

Grażyna SZOŁTYK*

NAWOZY WIELOSKŁADNIKOWE O PRZEDŁUŻONYM DZIAŁANIU DO REWITALIZACJI SOSNOWYCH I ŚWIERKOWYCH UPRAW LEŚNYCH

MULTICOMPONENT FERTILIZERS OF EXTENDED ACTION
FOR REVITALIZATION OF PINE AND SPRUCE FOREST CULTURES

***Abstract.** New formula of multicomponent granular fertilizers has been worked out. Pine and spruce culture condition in Silesia (GOP) and Sudety were evaluated on the basis of height increment and foliar chemistry data. The multicomponent fertilizers influenced significantly height increment and increased the content of nutrients in the needles.*

***Key words:** pine and spruce, granular multicomponent fertilizers – new formula, height increment, nutrient content.*

*Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Siedliskoznawstwa, Sękocin, 05-050 Raszyn,
e-mail: G.Szoltyk@ibles.waw.pl

1. WSTĘP

Na potrzeby nawozowe określonego gatunku drzewa najbardziej wpływają jego wymagania pokarmowe, zróżnicowane ilościowo wraz z wiekiem, przy znikomo zmiennych zależnościach składników pokarmowych względem siebie. Ilościowe zapotrzebowanie na pokarm może zmieniać się w określonych fazach wzrostu i rozwoju gatunku, np. przy obradzaniu nasion czy intensywnym wzroście w niższych klasach wieku. Zróżnicowanie zawartości składników pokarmowych w glebie, ich stopień przyswajalności, uwstecznienia (szczególnie K) oraz zróżnicowanie warunków wilgotnościowych (wypłukiwanie K, Mg i Ca) i cieplnych determinują wykorzystanie składników pokarmowych przez rośliny. Na przyswojenie składnika pokarmowego przez gatunki drzewiaste dodatkowo wpływa stopień wykorzystania go z dostarczonego nawozu. Według różnych autorów, azot jest wykorzystywany w około 80–90% i więcej, potas – 50%, fosfor – 20%, magnez – 30% (Walenzik 1977, Szoltyk 1983, Gawliński 1991). Stąd, przy opracowywaniu formuł nawozowych nawozów wieloskładnikowych dla potrzeb drzew leśnych (wg koncepcji IBL oraz INS podanej szczegółowo w metodyce badań), uwzględniono te uwarunkowania, a także obecny wpływ eutrofizacji środowiska, głównie tlenkami azotu. W przygotowanych formułach nawozowych podwyższono udział K i Mg oraz obniżono ilość N w stosunku do niżej podanych wskaźników optymalnej zawartości składników pokarmowych w organach asymilacyjnych gatunków drzew leśnych. Zawartości te odnoszą się w najwyższym stopniu do azotu (1,5–3,0%), następnie potasu (0,5–1,5%), fosforu (0,15–0,40%) i magnezu (0,10–0,20%), przy bardziej zróżnicowanej zawartości wapnia (0,10–0,50%). Dla gatunków iglastych wartości te są zbliżone do niższych wartości podanych przedziałów. Taki układ składników pokarmowych uznawany jest przez wielu autorów (Jonas, Jonas jr. 1982, Ulrich 1984, Evers 1986, Bergmann 1992, Walenzik 1993, 1994, Walenzik, Szoltyk i inni 1995) za najważniejszą metodę rewitalizacji gleb zarówno w warunkach ich równomiernego niedoboru w glebie, jak i w przypadku skażeń antropogenicznych.

Celem badań* było określenie oddziaływania różnych formuł wieloskładnikowych nawozów mineralnych o przedłużonym działaniu, w warunkach słabo rosnących upraw leśnych w GOP i Sudetach Zachodnich.

*Badania wykonano w ramach tematu 520-932 finansowanego przez Komitet Badań Naukowych

2. OBIEKT I METODYKA BADAŃ

2.1. Charakterystyka terenu badań

Badania prowadzono na uprawach leśnych słabo rosnących w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym (GOP) w Nadleśnictwie Świerklaniec oraz w Sudetach w Nadleśnictwie Szklarska Poręba.

Uprawy w Nadleśnictwie Świerklaniec znajdują się w V Krainie Śląskiej (wg regionalizacji przyrodniczo-leśnej z 1990), 6 Dzielnicy Kędzierzyńsko-Rybnickiej. Klimat tej dzielnicy charakteryzuje się średnią temperaturą roczną 8 °C i sumą opadów rocznych 600–700 mm. Gleby badanych upraw należą do typu rdzawo-bielicowych, tworzących siedlisko BMśw zdegradowanego przez działalność Huty Cynku. Siedlisko to jest mocno skażone chemicznie wnikającym do gleby depozytem z zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego w GOP i pozostaje ciągle pod jego wpływem. Do badań wytypowano 2–4 letnie uprawy sosnowe, rosnące na glebach charakteryzujących się niską zawartością kationów wymiennych K i Mg, zwiększoną zawartością Al_w i niskim stopniem wysycenia zasadami kompleksu sorpcyjnego gleby (Vh w poziomie A 4–5%). Z powierzchni tych gleb, przed sadzeniem drzew została usunięta silnie skażona powierzchniowa warstwa organiczna (Ofh) zawierająca zwiększone ilości metali ciężkich, tj. Zn i Pb odpowiednio po około 400 ppm i kilkanaście ppm Cd, mocno toksykujących glebę.

