



MINISTERSTWO
**ROLNICTWA
I ROZWOJU WSI**



OCENA STANU ODŻYWIENIA ROŚLIN W GOSPODARSTWACH EKOLOGICZNYCH

Autorzy:

Dr inż. Natalia Skubij¹

Dr Waldemar Kowalczyk²

¹Zakład Uprawy i Nawożenia Roślin Ogrodniczych,
Pracownia Uprawy Warzyw i Grzybów Jadalnych;

²Laboratorium Analiz Chemicznych.

Opracowanie przygotowane w Instytucie Ogrodnictwa – PIB
w ramach zadania celowego nr 7.2. „**Opracowanie technologii produkcji warzyw
i grzybów jadalnych w systemie ekologicznym**”

finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi

Skierniewice 2021

Spis treści

1. Wprowadzenie.....	3
2. Cel badań.....	3
3. Materiał i Metody badań.....	3
4. Wyniki badań	4
4.1. Ogórek.....	4
4.2. Brokuł.....	8
5. Podsumowanie.....	15

1. Wprowadzenie

Jednym z podstawowych warunków umożliwiających prawidłowy wzrost i rozwój roślin jest zasobność gleby w składniki pokarmowe. Ilość poszczególnych pierwiastków oraz ich dostępność dla roślin uwarunkowana jest od wielu czynników m.in.: właściwości gleby, przebiegu warunków pogody czy stosowanymi zabiegami agrotechnicznymi jak uprawa roli, zmianowanie roślin, nawadnianie czy nawożenie plantacji. W systemie ekologicznej produkcji warzyw składniki pokarmowe dostarczane są roślinom z nawozów naturalnych, organicznych i zielonych oraz jako pozostałości upraw następczych po sobie w zaplanowanym płodozmianie. Wszelkie zmiany zasobności środowiska glebowego w makro- i mikroskładniki powodują występowanie zaburzeń fizjologicznych (chorób nieinfekcyjnych) roślin, doprowadzając w konsekwencji do spadku jakości i wielkości plonowania prowadzonej uprawy. Jednym z możliwych sposobów zapobiegania takiej sytuacji jest wykonywanie analizy gleby (pozwalającej na skontrolowanie zasobności gleby w składniki mineralne) oraz analizy roślin (informującej o aktualnym stanie ich odżywienia). Obie analizy służą sprawdzeniu czy potrzeby pokarmowe roślin w kolejnych fazach rozwojowych są zaspokojone oraz czy zastosowane przedwegetacyjne dawki nawozów były właściwe. W przypadku niedoboru składników pokarmowych przeprowadzanie analizy składu mineralnego gleby i liści pozwala na ustalenie wielkości nawożenia uzupełniającego.

2. Cel badań:

Celem przeprowadzonych badań była ocena stanu odżywienia ekologicznych plantacji ogórka i brokułu zlokalizowanych na terenie województwa lubelskiego, łódzkiego oraz podkarpackiego.

Przedmiotem badań była:

- ocena składu mineralnego (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, B) roślin w czasie wegetacji;
- analiza gleby spod prowadzonej uprawy gatunku na zawartość makro- i mikroskładników, a także pH oraz stężenie soli;
- analiza zawartości węgla organicznego w glebie;
- wizualna ocena plantacji pod kątem potencjalnego niedoboru lub nadmiaru składników mineralnych w roślinach.

3. Materiał i Metody badań

Badania oceny stanu odżywienia upraw przeprowadzono w roku 2021 w gospodarstwach ekologicznych zlokalizowanych na terenie trzech województw lubelskiego (w powiecie biłgorajski, lubartowski, łęczyński, puławski), podkarpackiego (w powiecie lubaczowskim, mieleckim, przeworskim) oraz łódzkiego (w powiecie skierniewickim i łowickim). Przedmiotem badań była ekologiczna uprawa dwóch gatunków warzyw: ogórka oraz brokułu. Materiał badawczy stanowiły liście analizowanych gatunków, które zostały pobrane w różnych etapach rozwojowych roślin (dla ogórka w fazie początkowego owocowania oraz w fazie pełni owocowania; dla brokułu w fazie początkowej wegetacji roślin, w fazie tworzenia róży oraz w fazie pełnej wykształconej róży), a także

gleba spod prowadzonej uprawy obu gatunków warzyw (pobierana w tych samych terminach, z głębokości 0-20 cm warstwy ornej).

W trakcie wizyty w poszczególnych gospodarstwach ekologicznych przeprowadzony został wywiad informacyjny z rolnikiem odnośnie prowadzonej agrotechniki uprawy. Dokonano również oceny wizualnej plantacji pod kątem występowania niedoboru lub nadmiaru składników pokarmowych w roślinach.

