ACTA AGROBOTANICA
Vol. XXVIII, z. 2, 1975

Wpływ nawożenia mineralnego i nawadniania na aktywność peroksydazy, katalazy i fosfatazy kwaśnej w dwóch fazach wzrostu kapusty i porów

E. GURGUL* i E. KOŁOTA**

* Zakład Biochemii Instytutu Chemii i Przechowalnictwa; ** Zakład Warzywnictwa Instytutu Uprawy Roli i Roślin Akademii Rolniczej w Szczecinie

(Przyjęto dn. 10 IV 1975 r.)

E. Gurgul** and E. Kołota** (* Department of Biochemistry and ** Department of Vegetable Crops, Agricultural Academy, Szczecin, Poland), *Acta Agrobotanica 28 (2): 275-290, 1975.*

The influence of mineral fertilization and irrigation on the activity of peroxidase, catalase and acid phosphatase of cabbage and leek in two stages of growth

During the growth of plant, the very distinct increase of enzymatic activity of peroxidase and catalase was observed, but in case of acid phosphatase in smaller degree. An irrigation caused the decreasing of activity of all tested enzymes in both stages of cabbage growth. However, in case of leeks leaves sprinkling irrigation stimulated activity of catalase and acid phosphatase in both stages and peroxidase in the second stage of growth. The effectiveness of the mineral nutritive was differentiated, and often correlated with a level of soil moisture, kind of plant and its stage of growth.

WSTĘP

Oznaczanie aktywności niektórych enzymów w roślinach jest cennym wskaźnikiem charakteryzującym natężenie przebiegu procesów życiowych w tkankach, a nawet może mieć prognostyczne znaczenie co do dalszych faz rozwojowych organizmu roślinnego. Podjęcie badań nad tymi zagadnieniami wydaje się być w pełni uzasadnione, zwłaszcza w aspekcie współzależności między poziomem odżywienia roślin a aktywnością specyficznych układów enzymatycznych. Poznanie zawartości składników pokarmowych w glebie nie jest z reguły wystarczające do określenia stanu odżywienia roślin, zwłaszcza w warunkach skrajnych, jak niedobór czy nadmiar wody, niska bądź wysoka temperatura. Lepsza i powszechnie stosowana obecnie jest metoda oparta na analizie

części wskaźnikowych roślin (Nowosielski 1972). Wydaje się, że znajomość natężenia procesów życiowych wyrażanych aktywnością enzymatyczną mogłaby być również bardzo pomocna w rozpoznaniu stanu odżywienia roślin w określonych warunkach siedliskowych.

Celem pracy było przebadanie 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 warunkach różnego poziomu odżywienia mineralnego azotem, fosforem, potasem i magnezem kapusty i porów przy zastosowaniu nawadniania i bez nawadniania.

METODYKA BADAŃ

W ramach omawianego tematu w roku 1973 przeprowadzono doświadczenie polowe w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Rajkowie k/Szczecina, na glebie brunatnej o pH = 7,1. Biorąc pod uwagę zawartość frakcji mechanicznych glebę tę określono jako słabo spiaszczoną glinę pylastą. Badaniami objęte zostały dwa gatunki warzyw:

kapusta głowiasta biała — odm. 'Amager'

por — odm. 'Słoń'.

W obrębie każdego gatunku wprowadzono jako czynnik I dwa poziomy uwilgotnienia gleby:

1. bez deszczowania
2. z zastosowaniem deszczowania przy spadku wilgotności gleby do poziomu 65% polowej pojemności wodnej w początkowym okresie wegetacji i 75% polowej pojemności wodnej od 1 VII, w wierzchniej 25 cm warstwie gleby. Wilgotność gleby określano metodą suszarkową w dekadowych odstępach czasu, a ponadto przed spodziewanym większym opadem i po jego wystąpieniu.

Czynnik II w doświadczeniu stanowiły zróżnicowane poziomy zasobności gleby w dostępne formy NPK i Mg. Badaniami objęte zostały następujące kombinacje nawozowe:

