

**VALERY ISIDOROV, EWA PIROŹNIKOW,  
JADWIGA JAROSZYŃSKA, JOANNA JAKUBCZAK,  
TADEUSZ SACHAREWICZ**

## **Wstępne badania składu oraz sezonowych zmian olejków eterycznych drzew iglastych rosnących w Polsce**

Investigations of the Composition and Rate of the Essential Oils  
of Coniferous Trees in Poland

### **Wstęp**

**S**kład chemiczny olejków eterycznych z drzew iglastych wzbudza ostatnio coraz większe zainteresowanie. Tak z powodu wykorzystywania ich składu do badań nad procesami filogenezy oraz fizjologii roślin, jak również zastosowań przemysłowych (2,6,12,19). Odkrycie mechanizmów dziedziczności biosyntezy monoterpenu może stać się podstawą prac nad ochroną lasów i hodowlą gatunków iglastych.

W ostatnich latach olejkami eterycznymi zainteresowali się również chemicy atmosfery (11,14,21), gdyż stwierdzono, że lotne związki organiczne (przede wszystkim terpeny  $C_{10}H_{16}$ ) uczestniczą w reakcjach fotochemicznych oraz mają wpływ na kształtowanie utleniających właściwości atmosfery. Jeżeli stężenia zanieczyszczeń antropogennych ( $NO$ ,  $NO_2$  i  $SO_2$ ) w atmosferze są znaczne, wówczas terpeny reagują z tymi związkami (5,9,10). Produktami reakcji jest ozon, nadtlenek wodoru, nadtlenki organiczne oraz azotany nadtlenków acyli (7,18,22). Związki te mają silne działanie fitotoksyczne. W pracach (15-17,23) wysunięto przypuszczenia, że takie fotochemiczne procesy są odpowiedzialne za degradację ekosystemów leśnych w tzw. "czarnym trójkącie" Europy Środkowej i Wschodniej. Zatem jednym z czynników wywołujących "Wäldschade Syndrom" są fitogenne węglowodory terpenowe wydzielane do zanieczyszczonej atmosfery.

Wiadomo, że emisja węglowodorów terpenowych zależy od składu i zasobności olejków eterycznych zgromadzonych w tkankach roślin (14,21). Niestety, dysponujemy kilkoma zaledwie publikacjami opisującymi skład olejków pozyskiwanych z drzew iglastych rosnących w Polsce. Donoszą one o badaniu tylko jednej grupy związków — monoterpenu

w olejkach sosny zwyczajnej (3) i jodły (13). Nie badano natomiast zawartości takich substancji jak terpenoidy (pochodne terpenów zawierające atomy tlenu) i seskwiterpeny  $C_{15}H_{24}$ , ani sezonowej dynamiki tych grup związków.

Prezentowana praca przedstawia wyniki wstępnych badań nad składem i zmiennością w ciągu roku olejków eterycznych w igłach drzew leśnych w Puszczy Knyszyńskiej. Badaniem objęto sosnę zwyczajną *Pinus sylvestris* L., świerk pospolity *Picea abies* (L.) Karst., jodłę pospolitą *Abies alba* Mill., i modrzew europejski *Larix decidua* Mill. Do badań zastosowano metodę chromatografii gazowej w układzie GC oraz metodę GC-MS.

## Materiał badawczy

Próbki igliwia z 1- i 2-letnich pędów sosny pozyskiwane były z uprawy w Nadleśnictwie Krynki (oddział 56f). Drzewa rosły tu w więźbie 4m×4m. Wiek sosen wynosił 9 lat. Materiał na pojedynczą próbkę zbierano z pięciu drzew, ścinając 2–3-letnie pędy z dolnych partii drzewa. Próby pobrano pięciokrotnie, w okresie od czerwca 1994 do kwietnia 1995 w czasie słonecznej pogody.

Próbki igliwia 1- i 2-letnich pędów świerka i modrzewia pobierano z otuliny wspomnianej uprawy, natomiast jodły z Parku Pałacowego w Białowieży.

