

**UNOS OLOVA U ŠUME HRVATSKE TE NJEGOV UTJECAJ
NA USPIJEVANJE CRNOG BORA (*Pinus nigra* Arn.)
I HRASTA KITNJAKA (*Quercus petraea* Lib)**

**LEAD INTAKE IN THE FORESTS OF CROATIA AND ITS EFFECT
ON THE GROWTH OF BLACK PINE (*Pinus nigra* Arn.) AND THE SES-
SIBLE OAK (*Quercus petraea* Lib)**

N. Komlenović

SAŽETAK

Olovo se u naše šumske ekosustave najviše unosi zrakom iz suhих i vlažnih depozicija te onečišćenim poplavnim vodama. U pokusima u rasadniku tetraetil olovo negativno je utjecalo na rast biljaka crnog bora i hrasta kitnjaka za razliku od olovnog nitrata koji nije pokazao takvo djelovanje. U tretiranjima s tetraetil olovom snizile su se koncentracije kalcija, mangana i cinka u asimilacijskim organima proučavanih vrsta drveća. Izrazito negativno utjecalo je olovo na sadržaj klorofila "a" i "b" te karatenoida. Primjena CaCO₃ ublažila je sniženje koncentracija ovih pigmenata u iglicama crnog bora.

Ključne riječi: šumski ekosustavi, Hrvatska, unos olova, tetraetil olovo, olovni nitrat, štetni utjecaj, *Pinus nigra*, *Quercus petraea*.

UVOD

Golemi istraživački interes M. Gračanina nije mogao zaobići niti ekološko značenje stimulativnih i nocidnih faktora. U svom djelu i djelu Ilijanića "Uvod u ekologiju bilja" (1975) posvetio je problemu olova i drugih faktora posebno poglavlje. O tome Gračanin piše i znatno ranije (Gračanin 1955).

Iako je od tada prošlo dugo vremensko razdoblje njegovo shvaćanje ove problematike stalno se potvrđuje u brojnim radovima i još je i danas aktualno.

O teškim metalima, posebno olovu, s gledišta propadanja šuma puno je napisano. Unatoč tome njegovo štetno djelovanje još uvijek nije do kraja

razjašnjeno. Posebno malo podataka ima o utjecaju olova na fiziološke procese kod šumskog drveća (Godbold 1991). U ovom radu iznose se podaci o glavnim putovima unosa olova u naše šumske ekosustave, a daju se i prvi rezultati naših pokusa u kojima se istražuje utjecaj tetraetil olova i olovnog nitrata na uspijevanje biljaka hrasta kitnjaka i crnog bora.

METODE RADA

Za određivanje sadržaja olova uzorci tla uzimani su iz prvih 0-5 cm humusno akumulativnog horizonta te ekstrahirani s 2 N - HCl prema metodi Brüne i Ellinghaus (1981). Iz ekstrakta je olovo određeno metodom atomske apsorpcijske spektrofotometrije. Za pokus hrasta kitnjaka i crnog bora Bosnplast kontejneri su punjeni mješavinom distričnog smeđeg tla i pijeska (omjer 3:1) sa sljedećim tretiranjima:

1-netretirano, 2-NPK-tretiranje, zatim 3- NPK + 100 mg Pb u obliku tetraetil olova /kg tla, 4-NPK + 1000 mg Pb u obliku tetraetil olova /kg tla, 5-NPK + 1000 mg Pb u obliku tetraetil olova /kg tla + 6 g CaCO₃/kg tla, 6-NPK + 1000 mg Pb u obliku olovnog nitrata /kg tla. U tablicama 1 i 2 prikazuju se podaci o kemijskim svojstvima supstrata.

Tablica 1 Kemijska svojstva supstrata

pH		AL-		Humus	Ukupni N	C : N
		P ₂ O ₅ · K ₂ O		%		
H ₂ O	n-KCl	mg/100g				
6,4	6,0	3,3	13,9	3,9	0,18	12,6

Tablica 2 Koncentracije olova i mikroelemenata u supstratu (mg/kg*)

Pb		Cu		Zn		Fe		Mn	
61	40	35	17	98	26	19,372	2,655	664	306

Prva vrijednost dobivena je ekstrakcijom s aqua regia, druga ekstrakcijom s 2 NHCl.