Uprawy w Nadleśnictwie Szklarska Poręba znajdują się w VII Krainie Sudectkiej, Dzielnicy Sudetów Zachodnich na wysokości regła dolnego. Klimat tej dzielnicy charakteryzuje się średnią temperaturą roczną od 1 do 6 °C i sumą opadów 800 do 900 mm. Gleby badanych upraw pod względem typu należą do gleb brunatnych kwaśnych, tworzących siedlisko BMG. Do badań wytypowano 3–4 letnie uprawy świerkowe charakteryzujące się bardzo niskim pH gleby (pH_{KCl} w Ofh około 3,0), zwiększoną zawartością Al_w , Fe i Mn oraz niskim stopniem wysycenia zasadami kompleksu sorpcyjnego gleby (Vh w poziomie A poniżej 4%).

2.2. Opis warunków doświadczenia

W latach 2001, 2002 i 2003 na uprawach leśnych sosnowych (GOP Nadl. Świerklaniec oddz. 112d, 87k/2002, 87k/2003) i świerkowych (Sudety, Nadl. Szklarska Poręba oddz. 154c, 188b, 199b), na poletkach doświadczalnych stosowano nawożenie nawozami wieloskładnikowymi o zróżnicowanych formułach (wg koncepcji Zakładu Siedliskoznawstwa IBL – tab.1), wyprodukowanymi w formie granulowanej (\varnothing 3–4 mm) przez Instytut Nawozów Sztucznych w Puławach.

Stosowane w badaniach nawozy o różnych formułach ilościowych składników pokarmowych N, P, K, Mg, różniły się rodzajem surowca (Szołtyk i Winiarski 2004). Na uprawach sosnowych jednorodnych glebowo, nawożono sadzonki na kilkunastu poletkach (bez powtórzeń). Na uprawach świerkowych w zróżnicowanych warunkach wzdłuż stoków, stosowano poletka 1-arowe (w trzech

Tabela 1. Typy i formuły nawozów wieloskładnikowych do badań na uprawach leśnych
 Table 1. Types and formula of multicomponent fertilizers for investigations on forest cultures

Numer formuły No of formula	Typ nawozu Type of fertilizers	Składniki mineralne (%) Mineral components (%)			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
I	NPKMg	4	6	12	6
II	NPKMg	6	6	15	9
IV	PKMg	–	6	18	14
V	NPKMg	6	5	14	6,5
VIa	NPKMg	2	4	20	16
VIb	NPKMg	2	4	20	16

powtórzeniach). Doświadczenia prowadzono w oddziałach 112d (Nadl. ŚwierkLANiec) i 154c (Nadl. Szklarska Poręba) przez trzy lata, w oddziałach 87k/2002 (Nadl. ŚwierkLANiec) i 188b (Nadl. Szklarska Poręba) – przez dwa lata, a w oddziałach 87k/2003 i 199b (Nadl. Szklarska Poręba) – przez rok.

Wiosną, przy zakładaniu każdej kolejnej powierzchni stosowano jednorazowo dawkę 1 t/ha nawozu wieloskładnikowego (np. nawóz o formule 4–6–12–6, tj. 40 kg N/ha, 60 kg P₂O₅/ha, 120 kg K₂O/ha, 60 kg MgO/ha), co w przypadku sosny w GOP wynosiło 20 g pod sadzonkę, a w Sudetach w młodszych uprawach świerka 30 g i starszych (ponad 3-letnich) – 40 g pod sadzonkę – w promieniu zakreślonym rzutem korony sadzonek. Jesienią każdego roku oceniano efekty działania nawozów o różnych formułach, mierząc przyrosty sadzonek na wysokość oraz analizując zawartość składników pokarmowych w igłach jednoletnich. Otrzymane wyniki porównywano z danymi dla sadzonek w warunkach kontrolnych (bez nawożenia) oraz z wariantami [kontrolne pośrednie (I), (II), (IV), (V)], w których stosowano mieszaninę nawozów jednoskładnikowych w proporcjach takich, jak w formułach nawozów wieloskładnikowych granulowanych.

Igły pobrane z każdego poletka doświadczalnego po wysuszeniu do stałej wagi w temperaturze 105 °C zmielono i poddano oznaczeniu na zawartość:

- azotu metodą Kjeldahla na aparacie Tecator,
- siarki na analizatorze siarki S.C. 132 Leco ,
- P, K, Ca, Mg, Mo, Cu, Fe, Mn, Cd, Pb, Zn metodą ICP-AES po mineralizacji w mieszaninie kwasu nadchlorowego i azotowego.

