

**Anita HAMELA**

VI LO im. Jana Kochanowskiego w Radomiu

***Określenie oddziaływania ozonu przy powierzchniowego na liście tytoniu w Radomiu w miesiącach wiosennych i letnich 1994 roku***

**Streszczenie.** W niniejszej pracy poruszony został nurtujący ekologów od wielu lat problem ozonu przy powierzchniowego. Dokonano określenia jak oddziałuje on na liście tytoniu oraz jak czynniki atmosferyczne lub inne wpływają na to oddziaływanie.

**1. Wstęp**

W pracy podjęto próbę zbadania wpływu ozonu przy powierzchniowego na liście dwóch odmian tytoniu:

- Nicotiana BEL-W3,
- Nicotiana BEL-B,

a jednocześnie określenia natężenia ozonu przy powierzchniowego w okresie badań w Radomiu. Doświadczenia prowadzono w miesiącach maju, czerwcu i lipcu, a więc w czasie najsilniejszego promieniowania słonecznego, a co za tym idzie, największego natężenia ozonu przy powierzchniowego. Zniszczenia na poszczególnych liściach, wywołane ozonem, zostały porównane ze zniszczeniami wzorcowymi i zebrane w tabelę. Posłużyły one następnie do zestawienia ogólnych wyników badań.

## 2. Ozon w atmosferze

Z obecnością ozonu w atmosferze wiążą się dwa zjawiska o zupełnie odmiennej naturze:

- zjawisko ubytku ozonu w atmosferze (głównie w stratosferze), zwane potocznie *dziurą ozonową*,
- zjawisko nadmiaru ozonu w przyziemnej warstwie atmosfery (w dolnej troposferze), przy dużych stężeniach zwane smogiem fotochemicznym.

### 2.1. Problem dziury ozonowej

Zjawisko ubytku ozonu w atmosferze jest problemem globalnym. Jego bezpośrednią przyczyną jest niszczące działanie chloru, który uwalnia się w górnych warstwach atmosfery z chlorowcowęglowodorów, głównie freonów. Źródłem freonów w atmosferze jest działalność człowieka, który wykorzystuje te związki m. in. w układach chłodzących i do produkcji aerozoli. Bezpośrednim skutkiem ubytku ozonu w górnych warstwach atmosfery jest wzrost natężenia biologicznie czynnego promieniowania UV-B.

Ubytek ozonu obserwowany jest głównie na półkuli południowej, gdzie sięga 70% ("dziura ozonowa"). Zjawisko to jest również obserwowane na półkuli północnej, co potwierdzają badania wykonywane w ramach państwowego monitoringu środowiska na polskich stacjach w Legionowie (IMGW) i Bielsku (PAN). W 1993 r. obserwowano nad Polską rekordowe spadki całkowitej zawartości ozonu sięgające w sezonie letnim ok. 30% w stosunku do średniej wieloletniej. W 1994 r. nie zanotowano znaczących ubytków i obserwowane w lipcu wysokie natężenia promieniowania UV-B nie były wynikiem występowania zjawiska "dziury ozonowej".

Intensywne promieniowanie słoneczne i wysokie temperatury notowane latem 1994 r. spowodowały natomiast wzrost stężeń ozonu w warstwie przyziemnej, co przy dalszym nasilaniu się zjawiska mogłoby oznaczać wystąpienie tzw. smogu fotochemicznego.

### 2.2. Problem smogu fotochemicznego

W powietrzu zanieczyszczonym tlenkami azotu i węglowodorami, związkami chemicznymi emitowanymi z procesów spalania (w aglomeracjach miejsko-przemysłowych głównie ze źródeł komunikacyjnych), w wyniku skomplikowanych reakcji chemicznych zachodzących

pod wpływem światła słonecznego i wysokich temperatur, powstaje cała gama gazowych związków chemicznych, takich jak: ozon, kwas azotowy, aldehydy, azotany nadtlenoacetylu i inne. Związki te, zwane zanieczyszczeniami wtórnymi, posiadają wspólną cechę: są silnymi, bardzo reaktywnymi utleniaczami. Zjawisko związane z występowaniem tych zanieczyszczeń w stężeniach kilkakrotnie wyższych od naturalnego tła nazywa się smogiem fotochemicznym. Za wskaźnik smogu fotochemicznego, ze względu na łatwość pomiaru, przyjęto stężenie ozonu.

Ozon, trójatomowa cząsteczka tlenu, jest gazem o charakterystycznej woni występującym w niskich stężeniach jako naturalny składnik powietrza. Powstaje m. in. z tlenu pod wpływem wyładowań elektrycznych, np. w powietrzu podczas burzy lub w lasach iglastych podczas utleniania terpentyny tlenem z powietrza. W naszej szerokości geograficznej, w warunkach naturalnych ozon powinien występować w stężeniach ok. 10 - 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Na skutek antropogenicznego zanieczyszczenia powietrza dwutlenkiem azotu oraz węglowodorami (komunikacja, transport, energetyka), w wyniku fotodysocjacji dwutlenku azotu stężenie ozonu wzrasta, głównie w sezonie letnim. W stężeniach większych od 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ozon staje się szkodliwy dla ludzi, zwierząt i roślin.

