ACTA AGROBOTANICA
Vol. XXXII, z. 2 — 1979
207-221

# Porównanie aktywności peroksydazy, katalazy i fosfatazy kwaśnej w liściach pora w okresie intensywnego wzrostu i pod koniec wegetacji roślin w różnych warunkach uprawy

E. GURGUL *, E. KOŁOTA **, D. ŚCIĄŻKO *

* Zakład Biochemii Instytutu Chemii i Przechowalnictwa oraz
** Zakład Warzywnictwa Instytutu Uprawy Roli i Roślin
Akademia Rolnicza w Szczecinie

(Przyjęto dn. 6 X 1978 r.)

E. Gurgul* E. Kołota** D. Ściążko* (*Department of Biochemistry** and *Department of Vegetable Crops***, *Agricultural Academy, Szczecin, Poland)* Acta Agrobotanica 32 (2): 207-221, 1979.

*Dynamics of the changes of peroxidase, catalase, and acid phosphatase activities in leeks under the influence of nitrogen fertilization and irrigation*

Results obtained in a field experiment showed a high influence of irrigation and nitrogen fertilization on the activity of peroxidase, while acid phosphatase activity showed only small differences. The peroxidase activity depended to a large degree on the leeks growth stage. Maximum peroxidase, catalase and — in some cases — acid phosphatase activity were found at nitrogen doses higher than optimal for the plant growth and yield.

## WSTĘP I PRZEGLĄD LITERATURY

Biologiczna kontrola rozwoju rośliny nabiera szczególnego znaczenia w intensywnej produkcji rolniczej, a w tym i warzywniczej. Wynika to stąd, że do arsenału środków agrotechnicznych, którymi dysponuje producent, włączone zostały na szeroką skalę nawozy mineralne, nawadnianie, herbicydy itp. Coraz częściej w użyciu są również wysokoaktywne substancje biologiczne, których efekt działania zależy od wysokości zastosowanej dawki i stadium organogenezy w jakiej znajduje się roślina.

W przypadku składników mineralnych podstawowym kryterium oceny stopnia zaopatrzenia roślin jest analiza chemiczna części wskaźnikowych warzyw, którymi są ogonki lub blaszki liściowe (Nowosielski 1972). Dostarcza ona informacji co do potrzeb ewentualnego dokarmiania roślin i może być wykorzystana do prognozowania plonów. Wydaje się, że znajomość natężenia procesów życiowych, wyrażonych dynamiką aktywności enzymatycznej, mogłaby być również bardzo pomocna w diagnostyce od-

żywiania roślin w określonych warunkach środowiska. Mineralne odżywianie roślin może powodować zmiany ich metabolizmu, wpływając na aktywność enzymów lub na system regulacji ich syntezy.

Badaniami aktywności enzymów, w zależności od zaopatrzenia roślin w poszczególne składniki, mineralne, zajmowali się między innymi Ščerbakov (1948), Hsiao i in. (1968), Joy (1969), Parish (1969), Parish, Miller (1969), Weissman (1972). Stosunkowo nieliczne były jednak prace dotyczące wpływu nawożenia azotowego na aktywność układów enzymatycznych w roślinach. Problem ten w odniesieniu do dehydrogenaz podejmowali Sanderson i Cocking (1964; 1969) oraz Weissman (1964; 1972), zaś w odniesieniu do peroksydazy, katalazy i fosfatazy kwaśnej — Gurgul (1973) oraz Gurgul i Kołota (1975).

Celem niniejszej pracy było przebadanie zmian aktywności peroksydazy (E.C. 1.11.1.7), katalazy (E.C. 1.11.1.6) i fosfatazy kwaśnej (E.C. 3.1.3.2) w porze pod wpływem różnych form i dawek nawożenia azotowego w warunkach nawadniania i bez nawadniania. Wybór tych enzymów został podyktowany ich fizjologiczną rolą w procesach wzrostu i rozwoju roślin. Jak podaje Stanisławski (1963) oraz Macháčková i in. (1975) działanie peroksydazy i katalazy ma ścisłe powiązanie z metabolizmem auksyn.

Kwas β-indolilooctowy, jako regulator wzrostu z grupy auksyn, występuje powszechnie w roślinach w minimalnych ilościach, gdyż jest on w tkankach z jednej strony nieustannie produkowany, z drugiej zaś przeprowadzany w formę nieaktywną pod wpływem oksydazy kwasu β-indolilooctowego oraz peroksydazy. Peroksydaza przy udziale $H_2O_2$ utlenia kwas β-indolilooctowy, a tym samym inaktywuje go. Proces ten uwarunkowany jest z kolei aktywnością katalazy, która rozkładając $H_2O_2$ usuwa z tkanek substrat, przy udziale którego peroksydaza utlenia auksynę. Katalaza spełnia w tym procesie oksyredukcyjnym funkcję enzymu ochronnego w stosunku do auksyny.

## METODYKA BADAŃ

Doświadczenie polowe zlokalizowano na polu doświadczalnym w Rajkowie należącym do RZD Ostoja k. Szczecina, na glebie brunatnej zaliczonej do III klasy bonitacyjnej o zawartości próchnicy około 1,7%. Badaniami objęto wpływ 3 czynników na aktywność enzymów w liściach pora i wysokość plonu roślin zbieranych jesienią. Czynnik I stanowiły dwa poziomy wilgotności gleby:

1) bez nawadniania,

2) z zastosowaniem nawadniania w okresach spadku wilgotności gleby na głębokości 15-25 cm do poziomu 65% polowej pojemności wodnej w

czasie od 15 do 30 VI i do 75% polowej pojemności wodnej od 1 VII do 15 IX.

Jako czynnik II wprowadzono do badań 4 rodzaje nawozów azotowych a mianowicie:

1) saletra amonowa,
2) mocznik,
3) agroform,
4) agramid.

Saletra amonowa i mocznik to nawozy powszechnie obecnie stosowane w produkcji roślinnej, agroform i agramid stanowią natomiast formy azotu o spowolnionym działaniu i są produkowane na skalę wielkolaboratoryjną w Zakładach Azotowych w Kędzierzynie. Agroform jest polikondensatem formaldehydowo-mocznikowym, agramid zaś to otoczkowany mocznik.