Analizy statystyczne wykonano programem statystycznym S-plus w wersji 4.5. Ocenę istotności różnic przeprowadzono za pomocą testu najmniejszej istotnej różnicy (NIR). Do weryfikacji istotności różnic między wynikami badań przyjęto 95% granice ufności (p=0,05).

3. WYNIKI BADAŃ

Ocena wpływu oddziaływania nawożenia na sadzonki została oparta na przyroście wysokości oraz na zawartości składników pokarmowych w igłach. Na uprawach sosnowych i świerkowych zastosowanie każdej z badanych formuł nawozowych wpłynęło istotnie na przyrost wysokości sadzonek w stosunku do kontroli. We wszystkich prowadzonych doświadczeniach stwierdzono głównie w drugim roku po zastosowaniu nawożenia istotne różnice w przyroście wysokości pomiędzy zastosowanymi wariantami.

Na uprawach sosnowych w doświadczeniu prowadzonym przez trzy lata (tab. 2a) przyrosty wysokości po zastosowaniu formuły II różniły się istotnie od wariantu kontroli pośredniej (I). W doświadczeniu dwuletnim (tab. 2b) po zastosowaniu formuły II i V przyrosty różniły się istotnie od przyrostów po zastosowaniu formuły I oraz od kontroli pośrednich (I) i (II).

Na uprawach świerkowych w doświadczeniu prowadzonym przez trzy lata (tab. 3a) istotne różnice w przyroście wysokości stwierdzono pomiędzy wariantami z formułą I i kontrolą pośrednią (II). Ponadto, wyjątkowo w tym doświadczeniu stwierdzono istotne różnice w pierwszym roku po nawożeniu pomiędzy przyrostami po zastosowaniu formuły II i (I). W doświadczeniu prowadzonym przez dwa lata (tab. 3b) istotne zróżnicowanie przyrostów wystąpiło pomiędzy wariantami z formułą I i (I) oraz IV i (I).

Na uprawach sosnowych analiza makroskładników pokarmowych w igłach jednorocznych – w pierwszym, drugim i trzecim roku po nawożeniu (tab. 4) wskazuje na wyraźny wzrost ich zawartości we wszystkich wariantach, w stosunku do kontroli. Zawartość azotu była wyższa o około 50% w stosunku do kontroli i ten stan utrzymywał się przez 3 lata. Zawartość potasu była o 100% i więcej wyższa od kontroli w całym okresie badań. Ilościowa zawartość magnezu po nawożeniu wzrastała na ogół od 50 do 100% w stosunku do kontroli. Wzrost ten utrzymuje się przez cały okres badań, nie osiągając dolnej wartości przedziału optymalnego. Zawartość wapnia wzrosła od kilkunastu do blisko 100% i utrzymywała się na tym poziomie w całym okresie badań. Najmniej zróżnicowana była zawartość fosforu po nawożeniu, tj. od kilku do 30% wyższa w stosunku do kontroli, w całym okresie badań. Niewielki wzrost zawartości siarki wyraźniej zaznacza się w dwa lata po nawożeniu w przypadku wariantów I i II i w rok po nawożeniu w przypadku wariantu V. W pozostałych latach zawartość siarki w igłach osiąga wartości minimalnie wyższe od kontroli. Zawartość azotu, fosforu, potasu i wapnia w igłach po nawożeniu, mieści się w granicach ich optymalnej zawartości u sosny, przy niedoborach w kontroli.

Analizując zawartość mikroelementów Mo, Cu, Fe i Mn na wybranej uprawie sosnowej, nie stwierdzono wyraźnie wyższych ich zawartości w igłach oraz ich zmienności w stosunku do kontroli w ciągu trzech lat (tab. 5), z wyjątkiem zróżnicowanych zawartości Cu w okresie badań. Zawartość metali ciężkich Pb, Zn i Cd

Tabela 2. Średnie przyrosty wysokości sosny (cm) w Nadleśnictwie Świerkianiec

Table 2. Average height increments of pine (cm) in Świerkianiec Forest District

a) oddział 112d a) compartment 112d

W	2001						2002						2003						2001–2003												
	K	I	II	V	(I)	(II)	K	I	II	(I)	(II)	K	I	II	(I)	(II)	K	I	II	(I)	(II)	K	I	II	(I)	(II)					
	K	15,0	20,6	20,7	20,9	20,1	23,0	23,0	31,4	34,5	30,9	32,2	29,7	42,2	42,9	40,8	39,7	22,6	31,4	32,7	30,9	30,7									
I	20,6*	×				31,4*	×					42,2*	×				31,4*	×													
II	20,7*		×			34,5*	×			*		42,9*		×			32,7*		×		*										
(I)	20,9*			×		30,9*				×		40,8*			×		30,9*			×											
(II)	20,1*				×	32,2*					×	39,7*				×	30,7*				×										×

