

ERYK LATOCHA, JOLANTA BIEDROŃ

**Wpływ rębni
i sposobów przygotowania gleby
na zawartość metali ciężkich
w liściach drzew**

Влияние рубок и способов подготовки почвы на содержание тяжелых металлов в листьях деревьев

Influence of the form of felling and the manners of soil preparation on the content of heavy metals in the leaves of trees

WPROWADZENIE

Problem przebudowy drzewostanów iglastych zamierających pod wpływem emisji przemysłowych sprowadza się nie tylko do dobru gatunków drzew mniej wrażliwych niż sosna pospolita, ale i do wykorzystania najwłaściwszych rębni oraz zabiegów agrotechnicznych.

Wiosną 1973 r. Zakład Gospodarki Leśnej Rejonów Przemysłowych IBL założył w nadl. Świerklaniec (OZLP Katowice) powierzchnię doświadczalną, na której posadzono główne gatunki drzew stosowane w przebudowie drzewostanów na siedliskach borowych, w warunkach rębni zupełnej znormalizowanej i smugowej oraz częściowej. W obu wariantach rębni zupełnej glebę przygotowano orką pełną średnio głęboką (do głębokości ok. 50 cm) oraz w dołki o głębokości ok. 50 cm. Na powierzchni tej prowadzone są badania, w celu ustalenia, które z zastosowanych rębni i sposobów przygotowania gleby stwarzają najkorzystniejsze warunki dla wzrostu wprowadzonych upraw. Szczegółową charakterystykę powierzchni doświadczalnej podano w poprzedniej pracy autorów (2).

Przeprowadzone badania na uprawach doświadczalnych wykazały, że orka pełna powoduje znaczne zmniejszenie stężenia, zwłaszcza ołowiu i cynku w górnej warstwie gleby, w porównaniu z zawartością tych metali w glebie nie naruszonej przez uprawę.

Poniżej przedstawiono wyniki badań nad koncentracją niektórych metali ciężkich w aparacie asymilacyjnym drzew na tej powierzchni.

Rozpatrując zawartość metali ciężkich w roślinach trzeba brać pod uwagę ilości, jakie pobierane są przez rośliny z gleby oraz jakie dostają się do roślin z powietrza. W badaniach okazało się, że 30 do 70% zawartości ołowiu w roślinach daje się wyplukać. Przenikanie kadmu i cynku do nadziemnych części żywych roślin jest łatwiejsze niż ołowiu, z uwagi na znacznie wyższą rozpuszczalność związków kadmu i cynku (8). Cynk zaliczany jest do podstawowych substancji odżywczych roślin.

Garber (5) podaje za Hawfem i Schmidem, że kadm i cynk są bardzo łatwo przyswajane przez rośliny, przy czym kadm, podobnie jak miedź, hamuje przyswajanie cynku.

Kloke (8) uważa, że zawartość cynku w roślinach zależy od gatunku rośliny, stanowiska, stopnia rozpuszczalności związków cynku w glebie i w badanych częściach roślin.

Crössmann (3) wyraża pogląd, że opad związków zawierających metale ciężkie może być nieszkodliwy dla roślin uprawnych w wypadku optymalnych warunków glebowych. Złe zaopatrzenie gleby w składniki pokarmowe, zwłaszcza w wapno i kwas fosforowy oraz w substancje organiczne, powiększa ryzyko pobierania metali ciężkich z gleby przez rośliny.

Związki metali ciężkich są gromadzone niejednakowo w różnych częściach roślin. Świeboda (11) podaje za Jonesem, że rośliny mają zdolność gromadzenia ołowiu w korzeniach, co ogranicza jego transport do części nadziemnych. Podobne informacje przytacza Garber (5) za Kellerem i Zuberem, którzy przy koncentracji ołowiu w glebie 1000 ppm stwierdzili w jednorocznych igłach młodych świerków 21 ppm, a w korzeniach 3825 ppm Pb.

Wpływem metali ciężkich na roślinność zajmuje się wielu badaczy, zwłaszcza w ostatnim okresie. Z piśmiennictwa wynika, że jest to zagadnienie złożone, wymagające dalszych badań.

CEL, METODYKA I PRZEBIEG PRAC

Celem pracy było określenie koncentracji niektórych metali ciężkich w aparacie asymilacyjnym kilku gatunków drzew, w uprawach doświadczalnych założonych przy różnych wariantach rębni i przygotowania gleby oraz porównanie jej z zawartością metali ciężkich w górnej (0—45 cm) warstwie gleby. Wyniki oznaczeń stężenia metali ciężkich w glebie przedstawiono w „Sylwaniu” nr 12 z 1979 r. (2).