Stężenia ozonu w warstwie przyziemnej wykazują bardzo dużą zmienność przestrzenną i czasową, przy czym dają się zauważyć następujące prawidłowości:

- maksima stężeń ozonu występują w sezonie letnim w godzinach popołudniowych (od 12 do 18),
- stężenia ozonu w centrach miast są, ogólnie rzecz biorąc, niższe niż na obszarach pozamiejskich, co jest wynikiem "zmiatania" ozonu przez tlenek azotu, emitowany przez silniki spalinowe pojazdów. Powstający w wyniku tej reakcji dwutlenek azotu jest przenoszony na obrzeża miast i dalej, gdzie następnie ulega fotodysocjacji pod wpływem promieniowania UV, w wyniku której powstaje ozon jako zanieczyszczenie wtórne,
- zjawisko smogu fotochemicznego obejmuje często bardzo duże obszary i ulega szybkiemu przemieszczaniu, również na obszary wolne od źródeł emisji pierwotnych zanieczyszczeń, tj. tlenki azotu i węglowodory.

W wielu krajach europejskich (Holandia, Austria, Niemcy), a także w Japonii i USA, wyznaczono progi stężeń, których przekroczenie jest sygnałem do ogłoszenia alarmu

smogowego. Podstawowym działaniem zaradczym jest ograniczenie prędkości samochodów, a następnie ograniczenie używalności samochodów.

W Polsce rozporządzeniem Ministra OŚZNiL z dnia 12 lutego 1990 r. ustalone zostały dopuszczalne wartości stężeń ozonu, które wynoszą:

dla obszarów  $D_{30} - 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,

$D_{24} - 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,

dla obszarów specjalnie chronionych  $D_{30} - 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,

$D_{24} - 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Normy te są bardzo restrykcyjne w porównaniu do norm innych krajów oraz zaleceń WHO. W Polsce brak jest natomiast regulacji określających progi alarmowe dla smogu fotochemicznego

Według Światowej Organizacji Zdrowia ("Air quality guidelines for Europe" - WHO Regional Publications, European Series No. 23) zalecanymi progami granicznymi są:

- dla czasu uśredniania 1 godz.:  $150 - 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,

- dla czasu uśredniania 8 godz.:  $100 - 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Badania epidemiologiczne (wg WHO) wykazują, że przy stężeniach ozonu w zakresie  $160 - 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mogą wystąpić zaburzenia w funkcjonowaniu układu oddechowego u dzieci i osób wrażliwych, kaszel, bóle głowy oraz podrażnienie spojówek. Podrażnienie spojówek jest wynikiem oddziaływania głównie innych niż ozon fotoutleniaczy. Fotoutleniacze, w tym ozon, oddziałują negatywnie również na rośliny, uszkadzając ich aparat asymilacyjny, co wykorzystane zostało w niniejszej pracy.

Graniczne wartości stężeń ozonu określone są również w dyrektywie Rady WE nr 92/72 z dnia 21 września 1992 r. w sprawie zanieczyszczenia powietrza ozonem (OJN<sup>o</sup> 297/1 z dnia 13. 10. 1992 r.) i wynoszą:

1) Próg ochrony zdrowia

dla czasu uśredniania 8 godz. -  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,

## 2) Próg ochrony roślin

dla czasu uśredniania 8 godz. -  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,

dla czasu uśredniania 24 godz. -  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,

## 3) Próg informowania społeczeństwa

dla czasu uśredniania 1 godz. -  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,

## 4) Próg alarmowy

dla czasu uśredniania 1 godz. -  $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Ciągłe automatyczne pomiary stężeń ozonu przy powierzchni ziemi wykonywane są na 2 stacjach w Krakowie, 4 stacjach w aglomeracji górnośląskiej, na 2 stacjach w Warszawie, na stacji w Olkuszu (woj. krakowskie), Czerniawie (woj. jeleniogórskie), Bielsku (woj. skierniewickie), Opolu, Poznaniu i Częstochowie. Wkrótce rozpoczęte zostaną pomiary ozonu techniką optyczną DOAS (OPSIS) na 7 stanowiskach pomiarowych oraz będą wykorzystywane do tych celów mobilne stacje monitoringowe.

Lato 1994 charakteryzowało się bardzo wysoką temperaturą i dużym nasłonecznieniem. Wyniki pomiarów wskazują, że dotychczas w Polsce nie wystąpiły wyraźne stany smogowe, chociaż w sezonie letnim praktycznie na wszystkich stacjach pomiarowych występują przekroczenia wartości dopuszczalnych stężeń, regulowane prawem polskim. Najwyższe rejestrowane stężenia chwilowe osiągały wartość  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dane pomiarowe analizowane są na bieżąco i zgodnie z ustawowym obowiązkiem PIOŚ, przekazywane są do wiadomości publicznej oraz wojewodom, zgodnie z art. 32 Ustawy o ochronie i kształtowaniu środowiska przyrodniczego z dnia 31 stycznia 1980 r., który brzmi:

"W razie szczególnie niekorzystnych warunków lub z innych przyczyn, mogących spowodować przekroczenie dopuszczonego stężenia zanieczyszczeń powietrza na danym terenie w stopniu stanowiącym bezpośrednie zagrożenie dla życia lub zdrowia ludzi - terenowy organ administracji państwowej o właściwości ogólnej stopnia wojewódzkiego zarządzi na czas oznaczony ograniczenie lub zakaz wprowadzania określonych zanieczyszczeń do powietrza. Organ ten może też ograniczyć lub zakazać używania pojazdów napędzanych

silnikami spalinowymi na terenach, na których nastąpiło szkodliwe dla zdrowia ludzi stężenie substancji zanieczyszczających powietrze".

Dotychczasowa sytuacja nie wymaga podjęcia działań doraźnych, tj. ograniczenia ruchu samochodowego. Pojawienie się jednak na terenie Polski względnie wysokich stężeń ozonu, sięgających okresowo poziomów alertowych dla smogu fotochemicznego obowiązujących w Austrii i Holandii, zobowiązuje do:

- podjęcia działań zmierzających do ograniczenia emisji ze źródeł komunikacyjnych (wprowadzenie obowiązku posiadania katalizatorów, poprawy stanu technicznego pojazdów itd.),
- ustalenia progów dla alarmu smogowego w Polsce i opracowanie listy działań zaradczych.