1. N_1 P_1 K_1 Mg_1
2. N_2 P_1 K_1 Mg_1
3. N_1 P_2 K_1 Mg_1
4. N_1 P_1 K_2 Mg_1
5. N_1 P_1 K_1 Mg_2

Przy ustalaniu poziomu nawożenia azotowego kierowano się wymaganiami pokarmowymi badanych roślin. Dawki nawozów azotowych w uprawie porów wynosiły: N_1 — 200 kg N/ha i N_2 — 350 kg N/ha, natomiast w uprawie kapusty: N_1 — 250 kg N/ha, i N_2 — 400 kg N/ha. Biorąc pod uwagę wyjściową zawartość N dostępnego w glebie (25 mg/l) oraz zastosowane w doświadczeniu dawki nawozowe tego składnika

można w przybliżeniu określić, że pory uprawiano przy zasobności gleby wynoszącej 125 i 200 mg, a kapusty — 150 i 225 mg N w 1 litrze. W przypadku PK i Mg doprowadzano glebę do określonego poziomu zasobności uwzględniając wyjściowe zawartości dostępnych form składników pokarmowych oraz sorpcję poszczególnych składników nawozowych po ich wymieszaniu z glebą. W uprawie kapusty zawartość składników pokarmowych w 1 l gleby wynosiła: P_1 — 200 mg, P_2 — 300 mg, K_1 — 250 mg, K_2 — 450 mg, Mg_1 — 100 mg i Mg_2 — 200 mg. Pory uprawiano przy takich samych poziomach P i Mg, natomiast zasobność w potas była niższa i wynosiła przy K_1 — 200 mg oraz przy K_2 — 400 mg/l gleby.

Doświadczenie założono metodą losowanych podbloków w układzie zależnym w czterech powtórzeniach, wprowadzając zarówno do podbloku deszczowanego, jak i nie deszczowanego wszystkie omawiane kombinacje nawozowe.

Obydwa badane gatunki warzyw uprawiano z rozsady. Na miejsce stałe rozsadę porów wysadzono w dniach 25-26 V w rozstawie 40 × 20 cm, a rozsadę kapusty 2-4 VI w rozstawie 50 × 50 cm. Nawozy mineralne fosforowe, potasowe i magnezowe w całości oraz część azotowych stosowano wiosną pod orkę wykonaną na głębokości 20 cm. Dawka pogłówna, zastosowana w dniu 16 VII, była identyczna we wszystkich badanych obiektach i wynosiła 100 kg N/ha. Jako nawóz azotowy stosowano saletrę amonową, fosfór stosowano jako superfosfat potrójny, potas w postaci soli potasowej 60% i magnez w postaci bezwodnego siarczanu magnezu zawierającego 33,5% MgO.

Rok 1973 okazał się suchy i upalny, a zatem mało korzystny do uprawy wymienionych warzyw przy braku dodatkowego deszczowania. Wilgotność gleby na poletkach nie nawadnianych była dość niska, wynosiła przeciętnie 45-65% polowej pojemności wodnej i tylko w nielicznych okresach przekraczała ten poziom. Warunki takie sprawiły, że dla utrzymania założonego poziomu wilgotności w obiektach nawadnianych niezbędne było wykonanie 8 deszczowań, których łączny opad wyniósł 205 mm. Deszczowanie przeprowadzano przy użyciu deszczowni o średniej intensywności zraszania 10 mm opadu na godzinę.

Materiał roślinny do oznaczania aktywności enzymów pobierano dwukrotnie. Pierwszy termin pobierania próbek przypadał na dzień 10 VIII, a więc wkrótce po zawiązaniu główek kapusty, w okresie intensywnego wzrostu obydwu gatunków warzyw, natomiast termin drugi w miesiąc po pierwszym (10 IX) po zakończeniu nawadniania roślin. Do analiz pobierano próbki z każdej kombinacji, składające się z 20 w pełni wyrośniętych liści zewnętrznych.

Po wysuszeniu w temperaturze 37-38°C w suszarce próżniowej w przeciągu 5 godzin i zmieleniu, odważono po 0,5 g suchej masy roślin,

po czym homogenizowano w moździerzu z dodatkiem piasku chemicznie czystego w buforze o ściśle określonym pH dla każdego enzymu. Czynność tę wykonywano w jednakowym czasie, a uzyskany jednorodny materiał pozostawiono do wymrożenia w zamrażalniku na okres 12 godzin. Po odmrożeniu homogenat odwirowano w wirówce z chłodzeniem typu K70 „Janetzki" przy 400 obrotach na godzinę i temperaturze od 0 do 4°C w ciągu 15 minut. Wyciąg enzymatyczny uzupełniano do objętości 10 ml.

