

Robert BICZAK¹, Barbara HERMAN¹ i Piotr RYCHTER¹

**WPLYW NAWOŻENIA AZOTEM, FOSFOREM I POTASEM
NA PLONOWANIE I WARTOŚĆ BIOLOGICZNĄ
SELERA NACIOWEGO.
CZĘŚĆ II*: POZIOM SUCHEJ MASY, CUKRÓW,
CHLOROFILU I WITAMINY C**

**EFFECTS OF NITROGEN, PHOSPHORUS AND POTASSIUM FERTILIZATION
ON YIELD AND BIOLOGICAL VALUE OF LEAF CELERY.
PART II*: DRY MATTER, SUGARS, CHLOROPHYLL
AND ASCORBIC ACID CONTENT**

Abstrakt: W doświadczeniu wazonowym badano wpływ nawożenia azotem, fosforem, potasem oraz łącznego nawożenia tymi składnikami (NPK) na poziom suchej masy, cukrów rozpuszczalnych, chlorofilu i kwasu askorbinowego w liściach selera naciowego (*Apium graveolens* L. var. *dulce* (Mill.) Pers.). Wyniki przeprowadzonych badań dowiodły, że duża zawartość azotu, fosforu i potasu w glebie prowadzi do pogorszenia wartości biologicznej roślin. Badania z selerem naciowym wykazały ponadto, iż optymalne dawki nawożenia ze względu na plon nie gwarantują największej wartości odżywczej warzyw. Wysoki poziom nawożenia mineralnego powodował spadek zawartości chlorofilu i kwasu askorbinowego w liściach selera naciowego. Podnoszenie zasobności gleby w azot, fosfor i potas obniżało poziom cukrów w warzywach.

Słowa kluczowe: nawożenie mineralne, seler naciowy, sucha masa, cukry, chlorofil, kwas askorbinowy

Uzyskanie plonów warzyw o wysokiej wartości biologicznej jest uzależnione od szeregu czynników, w tym od nawożenia mineralnego, które, będąc istotnym czynnikiem wzrostu plonu [1-3], wpływa także znacząco na skład chemiczny roślin, zmieniając zarówno zawartość składników mineralnych [2, 4-6], jak i organicznych [7-13].

Rosnące zainteresowanie warzywami liściowymi, w tym i selerem naciowym, skłania do ciągłego doskonalenia jego agrotechniki w celu uzyskania jak największych plonów, cechujących się jednocześnie dobrą jakością. Przy ocenie wartości biologicznej warzyw liściowych określa się m.in. zawartość suchej masy, cukrów i witaminy C [14]. Ważną rolę w procesach biosyntezy zachodzących w zielonych częściach roślin odgrywają chlorofile [15]. Od zawartości barwników asymilacyjnych w roślinach w dużym stopniu uzależniona jest produkcja biomasy, dlatego też oznacza się ich zawartość w badaniach dotyczących efektywności nawożenia mineralnego [1, 9, 16, 17].

Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu wzrastających dawek nawożenia mineralnego azotem, fosforem i potasem oraz kompleksowego nawożenia tymi składnikami (NPK) na poziom suchej masy, cukrów rozpuszczalnych, chlorofilu całkowitego oraz kwasu askorbinowego w liściach selera naciowego oraz wyznaczenie

¹Zakład Biochemii, Instytut Chemii, Ochrony Środowiska i Biotechnologii, Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie, al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa, tel. 34 361 51 54, fax 34 366 53 22 email: r.biczak@ajd.czyst.pl, b.herman@ajd.czyst.pl, p.rychter@ajd.czyst.pl

* Część I - Robert Biczak, Barbara Herman i Piotr Rychter: Wpływ nawożenia azotem, fosforem i potasem na plonowanie i wartość biologiczną selera naciowego. Część I: Plon i skład mineralny warzyw. Proc. ECOpole, 2011, 5(1), 161-171.

optymalnych dawek nawożeń ze względu na poziom suchej masy i zawartość wybranych związków organicznych.

Metodyka badań

Przeprowadzono trzyletnie badania z selerem naciowym (*Apium graveolens* L. var. *dulce* (Mill.) Pers.) odmiany Utah 52-70. Metodykę założenia doświadczeń wazonowych oraz formy i dawki zastosowanych nawożeń azotem, fosforem i potasem omówiono w części I niniejszej pracy.

Próbki materiału roślinnego do analiz pobierano przy zbiorze warzyw, w końcu września, średnio po trzy próbki z każdej kombinacji składającej się z 15 blaszek liściowych selera naciowego. W świeżym materiale roślinnym oznaczono zawartość witaminy C metodą Tillmansa [18] oraz poziom chlorofilu całkowitego metodą spektrofotometryczną [19, 20]. Suchą masę liści selera oznaczono metodą suszarkową [21], a zawartość cukrów rozpuszczalnych w materiale roślinnym wysuszonym w temp. $60\pm 70^{\circ}\text{C}$ metodą Luffa-Schoorla [18].

Na podstawie uzyskanych wyników określono zależności pomiędzy poziomem suchej masy, cukrów, kwasu askorbinowego i chlorofilu a wielkością dawek nawożenia - x (N, P, K, NPK). Do opisu zależności zastosowano funkcję wielomianową 2^o: $y = a + bx + cx^2$, a dawki optymalne obliczono z zależności: $x_{\text{opt}} = -b/2c$.