## Przygotowanie próbek do badań

Olejki eteryczne wyodrębniono metodą destylacji z parą wodną. W tym celu do kolby o poj. 2 dm<sup>3</sup> odważano 250–300g igieł, dodawano 1,5 dm<sup>3</sup> wody i nakrywano chłodnicą zwrotną, pod którą zamocowany był odbieralnik z rurką syfonową. Zawartość kolby utrzymywano w stanie wrzenia a skroplone pary wody i olejków eterycznych spływały z chłodnicy do odbieralnika. Ogrzewanie prowadzono tak długo, dopóki grubość warstwy olejku w odbieralniku przestawała wzrastać (około 6 godz). Zebrane olejki przenoszono za pomocą pipetki do szklanej ampułki, którą przedmuchiwano argonem i zatapiano.

## Aparatura do badań

Analizę składników przeprowadzono na chromatografie gazowym z kwarcową kolumną kapilarną (25mm×0,25 mm) zawierającą metylofenylosilikon DB-5 jako fazę stałą. Składniki rozdzielono stosując programowaną temperaturę kolumny w zakresie 50 do 200°C z szybkością grzania 3°/min. Temperatura odparowania 160°C, detektora płomieniowo-jonizacyjnego — 210°C; szybkość gazu nośnego 1,0 cm<sup>3</sup>/min z rozdziałem w stosunku 1:25. Na kolumnę wprowadzano 0,3 µl mieszaniny badanego olejku eterycznego i wzorcowych n-alkanów C<sub>8</sub>C<sub>17</sub>. Względną zawartość olejków określono na podstawie powierzchni pików na chromatogramach. Czasy retencji otrzymane dla badanych substancji wykorzystano do obliczenia liniowych (arytmetycznych  $I_A$ ) współczynników retencji wg zależności:

$$I_A = \frac{t_x - t_n}{t_{n+1} - t_n} \cdot 100 + 100n$$

gdzie:

$t_x$ ,  $t_n$ ,  $t_{n+1}$  — czasy retencji badanego składnika  $x$  oraz sąsiednich  $n$ -alkanów zawierających  $n$  oraz  $n+1$  atomów węgla ( $t_n < t_x < t_{n+1}$ ).

Olejki te badano równolegle z użyciem chrom-mass-spektrometru LKB-2091 (prod. szwedzkiej). Kolumna chromatograficzna i warunki rozdzielania były takie same jak w analizie ilościowej. Temperatura separatora 200°C, źródła jonów 250°C. Jonizację prowadzono elektronami o energii 70eV. Prąd katodowy — 25μA, różnica potencjałów 3,5 kV. Identyfikacji składników dokonano na podstawie widm masowych podanych w monografii (8) oraz przez porównanie współczynników retencji opublikowanych w pracach (1,4).

## Wyniki badań i dyskusja

Olejki eteryczne wydzielane z drzew iglastych metodą destylacji z parą wodną, zawierały około 70–80 związków należących do czterech grup: monotereny C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>, monoterenoidy C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>O, C<sub>10</sub>H<sub>18</sub>O i C<sub>12</sub>H<sub>20</sub>O<sub>2</sub> (alkohole, ketony i etery), seskwiterpeny C<sub>15</sub>H<sub>24</sub> i seskwiterpenoidy C<sub>15</sub>H<sub>24</sub>O. Wiele z nich występuje w znikomych ilościach toteż ich identyfikacja jest bardzo trudna. W przypadku tych substancji ograniczyliśmy się do zakwalifikowania ich do jednej z czterech wyróżnionych grup. W tabeli 1 zestawiono substancje zidentyfikowane w olejkach. Ich zawartość wynosi nie mniej niż 0,1–0,2%

TABELA 1

Skład jakościowy olejków eterycznych roślin iglastych rosnących w lasach Polski;  $I_A \pm \delta$  — arytmetyczny indeks retencji