Aktywność peroksydazy określano przy pomocy zmodyfikowanej metody Chancéa i Maehly (1955). Do 10 ml zbuforowanego nadtlenku wodoru (pH 6) dodano 0,4 ml 1% roztworu 0-dwuanizydyny w alkoholu metylowym. W punkcie zerowym dodano 0,2 ml preparatu enzymu aktywnego i notowano zmianę absorpcji światła ΔE w czasie, na fotokolorymetrze przy $\lambda = 450$ nm. Względną jednostkową aktywność enzymu stanowił przyrost ekstynkcji na minutę $\Delta E/t$ w temperaturze 30°C. 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 minut w temperaturze 30°C. Ilość preparatu katalazy z materiału roślinnego dobiera się doświadczalnie z uwagi na to, że poszczególne rośliny charakteryzują się różną aktywnością enzymatyczną.

Aktywność fosfatazy kwaśnej określano na drodze oznaczenia uwolnionego pod wpływem enzymu fosforu z 1 g tkanki według metody opisanej przez Brandenbergera i Hansona (1953). Analizę przeprowadzono przy użyciu kolorymetru przy $\lambda = 660$ nm korzystając z substratu β-glicerofosforanu sodu (5 mg na 1 ml wody) i buforu octanowego 0,15 m o pH 5,3. Ilość odszczepionego z 1 g tkanki fosforu obliczano z krzywej wzorcowej. Za jednostkę aktywności enzymu przyjmuje się tę jego ilość, która hydrolizuje 1 μmol β-glicerofosforanu sodu w ciągu 1 godziny w temperaturze 37°C.

WYNIKI

Przeprowadzone analizy chemiczne wykazały znaczną zmienność aktywności peroksydazy w kapuście i porach zależnie od fazy wzrostu (tabela 1 i 2). W miarę postępującej wegetacji następował w obydwu badanych gatunkach warzyw bardzo istotny wzrost poziomu aktywności tego enzymu. W przypadku kapusty wzrost ten był jednak kilkakrotnie większy niż miało to miejsce w porach. Efekt deszczowania okazał się zmienny zależnie od fazy wzrostu, gatunku rośliny i czynników nawozowych. Niezależnie od nawożenia, nawadnianie w istotny sposób obniżało aktywność peroksydazy w kapuście w obu badanych fazach wzrostu.

Tabela 1 — Table 1

Wpływ poziomu nawożenia na aktywność peroksydazy kapusty wyrażonej w jednostkach względnych $\left(\frac{\Delta E}{t}\right)$ u roślin nawadnianych i nie nawadnianych w dwóch fazach wzrostu

The influence of a fertilizing level on activity of peroxidase of cabbage expressed in relative units $\left(\frac{\Delta E}{t}\right)$ in case of irrigated and non-irrigated plants in two stages of growth

Kombinacje żywieniowe roślin Fedding combinations of plants	I faza — first stage			II faza — second stage		
	nawadniane irrigated	nie nawadniane non-irrigated	$\bar{x}$	nawadniane irrigated	nie nawadniane non-irrigated	$\bar{x}$
$N_1 P_1 K_1 Mg_1$	0,0274	0,0378	0,0326	0,4150	0,3650	0,3900
$N_2 P_1 K_1 Mg_1$	0,0174	0,1515	0,0844	0,2700	0,2770	0,2735
$N_1 P_2 K_1 Mg_1$	0.0138	0,0912	0,0525	0,3950	0,4900	0,4425
$N_1 P_1 K_2 Mg_1$	0,0445	0,0300	0,0373	0,4575	0,4700	0,4637
$N_1 P_1 K_1 Mg_2$	0,0525	0,0130	0,0327	0,2250	0,4150	0,3200
$\bar{x}$	0,0311	0,0647		0,3525	0,4034	
Przedział ufności przy P=0,95 LSD at P=0,95						
dla nawadniania for irrigation		0,0015			0,0077	
dla nawożenia for fertilization		0,0019			0,0123	
dla interakcji for interaction		0,0028			0,0176	

Tabela 2 — Table 2

Wpływ poziomu nawożenia na aktywność peroksydazy porów wyrażonej w jednostkach względnych $\left(\frac{\Delta E}{t}\right)$ u roślin nawadnianych i nie nawadnianych w dwóch fazach wzrostu

The influence of a fertilizing level on activity of peroxidase of leeks expressed in relative units $\left(\frac{\Delta E}{t}\right)$ in case of irrigated and non-irrigated plants in two stages of growth