Ocenę istotności otrzymanych wyników przeprowadzono, wykorzystując analizę wariancji (test F Fishera-Snedecora), a wartości $\text{NIR}_{0,05}$ obliczono testem Tukeya.

Wyniki badań

Przeprowadzone analizy wskazują na istotny wpływ nawożenia mineralnego azotem, fosforem i potasem na wartość biologiczną selera naciowego (tab. 1, rys. 1).

Analiza zmian poziomu suchej masy w liściach selera naciowego wykazała (tab. 1), że spośród zastosowanych nawożeń stymulująco na poziom suchej masy działało nawożenie azotem, przy czym najwyższy, 9%, wzrost suchej masy wystąpił przy średniej z zastosowanych dawek nawozu (75 mg N/kg gleby). Niewielki wzrost suchej masy odnotowano także pod wpływem nawożenia fosforem. Nawożenie potasem oraz łączne nawożenie NPK prowadziły natomiast, z wyjątkiem najniższych zastosowanych dawek, do nieznacznego obniżenia zawartości suchej masy. W przypadku tych kombinacji nawozowych odnotowano liniowy spadek poziomu suchej masy w miarę wzrostu dawek nawozów (tab. 2, rys. 1).

Stosowane w badaniach nawożenia mineralne powodowały z reguły znaczny spadek zawartości cukrów rozpuszczalnych w suchej masie roślin w porównaniu z nienawożoną kontrolą (tab. 1). Liniowy spadek poziomu cukrów rozpuszczalnych w miarę wzrostu dawek nawozów stwierdzono dla większości użytych kombinacji nawozowych (tab. 2, rys. 1). Najbardziej niekorzystny wpływ na nagromadzenie cukrów wywierało jednostronne nawożenie potasem oraz pełne nawożenie NPK. Przy największych zastosowanych dawkach potasu poziom cukrów uległ obniżeniu aż o 49% w stosunku do roślin nienawożonych, a przy najwyższej dawce NPK obserwowany spadek był jeszcze większy - około 57%.

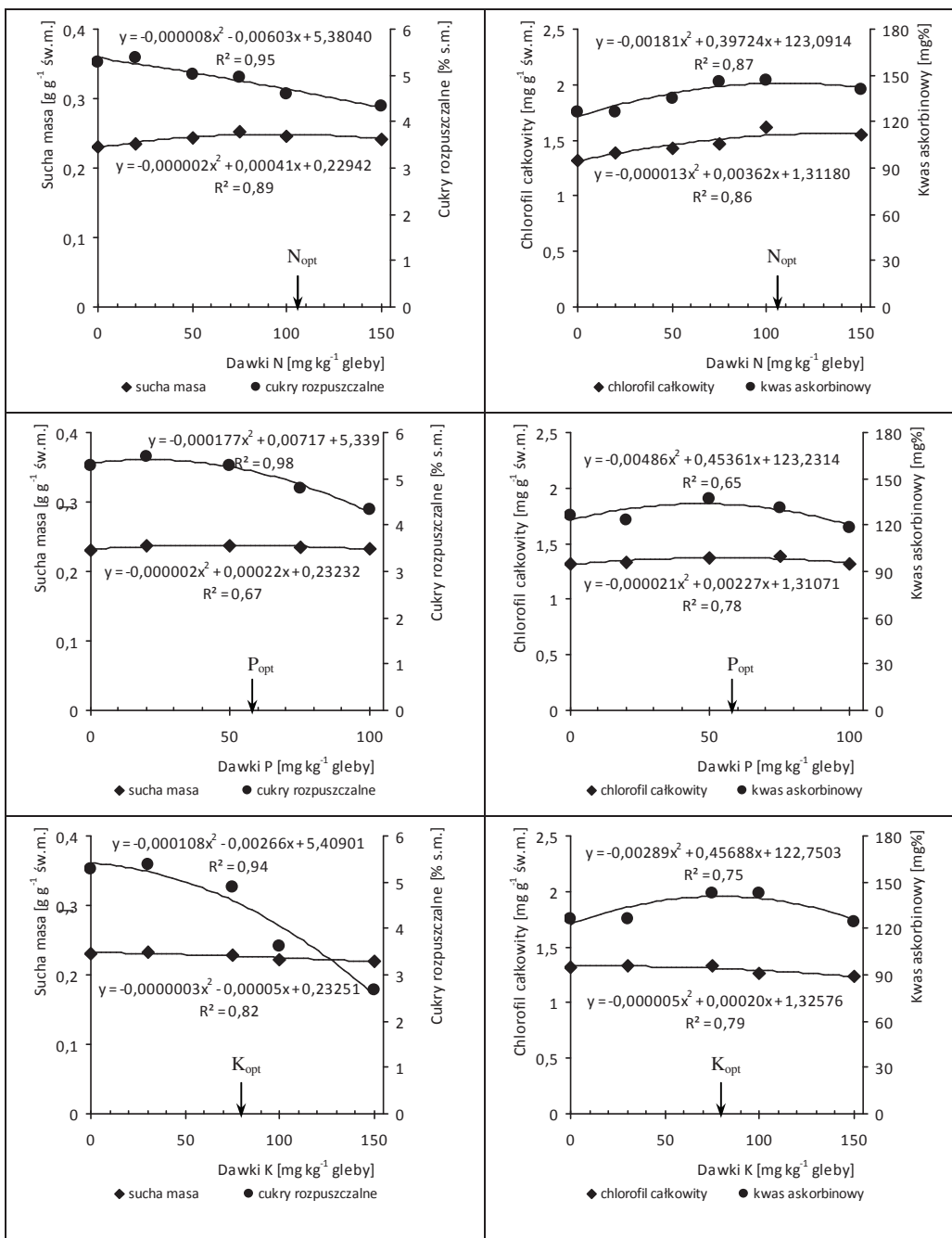
Tabela 1
Wpływ nawożenia azotem, fosforem i potasem oraz łącznego nawożenia NPK na poziom suchej masy oraz zawartość analizowanych składników w liściach selera naciowego