b) oddział 87k/2002 b) compartment 87k/2002

W	2002						2003						2002–2003																		
	K	I	II	V	(I)	(II)	K	I	II	(I)	(II)	K	I	II	(I)	(II)	K	I	II	(I)	(II)	K	I	II	(I)	(II)					
	K	16,0	23,3	23,0	22,9	20,7	21,4	20,7	20,3	31,0	35,0	35,8	30,7	31,8	33,1	18,1	27,1	27,1*	×				27,1*	×				29,0	29,3	25,7	26,6
I	23,3*	×						31,0*	×																						
II	23,0*		×					35,0*		×		*																		*	*
V	22,9*			×				35,8*	*		×	*	*																	*	*
(I)	20,7*				×			30,7*	*			×																		×	
(II)	21,4*					×		31,8*				×																		×	
(V)	20,7*						×	33,1*																							×

c) oddział 87k/2003 c) compartment 87k/2003

W	2003					
	K	I	II	V	Vla	Vlb
	K	20,9	29,2	27,0	28,9	30,8
I	29,2*	×				
II	27,0*		×			
V	28,9*			×		
Vla	30,8*				×	
Vlb	30,6*					×

Objaśnienia: W – wariant; K – kontrola; I, II, V, VIa, Vlb – warianty formuły nawozów wieloskładnikowych; (I), (II), (V) – warianty kontroli pośredniej; * istotne różnice przy $p < 0,05$ (test NIR)

Notes: W – variant; K – control; I, II, V, VI a, VI b – variants of multicomponent fertilizers formula; (I), (II), (V) – variant of intermediate control; * significant differences $p < 0.05$ (NIR test)

Tabela 3. Średnie przyrosty wysokości świerka (cm) w Nadleśnictwie Szklarska Poręba

Table 3. Average height increments of pine (cm) in Szklarska Poręba Forest District

a) oddział 154c a) compartment 154c

W	2001				2002				2003				2001–2003												
	K	I	II	(I)	(II)	K	I	II	(I)	(II)	K	I	II	(I)	(II)	K	I	II	(I)	(II)	(I)	(II)	(I)	(II)	
K	17,3	24,3	25,9	22,9	23,3	16,5	24,1	23,3	21,7	22,4	16,7	26,4	27,7	25,6	25,6	16,8	24,9	25,6	23,4	23,8					
I	24,3*	×				24,1	×			*	26,4*	×				24,9*	×		*						
II	25,9*		×	*		23,3*		×			27,7*		×			25,6*		×	*	*					
(I)	22,9*			×		21,7*			×		25,6*			×		23,4*			×						
(II)	23,3*				×	22,4*				×	25,6*				×	23,8*									×

b) oddział 188b b) compartment 188b

W	2002				2003				2002–2003																
	K	I	IV	z wap.	(IV)	K	I	IV	(I)	(IV)	K	I	IV	(I)	(IV)	K	I	IV	(I)	(IV)					
K	9,7	20,7	19,5	19,0	20,3	10,6	28,6	28,4	23,4	27,9	10,1	24,6	23,9	21,2	24,1										
I	20,7*	×				28,6*	×		*		24,6*	×		*					*						
IV	19,5*		×			28,4		×	*		23,9*		×	*					*						
(I)	19,0*				×	23,4*			×		21,2*			×					×						
(IV)	20,3*					27,9*			*	×	24,1*			*	×				*						×

c) oddział 199b c) compartment 199b

W	2003				VIa	VIb
	K	I	II	IV		
K	7,1	12,7	11,8	11,7	11,3	11,7
I	12,7*	×				
II	11,8*		×			
IV	11,7*			×		
VIa	11,3*				×	
VIb	11,7*					×

Objaśnienia: W – wariant; K – kontrola; I, II, IV, VIa, VIb – warianty formuły nawozów wieloskładnikowych; (I), (II), (IV) – warianty kontroli pośredniej; * istotne różnice przy $p < 0,05$ (test NIR)

Notes: W – variant; K – control; I, II, V, VI a, VI b – variants of multicomponent fertilizers formula; (I), (II), (V) – variant of intermediate control; * significant differences $p < 0.05$ (NIR test)

Tabela 4. Zawartość makroskładników w jednorocznych igłach sosny w Nadleśnictwie Świerklaniec

Table 4. Content of macroelements in one-year-old pine needles in Świerklaniec Forest District