Kombinacje żywieniowe roślin Fedding combinations of plants	I faza — first stage			II faza — second stage		
	nawadniane irrigated	nie nawadniane non-irrigated	$\bar{x}$	nawadniane irrigated	nie nawadniane non-irrigated	$\bar{x}$
N_1 P_1 K_1 Mg_1	0,0403	0,0575	0,0489	0,1570	0,0537	0,1053
N_2 P_1 K_1 Mg_1	0,0678	0,0670	0,0674	0,1550	0,0533	0,1041
N_1 P_2 K_1 Mg_1	0,0250	0,0325	0,0287	0,0400	0,1050	0,0725
N_1 P_1 K_2 Mg_1	0,0550	0,0340	0,0445	0,0900	0,0992	0,0946
N_1 P_1 K_1 Mg_2	0,0425	0,0450	0,0437	0,0860	0,0977	0,0918
$\bar{x}$	0,0461	0,0472		0,1056	0,0818	
Przedział ufności przy P=0,95 LSD at P=0,95						
dla nawadniania for irrigation		—			0,0056	
dla nawożenia for fertilization		0,0007			0,0011	
dla interakcji for interaction		0,0016			0,0015	

W liściach porów wpływ tego czynnika nie został udowodniony statystycznie w I terminie, natomiast miał on wpływ dodatni w II terminie pobierania próbek.

Wpływ nawożenia wykazywał dużą współzależność z poziomem uwilgotnienia gleby. W warunkach kombinacji kontrolnej ($N_1P_1K_1Mg_1$) obserwowano wzrost aktywności peroksydazy przy braku nawadniania w I terminie analiz w obydwu gatunkach warzyw. Odwrotna sytuacja miała natomiast miejsce po zakończonym deszczowaniu. Przy zwiększonym zaopatrzeniu roślin w azot wystąpił nieznaczny wzrost aktywności tego enzymu w warunkach nawadniania u porów i przy braku nawadniania u kapusty. Nawożenie P w kompleksie $N_1P_2K_1Mg_1$ w większym stopniu stymulowało aktywność peroksydazy przy niższej wilgotności gleby w obydwu fazach, a potasowe tylko w I fazie wzrostu roślin przy zastosowaniu nawadniania. Działanie Mg w kapuście było zmienne, natomiast w porach obserwowano nieco większą aktywność badanego enzymu przy niższej wilgotności gleby.

Uzyskane wyniki dotyczące aktywności katalazy w kapuście i w porach rozpatrywane w kontekście nawożenia mineralnego i nawadniania w różnych fazach wzrostu przedstawiono w tabeli 3 i 4. Wpływ badanych czynników na aktywność tego enzymu był bardziej określony niż miało to miejsce w przypadku peroksydazy. Na uwagę zasługuje fakt, że aktywność katalazy (wyrażona ilością rozłożonego H_2O_2 w mg/1 g suchej masy liści) była w tych samych warunkach uprawowych prawie 5-krotnie wyższa w roślinach porów niż kapusty. Odmiennie układał się także wpływ nawadniania w każdym z badanych gatunków. Na podstawie średnich z różnych kombinacji nawozowych można wnioskować, że w przypadku kapusty nawadnianie nie miało istotnego wpływu na aktywność katalazy w I fazie, mimo bardzo znacznych różnic w porównywanych kombinacjach nawozowych powodowało obniżenie jej poziomu w fazie II w kombinacji kontrolnej (podobnie jak w fazie I) oraz w kombinacji z podwyższoną dawką N i P, a wzrost przy zwiększanym nawożeniu K i Mg, co również miało miejsce w fazie I z wyjątkiem odmiennej reakcji na zwiększone nawożenie P. W liściach porów natomiast deszczowanie wpłynęło prawie we wszystkich kombinacjach nawozowych na bardzo istotny wzrost poziomu katalazy w obydwu terminach pobierania próbek.

Wpływ nawożenia mineralnego na aktywność katalazy w okresie intensywnego wzrostu roślin (I faza) wykazywał znaczne podobieństwo w kapuście i porach. W warunkach nawadniania najwyższą jej zawartość stwierdzono przy obfitym nawożeniu K i Mg u roślin porów oraz P i K u roślin kapusty, natomiast przy braku dodatkowego nawadniania katalaza wykazywała najwyższą aktywność przy nawożeniu zrównoważonym $N_1P_1K_1Mg_1$ oraz zwiększonej dawce N. W II fazie wzrostu

Tabela 3 — Table 3

Wpływ poziomu nawożenia i nawadniania na aktywność katalazy wyrażonej ilością rozłożonego H_2O_2 w mg/1 g suchej masy kapusty w dwóch fazach wzrostu

The influence of fertilization level and irrigation on activity of catalase expressed by a quantity of decomposed H_2O_2 in mg/1 g of dry matter of cabbage in two growth's stages

