

ZOFIA LISIEWSKA, WALDEMAR KMIĘCIK
Akademia Rolnicza w Krakowie

AZOTANY I AZOTYNY W WARZYWACH

CZ. I. WPŁYW RÓŻNYCH CZYNNIKÓW NA ZAWARTOŚĆ AZOTANÓW I AZOTYNÓW W WARZYWACH ŚWIEŻYCH

Azotany i azotyny należą do związków dość szeroko rozpowszechnionych w produktach spożywczych. Ich obecność stwierdza się w chlebie [10], mleku i przetworach mlecznych [32, 91, 132], oraz w produktach mięsnych [20, 45, 115, 128]. Związki te zawiera również woda pitna i wody stołowe [52, 121, 129] oraz sól kuchenna [20]. Jednak głównym źródłem azotanów są warzywa. Według różnych źródeł [33, 77, 105, 114, 123] udział azotanów pochodzący z warzyw w całodziennych racjach pokarmowych waha się od 72 do 90%. Natomiast najważniejszym dostarczycielem azotynów są produkty mięsne [20, 123]. Lecz mimo to powszechna jest opinia, że właśnie azotany występujące w dużej ilości w warzywach stanowią główne zagrożenie toksykologiczne. Wynika to z faktu, że znaczna część azotanów łatwo ulega redukcji do azotynów pod wpływem reduktazy azotanowej pochodzenia bakteryjnego w jamie ustnej i w dolnej części przewodu pokarmowego [5, 43, 44, 58, 77, 111, 120, 123, 124].

Komitet Ekspertów FAO/WHO d/s Dodatków do Żywności określił maksymalną dopuszczalną dzienną dawkę dla człowieka azotanów na 5 mg/1 kg masy ciała. Dla azotynów została przyjęta jako wartość tymczasowa — 0,2 mg/kg masy ciała, co stanowi w przeliczeniu na spożycie dzienne dla dorosłego człowieka nie więcej niż 300 mg azotanów i nie więcej niż 12 mg azotynów [18, 30, 63]. Według ustaleń Ministerstwa Zdrowia i Opieki Społecznej oraz Instytutu Matki i Dziecka z dnia 2 czerwca 1978 r. zawartość azotanów w warzywach przeznaczonych do spożycia przez małe dzieci, kobiety ciężarne i ludzi chorych powinna wynosić nie więcej niż 250 mg w 1 kg świeżej masy produktu, zaś azotynów nie więcej niż 0,5 mg. Jednak żywieniowcy postulują aby były to ilości mniejsze.

Spożycie azotanów i azotynów kształtuje się niejednakowo w poszczególnych krajach i mieści się odpowiednio w przedziale 42—844 mg i 0,77—80,0 mg dziennie na osobę [31, 33, 77, 81, 87, 110, 114, 123].

Zagadnieniem gromadzenia się azotanów i azotynów w warzywach oraz ich toksycznością interesowano się od początku stulecia [94]. Ale

intensywny rozwój badań nad tym problemem rozpoczął się w latach sześćdziesiątych, kiedy to coraz częściej zaczęto stwierdzać, głównie u dzieci, przypadki methemoglobinemii żywieniowej spowodowanej występowaniem w niektórych partiach szpinaku i marchwi dużych ilości azotanów i azotynów [52, 113] oraz wykazano możliwość działania rakotwórczego tych związków [5]. Oprócz toksycznego działania azotany i azotyny zmniejszają wartość odżywczą żywności, między innymi poprzez destrukcję witamin z grupy B oraz witaminy i prowitaminy A, obniżają także przyswajalność białka i tłuszczu z pożywienia [66, 87, 109, 140]. Obecność w warzywach kwasu askorbinowego, wapnia i magnezu powoduje obniżenie toksyczności azotanów [65, 76, 105, 112].

Występowanie pewnych ilości azotanów w roślinach jest w zasadzie zjawiskiem normalnym. Stanowi bowiem naturalną konsekwencję żywienia roślin azotem [116]. Azotany akumulują się w warzywach wówczas, gdy pobieranie ich jest większe niż możliwość redukcji [68, 116]. W warzywach stwierdza się również obecność azotynów (tab.). Niemniej zawartość azotynów na poziomie 1 mg w 1 kg świeżej masy uważana jest za ilość normalną [82, 120]. Na ogół panuje opinia, że wzrostowi poziomowi azotanów nie towarzyszy wzrost azotynów [29, 40, 48, 49, 54, 60, 61, 62, 69, 134]. Jednak Walker [120] i Zalewski [137] twierdzą — że warzywa, które kumulują duże ilości azotanów mogą zawierać także znaczne ilości azotynów.

Wysokie zawartości azotanów wykazują z reguły te części rośliny, które biorą udział w transporcie substancji odżywczych. W związku z tym warzywa liściowe są znacznie bogatsze w azotany niż warzywa owocowe i nasienne, warzywa korzeniowe natomiast zajmują pozycję pośrednią [12, 80, 83, 96, 99, 116, 133—138]. Inny sposób podziału gatunków warzyw na grupy pod względem zdolności gromadzenia azotanów uwzględnia długość okresu wegetacji. Na ogół przyjmuje się, że warzywa o długim okresie wegetacji gromadzą mniej azotanów niż o stosunkowo krótkim okresie wegetacji [25, 133].

Niektórzy autorzy podkreślają, że zawartość azotanów jest genetycznie kontrolowana oraz jest cechą charakterystyczną dla poszczególnych gatunków i odmian warzyw [108, 138]. Mimo pewnego generalnego podziału gatunków warzyw uwzględniającego skłonność do kumulacji azotanów, nie wszystkie gatunki w wymienionych grupach a w obrębie ich odmiany, wykazują jednakową zdolność do gromadzenia tych związków. Oznacza to, że w podobnych warunkach uprawy u jednych nie obserwuje się kumulacji azotanu azotanowego, a u innych natomiast można znaleźć znaczne jego ilości [80, 102].