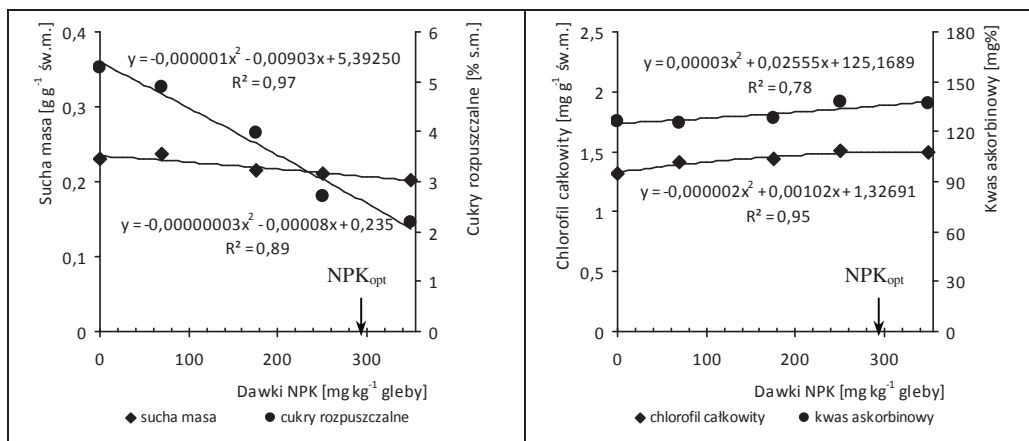
Table 1
Effect of nitrogen, phosphorus, potassium and NPK fertilization on dry matter, sugars, chlorophyll and ascorbic acid contents in the leaves of leaf celery

Zastosowane nawożenie	Sucha masa [g g ⁻¹ św.m.]				Cukry rozpuszczalne [% s.m.]			
	I rok badań	II rok badań	III rok badań	średnia	I rok badań	II rok badań	III rok badań	średnia
Próba kontrolna								
N ₀ P ₀ K ₀	0,229	0,235	0,230	0,231	5,00	4,91	5,95	5,29
Nawożenie azotem								
N ₂₀ P ₀ K ₀	0,230	0,237	0,235	0,234	5,05	5,01	6,11	5,39
N ₅₀ P ₀ K ₀	0,241	0,239	0,252	0,244	4,95	4,38	5,76	5,03
N ₇₅ P ₀ K ₀	0,249	0,250	0,257	0,252	4,56	4,46	5,83	4,95
N ₁₀₀ P ₀ K ₀	0,240	0,246	0,251	0,246	4,25	4,01	5,51	4,59
N ₁₅₀ P ₀ K ₀	0,241	0,244	0,242	0,242	4,01	4,03	4,98	4,34
średnia	0,240	0,243	0,247	0,243	4,56	4,38	5,64	4,86
NIR _{0,05}	dla lat - 0,007 dla poziomów nawożenia - 0,005				dla lat - 0,27 dla poziomów nawożenia - 0,19			
Nawożenie fosforem								
N ₀ P ₂₀ K ₀	0,232	0,243	0,238	0,238	4,95	4,98	6,54	5,49
N ₀ P ₅₀ K ₀	0,239	0,241	0,235	0,238	4,73	5,11	6,00	5,28
N ₀ P ₇₅ K ₀	0,232	0,233	0,238	0,234	4,01	4,43	5,90	4,78
N ₀ P ₁₀₀ K ₀	0,227	0,236	0,235	0,233	3,66	3,48	5,86	4,33
średnia	0,233	0,238	0,237	0,236	4,34	4,50	6,08	4,97
NIR _{0,05}	dla lat - 0,006 dla poziomów nawożenia - 0,005				dla lat - 0,62 dla poziomów nawożenia - 0,48			
Nawożenie potasem								
N ₀ P ₀ K ₃₀	0,234	0,233	0,232	0,233	5,18	4,81	6,16	5,38
N ₀ P ₀ K ₇₅	0,218	0,230	0,238	0,229	4,61	4,46	5,60	4,89
N ₀ P ₀ K ₁₀₀	0,213	0,223	0,227	0,221	3,10	3,30	4,50	3,63
N ₀ P ₀ K ₁₅₀	0,208	0,227	0,225	0,220	2,03	3,00	3,03	2,69
średnia	0,218	0,228	0,230	0,226	3,73	3,89	4,82	4,15
NIR _{0,05}	dla lat - 0,010 dla poziomów nawożenia - 0,008				dla lat - 0,58 dla poziomów nawożenia - 0,45			
Nawożenie azotem, fosforem i potasem								
N ₂₀ P ₂₀ K ₅₀	0,235	0,234	0,238	0,236	4,28	4,51	5,85	4,88
N ₅₀ P ₅₀ K ₇₅	0,206	0,216	0,216	0,213	3,06	3,95	4,60	3,87
N ₇₅ P ₇₅ K ₁₀₀	0,201	0,210	0,219	0,210	2,34	2,53	3,26	2,71
N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀	0,208	0,205	0,211	0,208	1,97	2,37	2,53	2,29
średnia	0,213	0,216	0,221	0,217	2,91	3,34	4,06	3,44
NIR _{0,05}	dla lat - 0,008 dla poziomów nawożenia - 0,006				dla lat - 0,55 dla poziomów nawożenia - 0,42			