Każdorazowo w pobranym materiale wykonywano analizę laboratoryjną składu mineralnego liści. Liście wysuszono w temperaturze 60°C, a następnie zmielono. Zawartość P, K, Ca, Mg oraz mikroelementów (Cu, Fe, Mn, Zn, B) oznaczano w materiale roślinnym zmineralizowanym na mokro w silnej mieszaninie kwasów HNO₃ i HClO₄. Zawartość K, Ca i Mg, a także mikroskładników oznaczono metodą spektrofotometryczną z wykorzystaniem sekwencyjnego spektrometru emisyjnego z plazmą sprzężoną indukcyjnie (model ICP Perkin-Elmer Optima 2000 DV, Boston, MA, USA).

Oznaczenie zawartości: azotu azotanowego, fosforu, potasu, wapnia i magnezu w glebie wykonano w wyciągu 0,03 M CH₃COOH, z dodatkiem węgla aktywnego, przy stosunku roztworu do podłoża 1:10 stosując metodę uniwersalną wg Nowosielskiego (1988). W glebie oznaczono także: odczyn (pH_{H2O}) - potencjometrycznie, stężenie soli - konduktometrycznie. Zawartość węgla organicznego oznaczono metodą Dumasa (analizatorem elementarnym Eltra CS 500, Niemcy). Przeprowadzone oznaczenia chemiczne roślin oraz gleby wykonano w Laboratorium Analiz Chemicznych, Instytutu Ogrodnictwa-PIB w Skierniewicach.

4. Wyniki badań

4.1. Ogórek

Wyniki analizy składu mineralnego liści ogórka pozyskiwanych w różnych fazach rozwojowych przedstawiono w tabelach 1 i 2. Ogórek to warzywo wytwarzające dużą masę liści i owoców. Posiada dobrze rozwinięty, ale płytki system korzeniowy. Korzysta ze składników pokarmowych znajdujących się głównie w warstwie ornej do 25 cm. Jego wymagania pokarmowe są duże, jednakże nie są równoznaczne z jego potrzebami nawozowymi, które są znacznie wyższe. W uprawie ogórka kluczowym składnikiem, którego deficyt może uniemożliwić uzyskanie dobrego plonu jest azot. W badanych próbkach stwierdzono względem poszczególnych faz rozwojowych porównywalną zawartość tego składnika w strukturach tkankowych liści. W fazie rozpoczęcia owocowania roślin ilość N mieściła się w zakresie od 2,34 do 4,54 % s.m., natomiast w fazie pełnego owocowania wyniosła od 2,46 do 4,48 % s.m.

Znaczący wpływ na uprawę ogórka ma również potas, który jest pierwiastkiem regulującym gospodarkę wodną roślin. W czterech z badanych prób liści analiza wykazała wzrost zawartości potasu u roślin będących w fazie pełnego owocowania, średnio od 1700 do 26900 mg·kg⁻¹ s.m. względem fazy rozpoczęcia owocowania. W pozostałych próbkach odnotowano spadek zawartości potasu od 800 do 3600 mg·kg⁻¹ s.m.

Tabela 1. Ocena zawartości makroskładników w liściach ogórka uprawianego na plantacjach ekologicznych na terenach różnych województw.

województwo	powiat	N		P		K		Ca		Mg	
		% s.m.		mg·kg ⁻¹ s.m.							
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
lubelskie	łęczyński	3,82	4,48	2460	4480	36800	38500	74200	26300	4600	4850
	lubartowski	3,76	3,47	6430	5970	33300	31200	38200	36000	10400	10200
	puławski	3,74	3,57	3910	3700	34600	50400	28500	38700	5920	3770
średnia dla województwa		3,77	3,84	4267	4717	34900	40033	46967	33667	6973	6273
łódzkie	skierniewicki	2,34	3,66	7740	7210	23800	50700	63300	6290	10600	3570
	łowicki	3,58	2,46	4110	3540	36300	32700	38900	23900	6320	3610
średnia dla województwa		2,96	3,06	5925	5375	30050	41700	51100	15095	8460	3590
podkarpackie	mielecki	4,54	3,56	3880	5440	41600	50000	22400	7020	4920	3600
	przeworski	4,44	4,43	4410	4400	36700	35900	34900	26700	5460	4650
średnia dla województwa		4,49	4,00	4145	4920	39150	42950	28650	16860	5190	4125
średnia dla fazy rozwojowej		3,74	3,65	4728	4975	34720	41408	42712	23053	6884	4824

I - faza początkowego owocowania, **II** - faza pełni owocowania ogórka.