Dane zamieszczone w literaturze (tab.) mówią niemalże jednoznacznie, że do gatunków wykazujących małą skłonność do gromadzenia azo-

Tabela 1

Zawartość azotanów i azotynów w częściach jadalnych warzyw świeżych w mg NO₃/kg świeżej masy (obok wartości podano numer pozycji literatury i rok jej wydania)

Azotany	Cukinia	Kalarepa
	176—598 [39] 1967	1600—1620 [83] 1980
Bakłażan	665 [99] 1975	123—766 [75] 1986
95—149 [27] 1986	950—1220 [83] 1980	Kapusta gł. biała
Bób	874 [102] 1982	35—484 [94] 1907
22—52 [49] 1989	25—509 [62] 1980	158—471 [39] 1967
Brokuł	Cykoria	612 [95] 1971
948—2315 [123] 1975	190—210 [83] 1980	1660—3620 [136] 1971
40—360 [83] 1980	Dynia	47—241 [139] 1972
606 [13] 1981	299 [39] 1967	783 [99] 1975
455—637 [60] 1986	299—459 [123] 1975	314—917 [123] 1975
Burak ćwikłowy	90 [83] 1980	184—1524 [34] 1978
924—8008 [94] 1907	3 [88] 1980	165 [68] 1979
1654 [39] 1967	26—2314 [69] 1984	301—813 [6] 1980
2300 [103] 1969	245—321 [27] 1986	11—81 [42] 1980
400—3500 [54] 1971	Endywia	830—880 [83] 1980
6890 [95] 1971	663 [99] 1975	230—850 [88] 1980
3010 [109] 1981	Fasola na nasiona	58—1142 [43] 1981
1654—3010 [123] 1975	61 [3] 1969	215—750 [110] 1981
236—473 [41] 1976	63—1213 [136] 1971	2274 [102] 1982
1643—2723 [34] 1978	Fasola szparagowa	193—1058 [118] 1982
600 [68] 1979	44—660 [94] 1907	210—1180 [50] 1983
390—956 [6] 1980	273 [39] 1967	46—165 [79] 1983
188—476 [42] 1980	297—406 * [7] 1972	2575 [53] 1985
4800—5910 [83] 1980	35 [68] 1979	200 [1] 1986
630—6800 [88] 1980	930—770 [83] 1980	662—1763 [27] 1986
416—1200 [110] 1981	80—95 [88] 1980	3042—9690 * [106] 1988
1956 [102] 1982	938 [23] 1983	Kapusta brukselska
2196 [131] 1982	35—100 [79] 1983	73—76 [34] 1978
3611*1 [23] 1983	Groch zielony	390—490 [83] 1980
373—600 [79] 1983	44—57 [94] 1907	19—33 [90] 1981
418—713 [81] 1984	26 [68] 1979	22 [102] 1982
624—2489 [27] 1986	3—6 [83] 1980	0—140 [61] 1989
1014—3544 [75] 1986	25—31 [27] 1986	Kapusta gł. czerwona
Cebula	Grzyby	670—900 [83] 1980
18—836 [94] 1907	63 [99] 1975	540 [88] 1980
18—312 [39] 1967	4—10 [88] 1980	Kapusta włoska
308—513 [135] 1971	Kalafior	1257 [3] 1969
62—179 [123] 1975	53 [39] 1967	100—5530 [34] 1978
14 [68] 1979	389—830 [135] 1971	1280—1410 [83] 1980
68—93 [83] 1980	53—2000 [123] 1975	Koper
4—7 [88] 1980	140—202 [34] 1978	1157 [131] 1982
363—550 [110] 1981	240—290 [83] 1980	Kukurydza
11—52 [79] 1983	28—115 [88] 1980	26 [83] 1980
90—134 [27] 1986	104—740 [118] 1982	11—15 [88] 1980

c.d. tabeli 1

Marchew		Papryka		c.d. rzodkiewka	
40—88	[94] 1907	110—352	[39] 1967	2400—3000	[99] 1975
18	[39] 1967	62—195	[123] 1975	4100—15400 *	[12] 1979
1557	[95] 1971	23—310	[83] 1980	218—4319	[43] 1981
187—2641	[136] 1971	24—42	[27] 1986	1923	[17] 1982
32—42	[139] 1972	Pietruszka		2609	[102] 1982
72	[99] 1975	6380	[95] 1971	1116	[131] 1982
18—337	[123] 1975	20—2982	[57] 1972	337—413	[79] 1983
22—40	[41] 1976	119	[34] 1978	7167	[10] 1987
154—247	[34] 1978	138 ³	[34] 1978	Sałata	
339	[67] 1978	1430—5850	[83] 1980	396—3520	[94] 1907
32	[68] 1979	40—4759	[43] 1981	488—893	[39] 1967
134—890	[6] 1980	459—577 *	[106] 1988	90—3517	[57] 1972
30—84	[42] 1980	Pomidor		1190—13940*	[138] 1972
543—710	[70] 1980	26—88	[94] 1907	397—1440	[139] 1972
1300—1470	[83] 1980	48—110	[39] 1967	1100—1400	[99] 1975
70—300	[88] 1980	126	[95] 1971	279—1210	[123] 1975
39—3339	[43] 1981	55—867	[134] 1971	1547—10203	[34] 1978
425—837	[110] 1981	71—89	[123] 1975	200—10600*	[12] 1979
65	[17] 1982	20	[68] 1979	170	[68] 1979
885 ⁵	[17] 1982	71—76	[83] 1980	2100—4040	[83] 1980
401—598	[92] 1982	13—26	[88] 1980	160—990	[88] 1980
551	[102] 1982	55	[102] 1982	204	[13] 1981
0—445	[118] 1982	16—112	[79] 1983	97—2267	[43] 1981
271	[23] 1983	43—53	[27] 1986	150—378	[79] 1983
160—1500	[30] 1983	Por		886—2489	[27] 1986
30—109	[72] 1983	1600	[103] 1969	Seler	
4—32	[79] 1983	103—244	[34] 1978	792—2860	[94] 1907
88—1840	[69] 1984	133 ³	[34] 1978	2014—2957	[39] 1967
7—1010	[81] 1984	1240—2430	[83] 1980	99—306	[139] 1972
332—7666 *	[125] 1985	104—2160	[43] 1981	1600—2670	[99] 1975
39—184	[27] 1986	Rabarbar		1001—2786	[123] 1975
199—300	[100] 1987	91	[68] 1979	107—115	[34] 1978
Oberżyna		1720—2660	[83] 1980	304 ³	[34] 1978
302	[99] 1975	270	[88] 1980	1100—11200*	[12] 1979
330	[88] 1980	3419	[131] 1982	535 ²	[68] 1979
Ogórek		Rzodkiew		1345—4920 ²	[119] 1979
611	[95] 1971	2200—6400	[7] 1972	1200—2500 ⁴	[83] 1980
188—2588 *	[136] 1971	402	[68] 1979	840—1470	[83] 1980
10—24	[139] 1972	4710—4880	[83] 1980	1500—3100	[88] 1980
24	[123] 1975	2000	[102] 1982	38—2564	[43] 1981
6—101	[48] 1976	1232	[131] 1982	1860	[13] 1981
377	[34] 1978	134—957	[81] 1984	Skorzonera	
77—163	[83] 1980	Rzodkiewka		730	[83] 1980
20—30	[88] 1980	528—3036	[94] 1907	Szczaw	
29—343	[43] 1981	1250—1734	[39] 1967	1320—1570	[83] 1980
463	[102] 1982	248—3107	[57] 1972	Szparag	
9—57	[26] 1983	9200—18260 *	[137] 1972	50	[123] 1975
25—80	[27] 1986	344—795	[139] 1972	0	[88] 1980