### 3. Metody badań

Badania przeprowadzono na dwóch roślinach *Nicotiana tabacum* Bel - B i trzech roślinach *Nicotiana tabacum* Bel - W3. Nasiona roślin posiano 1 kwietnia 1994 r., a 13 lipca 1994 r. zebrano ostateczne wyniki. Cały cykl, a więc od wysiewu nasion tytoniu aż do ostatniej kontroli szkód na liściach, trwał 16 tygodni. Przez pierwsze 7 tygodni od daty wysiewu uprawiano rośliny w domu. Po tym czasie przeniesiono je w osłonięte miejsce na świeże powietrze celem "zahartowania". W 9 tygodniu (25 maja) wysadzono rośliny w ogrodzie bezpośrednio do gruntu i przeprowadzono pierwszą obserwację. Okres kontroli szkód na liściach wynosił 8 tygodni.

Obserwacje prowadzone były raz w tygodniu, zawsze w tym samym dniu - we środę. W ciągu następnych tygodni rośliny tworzyły nowe liście. Pierwsze z liści uschły i opadły, toteż obserwację uszkodzeń rozpoczęto od liścia nr 3.

Do uprawy roślin użyto substratu torfowego, zaś do ich nawożenia - naturalnego preparatu "HUMWIT".

Wykorzystane do badań odmiany tytoniu reagują ze zróżnicowaną wrażliwością na obecność ozonu. Odmiana Bel - W3 reaguje bardzo szybko na obciążenie ozonowe, zaś Bel - B reaguje wolniej. Liście odmiany Bel - W3 pokrywają się plamami, kiedy zawartość ozonu wzrośnie choć trochę ponad normalną ilość występującą w tej warstwie atmosfery. Odmiana

Bel - B reaguje tworzeniem się plam na liściach dopiero przy wyższym stężeniu ozonu, wobec czego na odmianie Bel - W3 plamy tworzą się zawsze wcześniej niż na Bel - B.

Ozon przypowierzchniowy uszkadza liście tytoniu. Po wnikięciu przez aparaty szparkowe gaz ten powoduje zmiany w membranach komórkowych, a także zmiany w zawartości aminokwasów, białek oraz aktywności enzymów. Jego wpływ odbija się niekorzystnie na procesach fotosyntezy, oddychania i transpiracji. Początkowo powstają plamy o średnicy ok. 1,5 mm. Z biegiem czasu powiększają się one tworząc całe płyty. Gdy proces ten jest intensywny, struktura liścia zostaje zniszczona i liść odpada. Plamy i ich rodzaj zależą również od przebiegu zjawisk pogodowych, co zostanie omówione w dalszej części pracy.

Rys. 1 przedstawia gęstości plam na liściach. Na uwagę zasługuje fakt, że przy zerowym zniszczeniu liścia (żadnych plam) stopień uszkodzeń wynosi 1, a nie 0, jak należałoby się spodziewać.





Stopień uszkodzeń 1  
żadnych plam



Stopień uszkodzeń 2  
1-3 % plam



Stopień uszkodzeń 3  
4-10 % plam



Stopień uszkodzeń 4  
11-25 % plam



Stopień uszkodzeń 5  
26-50 % plam



Stopień uszkodzeń 6  
51-75 % plam



Stopień uszkodzeń 7  
powyżej 75 %  
struktura liścia zniszczona

Rys. 1. Tablica gęstości plam na liściach



## Arkusz badań BEL-B

	Tydzień 1							Tydzień 2							Tydzień 3							Tydzień 4										
	Stopnie uszkodzen (S)							Stopnie uszkodzen (S)							Stopnie uszkodzen (S)							Stopnie uszkodzen (S)										
Linie (L)	Linie (L)							Linie (L)							Linie (L)							Linie (L)										
Bel-B roślinna 1	3	2	3	4	5	6	7	3	2	3	4	5	6	7	3	1	2	3	4	5	6	7	3	1	2	3	4	5	6	7		
	4	2	3	4	5	6	7	4	1	2	3	4	5	6	7	4	1	2	3	4	5	6	7	4	1	2	3	4	5	6	7	
	5	2	3	4	5	6	7	5	1	2	3	4	5	6	7	5	1	2	3	4	5	6	7	5	1	2	3	4	5	6	7	
	6	1	2	3	4	5	6	7	6	2	3	4	5	6	7	6	1	2	3	4	5	6	7	6	1	2	3	4	5	6	7	
	7	1	2	3	4	5	6	7	7	2	3	4	5	6	7	7	1	2	3	4	5	6	7	7	1	2	3	4	5	6	7	
	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	
	9	1	2	3	4	5	6	7	9	1	2	3	4	5	6	7	9	1	2	3	4	5	6	7	9	2	3	4	5	6	7	
	10	1	2	3	4	5	6	7	10	1	2	3	4	5	6	7	10	1	2	3	4	5	6	7	10	2	3	4	5	6	7	
	11	1	2	3	4	5	6	7	11	1	2	3	4	5	6	7	11	1	2	3	4	5	6	7	11	1	2	3	4	5	6	7
	12	1	2	3	4	5	6	7	12	1	2	3	4	5	6	7	12	1	2	3	4	5	6	7	12	1	2	3	4	5	6	7
	Suma stopni uszkodzen (S)	3							7							13							20									
	Liczba liści (B)	3							5							6							8									
S : B	1,0							1,4							2,2							2,5										
Bel-B roślinna 2	3	2	3	4	5	6	7	3	1	2	3	4	5	6	7	3	1	2	3	4	5	6	7	3	1	2	3	4	5	6	7	
	4	2	3	4	5	6	7	4	1	2	3	4	5	6	7	4	1	2	3	4	5	6	7	4	1	2	3	4	5	6	7	
	5	2	3	4	5	6	7	5	2	3	4	5	6	7	5	1	2	3	4	5	6	7	5	1	2	3	4	5	6	7		
	6	2	3	4	5	6	7	6	2	3	4	5	6	7	6	1	2	3	4	5	6	7	6	1	2	3	4	5	6	7		
	7	1	2	3	4	5	6	7	7	2	3	4	5	6	7	7	2	3	4	5	6	7	7	1	2	3	4	5	6	7		
	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	
	9	1	2	3	4	5	6	7	9	1	2	3	4	5	6	7	9	2	3	4	5	6	7	9	2	3	4	5	6	7		
	10	1	2	3	4	5	6	7	10	1	2	3	4	5	6	7	10	1	2	3	4	5	6	7	10	2	3	4	5	6	7	
	11	1	2	3	4	5	6	7	11	1	2	3	4	5	6	7	11	1	2	3	4	5	6	7	11	1	2	3	4	5	6	7
	12	1	2	3	4	5	6	7	12	1	2	3	4	5	6	7	12	1	2	3	4	5	6	7	12	1	2	3	4	5	6	7
	Suma stopni uszkodzen (S)	4							7							13							20									
	Liczba liści (B)	4							5							7							8									
S : B	1,0							1,4							1,9							2,5										