Nr oddziału No of compartment	Wariant Variant	%						
		N	P	K	Ca	Mg	S	
		1 rok po nawożeniu			1 year after fertilization			
112 d	kontrola control	0,87	0,13	0,37	0,25	0,04	0,10	
	I	1,32	0,15	0,92	0,30	0,06	0,13	
	II	1,47	0,15	0,89	0,37	0,06	0,12	
	(I)	1,41	0,16	0,71	0,33	0,05	0,14	
	(II)	1,49	0,17	0,82	0,27	0,06	0,14	
87 k/2002	kontrola control	1,14	0,10	0,23	0,24	0,03	0,11	
	V	1,51	0,12	0,42	0,32	0,06	0,16	
	(V)	1,59	0,12	0,40	0,27	0,05	0,16	
87 k/2003	kontrola control	1,12	0,13	0,30	0,26	0,03	0,10	
	VI a	1,54	0,15	0,67	0,31	0,07	0,15	
	VI b	1,54	0,15	0,72	0,29	0,06	0,18	
		2 lata po nawożeniu			2 years after fertilization			
112 d	kontrola control	1,03	0,11	0,19	0,24	0,04	0,11	
	I	1,44	0,16	0,39	0,46	0,06	0,17	
	II	1,56	0,16	0,39	0,49	0,06	0,15	
	(I)	1,44	0,16	0,39	0,46	0,06	0,17	
	(II)	1,54	0,15	0,37	0,47	0,06	0,13	
87 k/2002	kontrola control	1,10	0,12	0,39	0,30	0,02	0,14	
	V	1,55	0,16	0,49	0,25	0,04	0,10	
	(V)	1,37	0,15	0,52	0,24	0,05	0,12	
		3 lata po nawożeniu			3 years after fertilization			
112 d	kontrola control	1,08	0,12	0,23	0,28	0,03	0,08	
	I	1,55	0,15	0,45	0,32	0,05	0,10	
	II	1,59	0,16	0,49	0,30	0,06	0,10	

optimum: optimal: 1,4–1,7% N; 0,14–0,30% P; 0,35–0,80% K; 0,25–0,60% Ca; 0,08–0,20% Mg

jest wyższa od dopuszczalnej zawartości dla sosny, zarówno w kontroli jak i wariantach nawożeniowych.

Na uprawach świerkowych analiza makroskładników pokarmowych w jednorocznych igłach – w pierwszym, drugim i trzecim roku po nawożeniu (tab. 6) wskazuje we wszystkich wariantach na wyraźny wzrost ich zawartości w stosunku do kontroli. W przypadku azotu jego zawartość jest wyższa w pierwszym roku po nawożeniu o 65 do 70% w wariantach I i II oraz o 40% w wariantach IV, przekraczając w dwóch pierwszych wartość optymalną dla świerka. W dwa i trzy lata po nawożeniu zawartość azotu maleje, utrzymując się w przedziale zawartości optymal-

Tabela 5. Zawartość mikroelementów i metali ciężkich w jednorocznych igłach sosny w Nadleśnictwie Świerklaniec oddz. 112 d

Table 5. Content of microelements and heavy metals in one-year-old pine needles in Świerklaniec Forest District (compartment 112d)

Wariant Variant	Rok Year	ppm						
		Mo	Cu	Fe	Mn	Cd	Pb	Zn
Kontrola Control	2001	0,40	12,0	165	69	5,1	49,1	180
	2002	0,30	6,0	108	82	2,0	17,2	148
	2003	0,25	5,4	128	54	2,4	21,2	147
I	2001	0,43	12,0	124	89	5,1	56,5	338
	2002	0,42	7,1	89	88	2,8	16,0	208
	2003	0,34	5,2	105	64	3,0	28,3	165
(I)	2001	0,42	12,0	129	66	4,4	57,5	310
	2002	0,36	7,1	121	65	2,6	17,3	230
	2003	0,32	5,5	93	67	3,1	25,9	208
II	2001	0,43	13,0	185	86	6,4	63,7	327
	2002	0,40	7,4	110	82	3,5	14,6	264
	2003	0,28	5,2	89	52	2,7	29,9	160
(II)	2001	0,45	13,0	109	66	4,1	67,4	350
	2002	0,43	6,2	101	63	2,6	18,8	196
	2003	0,39	5,8	113	67	3,5	31,6	224

nej, będąc jednocześnie wyższą przeciętnie o 30% w stosunku do kontroli. Zawartość potasu wzrasta w rok po nawożeniu w wariantach I, II i IV o blisko 40% i ponad 100% w wariantach VIa i VIb, w stosunku do kontroli. W dwa lata po nawożeniu zawartość potasu w igłach z wariantów I i II jest bliska kontrolnej, utrzymując się na podobnym poziomie w wariacie IV. W trzy lata po nawożeniu w wariantach I i II zawartość potasu wzrasta o 100% w stosunku do kontroli, utrzymując się jednocześnie w przedziale optymalnej zawartości dla świerka. Wzrost zawartości magnezu w pierwszym roku po nawożeniu wynosi około 60%, w stosunku do kontroli w wariantach I i II oraz około 80% w wariantach IV, VIa oraz VIb. W dwa i trzy lata po nawożeniu ilość magnezu w igłach we wszystkich wariantach wynosi przeciętnie 100% więcej w stosunku do kontroli i utrzymuje się w przedziale optymalnej zawartości za wyjątkiem wariantów I i II. W tych wariantach w pierwszym i drugim roku po nawożeniu zawartości magnezu są bliskie dolnego zakresu optimum. W przypadku wapnia zawartość wzrosła od 60 do 120%, pozostając w tym przedziale przez cały okres badań i utrzymując się w zakresie optymalnej zawartości, za wyjątkiem wariantu IV (2 lata po nawożeniu), gdzie jest nieco niższa. Zawartość fosforu po nawożeniu jest w znacznym stopniu zróżnicowana i wynosi od 40 do 100% więcej niż w kontroli, przez cały okres badań. Zawartość fosforu mieści się w przedziale optymalnej zawartości, przy czym warianty kontrolne osiągają dolną wartość tego przedziału. Wzrost zawartości siarki po nawożeniu jest znacznie zróżnicowany. Najwyższe wartości siarki w igłach występują w wariacie IV, VIa, VIb w rok po nawożeniu, a w wariacie I i II w dwa lata po nawożeniu (nie osiągając jednak takich wartości, jak w wariantach wcześniej wymienionych). W kolejnych latach zawartość siarki w igłach jest zbliżona do zawartości w wariantach kontrolnych.