c.d. tabeli 1

Szpinak		Brokuł		Marchew	
308—3784	[94] 1907	0,4	[123] 1975	1,8—3,0	[139] 1972
238	[39] 1967	1,0—1,6	[60] 1986	0,6	[99] 1975
1410	[3] 1969	Burak ćwikłowy		0,8	[123] 1975
7920—38570 * ²	[14] 1970	0,9—2,0	[54] 1971	0,0—1,0	[43] 1981
2870—12170 * ⁴	[14] 1970	6,0	[123] 1975	1,5—6,2	[110] 1981
250—673	[40] 1970	1,6—3,6	[110] 1981	11,3 ⁵	[17] 1982
1100	[2] 1971	4,0 ¹	[23] 1983	0,1—3,8	[30] 1983
2480—6900	[54] 1971	0,1—0,7	[81] 1984	0,0—0,4	[81] 1984
236—2568 *	[7] 1972	8,4—10,5	[75] 1986	3,6—10,5 *	[125] 1985
77—2093	[57] 1972	Cebula		3,5—5,9	[100] 1987
117—193	[139] 1972	0,7	[123] 1975	Oberżyna	
273—673	[24] 1974	0,0—27,5	[110] 1981	0,5	[99] 1975
2220	[99] 1975	2,8—4,4	[75] 1986	Ogórek	
238—2397	[123] 1975	Cukinia		0,5—1,0	[139] 1972
923—3324	[34] 1978	0,0—0,8	[62] 1990	0,5	[123] 1975
524	[68] 1979	Cykoria		0,0—0,5	[43] 1981
3760—4700	[83] 1980	0,6	[99] 1975	Papryka	
720	[13] 1981	Dynia		0,7	[123] 1975
934	[17] 1982	0,7	[123] 1975	Pietruszka	
2310 ⁶	[17] 1982	Endywia		0,0—2,2	[57] 1972
235—1193	[118] 1982	0,5	[99] 1975	0,0—0,4	[43] 1981
1385	[23] 1983	Fasola na nasiona		4,3—4,9 *	[106] 1988
54—524	[79] 1983	0,3	[3] 1969	Pomidor	
5830	[1] 1986	Fasola szparagowa		1,3	[123] 1975
Ziemniak		0,9	[123] 1975	1,2—3,0	[75] 1986
40—106	[94] 1907	Groch zielony		Por	
70—110	[103] 1969	0,7	[123] 1975	0,0—1,6	[43] 1981
106	[95] 1971	Grzyby		Rzodkiew	
57—78	[135] 1971	0,8	[99] 1975	0,3—0,4	[81] 1984
7—362	[36] 1973	Kalafior		Rzodkiewka	
57—186	[123] 1975	1,1	[123] 1975	0,0—2,7	[57] 1972
82—786	[4] 1977	Kalarepa		2,3—3,7	[137] 1972
42	[68] 1979	0,8—2,6	[75] 1986	5,0—6,0	[139] 1972
75—135	[88] 1980	Kapusta gł. biała		0,2	[99] 1975
302—690	[110] 1981	3,0—8,7	[139] 1972	0,0—1,6	[43] 1981
31	[102] 1982	0,5	[123] 1975	0,4—3,2	[75] 1986
101—243	[118] 1982	0,0—0,9	[43] 1981	Salata	
45—132	[30] 1983	2,7—4,1	[110] 1981	0,0—1,7	[57] 1972
13—42	[79] 1983	0,2—4,2	[30] 1983	3,0—10,0	[139] 1972
160—250	[21] 1987	6,5—13,4 *	[106] 1988	0,3—0,4	[99] 1975
75—110	[22] 1987	Kapusta brukselska		0,4	[123] 1975
109—171	[100] 1987	1,3—2,7	[90] 1981	0,0—0,2	[43] 1981
		0,0—1,4	[61] 1989	0,4—2,5	[75] 1986
		Kapusta włoska		Seler	
		0,2	[3] 1969	1,0—6,2	[139] 1972
				0,4—0,5	[99] 1975
		Kukurydza		0,5	[123] 1975
		2,0	[123] 1975	0,0—0,6	[43] 1981
Azotyny					
Bób					
0,3—2,4	[49] 1989				

c.d. tabeli 1

Szparag		c.d. szpinak		Ziemniak \	
0,9	[123] 1975				
	Szpinak	3,0—7,0	[139] 1972	0,0—1,7	[36] 1973
1,6	[3] 1969	0,0—0,3	[24] 1974	0,4	[123] 1975
7,2	[2] 1971	0,3	[99] 1975	0,2—4,6	[30] 1983
0,5—0,6	[54] 1971	2,7	[123] 1975	0,2—0,8	[22] 1987
0,0—7,6	[57] 1972	3,0	[23] 1983	6,5—7,9	[100] 1987

* w suchej masie

1 botwina

2 ogonki

3 nać

4 liście

5 część środkowa

6 nerw główny

tanów należą bób, fasola nasienna, groch, kapusta brukselska, kukurydza, ogórek, papryka, pomidor i szparag [3, 27, 34, 42, 46, 48, 49, 61, 68, 83, 88, 123]. W odniesieniu do ogórków wykazano nawet, że ilość azotanów pozostawała na niskim poziomie przy wzroście nawożenia azotowego w zakresie 0—200 kg N/ha [34, 48]. Tę grupę warzyw uzupełnia Jarvan [42] o odmiany późne kapusty i marchwi. Do gatunków w znacznym stopniu magazynujących azotany powszechnie zalicza się burak ćwikłowy, kapustę odmian wczesnych, rzodkiewkę, sałatę, seler i szpinak [10, 27, 37, 42, 39, 41, 43, 57, 68, 83, 94, 110, 118, 123, 125, 135].

