

Robert Biczak
Barbara Herman
Eugeniusz Gurgul
Wanda Śliwa

Wyższa Szkoła Pedagogiczna, Częstochowa

WPŁYW BENZO[h]NAFTYRYDYN I ICH POCHODNYCH NA AKTYWNOŚĆ NIEKTÓRYCH ENZYMÓW ORAZ POZIOM CHLOROFILU I KWASU ASKORBINOWEGO W LIŚCIACH PORA I SELERA NACIOWEGO

Streszczenie: Przebadano wpływ benzo[h]naftyrydyn i ich pochodnych (N-metylojodków) na aktywność peroksydazy, katalazy i fosfatazy kwaśnej oraz zawartość chlorofilu (a + b) i kwasu askorbinowego w liściach selera naciowego (*Apium graveolens* L. var. *dulce* Pers.) i pora (*Allium ampeloprasum* L. *porrum* J. Gay).

Obserwowano wzrost aktywności katalitycznej badanych enzymów w roślinach poddanych działaniu benzo[h]naftyrydyn i ich pochodnych. Związki te spowodowały zmiany w składzie biochemicznym roślin eksperymentalnych.

1. Wstęp

W intensywnej produkcji rolniczej, w tym i warzywniczej do arsenału środków agrotechnicznych włączone zostały na szeroką skalę nawozy mineralne, nawadnianie, pestycydy, a w ostatnich latach wysokoaktywne substancje biologiczne. Stosowanie chemicznych środków ochrony roślin jest jednym z czynników umożliwiających zwiększenie produkcji żywności oraz polepszenie jej jakości. Obok korzystnego wpływu, pojawia się możliwość wystąpienia niekorzystnego działania stosowanych związków na rośliny uprawne, co wymusza wszechstronne przebadanie nowych preparatów jeszcze przed wprowadzeniem ich do powszechnego stosowania.

Badania nad nowymi grupami związków chemicznych dotyczą coraz częściej oddziaływania ich na skład biochemiczny roślin [1-5] oraz zmian w aktywności enzymatycznej [6-8]. Do enzymów, które mają zastosowanie w badaniach nad aktywnymi biologicznie związkami należą między innymi katalaza, peroksydaza i fosfataza kwaśna, co związane jest z funkcjami jakie pełnią w rozwoju i wzroście roślin [9-12].

Celem niniejszej pracy było określenie zmian w aktywności katalitycznej peroksydazy, katalazy i fosfatazy kwaśnej oraz zawartości chlorofilu i kwasu askorbinowego pod wpływem 1,5- i 1,6-benzo[h]naftyrydyn i ich N-metylojodków. Podjęcie badań nad tymi zagadnieniami wydaje się być w pełni uzasadnione z uwagi na wysoką aktywność biologiczną tych związków azaaromatycznych [13, 14]. Zarówno u benzo[h]naftyrydyn jak i N-metylojodków benzo[h]naftyrydyn stwierdzono szerokie spektrum działania na bakterie gram-dodatnie i gram-ujemne, przy czym N-metylojodki wykazały ogólnie większą aktywność niż wolne zasady. U niepodstawionych benzo[h]naftyrydyn wykazano ponadto silne oddziaływanie na grzyby.

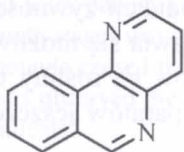
2. Metodyka badań

W doświadczeniach wazonowych, przeprowadzonych w szklarni w latach 1993-94 roślinami doświadczalnymi były seler naciowy (*Apium graveolens* L. var. *dulce* Pers.) i por (*Allium ampeloprasum* ssp. *porrum* J. Gay). Wazon o poj. 10 l napełniono glebą brunatną posiadającą $\text{pH}(\text{KCl}) = 6,6$, zawartość próchnicy - 1,7% oraz poziom składników pokarmowych: N - 1,2 g, P_2O_5 - 1,3 g, K_2O - 1,5 g i MgO - 0,8 g na wazon. Wilgotność gleby utrzymywano przez cały okres uprawy na stałym poziomie - 70% połowej pojemności wodnej.

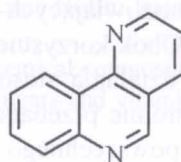
Rozsadę selera naciowego i pora wyprodukowano na rozsadniku i wysadzono do wazonów w fazie 3-4 liści w pierwszej połowie maja (5 roślin na wazon).