Rys. 2. Arkusz badań BEL-B

# Arkusz badań BEL-B

**Bel-B roślina 1**

**Tydzień 5**

Licze Stopnie uszkodzen (S)

3	1	2	3	4	5	6	7
4	1	2	3	4	5	6	7
5	1	2	3	4	5	6	7
6	1	2	3	4	5	6	7
7	1	2	3	4	5	6	7
8	1	2	3	4	5	6	7
9	1	2	3	4	5	6	7
10	1	2	3	4	5	6	7
11	1	2	3	4	5	6	7
12	1	2	3	4	5	6	7

Suma stopni uszkodzeń (S) **29**

Liczba liści (B) **9**

S : B **2,1 3,2**

**Tydzień 6**

Licze Stopnie uszkodzen (S)

3	1	2	3	4	5	6	7
4	1	2	3	4	5	6	7
5	1	2	3	4	5	6	7
6	1	2	3	4	5	6	7
7	1	2	3	4	5	6	7
8	1	2	3	4	5	6	7
9	1	2	3	4	5	6	7
10	1	2	3	4	5	6	7
11	1	2	3	4	5	6	7
12	1	2	3	4	5	6	7

Suma st. usz. (S) **35**

Liczba liści (B) **9**

S : B **2,2 3,8**

**Tydzień 7**

Licze Stopnie uszkodzen (S)

3	1	2	3	4	5	6	7
4	1	2	3	4	5	6	7
5	1	2	3	4	5	6	7
6	1	2	3	4	5	6	7
7	1	2	3	4	5	6	7
8	1	2	3	4	5	6	7
9	1	2	3	4	5	6	7
10	1	2	3	4	5	6	7
11	1	2	3	4	5	6	7
12	1	2	3	4	5	6	7

Suma st. usz. (S) **40**

Liczba liści (B) **9**

S : B **2,3 4,4**

**Tydzień 8**

Licze Stopnie uszkodzen (S)

3	1	2	3	4	5	6	7
4	1	2	3	4	5	6	7
5	1	2	3	4	5	6	7
6	1	2	3	4	5	6	7
7	1	2	3	4	5	6	7
8	1	2	3	4	5	6	7
9	1	2	3	4	5	6	7
10	1	2	3	4	5	6	7
11	1	2	3	4	5	6	7
12	1	2	3	4	5	6	7

Suma st. usz. (S) **47**

Liczba liści (B) **9**

S : B **2,4 5,2**

**Bel-B roślina 2**

**Tydzień 5**

Licze Stopnie uszkodzen (S)

3	1	2	3	4	5	6	7
4	1	2	3	4	5	6	7
5	1	2	3	4	5	6	7
6	1	2	3	4	5	6	7
7	1	2	3	4	5	6	7
8	1	2	3	4	5	6	7
9	1	2	3	4	5	6	7
10	1	2	3	4	5	6	7
11	1	2	3	4	5	6	7
12	1	2	3	4	5	6	7

Suma stopni uszkodzeń (S) **30**

Liczba liści (B) **10**

S : B **2,5 3,0**

**Tydzień 6**

Licze Stopnie uszkodzen (S)

3	1	2	3	4	5	6	7
4	1	2	3	4	5	6	7
5	1	2	3	4	5	6	7
6	1	2	3	4	5	6	7
7	1	2	3	4	5	6	7
8	1	2	3	4	5	6	7
9	1	2	3	4	5	6	7
10	1	2	3	4	5	6	7
11	1	2	3	4	5	6	7
12	1	2	3	4	5	6	7

Suma st. usz. (S) **37**

Liczba liści (B) **10**

S : B **2,6 3,7**

**Tydzień 7**

Licze Stopnie uszkodzen (S)

3	1	2	3	4	5	6	7
4	1	2	3	4	5	6	7
5	1	2	3	4	5	6	7
6	1	2	3	4	5	6	7
7	1	2	3	4	5	6	7
8	1	2	3	4	5	6	7
9	1	2	3	4	5	6	7
10	1	2	3	4	5	6	7
11	1	2	3	4	5	6	7
12	1	2	3	4	5	6	7

Suma st. usz. (S) **45**

Liczba liści (B) **10**

S : B **2,7 4,5**

**Tydzień 8**

Licze Stopnie uszkodzen (S)

3	1	2	3	4	5	6	7
4	1	2	3	4	5	6	7
5	1	2	3	4	5	6	7
6	1	2	3	4	5	6	7
7	1	2	3	4	5	6	7
8	1	2	3	4	5	6	7
9	1	2	3	4	5	6	7
10	1	2	3	4	5	6	7
11	1	2	3	4	5	6	7
12	1	2	3	4	5	6	7

Suma st. usz. (S) **51**

Liczba liści (B) **10**

S : B **2,8 5,1**

Rys. 3. Arkusz badań BEL-B (c d.)