Gatunki nie wymienione wyżej, bądź zajmują pośrednie miejsce pod względem zdolności gromadzenia azotanów, bądź też przy nich uzyskiwano odmienne wyniki w różnych badaniach. Może to świadczyć o dużej wrażliwości tych warzyw na warunki środowiska, a tym samym o braku stabilności w gromadzeniu azotanów. Do średnio zasobnych w azotany można zaliczyć brokuł, cukinię, dynię, kalarepę i kapustę czerwoną [39, 60, 62, 69, 83, 94, 99, 102, 123]. Pozostaje dosyć liczna grupa warzyw, u których wykazana ilość azotanów dla tego samego gatunku, różni się nawet kilkusetkrotnie. Są to: cebula, fasola szparagowa, kalafior, kapusta biała i włoska, marchew, pietruszka, por, rabarbar i szczaw [7, 9, 27, 34, 39, 41, 43, 57, 68, 83, 94, 110, 118, 123, 125, 135].

Szereg autorów zwraca również uwagę na zróżnicowanie ilości azotanów pomiędzy odmianami: bobu [49], brokuła [60], brukselki [61], cukini [62], fasoli na suche nasiona [136], fasoli szparagowej [7], kalafiora [89], kapusty białej [136], marchwi [71, 136], papryki [93], pomidora [78], sałaty [108] i szpinaku [7, 24, 101]. Odmiennego zdania jest Dillier [15], który nie stwierdził zróżnicowania w ilości azotanów pomiędzy odmianami szpinaku.

W tej samej partii warzyw zasobność w azotany zależy od wielkości części użytkowej a nawet od poszczególnych elementów tej części. W kapuście brukselskiej wraz ze wzrostem wielkości główek rosła zawartość azotanów [61, 90], także wraz ze wzrostem długości owoców cukini zwiększała się w nich ilość azotanów [62], lecz w ogórku wykazano reakcję odwrotną [38]. A Hata [35] zwraca uwagę na fakt, że ziemniaki o tej samej masie miały podobną ilość azotanów.

W owocach ogórka [26] oraz w korzeniach buraka ćwikłowego, marchwi i bulwach ziemniaka [110] najwięcej azotanów miała skórka, zaś w szpinaku ogonki i nerw główny oraz blaszki liściowe bardziej pomarszczone w porównaniu do liści gładkich [14, 15, 16, 70, 85, 116, 127]. Również w walcu osiowym marchwi było więcej azotanów niż w całym korzeniu [98]. Według Pickstona [88] łodyga selera miała o połowę mniej azotanów niż liście. Tak więc niekoniecznie części przewodzące — łodygi, ogonki i nerwy wykazywały więcej azotanów niż części asymilujące — liście.

Ponadto trudno o jednoznaczne wnioski przy porównywaniu wyników, w których analizowano zewnętrzne liście i część konsumpcyjną sałaty i kapusty. Zewnętrzne liście sałaty (odrzućane) miały 8-krotnie mniej azotanów niż część konsumpcyjna, a kapusta czerwona w zewnętrznych liściach zawierała 5-krotnie więcej tych związków niż główka [88].

Oprócz wymienionych czynników znaczący wpływ na zawartość azotanów mają warunki środowiska oraz stosowane zabiegi agrotechniczne. Wykazano bowiem wyraźny wpływ warunków glebowych i klimatycznych na poziom azotanów w warzywach [34, 48, 60, 62, 69, 119, 122, 140]. Stwierdzone różnice w ilości azotanów w poszczególnych latach badań mogą być nawet dwudziestokrotne [34]. Obserwowano ponadto, że w tym samym rejonie klimatycznym czynnikiem różnicującym zasobność w azotany było miejsce uprawy [35, 36, 88, 118, 135].

Niektórzy autorzy określają również, dla poszczególnych gatunków warzyw, korzystniejszy odczyn gleby z racji mniejszej kumulacji azotanów. Dla pomidora była to gleba kwaśna [78] a dla sałaty gleba o odczynie obojętnym [73].

Aktualnie nie do końca jest wyjaśniony wpływ wilgotności gleby na zawartość azotanów. Augustin [4] podaje, że optymalny poziom nawadniania ogranicza przyrost azotanów nawet przy wysokich dawkach azotu, lecz Zalewski [135] nie obserwował zależności pomiędzy deszczowaniem a ilością azotanów w kalafiorze. W przypadku niewłaściwej wilgotności gleby następuje zakłócenie procesów zachodzących w roślinie. Przy niedosycie wody występuje zaburzenie fotosyntezy a także zwolnione jest tempo redukcji azotanów częściowo wskutek spadku aktywności reduktazy azotanowej. Powstają więc warunki sprzyjające nagromadzeniu się

azotanów. Z drugiej jednak strony niedobór wody w glebie może powodować osłabienie procesu nitryfikacji, co powinno prowadzić do zmniejszonego pobierania azotanów przez rośliny a w efekcie do ograniczenia ich kumulacji.

W ostatnich latach obserwuje się tendencję do powrotu tak zwanej „biodynamicznej” metody uprawy warzyw. W badaniach dotyczących zawartości azotanów w warzywach pochodzących z takich upraw wykazano, że ich ilość była generalnie niższa niż w warzywach pochodzących z tradycyjnej uprawy, chociaż w rzodkwi japońskiej więcej azotanów obserwowano z uprawy organicznej [84]. Odmiennego zdania jest Schuster [98], który wykazał, że zawartość azotanów z uprawy tradycyjnej i organicznej nie różniła się oraz Borisov [6], który stwierdził niską zawartość azotanów przy jednoczesnym stosowaniu w intensywnym płodozmianie warzywnym nawozów mineralnych, obornika oraz nawozów zielonych.

Kolejnym czynnikiem środowiska wywierającym wpływ na gromadzenie azotanów są warunki świetlne. Zmniejszenie intensywności światła lub skrócenie długości dnia powoduje wzrost poziomu azotanów w warzywach [8, 12, 19, 26, 34, 78, 83, 89]. Oddziaływanie światła na akumulację azotanów należy rozpatrywać przede wszystkim z punktu widzenia jego roli w fotosyntezie, gdyż proces redukcji azotanów pozostaje, między innymi w ścisłym związku z reakcją fotochemiczną zachodzącą w zielonych częściach roślin. W warunkach niedostatecznego oświetlenia zbyt niska zawartość węglowodanów może być czynnikiem ograniczającym szybkość redukcji azotanów. Również aktywność reduktazy azotanowej uzależniona jest od warunków oświetlenia. W ciemności aktywność tego enzymu znacznie spada a na świetle znacznie rośnie [79].

