

ALICJA MAJEWSKA
BARBARA DĄBROWSKA
ZENON WĘGLARZ

Katedra Roślin Warzywnych i Lecznictw
Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Plonowanie oraz zawartość składników odżywczych i związków biologicznie czynnych w kilku ekotypach chrzanu (*Armoracia rusticana* Gaertn.) w zależności od miejsca uprawy

Yielding and content of nutrients and biologically active compounds in several ecotypes of horseradish (*Armoracia rusticana* Gaertn.) cultivated in different localities

Przedmiotem badań były 4 ekotypy: Mazaniec, Lipnik, Tądle i Osjaków pochodzące z okolic Wielunia. Doświadczenia prowadzono w latach 2000–2001 równocześnie w miejscu pochodzenia w/w ekotypów i w nowych warunkach glebowo-klimatycznych, na Polu Doświadczalnym Katedry Roślin Warzywnych i Lecznictw w Wilanowie. W okresie wegetacji opisano 16 cech morfologicznych liści. Określono plon korzeni i sadzonek, wykonano analizy chemiczne na zawartość suchej masy, witaminy C, cukrów ogółem, jakościowe oznaczenie związków siarki przy pomocy chromatografii gazowej oraz zmierzono zawartość i aktywność peroksydazy. Stwierdzono, że zmiana warunków glebowo-klimatycznych nie miała wpływu na około 90% badanych cech morfologicznych liści. Badane ekotypy chrzanu w różnym stopniu zareagowały wielkością plonu handlowego korzeni konsumpcyjnych na zmianę warunków glebowo-klimatycznych. Najbardziej stabilny okazał się ekotyp Lipnik zaś najbardziej wrażliwe ekotypy Tądle i Osjaków. Najwyższy plon sadzonek stwierdzono u ekotypu Tądle w obu latach badań i w obu miejscach uprawy. Badane ekotypy przeniesione do nowych warunków glebowo-klimatycznych w sposób istotny zareagowały zawartością suchej masy, cukrów ogółem i witaminy C przy czym wielkość tych zmian była uwarunkowana ekotypem. Zawartość izotiocyanianu allilu była u wszystkich badanych ekotypów (wyjątek Tądle) od 13% do ponad 25% niższa w pierwotnym miejscu uprawy w porównaniu do nowych warunków środowiska, natomiast między ekotypami niezależnie od miejsca uprawy różnice dochodziły do ok. 30%. Jeśli chodzi o peroksydazę to na zawartość tego enzymu miało wpływ przede wszystkim miejsce uprawy. W nowych warunkach uprawy zawartość ta była znacznie wyższa w porównaniu do uzyskanej w pierwotnym miejscu uprawy, a najwyższą zawartością spośród badanych ekotypów charakteryzował się Osjaków. Badając kinetykę reakcji utleniania pirogalolu w obecności peroksydazy chrzanu przy długości fali $\lambda = 430$ nm stwierdzono, że reakcja najintensywniej przebiegała u wszystkich badanych ekotypów i niezależnie od miejsca uprawy, w pierwszych 30 sekundach.

Słowa kluczowe: chrzan, ekotypy, izotiocyjanian allilu, peroksydaza

The objective of the studies carried out in 2000–2001 was to characterize 16 morphological characters of leaves and yields of the main roots and root cuttings of four Polish ecotypes of horseradish (*Armoracia rusticana* Gaertn.): Mazaniec, Lipnik, Tądle and Osjaków, cultivated in two localities differing in both soil and climatic conditions. The experiments were performed simultaneously in the environs of Wieluń (the region where the ecotypes have been cultivated) and in the Experimental Field of the Department of Vegetable and Medicinal Plants of Warsaw University (SGGW) in Wilanów. Chemical analyses were done to determine the content of dry matter, vitamin C and total sugar as well as the activity of peroxidase. Volatile components were identified using gas chromatography. The altered soil and climatic conditions in the Experimental Field had no influence on 14 of the 16 (nearly 90%) morphological traits of leaves. However, they did strongly affect yield of the main roots produced by ecotypes Osjaków (increase) and Tądle (decrease). Similar results were obtained with the crop of root cuttings, Tądle being the most fertile ecotype in both vegetation periods and both cultivation localities. The content of dry matter, total sugar and vitamin C markedly depended on plant ecotype as well as soil and climatic conditions. The plants cultivated in the Experimental Field generally contained a greater amount of allyl isothiocyanate and peroxidase than those grown in the environs of Wieluń. The oxidation of pyrogallol catalysed by horseradish peroxidase was most intensive during the initial 30 seconds.