Kombinacje żywieniowe roślin Fedding combinations of plants	I faza — first stage			II faza — second stage		
	nawadniane irrigated	nie nawadniane non-irrigated	$\bar{x}$	nawadniane irrigated	nie nawadniane non-irrigated	$\bar{x}$
$N_1 P_1 K_1 Mg_1$	6,45	13,43	9,94	15,28	21,96	18,62
$N_2 P_1 K_1 Mg_1$	9,03	12,94	10,98	12,58	16,66	14,62
$N_1 P_2 K_1 Mg_1$	10,42	8,13	9,28	14,49	20,16	17,32
$N_1 P_1 K_2 Mg_1$	11,39	6,66	9,02	17,50	13,69	15,59
$N_1 P_1 K_1 Mg_2$	9,11	6,45	7,78	13,58	11,14	12,36
$\bar{x}$	9,28	9,52		14,68	16,72	
Przedział ufności przy P=0,95 LSD at P=0,95 dla nawadniania for irrigation		—			0,26	
dla nawożenia for fertilization		0,70			0,49	
dla interakcji for interaction		0,99			0,69	

Tabela 4 — Table 4

Wpływ poziomu nawożenia i nawadniania na aktywność katalazy wyrażonej ilością rozłożonego H_2O_2 w mg/1g suchej masy porów w dwóch fazach wzrostu

The influence of fertilization level and irrigation on activity of catalase expressed by a quantity of decomposed H_2O_2 in mg/1g of dry matter of leeks in two growth's stages

Kombinacje żywieniowe roślin Fedding combinations of plants	I faza — first stage			II faza — second stage		
	nawadniane irrigated	nie nawadniane non-irrigated	$\bar{x}$	nawadniane irrigated	nie nawadniane non-irrigated	$\bar{x}$
N_1 P_1 K_1 Mg_1	34,72	33,09	33,90	95,41	37,83	66,62
N_2 P_1 K_1 Mg_1	38,12	35,93	37,02	89,43	81,16	85,29
N_1 P_2 K_1 Mg_1	42,02	30,41	36,21	57,13	85,17	71,15
N_1 P_1 K_2 Mg_1	75,61	26,80	51,20	81,63	57,34	69,48
N_1 P_1 K_1 Mg_2	50,45	30,83	40,64	95,72	93,62	94,67
$\bar{x}$	48,18	31,41		83,87	71,02	
Przedział ufności przy P=0,95 LSD at P=0,95 dla nawadniania for irrigation		0,37			0,69	
dla nawożenia for fertilization		0,70			0,32	
dla interakcji for interaction		0,91			0,45	

Tabela 5 — Table 5

Aktywność fosfatazy kwaśnej wyrażona w µg odszczepionego fosforu w kapuście nawadnianej i nie nawadnianej w dwóch fazach wzrostu

Activity of acid phosphatase expressed in µg splintered off phosphorus in irrigated and non-irrigated cabbage in two stages of growth

Kombinacje żywieniowe roślin Fedding combinations of plants	I faza — first stage			II faza — second stage		
	nawadniane irrigated	nie nawadniane non-irrigated	$\bar{x}$	nawadniane irrigated	nie nawadniane non-irrigated	$\bar{x}$
$N_1 P_1 K_1 Mg_1$	18,2	20,0	19,1	26,6	30,0	28,3
$N_2 P_1 K_1 Mg_1$	18,6	23,0	20,8	17,0	23,5	19,7
$N_1 P_2 K_1 Mg_1$	20,0	23,0	21,5	13,4	29,5	21,4
$N_1 P_1 K_2 Mg_1$	17,0	23,5	20,2	16,4	26,0	21,2
$N_1 P_1 K_1 Mg_2$	21,6	22,5	22,0	17,0	25,0	21,0
$\bar{x}$	19,1	22,4		17,9	26,8	
Przedział ufności przy P=0,95 LSD at P=0,95						
dla nawadniania for irrigation		0,8			0,4	
dla nawożenia for fertilization		0,8			1,6	
dla interakcji for interaction		1,1			2,2	

Tabela 6 — Table 6

Aktywność fosfatazy kwaśnej wyrażona w μg odszczepionego fosforu w porach nawadnianych i nie nawadnianych w dwóch fazach wzrostu

Activity of acid phosphatase expressed in μg splintered off phosphorus in irrigated and non-irrigated leeks in two stages of growth