Niektórzy autorzy kładą akcent na porę dnia jako czynnika wywierającego wpływ na poziom azotanów. Im warzywa były później w ciągu dnia zbierane, tym zawierały mniej azotanów [7]. Należy przypuszczać, że zasadniczą rolę odgrywały tutaj warunki świetlne. Analiza zawartości azotanów w sałacie i szpinaku w zależności od pory dnia wykazała, że najwięcej tych związków było wczesnym rankiem (godz. 7,30), najmniej zaś przed południem (godz. 10,00). Następnie zawartość azotanów powoli rosła a po godzinie 13-tej obserwowano gwałtowny ich wzrost [64]. Natomiast Nabatova [79] twierdzi, że akumulacja azotanów obniża się od wschodu słońca do późnego popołudnia. Doświadczenie przeprowadzone przez Steingrovera [107] wykazało zmienną zawartość azotanów w liściach szpinaku w zależności od „ciemnej” lub „jasnej” nocy. Azotanów było mniej gdy przerywano noc oświetleniem. Również w badaniach Machackovej [64] oświetlenie roślin nocą przed zbiorem redukowało zawartość azotanów w sałacie o 12% i w szpinaku o 29%.

Spośród zabiegów agrotechnicznych najwięcej uwagi w literaturze jest poświęcone nawożeniu azotowemu. Stosowanie w uprawie warzyw wysokich dawek nawozów azotowych zarówno pochodzenia naturalnego jak i sztucznego powoduje nagromadzenie w częściach jadalnych znacznych ilości azotanów i azotynów [27, 43, 59, 74, 92, 117]. Jednak Augustin [4], Kmieciak [48] i Mazur [69] twierdzą, że nie jest to zależność liniowa.

Zwiększone nawożenie azotowe powodowało wzrost ilości azotanów w brokule, buraku ćwikłowym, dynii, fasoli szparagowej, kalafiorze, marchwi, ogórku, rzodkiewce, rzodkwi, sałacie i szpinaku [4, 8, 11, 19, 24, 26, 40, 41, 43, 48, 51, 54, 55, 70, 71, 74, 86, 92, 104, 126]. Można znaleźć również opracowania, w których nie wykazano wzrostu ilości azotanów pod wpływem zwiększonego nawożenia azotowego. Prace te dotyczyły uprawy cebuli, fasoli szparagowej, kapusty białej, marchwi, pomidora i pora [7, 27, 29, 34, 50, 134, 135, 136].

W normalnych warunkach nawożenia, gdy azot stosowany jest przed siewem, względnie gdy okres między jego wprowadzeniem do gleby a zbiorem roślin jest odpowiednio długi, występowanie dużych ilości azotanów w roślinach jest zjawiskiem przejściowym. Oznacza to, że akumulacja azotu azotanowego jest w takich warunkach okresowa a potem zawartość tego składnika zaczyna spadać tak, że w okresie zbiorów można znaleźć tylko niewielkie ilości azotanów w roślinie. Jeśli jednak nadal środowisko jest zasobne w azot azotanowy, wówczas stężenie azotanów w roślinie pozostaje wysokie [69, 74, 102].

Poza tym, pewien poziom nawożenia azotem, różny dla różnych gatunków i warunków uprawy, nie powoduje zwiększania ilości azotanów i dopiero przekroczenie tego progu wywołuje ich wzrost. W badaniach Iarvana [41] nawożenie marchwi azotem w zakresie 0—180 kg N/ha nie powodowało zwiększenia ilości azotanów a w badaniach Hansena [34] był to przedział 0—400 kg. Zalewski [136] i Michalik [72] obserwowali kumulowanie azotanów w marchwi dopiero przy nawożeniu odpowiednio 600 i 700 kg/ha.

Liczne opracowania zwracają uwagę nie tylko na wysokość nawożenia azotowego lecz również na formę nawozu [19, 24, 59, 78, 126]. Borisov [6] i Vulsteke [119] obserwowali zwiększenie zawartości azotanów w przypadku stosowania saletry sodowej, a Lin [59] przy stosowaniu mocznika. Natomiast saletra amonowa i wapniowa niezależnie od wysokości dawki nie dawały wzrostu poziomu azotanów w warzywach. Borisov [6] i Michalik [70] twierdzą, że generalnie forma amonowa jest korzystniejsza niż azotanowa.

Istotnym wydaje się być również sposób nawożenia. Janicki [40], Miyszaki [78] i Vulsteke [119] uważają, że dawka nawozu azotowego po-

winna być dzielona na część przedsięwną i pogłówną, gdyż taki sposób postępowania zapobiega kumulowaniu azotanów. Peck [86] jest jednak zdania, że zwiększona dawka nawozów azotowych niezależnie od formy azotu i terminu stosowania powoduje wzrost ilości azotanów w korzeniach, liściach i ogonkach liściowych warzyw.

Niezbędne jest zwrócenie uwagi na racjonalne nawożenie pozostałymi składnikami: fosforem, potasem, wapniem i magnezem. Właściwie dostosowane ilościowo i jakościowo nawożenie fosforowo-potasowe dla każdego gatunku, nawet przy wyższych dawkach azotu obniża zawartość azotanów w warzywach [12, 70, 78, 97, 117, 133].

Reakcja warzyw na nawożenie mikroelementami nie jest jednakowa. Zalewski [137] wykazał obniżenie ilości azotanów w rzodkiewce pod wpływem nawożenia tymi składnikami, a Michalik [72] obserwowała odwrotną reakcję w marchwi. Do mikroelementów o szczególnym znaczeniu należy molibden. Jest on składnikiem reduktazy azotanowej. Niedobór molibdenu w glebie wpływa na wzrost zawartości azotanów w roślinach [28]. Obserwacje te potwierdził Zalewski [136] wykazując obniżenie ilości azotanów w marchwi nawożonej molibdenem.