Czynnikiem III w doświadczeniu było zróżnicowane nawożenie azotowe w wysokości 100, 200 i 300 kg N/ha każdego spośród porównywanych rodzajów nawozów. Jako porównawcza służyła kombinacja bez nawożenia azotowego.

Całość doświadczenia założono w układzie losowanych podbloków w 4 powtórzeniach, a wielkość jednego poletka wynosiła 15 m² (3×5 m). Rośliny uprawiane były przy stałej zasobności gleby w dostępne formy fosforu i potasu, którą poprzez nawożenie wczesnowiosenne doprowadzano do poziomu 150 mg P i 200 mg K w 1 l. Nawożenie azotowe stosowano w całości przedwegetacyjnie pod bronę.

Por odmiany Unique uprawiano z rozsady wysadzanej na miejsce stałe w dniach 26 i 27 V 1976 r., w rozstawie 40×20 cm. Z uwagi na znaczne niedobory opadów i związany z tym spadek wilgotności gleby poniżej 65% polowej pojemności wodnej, nawadnianie roślin rozpoczęto w dniu 24 VI i kontynuowano przez VII i VIII aż do 13 IX. W okresie tym przeprowadzono 9-krotne deszczowanie roślin w łącznej dawce 260 mm wody. Pozostałe zabiegi pielęgnacyjne wykonywano zgodnie z zaleceniami obowiązującymi w uprawie porów. Zbiór roślin z poletek wykonano w dniach 25 i 26 X.

Dwukrotnie w ciągu okresu wegetacji pobierano materiał roślinny do oznaczeń aktywności peroksydazy, katalazy i fosfatazy kwaśnej. Po raz pierwszy próbki roślin pobrane były w okresie intensywnego wzrostu w dniu 13 VIII, a po raz drugi pod koniec okresu wegetacji w dniu 5 X. Do analiz brano po 20 sztuk w pełni wyrośniętych liści zewnętrznych pora z każdej kombinacji doświadczenia.

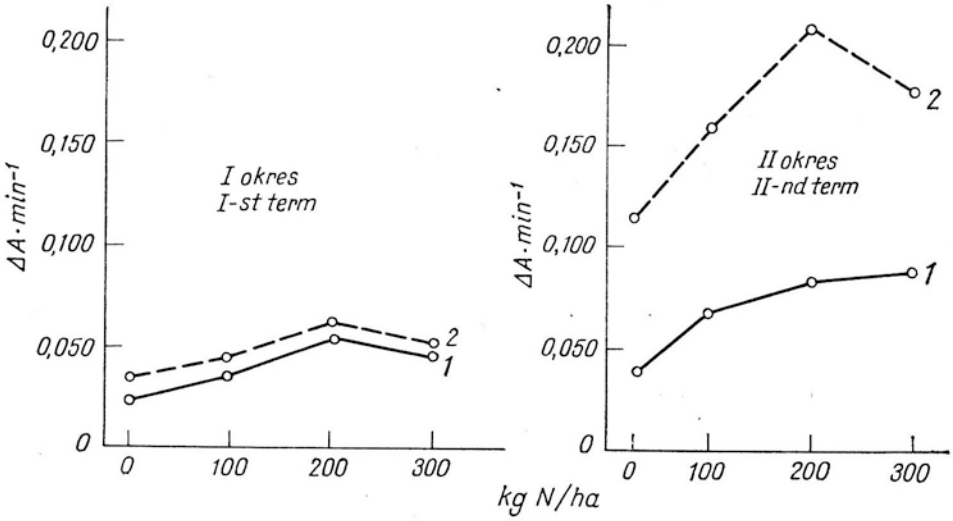
Aktywność enzymów oznaczano w zmielonych liściach pora, suszonych uprzednio w suszarce próżniowej w temp. 30-35°C w ciągu 5 godzin. Poziom aktywności enzymów nie uległ w tych warunkach suszenia zmniejszeniu.

Aktywność peroksydazy oznaczano zmodyfikowaną metodą Chance i Maehly (1955) obserwując w czasie zmianę absorpcji wobec *o*-dwuanizydyny jako substratu. Za jednostkę aktywności przyjęto $\Delta A \cdot min^{-1}$. Katalazę oznaczano stosowaną powszechnie metodą jodometryczną (Bergmeyer 1963; Chance, Maehly 1955). Jednostką aktywności katalazy jest ilość enzymu rozkładająca 1 mikromol nadtlenku wodoru w ciągu 15 min w temp. 30°C. Aktywność fosfatazy kwaśnej określano na drodze oznaczania uwolnionego fosforu z substratu (β-glicerofosforanu sodu) przez enzym zawarty w 1 g suchej masy pora według metody opisanej przez Brandenburgera i Hansona (1953). Szczegółowy tok analizy biochemicznej przedstawiono we wcześniejszej publikacji (Gurgul, Kołota 1975).

## OMÓWIENIE WYNIKÓW

Analizy chemiczne zewnętrznych liści pora wykazały znaczne zróżnicowanie aktywności peroksydazy pod wpływem badanych w doświadczeniu czynników, jak również w kolejnych okresach wzrostu roślin (rys. 1, 2; tab. 1). Okazało się, że niezależnie od poziomu nawożenia azotowego, w okresie intensywnego wzrostu aktywność tego enzymu w liściach roślin nawadnianych było średnio około 10% mniejsza niż u nie nawadnianych. Pod koniec okresu wegetacji obserwowano wyraźny wzrost aktywności peroksydazy. Warto zaznaczyć, że zjawisko to występowało w różnym nasileniu i było zależne od poziomu uwilgotnienia gleby. U roślin nawadnianych aktywność enzymu wzrosła tylko z 0,045 do 0,078 $\Delta A \cdot min^{-1}$, podczas gdy u roślin nie nawadnianych wzrost ten był ponad 3,5-krotny (z 0,050 do 0,157 $\Delta A \cdot min^{-1}$). Jak wykazali Suchorakov (1952) oraz Rubin i Arcichovska (1960), wysoka aktywność peroksydazy ujawnia się w okresach, gdy rośliny znajdują się w warunkach niekorzystnych dla wzrostu. Wydaje się, że mogłoby to tłumaczyć jej wysoką aktywność u roślin nie nawadnianych w niniejszym doświadczeniu.