Tabela 2. Ocena zawartości mikroskładników w liściach ogórka uprawianego na plantacjach ekologicznych na obszarach różnych województw.

województwo	powiat	Fe		Mn		Cu		Zn		B	
		mg·kg ⁻¹ s.m.									
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
lubelskie	łęczyński	726	933	180	163	9,38	54,2	40,3	93,8	35,1	47,4
	lubartowski	1360	1620	86,4	104	12,5	13,1	30,0	32,9	55,2	49,2
	puławski	2550	453	146	412	16,2	9,23	83,7	30,2	46,2	48,5
średnia dla województwa		1545	1002	137,5	226	12,7	25,5	51,3	52,3	45,5	48,4
łódzkie	skierniewicki	480	1140	37,3	44,8	565	15,7	52,2	39,5	26,3	44,2
	łowicki	1020	251	84,9	18,9	10,6	14,8	13,8	26,8	31,0	42,3
średnia dla województwa		750	695,5	61,1	31,8	287,8	15,2	33	33,1	28,6	43,2
podkarpackie	mielecki	750	610	190	40,9	42,1	11,6	49,8	40,6	26,1	47,5
	przeworski	425	1260	92,9	138	37,8	22,1	37,1	36,7	102,0	61,1
średnia dla województwa		587,5	935	141,4	89,4	39,9	16,8	43,4	38,6	64,0	54,3
średnia dla fazy rozwojowej		1019,4	890	115,8	126,9	103,4	19,8	43,5	42,5	46,0	48,6

I - faza początkowego owocowania, **II** - faza pełni owocowania ogórka.

Kolejnym składnikiem pokarmowym, którego zawartość poddano analizie był fosfor. Jest to pierwiastek stymulujący siłę wzrostu korzeni, przez co wpływa na lepsze wykorzystywanie składników pokarmowych z gleby. Stwierdzona zawartość tego pierwiastka była zależna od rozwojowej roślin i mieściła się w zakresie od 2460 do 7740 mg·kg⁻¹ s.m.

W liściach badanego gatunku odnotowano spadek zawartości magnezu i wapnia dla większości pobranych próbek liści ogórka z ekologicznych gospodarstw. Magnez jest pierwiastkiem pobieranym przez rośliny w dużych ilościach, odpowiada za przebieg fotosyntezy i oddychania. W roślinach ogórka zawartość Mg na początku owocowania wynosiła od 4600 do 10600 mg·kg⁻¹ s.m. i uległa wyraźnemu spadkowi w zakresie od 200 do 7030 mg·kg⁻¹ s.m. w okresie pełnego owocowania. Podobną zależność odnotowano dla wapnia, u którego nastąpiło zmniejszenie koncentracji Ca w liściach ogórka w zakresie od 2200 do 57010 mg·kg⁻¹ s.m. pomiędzy analizowanymi fazami rozwojowymi.

Zawartość mikroskładników w liściach ogórkach w trakcie wegetacji była zmienna (tab. 2). Wyższą zawartością Fe, Zn oraz Cu charakteryzowały się rośliny w fazie początkowego owocowania, natomiast w fazie pełni owocowania stwierdzono wzrost zawartości Mn i B w większości badanych próbek.

Tabela 3. Ocena zawartości makroskładników w glebie spod uprawy ogórka na plantacjach ekologicznych na terenach różnych województw w 2021 r.

województwo	powiat	N-NO ₃		P		K		Mg		Ca	
		mg·dm ⁻³									
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
lubelskie	łęczyński	90	63	59	30	127	137	67	56	941	511
	lubartowski	77	24	58	15	109	118	74	41	720	308
	puławski	72	32	42	43	110	63	210	125	571	788
średnia dla województwa		80	40	53	29	115	106	117	74	744	536
łódzkie	skierniewicki	81	65	84	68	103	129	115	99	818	541
	łowicki	87	70	21	44	117	113	78	152	775	495
średnia dla województwa		84	68	53	56	110	121	96	126	797	518
podkarpackie	mielecki	90	24	41	38	185	56	63	89	358	710
	przeworski	84	35	31	37	127	144	62	72	517	643
średnia dla województwa		87	29	36	38	156	100	61	81	438	677
średnia dla fazy rozwojowej		83	45	48	40	126	109	94	92	668	573
optymalna zawartość badanych składników *		50 – 120		60 - 80		150 - 200		60 - 80		1500 - 2000	

I - faza początkowego owocowania, II - faza pełni owocowania, * optymalna ilość składników pokarmowych w momencie rozpoczęcia wegetacji roślin ogórka wg Sady, 2006¹.