Tabela 6. Zawartość makroskładników w jednorocznych igłach świerka w Nadl. Szklarska Poręba

Table 6. Content of macroelements in one-year-old spruce needles in Szklarska Poręba Forest District

Nr oddz. No of compart.	Wariant Variant	%					
		N	P	K	Ca	Mg	S
1 rok po nawożeniu 1 years after fertilization							
154 c	kontrola control	1,42	0,13	0,40	0,25	0,05	0,11
	I	2,35	0,25	0,65	0,39	0,08	0,13
	II	2,30	0,24	0,62	0,33	0,08	0,12
	(I)	2,21	0,26	0,62	0,33	0,08	0,12
	(II)	2,16	0,24	0,63	0,28	0,07	0,10
188 b	kontrola control	1,12	0,17	0,26	0,15	0,06	0,11
	IV	1,96	0,24	0,44	0,35	0,11	0,22
	(IV)	1,89	0,22	0,43	0,36	0,11	0,19
199 b	kontrola control	1,04	0,13	0,41	0,18	0,06	0,09
	VI a	1,72	0,19	0,89	0,32	0,11	0,18
	VI b	1,61	0,17	0,84	0,33	0,10	0,25
2 lata po nawożeniu 2 years after fertilization							
154 c	kontrola control	1,33	0,12	0,39	0,17	0,04	0,12
	I	1,78	0,23	0,38	0,39	0,08	0,17
	II	1,68	0,21	0,35	0,34	0,07	0,15
	(I)	1,71	0,23	0,36	0,43	0,09	0,16
	(II)	1,72	0,20	0,32	0,31	0,07	0,16
188 b	kontrola control	1,12	0,18	0,25	0,17	0,05	0,09
	IV	1,47	0,20	0,47	0,27	0,09	0,11
	(IV)	1,57	0,18	0,48	0,30	0,09	0,10
3 lata po nawożeniu 3 years after fertilization							
154 c	kontrola control	1,14	0,13	0,32	0,17	0,04	0,10
	I	1,71	0,20	0,63	0,41	0,09	0,12
	II	1,70	0,22	0,67	0,47	0,10	0,11

optimum: optimal: 1,35–1,70% N; 0,13–0,25% P; 0,50–1,20% K; 0,35–0,80% Ca; 0,09–0,25% Mg

Zawartość mikroelementów w igłach świerka w okresie trzech lat nie była wyższa dla Mo, Cu, i Mn w stosunku do kontroli, wyjątek stanowiła tu zawartość Fe (tab. 7). Zawartość metali ciężkich (Zn, Pb i Cd) w igłach świerka była niewielka i nie wykazywała większych różnicowań w całym okresie badań.

Tabela 7. Zawartość mikroelementów i metali ciężkich w jednorocznych igłach świerka w Nadleśnictwie Szklarska Poręba (oddz. 154 c)

Table 7. Content of microelements and heavy metals in one-year-old spruce needles in Szklarska Poręba Forest District (compartment 154c)

Wariant Variant	Rok Year	ppm						
		Mo	Cu	Fe	Mn	Cd	Pb	Zn
kontrola	2001	0,15	4,8	252	263	0,14	1,20	23
	2002	0,16	5,4	70	185	0,08	0,4	28
	2003	0,17	4,1	61	171	0,11	0,1	24
I	2001	0,15	7,5	235	360	0,15	0,7	29
	2002	0,17	6,9	68	309	0,09	0,8	51
	2003	0,19	4,3	67	322	0,13	0,1	56
(I)	2001	0,16	6,1	224	356	0,13	1,3	22
	2002	0,17	5,1	58	394	0,10	0,8	50
	2003	0,18	3,7	63	208	0,10	0,0	36
II	2001	0,15	7,5	280	358	0,12	0,9	22
	2002	0,16	5,5	102	375	0,08	0,9	40
	2003	0,19	5,6	84	336	0,15	0,1	66
(II)	2001	0,15	6,0	180	274	0,13	1,2	27
	2002	0,17	5,0	63	250	0,07	0,8	41
	2003	0,19	4,6	63	240	0,11	0,1	40

4. PODSUMOWANIE

Wyniki analizy statystycznej przyrostów wysokości sadzonek sosny na uprawach w GOP wskazują na znaczące zróżnicowanie wszystkich wariantów nawożeniowych w stosunku do kontroli, we wszystkich latach badań. Istotne zróżnicowanie przyrostów występuje również pomiędzy wariantami nawożeniowymi a kontrolami pośrednimi [(I), (II)] w drugim roku badań. Nie stwierdzono istotności zróżnicowań w obrębie samych wariantów nawożeniowych nawozami granulowanymi o określonych formułach.