Istotnym czynnikiem modyfikującym aktywność peroksydazy w porze okazało się również nawożenie azotowe. Biorąc pod uwagę średnie wyniki dla wszystkich porównywanych form azotu (rys. 1) stwierdzono, że najniższą aktywnością omawianego enzymu charakteryzowały się rośliny nie nawożone azotem. W miarę wzrostu dawki nawozu do 100 i 200 kg N/ha następował systematyczny wzrost, zaś przy dawce 300 kg N/ha — spadek aktywności peroksydazy. Wyjątkiem był tu wzrost aktywności enzymu przy nawożeniu w wysokości 300 kg N/ha w II fazie wzrostu u roślin nawadnianych. Wyniki te stanowią potwierdzenie wcześniejszych badań w tym zakresie dotyczących kapusty i pora (Gurgul, Kołota 1975), w których również wysokie nawożenie azotowe obniżyło aktywność peroksydazy.

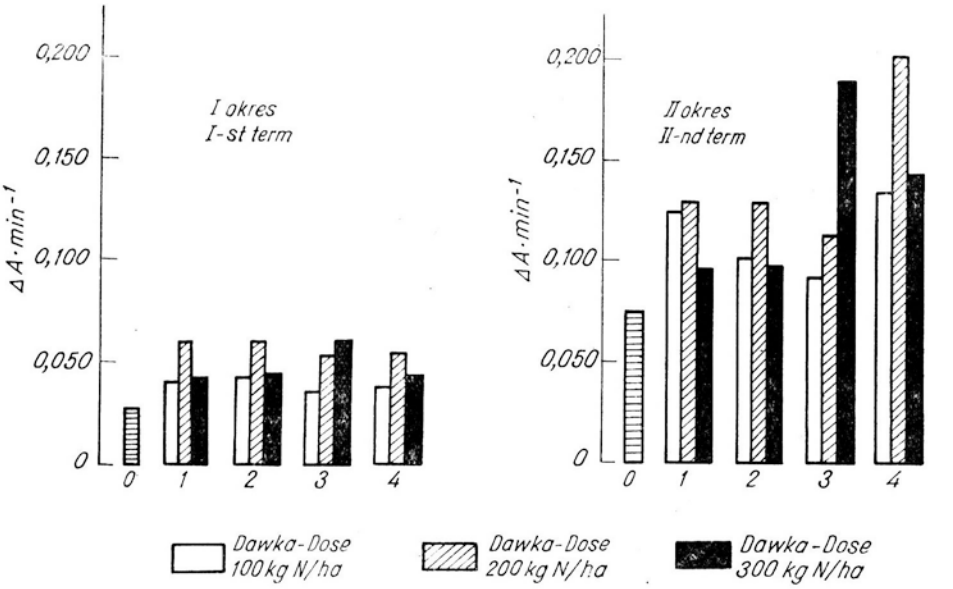



Ryc. 1. Wpływ nawadniania i dawki N na aktywność peroksydazy w liściach pora wyrażonej jako $\Delta A \cdot min^{-1}$

*1* — z nawadnianiem; *2* — bez nawadniania

Fig. 1. Influence of irrigation and dose of N on the activity of peroxidase in leeks leaves expressed as $\Delta A \cdot min^{-1}$

*1* — with irrigation; *2* — without irrigation




Rys. 2. Wpływ rodzaju nawozu i dawki N na aktywność peroksydazy w liściach pora wyrażonej jako $\Delta A \cdot min^{-1}$

*0* — bez nawożenia N; *1* — saletra amonowa; *2* — mocznik; *3* — agroform; *4* — agramid

Fig. 2. Influence of a kind of fertilizer and dose of N on the activity of peroxidase in leeks leaves expressed as $\Delta A \cdot min^{-1}$

*0* — without fertilizing of N; *1* — ammonium nitrate; *2* — urea; *3* — agroform; *4* — agramid

Tabela 1 — Table 1

Wpływ nawadniania i nawożenia azotowego na aktywność peroksydazy w liściach pora wyrażonej w $\Delta A \cdot min^{-1}$

Influence of irrigation and nitrogen fertilization on the activity of peroxidase in the leaves of leeks expressed as $\Delta A \cdot min^{-1}$

| Rodzaj nawozu azotowego Kind of nitrogen fertilizer | Dawka azotu w kg N/ha Dose of nitrogen in kg N/ha | I termin oznaczeń 13 VIII First term of growth | | II termin oznaczeń 5 X Second term of growth | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | z nawadnianiem with irrigation | bez nawadniania without irrigation | z nawadnianiem with irrigation | bez nawadniania without irrigation |
| Saletra amonowa Ammonium nitrate | 100 | 0,035 | 0,047 | 0,065 | 0,183 |
| | 200 | 0,057 | 0,062 | 0,080 | 0,183 |
| | 300 | 0,043 | 0,042 | 0,089 | 0,105 |
| | $\bar{x}$ | 0,045 | 0,050 | 0,078 | 0,157 |
| Mocznik Urea | 100 | 0,035 | 0,052 | 0,072 | 0,132 |
| | 200 | 0,070 | 0,052 | 0,077 | 0,182 |
| | 300 | 0,051 | 0,040 | 0,072 | 0,127 |
| | $\bar{x}$ | 0,052 | 0,048 | 0,074 | 0,147 |
| Agroform | 100 | 0,037 | 0,036 | 0,062 | 0,125 |
| | 200 | 0,050 | 0,056 | 0,095 | 0,135 |
| | 300 | 0,050 | 0,073 | 0,095 | 0,285 |
| | $\bar{x}$ | 0,046 | 0,055 | 0,084 | 0,181 |
| Agramid | 100 | 0,035 | 0,042 | 0,072 | 0,200 |
| | 200 | 0,039 | 0,070 | 0,080 | 0,335 |
| | 300 | 0,042 | 0,047 | 0,090 | 0,200 |
| | $\bar{x}$ | 0,039 | 0,053 | 0,080 | 0,245 |
| Bez nawożenia N Without fertilization of N | | 0,022 | 0,033 | 0,038 | 0,115 |

| NUR przy P=0,95 LSD at P=0.95 | | |
|---|---|---|
| dla nawadniania for irrigation | 0,002 | 0,002 |
| dla rodzaju nawozu for kind of fertilizer | 0,003 | 0,006 |
| dla dawki N for dose of N | 0,016 | 0,017 |