Wyniki analizy składu mineralnego gleby przedstawiono w tabeli 3. W glebie spod prowadzonych upraw odnotowano spadek zawartości azotanów w miarę wzrostu i rozwoju roślin. Jednakże zawartości azotanów w glebie mieściły się w zakresie optymalnych wartości

¹ Sady W., 2006. Nawożenie warzyw polowych. Wyd. Pantpress, Karków.

dla uprawy ogórka. Badane próbki odznaczały się również zmienną zasobnością fosforu. Średnia zawartość fosforanów w glebie kształtowała się na poziomie od 21 do 84 mg·dm⁻³ w fazie rozpoczęcia owocowania oraz od 15 do 68 mg·dm⁻³ w dalszym etapie wzrostu roślin. Stwierdzono wyższą zawartość dostępnego potasu w środowisku glebowym w momencie początkowego owocowania względem późniejszego etapu, która wyniosła od 103 do 185 mg·dm⁻³. W badanej glebie odnotowano spadek zawartości wapnia oraz magnezu w miarę wzrostu i rozwoju roślin ogórka. Zmniejszenie zasobności gleby w badane składniki mogło mieć wpływ na uzyskany spadek ich zawartości w roślinie (tab. 1). Zawartość wapnia w glebie w fazie pełni owocowania wyniosła od 308 do 788 mg·dm⁻³ i była niższa niż wartość optymalna dla uprawy ogórka.

Tabela 4. Parametry gleby wpływające na stan odżywienia roślin ogórka uprawianego metodami ekologicznymi.

województwo	powiat	pH _{H2O}		Stężenie soli (g NaCl·dm ⁻³)		C org. (%)	
		I	II	I	II	I	II
lubelskie	łęczyński	6,7	6,5	0,2	0,25	1,64	1,62
	lubartowski	5,8	5,5	0,45	0,19	1,05	0,94
	puławski	6,2	6,1	0,76	0,20	1,21	1,12
średnia dla województwa		5,8-6,7	5,5-6,5	0,47	0,21	1,30	1,23
łódzkie	skierniewicki	6,5	6,4	0,26	0,16	0,89	0,87
	łowicki	6,9	6,2	0,4	0,2	1,72	1,32
średnia dla województwa		6,5-6,9	6,2-6,4	0,33	0,18	1,30	1,09
podkarpackie	mielecki	6,0	5,6	0,38	0,18	1,00	1,03
	przeworski	5,8	5,5	0,23	0,42	0,75	0,95
średnia dla województwa		5,8-6,0	5,5-5,6	0,25	0,30	0,87	0,99
średnia dla fazy rozwojowej		5,8-6,9	5,5-6,5	0,37	0,23	1,17	1,12
przedział wartości		6,0 – 7,2*		0 – 2**		0,6 – 1,8***	

I - faza początkowego owocowania, II - faza pełni owocowania ogórka; * zakres optymalnego odczynu pH w H₂O gleby dla uprawy ogórka wg Kołoty, 2007²; ** stężenia soli w glebie nie ograniczający plonowania roślin wg Gołda, 2005³, *** przeciętna zawartość węgla organicznego w warstwie 0-20 cm na glebach bielcowych wg Musierowicza 1968⁴.

Dostępność składników pokarmowych w glebie zależy również od odczynu gleby, stężenia soli i zawartości węgla organicznego. Optymalne pH gleby dla ogórka wynosi od 6,0 do 7,2, jednakże gatunek ten toleruje obniżenie odczynu gleby do pH 5,5. W przeprowadzonych badaniach zakres pH zmieniał się w trakcie sezonu wegetacyjnego (tab. 4). Na początku okresu tworzenia owoców ogórka wartości pH gleby mieściły się w zakresie 5,8-6,9, po czym w późniejszej fazie rozwojowej zakres ten uległ obniżeniu. Jednakże wartość pH gleby utrzymywała się w zakresie odczynu kwaśnego i lekko kwaśnego,

² Kołota E., 2007. Żywnienie i nawożenie roślin, w: Ogólna Uprawa Warzyw pod redakcją M. Knaflewskiego. PWRiL, Poznań.

³ Gołda T., 2005. Rekultywacja. Uczelniane Wyd. Nauk.-Dyd. AGH, Kraków.

⁴ Musierowicz A., 1968. Gleboznawstwo ogólne. III wyd. PWRiL, Warszawa.

tolerancyjnego dla prowadzonej uprawy ogórka. Na zmianę pH gleby znaczący wpływ miała stwierdzona obniżona zawartość wapnia w środowisku glebowym (tab. 3).

Na pobieranie wody i rozpuszczonych w niej składników pokarmowych z gleby istotny wpływ ma również stężenie soli. Przeprowadzone badania wykazały wyższą wartość stężenia soli w fazie rozpoczęcia owocowania. Średnie stężenie soli w glebie spod prowadzonej uprawy ogórka kształtowały się na poziomie od 0,16 – 0,76 g NaCl·dm⁻³.

Zawartość węgla organicznego jest jednym ze wskaźników określających ilości materii organicznej w glebie. Na badanych plantacjach ekologicznych średnia zawartość węgla organicznego wahała się w zakresie od 0,75 do 1,72%.