Substancja	Formuła	$I_A \pm \delta$	Gatunki
Santen	C <sub>9</sub> H <sub>14</sub>	886±1	1, 2
Tricyklen	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	923±2	1–4
α-Pinen	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	938±2	1–4
Kamfen	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	951±1	1–4
Sabinen	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	972±3	1, 3, 4
β-Pinen	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	978±3	1–4
Mircen	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	989±1	1–4
α-Felandren	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1006±2	1, 3, 4
3-Karen	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1014±2	1, 3, 4
α-Terpinen + cymol	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> +C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	1018±1	1, 3, 4
Limonen + β-felandren	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1029±1	1–4
(Z)-β-Ocimen (*)	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1045±2	1, 4
γ-Terpinen	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1058±2	1–4
Terpinolen	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1089±1	1–4
Hydrat pinenu (*)	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	1116±1	3
Terpenoid	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	1127±1	1
Kamfora	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	1148±2	1, 2
Pinokarwon (*) +	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O		

cd. tabeli 1 na następnej stronie

Substancja	Formuła	$I_A \pm \delta$	Gatunki
Izoborneol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	1160	1
Terpenoid	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	1160	1
Borneol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	1170±2	1
α-Terpineol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	1193±2	1-4
α-Terpineol (*)	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	1193±2	1-4
Terpenoid	(**)	1226	1, 4
Terpenoid	(**)	1255	1, 4
Terpenoid	(**)	1275±1	4
α-Longipinen (*)	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1348±3	1, 2
Seskwiterpen	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1348±3	1, 2
Seskwiterpen	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1359	2
Seskwiterpen	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1372	3
β-Kariofilen	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1417	2
Seskwiterpen	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1429±1	2-4
β-Kariofilen	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1429±1	2-4
Seskwiterpen	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1435	2
Seskwiterpen	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1459	2
γ-Gurjunen (*)	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1480±2	3, 4
D-Germakren (*)	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1480±2	3, 4
Seskwiterpen	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1480±2	3, 4
α-Murolen	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1495±2	4
Seskwiterpen	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1506	3, 4
γ-Kadinen	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1512±2	2-4
δ-Kadinen (*)	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1522±1	2-4
α-Murolen	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1495±2	4
α-Kalakoren (*)	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1538±2	4
Seskwiterpen	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1538±2	4
Seskwiterpen	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1545±0	4
Seskwiterpenoid	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O (***)	1612	1, 2
Seskwiterpenoid	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O	1627	4
Seskwiterpenoid	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	1639	2-4
cis-α-Kadinol	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	1653±1	1-4
trans-α-Kadinol	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	1666±1	1-4
trans-α-Kadinol (*)	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub>	1666±1	1-4

- 1 — świerk pospolity, 2 — jodła, 3 — modrzew, 4 — sosna zwyczajna  
 \* — związek zidentyfikowany prawdopodobnie  
 \*\* — niezidentyfikowany terpenoid  
 \*\*\* — niezidentyfikowany seskwiterpenoid

ogólnej ilości olejku. Substancje te uszeregowano według wzrastających czasów retencji ( $I_A$ ). Największą liczbę związków wyodrębniliśmy z igliwia sosny — 35 zidentyfikowanych związków. W igliwiu świerka — 31, modrzewia — 30, jodły — 29 (tab. 1).

U wszystkich badanych gatunków frakcja terpenowa stanowi ponad 50% wydzielonego olejku, a jej skład jakościowy odpowiadał składowi podawanemu w literaturze dla odpowiednich, lub bliskich im taksonomicznie, roślin. Przykładowo, sosny i modrzewie mają dużą zawartość  $\alpha$ - i  $\beta$ -pinenu, a świerki — kamfenu. Badany świerk zawierał również charakterystycznie dużo octanu bornylu, jest to typowe dla tego gatunku (12). W monoterpenowej frakcji jodły pospolitej w największych ilościach występuje limonen. Jest to zgodne z wynikami Kowalskiego (13).

W dużo mniejszym stopniu można było zidentyfikować składniki frakcji seskwiterpenowej. Zauważyliśmy jednak, że zawiera ona najwięcej związków, lecz wiele z nich występuje w bardzo małych ilościach nie przekraczających 0,1–0,2%, co bardzo utrudnia ich identyfikację. Jednym z celów badań było potwierdzenie (lub wykluczenie) istnienia sezonowych zmian składu olejków eterycznych wydzielanych przez drzewa iglaste rosnące na terytorium Polski. Takie zmiany powinny być uwzględniane przy interpretacji różnic obserwowanych w biosyntezie terpenów przez różne populacje tego samego gatunku.