Jak wynika z danych przedstawionych na rysunku 2, zależności między dawką azotu a aktywnością peroksydazy układały się odmiennie przy różnych formach nawozów azotowych. Przy użyciu saletry amonowej, mocznika i agramidu najwyższą aktywność enzymu w obydwu fazach

wzrostu stwierdzano u roślin nawożonych w ilości 200 kg N/ha, natomiast przy nawożeniu agroformem obserwowano systematyczny wzrost jego aktywności aż do 300 kg N/ha. Na uwagę zasługuje także fakt, że u roślin nawożonych agroformem w dawkach 100 i 200 kg N/ha aktywność peroksydazy była wyraźnie niższa, zaś przy dawce 300 kg N/ha zdecydowanie wyższa w porównaniu z pozostałymi rodzajami nawozów. Zależność ta została dowiedziona w obydwu terminach analiz roślin.

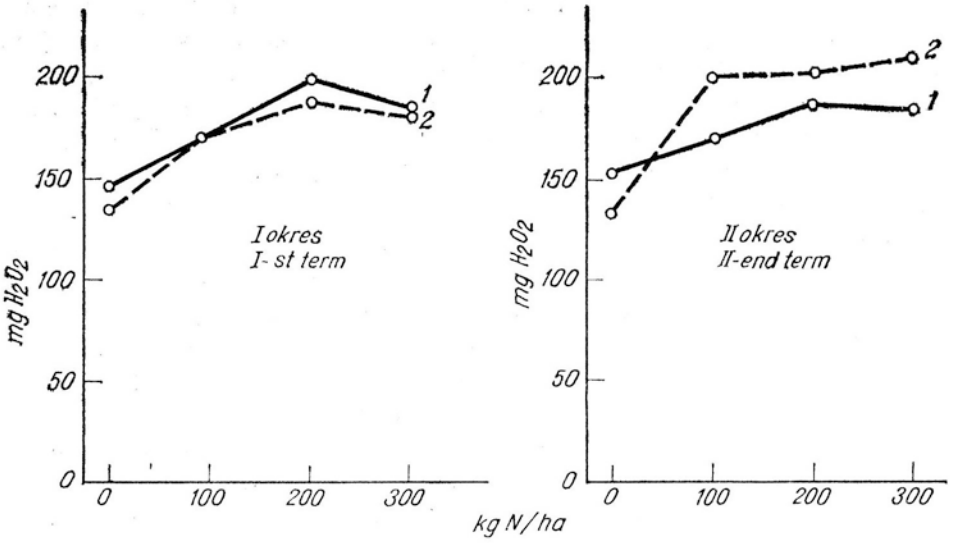
Zależności między poziomem uwilgotnienia gleby a aktywnością peroksydazy układały się podobnie dla wszystkich objętych badaniami form azotu z wyjątkiem mocznika (tab. 1). Średnio dla wszystkich poziomów nawożenia N niedostatek wody podnosił poziom aktywności peroksydazy w porze, tylko użycie mocznika wpłynęło nieco na niższą aktywność tego enzymu w I okresie wzrostu roślin nie nawadnianych.

Wpływ poziomu uwilgotnienia gleby na aktywność katalazy okazał się zróżnicowany w zależności od fazy wzrostu, a częściowo również i poziomu odżywienia roślin azotem (rys. 3). W okresie intensywnego wzrostu rośliny nawadniane odznaczały się wyższą aktywnością tego enzymu niż nie nawadniane. Efekt ten nie zaznaczył się jedynie przy nawożeniu w wysokości 100 kg N/ha. Pod koniec okresu wegetacji uzyskane wyniki były odmienne niż w okresie intensywnego wzrostu, z wyjątkiem kombinacji bez nawożenia azotowego, w której nawadnianie podniosło aktywność enzymu.

Wyniki obliczone jako średnie dla wszystkich stosowanych w doświadczeniu nawozów wykazały, że niezależnie od poziomu uwilgotnienia gleby aktywność katalazy w fazie I wzrastała wraz z podniesieniem dawki azotu w granicach 0-200 kg N/ha i spadała przy 300 kg N/ha. Podobny trend obserwowany był również pod koniec okresu wegetacji u roślin nawadnianych, natomiast przy niedostatku wody aktywność enzymu wzrosła wydatnie przy dawce 100 kg N/ha, po czym utrzymywała się na niemal stałym poziomie bądź bardzo nieznacznie wzrastała.

Analizując działanie poszczególnych form nawozów azotowych (rys. 4) można stwierdzić, że mocznik w obydwu rozpatrywanych okresach wzrostu pora działał najkorzystniej na aktywność katalazy w dawce 200 kg N/ha, zaś agramid w dawce 300 kg N/ha, choć w tym przypadku różnice między dawkami były bardzo małe. Wpływ pozostałych nawozów był zróżnicowany w kolejnych terminach pobierania próbek liści do analiz.