Próbki igieł i liści pobrano w połowie września 1978 r. z kilkudziesięciu drzewek w każdym gatunku, w różnych kombinacjach przygotowania gleby i rębni, zawsze od strony południowej, z wysokości ok. 1,5—2 m nad powierzchnią gruntu (u brzozy i olszy) lub z górnej części pędu głównego u pozostałych gatunków. Przeciętną wysokość i wiek

drzewek poszczególnych gatunków na powierzchni doświadczalnej podano w tab. 1.

Tabela 1

Zestawienie przeciętnych wysokości (w cm) drzewek na powierzchni doświadczalnej w 1977 r.

Rodzaj rębni Sposób przygotowania gleby	zupełna		częściowa	Wiek drzewek
	orka pełna	dołki		
Sosna pospolita	49,0	49,3	38,1	5
Sosna czarna	31,0	27,2	20,9	5
Sosna wejmutka	78,1	58,1	63,6	7
Brzoza brodawkowata	362,1	219,8	225,4	8
Olsza szara	340,0	232,4	223,8	7
Dąb czerwony	179,5	99,3	107,5	8
Dąb szypułkowy	141,5	104,7	106,1	8

Próbki materiału roślinnego, nie myte, suszono początkowo w temperaturze pokojowej, a następnie w temperaturze 105°C w czasie 1 godz. Do oznaczeń pobierano 1 g suchej masy roślinnej. Próbkę umieszczano w tyglu platynowym i spopielało w piecu muflowym w temp. 500°C w czasie 24 godz. Następnie roztwarzano popiół w 10 cm³ 10% roztworu HCL i odparowywano roztwór na łaźni wodnej do sucha. Z kolei do tygla wprowadzano ponownie 10 cm³ HCL i po upływie 30 minut ogrzewania na łaźni przenoszono roztwór ilościowo do kolby miarowej, uzupełniano objętość próbki wodą zdejonizowaną do 10 cm³ i wykonywano oznaczenia na zawartość Zn, Pb, Mn, Cu i Cd.

Pomiary wykonywano w dwóch seriach, na spektrofotometrze absorbcji atomowej, firmy Pey Unicam SP-1900, przy zastosowaniu lamp o następującej charakterystyce (λ) dla: cynku 213,9 nm, ołowiu 217,0, manganu 279,5, miedzi 324, 8 i kadmu 228,8 nm. Granice wykrywalności wynosiły dla cynku 0,2 ppm, ołowiu 2,0, manganu 1,0, miedzi 3,6 i dla kadmu 1,0 ppm.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Wyniki analiz (tab. 2) wykazują, że w liściach badanych gatunków drzew występuje najwięcej związków cynku i manganu, następnie ołowiu, a najmniej związków miedzi i kadmu. Poszczególne gatunki cechuje wybiórczość w pobieraniu pierwiastków metali ciężkich.

Największe stężenie cynku stwierdzono u gatunków liściastych. Mniej cynku zawierają dwuletnie igły sosen. Igły jednoroczne, wystawione najkrócej na działanie emisji metali ciężkich, wykazują mniejszą ich zawartość niż igły dwuletnie.

Spośród gatunków liściastych największą zawartość cynku wykazują liście brzozy brodawkowatej, a następnie olszy szarej. W rębniach zupełnych w liściach brzozy stwierdzono 838,2 ppm cynku po przygotowaniu gleby orką pełną, 1214,6 ppm Zn po przygotowaniu gleby w dołki oraz 695,3 ppm w rębni częściowej. W liściach olszy zawartości te wynoszą odpowiednio 286,8 i 533,9 oraz 337,2 ppm Zn. Najmniejsze stężenie związków cynku wykazują jednoroczne igły sosny pospolitej i czarnej, w których — w zależności od rębni i sposobu przygotowania gleby — koncentracja cynku ogólnego waha się od 74,7 do 118,6 ppm.

K l o k e (8) podaje za innymi, że dla zdrowych roślin zawartości cynku w suchej masie wynoszą od 20 do 100 ppm, a szkody wywołane przez nadmiar cynku występują przy stężeniach pomiędzy 500 a 7500 ppm. G a r b e r (5) podaje za Ahrensem jako normalną zawartość cynku w liściach dla drzew liściastych 115 ppm (średnia), min. 31 ppm, maks. 467 ppm, zaś dla drzew iglastych 66,2 ppm (średnia), min. 45,8 maks. 88,3 ppm.

S w i e b o d a (11) na powierzchni kontrolnej, położonej ok. 30 km na północ od huty ołowiu i cynku „Bolesław” stwierdziła w 2-letnich igłach sosny pospolitej 85 ppm Zn, a C y b u ł k o (4) w igłach sosny rosnącej poza wpływem przemysłu wykazał 33,1—97,8 (średnio 50) ppm cynku.