Doświadczeniami objęto cztery związki azaaromatyczne:

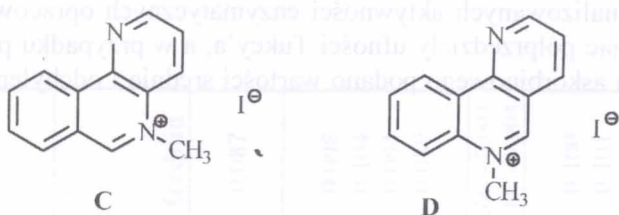
- A - 1,5-benzo[h]naftyrydyna
- B - 1,6-benzo[h]naftyrydyna
- C - 5-N-metylojodek-1,5-benzo[h]naftyrydyny
- D - 6-N-metylojodek-1,6-benzo[h]naftyrydyny



A



B



Związki te zostały zsyntezowane w Katedrze Chemii Organicznej WSP w Częstochowie.

Oprysku badanymi związkami o dwóch stężeniach 0,01% i 0,1% dokonano po trzech tygodniach od wysadzenia rozsady do wazonów, w ilości 20 ml roztworu odpowiedniego związku o danym stężeniu na wazon (co wynosiło odpowiednio 0,02 g i 0,2 g związku na powierzchnię 1 m²).

Doświadczenia wazonowe obejmujące wraz z kontrolą 9 obiektów zostały założone metodą kompletnej randomizacji w czterech powtórzeniach.

Materiał roślinny do oznaczeń aktywności enzymów pobierano trzykrotnie w odstępach jednego miesiąca począwszy od połowy czerwca. Zawartość chlorofilu i kwasu askorbinowego oznaczono jednorazowo w połowie sierpnia. Z każdego obiektu brana była próba zbiorcza złożona z 20 liści.

Wyciągi do badań enzymatycznych przygotowano poprzez homogenizację 1 g świeżego materiału roślinnego w schłodzonym buforze o ściśle określonym pH dla każdego enzymu [15], w homogenizatorze typ MPW-120. Jednorodny materiał pozostawiono w komorze chłodniczej w temp. od 0 do +4 °C na okres 24 godzin. Po tym czasie całą objętość homogenatu odwirowano w temp. od 0 do +4 °C w czasie 15 minut w wirówce typ MPW-360 przy 3000 obr./min, a uzyskany wyciąg uzupełniono do objętości 20 cm³.

Aktywność peroksydazy oznaczono z o-dianizydyną jako H-donor [16], względną jednostkową aktywność enzymu stanowił przyrost ekstynkcji w czasie ($\Delta A/\text{min}$) w temperaturze 30 °C. Katalazę oznaczono poprzez określenie ilości rozłożonego H₂O₂ w mg/g świeżej masy liści w ciągu 1 min w temp. 30 °C, zgodnie z metodą Bergmayera [17] oraz Chance'a i Machlye'a [18]. Aktywność fosfatazy kwaśnej określono na drodze oznaczenia uwolnionego fosforu z β -glicerofosforanu sodu, przez enzym zawarty w 1 g świeżej masy roślin według metody opisanej przez Brandenbergera i Hansona [19].

Chlorofil całkowity oznaczono metodą spektrofotometryczną [20, 21], po bezpośredniej ekstrakcji ze świeżego materiału roślinnego 80% acetonem schłodzonym do temperatury 0 - 4 °C.

Kwas askorbinowy oznaczano po homogenizacji świeżego materiału roślinnego w 2% kwasie szczawiovym zgodnie z metodą Tillmansa opartą na właściwościach redukujących kwasu L-askorbinowego [22].

Wyniki analizowanych aktywności enzymatycznych opracowano statystycznie wyliczając półprzedziały ufności Tukey'a, a w przypadku poziomu chlorofilu i kwasu askorbinowego podano wartości średnie i odchylenia standardowe.

3. Wyniki

Przebadane 1,5- i 1,6-benzo[h]naftyrydyny oraz ich N-metylojodki spowodowały zmiany w aktywności enzymatycznej peroksydazy, katalazy i fosfatazy kwaśnej w warzywach doświadczalnych, których wielkość uzależniona była zarówno od związku, jego stężenia jak i od rośliny i jej fazy wzrostu (Tab. 1-3; Rys. 1).

Aktywność peroksydazy, zarówno w roślinach kontrolnych jak i traktowanych badanymi związkami azaaromatycznymi, rosła z ich wiekiem. Analiza wyników odnośnie do wpływu związków na aktywność peroksydazy pokazuje, że zmiany aktywności w większym stopniu uzależnione były od związku i rośliny, a w mniejszym od zastosowanych stężeń. Pod wpływem 1,5- i 1,6-benzo[h]naftyrydyn, przy obu zastosowanych stężeniach, wystąpił wzrost aktywności peroksydazy w stosunku do kontroli, który wynosił średnio 6% dla selera i 16% dla pora. N-metylojodki podnosiły aktywność peroksydazy jedynie w liściach pora (średnio o 6%), podczas gdy w liściach selera naciowego wystąpił nieznaczny, 3% spadek aktywności tego enzymu.

