zajednici sa pomenutim vrstama. Brojnost u populaciji je 8-11 jedinki/m², a neto stopa populaciskog rasta 0.97, tj. populacija pokazuje tendenciju negativnog rasta ili opadanja. Zbog toga je u septembru 1995. prosečna biomase po jedinki 4.7907 g. Menja se i koločnik nadzemne i podzemne biomase, koji je sada 2.1 (Fig. 3). Krajem sezone 1995. izvestan broj jedinki sa prosečno većom nadzemnom biomasom od 3.2638 g obrazuje generativne pupoljke (Tab. 3). U martu 1996. cveta izvestan broj jedinki, koje prosečno daju 2-5 cvetonosnih stabala. Prosečna težina cvetonosnih stabala je manja nego u ranoj fazi sukcesije i iznosi 0.9 g, a poznato je da manje jedinke produkuj u i manje semena, tako da je prosečna težina glavica 0.07 g, sa prosečno 39 semena, odnosno 78-195 po jedinki. U ovoj fazi sukcesije menjaju se i vrednosti reproduktivnog napora, tako da je reproduktivni napor I 5.82 %, a reproduktivni napor II je 5.17 % (Tab. 4; Fig. 4).

DISKUSIJA

Prema generalnoj šemi koju daje Harper (1977) o vrednostima reproduktivnog napora kod različitih biljnih grupa *T. farfara* sa istraženim vrednostima od 3-8 % (Ogden, 1974) i 5.82-14.9 % (Tabs. 2 i 4) pripada nesumljivo grupi višegodišnjih zeljastih biljaka koje se razmnožavaju vegetativno ili kloniraju. Izmerena vrednost prosečne težine semena od 1.9 mg samo potvrđuje pripadnost *T. farfara* grupi biljaka sa vegetativnim razmnožavanjem. Međutim, prihvatiti vrednosti reproduktivnog napora kod *T. farfara* kao karakteristiku vrste ili dela njenih populacija znači mehanicistički ili statički pristupiti problemu razmatranja one fiksne količine asimilata translocirane u semena koju smo označili kao reproduktivni napor. Druga istraživanja govore da pravila u ponašanju i adaptaciji biljaka u pogledu reproduktivnog napora gotovo ne postoje. Tako su Waite & Hutchings (1982) konstatovali za jednu pravu perenu kao što je *Plantago coronopus* L. mere za reproduktivni napor od 32.9-47.6 %, dok je Fowler (1984) za jednogodišnju, zeljastu vrstu *Linum grandiflorum* L. odredio reproduktivni napor od 7.4-12.1 %. Novija shvatanja o reproduktivnom naporu kod biljaka (Douglas & Wark 1985) stalno potenciraju da je to samo jedna adaptivna karakteristika u populaciji neke vrste koja zavisi od takvih faktora kao što su gustina, kompeticija, resursni nivo i sukcesivno stanje. Promene u reproduktivnom naporu kod *T. farfara* tokom dva različita sukcesivna stanja mogu da posluže boljem razumevanju mehanizama adaptabilnosti ove interesantne i osobene rizomatozne vrste. Kod *T. farfara*, kao i kod drugih višegodišnjih, zeljastih vrsta, cvetanje i plodonošenje zavise od uslova rastenja u predhodnoj godini. Zato je radi odredjivanja reproduktivnog uspeha merena biomasa u septembru mesecu predhodne sezone. U ranoj sukcesivnoj fazi kada su uslovi za rastenje *T. farfara* izuzetno povoljni, veće vrednosti reproduktivnog napora (14.09 i 11.98 %) ukazuju da je adaptiranost populacije usmerena više ka seksualnoj reprodukciji, više nego ka vegetativnoj ili aseksualnoj reprodukciji. Posle samo pet godina populacija *T. farfara* se nalazi u subdominantnom položaju u sukcesivnoj zajednici suočena sa kompeticijom drugih vrsta. U tako kratkom vremenskom periodu uslovi rastenja i plodonošenja su se izmenili, a raspoloživi nivo resursa za *T. farfara* smanjio. Zbog toga je prosečna totalna