# Arkusz badań BEL-W3

	Tydzien 5	Tydzien 6	Tydzien 7	Tydzien 8		
Bel-W3 roślinn 1	Stopne uszkodzen (S): 1 2 3 4 5 6 7 3 1 2 3 4 5 7 4 1 2 3 4 5 6 7 5 1 2 3 4 5 6 7 6 1 2 3 4 5 6 7 7 1 2 3 4 5 6 7 8 1 2 3 4 5 6 7 9 1 2 3 4 5 6 7 10 1 2 3 4 5 6 7 11 2 3 4 5 6 7 12 2 3 4 5 6 7	Stopne uszkodzen (S): 1 2 3 4 5 6 7 3 1 2 3 4 5 7 4 1 2 3 4 6 7 5 1 2 3 4 5 6 7 6 1 2 3 4 5 6 7 7 1 2 3 4 5 6 7 8 1 2 3 4 5 6 7 9 1 2 3 4 5 6 7 10 1 2 3 4 5 6 7 11 1 3 4 5 6 7 12 1 3 4 5 6 7	Stopne uszkodzen (S): 1 2 3 4 5 6 7 3 1 2 3 4 5 6 7 4 1 2 3 4 6 7 5 1 2 3 4 5 6 7 6 1 2 3 4 5 6 7 7 1 2 3 4 5 6 7 8 1 2 3 4 5 6 7 9 1 2 3 4 5 6 7 10 1 2 3 4 5 6 7 11 1 3 4 5 6 7 12 1 2 4 5 6 7	Stopne uszkodzen (S): 1 2 3 4 5 6 7 3 1 2 3 4 5 6 7 4 1 2 3 4 5 6 7 5 1 2 3 4 5 6 7 6 1 2 3 4 5 6 7 7 1 2 3 4 5 6 7 8 1 2 3 4 5 6 7 9 1 2 3 4 5 6 7 10 1 2 3 4 5 6 7 11 1 2 3 4 5 6 7 12 1 2 4 5 6 7		
	Suma stopni uszkodzen (S): Liczba liści (B): S : B	Suma st. usz. (S): Liczba liści (B): S : B	Suma st. usz. (S): Liczba liści (B): S : B	Suma st. usz. (S): Liczba liści (B): S : B		
	35 40 29 3,5	42 40 30 4,2	49 40 34 4,9	56 40 32 5,6		
	Bel-W3 roślinn 2	1 2 3 4 5 6 7 3 1 2 3 4 5 6 7 4 1 2 3 4 5 6 7 5 1 2 3 4 5 6 7 6 1 2 3 4 5 6 7 7 1 2 3 4 5 6 7 8 1 2 3 4 5 6 7 9 1 2 3 4 5 6 7 10 1 2 3 4 5 6 7 11 2 3 4 5 6 7 12 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4 5 6 7 3 1 2 3 4 5 6 7 4 1 2 3 4 5 6 7 5 1 2 3 4 5 6 7 6 1 2 3 4 5 6 7 7 1 2 3 4 5 6 7 8 1 2 3 4 5 6 7 9 1 2 3 4 5 6 7 10 1 2 3 4 5 6 7 11 1 3 4 5 6 7 12 1 3 4 5 6 7	1 2 3 4 5 6 7 3 1 2 3 4 5 6 7 4 1 2 3 4 5 6 7 5 1 2 3 4 5 6 7 6 1 2 3 4 5 6 7 7 1 2 3 4 5 6 7 8 1 2 3 4 5 6 7 9 1 2 3 4 5 6 7 10 1 2 3 4 5 6 7 11 1 2 3 4 5 6 7 12 1 3 4 5 6 7	1 2 3 4 5 6 7 3 1 2 3 4 5 6 7 4 1 2 3 4 5 6 7 5 1 2 3 4 5 6 7 6 1 2 3 4 5 6 7 7 1 2 3 4 5 6 7 8 1 2 3 4 5 6 7 9 1 2 3 4 5 6 7 10 1 2 3 4 5 6 7 11 1 2 3 4 5 6 7 12 1 2 4 5 6 7	
		Suma stopni uszkodzen (S): Liczba liści (B): S : B	Suma st. usz. (S): Liczba liści (B): S : B	Suma st. usz. (S): Liczba liści (B): S : B	Suma st. usz. (S): Liczba liści (B): S : B	
		38 40 33 3,8	46 40 34 4,6	50 40 35 5,0	57 40 38 5,7	
		Bel-W3 roślinn 3	1 2 3 4 5 6 7 3 1 2 3 4 5 6 7 4 1 2 3 4 5 6 7 5 1 2 3 4 5 6 7 6 1 2 3 4 5 6 7 7 1 2 3 4 5 6 7 8 1 2 3 4 5 6 7 9 1 2 3 4 5 6 7 10 1 2 3 4 5 6 7 11 2 3 4 5 6 7 12 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4 5 6 7 3 1 2 3 4 5 6 7 4 1 2 3 4 5 6 7 5 1 2 3 4 5 6 7 6 1 2 3 4 5 6 7 7 1 2 3 4 5 6 7 8 1 2 3 4 5 6 7 9 1 2 3 4 5 6 7 10 1 2 3 4 5 6 7 11 1 3 4 5 6 7 12 1 3 4 5 6 7	1 2 3 4 5 6 7 3 1 2 3 4 5 6 7 4 1 2 3 4 5 6 7 5 1 2 3 4 5 6 7 6 1 2 3 4 5 6 7 7 1 2 3 4 5 6 7 8 1 2 3 4 5 6 7 9 1 2 3 4 5 6 7 10 1 2 3 4 5 6 7 11 1 3 4 5 6 7 12 1 2 4 5 6 7	1 2 3 4 5 6 7 3 1 2 3 4 5 6 7 4 1 2 3 4 5 6 7 5 1 2 3 4 5 6 7 6 1 2 3 4 5 6 7 7 1 2 3 4 5 6 7 8 1 2 3 4 5 6 7 9 1 2 3 4 5 6 7 10 1 2 3 4 5 6 7 11 1 2 3 4 5 6 7 12 1 2 3 5 6 7
			Suma stopni uszkodzen (S): Liczba liści (B): S : B	Suma st. usz. (S): Liczba liści (B): S : B	Suma st. usz. (S): Liczba liści (B): S : B	Suma st. usz. (S): Liczba liści (B): S : B
			40 40 37 4,0	46 40 38 4,6	53 40 39 5,3	57 40 40 5,7