Zasobność gleby w składniki pokarmowe zależy również od ilości wartości nawozowej wniesionej przez rośliny poprzedzającej oraz rodzaju zastosowanego nawozu. Z informacji uzyskanych od plantatorów upraw ekologicznego ogórka z województwa lubelskiego, łódzkiego oraz podkarpackiego wynika, że podstawą nawożenia w ich gospodarstwach jest właściwy płodozmian, który opiera się o wprowadzenie zbóż (m.in. pszenica, orkisz, jęczmień), innych gatunków warzyw (kapustnych, korzeniowe, cebulowych) oraz roślin bobowatych (lucerna, kończyna). Jak również zastosowanie poplonów: z gorczycy, seradeli, gryki, żyta, a także stosowanie nawozów naturalnych (m.in. obornika bydlęcego oraz kurzego, gnojowicy) oraz organicznych – kompost, a także nawozów dopuszczonych do stosowania w gospodarstwach ekologicznych zgodnie z wytycznymi MRiRW. W monitorowanych gospodarstwach uprawa ogórka polowego prowadzona jest na glebach bielcowych utworzonych z piasków słabo gliniastych i gliniastych oraz glebach płowych utworzonych z formacji mułowych. Klasa bonitacyjna gleby w badanych gospodarstwach, na których prowadzono uprawę ogórka mieściła się w zakresie od 3A do 5A.

W trakcie przeprowadzonych lustracji plantacji nie zauważono objawów chorobowych wynikających z niedoboru składników pokarmowych w prowadzonych uprawach ekologicznych ogórka.

Na podstawie uzyskanych wyników analizy składu mineralnego liści i gleby, a także uwzględniając ocenę wizualną prowadzonych upraw w trakcie wegetacji, stwierdzono właściwy stan odżywienia badanych plantacji ekologicznych ogórka.

4.2. Brokuł

Drugim warzywem, którego stan odżywienia plantacji został poddany ocenie był brokuł. Gatunek ten odznacza się dużymi wymaganiami pokarmowymi oraz wysokimi potrzebami nawozowymi. Uzyskane wyniki oceny zawartości składników mineralnych w liściach brokułu przedstawiono w tabeli 5 i 6. W gospodarstwach ekologicznych, w których rośliny podlegały ocenie odnotowano spadek zawartości azotu ogólnego w miarę rozwoju roślin. Największą zawartość azotu stwierdzono w fazie początkowej wegetacji roślin i była ona na poziomie od 4,30 do 5,87 % s.m. Zawartość potasu - pierwiastka, który występuje w roślinie zazwyczaj w dosyć dużym stężeniu, ulegała zmniejszeniu w trakcie wzrostu roślin. Średnia wartość dla tego składnika na etapie wzrostu wegetatywnego wyniosła od 35300 do 59900 mg·kg⁻¹ s.m., natomiast w fazie rozwoju generatywnego była na poziomie od 22600 do 53700 mg·kg⁻¹ s.m. Analiza liści brokułu wykazała różną zawartość Mg i Ca

Tabela 5. Ocena zawartości makroskładników w liściach brokułu uprawianego na plantacjach ekologicznych na terenach różnych województw.

województwo	powiat	N			P			K			Ca			Mg		
		% s. m.			mg·kg ⁻¹ s. m.											
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
lubelskie	biłgorajski	4,50	3,68	2,18	6670	4260	3410	35300	37900	22600	24700	38900	32600	1380	1790	3740
	łęczyński	4,79	4,03	2,24	5290	5740	2990	40900	38100	24700	31700	26500	33700	2000	1750	3110
	lubartowski	4,30	4,45	3,91	2610	7210	3700	43400	36300	52300	51800	20700	42700	2790	1970	5870
	puławski	4,92	4,42	3,80	3950	4130	6940	59900	37000	35400	40000	28700	26500	3880	1640	1550
średnia dla województwa		4,63	4,13	3,03	4630	5335	4260	44875	37325	33750	37050	28700	33875	2513	1788	3568
łódzkie	skierniewicki	5,00	4,29	2,46	2310	5020	3540	47700	35000	32700	53800	33400	23900	2330	1480	3610
	łowicki	5,87	4,11	2,93	4320	7950	5240	44700	39300	26200	37100	32100	45100	3150	1900	1340
średnia dla województwa		5,42	4,20	2,70	3315	6485	4390	46200	37150	29450	45450	32750	34500	2740	1690	2475
podkarpackie	lubaczowski	4,66	3,66	3,60	7140	4160	3290	35300	38900	21300	21000	49800	35800	1450	1690	2940
	mielecki	4,55	4,01	3,09	3560	5620	5480	40800	34200	30300	62700	31500	43700	3820	1420	4550
	przeworski	4,34	3,87	3,69	2320	5740	6080	52400	34400	53700	64200	43400	5900	2820	1470	3390
średnia dla województwa		4,52	3,90	3,46	4340	5173	4950	42833	35833	35100	49300	41567	28467	2697	1527	3627
średnia dla fazy rozwojowej		4,80	4,06	3,10	4205	5569	4523	44526	36784	33125	43233	34001	32229	2631	1676	3314

I - faza początkowej wegetacji roślin, II - faza tworzenia róży, III – faza w pełni wykształconej róży.