Porównując przytoczone dane z terenów nie znajdujących się pod wpływem emisji związków cynku z danymi uzyskanymi na powierzchni doświadczalnej widzimy, że powierzchnia ta znajduje się pod wyraźnym wpływem opadających pyłów cynku. Stwierdzone ilości cynku w aparacie asymilacyjnym drzew nie wydają się wpływać ograniczająco na wzrost drzewek.

Zwraca uwagę wyraźnie większe stężenie cynku w liściach drzewek posadzonych po przygotowaniu gleby w dołki, w porównaniu z przygotowaniem gleby orką pełną (tab. 2). Średnia koncentracja cynku ogólnego u czterech gatunków liściastych na orce pełnej wynosi 328,6 ppm, a w dołkach — 505,1 ppm. Dwuletnie igły sosen zawierają średnio 149,6 ppm Zn na glebie oranej oraz 176,1 ppm w dołkach. Również w jednorocznych igłach sosen stwierdzono mniej cynku na orce pełnej (średnio 83,7 ppm) niż w dołkach (średnio 103,2 ppm). Uzyskane wyniki zawartości cynku w aparacie asymilacyjnym drzewek, w zależności od sposobu przygotowania gleby (w tych samych warunkach rębni), są

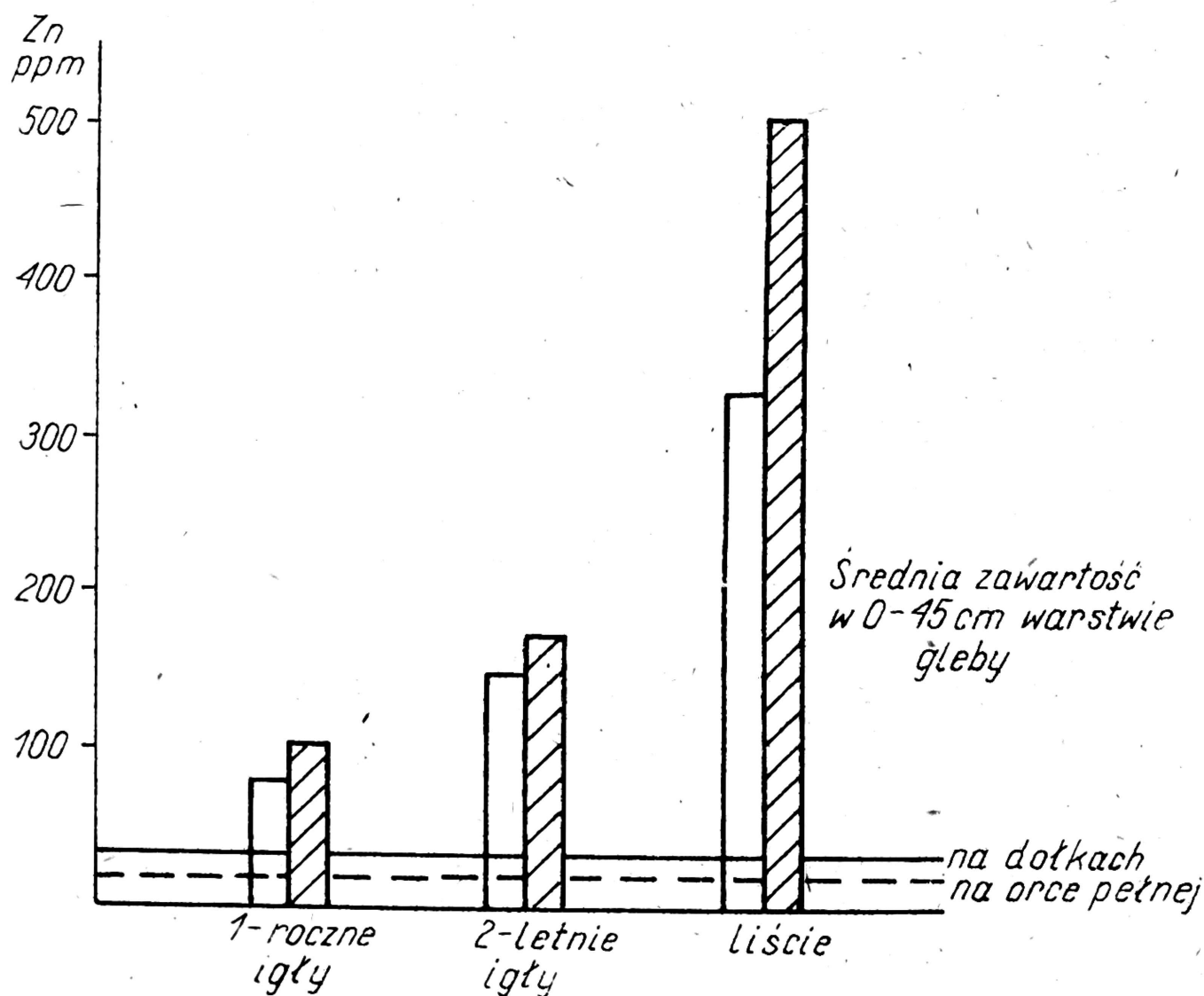
Zawartości metali ciężkich (w ppm) w aparacie asymilacyjnym drzewek na powierzchni doświadczalnej