Kombinacje żywieniowe roślin Fedding combinations of plants	I faza — first stage			II faza — second stage		
	nawadniane irrigated	nie nawadniane non-irrigated	$\bar{x}$	nawadniane irrigated	nie nawadniane non-irrigated	$\bar{x}$
$N_1 P_1 K_1 Mg_1$	52,0	26,6	39,3	53,0	41,0	47,0
$N_2 P_1 K_1 Mg_1$	33,4	40,0	36,7	45,5	40,2	42,8
$N_1 P_2 K_1 Mg_1$	42,6	48,5	45,5	42,3	50,9	46,6
$N_1 P_1 K_2 Mg_1$	47,5	31,5	39,5	45,7	53,0	49,3
$N_1 P_1 K_1 Mg_2$	50,1	24,0	37,0	53,4	52,0	52,7
$\bar{x}$	45,1	34,1		48,0	47,4	
Przedział ufności przy P=0,95 LSD at P=0,95						
dla nawadniania for irrigation		2,2			—	
dla nawożenia for fertilization		1,2			2,1	
dla interakcji for interaction		1,7			3,0	

wpływ poszczególnych składników nawozowych był zróżnicowany u każdej z badanych roślin, a zarazem odmienny niż w I fazie.

Stwierdzono występowanie współzależności między wpływem nawożenia, a nawadnianiem i fazami wzrostu na aktywność katalazy w liściach. Wpływ nawadniania na poziom aktywności tego enzymu w kombinacji kontrolnej ($N_1P_1K_1Mg_1$) oraz przy podniesieniu dawki N układał się odmiennie w kapuście niż w porach. Nawożenie to zwiększało aktywność katalazy w kapuście, przy obydwu terminach pobierania próbek, w warunkach naturalnego uwilgotnienia gleby, natomiast w porach — w warunkach nawadniania. W obydwu badanych warzywach deszczowanie wywarło pozytywny wpływ na aktywność enzymatyczną katalazy pod wpływem zwiększonego nawożenia K i Mg, a także P ale tylko w okresie intensywnego wzrostu roślin.

Aktywność fosfatazy kwaśnej mierzoną ilością μg odszczepionego P w przeliczaniu na 1 g tkanki kapusty i porów przedstawiono w tabeli 5 i 6. Uzyskane wyniki wskazują na dwukrotnie wyższą aktywność tego enzymu w liściach porów niż kapusty niezależnie od terminu pobierania prób do analiz. Podobnie natomiast kształtowała się dynamika zmian aktywności fosfatazy w czasie w zależności od stopnia uwilgotnienia gleby. W warunkach nawadniania aktywność fosfatazy ulegała jedynie niewielkim zmianom w poszczególnych fazach wzrostu, natomiast przy braku uzupełniającego nawadniania zanotowano bardzo wysoki wzrost jej aktywności u roślin starszych, po zakończeniu okresu intensywnego wzrostu.

Działanie składników nawozowych było w znacznym stopniu uzależnione od warunków uwilgotnienia gleby, przy czym wpływ wilgotności był silniejszy u kapusty, gdzie w każdej z badanych kombinacji nawozowych nawadnianie powodowało spadek aktywności fosfatazy kwaśnej niezależnie od terminu pobierania próbek. W uprawie porów tylko działanie P było podobne jak w kapuście, natomiast w kombinacji kontrolnej w obu terminach oraz przy podwyższeniu dawki Mg w I terminie zanotowano stymulujący wpływ deszczowania na aktywność fosfatazy kwaśnej. Działanie N i K było zmienne w poszczególnych fazach wzrostu porów.

DYSKUSJA

Przebadanie zmian enzymatycznych u różnych roślin w określonych warunkach siedliskowych może mieć duże znaczenie w praktyce dla celów diagnostycznych odnośnie niedoboru bądź nadmiaru wybranych składników mineralnego żywienia roślin. W przeprowadzonych badaniach obserwowano zmiany aktywności katalazy, peroksydazy i fosfatazy kwaśnej zależnie od poziomu uwilgotnienia gleby oraz nawożenia

NPK Mg. Wybór tych enzymów został podyktowany ich fizjologiczną rolą w procesach wzrostu i rozwoju roślin. Jak podaje Stanisławski (1963) działanie katalazy i peroksydazy ma ścisłe powiązanie z auksynami. Badaniem aktywności enzymów, zależnie od zaopatrzenia roślin w niektóre pierwiastki mineralne, zajmowało się wielu badaczy (Beevers 1969; Bennett, Pesek, Hanway 1964; Harper, Paulsen 1969; Joy 1969; Weissman 1972). Niewiele mamy jednak dotychczas danych wskazujących na wpływ zawartości azotu, fosforu, czy magnezu na aktywność peroksydazy, katalazy i fosfatazy kwaśnej w materiale roślinnym. Weissman (1964, 1972) oraz Sanderson, Cocking (1964, 1969) badali wpływ różnych form azotu na poziom dehydrogenaz (glutaminianowej i glukozo-6-fosforanowej). W doświadczeniach wazonowych przeprowadzonych z kapustą białą badano także wpływ niedoboru azotu na poziom peroksydazy i fosfatazy kwaśnej (Gurgul 1973). W badaniach tych obserwowano u roślin wzrost aktywności enzymu peroksydazy i fosfatazy kwaśnej w początkowym okresie wegetacji oraz spadek — w dwóch dalszych okresach wzrostu w przypadku wyłączenia z pożywki azotu.