We wszystkich roślinach traktowanych benzo[h]naftyrydynami i ich N-metylojodkami, w całym okresie wegetacji, wystąpił wzrost aktywności katalazy w porównaniu z kontrolą, przy jednoczesnym spadku tego enzymu z wiekiem roślin. Porównując działanie badanych związków można stwierdzić, że N-metylojodki spowodowały większy wzrost w aktywności katalazy niż wolne zasady, przy czym stopień zmian był tym większy, im wyższe było stężenie związku. Przy wyższym 0,1% stężeniu, benzo[h]naftyrydyny zwiększyły aktywność katalazy o 45% w liściach selera i o 17% w liściach pora, podczas gdy dla N-metylojodków wzrost ten wynosił odpowiednio 56% i 36% w odniesieniu do roślin kontrolnych.

Analiza zmian w aktywności fosfatazy kwaśnej w roślinach opryskanych badanymi związkami wskazuje na stymulujące działanie zarówno benzo[h]naftyrydyn, jak i ich pochodnych na aktywność tego enzymu. Podobnie jak w przypadku katalazy aktywność fosfatazy kwaśnej była najwyższa w roślinach opryskanych N-metylojodkami o stężeniu 0,1%, obserwowany wzrost aktywności tego enzymu wynosił średnio 11% w porach i 21% w selerach. Wolne zasady przy tym samym stężeniu spowodowały 8% wzrost aktywności fosfatazy w liściach pora i 11% wzrost w liściach selera naciowego, w stosunku do kontroli.

Tabela 1. Wpływ benzo[h]naftyrydyn i ich pochodnych (N-metylojodki) na aktywność peroksydazy w selerze naciowym i porze w fazach wzrostu

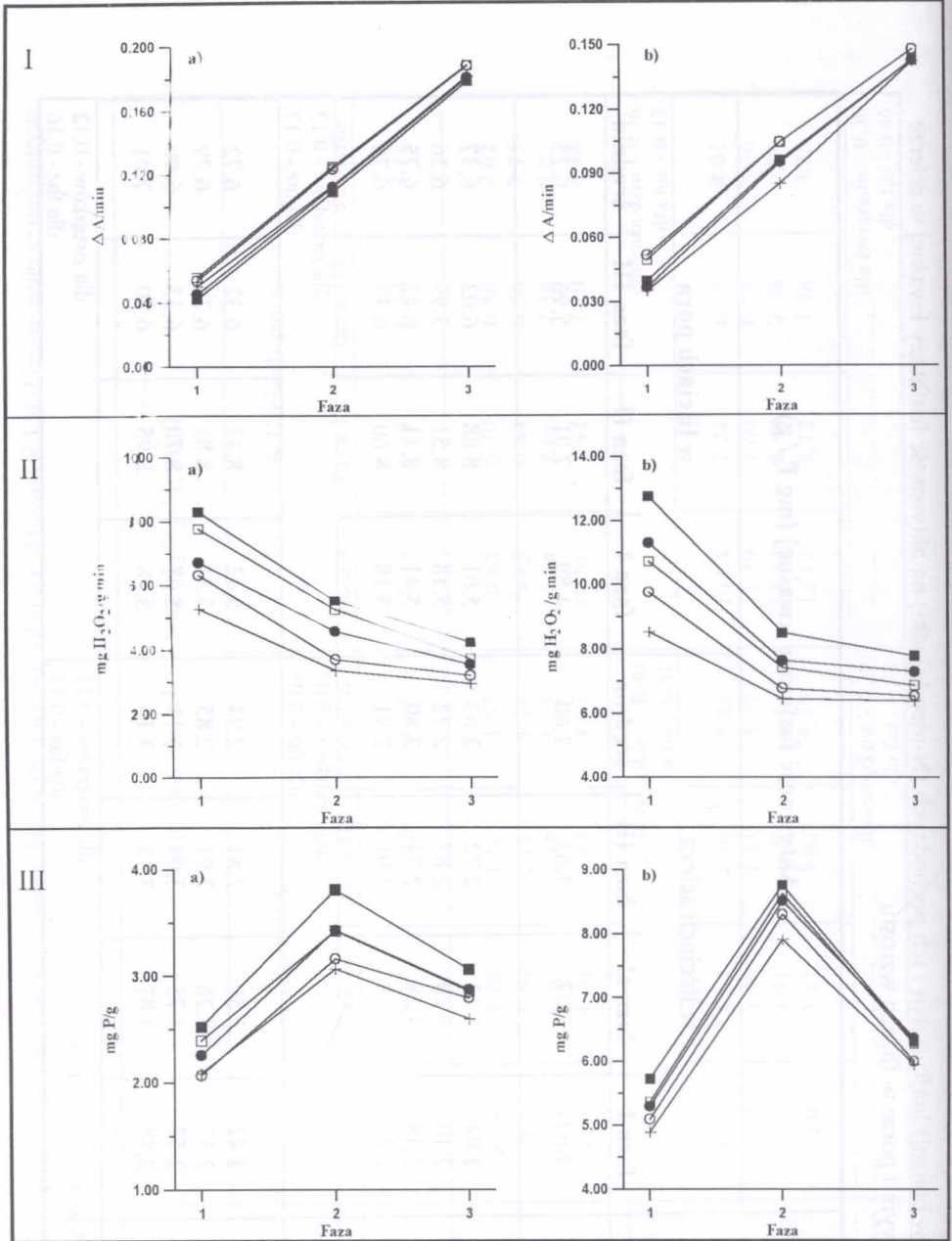
Związki i ich stężenia	Aktywność peroksydazy ($\Delta A/min$)							
	w liściach selera				w liściach pora			
	faza I	faza II	faza III	średnia	faza I	faza II	faza III	średnia
Kontrola	0,050	0,113	0,181	0,115	0,035	0,085	0,142	0,087
A-0,01%	0,054	0,125	0,188	0,122	0,047	0,102	0,146	0,098
B-0,01%	0,053	0,122	0,187	0,121	0,056	0,107	0,149	0,104
C-0,01%	0,048	0,110	0,180	0,113	0,037	0,100	0,145	0,094
D-0,01%	0,042	0,114	0,180	0,112	0,036	0,090	0,140	0,089
NIR _{0,05}	dla związków - 0,004 dla faz - 0,005				dla związków - 0,003 dla faz - 0,004			
A-0,1%	0,055	0,126	0,189	0,123	0,048	0,105	0,147	0,100
B-0,1%	0,056	0,124	0,187	0,122	0,051	0,104	0,148	0,101
C-0,1%	0,046	0,113	0,181	0,113	0,040	0,097	0,143	0,093
D-0,1%	0,038	0,105	0,175	0,106	0,039	0,095	0,142	0,092
NIR _{0,05}	dla związków - 0,003 dla faz - 0,004				dla związków - 0,004 dla faz - 0,005			