Pokus je postavljen s 4 ponavljanja. Na kraju prve vegetacijske sezone izmjerene su visine i promjeri biljaka, te uzeti i analizirani uzorci lišća hrasta. Praćenje pokusa s crnim borom nastavljeno je još jednu godinu. Sve kemijske analize

uzoraka tla te analize elemenata prehrane u biljnom materijalu provedene su u Laboratoriju Odjela za ekologiju Šumarskog instituta Jastrebarsko. Analize pigmenta provedli su dr. M. Wrischer i dr. N. Ljubešić u Institutu "Ruđer Bošković".

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Unos olova u šumske ekosustave Hrvatske

Olovo su u naše šumske ekosustave najviše unosi preko zraka iz suhih i mokrih depozicija te onečišćenim poplavnim vodama. Vlastitim istraživanjima provedenim u 18 bukovih sastojina, počev od Đakova pa do Senjske drage, utvrdili smo značajno više koncentracije olova uz pridanak stabala (mikrostanište) nego na poredbi (makrostanište), (slika 1). To se objašnjava činjenicom što se niz debela bukovih stabala slijeva višestruko više oborinske vode nego podalje od debala. Ukoliko je oborinska voda onečišćena olovom, onda se to mora odraziti i u višim njegovim koncentracijama u tlu mikrostaništa.

Pored daljinskog transporta, olovo pridolazi u naše šume i iz lokalnih izvora. Tako smo u prosječnim uzorcima tla sakupljenim u 11 kultura crnog bora na području zapadne Istre, okolici Pule, središnje Istre i otoka Cresa utvrdili da se koncentracija olova kretala između 40 i 80 ppm sa srednjom vrijednošću od 61 ppm. U pet kultura crnog bora u istočnoj Istri (okolica Plomina) sadržaj olova bio je između 100 i 124 ppm s prosječnom vrijednošću od 107 ppm (Komlenović i sur. 1990). Taj podatak upućuje na zaključak da ugalj koji je koristila TE Plomin nema samo visok sadržaj sumpora, već i dosta olova (tablica 3).

Tablica 3 Koncentracije olova u prvih 5 cm humusnoakumulativnog horizonta tla u kulturama crnog bora u Istri i na Cresu.

Regionalna lociranost	Naziv lokacije	Nadmorska visina (m)	Naziv tla	Pb mg/kg	S %
Zapadna Istra	Novigrad	60	Rendzina karbon. na pjeskov. vapnencu	80	0,098
	Fuškulin	65	Kalkokambisol plitki	66	0,076
	Kaštel	145	Kalkokambisol plitki	70	0,107
Okolica Pule	Pula	40	Antropogenizirana crvenica	70	0,083

Nastavak na sljedećoj stranici

N. Komlenović: Unos olova u šume Hrvatske te njegov utjecaj na uspijevanje crnog bora i hrasta kitnjaka

Regionalna lociranost	Naziv lokacije	Nadmorska visina (m)	Naziv tla	Pb mg/kg	S %
Središnja Istra	Trviž	360	Kalkokambisol srednje duboki	60	0,062
	Oprtalj	360	Crvenica srednje duboka	56	0,066
	Kras	380	Crvenica srednje duboka	60	0,068
	Lesiščina	350	Rendzina karb. na laporu	40	0,035
	Manjadvorci	210	Crvenica srednje duboka	52	0,037
Otok Cres	Merag	290	Rendzina karb. na mekom vapnencu	69	0,034
	Belej	120	Rendzina karb. na dolomitu	47	0,036
Sredina:				61	0,073
Istočna Istra (okolina Plomina)	Kršan	145	Kalkokambisol srednje dub.	100	0,193
	Vozilići	110	Kalkokambisol plitki	100	0,147
	Golji	280	Crvenica srednje duboka	110	0,135
	Ripenda	473	Kalkomelanosol organomineralni	124	0,147
	Šušjevica	70	Kalkokambisol sred. duboki	100	0,153
Sredina:				107	0,155