Średnie zawartości w ppm	cynku Zn		manganu Mn		ołowiu Pb		miedzi Cu		kadmii Cd				
	zupełna	częściowa	zupełna	częściowa	zupełna	częściowa	zupełna	częściowa	zupełna	częściowa			
Rodzaj rębni	orka pełna	dołki	orka pełna	dołki	orka pełna	dołki	orka pełna	dołki	orka pełna	dołki			
Sposób przygotowania gleby	orka pełna	dołki	orka pełna	dołki	orka pełna	dołki	orka pełna	dołki	orka pełna	dołki			
a) igły jednoroczne													
Gatunek:													
Sosna pospolita	75,7	94,7	100,7	141,3	161,0	10,1	13,8	10,1	5,2	7,2	1,0	1,3	1,4
Sosna czarna	74,7	94,7	118,6	70,7	134,7	133,4	5,0	5,0	18,8	7,6	10,0	1,3	1,4
Sosna wejmutka	100,6	120,2	110,1	130,9	180,3	180,2	7,5	14,5	10,0	5,2	7,2	1,7	2,3
X	83,7	103,2	109,8	100,8	152,1	158,2	7,5	11,1	13,0	6,4	8,1	1,3	1,7
b) igły dwuletnie													
Sosna pospolita	168,7	184,8	200,8	256,0	299,9	321,3	73,8	66,0	45,2	5,2	5,2	2,0	1,4
Sosna czarna	139,7	152,8	140,8	209,5	229,4	125,7	53,4	58,2	57,3	8,0	7,7	1,0	1,7
Sosna wejmutka	140,3	190,6	151,6	193,0	158,1	176,9	47,6	68,7	63,7	5,2	5,2	2,0	2,0
X	149,6	176,1	164,4	219,5	229,1	208,0	58,3	64,3	55,4	6,1	6,0	1,7	1,7
c) gatunki liściaste													
Brzoza brodawkowata	838,2	1214,6	695,3	280,2	353,1	149,0	65,4	61,0	44,7	10,8	16,2	3,6	4,7
Olsza szara	286,8	533,9	337,2	148,5	212,4	133,9	64,0	74,9	68,4	19,4	16,6	1,3	1,3
Dąb czerwony	106,4	131,6	160,2	329,7	177,2	225,3	14,7	14,7	19,0	12,2	11,1	0,7	1,0
Dąb szypułkowy	83,0	140,3	156,9	163,7	363,4	294,2	42,5	31,1	44,1	14,2	18,0	1,4	1,4
X	328,6	505,1	337,4	230,5	276,5	200,6	46,7	45,4	44,1	14,2	15,5	1,8	2,0