Keywords: horseradish, ecotype, allyl isothiocyanate, peroxidase

WSTĘP

Chrzan (*Armoracia rusticana* Gaertn.) jedna z najstarszych roślin uprawnych (Courter i Rhodes, 1979), należy do popularnych warzyw przyprawowych o wyraźnych właściwościach ostro piekących i silnym działaniu fizjologicznym. Polska jest aktualnie czołowym producentem chrzanu, a największy areał uprawy zlokalizowany jest w południowej części woj. łódzkiego.

Zróżnicowanie ekotypów w obrębie gatunku *Armoracia rusticana* jest bardzo duże. Różnice te dotyczą zarówno cech morfologiczno-rozwojowych, plonotwórczych jak i składu chemicznego tak korzeni jak i sadzonek (Rhodes i in., 1965, 1969; Dąbrowska, 1970; Poniedziałek, 1986; Fritz i in., 1987; Nebel i in., 1988).

Czynnikiem, który w dużym stopniu decyduje o wartości korzeni chrzanu jako surowcu dla przemysłu przetwórczego, dla konsumpcji w stanie świeżym, a także o właściwościach leczniczych, jest zawartość lotnych związków siarki powodujących specyficzny ostry smak. Dotychczas zidentyfikowano ponad 20 tych związków, stwierdzając największą zawartość izotiocyjanianu allilu (Gilbert i Nursten, 1972; Tokarska, 1980).

Na specjalną uwagę zasługuje też występujący w chrzanie enzym peroksydaza decydujący o procesach utleniania zachodzących w roślinie.

W literaturze wskazuje się również na zróżnicowanie typów lokalnych co do adaptacji do nowych warunków środowiska (Dąbrowska, 1970; Rending i in., 1976; Poniedziałek, 1986).

Celem niniejszej pracy było zbadanie plonowania oraz zawartości składników odżywczych i związków biologicznie czynnych w kilku ekotypach chrzanu w różnych warunkach glebowo-klimatycznych.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w latach 2000–2001 różniących się dość istotnie między sobą pod względem warunków klimatycznych. Przedmiotem badań były cztery ekotypy chrzanu: Mazaniec, Lipnik, Tądle i Osjaków, pochodzące z zagłębia chrzanowego z okolic Wielunia (oW). Doświadczenia prowadzono równocześnie w dwóch miejscach tj. w pierwotnym miejscu uprawy na glebie płowej wytworzonej z piasków i na polu doświadczalnym Katedry Roślin Warzywnych i Lecznictw SGGW w Wilanowie (W) na madzie średniej wytworzonej z utworu pyłowego ilastego. Zakładano je w drugiej połowie kwietnia, metodą bloków losowanych w czterech powtórzeniach. Sadzonki wysadzano w uprawie na płask w rozstawie 60 x 40 cm. W okresie wegetacji wykonano pomiary biometryczne liści według opracowanej przez Rhodesa (1969) skali ich różnorodności morfologicznej, uwzględniające 16 istotnych cech. Zmierzono wielkość plonu konsumpcyjnych korzeni handlowych i sadzonek.

Wykonano analizy chemiczne na zawartość suchej masy metodą suszarkową, witaminy C metodą Tillmansa, cukrów ogółem metodą Schoorla-Luffa. Oznaczono zawartość lotnych związków siarki metodą chromatografii gazowej na aparacie firmy Hewlett Packard M-6890 z oprzyrządowaniem. Aktywność peroksydazy w korzeniach chrzanu w porównaniu do czystej peroksydazy chrzanowej zakupionej w firmie Sigma, zbadano kolorymetrycznie z wykorzystaniem barwnej reakcji z nadtlakiem wodoru i pirogalolem, w wyniku której powstaje purpurogalina (Kączkowski, 1987). Uzyskane wyniki opracowano statystycznie za pomocą testu Fishera-Snedecora w analizie wariancji dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$ i $\alpha = 0,01$.

WYNIKI I DYKUSJA

Spośród 16 badanych cech morfologicznych liści tylko dwie a mianowicie czarne plamy na ogonkach liściowych, oraz czerwone zabarwienie u podstawy ogonków wykazywały zróżnicowanie w zależności od miejsca uprawy u wszystkich badanych ekotypów (tab. 1).

Plon konsumpcyjnych korzeni handlowych chrzanu w 2000 roku (tab. 2 a) wahał się od 85,5 (Mazaniec oW) do 141,0 kg·ar⁻¹ (Osjaków W). Miejsce uprawy nie spowodowało istotnej różnicy w wielkości plonu tylko u ekotypu Lipnik. W pierwotnym miejscu uprawy istotnie najwyższy plon wydał ekotyp Tądle, zaś w nowym ekotyp Osjaków. Generalnie wszystkie ekotypy poza Tądle, w nowym miejscu uprawy wydały wyższy plon z tym, że największa różnica miała miejsce u ekotypu Osjaków.

