

Stanisław MIAZGA, Józef JARGIEŁŁO,
Barbara MOSEK

**Wpływ SO_2 i produktów reakcji SO_2 z NH_3 na przebieg wegetacji,
plonowanie oraz porażenie niektórymi chorobami żyta ozimego
i pszenicy jarej**

Влияние SO_2 и продуктов реакции SO_2 с NH_3 на ход вегетации,
плодоносность и поражение некоторыми болезнями озимой ржи
и яровой пшеницы

Influence of SO_2 and Products of the Reaction of SO_2 with NH_3 on the Process
of Vegetation, Yielding and Paralysis of Winter Rye and Spring Wheat with Some
Diseases

Wzrost zapotrzebowania na energię, której wytwarzanie oparte jest głównie na spalaniu węgla spowodował znaczne zwiększenie emisji dwutlenku siarki. W roku 1975 emitowano w Polsce 3 mln ton zanieczyszczeń gazowych do atmosfery, a w 1980 (5,1), wśród których największy udział miał dwutlenek siarki (11). W najbardziej narażonych na toksyczne działanie rejonach plony zbóż zmniejszają się, zdaniem Warteresiewicz (13), o około 30%. Dwutlenek siarki nie tylko toksycznie działa na rośliny, ale powoduje także zmniejszenie ich odporności na choroby i szkodniki (1, 12). Z drugiej zaś strony, proporcjonalnie do stężeń tego gazu w powietrzu, następuje redukcja ilości zarodników *Alternaria spores*. Na terenach objętych wpływem zanieczyszczonego powietrza przez SO_2 stwierdzono mniejsze porażenie roślin przez mączniaka agrestu i dębu, parcha jabłoniowego oraz ryzoktoniozę ziemniaka. Także liczebność niektórych gatunków owadów była tam niewielka (2, 3, 9).

Celem badań było określenie wpływu dwutlenku siarki i produktów reakcji SO_2 z NH_3 na plonowanie oraz porażenie przez *Puccinia graminis*

i inne patogeny żyta ozimego i pszenicy jarej, w warunkach laboratoryjnych. Dodawanie gazowego amoniaku do dwutlenku siarki zapobiega bowiem toksycznemu działaniu tego gazu na rośliny (7, 8, 10).

METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono w roku 1976 z następującymi rodzajami i stężeniami gazów:

1. O — obiekt kontrolny, bez gazowania,
2. SO₂I — gazowanie roślin SO₂ o stężeniu 1,0 mg/m³ powietrza,
3. SO₂II — powtórzenie kombinacji drugiej z dwudekadowym opóźnieniem,
4. SO₂+NH₃ — gazowanie roślin produktami reakcji SO₂ z NH₃ (stężenie SO₂ — 1,0 mg/m³, NH₃ — 0,5 mg/m³),
5. NH₃ — gazowanie roślin amoniakiem o stężeniu 0,5 mg/m³ powietrza.

Fumigowano nimi żyto ozime (*Secale cereale* L.) — odmiana Chrobre i pszenicę jarą (*Triticum aestivum* L.) — odmiana Carola. Przeprowadzono je w 5 komorach vegetacyjnych o wymiarach 1,2×1,4×1,5 m każda. Komory pokryte były szczelnie przezroczystą folią polietylenową. Gazy dawkowano tłoczkowymi mikropompkami dozującymi, typ 335. Wprowadzono je od góry kołpakiem nawiewnym. Umożliwiało to dokładne wymieszanie gazów z powietrzem wtłaczanym wentylatorami. Całkowita wymiana powietrza w komorze odbywała się w ciągu jednej minuty. Zanieczyszczenia odprowadzane były kominem o wysokości 10 m.

Reakcja SO₂ z amoniakiem odbywała się w rurze szamotowej z dwoma dyszami, zaś dyszą trzecią tłoczono powietrze wydmuchujące produkty reakcji. Stałą temperaturę w reaktorze od 180° do 190°C, zbliżoną do temperatury spalin wyłotowych wielkich pieców, utrzymywano przy pomocy autotransformatora.