Zastosowane nawożenie	Chlorofil całkowity [mg g ⁻¹ św.m.]				Kwas askorbinowy [mg/100 g]			
	I rok badań	II rok badań	III rok badań	średnia	I rok badań	II rok badań	III rok badań	średnia
Próba kontrolna								
N ₀ P ₀ K ₀	1,426	1,226	1,309	1,32	133,2	123,2	123,5	126,6
Nawożenie azotem								
N ₂₀ P ₀ K ₀	1,509	1,279	1,377	1,388	133,1	125,7	120,1	126,3
N ₅₀ P ₀ K ₀	1,574	1,333	1,392	1,433	142,6	126,4	136	135
N ₇₅ P ₀ K ₀	1,599	1,376	1,427	1,467	164,3	138,7	135,3	146,1
N ₁₀₀ P ₀ K ₀	1,683	1,564	1,595	1,614	163,9	134,5	141,2	146,5
N ₁₅₀ P ₀ K ₀	1,665	1,514	1,45	1,543	156,4	133,1	133,1	140,9
średnia	1,606	1,413	1,448	1,489	152,1	131,7	133,1	139
NIR _{0,05}	dla lat - 0,066 dla poziomów nawożenia - 0,047				dla lat - 10,26 dla poziomów nawożenia - 7,26			
Nawożenie fosforem								
N ₀ P ₂₀ K ₀	1,442	1,254	1,303	1,333	136,2	123,9	110,9	123,7
N ₀ P ₅₀ K ₀	1,485	1,286	1,334	1,368	158,4	123,9	128,6	137
N ₀ P ₇₅ K ₀	1,475	1,29	1,378	1,381	158,8	110,9	124,2	131,3
N ₀ P ₁₀₀ K ₀	1,422	1,231	1,308	1,32	128,3	103,5	124,2	118,7
średnia	1,456	1,265	1,331	1,351	145,4	115,6	122	127,7
NIR _{0,05}	dla lat - 0,023 dla poziomów nawożenia - 0,017				dla lat - 18,63 dla poziomów nawożenia - 14,44			
Nawożenie potasem								
N ₀ P ₀ K ₃₀	1,471	1,224	1,301	1,332	132,3	126	121,2	126,5
N ₀ P ₀ K ₇₅	1,43	1,23	1,341	1,334	155,6	134	139	142,9
N ₀ P ₀ K ₁₀₀	1,328	1,18	1,277	1,262	151,7	136,9	138,6	142,4
N ₀ P ₀ K ₁₅₀	1,291	1,175	1,26	1,242	139,4	107,7	127,1	124,7
średnia	1,38	1,203	1,295	1,293	144,8	126,2	131,5	134,2
NIR _{0,05}	dla lat - 0,058 dla poziomów nawożenia - 0,045				dla lat - 10,64 dla poziomów nawożenia - 8,24			
Nawożenie azotem, fosforem i potasem								
N ₂₀ P ₂₀ K ₃₀	1,485	1,366	1,376	1,409	135,4	120,4	119,8	125,2
N ₅₀ P ₅₀ K ₇₅	1,522	1,4	1,387	1,436	137,8	126,6	121,2	128,5
N ₇₅ P ₇₅ K ₁₀₀	1,583	1,494	1,429	1,502	143,8	137,6	132	137,8
N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀	1,572	1,5	1,419	1,497	143	134,8	132,3	136,7
średnia	1,541	1,44	1,403	1,461	140	129,9	126,3	132,1
NIR _{0,05}	dla lat - 0,065 dla poziomów nawożenia - 0,050				dla lat - 4,04 dla poziomów nawożenia - 3,13			

Zastosowane nawożenia wpłynęły także na zawartość kwasu askorbinowego w liściach selera naciowego (tab. 1). Najbardziej korzystne efekty zanotowano przy nawożeniu azotem, systematyczny wzrost zawartości kwasu askorbinowego wystąpił do dawki równej 100 mg N/kg gleby, dla której odnotowano 17% wzrost poziomu tej witaminy. Wyższym poziomem kwasu askorbinowego w odniesieniu do kontroli (około 13%) cechowały się także rośliny, które rosły na podłożu wzbogaconym w średnie dawki potasu (75 i 100 mg K/kg gleby). Przy pełnym nawożeniu NPK odnotowano liniowy wzrost poziomu kwasu askorbinowego w miarę wzrostu dawek nawozów (tab. 2, rys. 1), przy większych zastosowanych dawkach wzrost poziomu witaminy C wynosił około 8%.