W 2001 roku plon korzeni handlowych chrzanu każdego z badanych ekotypów był wyższy (tab. 2) i wahał się od 108,2 (Mazaniec oW) do 172,3 kg·ar⁻¹ (Osjaków W). Miejsce uprawy nie spowodowało istotnej różnicy w wielkości plonu handlowego korzeni konsumpcyjnych poza ekotypem Lipnik (jak w roku poprzednim) również u ekotypu Mazaniec. Tak jak w roku poprzednim w pierwotnym miejscu uprawy istotnie najwyższy plon wydał ekotyp Tądle, zaś w nowym Osjaków.

Tabela 1

Cechy morfologiczne liści
Morphological traits of leaves

Opisywane cechy Described traits	Ekotyp, miejsce uprawy Ecotype, cultivation locality			
	Mazaniec oW* Mazaniec W**	Lipnik oW Lipnik W	Tądle oW Tądle W	Osjaków oW Osjaków W
Długość ogonka Length of petiole	+***	+	+	****
Długość blaszki liściowej Length of leaf blade	+	+	+	+
Szerokość blaszki liściowej Width of leaf blade	+	+	+	+
Szerokość górnej ćwiartki blaszki liścia Width of quarter of leaf blade	+	+	+	+
Szerokość dolnej ćwiartki blaszki liścia Width of quarter of leaf blade	+	+	+	+
Stopień pomarszczenia liści Rugose of leaf blade	+	+	+	+
Czarne plamy na ogonkach liściowych Black spots of petiole	-	-	-	-
Czerwone zabarwienie podstawy ogonków liściowych Reddening of the bottom part of leaves petioles	-	-	-	-
Kształt szczytu liścia Shape of leaf apex	+	+	+	+
Kształt brzegu blaszki liściowej Type of blade edge	+	+	+	+
Wygięcie nerwu Curve of midrib	+	+	-	+
Zagięcie blaszki liściowej wzdłuż nerwu Folding of leaf blade along midrib	+	+	+	-
Spiralność liści Spiralling of leaves	+	+	+	-
Kolor liści Colour of leaves	+	+	+	+
Wigor liści Vigour of leaves	+	+	+	+
Pokrój rośliny Plant phenotype	+	+	-	+

* oW — okolice Wielunia, ** W — Wilanów; ***+ — Brak różnic; **** — Różnice

* oW — area around Wieluń ** W — Wilanów; ***+ — No difference; **** — Difference

Wszystkie ekotypy, poza Tądle również tak jak w roku ubiegłym, w nowym miejscu uprawy wydały wyższy plon, a różnica największa dotyczyła ekotypu Osjaków (31,1 kg·ar⁻¹).

Plon sadzonek (korzeni bocznych o średnicy minimum 0,7 cm i długości minimum 15 cm) w 2000 r (tab. 3) wahał się od 18,20 kg·ar⁻¹ (Osjaków oW) do 62,42 kg·ar⁻¹ (Tądle oW) zaś w 2001 r (tab. 3) od 21,10 kg·ar⁻¹ (Lipnik oW) do 76,37 kg·ar⁻¹ (Tądle oW).

W obu latach badań miejsce uprawy spowodowało istotną różnicę w wielkości plonu sadzonek tylko u ekotypu Tądle. U tego ekotypu stwierdzono w obu latach, istotnie

najwyższy plon w obydwu miejscach uprawy, a więc niezależnie od warunków glebowo-klimatycznych.

Tabela 2a

Plon konsumpcyjnych korzeni handlowych chrzanu ($\text{kg}\cdot\text{ar}^{-1}$) w zależności od miejsca uprawy w 2000 roku
Yield of main roots of horseradish ($\text{kg}\cdot\text{are}^{-1}$) depending on cultivation locality in 2000

Miejsce(A) Locality Ekotyp (B) Ecotype	Mazaniec	Lipnik	Tądle	Osjaków	Średnio Mmean
Okolice Wielunia The environs of Wieluń	85,5	96,0	139,5	115,5	109,12
Wilanów	105,0	102,0	115,5	141,0	115,87
Średnio Mean	95,25	99,0	127,5	128,25	
NIR _{0,05} /LSD(A) = 9,0		NIR _{0,01} /LSD (B) = 16,5			
NIR _{0,01} /LSD (A/B) = 18,0		NIR _{0,01} /LSD (B/A) = 23,5			