biomasa po biljci u septembru mesecu 1995. manja, a vrednosti reproduktivnog napora 5.82 %, odnosno 5.17 %. Populacija *T. farfara* u kasnoj fazi sukcesije se adaptirala ka vegetativnom ili aseksualnom načinu razmnožavanja. Uopšteno rečeno, višegodišnje, zeljaste vrste pokazuju variranje u vrednostima reproduktivnog napora. Njihov reproduktivni napor je kompleksni izraz ili sveobuhvatni parametar reprodukcije i preživljavanja (Giese i Sel, 1976, Wilson, 1983). Moguće je da je reproduktivni napor koji izmerimo samo neka srednja vrednost izmedju najmanje moguće vrednosti i 100% vrednosti, tj. potpune translokacije svih asimilata u reproduktivne ograde (Gadgil & Bossert 1976). Ako je reprodukcija biljaka primarno u korelaciji sa veličinom izdanka kao što navodi Werner (1975), onda je analiza reproduktivnog napora relativno jednostavna. Izvršena merenja reproduktivnog napora su pokazala da se *T. farfara* nalazi na prelazu izmedju monokarpnih jednogodišnjih ili višegodišnjih biljaka i polikarpnih višegodišnjih vrsta. U ranoj fazi sukcesivnog razvoja vegetacije na deponijama pepela *T. farfara* se adaptira slično prvoj, monokarpnoj grupi biljnih vrsta, a u kasnoj razi sukcesije slično drugoj, polikarpnoj grupi.

ZAKLJUČAK

Vrsta *T. farfara* se pojavljuje u prvoj godini sukcesivnog obrazovanja vegetacije na deponijama pepela termoelektrana. U septembru mesecu 1989. *T. farfara* dostiže maksimalni rast, a izmerena je totalna biomasa po individui od 5.8773 g. Nadzemna produkcija biomase u odnosu na podzemnu 3.1 puta je veća. Reproductivni napor I, u martu 1990. je 14.09 %, a reproduktivni napor II je 11.98 %, što se karakteriše kao viša vrednost u odnosu na druge višegodišnje, zeljaste vrste. U kasnijoj fazi sukcesivnog razvoja vegetacije na deponiji pepela termoelektrana *T. farfara* je u subdominatnom položaju. U septembru 1995. prosečna biomasa po jedinki je 4.7907 g., a odnos nadzemne i podzemne biomase je sada 2.1. U kasnijoj fazi sukcesije reproduktivni napor I je 5.82 %, a reproduktivni napor II 5.17 %. Prema proporcionalnoj alokaciji asimilata u reproduktivne ograde sa veličinom, *T. farfara* se nalazi na prelazu izmedju vrsta sa jednogodišnjim ili višegodišnjim životnim ciklusom, koje su monokarpne, i vrsta sa višegodišnjim životnim ciklusom, koje su polikarpne. U ranoj fazi sukcesivnog razvoja vegetacije na deponijama pepela *T. farfara* se adaptira slično prvoj, monokarpnoj grupi biljnih vrsta, a u kasnoj fazi sukcesije slično drugoj, polikarpnoj grupi.

LITERATURA

- Abramson, W. & Gadgil, M. (1973): Growth form and reproductive effort in goldenrods (*Solidago, Compositae*). - *Am. Nat.* 107: 651-661
- Bostock, S. (1980): Variation in reproductive allocation in *Tussilago farfara* L. - *Oikos* 34: 359-363.
- Brown, J.H. (1981): Two decades of homage to Santa Rosalia: Toward a general theory of diversity. - *Am. Zoologist* 21: 877-888.
- Czarnecka, B. (1995): Biologia i ekologia izolowanych populacji *Senecio rivularis* (Waldst. et Kit.) DC. i *Senecio umbrosus* Waldst. et Kit. - Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin.
- Djordjević-Miloradović, J. (1991): Spontano obrastanje pepela TE i jalovine s površinskih kopova uglja u Kostolačkom basenu. Savetovanje: Ekonomske, ekološke i druge posledice izgradnje energetskih kapaciteta na području Požarevca. - Kostolac. Knjiga II: 97-102.
- Djordjević-Miloradović, J. & Stevanović, V. (1996): Vegetation succession dynamics on the deposits of coal ash. - *Ekologija* 32(2). *In press*.