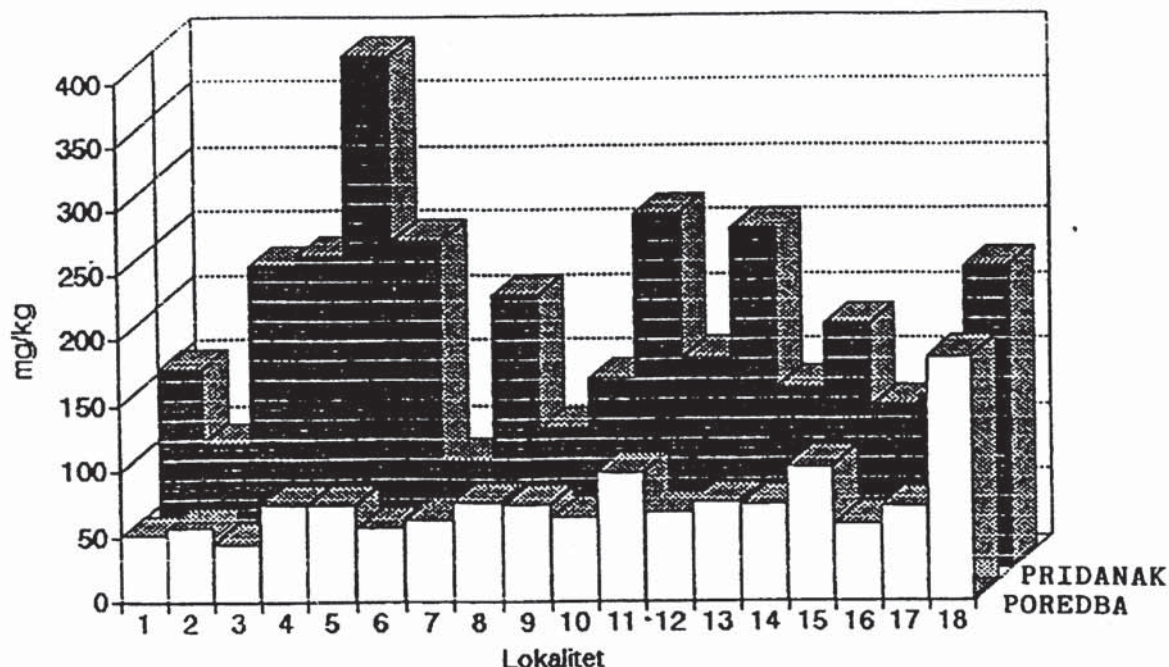
Visoke koncentracije olova utvrdili smo i u blizini Koksare u Bakru te uz rubove automobilskih prometnica (Komlenović 1992).

Posebno velike količine olova i drugih teških metala unose se u tla nizinskih šuma onečišćenim poplavnim vodama. Tako iz istraživanja Komlenovića i sur. (1991) proizlazi da su plavljena šumska tla uz rijeku Dravu, Dunav i Savu značajno više opterećena olovom nego tla okolnih neplavljenih površina (tablica 4). Do sličnih podataka došli su Mayer i Pezdirc (1990) uz Savu na području Sunje, Česme i Kupčine.

Tablica 4 Koncentracije olova u tlima nizinskih šuma istočne Slavonije (mg/kg).

	Drava donji tok	Dunav	Sava donji tok
Neplavljeno	26 - 40	28 - 32	46 - 56
Plavljeno	100 - 440	240 - 330	66 - 190

Slika 1 Koncentracija olova u Ah - horizontu



Legenda:

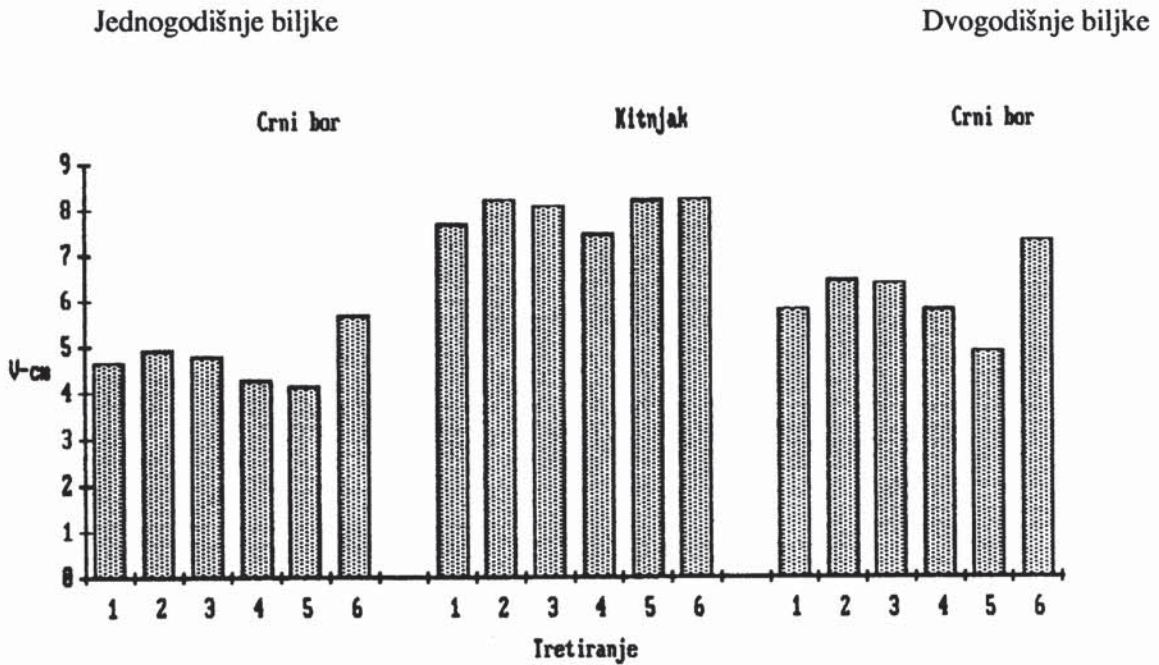
- | | |
|-------------------------------|--------------------------|
| 1 - Đakovo, Vuka | 10 - Krašić, Žumberak |
| 2 - Đurdenovac, Đ. planina | 11 - D. Resa, Bosiljevac |
| 3 - Križevci, Grič | 12 - D. Resa, Perjasica |
| 4 - Križevci, Stupe | 13 - Cetingrad, Strmačka |
| 5 - Križevci, Kolačka | 14 - Cetingrad, Repušnik |
| 6 - Varaždin, V. breg | 15 - Fužine, Brloško |
| 7 - Krapina, Strahinčica | 16 - Opatija, Učka |
| 8 - V. Gorica, Vukomeričke g. | 17 - Opatija, Veprinac |
| 9 - Jastrebarsko, J. lugovi | 18 - Senj, S. draga |