W przeprowadzonym doświadczeniu polowym stwierdzono, że również obfite zaopatrzenie roślin w N spowodowało obniżenie poziomu aktywności peroksydazy w kapuście, a w mniejszym stopniu również i w porach w końcowym okresie wegetacji roślin. Efekt nawożenia azotowego w odniesieniu do fosfatazy kwaśnej w I terminie pobierania próbek był zmienny w zależności od poziomu uwilgotnienia gleby oraz analogiczny jak w przypadku peroksydazy w II terminie po zakończonym cyklu deszczowania.

Wzrost lub spadek aktywności katalazy i peroksydazy w określonych warunkach środowiska i różnych okresach wzrostu roślin wiąże się przede wszystkim z procesami utleniania jakie zachodzą w organizmach roślinnych, głównie przy udziale enzymów oksydoredukcyjnych (Szczerbakow 1953; Tombesi, Calĕ 1958; Stanisławski 1963).

Badania wielu autorów (Szczerbakow 1948; 1953; Turkowa 1950; Vladimirow, Nizłowa 1962) wykazują, że wraz ze wzrostem aktywności katalazy w tkankach roślin spada poziom zawartości H_2O_2, a tym samym i aktywności peroksydazy. Ten charakterystyczny spadek aktywności peroksydazy przy równoczesnym wzroście aktywności katalazy występuje w kombinacji o obfitym zaopatrzeniu roślin w P w przypadku zastosowania uzupełniającego nawadniania w kapuście i porach. Odwrotna sytuacja (poza zawartością peroksydazy w porach) miała miejsce, gdy rośliny uprawiano w warunkach naturalnego uwilgotnienia gleby.

Pierwsze badania z zakresu wpływu mineralnego odżywiania roślin na przebieg procesów oksydoredukcyjnych dotyczyły potasu (Szczer-

bakow 1948; Vladimirow, Nizłowa 1962). Stwierdzono, że u roślin rosnących w warunkach niedoboru tego składnika następuje zmniejszenie aktywności katalazy, przy równoczesnym wzroście aktywności peroksydazy w fazie najbardziej intensywnego wzrostu roślin (Gurgul 1973).

Podobnie jak niedobór K, w przytoczonym doświadczeniu wazonowym, działała również na aktywność peroksydazy jego wysoka dawka. Niezależnie bowiem od poziomu uwilgotnienia gleby obserwowano bardzo wyraźny wzrost aktywności tego enzymu w kapuście w II fazie wzrostu. Wzrost tej aktywności można by interpretować jako wynik niewłaściwej proporcji składników żywienia mineralnego w pożywce (Turkova 1950). Opisywana w przytoczonej literaturze współzależność między poziomem aktywności katalazy i peroksydazy, w omawianym doświadczeniu wystąpiła jedynie w warunkach niskiej wilgotności gleby w II terminie analiz liści kapusty.

STRESZCZENIE I WNIOSKI

Przeprowadzone badania polowe dotyczące wpływu nawadniania i nawożenia mineralnego NPK Mg na aktywność peroksydazy, katalazy i fosfatazy kwaśnej w dwóch fazach wzrostu kapusty i porów pozwalają na wyciągnięcie następujących uogólnień:

1. Spośród badanych enzymów, aktywność katalazy i fosfatazy kwaśnej w liściach porów utrzymywała się na znacznie wyższym poziomie, a peroksydazy z reguły na niższym pooziomie niż w kapuście.
2. Zwiększona pod wpływem deszczowania wilgotność gleby spowodowała spadek aktywności enzymów w obydwu fazach wzrostu kapusty. W przypadku analiz liści porów wpływ tego czynnika w większości przypadków był odmienny niż w kapuście.
3. Aktywność peroksydazy i katalazy wzrastała bardzo wydatnie wraz z wiekiem roślin. W przypadku fosfatazy kwaśnej zależność ta znalazła potwierdzenie tylko u roślin nie nawadnianych.
4. Wpływ zróżnicowanego nawożenia poszczególnymi składnikami żywienia mineralnego (NPK Mg) na poziom aktywności badanych enzymów był z reguły istotny, lecz zarazem bardzo zróżnicowany, w zależności od gatunku roślin i poziomu uwilgotnienia gleby.