Działanie poszczególnych form nawozów przy zróżnicowanych warunkach wilgotnościowych gleby było zbliżone tylko w II okresie wzrostu pora (tab. 2). W okresie tym bowiem wszystkie objęte badaniami nawozy obniżyły aktywność katalazy w tkankach roślin nawadnianych, choć w różnym stopniu. W okresie I natomiast stwierdzono nieco niższą aktywność katalazy w roślinach nawożonych saletrą amonową w warunkach nawadniania, a w przypadku mocznika nawadnianie nie miało wpływu. Agro-



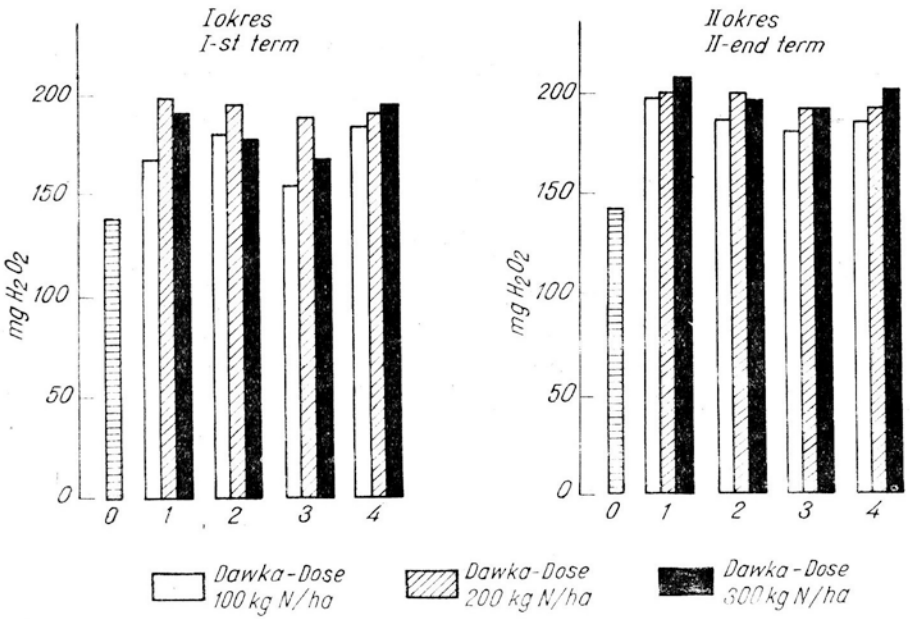

Rys. 3. Wpływ nawadniania i dawki N na aktywność katalazy wyrażonej ilością rozłożonego $H_2O_2$ w mg/1 g suchej masy liści pora w ciągu 1 minuty
1 — z nawadnianiem; 2 — bez nawadniania

Fig. 3. Influence of irrigation and dose of N on the activity of catalase, expressed as a quantity of decomposed $H_2O_2$ in mg/l g of dry matter of leeks leaves during 1 minute
1 — with irrigation; 2 — without irrigation

form i agramid zaś w uprawie bez nawadniania spowodował niższą aktywność badanego enzymu.

Zmiany aktywności fosfatazy kwaśnej pod wpływem badanych czynników (rys. 5, 6; tab. 3) okazały się mniejsze niż w przypadku peroksydazy czy katalazy. Najbardziej widoczne i zarazem zgodnie ukierunkowane działanie wywierało nawadnianie, przyczyniając się do nieznacznego obniżenia aktywności tego enzymu przy wszystkich poziomach nawożenia azotowego w obydwu fazach wzrostu. Rośliny nie nawożone azotem charakteryzowały się nieco niższą aktywnością fosfatazy kwaśnej w liściach niż nawożone tym składnikiem. Zmiany aktywności tego enzymu w zakresie dawek 100-300 kg N/ha i zarazem uwarunkowane stopniem zaopatrzenia roślin w wodę oraz fazą wzrostu roślin były stosunkowo nieduże.

Spośród wziętych do badań nawozów tylko przy użyciu saletry amonowej stwierdzono największą aktywność fosfatazy kwaśnej u roślin nawożonych dawką 100 kg N/ha (rys. 6). W przypadku pozostałych nawozów, przy nieznacznym zróżnicowaniu w fazach, stwierdzono z reguły nieco wyższą aktywność enzymu u roślin nawożonych dawkami 200 i 300 kg N/ha. Zauważa się także nieco większą aktywność fosfatazy w liściach roślin nawożonych saletrą amonową w obydwu okresach oraz mocznikiem




Rys. 4. Wpływ rodzaju nawozu i dawki N na aktywność katalazy wyrażonej ilością rozłożonego $H_2O_2$ w mg/1 g suchej masy liści pora w ciągu 1 minuty

*0* — bez nawożenia N; *1* — saletra amonowa; *2* — mocznik; *3* — agroform; *4* — agramid

Fig. 4. Influence of a kind of fertilizer and dose of N on the activity of catalase expressed as a quantity of decomposed $H_2O_2$ in mg/1 g of dry matter of leek leaves during 1 minute

*0* — without fertilizing of N; *1* — ammonium nitrate; *2* — urea; *3* — agroform; *4* — agramid

w fazie II w porównaniu do agramidu i agroformu. Analizując współzależność między poziomami uwilgotnienia gleby oraz formami azotu stwierdzono, że mocznik przyczynił się do niewielkiego wzrostu aktywności enzymu u roślin nawadnianych w I fazie wzrostu oraz saletra amonowa w II fazie wzrostu pora. W pozostałych przypadkach działanie tego czynnika było ujemne (tab. 3). Należy podkreślić, że w odróżnieniu od peroksydazy, aktywność fosfatazy kwaśnej, podobnie jak katalazy, wykazywała tylko niewielkie zmiany w różnych okresach wzrostu roślin w polu.

Podsumowując całość wyników dotyczących oznaczanych w badaniach enzymów trzeba stwierdzić, że ze względu na małą ilość piśmiennictwa w tym zakresie trudno jest dokonać pełnej interpretacji obserwowanych zmian ich aktywności tak pod wpływem nawadniania, jak i nawożenia azotowego. Biorąc pod uwagę duże zróżnicowanie aktywności enzymatycznej w odmiennych warunkach wilgotnościowych i żywieniowych, a z drugiej strony znaczenie tych enzymów w metabolizmie roślin, problematykę tę można uznać jako ważną i wymagającą dalszych badań w celu wyjaśnienia istoty występujących zjawisk.