Rys. 1. Zależności reakcji selera naciowego na nawożenie azotem, fosforem, potasem oraz łącznie NPK. N_{opt}, K_{opt}, P_{opt}, NPK_{opt} - optymalne dawki nawożenia ze względu na plon suchej masy

Fig. 1. The response of leaf celery to nitrogen, phosphorus, potassium and NPK fertilization. N_{opt}, K_{opt}, P_{opt}, NPK_{opt} - optimum doses of fertilization for the dry matter yield

Najmniejsze, statystycznie niepotwierdzone, zmiany w poziomie kwasu askorbinowego wystąpiły pod wpływem nawożenia fosforem. Najkorzystniejsza okazała się dawka 50 mg P/kg gleby, dla której odnotowano około 8% wzrost poziomu kwasu askorbinowego, natomiast najwyższa z dawek (100 mg P/kg) prowadziła do 6% obniżenia poziomu tej witaminy w porównaniu do roślin kontrolnych.

Obok zmian w poziomie suchej masy, cukrów i kwasu askorbinowego odnotowano także znaczne zmiany w poziomie chlorofilu całkowitego pod wpływem zastosowanych nawożeń, zmiany te uzależnione były od rodzaju, a także dawki nawożenia (tab. 1, rys. 1). Zaobserwowano jednak, że zarówno dla nawożenia azotem, fosforem i potasem, jak i pełnego nawożenia NPK istnieje dawka optymalna, po przekroczeniu której dochodzi do spadku poziomu chlorofilu w liściach (tab. 2). Spośród porównywanych składników pokarmowych największy wpływ na syntezę chlorofilu wywierał azot (tab. 1). Przy jednostronnym nawożeniu azotem wystąpił systematyczny wzrost zawartości chlorofilu całkowitego aż do dawki nawozu równej 100 mg N/kg gleby, przy tym poziomie nawożenia odnotowano około 22% wzrost poziomu barwnika. Największa z zastosowanych dawek azotu spowodowała już nieco mniejszy wzrost poziomu chlorofilu, około 17% w porównaniu z nienawożoną kontrolą. Korzystny wpływ na syntezę chlorofilu wywierało ponadto kompleksowo zastosowane nawożenie mineralne NPK, wyższe z zastosowanych dawek tych nawozów przyczyniły się do zwiększenia zawartości tego barwnika średnio o 13,5%. Nawożenie fosforem także prowadziło do wzrostu poziomu chlorofilu całkowitego, przy czym zmiany nie były już tak duże jak w przypadku nawożeń azotem. Niewielki, statystycznie nieistotny wzrost zawartości chlorofilu uwidocznił się także przy mniejszych dawkach potasu, wyższe dawki potasu prowadziły natomiast do około 5% obniżenia poziomu chlorofilu w stosunku do kontroli.

Tabela 2
Funkcje wielomianowe wpływu dawki nawożenia x (N, P, K, NPK) na zawartość suchej masy, cukrów, chlorofilu i kwasu askorbinowego (y) w liściach selera naciowego

Table 2
Polynomial function of the effect of fertilization rate x (N, P, K, NPK) on dry matter, sugars, chlorophyll and ascorbic acid contents (y) in the leaves of leaf celery

Analizowany składnik	Funkcja wielomianowa 2 ^o	Dawki optymalne [mg kg ⁻¹ gleby]	Zawartość składnika przy dawce optymalnej
Nawożenie azotem			
Sucha masa	$y = 0,22942 + 0,00041x - 0,000002x^2$	103	0,250 g g ⁻¹ św.m.
Cukry rozpuszczalne	$y = 5,38040 - 0,00603x - 0,000008x^2$	liniowy spadek	-
Chlorofil całkowity	$y = 1,31180 + 0,00362x - 0,000013x^2$	139	1,564 mg g ⁻¹ św.m.
Kwas askorbinowy	$y = 123,0914 + 0,39724x - 0,00181x^2$	110	144,89 mg%
Nawożenie fosforem			
Sucha masa	$y = 0,23232 + 0,00022x - 0,000002x^2$	55	0,238 g g ⁻¹ św.m.
Cukry rozpuszczalne	$y = 5,33981 + 0,00717x - 0,000177x^2$	20	5,41 % s.m.
Chlorofil całkowity	$y = 1,31071 + 0,00227x - 0,000021x^2$	54	1,372 mg g ⁻¹ św.m.
Kwas askorbinowy	$y = 123,2314 + 0,45361x - 0,00486x^2$	47	133,82 mg%
Nawożenie potasem			
Sucha masa	$y = 0,2325 - 0,00005x - 0,0000003x^2$	liniowy spadek	-
Cukry rozpuszczalne	$y = 5,40901 - 0,00266x - 0,000108x^2$	liniowy spadek	-
Chlorofil całkowity	$y = 1,32576 + 0,00020x - 0,000005x^2$	20	1,328 mg g ⁻¹ św.m.
Kwas askorbinowy	$y = 122,7503 + 0,45688x - 0,00289x^2$	79	140,81 mg%
Nawożenie azotem, fosforem i potasem			
Sucha masa	$y = 0,235 - 0,00008x + 0,00000003x^2$	liniowy spadek	-
Cukry rozpuszczalne	$y = 5,39250 - 0,00903x - 0,000001x^2$	liniowy spadek	-
Chlorofil całkowity	$y = 1,32691 + 0,00102x - 0,000002x^2$	255	1,457 mg g ⁻¹ św.m.
Kwas askorbinowy	$y = 125,1689 + 0,02555x + 0,000003x^2$	liniowy wzrost	-