Tabela 6. Ocena zawartości mikroskładników w liściach brokułu uprawianego na plantacjach ekologicznych na obszarach różnych województw.

województwo	powiat	Fe			Mn			Cu			Zn			B		
		mg·kg ⁻¹ s.m.														
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
lubelskie	biłgorajski	169	153	93	32,5	158	81,3	2,3	3,1	141	21,5	52,1	40,1	37,8	87,4	46,5
	łęczyński	1790	738	110	205	220	125	15	11,7	350	43,8	109	59,9	46,6	52,4	43
	lubartowski	1540	217	124	70,7	31	50,3	4,2	2,4	752	15,1	20	34,3	36,8	36,9	159
	puławski	403	146	153	51	152	158	39,7	398	403	32,2	42,2	52,1	23,9	85	87,4
średnia dla województwa		975	314	120	89,8	140	103,7	15,3	103,8	412	28,2	55,8	46,6	36,3	65,4	84,0
łódzkie	skierniewicki	251	147	119	18,9	71	47,8	14,8	2,5	270	13,8	23,6	36,3	31	38,7	150

łowicki		132	130	139	18,9	31,5	38,6	3,1	4,6	638	16	28,7	39,5	23,9	41,5	97,3
średnia dla województwa		191	138	129	18,9	51,3	43,2	8,9	3,5	454	14,9	26,2	37,9	27,5	40,1	123,7
podkarpackie	lubaczowski	475	113	119	26,5	34,6	50	2,6	230	397	17,8	36,1	32,2	28,3	82,1	32,2
	mielecki	234	112	102	48	34,9	54,3	3,14	745	305	20,7	34,4	39,4	40,2	162	93,9
	przeworski	580	151	96	75,1	70,4	87,5	15,2	2,5	166	62,2	24	49,5	23,7	34,6	45,8
średnia dla województwa		430	125	105,6	49,9	46,6	63,9	6,99	325,8	289	33,6	31,5	40,4	30,7	92,9	57,3
średnia dla fazy rozwojowej		597,5	207	117,5	58,8	86,8	75,3	10,9	152,7	381,4	26,7	40,3	42,4	32,2	68,3	85,0

I - faza początkowej wegetacji roślin, II - faza tworzenia róży, III – faza w pełni wykształconej róży.

Tabela 7. Ocena zawartości makroskładników w glebie spod uprawy brokołu na plantacjach ekologicznych na obszarach różnych województw.

województwo		powiat		N-NO ₃			P			K			Mg			Ca		
				mg·dm ⁻³														
				I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
lubelskie	biłgorajski	52	28	28	13	21	12	110	118	77	34	45	37	434	395	563		
	łęczyński	146	72	54	31	54	52	94	83	294	96	125	87	1822	578	386		
	lubartowski	52	27	15	50	50	12	73	189	59	125	81	43	578	393	942		
	puławski	54	48	30	55	34	21	65	123	83	142	99	70	694	773	456		
średnia dla województwa		81	44	32	37	40	24	86	128	128	99	88	59	881	535	587		
łódzkie	skierniewicki	65	79	23	68	26	33	129	168	81	99	58	70	541	513	556		
	łowicki	84	46	27	25	17	30	157	87	118	74	53	38	584	498	649		
średnia dla województwa		75	63	25	47	22	32	143	128	100	87	56	54	563	506	603		
podkarpackie	lubaczowski	78	57	34	63	45	33	65	110	110	97	98	34	936	1740	495		
	mielecki	70	48	19	27	38	33	131	113	118	71	87	41	684	690	474		
	przeworski	69	26	16	41	14	41	116	106	113	102	23	49	1940	377	589		
średnia dla województwa		72	44	23	44	32	36	104	110	114	90	69	41	1187	936	519		
średnia dla fazy rozwojowej		75	48	27	42	33	30	106	122	116	93	73	52	904	661	568		
optymalna zawartość badanych składników*		70 – 120			50 - 60			160 - 190			45 - 55			1000 – 1500				

I - faza początkowej wegetacji roślin, II - faza tworzenia róży, III – faza w pełni wykształconej róży; * optymalna ilość składników pokarmowych w momencie rozpoczęcia wegetacji roślin ogórka wg Sady, 2006.

w poszczególnych fazach rozwojowych roślin. Z kolei zawartość P nie była uzależniona od fazy rozwojowej. W prowadzonych badaniach odnotowano wpływ etapu rozwojowego na zawartość mikroskładników (tab. 6). Najwyższą wartością Fe charakteryzowały się rośliny brokułu w momencie początkowej wegetacji, osiągając wartość na poziomie od 132 do 1790 mg·kg⁻¹ s.m. Natomiast zawartość jonów miedzi, cynku i boru w trakcie cyklu wegetacyjnego ulegała stopniowemu wzrostowi. W fazie w pełni wykształconej róży odnotowano w liściach brokułu średnią najwyższą zawartość dla Cu - 385 mg·kg⁻¹ s.m., dla Zn – 41,63 mg·kg⁻¹ s.m oraz dla B – 88,33 mg·kg⁻¹ s.m.