Gazowanie roślin rozpoczęto 3 czerwca tuż po wystąpieniu pierwszych objawów chorobowych i trwało ono po 6 godzin (8.30—14.30) codziennie (z wyjątkiem niedziel i świąt) aż do pełnej dojrzałości nasion żyta (28 VII) i pszenicy (11 VIII). Po zaprzestaniu fumigacji gazów, komory codziennie były otwierane.

Czas fumigacji oraz stężenia gazów były zbliżone do stosowanych w innych wcześniej przeprowadzonych badaniach (7, 10). Stężenie SO₂ w komorach vegetacyjnych kontrolowano analizatorem PHILIPS oraz analizami chemicznymi według metody cytowanej przez Westa i Gacka (14). Stężenie NH₃ określano metodą Nesslera, zmodyfikowaną przez Jacobsa (6). Odchylenia stężeń od przyjętych norm nie przekraczały 10%.

W badaniach uwzględniono pięć powtórzeń. Rośliny wysiano w wazonach Mitscherlicha na glebie brunatnej wytworzonej z lessu (5 kg) z dodatkiem 0,5 kg torfu niskiego na wazon. Zastosowano jednorazowo nawożenie w ilości: N — 800, P₂O₅ — 500 i K₂O — 600 mg na wazon. Stałą wilgotność gleby, wynoszącą około 65% jej polowej pojemności wagowej, utrzymywano przez codzienne podlewanie do określonej wagi.

Żyto ozime przepikowano po 10 roślin z pola, a pszenicę jarą wysiano bezpośrednio do wazonów. Tuż po wzejściu wykonano przerywkę pszenicy pozostawiając po 10 roślin w wazonie.

W celu stworzenia dobrych warunków do infekcji badanych roślin przez *Puccinia graminis* (rdza żółtobłowa) trzykrotnie przywożono świeże gałązki berberysu intensywnie porażone tym patogenem i umieszczano je wokół wazonów. Ponadto w każdej komorze były w wazonach małe krzaki berberysu porażone tą chorobą.

Po zbiorze roślin określono masę ziarna i słomy oraz wykonano pomiary biometryczne. Porażenie rdzą żdźbłową określono w laboratorium na 20 losowo wybranych roślinach żyta i pszenicy.

Stopień porażenia roślin oceniano skalą pięciostopniową, podaną przez Hifnera i Pappa (5). Na podstawie uzyskanych w ten sposób wyników obliczono indeksy porażenia roślin według wzoru:

$$I_p = \frac{20S(a \times b)}{C}$$

gdzie: a — liczba roślin o tym samym stopniu porażenia,

b — stopień porażenia,

c — liczba analizowanych roślin,

S — suma iloczynów $a \times b$.

Warunki meteorologiczne w okresie od marca do lipca 1976 roku odznaczały się mniejszą, niż w wieloleciu, ilością opadów oraz niższą o około 2°C średnią temperaturą powietrza w maju i czerwcu. Dobre warunki wegetacji wystąpiły pod koniec czerwca, gdy po obfitych opadach deszczu w drugiej dekadzie (34 mm), nastąpiło znaczne ocieplenie. Średnia temperatura powietrza wzrosła bowiem w III dekadzie do $18,2^\circ\text{C}$. Warunki termiczne w lipcu były zbliżone do wieloletnich, ale opady były dziesięciokrotnie mniejsze i wynosiły w całym miesiącu tylko 9,4 mm.

WYNIKI BADAŃ

PRZEBIEG WEGETACJI ROŚLIN

Użyte do badań gazy wyraźnie wpływały na przebieg wegetacji roślin. Już po 12 dniach gazowania dwutlenkiem siarki o stężeniu $1,0 \text{ mg/m}^3$, na obu gatunkach wystąpiła chloroza końców i brzegów blaszek liściowych. Uszkodzona tkanka miała zabarwienie kości słoniowej i po kilku dniach obumierała. Liście młode uszkodzane były po około 10 dniach od rozwinięcia blaszki liściowej. Chloroza i zasychanie ich brzegów pojawiały się najczęściej w zgięciach blaszek liściowych. Uszkodzenia te stanowiły do 15% powierzchni blaszek. Nie stwierdzono natomiast uszkodzeń roślin kontrolnych oraz gazowanych produktami reakcji SO_2 z NH_3 i samym NH_3 .