Rys. 5. Arkusz badań BEL-W3 (c d)



#### 4. Zebranie wyników

Po dokonaniu ośmiu cotygodniowych obserwacji zebrano wyniki i umieszczono je na rys. 2, 3, 4 oraz 5. Zawierają one stopień uszkodzeń danej rośliny w danym tygodniu. Oznaczenie "S" to suma uszkodzeń, zaś "B" to liczba badanych liści. Liści jest maksymalnie 12. Dla każdej rośliny w każdym tygodniu zsumowano stopnie uszkodzeń (suma S) oraz liczbę skontrolowanych w danym tygodniu liści (liczba B). Następnie podzielono sumę S przez liczbę B. Wynik dzielenia podano z dokładnością do jednego miejsca po przecinku (setne zaokrąglono). Iloraz  $S : B$  jest "obrazem" uszkodzeń rośliny w danym tygodniu.

Tabela 1

Ilorazy "S : B" z każdego tygodnia dla poszczególnych roślin

Odmiana tytoniu	Numer rośliny	I tydzień	II tydzień	III tydzień	IV tydzień	V tydzień	VI tydzień	VII tydzień	VIII tydzień
Bel - B	1	1,0	1,4	2,2	2,5	3,2	3,8	4,4	5,2
Bel - B	2	1,0	1,4	1,9	2,5	3,0	3,7	4,5	5,1
Bel - W3	1	1,4	2,0	2,6	3,5	3,5	4,2	4,9	5,6
Bel - W3	2	1,4	2,2	2,6	3,6	3,8	4,6	5,0	5,7
Bel - W3	3	1,3	2,0	3,0	4,0	4,0	4,6	5,3	5,7

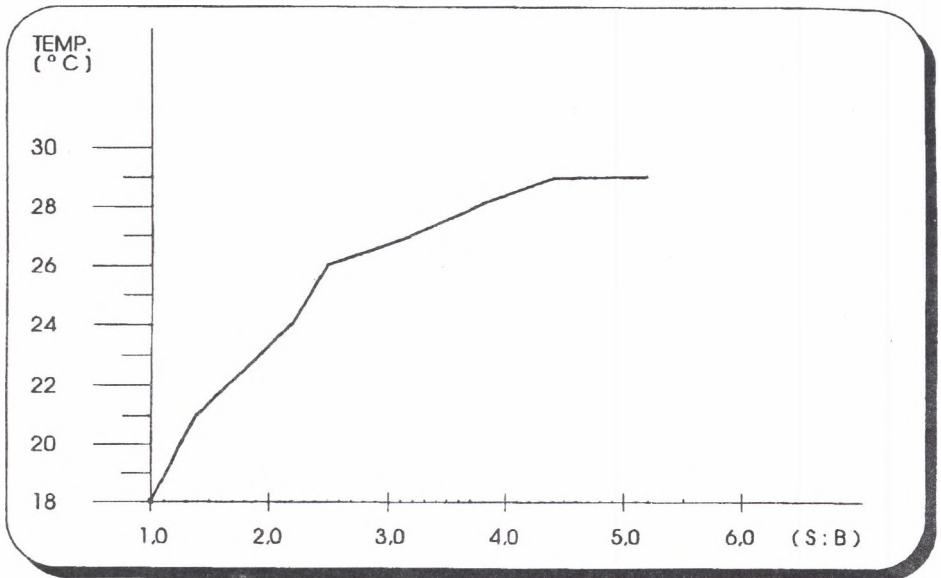
#### 5. Czynniki wpływające na wyniki badań

Jak wspomniano uprzednio, plamy i ich rodzaj zależą od przebiegu zjawisk pogodowych. Kremowe plamy wskazują, że uszkodzenia powstają szybko, brązowe zaś powstają przy wolniejszym przebiegu uszkodzenia. Im cieplej i słoneczniej, tym szybciej tworzą się plamy. Przy dłuższym zachmurzeniu ozon tworzy się w mniejszych ilościach i uszkodzenia na liściach są mniejsze. Oczywiście z nadejściem nocy stężenie ozonu również spada i jego niszczące działanie na rośliny zmniejsza się.