Zdaniem Hansena [34] skład jakościowy warzyw ulega zmianie pod wpływem nawożenia azotowego. Jednakże zmiany te mogą być mniejsze niż zmienności występujące pod wpływem innych czynników wzrostu. Autor ten stwierdził, że przy opracowywaniu schematu nawożenia warzyw nie należy uważać zawartości azotanów w świeżych warzywach jako czynnika podstawowego, gdyż składniki pokarmowe dla rośliny powinny być dostarczone w takich ilościach aby uzyskać najlepszy wynik produkcyjny pod względem wysokości i jakości plonu oraz jego opłacalności. Już to samo zapobiegnie nadmiernemu stosowaniu azotu. Hansen [34] uprawiając 19 gatunków warzyw wykazał, że ich skład chemiczny nie uległ istotnej zmianie pod wpływem nawożenia azotowego w porównaniu do składu warzyw uprawianych bez nawożenia azotem. Opinię tę potwierdza Borisov [6], który podaje, że podstawowym warunkiem regulowania zawartości azotanów jest stosowanie pełnego nawożenia przy optymalnych proporcjach między składnikami NPK, w odniesieniu do poszczególnych gatunków i odmian warzyw.

Na zawartość azotanów w warzywach ma również wpływ zaawansowanie wegetacji rośliny. Najwyższe stężenie azotanów jest wykrywane we wczesnych stadiach rozwojowych, należy to wiązać z niską w tym okresie zawartością węglowodanów, które są głównym źródłem energii dla procesów redukcji azotanów a w dalszej kolejności do procesu wbudowywania azotu do aminokwasów [111].

Na ogół w miarę upływu sezonu wegetacyjnego zawartość azotanów malała w bobie [49], cukini [62], dyni [69], facoli szparagowej [7], kala-

fiorze [89], kapuście [25, 42], marchwi [25, 42, 69, 92], ogórku [26, 38, 48], pomidorze i rzodkiewce [137] oraz porze [50]. Nie zawsze jednak opóźnienie terminu zbioru powodowało zmniejszenie zawartości azotanów. W niektórych próbach obserwowano wręcz odwrotną reakcję [71, 127, 136].

Badania zawartości azotanów w warzywach z placówek handlowych z terenu Krakowa wykazały, że warzywa z uprawy letniej miały więcej tych związków niż z uprawy jesiennej [139]. Podobne wyniki uzyskał Hansen [34]. Kapusta biała uprawiana w sezonie wiosenno-letnim zawierała 5—7-krotnie więcej azotanów niż z uprawy jesienno-zimowej.

Zestawienia zawartości azotanów wykonane przez różnych autorów nie pozwalają na jednoznaczne stwierdzenie czy w okresie naszego stulecia w miarę upływu lat zawartość azotanów rośnie czy nie. Yakovleva [131] uważa, że taki wzrost w miarę upływu lat miał miejsce. Natomiast inne opracowania [39, 130] podają, że zwiększenie zawartości azotanów było stosunkowo małe w porównaniu do wielokrotnego zwiększenia ilości stosowanych nawozów. Również liczby określające zawartość azotanów i azotynów w warzywach podane w tabeli 1 nie pozwalają na stwierdzenie, że ilość tych związków uległa znacznemu wzrostowi.

Przedstawiona literatura nie pozwala na jasne wyodrębnienie wszystkich przyczyn, które są powodem gromadzenia się wysokich ilości azotanów i azotynów w warzywach. Można jednak stwierdzić, że nadmierne ich kumulowanie ogranicza pełne nawożenie organiczno-mineralne, przy optymalnych proporcjach między wszystkimi składnikami, z uwzględnieniem wymagań poszczególnych gatunków i odmian. Szczególnie bacznej uwagi wymaga nawożenie azotem. Korzystniejsze są formy amonowe niż azotanowe tego nawozu, stosowane nie później niż kilka tygodni przed rozpoczęciem zbiorów, a w przypadku warzyw o krótkim okresie wegetacji nawet pominięcie nawożenia pogłównego. Ponadto poziom nawożenia pogłównego powinien być uzależniony od wilgotności gleby. Również uprawa warzyw na glebach o odczynie odpowiadającym ich wymaganiom przyczynia się do obniżenia w nich stężenia azotanów. Obniżenie zawartości azotanów można także osiągnąć poprzez zbiór warzyw dojrzałych z wykształconymi częściami konsumpcyjnymi, przeprowadzony przy słonecznej pogodzie. Ważnym elementem ograniczającym zasobność warzyw w azotany i azotyny może być hodowla nowych odmian nie wykazujących tendencji do kumulowania tych związków.

LITERATURA

1. A b o - B a k r T.M. i in.: Alexandria Sci. Exch. 4, 515—528, 1986.
2. A c h t z e h n M.K., H a w a t H.: Nahrung. 7, 787—796, 1971.
3. A d r i a a n s e A., R o b b e r s J.E.: J. Sci. Food Agric. 6, 321—325, 1969.
4. A u g u s t i n J. i in.: Amer. Potato J. 4, 125—136, 1977.