Utjecaj olova na uspijevanje crnog bora i hrasta kitnjaka

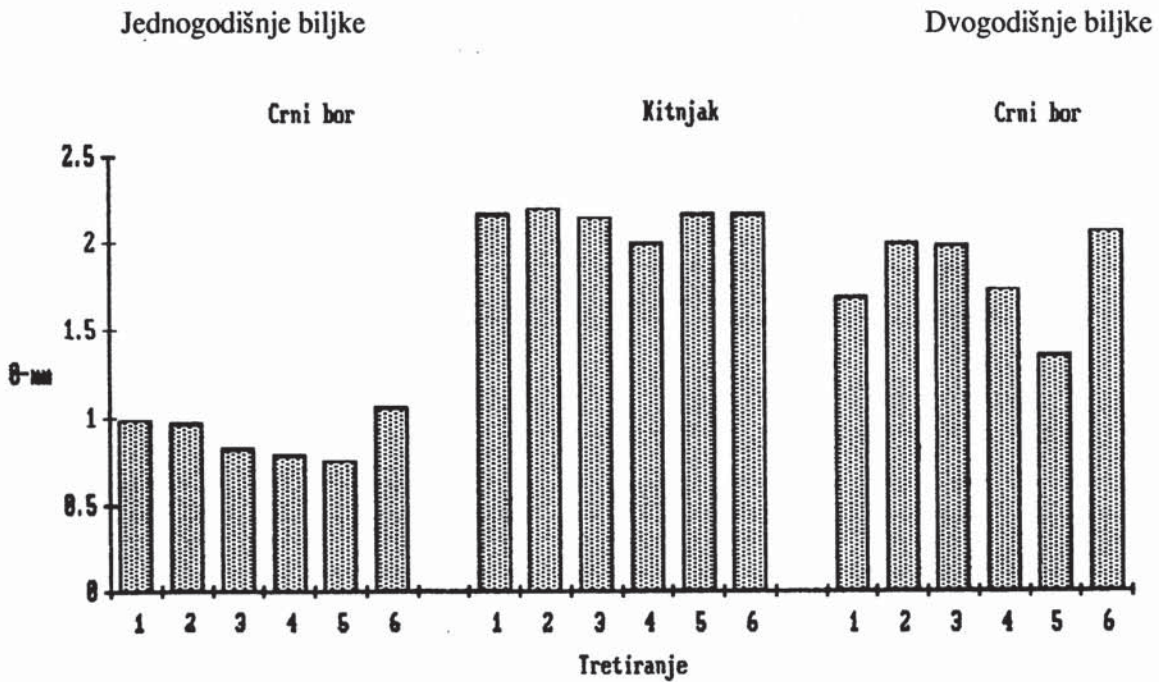
U tablici 5 i na slikama 2 i 3 prikazane su visine i promjeri crnog bora na kraju prve i druge vegetacije te isti parametri rasta za hrast kitnjak na kraju prve vegetacijske sezone. Težine suhe tvari bora date su na slici 5.

Prema prikazanom proizlazi da je tetraetil olovo negativno utjecalo na rast kitnjaka, ali još više na rast crnog bora.

Slika 2 Visine kitnjaka i crnog bora u pokusu s olovom



Slika 3 Promjeri kitnjaka i crnog bora u pokusu s olovom



Tablica 5 Visine i promjeri hrasta kitnjaka i crnog bora

Tretiranje	Hrast kitnjak			Jednogodišnji crni bor			Dvogodišnji crni bor			
	Visina cm	Relat. odnos	Promjer mm	Visina cm	Relat. odnos	Promjer mm	Visina cm	Relat. odnos	Promjer mm	Relat. odnos
1	7,66	93	2,17	4,69	95	0,99	5,79	102	1,69	84
2	8,21	100	2,20	4,93	100	0,97	6,42	100	2,00	100
3	8,07	98	2,15	4,80	97	0,89	6,35	92	1,99	99
4	7,44	91	2,00	4,28	87	0,79	5,78	81	1,74	87
5	8,18	100	2,17	4,16	84	0,76	4,87	78	1,36	68
6	8,20	100	2,17	5,67	115	1,06	7,28	109	2,07	103

Tablica 6 Koncentracije elemenata ishrane u iglicama crnog bora

Tretiranje	Sadržaj							
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
	%							
0	1.33	0.209	0.45	1.09	0.323	72	240	95
NPK	1.23	0.217	0.76	1.02	0.303	80	192	120
Pb-Te-100	1.24	0.166	0.63	0.93	0.289	98	188	85
Pb-Te-1000	1.28	0.169	0.65	0.94	0.306	80	112	81
Pb-Te-1000+Ca CO ₃	1.57	0.199	0.60	1.00	0.282	128	112	75
Pb-N-1000	1.50	0.173	0.60	1.00	0.281	100	202	88

Primjena CaCO_3 ublažila je negativni utjecaj ovoga spoja kod kitnjaka, ali ne i kod crnog bora. To je i razumljivo jer je olovo manje aktivno kod više reakcije. Također je dokazano da ono otežava usvajanje kalcija od strane šumskog drveća (Godbold 1991). Hrast kitnjak ima veće zahtjeve za kalcijem od crnog bora, pa je njegovom primjenom kompenziran Ca - nedostatak čega je induciralo olovo kod ove vrste drveća. Budući da crni bor ima male zahtjeve za kalcijem, to smo u ovom, kao i u našim ranijim istraživanjima (Komlenović 1990), utvrdili negativno djelovanje sličnih doza CaCO_3 na njegov rast i ishranu. Osjetljivost crnog bora s obzirom na CaCO_3 posebno dolazi do izražaja kod biljaka koje na svom korijenskom sustavu nemaju razvijenu mikorizu.