Tabela 2. Wpływ benzo[h]naftyrydyn i ich pochodnych (N-metylojodki) na aktywność katalazy w selerze naciowym i porze w fazach wzrostu

Związki i ich stężenia	Aktywność katalazy (mg H ₂ O ₂ / g min)							
	w liściach selera				w liściach pora			
	faza I	faza II	faza III	średnia	faza I	faza II	faza III	średnia
Kontrola	5.26	3.33	2.92	3.84	8.53	6.44	6.38	7.12
A-0.01%	6.58	3.78	3.22	4.53	9.65	6.70	6.50	7.62
B-0.01%	6.05	3.56	3.12	4.24	9.85	6.84	6.56	7.75
C-0.01%	6.84	5.10	3.72	5.22	11.78	7.86	7.38	9.01
D-0.01%	6.58	4.00	3.32	4.63	10.81	7.42	7.20	8.48
NIR _{0.05}	dla związków - 0.40 dla faz - 0.51				dla związków - 0.36 dla faz - 0.47			
A-0.1%	7.77	5.67	4.16	5.87	10.04	7.24	6.75	8.01
B-0.1%	7.77	4.79	3.25	5.27	11.39	7.60	6.98	8.66
C-0.1%	7.90	5.91	4.62	6.14	13.32	8.88	7.78	9.99
D-0.1%	8.69	5.11	3.82	5.87	12.17	8.12	7.78	9.36
NIR _{0.05}	dla związków - 0.29 dla faz - 0.38				dla związków - 0.36 dla faz - 0.46			

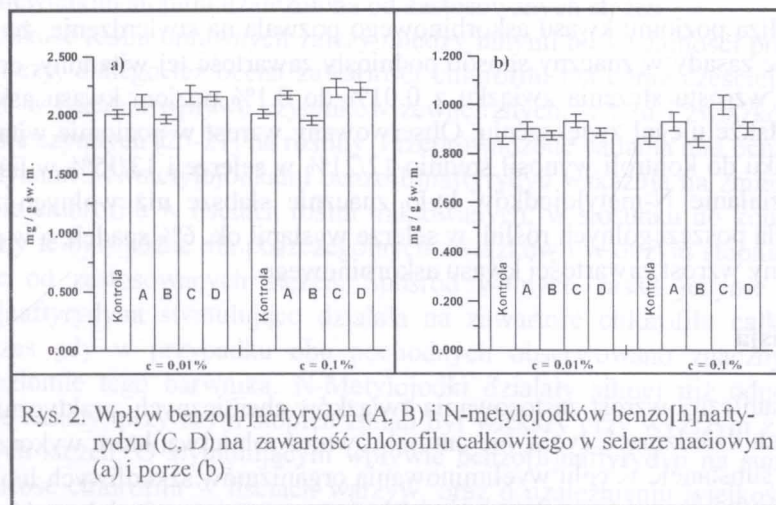
Tabela 3. Wpływ benzo[h]naftyrydyn i ich pochodnych (N-metylojodki) na aktywność fosfatazy kwaśnej w selerze naciowym i porze w fazach wzrostu