Tabela 2b

Plon konsumpcyjnych korzeni handlowych chrzanu ($\text{kg}\cdot\text{ar}^{-1}$) w zależności od miejsca uprawy w 2001 roku
Yield of main roots of horseradish ($\text{kg}\cdot\text{are}^{-1}$) depending on cultivation locality in 2001

Miejsce (A) Locality Ekotyp (B) Ecotype	Mazaniec	Lipnik	Tądle	Osjaków	Średnio Mean
Okolice Wielunia The environs of Wieluń	108,2	115,5	170,5	141,2	133,85
Wilanów	128,3	124,7	141,2	172,3	141,62
Średnio Mmean	118,25	120,1	155,85	156,75	
NIR _{0,05} /LSD (A) = 11,0		NIR _{0,01} /LSD (B) = 20,17			
NIR _{0,01} -LSD (A/B) = 22,0		NIR _{0,01} /LSD (B/A) = 28,5			

Tabela 3a

Plon sadzonek chrzanu ($\text{kg}\cdot\text{ar}^{-1}$) w zależności od miejsca uprawy w 2000 roku
Yield of root cuttings of horseradish ($\text{kg}\cdot\text{are}^{-1}$) depending on cultivation locality in 2000

Miejsce (A) LocalityPlace Ekotyp (B) Ecotype	Mazaniec	Lipnik	Tądle	Osjaków	Średnio Mean
Okolice Wielunia The environs of Wieluń	21,85	17,27	62,42	18,20	29,94
Wilanów	20,23	21,07	33,23	20,13	23,66
Średnio Mean	21,04	19,17	47,82	19,16	
NIR _{0,01} /LSD (A) = 3,48		NIR _{0,01} /LSD (B) = 6,58			
NIR _{0,01} /LSD (A/B) = 6,95		NIR _{0,01} /LSD (B/A) = 9,30			

Tabela 3b

Plon sadzonek chrzanu ($\text{kg} \cdot \text{ar}^{-1}$) w zależności od miejsca uprawy w 2001 roku
Yield of root cuttings of horseradish ($\text{kg} \cdot \text{are}^{-1}$) depending on cultivation locality in 2001

Miejsce (A) Locality	Ekotyp (B) Ecotype	Mazaniec	Lipnik	Tądle	Osjaków	Średnio Mean
Okolice Wielunia The environs of Wieluń		26,78	21,10	76,37	22,23	36,62
Wilanów		24,72	25,73	40,58	24,60	28,91
Średnio Mean		25,75	23,41	58,47	23,41	
NIR _{0,01} /LSD (A) = 4,25		NIR _{0,01} /LSD (B) = 8,05				
NIR _{0,01} /LSD (A/B) = 8,50		NIR _{0,01} /LSD (B/A) = 11,37				

Wyniki analiz chemicznych prezentowane w literaturze wskazują na duże różnice w składzie korzeni chrzanu. Howard i wsp. (1962) stwierdzili, że korzenie chrzanu kalifornijskiego zawierały 1,8% cukrów ogółem i 5,2% innych węglowodanów, przy suchej masie 23%. Schuphan (1948) z kolei podaje zawartość cukrów ogółem 6,0% przy suchej masie równej 28,20%. Moravec i Kvasnička (1963) u różnych ekotypów chrzanu znajdowali 13,09–22,90% cukrów. Dąbrowska (1970) stwierdziła przy suchej masie średnio 26%, zawartość cukrów ogółem 6,9–11,0%, a witaminy C 94–130 mg%. Uważa się, że te rozbieżności w literaturze, wywołane są zarówno nieporównywalnością metod analitycznych, jak również dużą zmiennością genotypową chrzanu i różną reakcją typów lokalnych na zmianę warunków środowiska.

W badaniach prezentowanych w niniejszej pracy zawartość suchej masy w korzeniach badanych ekotypów chrzanu (tab. 4) wahała się od 25,33 do 35,58%. Średnio istotnie wyższą suchą masą wykazały się badane typy uprawiane w Wilanowie. Istotnie najwyższą suchą masę stwierdzono u typu Osjaków. Ten też ekotyp w największym stopniu (zwyżką suchej masy) zareagował na przeniesienie z pierwotnego do nowego miejsca uprawy (zwyżką 5,34%). Najmniejszą różnicę w zawartości suchej masy spowodowaną przeniesieniem uprawy w nowe warunki środowiska stwierdzono u typu Tądle.