W tabeli 2 przedstawiono wyniki obliczeń tempa zmian składu i zasobności olejków eterycznych. Z danych tych wynika, iż najmniejszym wahaniom sezonowym ulegają  $\alpha$ -pinen i kamfen. Najsilniejsze zmiany sezonowe występują w przypadku 3-karenu (w

TABELA 2  
Skład i dynamika głównych komponentów olejków eterycznych

Substancja	Czerwiec 1994	Sierpień 1994	Listopad 1994	Styczeń 1995	Kwiecień 1995
Świerk pospolity					
Monoterpeny	8,5	57,2	57,5	52,1	69,4
w tym:					
$\alpha$ -pinen	0,4	10,3	11,4	10,4	13,8
kampfen	1,1	22,0	23,3	24,7	25,1
limonen +					
+ $\beta$ -felandren	6,7	10,3	7,0	6,6	13,3
Monoterpenoidy	42,5	39,2	37,2	42,0	22,5
w tym:					
kamfora	1,4	5,4	5,1	6,1	0,3
borneol	1,9	6,8	8,4	8,4	3,1
octan bornylu	37,2	22,5	15,3	18,4	12,4
Seskwiterpeny	23,7	1,7	3,2	2,6	3,7
Seskwiterpenoidy	24,9	1,9	2,1	3,3	4,2

cd. tabeli 2 na następnej stronie

Substancja	Czerwiec 1994	Sierpień 1994	Listopad 1994	Styczeń 1995	Kwiecień 1995
----- Sosna zwyczajna -----					
Monoterpeny	68,8	82,7	71,4	83,9	—
w tym:					
$\alpha$ -pinen	23,6	30,9	35,7	39,1	—
kampfen	9,4	8,3	9,3	8,4	—
$\beta$ -pinen	3,6	3,3	10,8	5,3	—
3-karen	20,7	24,6	5,0	17,7	—
Monoterpenoidy	10,9	5,9	7,5	5,0	—
w tym:					
octan bornylu	—	4,3	6,5	3,7	—
Seskwiterpeny	11,2	6,2	12,6	7,4	—
Seskwiterpenoidy	9,5	5,2	9,3	3,4	—
----- Modrzew europejski -----					
Monoterpeny	62,1	74,5	54,7	—	—
w tym:					
$\alpha$ -pinen	23,0	23,6	16,4	—	—
kampfen	4,8	5,7	3,6	—	—
$\beta$ -pinen	6,8	14,3	7,1	—	—
3-karen	14,6	2,4	3,2	—	—
limonen + + $\beta$ -felandren	0,8	15,7	9,4	—	—
Monoterpenoidy	19,6	17,0	17,9	—	—
w tym:					
octan bornylu	14,9	12,2	14,0	—	—
Seskwiterpeny	12,6	5,1	17,7	—	—
Seskwiterpenoidy	5,7	3,4	9,7	—	—
----- Jodła pospolita -----					
Monoterpeny	86,5	88,6	92,5	—	—
w tym:					
$\alpha$ -pinen	16,3	15,8	13,0	—	—
kampfen	21,1	21,8	17,3	—	—
limonen	37,4	37,6	53,1	—	—
Monoterpenoidy	7,2	6,6	3,0	—	—
w tym:					
octan bornylu	—	—	—	—	—
Seskwiterpeny	6,3	4,8	4,5	—	—
Seskwiterpenoidy	0,2	0,6	—	—	—

igłach sosny i modrzewia). Znacznie zmieniała się suma limonenu i  $\beta$ -felandrenu w olejkach pochodzących z modrzewia, jednak nie wiadomo dzięki któremu z tych dwóch związków, gdyż opuszczają one kolumnę w postaci jednego piketu.