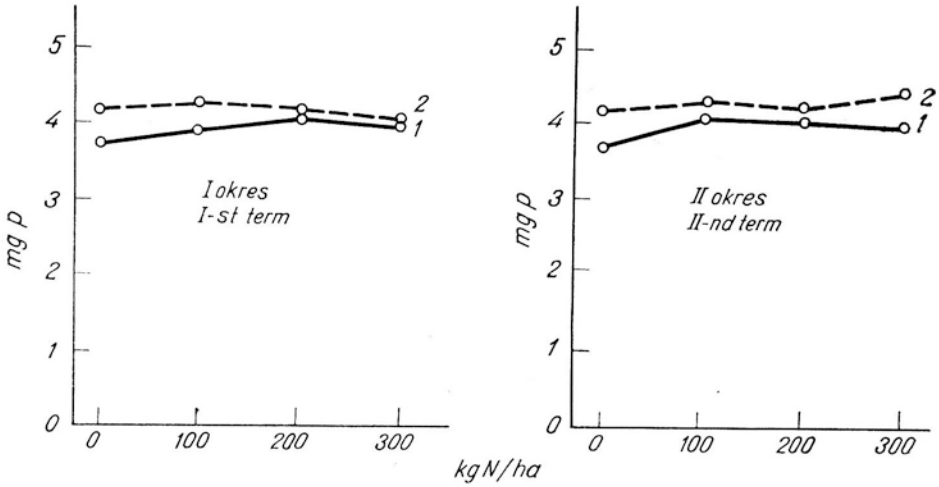
Tabela 2 — Table 2

Wpływ nawadniania i nawożenia azotowego na aktywność katalazy wyrażonej ilością rozłożonego $H_2O_2$ w mg/1 g suchej masy liści pora w ciągu 1 min
Influence of irrigation and nitrogen fertilization on the activity of catalase expressed by a quantity of decomposed $H_2O_2$ in mg/1 g of dry matter of the leaves of leeks during 1 min

| Rodzaj nawozu azotowego Kind of nitrogen fertilizer | Dawka azotu w kg N/ha Dose of nitrogen in kg N/ha | I termin oznaczeń First term of growth 13 VIII | | II termin oznaczeń Second term of growth 5 X | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | z nawadnianiem with irrigation | bez nawadniania without irrigation | z nawadnianiem with irrigation | bez nawadniania without irrigation |
| Saletra amonowa Ammonium nitrate | 100 | 160,162 | 172,176 | 182,104 | 210,483 |
| | 200 | 192,440 | 202,187 | 199,784 | 196,611 |
| | 300 | 184,008 | 195,704 | 196,883 | 211,752 |
| | $\bar{x}$ | 178,870 | 190,022 | 192,924 | 206,282 |
| Mocznik Urea | 100 | 167,814 | 193,664 | 178,704 | 193,483 |
| | 200 | 204,782 | 186,819 | 203,547 | 192,349 |
| | 300 | 177,480 | 179,611 | 181,197 | 208,171 |
| | $\bar{x}$ | 183,392 | 186,698 | 187,816 | 198,001 |
| Agroform | 100 | 162,610 | 147,515 | 165,240 | 193,165 |
| | 200 | 190,218 | 187,091 | 172,629 | 206,947 |
| | 300 | 175,394 | 159,211 | 174,429 | 206,858 |
| | $\bar{x}$ | 176,074 | 164,605 | 170,766 | 202,323 |
| Agramid | 100 | 194,027 | 173,264 | 165,739 | 206,768 |
| | 200 | 203,411 | 176,936 | 171,224 | 211,661 |
| | 300 | 201,960 | 185,640 | 187,680 | 212,568 |
| | $\bar{x}$ | 199,799 | 178,613 | 174,881 | 209,999 |
| Bez nawożenia N Without fertilization of N | | 144,976 | 135,215 | 152,320 | 133,461 |

| NUR przy P=0,95 LSD at P=0.95 | | |
|---|---|---|
| dla nawadniania for irrigation | 0,067 | 0,191 |
| dla rodzaju nawozu for kind of fertilizer | 0,148 | 0,164 |
| dla dawki N for dose of N | 0,143 | 0,185 |

Wyniki dotyczące wpływu badanych czynników na wysokość plonu ogólnego pora przedstawiono w tabeli 4. Analiza statystyczna dowiodła jedynie istotnego zróżnicowania plonu w kombinacjach o różnej zawar-




Rys. 5. Wpływ nawadniania i dawki N na aktywność fosfatazy kwaśnej wyrażonej w mg P uwolnionego z substratu (β-glicerofosforanu) przez enzym zawarty w 1 g suchej masy pora w ciągu 1 minuty

*1* — z nawadnianiem; *2* — bez nawadniania

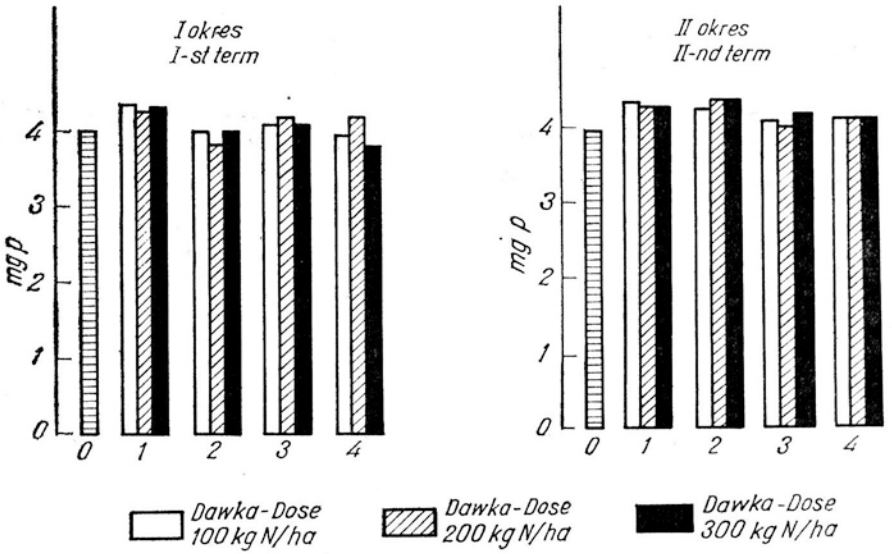
Fig. 5. Effect of irrigation and nitrogen dose on acid phosphatase activity expressed as mg P released form substrate (β-glycerophosphate) by the enzyme contained in 1 g leek dry weight over 1 minute

*1* — with irrigation; *2* — without irrigation

tości w glebie wody dostępnej dla roślin. Nawadnianie zastosowane w łącznej dawce 260 mm wody przyczyniło się do wzrostu plonu tej rośliny średnio o 102,3 q/ha, czyli o 97,9%.