- Djordjević-Miloradović, J. & Miloradović, M. (1997): Efekat kopmeticije na promene diverziteta tokom primarne sukcesije vegetacije na deponijama pepela Kostolac. - *Ekologija*. In press.
- Doubleday, G. (1974): The reclamation of land of coal mining. - *Outlook on Agric.* 8: 156-162.
- Douglas, S. & Kenneth, W. (1986): Size-dependent effects in the analysis of reproductive effort in plants. - *Am. Nat.* 127: 667-680.
- Faliska, K. (1979): Eksperimental studies of the reproductive strategy of *Caltha palustris* L. population. - *Ekol. Pol.* 27: 527-543.
- Fowler, N. (1984): The role of germination date, spatial arrangement, and neighborhood effects in competitive interactions in *Linum*. - *J. Ecol.* 72: 307-318.
- Gadgil, M. & Bossert, W. (1970): Life historical consequences of natural selection. - *Am. Nat.* 104: 1-24.
- Gatsuk, L., Smirnova, O., Vorontzova, L., Zaugolnova, L. & Zhukova, L. (1980): Age states of plants of various growth forms; A review. - *J. Ecol.* 68: 675-696.
- Giesel, J. (1976) Reproductive strategies adaptation to life in temporally heterogeneous environments. - *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 7: 57-79.
- Harper, J. & Ogden, J. (1970): The reproductive strategy of higher plants: I The concept of strategy with special reference to *Senecio vulgaris* L. - *J. Ecol.* 50 (3): 681-698.
- Harper, J. (1977): *Population Biology of Plants*. - Academic Press, London.
- Hodgson, D. & Townsard, W. (1973): The amelioration and revegetation of pulverized fuel ash. In *The Ecology and Reclamation of Devasted Land* (Hutnik & Davis, eds). - London.
- Kondratjuk, E. & Baklanov, V. (1980): Zakonomernosti formirovanija ekologičeskijh uslovi na teritorijah narušenih otvalami ugljonihi šaht Ukrajinskoj SSR. 7. - Meždunarodnij simpozium "Rekuljivacija landsaftov, narušenih promišljenaj dejatel'nostju." Katowice. Tom 1: 148-160.
- Kvent, J., Ondok, J., Načas, J. & Jarvis, P. (1971): Methods of growth analysis. In *Plant Photosynthetic Production* (Z. Šestak, J. Častsky, & P. Jarvis, eds). - *Manual of Methods*. Junk, The Hague, 343-391.
- Mayersepough, P. & Whitehed, F. (1965): Comparative biology of *Tussilago farfara* L., *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., *Epilobium montanum* L. and *Epilobium adenocaulon* Hausskn. - *New Phytol.* 66: 785-823.
- Ogden, J. (1968): Studies on reproductive strategy with particular reference to selected Composites. - Ph. D. Thesis, University of Wales.
- Ogden, J. (1974) The reproductive strategy of higher plants. II The reproductive strategy of *Tussilago farfara* L. - *J. Ecol.* 62 (1): 291-324.
- Pap, E., Šešelja, B. & Takači, A. (1989): *Matematika za biološke smerove*. III izdanje. - Institut za matematiku. Novi Sad.
- Sarukhan, J. (1974): Studies on plant demography: *Ranunculus repens* L., *R. bulbosus* L. and *R. acris* L. II. Reproductive strategies and seed population dynamics. - *J. Ecol.* 62 (1): 151-177.
- Sarukhan, J. & Harper, J. (1973): Studies of plant demography: *Ranunculus repens* L., *R. bulbosus* L. and *R. acris* L. I. Population flux and survivorship. - *J. Ecol.* 61 (3): 675-716.
- Stojanović, D., Bogdanović, M. & Rastović, A. (1975): Deposits of the pulverized fuel ash as a substrate for plant growth. - *Zemljište i biljke* 24: 163-166.
- Szagi, J., Otah, J., Fekete, G., Halsz, T., Vrallyay, G. & Bartha, S. (1988): Recultivation of the Spoil Banks Created by Open-Cut Mining Activities in Hungary. - *Ambio* 17(2): 137-143.
- Waite, S & Hutchings, M. (1982): Plastic energy allocation patterns in *Plantago coronopus*. - *Oikos* 38: 333-342.
- Werner, P. (1985): Predictions of fate from rosette size in teasel (*Dipsacus fullonum* L.). - *Oecologia* 20: 197-211.
- Willson, M. (1983): *Plant reproductive ecology*. - Wiley, New York.