Związki i ich stężenia	Aktywność fosfatazy kwaśnej (mg P / g)							
	w liściach selera				w liściach pora			
	faza I	faza II	faza III	średnia	faza I	faza II	faza III	średnia
Kontrola	2.09	3.07	2.65	2.60	4.89	7.91	5.96	6.25
A-0.01%	2.04	3.13	2.72	2.63	5.01	8.08	6.02	6.37
B-0.01%	2.10	3.20	2.87	2.72	5.18	8.51	5.99	6.56
C-0.01%	2.38	3.28	2.74	2.80	5.41	8.41	6.42	6.75
D-0.01%	2.13	3.58	3.01	2.91	5.18	8.60	6.33	6.70
NIR _{0.05}	dla związków - 0.07 dla faz - 0.09				dla związków - 0.13 dla faz - 0.17			
A-0.1%	2.42	3.59	2.81	2.94	5.42	8.43	6.32	6.72
B-0.1%	2.37	3.26	2.91	2.85	5.31	8.81	6.24	6.79
C-0.1%	2.57	3.75	3.01	3.11	5.68	8.70	6.33	6.90
D-0.1%	2.48	3.87	3.12	3.16	5.78	8.95	6.30	7.01
NIR _{0.05}	dla związków - 0.11 dla faz - 0.14				dla związków - 0.12 dla faz - 0.16			

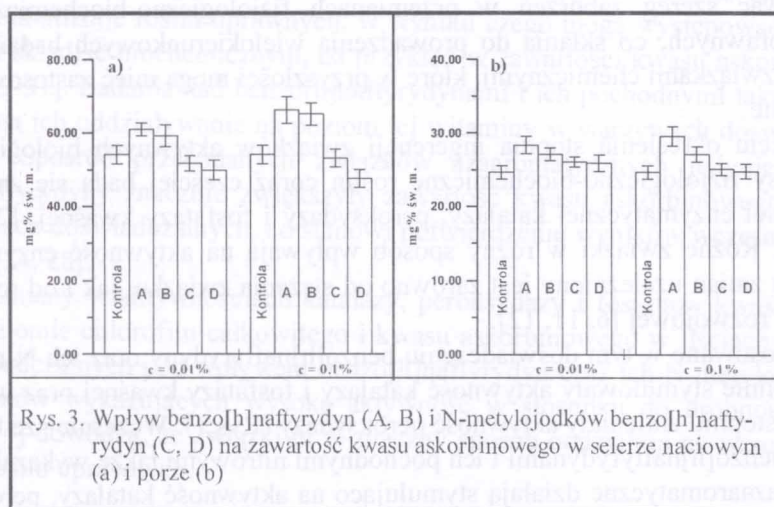


Rys. 1. Zmiany w aktywności peroksydazy (I), katalazy (II) i fosfatazy kwasnej (III) w liściach selera naciowego (a) i pora (b) pod wpływem benzo[h]naftyrydyn o stężeniu 0,01% (O) i 0,1% (□) oraz N-metylojodków benzo[h]naftyrydyn o stężeniu 0,01% (●) i 0,1% (■) w stosunku do roślin kontrolnych (+) w kolejnych fazach wzrostu

Przeprowadzone badania wykazały, że obok stymulującego wpływu benzo[h]naftyrydyn oraz ich pochodnych na aktywność enzymów, związki te wywołały zmiany w poziomie chlorofilu całkowitego i kwasu askorbinowego w roślinach doświadczalnych (Rys. 2, 3). Stopień zmian w dużej mierze uzależniony był od związku, 1,5-benzo[h]naftyrydyna działała silniej niż 1,6-benzo[h]naftyrydyna; podobną zależność obserwowano w przypadku N-metylojodków.



Rys. 2. Wpływ benzo[h]naftyrydyn (A, B) i N-metylojodków benzo[h]naftyrydyn (C, D) na zawartość chlorofilu całkowitego w selerze naciowym (a) i porze (b)



Rys. 3. Wpływ benzo[h]naftyrydyn (A, B) i N-metylojodków benzo[h]naftyrydyn (C, D) na zawartość kwasu askorbinowego w selerze naciowym (a) i porze (b)

W przypadku wolnych zasad jedynie 1,5-benzo[h]naftyrydyna spowodowała istotny wzrost w poziomie chlorofilu, który w liściach selera wynosił średnio ok. 7%, a w liściach pora ok. 6% w porównaniu z kontrolą. 1,6-benzo[h]naftyrydyna nieznacznie obniżyła zawartość chlorofilu w selerze naciowym (ok. 3%), a w porach poziom barwnika był zbliżony do poziomu w roślinach kontrolnych. N-metylojodki wykazywały silniejsze działanie niż ich wolne zasady, obserwowany wzrost zawartości chlorofilu był tym wyższy, im wyższe było stężenie związków i przy stężeniu 0.1% kształtował się na poziomie 10/11%.