Spośród badanych gatunków drzew najsilniej zmienia się w ciągu roku skład wydzielin świerka. W końcu czerwca zaobserwowano u tego gatunku najmniejszą ilość monoterpenu i bardzo wysoką zawartość seskwiterpenów. W końcu sezonu letniego sumaryczne stężenie monoterpenu wzrastało siedmiokrotnie, a względna zawartość seskwiterpenów zmalała 8–12 razy. W tym czasie udział frakcji monoterpenu (głównym składnikiem jest tam octan bornylu) zmieniał się nieznacznie. Bardzo możliwe, że przyczyny tak gwałtownych zmian ilości monoterpenu i seskwiterpenów związane są z przyrostami pędów, w których odbywa się biosynteza tych związków, gdyż pierwszy pobór próbek do badań odbył się w końcu czerwca 1994. Badania von Rudloffa (20) wykazały również znaczne zmiany składu olejków eterycznych na początku okresu wegetacji sosny czarnej (*Pinus mariana*). Podano tam, że w ciągu następnych 3–4 tygodni rozwijania się pędów, skład olejków w młodych i zeszłorocznych igłach sosny tego gatunku różniły się już nieznacznie. Bardzo możliwe, że tak silne różnice występują również w początkowym okresie wzrostu młodych przyrostów badanej przez nas sosny zwyczajnej oraz jodły pospolitej i zakończyły się one przed momentem pierwszego poboru próbek w 1994 r. — dlatego nie zostały przez nas odnotowane. Badania są kontynuowane w bieżącym roku, i być może, poznamy dokładny przebieg zasygnalizowanej tutaj zmienności w gromadzeniu olejków eterycznych przez badane drzewa.

## Wnioski

- W olejkach eterycznych drzew iglastych występuje 70–80 związków chemicznych; monoterpenu, monoterpenuoidów, seskwiterpenów i seskwiterpenoidów.
- Najliczniejszą grupę związków zawierają: olejek eteryczny sosny (35 związków). W olejkach świerka — 31, modrzewia — 30, natomiast jodły — 29.
- Głównym składnikiem olejku sosnowego jest  $\alpha$ -pinen, którego zawartość waha się od 23,6% w porze wiosennej do 39,1% w porze zimowej. W przypadku świerka głównymi składnikami są kamfen powyżej 20% oraz octan bornylu (12,4–37,2%). Dla modrzewia  $\alpha$ -pinen (16,4–23,6%), a dla jodły limonen (37,4–53,1%).
- Zaobserwowano zmiany sezonowe składu olejków eterycznych. Największym zmianom ulega zawartość 3-karenu (w olejkach sosny i modrzewia). Najsilniej zmienia się w sezonie skład olejku eterycznego świerka.

*Instytut Chemii Filii Uniwersytetu Warszawskiego w Białymstoku,  
Al. Piłsudskiego 11/4, 15-443 Białystok*

*Instytut Biologii Filii Uniwersytetu Warszawskiego w Białymstoku,  
ul. Świerkowa 20B, 15-370 Białystok*