Mimo braku dowiedzionych statystycznie różnic stwierdzono tendencję w kierunku korzystnego działania spowolnionych form nawozów agroformu i agramidu na wzrost roślin, gorsze zaś wyniki przy obydwu poziomach uwilgotnienia gleby otrzymano w przypadku użycia mocznika. Należy zaznaczyć, że zarówno agroform, jak i agramid stosowane w wysokich dawkach tylko nieznacznie wpłynęły dodatnio na plon roślin nie nawadnianych, natomiast przy dawce 300 kg N/ha obniżyły plon roślin nawadnianych. U roślin nie nawadnianych zwykle można to tłumaczyć mniejszym stężeniem roztworu glebowego niż przy użyciu saletry amonowej czy mocznika, jako że nawozy te charakteryzują się słabszą rozpuszczalnością w wodzie i są stopniowo udostępniane roślinom.

Brak istotności różnic między wysokością plonów pora uzyskiwanych przy zróżnicowanym nawożeniu azotowym wynikał głównie z odmiennego wpływu tego nawożenia na wzrost roślin nawadnianych i nie nawadnianych. Okazało się bowiem, że przy niedostatku wody nawożenie przekraczające 100 kg N/ha było nieuzasadnione, gdyż powodowało spadek plonu,




Rys. 6. Wpływ rodzaju nawozu i dawki N na aktywność fosfatazy kwaśnej wyrażonej w mg P uwolnionego z substratu (β-glicerofosforanu) przez enzym zawarty w 1 g suchej masy pora w ciągu 1 minuty

*0* — bez nawożenia N; *1* — saletra amonowa; *2* — mocznik; *3* — agroform; *4* — agramid

Fig. 6. Effect of fertilizer type and nitrogen dose on acid phosphatase activity expressed as mg P released from substrate (β-glycerophosphate) by the enzyme contained in 1 g leek dry weight over 1 minute

*0* — without fertilizing of N; *1* — ammonium nitrate; *2* — urea; *3* — agroform; *4* — agramid

z kolei zaś w warunkach nawadniania jako optymalną można uznać dawkę wynoszącą 200 kg N/ha. Średni plon, jaki uzyskano w tej kombinacji, był wyraźnie wyższy niż przy pozostałych poziomach nawożenia azotowego.

## STRESZCZENIE I WNIOSKI

Przeprowadzone badania polowe oraz analizy chemiczne liści pora na aktywność peroksydazy, katalazy i fosfatazy kwaśnej pozwalają na dokonanie następujących uogólnień.

1. Spośród porównywanych enzymów aktywność peroksydazy była w największym, zaś fosfatazy kwaśnej w najmniejszym stopniu uzależniona od nawadniania, nawożenia azotowego oraz fazy wzrostu w momencie pobierania liści do analiz.

2. Zwiększone zaopatrzenie roślin w wodę przyczyniło się do obniżenia aktywności peroksydazy i fosfatazy kwaśnej, natomiast w odniesieniu do katalazy wpływ nawadniania w początkowym okresie wzrostu był nieznaczny i zmieniał się wraz z okresem wzrostu i poziomu nawożenia azotowego.

Tabela 3 — Table 3

Wpływ nawadniania i nawożenia azotowego na aktywność fosfatazy kwaśnej wyrażonej w mg fosforu uwolnionego z substratu (β-glicerofosforanu) przez enzym zawarty w 1 g suchej masy pora w ciągu 1 min.

Effect of irrigation and nitrogen fertilization on acid phosphatase activity expressed as mg P released from substrate (β-glycerophosphate) by the enzyme contained in 1 g leek dry weight per 1 min.

| Rodzaj nawozu azotowego Kind of nitrogen fertilizer | Dawka azotu w kg N/ha Dose of nitrogen in kg N/ha | I termin oznaczeń First term of growth 13 VIII | | II termin oznaczeń Second term of growth 5 X | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | z nawadnianiem with irrigation | bez nawadniania without irrigation | z nawadnianiem with irrigation | bez nawadniania without irrigation |
| Saletra amonowa Ammonium nitrate | 100 | 4,197 | 4,440 | 4,488 | 4,147 |
| | 200 | 4,197 | 4,342 | 4,245 | 4,245 |
| | 300 | 4,197 | 4,392 | 4,245 | 4,245 |
| | $\bar{x}$ | 4,197 | 4,392 | 4,327 | 4,212 |
| Mocznik Urea | 100 | 3,805 | 4,245 | 3,952 | 4,538 |
| | 200 | 3,952 | 3,708 | 4,147 | 4,488 |
| | 300 | 4,147 | 3,805 | 4,050 | 4,587 |
| | $\bar{x}$ | 3,968 | 3,920 | 4,050 | 4,538 |
| Agroform | 100 | 3,708 | 4,488 | 3,903 | 4,245 |
| | 200 | 4,098 | 4,245 | 3,805 | 4,197 |
| | 300 | 4,102 | 4,197 | 3,952 | 4,440 |
| | $\bar{x}$ | 3,937 | 4,310 | 3,887 | 4,293 |
| Agramid | 100 | 3,952 | 3,903 | 4,000 | 4,293 |
| | 200 | 4,050 | 4,197 | 4,098 | 4,147 |
| | 300 | 3,757 | 3,805 | 3,805 | 4,440 |
| | $\bar{x}$ | 3,920 | 3,968 | 3,968 | 4,293 |
| Bez nawożenia N Without fertilization of N | | 3,757 | 4,197 | 3,708 | 4,197 |
| NUR przy P=0,95 LSD at P=0.95 dla nawadniania for irrigation | | 0,010 | | 0,030 | |
| dla rodzaju nawozu for kind of fertilizer | | 0,012 | | 0,027 | |
| dla dawki N for dose of N | | 0,022 | | 0,021 | |

3. Aktywność enzymów, w tym głównie peroksydazy i katalazy była uzależniona od dawki i formy nawożenia azotowego.

4. Wydaje się, że poziom aktywności peroksydazy w największym stopniu mógłby być brany pod uwagę jako wskaźnik odżywienia pora azotem.