Na stan odżywienia plantacji brokułu istotny wpływ miała również dostępność składników pokarmowych w glebie. Wyniki analiz chemicznych dotyczących zawartości makroskładników w glebie przedstawiono w tabeli 7. W glebie spod uprawy brokułu stwierdzono zmniejszenie ilości azotu azotanowego średnio o 48 mg·dm⁻³ w trakcie cyklu wegetacyjnego. Wykazano spadek zawartości fosforu, magnezu i wapnia oraz wzrost zawartości potasu w strefie korzeniowej roślin brokułu względem badanych faz rozwojowych.

W przeprowadzonych badaniach odnotowano także zmianę pH i zasolenia gleby. Optymalne pH gleby dla brokułu wynosi 6,2 - 7,2. Na plantacjach brokułu w badanych gospodarstwach ekologicznych odczyn gleby w początkowym okresie tworzenia róży znajdował się na poziomie optymalnym (pH_{H2O} 6,4 - 7,5) (tab. 8). W późniejszych fazach, pH gleby uległo obniżeniu do wartości mniej sprzyjających rozwojowi brokułu. Względem zawartości węgla organicznego stwierdzono podobną zależność. W momencie wzrostu roślin odnotowana była większa zawartość węgla w glebie, która stopniowo malała. Średnia zawartość węgla w glebie spod upraw brokułu mieściła się w zakresie od 0,71 do 1,76 %. Natomiast zasobność gleby w składniki pokarmowe zwiększała się. Stężenie soli w fazie początkowej wegetacji roślin wyniosło 0,22 g NaCl·dm⁻³, natomiast w fazie w pełni wykształconej róży kształtowało się na poziomie 37 g NaCl·dm⁻³.

W uprawach ekologicznych podstawą dostępności składników pokarmowych w glebie jest właściwie zaplanowany płodozmian oraz zastosowanie nawozów naturalnych i organicznych zwiększających materię organiczną. Na podstawie informacji zgromadzonych od plantatorów uprawy brokułu w województwie lubelskim, łódzkim i podkarpackim podstawą uprawy w ich gospodarstwach jest czteroletni bądź pięcioletni płodozmian uwzględniający warzywa korzeniowe (pietruszka, burak ćwikłowy), dyniowate (dynia, ogórek) i cebulowe (por, cebula) oraz pszenicę, jęczmień, proso, grykę, ciecierzycę, a także rośliny uprawiane na owoce miękkie (truskawka). W celu utrzymania właściwego pH gleby stosuje się wapnowanie plantacji nawozami wapniowymi m.in. kredą koszelewską. Z nawozów naturalnych stosuje się pogłównie: obornik bydlęcy oraz pomiot kurzy, a także nawozy dolistne zawierające aminokwasy, nawozy z pokrzyw, kwasy humusowe, nawozy zawierające mikroorganizmy glebowe dozwolone do stosowania w gospodarstwach ekologicznych zgodnie z wytycznymi MRIRW. Z danych uzyskanych od plantatorów, rodzajem gleb, na jakich prowadzone były uprawy brokułu ekologicznego są przede wszystkim gleby bielcowe wytworzone z piasków słabo gliniastych i gliniastych oraz gleby płowe utworzone z formacji mułowych. Klasa bonitacyjna gleby w badanych gospodarstwach, na których prowadzono uprawę brokułu mieściła się w zakresie od 3A do 4B.

Tabela 8. Parametry gleby wpływające na stan odżywienia roślin brokułu uprawianego metodami ekologicznymi.