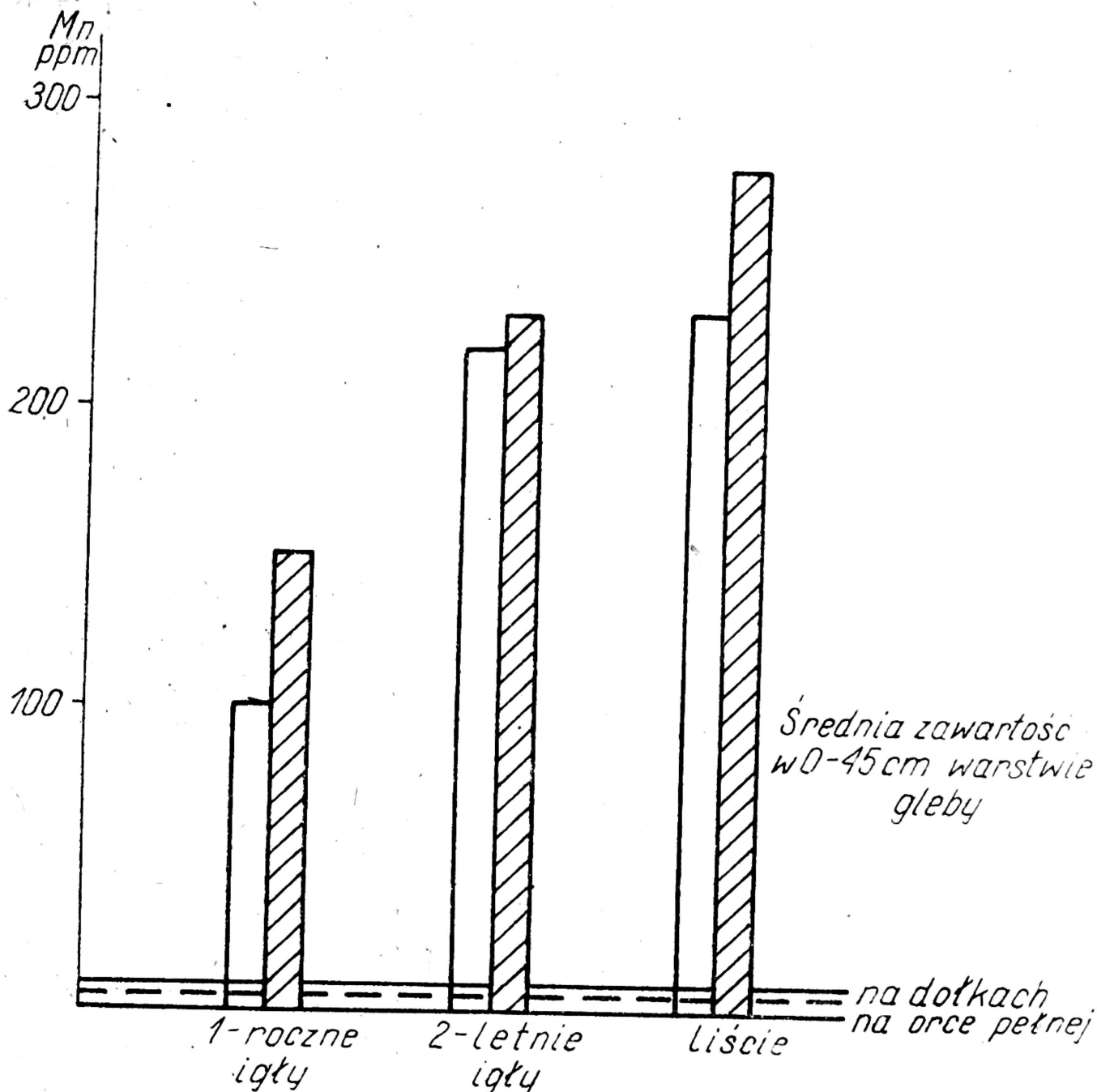
wprost proporcjonalne do zawartości cynku w górnej (0—45 cm) warstwie gleby (ryc. 1).

Zauważono mniejsze stężenie związków cynku w liściach drzew z rębni częściowej, w porównaniu z rębniami zupełnymi (przy identycznym sposobie przygotowania gleby w dołki). Średnia zawartość Zn u gatunków liściastych pod osłoną starodrzewu sosnowego o zadrzewieniu ok. 0,4 wynosiła 337,4 ppm, a w rębniach zupełnych 505,1 ppm. Podobnie dwuletnie igły sosn wykazują średnio większe stężenie cynku na zrębach zupełnych niż w rębni częściowej. Jedynie jednoroczne igły sosn zawierają nieco więcej cynku pod osłoną niż na otwartej powierzchni zrębów.

Analogiczne zależności jak u związków cynku stwierdzono również w zawartości związków manganu: mniejsza koncentracja w materiale roślinnym na orce pełnej niż w dołkach (ryc. 2) oraz zmniejszenie stężenia pod osłoną starodrzewu w stosunku do rębni zupełnych.



Ryc. 1. Średnia koncentracja cynku w aparacie asymilacyjnym po przygotowaniu gleby orką pełną (jasny słupek) i w dołki (cieniowany słupek)