Tabela 4 — Table 4

Wpływ nawadniania i nawożenia azotowego na wysokość plonu pora (w g/ha)
Influence of irrigation and fertilization with nitrogen on the height of the yield of leeks (in q/ha)

| Rodzaj nawozu azotowego Kind of nitrogen fertilizer | Dawka azotu w kg/ha Dose of nitrogen in kg N/ha | Z nawadnianiem With irrigation | Bez nawadniania Without irrigation | Średnio Mean |
|---|---|---|---|---|
| Saletra amonowa Ammonium nitrate | 100 | 188,5 | 122,0 | 155,3 |
| | 200 | 229,5 | 99,1 | 164,3 |
| | 300 | 200,1 | 100,7 | 150,4 |
| | $\bar{x}$ | 206,0 | 107,3 | 156,7 |
| Mocznik Urea | 100 | 186,6 | 111,6 | 149,1 |
| | 200 | 211,0 | 83,2 | 147,1 |
| | 300 | 193,2 | 80,7 | 137,0 |
| | $\bar{x}$ | 196,9 | 91,8 | 144,4 |
| Agroform | 100 | 206,6 | 101,0 | 153,8 |
| | 200 | 234,1 | 111,6 | 172,9 |
| | 300 | 206,6 | 115,4 | 161,0 |
| | $\bar{x}$ | 215,8 | 109,3 | 162,6 |
| Agramid | 100 | 194,1 | 101,9 | 148,0 |
| | 200 | 218,8 | 108,3 | 163,6 |
| | 300 | 211,9 | 118,2 | 165,1 |
| | $\bar{x}$ | 208,3 | 109,5 | 159,0 |
| Średnio Mean | 100 | 194,0 | 109,1 | 151,6 |
| | 200 | 223,4 | 100,6 | 162,0 |
| | 300 | 203,0 | 103,8 | 153,4 |
| | $\bar{x}$ | 206,8 | 104,5 | 155,7 |
| Bez nawożenia N Without fertilization of N | | 130,2 | 71,4 | 100,3 |

NUR przy P=0,95
LSD at P=0.95

| | |
|---|---|
| dla nawadniania — for irrigation | 33,1 |
| dla rodzaju nawozu — for kind of fertilizer | — |
| dla dawki N — for dose of N | — |

5. W optymalnych warunkach wilgotności najwyższy plon uzyskiwano przy dawce 200 kg N/ha. W uprawie bez nawadniania najwyższe plony tej rośliny stwierdzano z reguły przy dawce 100 kg N/ha (oprócz przypadków stosowania agroformu i agramidu). Plonowanie pora było uzależnione głównie od poziomu zaopatrzenia roślin w wodę.

## SUMMARY

The field experiment described was aimed at comparing effects of various forms and doses of nitrogen upon the activity of peroxidase, catalase, and acid phosphatase as well as upon the yield of irrigated and non irrigated leeks. The enzymatic activities were estimated in the most intensive period of plant growth (August 13) and for a second time just before the harvest (October 5).

Peroxidase activity exhibited the greatest and acid phosphatase the lowest differences under the influence of the examined factors. Peroxidase activity was also found to increase considerably with the time of growth. The changes observed in the catalase and acid phosphatase activities in consecutive phases of growth were small.

The maximum enzymatic activities of peroxidase and catalase were found to occur when the fertilizer dose was 200-300 kg N/ha. The changes observed in the acid phosphatase activity were significantly less intensive and showed no clear tendency. In many cases, the highest yields of leeks were obtained at nitrogen doses lower than those found to cause the maximum activity of the enzymes studied.


## LITERATURA


Bergmeyer H. U., 1963. Methods of enzymatic analysis. Academic Press, New York—London, 1963, str. 888.

Brandenburger H., Hanson R., 1953. Helve. Chim. Acta 36: 900.

Chance B., Maehly A. C., 1955. Methods in enzymology, red. Colowick S. P. Kaplan N. O. vol. II, Academic Press, New York, str. 764-773.

Gurgul E., 1973. Zesz. nauk. AR Szczec. 39: 103-117.

Gurgul E., Kołota E., 1975. Acta agrobot. 28 (2): 275-290.

Hsiao T. C., Hageman R. H., Tyner E. H., 1968. Plant Physiol. 43: 1941-1946.

Joy K. W., 1969. Plant Physiol. 44: 849-853.

Macháčková I., Gančeva K., Zmrhal Z., 1975. Phytochemistry 14: 1251-1254.

Nowosielski O., 1972. Zasady opracowywania zaleceń nawozowych w ogrodnictwie. PWRiL, Warszawa.

Parish R. W., 1969. Z. Pflanzenphysiol. 60: 211-216.

Parish R. W., Miller F. L., 1969. Aust. J. Biol. Sci. 22: 77-85.

Rubin G. A., Arcichovska E. N., 1960. Biochimija i Fizjologia Immunitieta Rastienii. Uzd-wo AN SSSR. Moskva.

Sanderson G. W., Cocking E. C., 1964. Plant Physiol. 39: 416-422.

Sanderson G. W., Cocking E. C., 1969. Plant Physiol. 44: 423-431.

Ščerbakov A. P., 1948. Trudy Inst. Fizjoł. Rast. AN SSSR, 188-192.

Stanisławski J. J., 1963. Wiad. Bot. 7: 39-51.

Suchorakov K. V., 1952. Fizjologia Immunitieta Rastienii. Uzd-wo AN SSSR, Moskwa.

Weissman G. S., 1964. Plant Physiol. 39: 947-952.

Weissman G. S., 1972. Plant Physiol. 49: 138-141.