Tabela 4

Sucha masa korzeni konsumpcyjnych czterech ekotypów chrzanu (%) w zależności od miejsca uprawy (średnio 2000–2001)
Dry matter of main roots in the four ecotypes of horseradish (%) depending on cultivation locality (mean 2000–2001)

Miejsce (A) Locality	Ekotyp (B) Ecotype	Mazaniec	Lipnik	Tądle	Osjaków	Średnio Mean
Okolice Wielunia The environs of Wieluń		25,33	25,70	29,27	30,24	27,63
Wilanów		28,92	25,45	27,19	35,58	29,28
Średnio Mean		27,12	25,57	28,23	32,91	
NIR _{0,01} /LSD (A) = 1,18		NIR _{0,01} /LSD (B) = 2,22				
NIR _{0,01} /LSD (A/B) = 2,35		NIR _{0,01} /LSD (B/A) = 3,15				

Zawartość cukrów ogółem wahała się od 5,5 do 11,88 mg /100 g świeżej masy. Badane ekotypy zareagowały obniżką zawartości cukrów w korzeniu w nowych warunkach środowiska (tab. 5). W wypadku każdego z nich była to różnica statystycznie istotna (największa dla ekotypu Tądle). W tych samych warunkach uprawy największą zawartość cukrów ogółem stwierdzono u ekotypu Tądle aczkolwiek między nim a ekotypami Lipnik i Osjaków różnic istotnych nie było. Te trzy ekotypy w sposób istotny, natomiast różniły się pod względem tej cechy od ekotypu Mazaniec. W nowym miejscu uprawy największą zawartość cukrów stwierdzono u typu Osjaków i była ona istotnie wyższa od zawartości cukrów w korzeniach pozostałych badanych ekotypów.

Tabela 5

Zawartość cukrów ogółem w korzeniach konsumpcyjnych czterech ekotypów chrzanu (g na 100 g świeżej masy) w zależności od miejsca uprawy (średnio 2000–2001)
Level of total sugar (g/100 g fresh matter) in main roots of the four ecotypes of horseradish depending on cultivation locality (mean 2000–2001)

Miejsce (A) Place Ekotyp(B) Ecotype	Mazanec	Lipnik	Tądle	Osjaków	Średnio Mean
Okolice Wielunia The environs of Wieluń	8,83	10,41	11,88	10,22	10,33
Wilanów	5,57	5,54	6,17	7,03	6,08
Średnio Mean	7,2	7,97	9,02	8,62	
NIR _{0,01} /LSD (A) = 0,36		NIR _{0,01} /LSD (B) = 0,68			
NIR _{0,05} /LSD (A/B) = 0,72		NIR _{0,01} /LSD (B/A) = 0,96			

Tabela 6

Zawartość witaminy C w korzeniach konsumpcyjnych czterech ekotypów chrzanu (mg na 100 g świeżej masy) w zależności od miejsca uprawy (średnio 2000–2001)
Total contents of vitamin C (mg/ 100 g fresh matter) in main roots of the four ecotypes of horseradish depending on cultivation locality (mean 2000–2001)

Miejsce (A) Locality Ekotyp (B) Ecotype	Mazanec	Lipnik	Tądle	Osjaków	Średnio Mean
Okolice Wielunia The environs of Wieluń	77,65	130,29	93,17	106,96	102,02
Wilanów	98,88	96,03	108,99	138,44	110,58
Średnio Mean	88,26	113,16	101,08	122,70	
NIR _{0,01} /LSD A = 5,05		NIR _{0,01} /LSD B = 9,54			
NIR _{0,05} /LSD (A/B) = 10,10		NIR _{0,05} /LSD (B/A) = 13,49			

Zawartość witaminy C (tab. 6) wahała się od 77,65 (Mazanec oW) do 138,44 mg% (Osjaków W). Średnio dla ekotypów zawartość witaminy C w 100 g świeżej masy korzenia była istotnie wyższa w nowym miejscu uprawy. Analizując, natomiast poszczególne ekotypy pod kątem reakcji każdego z nich na zmianę warunków glebowo-klimatycznych,

należy stwierdzić, że w nowym miejscu uprawy zawartość witaminy C w korzeniach była istotnie wyższa niż w pierwotnym, z wyjątkiem ekotypu Lipnik.

Czynnikiem, który w dużym stopniu decyduje o wartości korzeni chrzanu jest zawartość i skład olejku gorczycznego. Głównym składnikiem tego olejku jest izotiocyanian allilu, który jak podaje literatura stanowi średnio 85, a nawet 90–92% (Mazza, 1984; Velioglu i in., 1998), a drugim związkiem co do ilości według tych samych autorów jest izotiocyanian 2-fenylloetylu.