W porównaniu z obiektem kontrolnym rozwój pszenicy jarej w kombinacji $\text{SO}_2 + \text{NH}_3$ był wolniejszy, zaś w kombinacji SO_2I i SO_2II rośliny wcześniej dojrzewały. W końcowej fazie wegetacji liście pszenicy jarej kombinacji SO_2I i SO_2II zupełnie zeschły, zaś kontrolnej zaczynały żółknąć, natomiast z $\text{SO}_2 + \text{NH}_3$ i NH_3 były jeszcze żywo zielone. Tak wyraźnego wpływu SO_2 na dojrzewanie roślin nie zaobserwowano u żyta.

PLONOWANIE

Gazowanie roślin miało istotny wpływ na wysokość plonów ziarna i słomy pszenicy jarej (tab. 1). W kombinacji SO_2 I plony ziarna zmniejszyły się z 35,2 do 25,6 g z wazonu, tj. o 24%. Dwudekadowe opóźnienie fumigacji zmniejszyło nieco spadek wydajności, bowiem plony ziarna były analogicznie niższe o 21%. Różnice w plonach ziarna między tymi kombinacjami nie były jednak istotne. Dodawanie NH_3 do SO_2 zapobiegało spadkowi plonów ziarna. Także gazowanie roślin samym amoniakiem nie miało wpływu na ich wysokość.

Tab. 1. Wpływ fumigacji SO_2 i produktów neutralizacji na plony (g/wazon) ziarna i słomy pszenicy jarej (*Triticum aestivum*) oraz żyta ozimego (*Secale cereale*)
Influence of fumigation of SO_2 and products of neutralization on the crops (g/pot) of grain and straw of spring wheat (*Triticum aestivum*) and winter rye (*Secale cereale*)

Kombinacje	Plon ziarna		Plon słomy	
	Pszenica jara	Żyto ozime	Pszenica jara	Żyto ozime
0	35,2	23,2	44,6	20,3
SO_2 I	25,6	21,6	39,3	19,3
SO_2 II	27,7	23,9	44,1	23,9
$\text{SO}_2 + \text{NH}_3$	34,9	24,1	42,3	23,6
NH_3	34,8	23,8	47,7	22,6
Najmniejsza istotna różnica ($p = 0,05$)	4,3	nieistotna	4,1	nieistotna

Nieco inaczej kształtowały się plony słomy pszenicy jarej. Gazowanie roślin rozpoczęte w okresie krzewienia istotnie różnicowało plony słomy. Zmniejszyły się one z 44,6 do 39,3 g z wazonu, a więc o 12%. Jeżeli fumigację opóźniono o dwie dekady, to plony słomy nie różniły się istotnie. Różnice w plonach słomy kombinacji NH_3 , $\text{SO}_2 + \text{NH}_3$ i kontrolnej mieściły się w granicach błędu doświadczalnego.

Plony ziarna i słomy żyta nie były modyfikowane gazowaniem (tab. 1). Stwierdzono jedynie tendencję zmniejszenia plonowania pod wpływem SO_2 , a wzrostu, zwłaszcza plonów słomy z gazowaniem $\text{SO}_2 + \text{NH}_3$.

Żyto kombinacji SO_2 I fumigowano przez 42 dni, a pszenicę kombinacji SO_2 II 38 dni. Gorsze plonowanie pszenicy gazowanej SO_2 można zatem przypisać mniejszej odporności tego gatunku na dwutlenek siarki niż żyta. Krytycznym momentem obniżającym plony ziarna pszenicy był koniec krzewienia i początek strzelania w źdźbło, zaś słomy pełnia krzewienia. Na zależność strat w plonach od faz rozwojowych wskazywał również Haut (4).