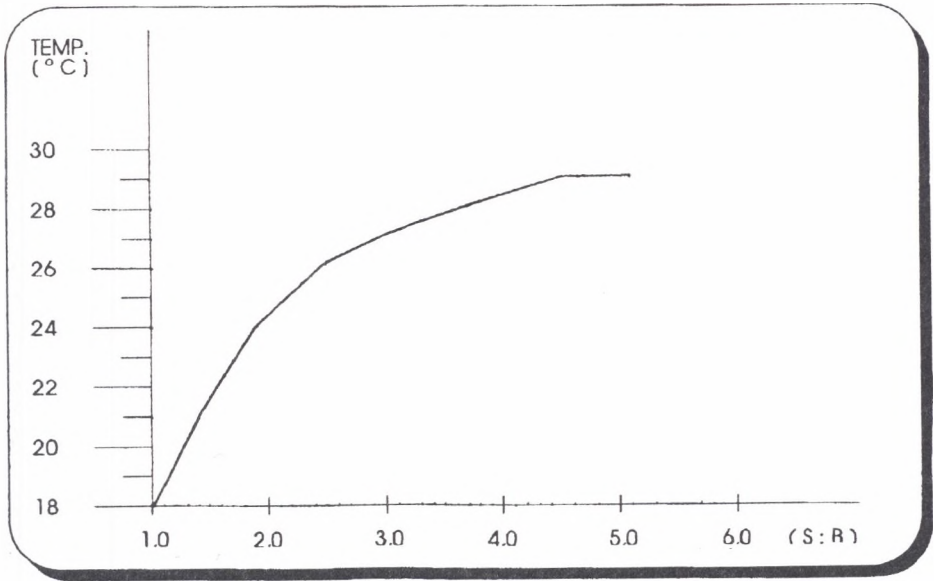
Prowadząc badania nad zniszczeniem liści robiono codziennie notatki o stanie pogody. Średnie temperatury poszczególnych tygodni, w których badano rośliny, wynosiły odpowiednio:

Tydzień 1 - 18 °C,  
Tydzień 2 - 21 °C,  
Tydzień 3 - 24 °C,  
Tydzień 4 - 26 °C,  
Tydzień 5 - 27 °C,  
Tydzień 6 - 28 °C,  
Tydzień 7 - 29 °C,  
Tydzień 8 - 29 °C.

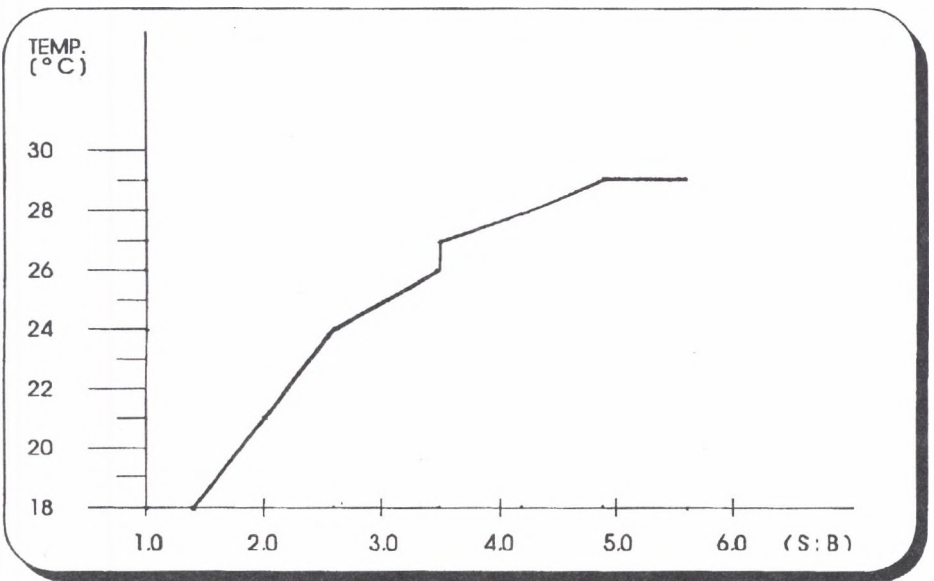
Na rys. 6, 7, 8, 9 oraz 10 przedstawiona jest zależność ilorazu S : B danej rośliny od średniej temperatury powietrza w danym tygodniu.



Rys. 6. Wykres zależności ilorazu S : B od temperatury powietrza dla rośliny 1 BEL-B

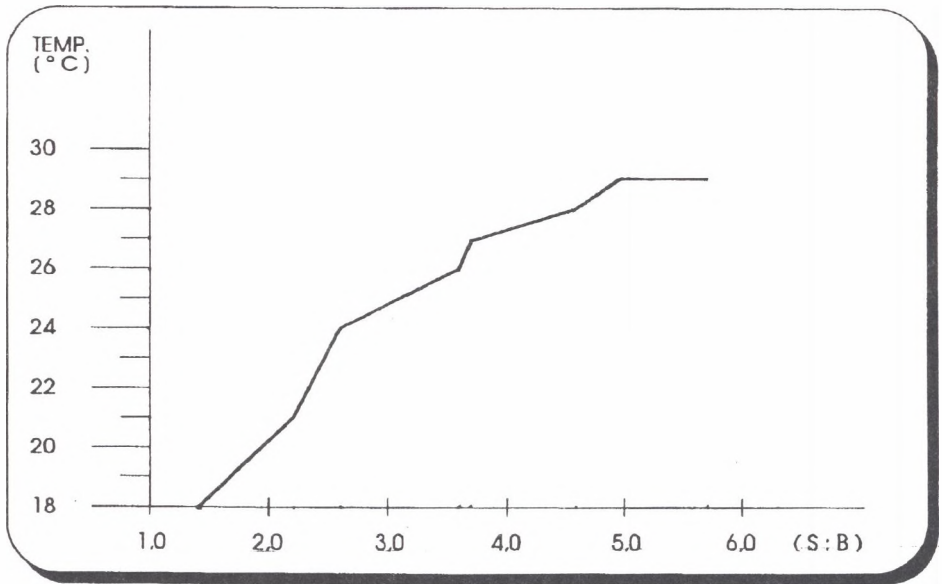


Rys. 7. Wykres zależności ilorazu S : B od temperatury powietrza dla rośliny 2 BEL-B