SUMMARY

During the field experiments and laboratory tests, the level of available nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium upon the activity of some enzymes in the leaves of cabbage and leeks obtained from plots which had been irrigated or not irrigated has been compared. The irrigation was used in case, when moi-

sture of soil was below of 65 percent of water hold capacity up to July 1 and 75 percent after July 1.

Activity of enzymes was estimated twice in vegetation period: 1. in the most intensive period of plant growth (August 10), 2. after finishing of irrigation (September 10). In both terms of sampling quantity of catalase and acid phosphatase in leeks leaves was considerably higher, than in cabbages ones. However, in case of cabbage the content of peroxidase during the second period of determination was several times higher.

The additional sprinkling irrigation has decreased the level of all tested enzymes in both stages of growth of cabbage. Simultaneously the influence of sprinkling irrigation was positive in relation to catalase and acid phosphatase in both stages of growth, and to peroxidase in the second stage of growth of leeks. Activity of peroxidase and catalase independly of the level of soil moisture and kind of plant increased very distinctly. In case of acid phosphatase, this relation was observed only in plants which had not been sprinkled.

The influence of the level avaiable form of NPK Mg upon activity of tested enzymes — was generally significant, but very differentiated, depending on soil moisture, kind of plant and its stage of growth.

LITERATURA

Beevers L., Hageman R. H., 1969, Nitrate reduction in higher plants, Ann. Rev. Plant Physiol. 20: 495-522.

Bennett W., Pesek J., Hanway J., 1964, Effect of nitrate and ammonium on growth of corn in nutrient solution sand culture, Agron. J. 59: 342-345.

Bergmeyer H. U., 1963, Methods of enzymatic analysis, Academic Press, New York.

Brandenberger H., Hanson R., 1953, Spectrophotometric determination of acid and alkaline phosphatases, Helve. Chim. Acta 36: 900.

Chance B., Maehly A. C., 1955, Assay of catalases and peroxidases, Methods in enzymology, vol. II Academic Press, Inc., New York, 764-775.

Gurgul E., 1973, Wpływ nawożenia mineralnego na zmiany składu izoenzymowego peroksydazy w stadiach rozwojowych kapusty białej i rukiewnika wschodniego, Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, 39: 103-117.

Harper J. E., Paulsen G. M., 1969, Nitrogen assimilation and protein synthesis in wheat sedlings as effected by mineral nutrition. I. Macronutrients. Plant Physiol. 44: 69-74.

Ingle J., Joy K. W., Hageman R. H., 1966, The regulation of activity of the enzymes involved in the assimilation of nitrate by higher plants, Biochem. J. 100: 577-588.

Joy K. W., 1969, Nitrogen matabolism of *Lemna minor*. II. Enzymes of nitrate assimilation and some aspects of their regulation, Plant Physiol. 44: 849-853.

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

Sanderson G. W., Cocking E. C., 1964, Enzymic assimilation of nitrate in tomato plants. I. Reduction of nitrate to nitrite, Plant Physiol. 39: 416-422.

Sanderson G. W., Cocking E. C., 1969, Enzymic assimilation of nitrate in tomato plants, II. Reduction of nitrite to ammonia, Plant Physiol. 39: 423-431.

Stanisławski J. J., 1963, Mechanizm działania katalazy i peroksydazy roślinnej, Wiad. Bot. 7: 39-51.

Szczerbakow A., P., 1948, Trudy Inst. Fizjoł. Rast. A. N. SSSR, 180-192.

Szczerbakow A. P., 1953, Biochimija, 18: 438-447.

Tombesi L., Calĕ M. T., 1958, Il metabolismo dei vegetali e le disponibilita idriche del suolo. Nota II. Ann. Sper. Agrar. 12: 459-471.

Turkowa N. S., 1950, Uzd-wo, A. N. SSSR, M.

Vladimirow G. E., Nizłowa S. N., 1962, Izd. Len. Un. Enzimołogija.

Weissman G. S., 1964, Effect of ammonium and nitrate nutrition on protein level and exudat composition, Plant Physiol. 39: 947-952.

Weissman G. S., 1972, Influence of ammonium and nitrate nutrition on enzymatic activity in soybean and sunflower, Plant Physiol. 49: 138-141.