Tab. 2. Wpływ fumigacji SO_2 i produktów neutralizacji na niektóre cechy biometryczne pszenicy jarej (*Triticum aestivum*)*
 Influence of fumigation of SO_2 and products of neutralization on some biometric properties of spring wheat (*Triticum aestivum*)*

Cecha	K o m b i n a c j a				
	0	SO_2I	SO_2II	SO_2+NH_3	NH_3
Długość źdźbła w cm	90,7	82,3	86,3	90,6	96,3
Długość kłosa głównego w cm	10,1	9,1	9,7	10,2	10,3
Udział kłosków wykształconych w ogólnej ich liczbie w %	96,4	94,3	96,9	96,9	96,4
Udział źdźbeł produkcyjnych w ogólnej ich liczbie w %	72,8	53,3	54,8	68,7	68,4

x - nie stwierdzono wpływu fumigacji gazów na *Secale cereale*

Na podstawie pomiarów biometrycznych roślin stwierdzono, że decydującym elementem plonów ziarna okazała się nie tylko liczba wykształconych kłosków w kłosie, co ilość źdźbeł produkcyjnych (tab. 2). Otóż przy podobnym krzewieniu roślin we wszystkich kombinacjach udział źdźbeł produkcyjnych w obiekcie kontrolnym wynosił 72,8%, a SO_2I był niższy o około 20%. Dodawanie amoniaku do SO_2 wyraźnie zapobiegało temu znacznemu spadkowi źdźbeł produkcyjnych. Gazowanie zaś NH_3 nie miało większego wpływu na tę cechę.

Na wysokość plonów słomy wpłynęła nie tylko liczba źdźbeł produkcyjnych, których masa zawsze jest większa niż źdźbeł nieprodukcyjnych, ale też długość źdźbeł głównych. W kombinacji SO_2 była ona mniejsza o ponad 8 cm od obiektu kontrolnego.

WYSTĘPOWANIE CHOROÓB

Pierwsze objawy chorobowe zaobserwowano na początku czerwca. Na pszenicy były to nieliczne strzępki grzybni *Erisiphe graminis* (mączniak właściwy traw), w postaci szarobiałego nalotu oraz pojedyncze skupienia kulistych, pokrytych kolczastymi brodawkami, uredospor *Puccinia triticana* (rdza brunatna pszenicy). Na życie w tym czasie wystąpiły nieliczne uredospory tylko *Puccinia dispersa* (rdza brunatna żyta).

Przekropna pogoda w II i ciepła w III dekadzie czerwca sprzyjała rozwojowi chorób. Z początkiem lipca na życie we wszystkich kombinacjach pojawiła się *Puccinia graminis* (rdza źdźbłowa). Gazowanie samym amoniakiem sprzyjało jej rozwojowi, gdyż stwierdzono tam wyższy stopień porażenia (sp - 2). Niezależnie od gazowania we wszystkich kombinacjach wzrosło nasilenie *Puccinia dispersa* (sp - 3). W podanych wyżej

warunkach klimatycznych pszenica była słabiej porażona chorobami niż żyto.

Małe nasilenie infekcji *Erisiphe graminis* i *Puccinia triticana* z początku czerwca utrzymało się jedynie w kombinacji kontrolnej i NH_3 . Natomiast objawy chorobowe roślin kombinacji SO_2I , SO_2II i $\text{SO}_2 + \text{NH}_3$ ustąpiły pod wpływem dwutlenku siarki.