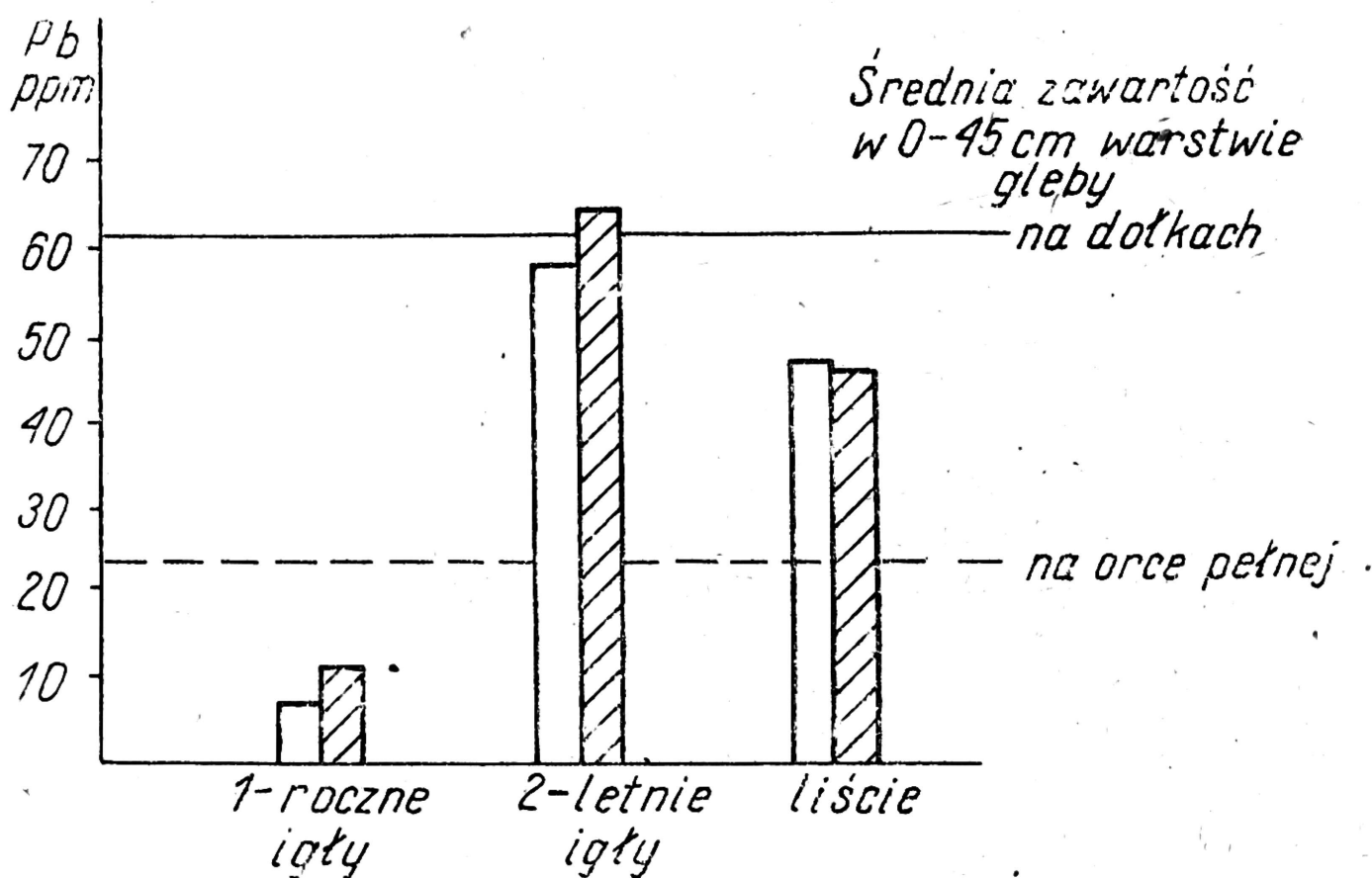
Ryc. 2. Średnia koncentracja manganu w aparacie asymilacyjnym po przygotowaniu gleby orką pełną (jasny słupek) i w dolki (cieniowany słupek)

Mangan zalicza się do najważniejszych niezbędnych dla życia roślin mikroelementów, podobnie jak: żelazo, miedź, cynk, bor i molibden (1). Dotychczas niewiele jest badań na temat roli manganu u drzew leśnych. Trudne do określenia są maksymalne zawartości, których przekroczenie może spowodować działanie toksyczne. M a t e r n a (10) stwierdził, że mangan gromadzi się w starzejących się igłach świerków, w ilościach dochodzących do 260 ppm.

Jednoroczne igły sosen zawierają średnio od 7,5—13,0 ppm związków ołowiu, dwuletnie od 55,4—64,3 ppm, a liście gatunków liściastych średnio od 44,1—46,7 ppm Pb. Ołów jest mniej szkodliwy dla roślin niż związki cynku i kadmu.