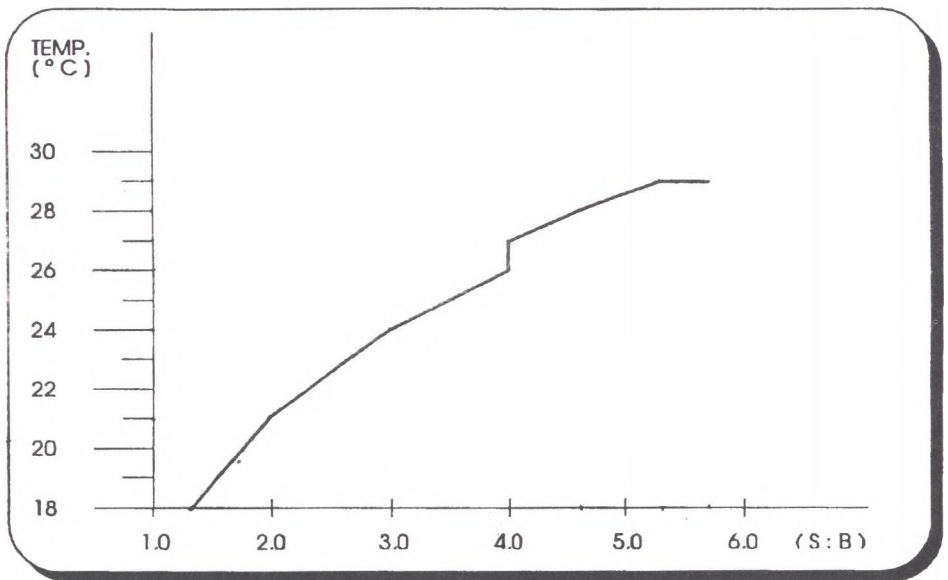


Rys. 8. Wykres zależności ilorazu S : B od temperatury powietrza dla rośliny 1 BEL-W3





Rys. 9. Wykres zależności ilorazu S : B od temperatury powietrza dla rośliny 2 BEL-W3



Rys. 10. Wykres zależności ilorazu S : B od temperatury powietrza dla rośliny 3 BEL-W3

Z rys. 6, 7, 8, 9 oraz 10 jednoznacznie wynika, że wraz ze wzrostem średniej temperatury tygodnia występuje tendencja do wzrostu ilorazu  $S : B$  lub jego niezmienności. Należy więc przypuszczać, że gdyby na przykład w czwartym tygodniu temperatura powietrza spadła, stopień uszkodzeń już rosnących liści pozostałby stały, a na nowych wystąpiłyby tylko nieznaczne uszkodzenia lub nie byłoby ich wcale. Związane jest to, oczywiście, z intensywnością promieniowania słonecznego. Przeprowadzenie badań możliwe więc było dzięki sprzyjającym warunkom atmosferycznym.

Na podstawie uszkodzeń liści tytoniu nie do końca można poprawnie wnioskować o wielkości stężenia ozonu w powietrzu. Na błąd pomiaru, obok intensywności naświetlenia, wpływają również takie czynniki, jak:

- 1) czas trwania i intensywność szkodliwego obciążenia,
- 2) wilgotność powietrza,
- 3) indywidualna wrażliwość roślin na szkodliwe substancje,
- 4) zaopatrzenie w wodę i środki pokarmowe warunkujące zdolność reagowania na szkodliwe substancje.

## 6. Omówienie wyników badań

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na fakt, że zniszczenia na liściach, wywołane ozonem przypowierzchniowym w miesiącach wiosennych i letnich 1994 r., były średnie. Przy największej z możliwych wartości 7,0 i przy najmniejszej z możliwych - 1,0, średnia wyników moich obserwacji wynosi 2,9 dla odmiany Bel - B oraz 3,6 dla odmiany Bel - W3, tj. około 41,5% maksymalnego zniszczenia liści dla Bel - B i 51,5% dla Bel - W3 (za liść zniszczony uważamy już ten o stopniu uszkodzenia przekraczającym 75% jego powierzchni).

Analizując zniszczenia na liściach można wyobrazić sobie obraz szkód powodowanych przez ozon przypowierzchniowy w Radomiu (południowo - wschodnia część miasta) w okresie badań. Pewnym jest, że wartości progowe stężenia ozonu przypowierzchniowego w dolnej troposferze Radomia przekroczyły dopuszczalne normy. Ponadto badania potwierdziły fakt, że ze wzrostem temperatury powietrza wzmagają się tworzenie ozonu przypowierzchniowego i zwiększają się spowodowane tym szkody.

W troposferze Radomia stężenie ozonu przy powierzchniowej przekroczyło więc dopuszczalne normy, jednak przekroczenie to nie było katastrofalnie duże.

### **Literatura**

1. Globalne zmiany środowiska naturalnego wyzwaniem dla ludzkości, MOŚZNiL, Secesja, Kraków 1992.
2. Kampania ozonowa, WWF.
3. Tilling S., Ozon a efekt cieplarniany - zbadaj to sam, WSiP, Warszawa 1992.
4. Zespół Monitoringu GIOŚ, Ozon w atmosferze.
5. Warstwa ozonowa w atmosferze - Biologia w szkole (czasopismo).