Tab. 3. Wpływ fumigacji gazów na porażenie (Ip — indeks porażenia) pszenicy jarej i żyta ozimego rdzą żdźbłąwą
Influence of gases on the paralysis of spring wheat and winter rye with with black stem rust (Ip — index of paralysis)

Roślina	K o m b i n a c j e				
	0	SO_2I	SO_2II	$\text{SO}_2 + \text{NH}_3$	NH_3
Pszenica	5,6	0,0	0,0	1,2	11,2
Żyto	21,8	7,0	16,2	12,8	25,0

Warunki meteorologiczne w lipcu nie sprzyjały rozwojowi mączniaka i rdzy brunatnej. Wzrosło natomiast porażenie roślin rdzą żdźbłąwą. Stopień porażenia żyta tą chorobą podczas zbioru wynosił od dwóch w kombinacji SO_2I do 4 w kombinacji NH_3 , a indeks analogicznie od 7,0 do 25,0 (tab. 3). Porażenie żyta rdzą żdźbłąwą w kombinacji SO_2I było trzykrotnie mniejsze niż obiektu kontrolnego. Mniejsze porażenie roślin tym patogenem zanotowano także w kombinacjach SO_2II i $\text{SO}_2 + \text{NH}_3$. Indeks porażenia pszenicy w kombinacji NH_3 był dwukrotnie wyższy niż obiektu kontrolnego i wynosił 11,2. Gazowanie pszenicy dwutlenkiem siarki i produktami reakcji praktycznie zapobiegało infekcji rdzą żdźbłąwą.

Na obu badanych gatunkach wszystkich kombinacji, wystąpiły ponadto w jednakowym, niewielkim nasileniu mszyce i skrzypionki. Dobry rozwój mszyc w rejonie objętym wpływem SO_2 obserwował również Przybylski (9).

WNIOSKI

1. Gazowanie roślin dwutlenkiem siarki o stężeniu $1,0 \text{ mg/m}^3$ spowodowało ostre uszkodzenie liści i przyczyniło się do istotnego spadku plonów ziarna i słomy pszenicy jarej, a w mniejszym stopniu żyta ozimego.

2. Dodawanie gazowego amoniaku ($0,5 \text{ mg NH}_3/\text{m}^3$) do dwutlenku siarki zapobiegało ujemnemu wpływowi SO_2 na wegetację i plonowanie, a nawet wpłynęło korzystnie na wzrost plonów słomy żyta i pszenicy.

3. Stwierdzono, że dwutlenek siarki i produkty jego reakcji amoniakiem wydatnie zmniejszają infekcję zbóż przez *Puccinia graminis* oraz *Erisiphe graminis*.

4. Gazowanie samym amoniakiem spowodowało wzrost porażenia roślin przez rdzę żdźbłową.

PIŚMIENNICTWO

1. Bojarski Z., Kamieniecki F., Skawina T.: Charakterystyka i ocena szkodliwego oddziaływania przemysłu na lasy. Biul. Śl. Inst. Nauk., we Wrocławiu, 55, 1965.
2. Couney H. M.: Inhibition of germination of *Alternaria* spores by SO_2 under various moisture conditions. Phytopathol. 55, 525—527, 1965.
3. Guderian R.: Ergebnisse aus dem Freilandversuch (Biersdorf) Sieg zur Ermittlung von Schwefeldioxydwirkungen auf die Vegetation. VDI — Berichte 1961, 55, 28—29.
4. Haut H.: Die Analyse von Schwefeldioxydwirkungen auf Pflanzen in Laboratoriumsversuch. Shtaub, 21, 1961.
5. Hifner K., Papp Z. S.: Atlas chorób i szkodników zbóż i kukurydzy. Budapeszt—Warszawa 1964.
6. Jacobs M. B.: Air pollutants, (w:) Standard methods of chemical analysis. II a, 23, 627—643, 1963.
7. Jargiello J., Kern H., Miazga S.: Wpływ zanieczyszczenia atmosfery dwutlenkiem siarki i produktami jego neutralizacji amoniakiem na plonowanie niektórych traw i motylkowych. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio E, vol. XXXII/XXXIII, 20, Lublin 1977/1978.
8. Markowski A., Grzesiak S., Pieńkowski S.: Wpływ neutralizacji dwutlenku siarki amoniakiem na vegetację kilku gatunków roślin. Acta Agric. et Silv. ser. Agr. 14, 2, 59—87, 1974.
9. Przybylski Z.: Wyniki obserwacji nad działaniem gazów i par SO_2 i H_2SO_4 na drzewa owocowe i niektóre szkodliwe owady w rejonie Kopalni i Zakładów Siarki w Machowie k/Tarnobrzega. Post. Nauk Roln., 2, 1967.
10. Miazga S.: Wpływ SO_2 i NH_3 na plonowanie niektórych traw w pierwszym i drugim roku vegetacji. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio E, vol. XXXVIII/XXXIX, Lublin 1983/1984.
11. Rocznik Statystyczny 1982.
12. Stoklasa J.: Die Beschädigung der Vegetation durch Rauchgase und Fabriksexhalation. Urban und Schwarzenberg. Berlin 1923 cyt. za Godzikiem S., Piskornikiem Z. — Wiad. Bot. 134, 239—248, 1969.
13. Warterasiewicz M.: Wpływ dwutlenku siarki na rośliny. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 206, 29—42, 1978.
14. West P. W., Gacke G. C.: Fixation of sulfur dioxide as disulfitomercurate (II) and subsequent colorimetric estimation. Ann. Chem., 1956, 28, 12, 1816—1819.