5. Aworh O.C. i in.: *J. Food Sci.* 3, 496—498, 1980.
6. Borisov V.A.: *Kartof. Ovoš.* 7, 22—23, 1980.
7. Cantliffe D.J.: *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 3, 414—419, 1972.
8. Cantliffe D.J.: *Agron. J.* 4, 563—565, 1973.
9. Carlsson R.: *Proc. 6th Int. Cong. Food Sci. Technol.* 1, 37—38, 1983.
10. Cattanco P., Arlotti G.: *Arch. Vet. Italiano.* 1/2, 51—59, 1987.
11. Celikovskiy J., Smotlacha M.: *Prum. Potr.* 6, 314—315, 1976.
12. Chvoščeva B.J.: *Dostiž. Nauki Pered. Opyt Sel. Choz. ser. 1, Zemled. Rast.-Vod.* 11, 8—14, 1979.
13. Corsi I. i in.: *Riv. Soc. Italiana Sci. Alim.* 5, 317—320, 1981.
14. Dillier A., Heierli W.: *Ind. Obst-u. Gemüsewert.* 1, 11—12, 1970.
15. Dillier A., Heierli W.: *Ind. Obst-u. Gemüsewert.* 11, 316—318, 1971.
16. Eerola M. i in.: *Acta Agric. Scandinavica.* 3, 286—290, 1974.
17. El-Assaf Z. i in.: *Ann. Falsif. Expert. Chim.* 804, 29—34, 1982.
18. Evaluation of Certain Food Additives Eighteenth Raport of the Joint FAO/WHO Export Commitee on Food Additives, Roma 1974.
19. Fritz D., Venter F.: *Proc. XIX Int. Hort. Congr. Warszawa*, 1B, 685, 1974.
20. Gajewska R. i in.: *Roczn. PZH*, 3, 186—192, 1988.
21. Gałomon T. i in.: *Roczn. PZH*, 1, 75—81, 1987.
22. Gałomon T. i in.: *Roczn. PZH*, 3, 279—286, 1987.
23. Garcia-Olmedo R. i in.: *Ann. Bromat.* 1, 141—145, 1983.
24. Gawęcka J.: *Bromat. Chem. Toksykol.* 1, 27—35, 1974.
25. Geyer B.: *Arch. Gartenbau.* 1, 1—13, 1978.
26. Gluncov N.M., Skvorcova N.K.: *Chim. Sel. Choz.* 9, 61—63, 1983.
27. Gonczarenko W.E. i in.: *Agrochimija*, 6, 67—72, 1986.
28. Gorlach E., Gorlach K.: *Acta Agric. et Silv. s. Agr.* 1, 29—41, 1969.
29. Görlitz H. i in.: *Dtsch. Landwirtsch.* 4, 168—173, 1967.
30. Grobelna M i in.: *Roczn. PZH*, 5—6, 481—486, 1983.
31. Gronowska-Senger A.: *Mat. I Ogólnopol. Konfer. Nauk.-Techn. „Zdrowa Żywność” Szczecin cz. II* 358—364, 1987.
32. Guingamp M.F., Linden G.: *Lait*, 663/634, 425—442, 1983.
33. Guo N., Wenmin Z.: *Chin. J. Prev. Hed.* 3, 144—148, 1987.
34. Hansen H.: *Qual. Plant.-Pl. Fds. Hum. Nutr.* 1, 45—63, 1978.
35. Hata A., Ogata K.: *J. Japan. Soc. Food Nutr.* 6, 345—349, 1971.
36. Heisler E.G. i in.: *J. Agric. Food Chem.* 6, 970—973, 1973.
37. Hiller A. i in.: *Bromat. Chem. Toksykol.* 1, 1—7, 1987.
38. Ivanova E.I. i in.: *Kartof. i Ovoš.* 12, 23—24, 1983.
39. Jackson W.A. i in.: *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* A5, 349—352, 1967.
40. Janicki J. i in.: *Roczn. WSR Poznań*, 10, 89—96, 1970.
41. Jarvan M.E.: *Kartof. i Ovoš.*: 10, 30—31, 1976.
42. Jarvan M.E.: *Chim. Sel. Choz.* 10, 27—29, 1980.
43. Karłowski K., Bojewski J.: *Roczn. PZH*, 5—6, 407—412, 1981.
44. Karłowski K., Bojewski J.: *Roczn. PZH*, 1, 41—46, 1983.
45. Karłowski K., Bojewski J.: *Roczn. PZH*, 5, 411—416, 1984.
46. Kenny T.A., Walshe P.E.: *Ireland J. Agric. Res.* 3, 349—355, 1975.
47. Kłosińska J. i in.: *Mat. Symp. nt. „Wartość odżywcza i zdrowotna żywności oraz żywienie w profilaktyce”. Sekcja Bromat. PTFarm. Poznań*, 23—24, 1988.
48. Kmieciak W.: *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, s. Rozprawy 45, 94, 1976.
49. Kmieciak W. i in.: *Bromat. Chem. Toksykol.* (w druku), 1989.

50. Kołota E.: Roczn. Nauk Roln. s. A, 4, 109—121, 1973.
51. Kołota E.: Ogrodnictwo 4, 95—97, 1981.
52. Kopecky A., Blattna J.: Čs. Hyg. 10, 540—544, 1983.
53. Lange H.J.: Fleischwirtschaft, 9, 1051—1052, 1985.
54. Lee C.Y. i in.: J. Sci. Food. Agric. 2, 90—92, 1971.
55. Lee C.Y. i in.: New York's Food and Life Sci. 1, 8—9, 1972.
56. Lee E.H. i in.: Bull. Korean Fisher. Soc. 2, 147—153, 1982.
57. Lemieszek-Chodorowska K.: Roczn. PZH, 23, 549—555, 1972.
58. Lemieszek-Chodorowska K.: Roczn. PZH, 6, 567—570, 1979.
59. Lin I.K., Yen I.Y.: Food Cosmet. Toxicol 6, 597—603, 1980.
60. Lisiewska Z.: Bromat. Chem. Toksykol. 3, 156—160, 1986.
61. Lisiewska Z., Kmiecik W.: Bromat. Chem. Toksykol. (w druku), 1989.
62. Lisiewska Z., Kmiecik W.: Bromat. Chem. Toksykol. (w druku), 1990.
63. List of Additives Evaluated for their safety-in-use in Food. CAC/FAL 1, 1973.
64. Machackova I. i in.: Rostlin. Vyrobn. 11, 1151—1155, 1985.
65. Majchrzak D.: Żyw. Czł. Met. 4, 298—304, 1985.
66. Majchrzak D.: Mat. Symp. nt. „Wartość odżywcza i zdrowotna żywności oraz żywienie w profilaktyce”. Sekcja Bromat. PTFarm Poznań, 15—16.09.1988, 55—56.
67. Mari T., Binder I.: Hutoepar, 1, 7—9, 1978.
68. Maynard D.N., Barker A.V.: Acta Hort. 93, 153—163, 1979.
69. Mazur Z., Krzysik K.: Przem. Ferm. Owoc.-Warzywn. 4, 22—26, 1984.
70. Michalik H.: Owoce, Warzywa, Kwiaty, 24, 11—12, 1980.
71. Michalik H. i in.: Roczn. PZH, 5, 471—478, 1980.
72. Michalik H., Bąkowski J.: Owoce. Warzywa, Kwiaty, 13, 10—13, 1983.
73. Michalik H., Borkowski J.: Ogrodnictwo, 7, 12—14, 1983.
74. Michalik H., Szwonek E.: Ogrodnictwo, 10, 18—29, 1986.
75. Międzobrodzka A. i in.: Zesz. Nauk. AGH, 21, 131—139, 1986.
76. Międzobrodzka A., Heród T.: Mat. Symp. nt. „Wartość odżywcza i zdrowotna żywności oraz żywienie w profilaktyce”. Sekcja Bromat. PTFarm. Poznań, 44—45, 15—16.09.1988.
77. Miśkiewicz W.: Farm. Polska. 9, 351—355, 1982.
78. Miyszaki M.: Sci. Hort. 2, 109—128, 1975.
79. Nabatova T.A.: Sel. Choz. Rubeż. 4, 20—23, 1983.
80. Nabatova T.A.: Sel. Choz. Rubeż. 3, 6—9, 1983.
81. Nabrzyski M., Gajewska R.: Roczn. PZH, 6, 533—542, 1984.
82. Nikonorov M.: Roczn. PZH, 1—2, 1—18, 1982.
83. Gemüse, 12, 401, 1980.
84. Oji Y. i in.: Sci. Repor. Facul. Agric., Kobe Univer. 1, 291—296, 1984.
85. Olday F.C. i in.: J. Amer. Soc. Hort. Sci. 3, 217—219, 1976.
86. Peck N.H. i in.: Agron. J. 1, 130—132, 1971.
87. Phillips W.E.J.: J. Inst. Can. Technol. Alim. 1, 98—101, 1968.
88. Pickston L. i in.: Food Technol. New. Zealand, 2, 11, 1980.
89. Pimpinini F. i in.: Landw. Forsch. 4, 363—370, 1970.
90. Pogorzelski E. i in.: Przem. Ferm. Owoc.-Warzywn. 5—6, 42—43, 1981.
91. Przybyłowski P., Kiszka J.: Przem. Spoż. 2, 79—81, 1983.
92. Räber F., Künsch U.: Ind. Obst-u. Gemüseverwert. 1, 5—9, 1982.
93. Raikova L. i in.: Rastaniev „Dni Nauki”, 12, 29—34, 1987.
94. Richardson W.D.: J. Amer. Chem. Soc. 29, 1757—1767, 1907.
95. Rooma M.J.: Gig. Sanit. 6/8, 46—50, 1971.