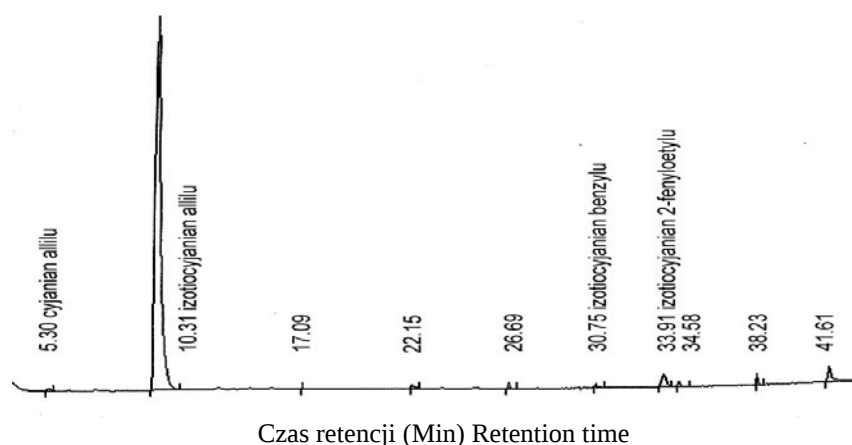
Tabela 7

Zawartość lotnych związków siarkowych (%) w korzeniach konsumpcyjnych kilku ekotypów chrzanu
Content of volatile constituents (%) in main roots of the four ecotypes of horseradish

Ekotyp, miejsce uprawy Ecotype, cultivation locality	Izotiocyanian allilu Allyl - isothiocyanate	Izotiocyanian 2-fenylloetylu 2 phenylethyl - isothiocyanate	Izotiocyanian benzylu Benzyl - isothiocyanate	Cyjanian allilu Allyl-cyanate	Niezidentyfikowana reszta Unidentified residues
Mazaniec oW*	63,13	18,42	1,62		16,83
Mazaniec W**	88,37	7,43	0,44		3,76
Lipnik oW	75,39	20,21	0,27		4,13
Lipnik W	87,92	8,98	0,28	0,26	2,56
Tądle oW	73,98	18,72	0,80		6,50
Tądle W	68,67	10,33	1,82	0,44	18,74
Osjaków oW	76,75	9,48	0,89		12,88
Osjaków W	90,37	2,55	0,51		6,57

*oW — Okolice Wielunia; *oW — The environs of Wieluń

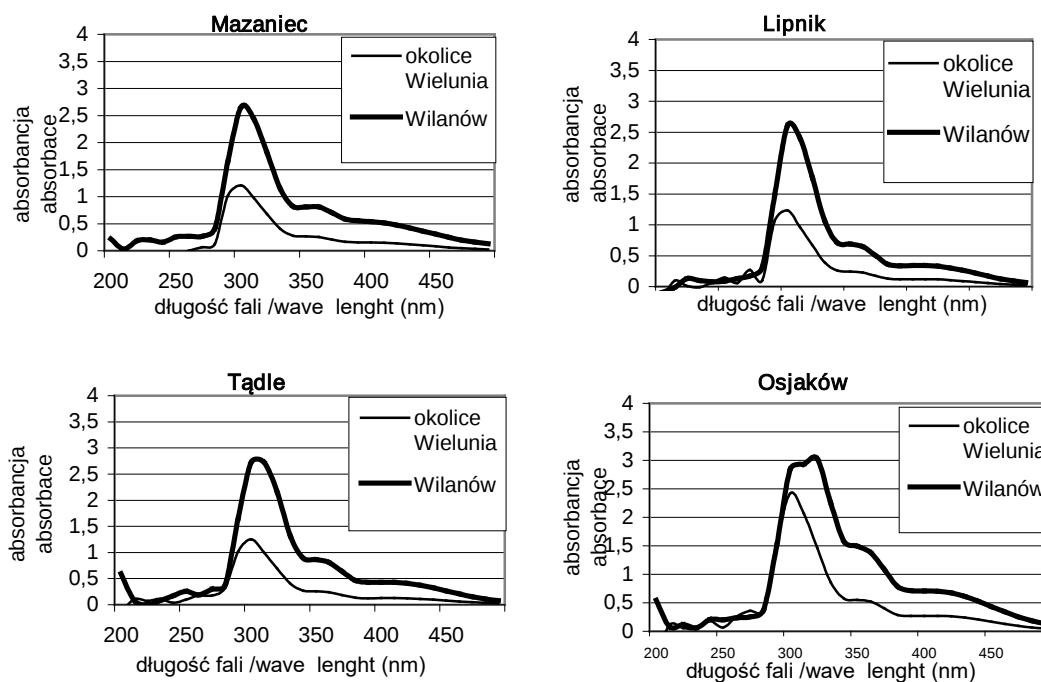
**W — Wilanów



Rys. 1. Chromatogram rozdzielu związków siarkowych zawartych w korzeniach chrzanu
Fig. 1. Gas chromatogram volatile constituents of the main horseradish roots