Zawartość manganu i cynku w aparacie asymilacyjnym ulega znacznemu wzbogaceniu, w porównaniu z zawartością tych pierwiastków w górnej warstwie gleby (ryc. 1 i 2). Natomiast stężenie ołowiu w igłach i liściach w porównaniu z zawartością w glebie (ryc. 3) nie ulega tak znacznemu wzbogaceniu jak w wypadku manganu i cynku, co można tłumaczyć zarówno lepszą rozpuszczalnością w glebie tych dwóch związków, dużym zapotrzebowaniem drzewek na te pierwiastki, jak i kumulowaniem oraz blokowaniem związków ołowiu w systemach korzeniowych drzewek.

Koncentracja związków miedzi i kadmu w badanym materiale roślinnym jest niewielka. Najwięcej miedzi zawartej jest w liściach, w rębni częściowej (średnio 27,2 ppm).



Ryc. 3. Średnia koncentracja ołowiu w aparacie asymilacyjnym po przygotowaniu gleby orką pełną (jasny słupek) i w dołki (cieniowany słupek)

WNIOSKI I PODSUMOWANIE

Rozpatrując pobieranie cynku i manganu z gleby (w tych samych warunkach rębni zupełnych), w różnych wariantach uprawy gleby, można wnioskować, że orka pełna o głębokości ok. 50 cm zmniejsza podaż cynku i manganu dla wprowadzanych gatunków drzew w początkowym okresie wzrostu, w porównaniu z przygotowaniem gleby w dołki. Dzieje

się tak na skutek usunięcia w czasie karczowania i spychania pni na zwały ścióły i części wierzchniej warstwy gleby, wykazujących silne właściwości kumulowania metali ciężkich pochodzących z emisji przemysłowych. Pewną rolę może również odgrywać zmniejszenie kwasowości w ornej warstwie gleby średnio z pH_{KCl} 3,8 do 4,3 (9).

Biorąc pod uwagę, że zawartości cynku i manganu w glebie przygotowanej w dołki zarówno w rębni zupełnej jak i częściowej są podobne, a stężenia tych pierwiastków w aparacie asymilacyjnym pod osłoną starodrzewu są wyraźnie niższe niż w warunkach rębni zupełnych, można mówić o ochronnej roli okapu w pobieraniu tych pierwiastków z powietrza.

Gospodarka leśna na terenach przemysłowych w ograniczonym zakresie ma możliwość wpływania na pobieranie przez sadzonki drzew niektórych metali ciężkich zarówno z gleby jak i z powietrza. Przez średnio głęboką orkę pełną można do pewnego stopnia zmniejszyć koncentrację niektórych metali ciężkich w warstwie oranej, a tym samym poprawić warunki glebowe w porównaniu z tradycyjnymi sposobami przygotowania gleby. Pełna uprawa gleby powinna być stosowana przede wszystkim w warunkach silnego skażenia metalami ciężkimi. Ważnym zabiegiem przy przygotowaniu gleby jest wapnowanie, które zmniejsza podaż metali ciężkich z gleby dla roślin.

Uprawy założone na orkach pełnych na siedliskach borowych, zarówno w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym (9), w Legnicko-Głogowskim Okręgu Miedziowym (8) jak i na terenach nie znajdujących się pod wpływem emisji przemysłowych (12), charakteryzują się lepszą udatnością i wzrostem niż na powierzchniach o tradycyjnym przygotowaniu gleby (w dołki, bruzdy, talerze).

W większych odległościach od źródeł emisji metali ciężkich lepsze warunki dla wprowadzonych upraw stwarza rębnia częściowa niż rębnia zupełna, na skutek zmniejszenia pobierania pyłów niektórych pierwiastków metali ciężkich z powietrza, które — jak można przypuszczać — osadzają się w koronach starodrzewu.

LITERATURA

1. Baule H., Fricker C.: Nawożenie drzew leśnych. Warszawa: PWRiL 1973.
2. Biedroń J., Latocha E.: Wpływ orki pełnej na zawartość niektórych metali ciężkich w glebach rejonu przemysłowego. Sylwan 1979 R. 123. nr 12.
3. Crössmann G.: Untersuchungen über Anreicherungen von Schwermetallen in Böden mit und ohne Bearbeitung. Staub 1974 Nr. 1.