S u m m a r y

JASMINKA DJORDJEVIĆ-MILORADOVIĆ

**CHANGES IN REPRODUCTIVE EFFORT OF *TUSSILAGO FARFARA* L.
DEPENDENT ON SUCCESSION STAGE OF VEGETATION AT COAL ASH
DEPOSITS OF KOSTOLAC THERMOELECTRIC POWER PLANTS**College of Engineering, Department of Agricultural Science, 12000 Požarevac,
Yugoslavia

The species *T. farfara* occurs regularly as a colonizer in pioneer communities at deposits of mines representing the sources of energetic or mineral raw materials (Doubleday, 1974, Kondratjuk & Baklanov, 1980). This species has been found to be the first colonizer at coal ash deposits of thermoelectric power plants in England, Hungary and Yugoslavia (Hodgson & Townsend, 1973, Szagi *et al.*, 1988, Djordjević-Miloradović, 1991, Djordjević-Miloradović & Stevanović, 1996). As a primary colonizer, it has at its disposition all resources of a habitat classified in the group of stressful habitats (Brown, 1981, Djordjević-Miloradović & Miloradović, 1996). During the later stages of successive development of communities at such habitats, this plant species is confronted with other competing species to completely disappear in the end.

This interesting, rhizomatous and perennial species served as a model for energetic allocation and measurements of reproductive efforts in higher plants (Ogden, 1968, Harper & Ogden, 1970, Ogden, 1974). Reproductive effort represents a ratio of seed biomass and total shoot biomass of a fruiting plant and is expressed in percents (Harper & Ogden, 1970). The aim of the present study was to establish a strategy of reproduction of *T. farfara* as a perennial, herbaceous, rhizomatous species in two different time periods of a successive community (an early stage 1989/1990 and a late stage 1995/1996) by precise measurements of biomass production.

In September, 1989, *T. farfara* reached a maximum growth and total biomass *per* individual made 5.8773 g, *i.e.* aboveground production exceeded the underground one 3.1 times. In March, 1990, reproductive efforts I and II were 14.09% and 11.98%, respectively, representing higher reproductive effort values in relation to other perennial, herbaceous plant species. During the later stage of successive development of vegetation at the coal ash deposits of the thermoelectric power plant, *T. farfara* occupied a subdominant position. In September, 1995, an average biomass *per* individual made 4.7907 g, and the ratio of the above- and underground biomass was 2.1. During the succession stage, reproductive efforts I and II were 5.81% and 5.17%, respectively. According to the model of proportional allocation of the assimilate into the reproductive organs, *T. farfara* occurs at the transition point between monocarpous species with annual or perennial life cycle and polycarpous ones with perennial life cycle. During the early stage of successive development of the vegetation at coal ash deposits, the adaptation of *T. farfara* is similar to that of monocarpous plant species, while in the late succession stage it resembles more that of polycarpous plant group.