Zawartość makroskładników pokarmowych i mikroelementów w igłach sosny wskazywała na dobry stan odżywienia sadzonek na uprawach we wszystkich wariantach nawożeniowych w całym okresie badań. Wyjątkiem pod tym względem była zawartość magnezu, w całym okresie badań bliska niedoborom tego składnika dla sosny. Wysoka zawartość metali ciężkich (zwłaszcza cynku, ołowiu i kadmu) w igłach sosny może być spotęgowana nawożeniem mineralnym tych gleb (Kuszelewski, Goźliński 1970), wywierając niekorzystny wpływ na pobranie magnezu. Przy mało zróżnicowanych zawartościach składników pokarmowych w igłach, mieszczących się w zakresie ich optymalnej zawartości dla tego gatunku (Bergman 1992), najlepszym efektem przyrostowym spośród różnych wariantów nawożeniowych charakteryzowały się sadzonki nawożone nawozem o formule II. Przyrost wysokości po trzech latach badań w tym wariantcie był o 30 cm wyższy (43%) w stosunku do kontroli. Na kolejnej powierzchni, na której badania trwały dwa lata,

największy przyrost osiągnęły sadzonki nawożone nawozem o formule II i V, gdzie efekt przyrostowy wynosił około 60% w stosunku do kontroli. Efekty przyrostu wysokości uzyskane w kontrolach pośrednich [(I), (II), (V)] były istotnie niższe w drugim i trzecim roku badań w stosunku do wariantów I, II, V, świadcząc na korzyść przedłużonego działania tych ostatnich.

Wyniki analizy statystycznej przyrostów wysokości sadzonek świerka na uprawach w Sudetach, podobnie jak u sosny, wskazują na istotne zróżnicowanie wariantów nawożeniowych w stosunku do kontroli, we wszystkich latach badań. W drugim roku badań występuje istotne zróżnicowanie przyrostów pomiędzy wariantami nawożeniowymi a kontrolami pośrednimi [(I), (II), (IV)]. Na uprawach świerka podobnie jak u sosny, nie stwierdzono istotności zróżnicowań w obrębie samych wariantów nawożeniowych nawozami granulowanymi o określonych formułach.

Zawartość makroskładników pokarmowych i mikroelementów w igłach świerka wskazuje na dobry, a nawet nadmierny w przypadku azotu, stan odżywienia sadzonek na uprawach przy wyraźnej zmienności w okresie badań. Przy mało zróżnicowanych zawartościach składników pokarmowych w igłach, mieszczących się na ogół w zakresie ich optymalnej zawartości dla świerka (Bergman 1992, Fober 1998), z różnych wariantów nawożeniowych na uprawie prowadzonej przez trzy lata, najlepszymi efektami przyrostowymi charakteryzują się sadzonki nawożone nawozami o formułach II i I. Przyrost wysokości w tych wariantach w przypadku formuły II jest wyższy o 26 cm (52%) w stosunku do kontroli, a w przypadku formuły I – wyższy o 24 cm (48%). Na kolejnej uprawie badanej przez dwa lata najlepszym przyrostem charakteryzowały się sadzonki nawożone nawozem o formule I, gdzie przyrost jest bardziej kontrastowy i wynosi 143% w stosunku do kontroli. Efekty przyrostu wysokości uzyskane w kontrolach pośrednich [(I), (II), (IV)] w drugim i trzecim roku badań były istotnie niższe od przyrostów w wariantach I, II i IV, świadcząc na korzyść przedłużonego działania tych ostatnich.

5. WNIOSKI

Na podstawie przedstawionych wyników badań można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Nawożenie nawozami wieloskładnikowymi zarówno upraw sosnowych jak i świerkowych wpływa istotnie na przyrost wysokości sadzonek.
2. Najefektywniejszym przyrostem wysokości, związanym ze stanem odżywienia, charakteryzują się sadzonki po zastosowaniu nawozu o formule II i V w przypadku sosny oraz II i I – w przypadku świerka.
3. Nawozy wieloskładnikowe – ze względu na swe przedłużone działanie – powodują efekty przyrostowe wysokości zwyżkujące w kolejnych latach.

4. Do rewitalizacji słabo rosnących upraw leśnych, zarówno sosnowych jak i świerkowych, zalecany jest nawóz wieloskładnikowy o formule II.