Iz podataka u tablicama 6 i 7 proizlazi da su provedena tretiranja utjecala na promjene koncentracije elemenata prehrane u iglicama crnog bora i lišću hrasta kitnjaka.

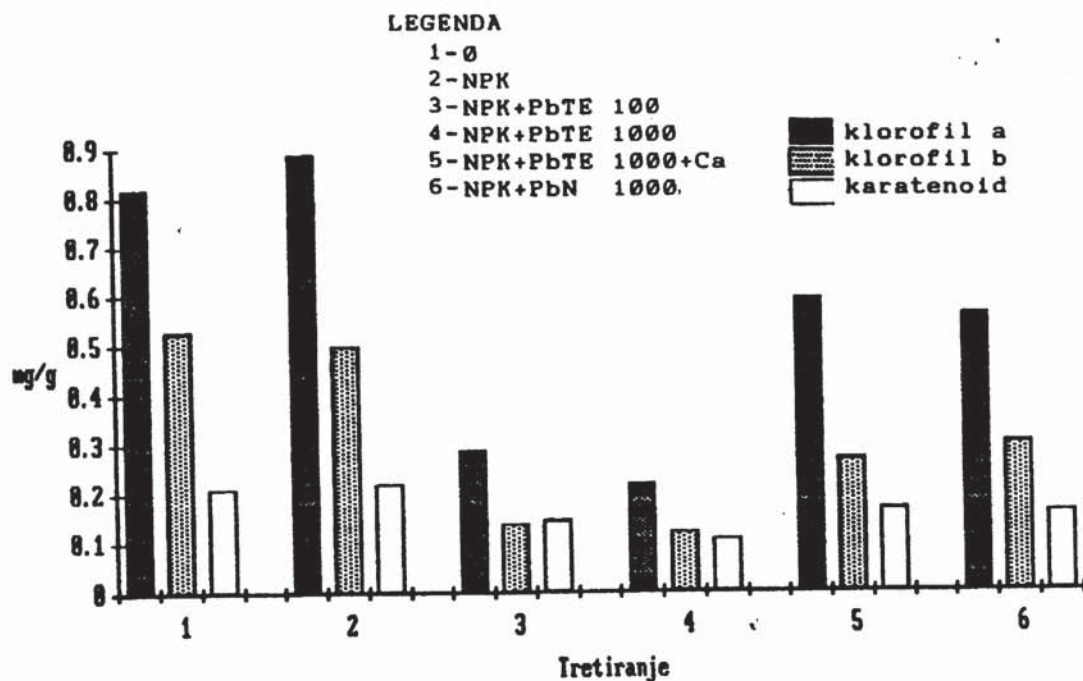
Tablica 7 Koncentracije elemenata ishrane u lišću kitnjaka

Tretiranje	Sadržaj									
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Pb
	%					ppm				
0	1,33	0,115	0,83	1,34	0,376	0,103	196	148	56	29,5
NPK	1,37	0,128	0,79	1,39	0,367	0,099	270	220	60	30,5
Pb-Te-100	1,30	0,099	0,97	1,34	0,349	0,104	206	130	40	35,0
Pb-Te-1000	1,43	0,107	0,73	1,33	0,396	0,112	186	136	40	35,2
Pb-Te-1000+ + CaCO_3	1,32	0,091	0,80	1,39	0,336	0,104	181	84	26	38,0
Pb-N-1000	1,32	0,128	0,86	1,27	0,356	0,104	286	192	56	37,6