Analiza poziomu kwasu askorbinowego pozwala na stwierdzenie, że jedynie wolne zasady w znaczny sposób podniosły zawartość tej witaminy, oraz że w miarę wzrostu stężenia związku z 0.01% do 0.1% poziom kwasu askorbinowego także ulegał zwiększeniu. Obserwowany wzrost w poziomie witaminy w stosunku do kontroli wynosił średnio 12/21% w selerze i 13/15% w liściach pora. Działanie N-metylojodków było znacznie słabsze niż wolnych zasad i różne dla poszczególnych roślin, w selerze wystąpił ok. 6% spadek, a w porze nieznaczny wzrost zawartości kwasu askorbinowego.

4. Dyskusja

Dynamiczny wzrost zastosowania związków chemicznych, praktycznie we wszystkich dziedzinach życia, nie ominął również rolnictwa, które wykorzystuje liczne substancje w celu wyeliminowania organizmów szkodliwych lub konkurencyjnych dla upraw, ułatwienia zbiorów, przyspieszenia lub opóźnienia dojrzewania. Bezpośrednia ingerencja związków aktywnych biologicznie może wywoływać szereg zaburzeń w przemianach fizjologiczno-biochemicznych roślin uprawnych, co skłania do prowadzenia wielokierunkowych badań nad nowymi związkami chemicznymi, które w przyszłości mogą mieć zastosowanie praktyczne.

W celu określenia stopnia ingerencji związków aktywnych biologicznie w procesy fizjologiczno-biochemiczne roślin coraz częściej bada się zmiany aktywności enzymatycznej katalazy, peroksydazy i fosfatazy kwaśnej. [2, 10-12, 23]. Różne związki w różny sposób wpływają na aktywność enzymów, a stopień zmian uzależniony jest zarówno od stężenia związku, jak i od rośliny i jej fazy rozwojowej [6, 11, 12].

Zastosowane w tym doświadczeniu benzo[h]naftyrydyny oraz ich N-metylojodki silnie stymulowały aktywność katalazy i fosfatazy kwaśnej oraz w niewielkim stopniu zmieniały aktywność peroksydazy (Rys.1). Wcześniejsze badania nad benzo[h]naftyrydynami i ich pochodnymi nitrowymi także wykazały, że związki azaaromatyczne działają stymulująco na aktywność katalazy, peroksydazy i fosfatazy kwaśnej oraz, że wielkość zmian uzależniona była od zastoso-

wanego związku i jego stężenia, rośliny i jej fazy wzrostu [24]. Uzyskane w doświadczeniu wyniki odnośnie do benzo[h]naftyrydyn i ich N-metylojodków także wskazują na podobne uzależnienia. N-metylojodki benzo[h]naftyrydyn silniej stymulowały aktywność katalazy i fosfatazy kwaśnej niż odpowiednie wolne zasady, przy czym stopień zmian był tym wyższy, im wyższe było stężenie związków. W przypadku peroksydazy zaobserwowano odwrotną zależność, aktywność tego enzymu w roślinach traktowanych benzo[h]naftyrydynami była wyższa niż u roślin opryskanych ich pochodnymi i w niewielkim stopniu uzależniona od zastosowanych stężeń.

Jakość roślin uprawnych zależy między innymi od wydajności procesu fotosyntezy, dlatego też ocena zawartości chlorofilu ma coraz częściej zastosowanie w badaniu wpływu czynników zewnętrznych, w tym i związków biologicznie czynnych [25-27] na rośliny. Przeprowadzone badania nad benzo[h]naftyrydynami i N-metylojodkami benzo[h]naftyrydyn wskazują na zmiany w poziomie chlorofilu w liściach roślin traktowanych, w stosunku do kontrolnych; zmiany te były różne dla poszczególnych związków i w dużym stopniu uzależnione od zastosowanych stężeń. Spośród wolnych zasad jedynie 1,5-benzo[h]naftyrydyna stymulująco działała na zawartość chlorofilu całkowitego, podczas gdy w przypadku obu pochodnych obserwowano znaczny wzrost w poziomie tego barwnika. N-Metylojodki działały silniej niż odpowiednie wolne zasady, przy czym stopień zmian był większy przy wyższym z zastosowanych stężeń. O stymulującym wpływie benzo[h]naftyrydyn na sumaryczną zawartość chlorofilu w liściach warzyw, oraz o uzależnieniu wielkości zmian od stężenia związku donoszono już wcześniej [28].