4. Cybulko T.: Z badań nad zawartością niektórych pierwiastków śladowych u sosny pospolitej *Pinus silvestris* L. Fol. For. Pol., Ser. A 1967 z. 13.
5. Garber K.: Schwermetalle als Luftverunreinigung — Blei—Zink—Cadmium —Beeinflussung der Vegetation. Staub 1974 Nr. 1.
6. Hapke H.J.: Wirkungen und Schäden durch Blei, Cadmium und Zink bei Nutztieren. Staub 1974 Nr. 1.
7. Jurczak-Latocha i in.: Opracowanie sposobów przebudowy drzewostanów sosnowych pozostających pod wpływem imisji w LGOM. Dokumentacja. Warszawa: IBL 1981.
8. Klocke A.: Blei-, Zink-, Cadmium-Anreicherung in Böden und Pflanzen. Staub 1974 Nr. 1.
9. Latocha E. i in.: Badania i określenie sposobów przebudowy drzewostanów iglastych pozostających pod wpływem imisji w GOP i KOP. Dokumentacja. Warszawa: IBL 1980.
10. Materna J.: Kupfer-, Zink- und Mangangehalte in Fichtenbeständen. Tagungsberichte. Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin. 1962 nr 50.
11. Świeboda M.: Wpływ przemysłowych zanieczyszczeń powietrza na sosnę zwyczajną *Pinus silvestris* L. między hutą ołowiu i cynku „Bolesław” a Ojcowskim Parkiem Narodowym. Ochr. Przyr. 1980 R. 43.
12. Tuszyński M.: Badanie wpływu pełnych orek różnej głębokości na wzrost i rozwój upraw sosny, dębu i gatunków szybko rosnących w różnych warunkach siedliskowych. Dokumentacja. Warszawa: IBL 1973.

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 7 września 1981 r.

Краткое содержание

Представленные в табл. 2 результаты анализов растительного материала взятого из разных комбинаций экспериментальной площади показывают, что в листьях исследуемых пород деревьев констатировано больше всех соединений цинка и марганца, потом свинца, а меньше всех соединений меди и кадмия.

Рассматривая содержание соединений цинка и марганца в иглах и листьях при разных вариантах обработки почвы, можно констатировать, что полная вспашка глубиной ок. 50 см уменьшает поступление цинка и марганца из почвы для вводимых пород деревьев в первоначальном периоде роста по сравнению с подготовкой почвы в ямки.

Содержание в ассимиляционном аппарате соединений цинка и марганца подвержено значительному обогащению по сравнению с содержанием этих двух элементов в верхнем 0—45 см слое почвы (рис. 1 и 2), в отличие от содержания соединений свинца (рис. 3).

Заслон старого соснового насаждения с лесистостью около 0,4 уменьшает потребление соединений цинка и марганца из воздуха ассимиляционным аппаратом деревьев, по сравнению с открытыми площадями сплошных лесосек.

Ведение лесного хозяйства на промышленных территориях в ограниченной степени влияет на потребление саженцами деревьев некоторых тяжёлых металлов как из почвы, так и из воздуха. Полная обработка почвы должна применяться, прежде всего, в условиях сильного отравления тяжёлыми металлами.

На более далеких расстояниях от источника эмиссии тяжёлых металлов постепенная рубка создает для вводимых культур лучшие условия, чем сплошная рубка, в результате уменьшения потребления пыли некоторых тяжёлых металлов из воздуха, которая, как можно предполагать, оседает на кронах старого насаждения.

Summary

Given in table 2 results of analyses of plant material taken from different combinations of the experimental area show in the assimilation apparatus of investigated tree species the highest content of zinc and manganese compounds, less content of lead compounds and the least one of copper and cadmium compounds.

When analysing the content of zinc and manganese compounds in needles and leaves, in particular variants of soil preparation, one can state that full ploughing of about 50 cm depth decreases the supply of zinc and manganese from the soil for introduced tree species during the initial period of growth, as compared with soil preparation in holes.

The content of zinc and manganese compounds in the assimilation apparatus becomes higher in comparison with content of these two elements in the upper (0—45 cm) soil layer (figs. 1 and 2), contrary to the content of lead compounds (fig. 3).

The shelter of old pine stand (degree of crop density 0.4) decreased the absorption of zinc and manganese compounds from the air through the assimilation apparatus of trees, as compared with open clear cutting areas.

The forest economy in industrial regions has the possibility (to limited degree) to influence the absorption by the tree plants of some heavy metals both from the soil and from the air. The full ploughing of soil should be applied first of all in conditions of a strong pollution with heavy metals.

At greater distances from emission sources of heavy metals, better conditions for introduced plantations are created by shelter-wood felling than by clear cutting because of less absorption of dusts of some heavy metals from the air, which — as it can be presumed — settle in the tree crowns of the old stand.

Do Czytelników i Autorów „Folia Forestalia Polonica”

Deklaracja programowa Komitetu Redakcyjnego czasopisma „Folia Forestalia Polonica”, sformułowana w pierwszym zeszycie przed 25 laty, była trafna i odpowiadała ówczesnym potrzebom czytelników i aspiracjom autorów. Konsekwentna realizacja przyjętych założeń redakcyjnych postawiła to wydawnictwo w szeregu liczących się największym prestiżem czasopism naukowych.