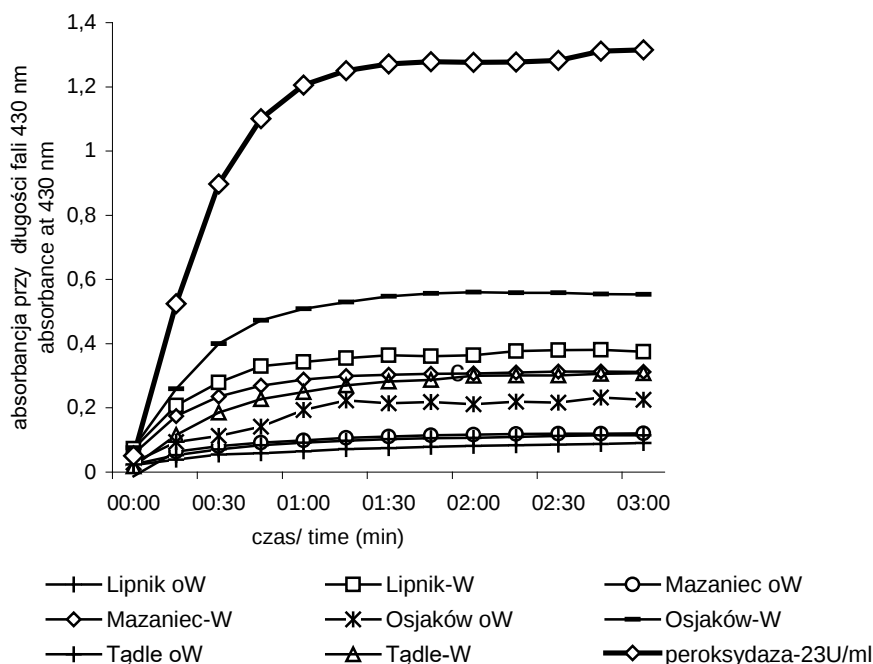
W niniejszej pracy badając zawartość lotnych związków siarki, odpowiedzialnych za ostrość smaku wyodrębniono u badanych ekotypów (tab. 7) 10 związków, z czego zidentyfikowano cztery (rys. 1). Zawartość izotiocyanianu allilu wahała się od 63 do 90%. U wszystkich ekotypów, z wyjątkiem Tądle ilość tego związku była wyższa w nowym

miejsku uprawy. Drugim pod względem zawartości związkiem był podobnie jak w badaniach Mazzy (1984) izotiocyjanian 2-feniloetylu, którego było jednak więcej w korzeniach chrzanu w pierwotnym miejscu uprawy. Zidentyfikowano poza tym izotiocyjanian benzylu, a u dwóch typów uprawianych w Wilanowie również cyjanian allilu.



Rys. 2–5. Aktywność peroksydazy w zależności od miejsca uprawy ekotypu
Fig. 2–5. Activity of horseradish peroxidase depending on cultivation locality

Widmo purpurogaliny powstałej w wyniku reakcji utleniania pirogalolu przez peroksydazę, u każdego z badanych ekotypów było bardzo zbliżone do widma powstałego przy zastosowaniu czystej peroksydazy. U każdego ekotypu stwierdzono wyższą aktywność peroksydazy (rys. 2–5) w korzeniach uzyskanych w nowych warunkach uprawy (W), a najwyższą aktywnością wykazał się typ Osjaków. Reakcja utleniania pirogalolu przez peroksydazę najintensywniej przebiegała u wszystkich ekotypów a przy tym niezależnie od miejsca uprawy, w pierwszych 30 sekundach reakcji. Dotyczy to zarówno czystej peroksydazy jak i zawartej w wodnym wyciągu z korzeni chrzanu.



Rys. 6. Widmo purpurogaliny powstałej po utlenieniu pirogalolu przez peroksydazę zawartą w wodnym wyciągu z korzeni chrzanu
Fig. 6. Spectrum of purpurogallin resulting from oxidation of pyrogallol by peroxidase contained in water extract from horseradish roots