Aktywne biologicznie związki chemiczne mogą wywoływać zaburzenia w metabolizmie roślin uprawnych, w wyniku czego mogą występować zmiany w ich składzie biochemicznym, na przykład w zawartości kwasu askorbinowego [29-31]. Badania nad benzo[h]naftyrydynami i ich pochodnymi także wskazują na ich oddziaływanie na poziom tej witaminy w warzywach doświadczalnych. Spośród przebadanych związków azaaromatycznych jedynie benzo[h]naftyrydyny znacznie zwiększyły zawartość kwasu askorbinowego w obu roślinach doświadczalnych, co stanowi potwierdzenie wyników wcześniejszych prac [24, 28].

Zmiany w aktywnościach katalazy, peroksydazy i fosfatazy kwaśnej oraz w poziomie chlorofilu całkowitego i kwasu askorbinowego w liściach warzyw doświadczalnych pod wpływem benzo[h]naftyrydyn oraz ich N-metylojodków, związków wykazujących wysoką aktywność w stosunku do drobnoustrojów [13, 14] dowodzą, że związki te w znaczny sposób oddziałują na wzrost i rozwój roślin uprawnych.

LITERATURA

1. Z. Ciećko, G. Nowak: Wpływ pestycydów na wysokość plonu i jakość bulw ziemniaka, *Pestycydy*, 1989, 3, 17-23.
2. A. Dobrzański: Wpływ ochrony przed chwastami na technologię produkcji, jakość i wartość biologiczną warzyw, XXXI Sesja Nauk. IOR, Cz. I - Referaty, 1991, 125-133.
3. J.S. Knopp, C.L. Harms, J.J. Volence: Growth regulator effects on wheat culm non-structural and structural carbohydrates and lignin, *Crop Sci.*, 1987, 27, 1201-1205.
4. Z. Zwolińska-Śniatałowa: Zmiany biochemiczne w roślinach pod wpływem chemicznych środków ochrony roślin, *Biuletyn IOR*, 1974, 57, 81-90.
5. Z. Zwolińska-Śniatałowa: Wpływ insektycydu Furadanu na skład biochemiczny liści i bulw ziemniaków, *Rocz. Nauk Roln., S.E.T.9*, 1979, 1, 219-225.
6. M.R. De Felipe, M.M. Lucas, J.M. Pozuelo: Cytochemical study of catalase and peroxidase in the mesophyll of *Lolium rigidum* plants treated with isotoproturon, *J. Plant Physiol.*, 1988, 132, 67-73.
7. J. Łobarzewski, M. Brzyska: Immobilized peroxidase as a model enzyme under stress caused by metals and pesticides, *Molecular and physiological aspects of plant peroxidase*, II Internat. Symp., Lublin, 1990, 114.
8. M. Nikonorow, *Pestycydy w świetle toksykologii środowiska*, PWRiL, Warszawa 1979.
9. V.M. Bhan, V.K. Gupta, R.K. Malik: Effect of isotoproturon at different stages of wheat and associated weeds, *Abstract Ann. Conf. on Indian Soc. Weed Sci.*, 1985, 42.
10. M.J. Cañal, R.S. Sánchez Tamés, B. Fernández: Peroxidase and polyphenoloxidase activities in *Cyperus esculentus* leaves following glyphosate applications, *Physiol. Plant.*, 1988, 74, 125-130.
11. C.V. Murumkar, P.D. Chavan: Salinity induced biochemical changes during germination of chickpea (*Cicer arietinum* L.), *Acta Agron. Hung.*, 1987, 36(1-2), 43-49.
12. Z. Piskornik: Wpływ wybranych fungicydów na aktywność inwertazy w liściach grochu cukrowego (*Pisum sativum* L.), *Zesz. Nauk. AR Kraków, Ogródnictwo*, 1980, 158(7), 3-14.
13. G. Matusiak, W. Śliwa: Quaternary salts of benzo[h]naphthyridines, *Acta Chim. Hung.*, 1988, 125(2), 267-274.
14. W. Śliwa, *Badania nad benzo[h]naftyrydynami*, *Prace Nauk. Politechniki Wrocław, Seria Studia i materiały*, nr 8, 1978.
15. E. Gurgul, Wpływ nawadniania oraz nawożenia azotem i magnezem na aktywność niektórych enzymów, plonowanie oraz skład chemiczny kapusty głowiastej czerwonej i włoskiej, *Praca hab.*, AR Szczecin, *Rozprawy* 84, 1982.
16. M.G. Gardiner, R. Cleland: Peroxidase changes during the cessation of elongation in *Pisum sativum* stems, *Phytochemistry*, 1974, 13, 1095-1098.
17. H.U. Bergmayer, *Methods of enzymatic analysis*, Acad. Press, New York, 1963.
18. B. Chance, A.C. Machly: Assay of catalases and peroxidases, *Methods in enzymology*, Acad. Press, New York 1955, 2, 764-775.
19. H. Brandenberger, R. Hanson: Spectrophotometric determination of acid and alkaline phosphatases, *Helv. Chim. Acta*, 1953, 36, 900.