Przedstawione na rysunku 1 dane wskazują na przebieg zależności pomiędzy dawkami optymalnymi ze względu na plon suchej masy selera naciowego (część I pracy) a zawartością wybranych składników organicznych w liściach selera. Wyznaczone, z przebiegu funkcji wielomianowej 2^o, optymalne dawki nawożenia ze względu na zawartość analizowanych składników organicznych (tab. 2) nie pokrywają się z dawkami optymalnymi ze względu na plon (część I pracy). Przy uznanej za optymalną dawce N uzyskuje się rośliny intensywnie wybarwione, o wysokim poziomie witaminy C, podwyższonej zawartości suchej masy, a jednocześnie o obniżonej zawartości cukrów. Podobne relacje pomiędzy plonem selera naciowego i jego wartością biologiczną zanotowano również przy pełnym nawożeniu mineralnym NPK, przy czym uzyskane rośliny cechuje nie tylko niski poziom cukrów, lecz także niższa zawartość suchej masy. Jednostronne nawożenie fosforem w dawce optymalnej w mniejszym stopniu obniżyło poziom cukrów przy jednoczesnym zwiększeniu poziomu witaminy C, lecz rośliny nie są już tak intensywnie wybarwione. Nawożenie potasem w dawce optymalnej ze względu na plon, przy niezmienionej zawartości pozostałych składników pokarmowych w glebie,

przyczyniło się wprawdzie do dużej zawartości witaminy C, lecz prowadziło jednocześnie do obniżenia poziomu suchej masy, cukrów i chlorofilu całkowitego w roślinach.

Omówienie i analiza uzyskanych wyników

Z punktu widzenia konsumenta ważna jest jakość spożywanych warzyw, na którą składają się zarówno wygląd oraz smak, jak też zawartość składników mineralnych i organicznych, które decydują o ich wartości odżywczej i zdrowotnej [1, 7, 10, 22]. Z licznych doniesień literaturowych wynika, że ważnym czynnikiem agrotechnicznym wpływającym na jakość warzyw jest stosowane nawożenie [1, 7-13, 22-25].

Istotnym parametrem wartości handlowej warzyw przeznaczonych do bezpośredniego spożycia jest zawartość suchej masy, decydująca o ich trwałości [24, 26]. Wyniki badań wskazują na silne uzależnienie poziomu suchej masy roślin od rodzaju i dawki nawożenia mineralnego [2, 8, 24, 27, 28]. W omawianym doświadczeniu z selerem naciowym także zaobserwowano podobne zależności. Spośród zastosowanych nawożeń stymulująco na poziom suchej masy działało nawożenie azotem. O dodatnim wpływie nawożenia azotem na zawartość suchej masy warzyw donosili też Jarosz i Dzida [24] oraz Moreno i inni [2].

Nawożenie mineralne oddziałuje także w znacznym stopniu na zawartość różnych składników organicznych, takich jak witaminy, białka czy cukry [9, 10, 13, 28, 29]. Zbyt duże dawki nawozowe nie tylko obniżają plon roślin, lecz jednocześnie powodują pogorszenie ich wartości biologicznej [1, 22, 24, 25]. Przeprowadzone badania dla selera naciowego także wykazały, iż zawartość cukrów i witaminy C w warzywach uzależniona jest od rodzaju i dawek nawożenia mineralnego oraz że zbyt duże dawki nawozów prowadzą do pogorszenia wartości biologicznej plonu. Uzyskane w eksperymencie wyniki wykazały ponadto, iż optymalne dawki nawożenia mineralnego ze względu na plon (część I pracy) nie gwarantują najwyższej wartości biologicznej warzyw. Zarówno jednostronne nawożenie azotem, fosforem i potasem, jak i pełne nawożenie NPK prowadziły do spadku zawartości cukrów rozpuszczalnych w liściach selera naciowego, tym większego, im większa była dawka nawozu. Niewielki, statystycznie nieistotny wzrost poziomu cukrów odnotowano tylko przy najniższych zastosowanych dawkach jednostronnego nawożenia azotem, fosforem i potasem. O ujemnym wpływie nawożenia mineralnego na poziom cukrów w roślinach uprawnych świadczą także wyniki innych badań [1, 12, 13].