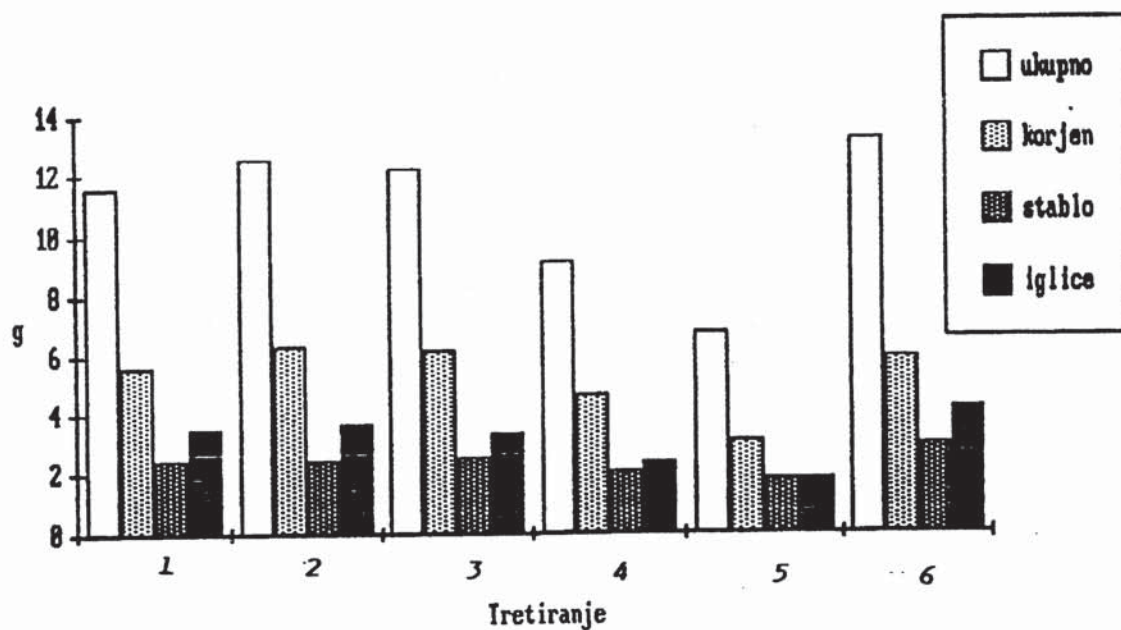
Navedeni rezultati pokazuju slaganje s rezultatima do kojih je došao Godbold (1991) u istraživanjima s biljkama obične smreke. Ovaj je autor dokazao da olovo otežava usvajanje kalcija. Stres koji izazivaju teški metali ima također negativni utjecaj na nakupljanje drugih elemenata prehrane u biljkama, u prvom redu mangana i cinka. U našem je pokusu olovni nitrat znatno manje utjecao na redukciju Mn- i Zn- koncentracija u lišću.

U tretiranju s visokom dozom tetraetil olova, CaCO_3 , je zaustavio pad Ca-koncentracije što ga je izazvao ovaj spoj, ali je on nepovoljno utjecao na ishranu

Slika 4 Sadržaj pigmenata u iglicama dvogodišnjeg crnog bora tretiranog olovnim spojevima



Slika 5 Težina suhe tvari crnog bora



fosforom, magnezijem, sumporom, a posebno manganom i cinkom. Kalcijski karbonat nije zakočio nakupljanje olova u lišću kitnjaka kod tretiranja s tetraetil olovom.

Za razliku od visinskog i debljinskog rasta, čiji je pad kod jednogodišnjih biljaka kitnjaka utvrđen pri visokoj dozi tetraetil olova od 9% te crnog bora 13-19%, ovaj je spoj već i kod niske doze utjecao izrazito negativno na sadržaj klorofila "a" i "b" te karatenoida u asimilacijskim organima. Na sadržaj ovih pigmenata nepovoljno je djelovao i olovni nitrat (slika 4) koji je kod crnog bora pokazao čak određeno stimulativno djelovanje s obzirom na rast. Pri tome treba imati u vidu i to da olovni nitrat sadrži dušik.

Primjena CaCO_3 značajno je ublažila pad koncentracija pigmenata kod biljaka tretiranih tetraetil olovom.