Praca została złożona 20.11.2003 r. i przyjęta przez Komitet Redakcyjny 16.03.2004 r.

MULTICOMPONENT FERTILIZERS OF EXTENDED ACTION FOR REVITALIZATION OF PINE AND SPRUCE FOREST CULTURES

Summary

The aim of the study was to work out a formula of multicomponent mineral fertilizers (NPKMg) of extended action for revitalization of poor growing forest cultures. The investigation was carried out in forest cultures in Silesia (GOP) and the Sudety Mts. The influence of fertilizers on the increment of plantings and their state of nutrition was investigated. New formulas (I, II, IV, V, VIa, VIb) were worked out based on own concept. The formulas positively influenced the state of nutrition of pine and spruce cultures and increased the content of macro elements in needles. The fertilizers influenced significantly the height increment of plantings. Sum of height increment of pine plantings fertilized using the II formula was 43% higher than control after 3 years of investigation. In biennial investigation sum of height increment of pine plantings fertilized using II and V formulas was about 60% higher than control.

The content of macro and microelements in pine needles showed good nutrition state of plantings in all variants and in the whole period of investigation. The only exception was Mg which content was closer to the element deficiency for pine. High content of Zn, Pb and Cd in pine needles was also found. Sums of height increment of spruce cultures after fertilization of II and I formulas were similar during 3 years of investigation and ranged from 48 to 52% in comparison to control. In biennial investigation carried out in spruce cultures the best effect was found after the fertilization of I formula; sum of height increments was about 143% higher than control. Content of macro and microelements in spruce needles shows good nutrition state of plantings; the nutrition of nitrogen is even surplus in the forest culture with clear variability during the investigation. The effects of height increments of pine and spruce achieved in the intermediate controls were significantly lower than variants with multicomponent fertilizers. It means that multicomponent fertilizers better influenced the height increment.

(trans. D. D.)

LITERATURA

- Bergman W. 1992. Nutritional disorders of plants. G. Fischer Verlag Jena. Stuttgart. New York.
Evers F.H. 1986. Die Blatt – und Nadelanalyse als Instrument der Bioindikation. Allg. Forstzeitschr., 1-2: 6-9.
Fober H. 1998. Żywienie mineralne w Biologia Świerka Pospolitego. PAN Instytut Dendrologii. Bogucki Wydawnictwo Naukowe.
Gawliński St. 1991. Wpływ nawożenia mineralnego na wegetację i chemizm sosny zwyczajnej. IOŚ Warszawa.

- Jonas F., Jonas F. Jr. 1982. Meliorace lesnych pud intokikovaných imisemi sloučenin siry v Krasnych Horach. Lesnictvi, 2: 103-122.
- Kuszelewski L., Goźliński H. 1970. Działanie wysokich dawek nawozów mineralnych na glebach bielicowych lekkich. Cz. IV. Zawartość makro i mikroskładników w plonach przy różnych poziomach nawożenia roślin w płodozmianie pięciopolowym. Roczn. Nauk Roln., A, 96(4): 151-166.
- Szołtyk G. 1983. Wpływ dolistnego nawożenia mocznikiem na wzrost siewek sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris* L.). Pr. dokt. Inst. Bad. Leś., Warszawa.
- Szołtyk G., Winiarski A. 2004. Rewitalizacja zdegradowanych gleb leśnych na terenach zagrożenia ekologicznego nawozami wieloskładnikowymi o przedłużonym działaniu. Spr. nauk. z projektu P06H 021 20, Sękocin.
- Ulrich B., Meiwes K. J., König N., Khanna P. K. 1984. Untersuchungsverfahren und Kriterien zur Bewertung der Versauerung und ihrer Folgen in Waldbodn. Forst und Holzwirt, 11: 278-286.
- Walendzik R. 1977. Próba ustalenia właściwego stosunku podstawowych składników pokarmowych (N:P:K) w glebie przy mineralnym odżywianiu sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris* L.) w szkółkach leśnych. Pr. dokt., Inst. Bad. Leś., Warszawa.
- Walendzik R. 1993. Degradacja gleb leśnych w Sudetach Zachodnich i próby jej ograniczenia. Sylwan, 11: 29-38.
- Walendzik R. 1994. Charakterystyka degradacji gleb leśnych w Sudetach Zachodnich i próby jej rewitalizacji. Pr. Inst. Bad. Leś., B, 21/1: 37-57.
- Walendzik R., Szołtyk G., Olejarski I., Goć K. 1995. Wdrożenie nawożenia mineralnego w Sudetach Zachodnich. Pr. Inst. Bad. Leś., B, 25: 385-397.
- Walendzik R., Szołtyk G., Olejarski I., Przyborowska J. 1995. Rewitalizacja gleb leśnych i drzewostanów na terenach zagrożenia ekologicznego w Sudetach Zachodnich. Pr. Inst. Bad. Leś., B, 25: 315-339.