РЕЗЮМЕ

Исследования проводились в 5 вегетационных камерах из прозрачного полиэтилена кубатурой 2,5 м³ каждая. Растения подвергались фумигации ежедневно в течение 6 часов двуокисью серы (концентрация 1,0 мг/м³), аммиаком (0,5 мг/м³) и продуктами реакции этих газов. Обработка велась с начала июня, когда появились первые симптомы болезней. Растения высевали в вазах Митшерлиха на почву, состоящую из лесса (5 кг) и торфа (0,5 кг), удобряемую 800 мг N, 500 мг P₂O₅ и 600 мг K₂O на одну вазу.

Обработка двуокисью серы яровой пшеницы с фазы кущения до спелости вызвала некроз листьев и снижение урожая зерна на 24%, а соломы на 12%. Задержка начала обработки на 20 дней в меньшей степени отразилась на снижении урожая зерна и не вызвала существенного снижения урожая соломы. Обработка двуокисью серы озимой ржи в течение 42 дней уменьшило урожай зерна на 7%. Это снижение не было статистически доказано. Фумигация аммиаком и продуктами реакции SO₂+NH₃ не оказала влияния на вегетацию и урожайность исследуемых культур.

Было доказано, что двуокись серы уменьшила в три раза интенсивность *Puccinia graminis* на озимой ржи и полностью устранила инфекцию этого патогена на яровой пшенице. Фумигация продуктами реакции SO₂+NH₃ вызвала уменьшение поражения растений, а обработка NH₃ — его рост.

SUMMARY

Investigations were carried out in five vegetative chambers made of pellucid film of the volume of 2.5 m³ each. Plants were fumigated for 6 hours every day with sulphuric dioxide of the concentration of 1.0 mg/m³ and with ammonia of the concentration of 0.5 mg/m³ and with the products of the reaction of these gases. Gassing was begun at the beginning of June when first disease symptoms occurred. Plants were sown in Mitscherlich's pots on the soil consisting of loess (5 kg) and peat (0.5 kg) fertilized with 800 mg N, 500 mg P₂O₅ and 600 mg K₂O/a pot.

Gassing of spring wheat with SO₂ from the phase of tuft formation to ripeness caused necrosis of leaves and a drop of grain yields by 24% and of straw by 12%. A delay of gassing by 20 days influenced the drop of grain yields to a smaller degree and it caused no significant drop of straw yield. Gassing winter rye with SO₂ for 42 days decreased grain yields by 7%. This drop was statistically proved. Fumigation of NH₃ and of the products of the reaction SO₂+NH₃ had no influence on vegetation and yielding of investigated plants.

It was proved that sulphuric dioxide on winter rye decreased three times the intensity of *Puccinia graminis* and eliminated the infection of this pathogen on spring wheat completely. Fumigation of the products of the reaction of SO₂+NH₃ caused decreasing the plant paralysis, whereas gassing caused its increase.