Zawartość witaminy C w warzywach liściowych jest ważnym wskaźnikiem ich jakości ze względu na rolę, jaką pełni ta witamina w diecie człowieka [29, 30]. Dane z piśmiennictwa dowodzą, że działanie azotu, fosforu i potasu na syntezę witaminy nie jest jednoznaczne, zależy bowiem od rośliny i sposobu nawożenia [1, 10, 13, 28, 29]. W przeprowadzonych badaniach z selerem naciowym poziom witaminy C w dużym stopniu uzależniony był od rodzaju i dawek zastosowanego nawożenia. Zwiększanie dawek azotu, fosforu, potasu oraz NPK prowadziło do wzrostu zawartości kwasu askorbinowego w warzywach, ale tylko do pewnego poziomu zasobności gleby w te składniki. O tym, że zarówno brak nawożenia NPK, jak i zbyt duża dawka prowadzi do spadku zawartości witaminy C w warzywach, świadczą także wyniki innych badań [1, 10]. Spośród przebadanych w omawianym eksperymencie nawożeń najkorzystniejsze, ze względu na poziom witaminy C, okazało się nawożenie azotem oraz potasem w niższych dawkach. W piśmiennictwie przeważa pogląd o negatywnym oddziaływaniu nawożenia azotem na

syntezę kwasu askorbinowego w roślinach [7, 30-32]. O korzystnym wpływie azotu na zawartość kwasu askorbinowego w warzywach, ale także tylko do pewnego poziomu zasobności gleby w ten składnik, świadczą wyniki nielicznych badań [1, 11], podczas gdy Hebbar i in. [33] donoszą o pozytywnym wpływie potasu na poziom witaminy C.

Wartość odżywcza roślin uprawnych zależy także od wydajności procesu fotosyntezy, dlatego też ocena sumarycznej zawartości chlorofilu ma zastosowanie w badaniach nad efektywnością nawożenia mineralnego [9, 16, 33, 34]. Ponadto dla warzyw liściowych ważną cechą jakości decydującą o ich atrakcyjności jest kolor zielony, dlatego ważna jest zawartość chlorofilu [30, 35]. Uzyskane w przeprowadzonym eksperymencie wyniki wskazują na silne uzależnienie zmian poziomu chlorofilu całkowitego w liściach selera naciowego od zastosowanego nawożenia. Stwierdzono, że zarówno dla nawożenia azotem, fosforem i potasem, jak i pełnego nawożenia NPK istnieje dawka optymalna, po przekroczeniu której dochodzi do spadku poziomu chlorofilu w liściach. O tym, że wzrost zasobności gleby w składniki pokarmowe NPK prowadzi do wzrostu poziomu chlorofilu całkowitego, ale tylko do pewnej dawki nawozu, po przekroczeniu której następuje spadek zawartości tego barwnika, świadczą także wyniki innych badań [9, 15]. Spośród dostarczanych składników pokarmowych największy wpływ na syntezę chlorofilu wywierał azot. Wyniki te potwierdzają wcześniejsze badania [1, 30, 36-39], w których wykazano, że poziom chlorofilu jest silnie związany z nawożeniem azotem.

Wnioski

1. Zastosowane w trzyletnim doświadczeniu nawożenie mineralne azotem, fosforem, potasem oraz pełne nawożenie NPK w znacznym stopniu wpłynęły na poziom suchej masy, cukrów rozpuszczalnych, witaminy C i chlorofilu całkowitego w liściach selera naciowego, przy czym zmiany w dużym stopniu uzależnione były zarówno od rodzaju nawożenia, jak i od ilości dawki.
2. Zbyt duże dawki nawozów mineralnych prowadziły do pogorszenia wartości biologicznej plonu selera naciowego.
3. Spośród zastosowanych nawożeń mineralnych najbardziej korzystnie na poziom suchej masy działało jednostronne nawożenie azotem.
4. Wszystkie z zastosowanych kombinacji nawozowych prowadziły do spadku zawartości cukrów rozpuszczalnych w liściach selera naciowego, tym większego, im wyższa była dawka nawozu.
5. Dla zastosowanych nawożeń azotem, fosforem i potasem istnieje dawka optymalna, po przekroczeniu której dochodzi do spadku poziomu kwasu askorbinowego i chlorofilu w liściach warzyw.
6. Optymalne dawki nawożenia mineralnego ze względu na plon (część I pracy) nie gwarantują najwyższej wartości biologicznej warzyw.

Literatura

- [1] Gurgul E., Kołota E., Herman B. i Biczak R.: Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rolnictwo, 1998, **347**, 143-153.
- [2] Moreno D.A., Villoro G. i Romero L.: Sci. Hort., 2003, **97**, 121-127.
- [3] Chen Q., Zhang X., Zhang H., Christie P., Li X., Horlacher D. i Liebig H.P.: Nutr. Cycl. Agroecosyst., 2004, **69**, 51-58.