## Literatura

1. **Belleau F., Collin G.** (1993) Composition of the essential oil of *Ledum groenlandicum*. *Phytochemistry*, t. 33, s. 117-121.
2. **Bernard-Dagan C.** (1988) Biosynthesis of lower terpenoids: Genetic and physiological controls in woody plants. W: *Genetic Manipulations of Woody Plants*. Ed. by J.Hanover and D.Keathley, Plenum, Nowy York, s. 329-351.
3. **Bukala M., Kuczyński H.** (1952). Badania nad składem polskich terpentyn z *Pinus silvestris* L. *Rocz.Chem.*, 26, s. 54-86.
4. **Engel R., Gütz P.-G.** (1993). Glandular trichomes and the volatiles obtained by steamdistillation of *Quercus robur* leaves. *Z. Naturforsch.*, Bd.48c, s. 736-744.
5. **Fehsenfeld F., Calvert J., Fall R., Goldan P., Guenther A.B., Hewitt C.N., Lamb B., Liu S., Trainer M., Westberg H., Zimmerman P.** (1992). Emissions of volatile organic compounds from vegetation and the implications for atmospheric chemistry. *Global Biogeochem. Cycles*, t. 6, s. 389-480.
6. **Gershenzon J., Croteau R.** (1992) Regulation of monoterpenic biosynthesis in higher plants. W: *Biochemistry of the Mevalonic Acid Partway to Terpenoids*. Red. G.Towers i H. Stafford, Plenum, Nowy York, s. 99-160.
7. **Hewitt C.N., Kok G.L.** (1991). Formation and occurrence of organic hydroperoxides in the troposphere: Laboratory and field observations. *J.Atmos.Chem.*, t. 12, s. 181-194.
8. **Isidorov V.A., Zenkevich I.G.** (1982). Chromato-mass-spektrometri-cheskoe opredelenie sledow organizheskich soedinenij w atmosfere. Leningrad, Chimija, 136 s. 9. **Isidorov V.A.** (1990) *Organic Chemistry of the Earth's Atmosphere*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, Nowy York et al., 218 s.
9. **Isidorow V.A.** (1990). *Organic Chemistry of the Earth's Atmosphere* Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York et al. 218 s.
10. **Isidorov V.A.** (1994) Letuščie wydelenia rastenij: Sostaw, skorost emissii i ekologičeskaia rol. Alga-Fond, St. Petersburg, 190 s.
11. **Isidorov V., Pirożnikow E., Jaroszyńska J.** (1995). Emisja roślinna lotnych związków organicznych (LZO) oraz ich znaczenie ekologiczne. *Kosmos*, 44, s. 169-186.
12. **Kintia P.K., Fadeew Yu. M., Akimow Yu. A.** (1990). *Terpenoidy rastenij*. Štiinza, Kišinew.
13. **Kowalski J.** (1961). Badania nad polskim olejkiem jodłowym. *Fol. Forest. Pol.* Zeszyt 3, Ser.B, s. 135-147.
14. **Lerdau M., Dilst S.B., Westberg H., Lamb B., Allwine E.J.** (1994). Monoterpene emission from ponderosa pine. *J.Geophys. Res.*, t. 99D, s. 16609-16615.
15. **Mazurski K.** Industrial pollution: the threat to Polish forests. *AMBIO*, 1990, v.19, s. 70-74.



16. **Metzner H.** (1987). Beeinflussung des Zellschtoffwechsels von Coniferennadeln durch Peroxide und saurebildende Ionen. W: 8-Seminar-Bericht "Wäldschaden/Luftverunreinigungen", Schmalleberg-Grafschaft (FRG) 15-16 X 1987, s. 234-255.
17. **Möller D.** (1989). The possible role of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in new type forest decline. *Atmos. Environ.*, v.23, p.1625-1627.
18. **Roselle S.J., Pierce T.E., Schere K.L.** (1991). The sensitivity of regional ozone modeling to biogenic hydrocarbons. *J. Geophys. Res.*, t. 96, s. 7371-7394.
19. **Von Rudloff E.** (1966). The chemical composition of the volatile oil of the leaves of *Picea rubens* Sarg. and chemotaxonomic correlations with other North American spruce species. *Phytochemistry*, t. 5, s. 331-341.
20. **Von Rudloff E.** (1975). Seasonal variation in the terpenes of the foliage of black spruce. *Phytochemistry*, t. 14, s. 1695-1699.
21. **Simon V., Clement B., Riba M.-L., Torres L.** (1994). The Landes experiment: monoterpenes emitted from the maritime pine. *J. Geophys. Res.*, t. 99D, s. 16501-16510.
22. **Simonaitis R., Olszyna K.J., Meagher J.F.** (1991). Production of hydrogen peroxide and organic peroxides in the gas phase reactions of ozone with natural alkenes. *Geophys. Res. Lett.*, t. 18, s. 9-12.
23. **Wentzel V.F.** (1985). Hypothesen und Theorien zum Waldsterben. *Forestarchiv.*, Bd. 56, s. 51-56.

## Summary

### Investigations of the Composition and Rate of the Essential Oils of Coniferous Trees in Poland

The variation in the relative amounts and composition of the essential oils of the leaves of some species of coniferous trees was investigated during a full year. The Table 1 presents results of the measurements of the essential oils composition. The most (35) organic compounds was identified in the needle of Scotch pine *Pinus sylvestris* L. and least (29 components) in the fir *Abies alba* Mill. The Table 2 presents seasonal variation of the essential oils composition (rel. %). The most seasonal changes are observed for abundance of the 3-carene. This are results on effect of preliminary investigation which one proceed.