województwo	powiat	C org. (%)			pH H ₂ O			Stężenie soli (g NaCl·dm ⁻³)		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
lubelskie	biłgorajski	0,82	0,77	0,71	6,8	5,7	5,4	0,16	0,67	0,24
	łęczyński	1,76	1,38	1,08	7,5	6,9	6,4	0,33	0,53	0,27
	lubartowski	1,10	0,93	0,73	6,5	6,0	5,9	0,18	0,28	0,67
	puławski	1,48	1,01	0,78	6,5	5,7	5,5	0,20	0,53	0,48
średnia dla województwa		1,29	1,02	0,83	6,5-7,5	5,7-6,9	5,4-6,4	0,22	0,50	0,41
łódzkie	skierniewicki	0,87	0,90	0,93	6,4	6,1	5,8	0,20	0,52	0,26
	łowicki	0,87	0,81	0,80	6,5	6,0	5,9	0,18	0,34	0,23
średnia dla województwa		0,87	0,86	0,87	6,4-6,5	6,0-6,1	5,8-5,9	0,19	0,43	0,24
podkarpackie	lubaczowski	1,62	1,27	0,72	6,8	6,2	5,9	0,23	0,30	0,56
	mielecki	0,83	0,95	0,84	6,5	5,8	5,8	0,33	0,30	0,26
	przeworski	1,10	0,89	0,75	6,4	5,5	5,2	0,2	0,34	0,37
średnia dla województwa		1,18	1,04	0,77	6,4-6,8	5,5-6,2	5,2-5,9	0,25	0,31	0,40
średnia dla fazy rozwojowej		1,15	0,99	0,82	6,4-7,5	5,5-6,9	5,2-6,4	0,22	0,42	0,37
przedział wartości		0,6 – 1,8*			6,2 – 7,0**			0 – 2***		

I - faza początkowej wegetacji roślin, II - faza tworzenia róży, III – faza w pełni wykształconej róży;
 * przeciętna zawartość węgla organicznego w warstwie 0-20 cm na glebach bielcowych wg Musierowicza 1968⁴; ** zakres optymalnego odczynu (pH w H₂O) gleby dla uprawy brokułu wg Sady, 2006¹; *** wartość stężenia soli w glebie nie ograniczająca plonowania roślin wg Gołda, 2005³.

Przeprowadzona ocena wizualna całości plantacji (fot. 1, 2 i 3) nie wykazała występowania niedoborów składników pokarmowych świadczących o niewłaściwym stanie odżywienia upraw brokułu w badanych gospodarstwach ekologicznych. Zaobserwowano jedynie na pojedynczych roślinach występowanie objawów zaburzeń fizjologicznych wynikających z niewielkiej ilości lub braku soli mineralnych w glebie. Stwierdzone zmiany morfologiczne liści przedstawiono na fotografiach 4 i 5.



Fot. 1. Plantacja ekologiczna w początkowym okresie wegetacji roślin brokułu w powiecie biłgorajskim (fot. N. Skubij).



Fot. 2. Stan odżywienia plantacji brokułu w gospodarstwie zlokalizowanym w powiecie łowickim w fazie wykształconej róży (fot. N. Skubij).



Fot. 3. Plantacja brokułu na etapie wykształconej róży handlowej w gospodarstwie ekologicznym w powiecie przeworskim (fot. N. Skubij).



Fot. 4. Niedobór molibdenu na liściach brokułu w trakcie wegetacji w powiecie biłgorajskim (fot. N. Skubij).



Fot. 5. Niedobór potasu widoczny w postaci chlorozy brzegowej starszych liści na plantacji w powiecie lubaczowskim (fot. N. Skubij).

Uzyskane w niniejszej badaniach wyniki składu mineralnego liści oraz gleby wskazują, że zastosowane odżywianie roślin przez plantatorów gospodarstw ekologicznych umożliwiło prawidłowe pobieranie składników pokarmowych przez rośliny brokułu.

5. Podsumowanie

- Ocena wizualna stanu odżywienia plantacji ekologicznego ogórka i brokułu uprawianych metodami ekologicznymi nie wykazała występowania zaburzeń fizjologicznych roślin wynikających z niedoboru składników pokarmowych.
- Przeprowadzone analizy składu mineralnego liści oraz gleby badanych upraw wykazały zmienną intensywność pobierania poszczególnych składników pokarmowych, zależną od fazy rozwojowej roślin i zasobności gleby. Wyższą zawartość N, Ca i Mg w liściach roślin ogórka stwierdzono w fazie rozpoczęcia owocowania, natomiast P i K w późniejszym etapie rozwoju. Podobną zależność stwierdzono w uprawie brokułu, u którego rośliny charakteryzowały się większą zawartością N, K i Ca na początku wegetacji oraz mniejszą ilością fosforu i magnezu w fazie wykształconej róży.
- Zawartość węgla organicznego w glebie spod uprawy brokułu mieściła się w zakresie od 0,71 do 1,76 % s.m. gleby, natomiast spod uprawy ogórka w zakresie od 0,75 do 1,75 % s.m. gleby.

- W trakcie wegetacji roślin w badanych gospodarstwach ekologicznych stwierdzono spadek pH gleby poniżej wartości optymalnych dla ogórka i brokułu, jednakże nie miało to wyraźnego wpływu na stan mineralnego odżywienia roślin.
- Na podstawie informacji uzyskanych od plantatorów upraw ekologicznych brokułu oraz ogórka dotyczących zaplanowanego płodozmianu oraz dawek stosowanych nawozów stwierdzono, iż uwzględniały one potrzeby pokarmowe i nawozowe badanych gatunków.