- [4] Sanchez-Castillo C.P., Dewey P.J.S., Aguirre A., Lara J.J., Vaca R., de la Barra P.L., Ortiz M., Escamilla I. i James W.P.T.: *J. Food Comp. Anal.*, 1998, **11**, 340-356.
- [5] Reddy N.S. i Bhatt G.: *Plant Foods Hum. Nutr.*, 2001, **56**, 1-6.
- [6] White P.J. i Broadley M.R.: *Trends Plant Sci.*, 2005, **10**(12), 586-593.
- [7] Kowalska L., Sady W. i Szura A.: *Acta Agrophys.*, 2006, **7**(3), 619-631.
- [8] Evers A.M., Ketoja E., Hägg M., Plaami S., Häkkinen U. i Pessala R.: *Plant Foods Hum. Nutr.*, 1997, **51**, 173-186.
- [9] Biczak R., Gurgul E. i Herman B.: *Folia Hort.*, 1998, **10** (2), 23-34.
- [10] Jabłońska-Ceglarek R. i Franczuk J.: *Acta Sci. Polon. Hortorum Cultus*, 2002, **1**(1), 45-54.
- [11] Kalisz A.: *Roczn. AR w Poznaniu*, 2007, **383**, 511-515.
- [12] Smoleń S. i Sady W.: *Sci. Hort.*, 2009, **120**, 315-324.
- [13] Kołota E. i Czerniak K.: *Acta Sci. Polon. Hortorum Cultus*, 2010, **9**(2), 31-37.
- [14] Michalik Ł.: *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 2008, **527**, 213-219.
- [15] Skwaryło-Bednarz B. i Krzepiło A.: *Acta Agrophys.*, 2009, **14**(2), 469-477.
- [16] Karczmarczyk S., Koszański Z. i Podsiadło C.: *Acta Agrobot.*, 1993, **46**(1), 15-30.
- [17] Lopez-Cantarero I., Lorente F.A. i Romero L.: *J. Plant Nutr.*, 1994, **17**(6), 979-990.
- [18] Rutkowska U.: *Wybrane metody badania składu i wartości odżywczej żywności*. PZWL, Warszawa 1981.
- [19] Arnon D.: *Biochem. Biophys. Acta*, 1956, **20**, 449-461.
- [20] Bruinsma J.: *Photochem. Photobiol.*, 1963, **2**, 241-249.
- [21] Czuba R. i Mazur T.: *Wpływ nawożenia na jakość plonów*. PWRiL, Warszawa 1988.
- [22] Smoleń S.: *Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem i dokarmiania dolistnego na wartość biologiczną marchwi. Zastosowanie metod statystycznych w badaniach naukowych*, StatSoft Polska, 2008.
- [23] Gajewski M. i Radzanowska J.: *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość*, 2004, **2**(39), 108-120.
- [24] Jarosz Z. i Dzida K.: *Acta Agrophys.*, 2006, **7**(3), 591-597.
- [25] Krężel J. i Kołota E.: *Roczn. AR w Poznaniu*, 2007, **383**, 547-552.
- [26] Gonella M., Serio F., Conversa G. i Santamaria P.: *Acta Hort.*, 2004, **644**, 61-67.
- [27] Aydin I. i Uzun F.: *Eur. J. Agronom.*, 2005, **23**, 8-14.
- [28] Michałojć Z.M. i Konopińska J.: *Ann. UMCS, Agricultura*, 2009, **64**(2), 86-93.
- [29] Wierzbicka B. i Kuskowska M.: *Acta Sci. Polon. Hortorum Cultus*, 2002, **1**(1), 49-57.
- [30] Konstantopoulou E., Kapotis G., Salachas G., Petropoulos S.A., Karapanos I.C. i Passam H.C.: *Sci. Hort.*, 2010, **125**, 93.e1-93.e5.
- [31] Jabłońska-Ceglarek R. i Wadas W.: *Zesz. Nauk. WSRP Siedlce, Rolnictwo*, 1994, **41**, 296-321.
- [32] Różyło K. i Pałys E.: *Ann. UMCS, Agricultura*, 2009, **64**(3), 110-119.
- [33] Hebbar S.S., Ramachandrapa B.K., Nanjappa H.V. i Prabhakar M.: *Eur. J. Agronom.*, 2004, **21**, 117-127.
- [34] Gurgul E., Kołota E., Herman B. i Biczak R.: *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rolnictwo*, 1998, **347**, 155-164.
- [35] Lisiewska Z., Kmiecik W., Korus A.: *J. Food Comp. Anal.*, 2006, **19**, 134-140.
- [36] Biesiada A., Kucharska A. i Sokół-Łętowska A.: *Acta Agrophys.*, 2006, **7**(4), 829-838.
- [37] Zhou X.J., Liang Y., Chen H., Shen S.H. i Jing Y.X.: *Photosynthetica*, 2006, **44**(4), 530-535.
- [38] Anand M.H. i Byju G.: *Photosynthetica*, 2008, **46**(4), 511-516.
- [39] Dordas C.A. i Sioulas C.: *Indus. Crops Prod.*, 2008, **27**, 78-85.

**EFFECTS OF NITROGEN, PHOSPHORUS AND POTASSIUM FERTILIZATION
ON YIELD AND BIOLOGICAL VALUE OF LEAF CELERY
PART II: DRY MATTER, SUGARS, CHLOROPHYLL
AND ASCORBIC ACID CONTENT OF VEGETABLES LEAVES**

Institute of Chemistry, Environment Protection and Biotechnology
Jan Długosz University in Częstochowa

Abstract: The effect of mineral fertilization using nitrogen, phosphorus, and potassium, and NPK complex on changes of dry matter, sugars, chlorophyll and ascorbic acid content in the leaves of leaf celery (*Apium graveolens* L. var. *dulce* (Mill.) Pers.) at the pot experiment has been investigated. The results of the investigation showed that high nitrogen, phosphorus, and potassium content in the soil leads to depletion of the biological values of the plants. Moreover, test with leaf celery have shown that the fertilizing rates optimal for yield do not guarantee the

highest nutritional value of the vegetable. The high level of mineral fertilization caused a decrease in the contents of ascorbic acid and chlorophyll in the leaves of the leaf celery. Raising the contents of nitrogen, phosphorus and potassium in the soil resulted in a decrease of the level of sugars in the vegetables.

Keywords: mineral fertilization, leaf celery, dry matter, sugar, chlorophyll, ascorbic acid