20. D.I. Arnon: Photosynthesis by isolated chloroplast. IV. General concept and comparison of three photochemical reactions, *Biochem. Biophys. Acta*, 1956, 20, 449-461.
21. J. Bruinsma: The quantitative analysis of chlorophylls a and b in plant extracts, *Photochem. Photobiol.*, 1963, 2, 241-249.
22. U. Rutkowska, Wybrane metody badania składu i wartości odżywczej żywności, PZWL, Warszawa 1981.
23. P.L. Swarnkar, S.P. Bohra, N. Chandra: Biochemical studies on initiation of callus in *Solanum surattense*, *J. Plant Physiol.*, 1986, 126, 293-296.
24. B. Herman: Badanie wpływu benzo[h]naftyrydyn i ich pochodnych nitrowych na aktywność enzymatyczną i zawartość związków organicznych w wybranych warzywach, Praca dokt., Częstochowa, 1993.
25. E.W. Carroll, O.J. Schwarz, L.G. Hickok: Biochemical studies of paraquat - tolerant mutants of the fern *Ceratopteris richardii*, *Plant Physiol.*, 1988, 87, 651-654.
26. K.H. Grumbach: Herbicides which inhibit electron transport or produce chlorosis and their effect on chloroplast development in radish seedlings. I. Chlorophyll a fluorescence transients and photosystem II activity, *Z. Naturforsch.*, 1982, 37c, 268-275.
27. M. Hurej, R. Śnieżko: Wpływ wybranych pestycydów na fotosyntezę i plon roślin chronionych, *Post. Nauk Roln.*, 1986, 4, 51-62.
28. E. Gurgul, B. Herman, W. Śliwa: Investigation of the influence of azaaromatics on the contents of assimilation pigments, sugars and vitamin C in the cabbage and leek, *Acta Bot. Hung.*, 1987, 33 (3-4), 395-399.
29. B. Baraniak, M. Bubicz, M. Bochniarz: Wpływ herbicydów na zawartość karotenów, α -tokoferolu i kwasu L-askorbinowego w kapuście pastewnej, *Pam. Puł. - Prace IUNG*, 1982, 77, 143-149.
30. E. Lesińska: Wpływ Difenamidu i Trifluralinu na zawartość składników pokarmowych w nieprzetworzonych i przetworzonych owocach pomidora, *Zesz. Nauk. AR Kraków, Ogrodnictwo*, 1982, 174 (10), 39-62.
31. J.J. Chinoy, The role of ascorbic acid in growth, differentiation and metabolism of plants, Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers, Boston/Lancaster, 1984.

Robert Biczak
Barbara Herman
Eugeniusz Gurgul
Wanda Śliwa

The influence of benzo[h]naphthyridines and their derivatives on activity of some enzymes and chlorophyll and ascorbic acid levels in leek and celery leaves

Abstract: The influence of benzo[h]naphthyridines and their derivatives (N-methyl iodides) on the activities of peroxidase, catalase and acid phosphatase and the contents of chlorophyll (a+b) and ascorbic acid in leaves of celery (*Apium graveolens* L. var. *dulce* Pers.) and leek (*Allium ampeloprasum* L. *porrum* J. Gay) was investigated.

The increase of catalytic activity of studied enzymes in presented plants exposed to the action of benzo[h]naphthyridines and their derivatives was observed. The used compounds caused the changes of biochemical composition of experiment plants.

1. G. Mészáros, W. Śliwa: (Quaternary salts of benzo[h]naphthyridines, *Acta Chem Hung.* 1988, 12(7): 67-77.
2. W. Śliwa, Gadama 4-(4-benzo[h]naphthyridinyl)-2-thiazole. *Prace Nauk. Politechniki Wrocławskiej* (mat.-nat.) 4: 6, 1978.
3. Z. Gurgul, Wpływ 4-(4-benzo[h]naphthyridinyl)-2-thiazolu i jego soli na aktywność niektórych enzymów i poziom witamin oraz skład chemiczny kapturów główki selera i czosnku. *Pr. Inst. Roln. Państw. Roln. i Leśn. 55*, 1982.
4. M. G. Garsner, W. C. Chao: Peroxidase changes during the oxidation of chlorophyll. *Plant and Tissue Culture*, 1974, 13, 1093-1098.
5. H. C. Bergmayer: Methods of enzymatic analysis. *Acad. Press*, New York, 1963.
6. H. Chao: A C. Mally: A way of catalase and peroxidase. *Methods in enzymol. Anal.* *Acad. Press*, 1970, 103, 761-774.
7. H. Besfordberg, R. H. Olson: Spectrophotometric determination of acid and alkaline phosphatase. *Anal. Chem.* 1957, 29, 300.