WNIOSKI

1. Zmiana warunków glebowo-klimatycznych nie miała wpływu na ok. 90% badanych cech morfologicznych liści.
2. Badane ekotypy chrzanu w różnym stopniu zareagowały wielkością plonu handlowego korzeni konsumpcyjnych na zmianę warunków glebowo-klimatycznych; najbardziej stabilny okazał się ekotyp Lipnik, zaś najbardziej wrażliwe ekotypy Tądle i Osjaków.
3. Istotnie najwyższy plon sadzonek stwierdzono u ekotypu Tądle w obu latach badań i w obydwu miejscach uprawy; jednocześnie tylko u tego ekotypu spośród badanych, miejsce uprawy spowodowało istotną różnicę w wielkości plonu materiału sadzonekowego.
4. Badane ekotypy przeniesione do nowych warunków glebowo-klimatycznych w sposób istotny zareagowały zawartością suchej masy, cukrów ogółem i witaminy C, przy czym wielkość tych zmian była również uwarunkowana ekotypem.
5. Zawartość składnika odpowiedzialnego za ostrość smaku korzeni chrzanu, jakim jest izotiocyjanian allilu była u wszystkich badanych ekotypów (wyjątek Tądle) od 13 do ponad 25% niższa w pierwotnym miejscu uprawy w porównaniu do nowych warunków

- środowiska; natomiast między ekotypami niezależnie od miejsca uprawy różnice dochodziły do ok. 30%.
6. Na zawartość peroksydazy u badanych ekotypów miało wpływ przede wszystkim miejsce uprawy; w nowym środowisku zawartość ta była znacznie wyższa w porównaniu do pierwotnego, zaś najwyższą zawartością tego enzymu pośród badanych ekotypów charakteryzował się Osjaków.
 7. Badając kinetykę reakcji utleniania pirogalolu w obecności peroksydazy chrzanu przy długości fali $\lambda = 430$ nm stwierdzono, że reakcja najintensywniej przebiegała u wszystkich badanych ekotypów i niezależnie od miejsca uprawy, w pierwszych 30 sekundach.

LITERATURA

- Courter J. W., Rhodes A. M. 1979. Historical notes on horseradish. J. Econ. Bot. 23: 156 — 164.
- Dąbrowska B. 1970. Badania nad wpływem różnych sposobów uprawy chrzanu na wysokość i jakość plonu. Rozp. dokt. Inst. Prod. Ogrod. SGGW, Warszawa: 146 ss.
- Fritz D., Wiechmann J., Nebel H. 1987. Influence of provenance and harvest date on some quality properties of horse radish (*Armoracia rusticana* Ph. Gaertn. B. Mey. Et Scherb.) for preservation purposes. Acta Horticulturae 220: 425 — 431.
- Gilbert J., Nursten H. 1972. Volatile constituents of horseradish roots. J. Sci. Food Agric. 23 (4): 527 — 539.
- Howard F. D., Macgillivray J. H., Yamagucki M. 1962. Nutrient composition of fresh California — grown vegetables. Bull. Calif. Agric. Exp. Stat.: 788.
- Kączkowski J. 1987. Materiały do ćwiczeń z biochemii. Wydawnictwo SGGW, Warszawa: 133 — 136 pp.
- Moravec J., Kvasnička S. 1963. Možnosti zvyšování produkce a jakosti křenu (Olomouc). Bull. 7: 54.
- Mazza G. 1984. Volatiles in distillates of fresh, dehydrated and freeze-dried horseradish. Can. Inst. Food Sci. Technol. J. 17 (1): 18 — 23.
- Nebel H., Wiehmann J., Fritz D. 1988. Ertrag verschiedener Meerrettich-Herkünfte. Gemüse, 6: 272 — 273.
- Poniedziałek M. 1986. Wpływ biologicznych i agrotechnicznych czynników na zawartość lotnych związków siarki i aktywność peroksydazy w korzeniach chrzanu (*Armoracia rusticana* Gaertn.). Zesz. Nauk. A.R. Kraków. Rozp. habil. 106: 60 ss.
- Rendig V. V., Oputa C., McComb E. A. 1976. Effect of sulphur deficiency on non-protein nitrogen, soluble sugars and N/S ratios in young corn plants. Plant and Soil. 44: 423 — 437.
- Rhodes A. M., Cuorter J. W., Shurtleff M. C. 1965. Identification of horseradish types. Trans Illinois State Acad. Sc. 58, 2: 115 — 122.
- Rhodes A. M., Carmer S.G., Cuorter J. W. 1969. Measurement and classification of genetic variability in Horseradish. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94: 98 — 102.
- Schuphan W. 1948. Gemüsebau auf ernährungswissenschaftlicher Grundlage. (Hamburg): 8,10, 22, 50, 61, 67, 158, 180, 191, 202.
- Tokarska B. 1980. Otrzymanie i stabilizacja ekstraktów smakowo-zapachowych, zawierających związki siarki. Praca doktor. Inst. Przemysłu Fermentacyjnego: 97 ss.
- Velioglu Y. S., Mazza G., Gao L., Oomah B. D. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetable, and grain products. J. Agric. Food Chem. 46: 4113 — 4117.