ZAKLJUČCI

Na osnovu naših dosadašnjih istraživanja o utjecaju olova na šumske ekosustave Hrvatske može se zaključiti:

Olovo u naše šumske ekosustave najviše se unosi preko zraka (suhe i vlažne depozicije) te onečišćenim poplavnim vodama.

Povećani unos olova utvrđen je pored rubova automobilskih prometnica, u okolici TE Plomin, Koksare u Bakru, na lokacijama plavljenim vodama Drave, Dunava, Save i drugih rijeka te uz pridanak starih bukovih stabala niz čija se debla u tlu slijeva višestruko više oborinske vode nego na poredbi.

Tetraetil olovo pokazalo je negativni učinak na rast crnog bora i hrasta kitnjaka za razliku od olovnog nitrata koji nije pokazao takvo djelovanje. Oba oblika olova izrazito su negativno utjecala na sadržaj klorofila te karatenoida.

U tretiranjima s tetraetil olovom došlo je do sniženja koncentracija kalcija, mangana i cinka u asimilacijskim organima istraživanih vrsta drveća.

Primjena CaCO_3 zaustavila je pad Ca - koncentracija i pigmenata, ali je negativno utjecala na rast crnog bora.

SUMMARY

Lead is absorbed into our forest ecosystems by air from dry and humid deposits and polluted flood water.

In the nursery trials tetraethyl lead had a negative effect on the growth of the

plants of black pine and sessile oak contrary to lead nitrate which did not show such effects. In treatments with tetraethyl lead the concentrations of calcium, manganese and zinc decreased in assimilation organs of the studied varieties of trees. Lead had a significantly negative effect on the amount of chlorophyll a and b and carotenoids. The application of CaCO₃ moderated the decrease of concentrations of these pigments in the black pine needles.

Key words: forest ecosystems, Croatia, lead intake, tetraethyl lead, lead nitrate, harmful effect, *Pinus nigra*, *Quercus petraea*.

LITERATURA

- Brüne, H., Ellinghaus, R.**, 1981.: Schwermetallgehalte in hessischen Böden. Landw. Forschung Kongressband, Trier.
- Glavač, V., Koenies, L., Prpić, B.**, 1985.: O unosu zračnih polutanata u bukove i bukovo-jelove šume Dinarskog gorja sjeverozapadne Jugosl. Šumarski list, 9-10, Zagreb.
- Godbold, D.L.**, 1991.: Die Wirkung von Aluminium und Schwermetalen auf *Picea abies* Sämlinge. J.D. Sauerländer's Verlag Frankfurt am Main.
- Gračanin, M.**, 1955.: O selektivnoj sposobnosti biljaka, Veterinarija, 4 (4) 621-627, Sarajevo.
- Gračanin, M., Ilijanić, Lj.**, 1975.: Uvod u ekologiju bilja, Školska knjiga 236-257, Zagreb.
- Komlenović, N., Gračan, J., Pezdirc, N., Rastovski, P.**, 1988.: Utjecaj polutanata na bukove šume i kulture smreke u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. Šumarski list, 5-6, 217-230, Zagreb.
- Komlenović, N.**, 1990.: Utjecaj kalcijevog karbonata na uspijevanje biljaka sedam vrsta drveća. Šumarski list 3-5, 117- 126, Zagreb.
- Komlenović, N., Mayer, B., Rastovski, P.**, 1990.: Opterećenost kultura crnog bora (*Pinus nigra* Arn.) sumporom i teškim metalima na području Istre, Šumarski list 11-12, 451-461, Zagreb.
- Komlenović, N., Mayer, B., Rastovski, P.**, 1991.: Unos teških metala onečišćenim poplavnim vodama u tla nizinskih šuma istočne Slavonije, Šumarski list, 3-5, 131-149, Zagreb.
- Mayer, B., Pezdirc, N.**, 1990.: Teški metali (Pb, Zn, Cu) u tlima nizinskih šuma sjeverozapadne Hrvatske, Šumarski list, 6-8, 251- 259, Zagreb.

Adresa autora - Author's address:
Nikola Komlenović
Šumarski institut, Jastrebarsko

Primljeno: 09. 12. 1992.