96. Roorda van Eysinga J.P.N.L.: *Acta Hort.* 145, 251—256, 1984.
97. Schuphan W., Hentschel H.: *Ernährungs-Umschan*, 5, 197—200, 1970.
98. Schuster B.E., Lee K.: *J. Food Sci.* 6, 1632—1636, 1987.
99. Siciliano J. i in.: *J. Agric. Food Chem.* 3, 461—464, 1975.
100. Sikora E.: *Oddz. Technologii Żywności*, praca doktorska, AR w Krakowie, 1987.
101. Sistrunk W.A., Cash J.N.: *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 3, 307—309, 1975.
102. Smirnov P.M. i in.: *Chim. Sel. Choz.* 2, 16—19, 1982.
103. Soboleva E.A.: *Vopr. Pitan.* 5, 63—66, 1969.
104. Sohler Y. i in.: *Ann. Nutr. Alim.* 5/6, 689—694, 1976.
105. Stasiak A., Wilska - Jeszka J.: *Przem. Ferm. Owoc.-Warzywn.* 5, 17—19, 1983.
106. Stasiak A., Wilska - Jeszka J.: *Przem. Spoż.* 1, 12—14, 1988.
107. Steingrover E. i in.: *Physiol. Plant.* 3, 557—562, 1986.
108. Subramanya R. i in.: *Hort. Sci.* 4, 525—526, 1980.
109. Szponar L. i in.: *Polski Tyg. Lek.* 33, 1279—1282, 1981.
110. Szponar L. i in.: *Roczn. PZH*, 2, 129—135, 1981.
111. Szponar L., Kierzkowska E.: *Żyw. Czł.* 3—4, 103—110, 1982.
112. Szponar L. i in.: *Roczn. PZH*, 4, 317—322, 1984.
113. Świątkowska A., Gockowska Z.: *Polski Tyg. Lek.* 33, 1273—1274, 1981.
114. The health effects of nitrate, and N-nitroso compounds. Part 1 of a 2-part study by the Committes on Nitrate and Alternative Curing Agents in Food. *Assemb. Life Sci. National Academy Press. Washington D.C.* 1981.
115. Tyszkiewicz I.: *Przem. Spoż.* 10, 288—291, 1988.
116. Venter F.: *Ind. Obst-u. Gemüseverwert.* 5, 117—120, 1978.
117. Venter F.: *Gartenbauwiss.* 1, 9—12, 1983.
118. Vilnerova D.: *Čs. Hyg.* 10, 543—546, 1982.
119. Vulsteke G.: *Acta Hort.* 93, 187—195, 1979.
120. Walker R.: *J. Sci. food Agric.* 26, 1735—1742, 1975.
121. Wardas W. i in.: *Roczn. PZH*, 3, 211—215, 1981.
122. Warzecha A., Siwicka H.: *Mat. I Ogólnopol. Konf. Nauk.-Techn. „Zdrowa Żywność” Szczecin, październik 1987, cz. II*, 256—269.
123. White J.W.: *J. Agric. Food Chem.* 23, 886—891, 1975.
124. Więckowska E. i in.: *Bromat. Chem. Toksykol.* 2, 121—124, 1981.
125. Wilska - Jeszka J. i in.: *Przem. Ferm. Owoc.-Warzywn.* 3, 22—24, 1985.
126. Wistingh'a'usen E.V., Richter M.: *Rev. Facul. Agron., Uniwer. Buenos Aires*, 2, 123—134, 1983.
127. Wolff R.: *Ann. Nutr. Alim.* 5/6, 695—699, 1976.
128. Wootton M. i in.: *J. Sci. Food Agric.* 4, 297—304, 1985.
129. Wrześniowska K.: *Roczn. PZH*, 1, 17—21, 1986.
130. Występowanie azotanów w warzywach i ziemniakach, *Przem. Spoż.* 1, 22, 1986.
131. Yakovleva E.S. i in.: *Inst. Toimet.* 537, 133—136, 1982.
132. Zakrzewski E. i in.: *Przem. Spoż.* 8, 300—303, 1984.
133. Zalewski W.: *Bromat. Chem. Toksykol.* 1, 53—61, 1970.
134. Zalewski W.: *Bromat. Ctem. Toksykol.* 3, 347—357, 1971.
135. Zalewski W.: *Bromat. Chem. Toksykol.* 4, 399—405, 1971.
136. Zalewski W.: *Bromat. Chem. Toksykol.* 4, 407—416, 1971.
137. Zalewski W.: *Bromat. Chem. Toksykol.* 1, 17—26, 1972.
138. Zalewski W.: *Bromat. Chem. Toksykol.* 2, 141—145, 1972.
139. Zborowska Z.: *Zesz. Nauk. WSE w Krakowie*, 55, 55—95, 1972.
140. Żukowska E.: *Wydz. Ogrodn. AR w Krakowie (praca doktorska)*, 1986.