

Robert BICZAK<sup>1</sup>, Barbara HERMAN<sup>1</sup> i Piotr RYCHTER<sup>1</sup>

**WPŁYW NAWOŻENIA AZOTEM, FOSFOREM I POTASEM  
NA PLONOWANIE I WARTOŚĆ BIOLOGICZNĄ  
SELERA NACIOWEGO  
CZĘŚĆ I: PLON I SKŁAD MINERALNY WARZYW**

**EFFECTS OF NITROGEN, PHOSPHORUS AND POTASSIUM FERTILIZATION  
ON YIELD AND BIOLOGICAL VALUE OF LEAF CELERY  
PART I: VEGETABLES YIELD AND MINERAL COMPOSITION**

**Abstrakt:** W eksperymencie wazonowym przebadano wpływ wzrastających dawek azotu (25, 50, 75, 100 i 150 mg/kg gleby), fosforu (20, 50, 75 i 100 mg/kg gleby), potasu (30, 75, 100 i 150 mg/kg gleby) i zróżnicowanych poziomów łącznego nawożenia tymi składnikami (NPK) na plon suchej masy selera naciowego (*Apium graveolens* L. var. *dulce* (Mill.) Pers.) oraz zmiany zawartości składników mineralnych: N-ogółem, fosforu, potasu, wapnia i magnezu. Wszystkie z zastosowanych kombinacji nawozowych prowadziły do zwiększenia plonu suchej masy selera naciowego. Największy wzrost plonu wystąpił pod wpływem łącznego nawożenia NPK oraz jednostronnego nawożenia azotem. Zastosowane w doświadczeniu nawożenia azotem, fosforem i potasem oraz nawożenia NPK w sposób istotny wpłynęły na skład mineralny liści selera naciowego, najkorzystniejsze okazało się kompleksowe nawożenie NPK. Badania z selerem naciowym wykazały ponadto, iż optymalne dawki nawożenia ze względu na zawartość składników mineralnych różnią się od dawek optymalnych ze względu na plon.

**Słowa kluczowe:** nawożenie mineralne, seler naciowy, plon, skład mineralny roślin

Seler naciowy jest cennym warzywem smakowym, dietetycznym i leczniczym uprawianym w Polsce na niewielką skalę, bardzo popularnym natomiast w krajach Europy Zachodniej. Dzięki swym właściwościom warzywo to zdobywa popularność także na naszym rynku [1, 2]. Ogonki liściowe, stanowiące część jadalną selera naciowego, zawierają 0,6÷1,4% białka, wiele związków biologicznie czynnych, takich jak witaminy C, E, karoten, flawonoidy oraz sole mineralne magnezu, wapnia, potasu i żelaza [3-6].

Duże znaczenie warzyw w odżywianiu ludzi sprawia, że uprawa ich jest ważną gałęzią gospodarki rolnej [7]. Dla uzyskania wysokich plonów stosuje się intensywne nawożenie mineralne, które może prowadzić jednocześnie do zmiany jakości warzyw [8-10], w tym poziomu składników mineralnych [11-15].

Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu wzrastających dawek nawożenia mineralnego azotem, fosforem i potasem oraz łącznego nawożenia tymi składnikami (NPK) na plon suchej masy i skład mineralny liści selera naciowego (poziom N-ogółem, fosforu, potasu, wapnia i magnezu) oraz wyznaczenie optymalnych dawek nawożeń ze względu na plon suchej masy i zawartość składników mineralnych.

<sup>1</sup> Katedra Biochemii i Technologii Bioproduktów, 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

## Metodyka badań

W ramach badań przeprowadzono trzyletnie doświadczenia wazonowe z selerem naciowym (*Apium graveolens* L. var. *dulce* (Mill.) Pers.) odmiany Utah 52-70. Wazonny plastikowe o powierzchni 0,15 m<sup>2</sup> napełniono 10 kg gleby (piasek gliniasty mocny – pgm) o zawartości próchnicy 1,2% i pH(KCl) 6,8. Wyjściowy poziom zasobności podłoża, przy którym uprawiano rośliny w obiekcie kontrolnym (N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>) wynosił: 12 mg N, 52 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 60 mg K<sub>2</sub>O i 76 mg MgO na 1 kg gleby.

Rośliny selera naciowego uprawiane były z rozsady wyprodukowanej na rozsadniku i sadzonej w fazie 5-6 liści (3 rośliny na wazon), przez cały okres uprawy utrzymywano stałą wilgotność podłoża, na poziomie 70% polowej pojemności wodnej.

Nawożenie fosforem (w postaci NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O) oraz potasem (w formie KCl) przeprowadzono jednorazowo, przedwegetacyjnie w końcu kwietnia, nawożenie azotem (w postaci NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) stosowano natomiast w dwóch dawkach, pierwszą przedwegetacyjnie w końcu kwietnia, drugą zaś pogłównie w końcu czerwca. Zastosowane dawki nawożenia azotem, fosforem i potasem oraz pełnego nawożenia NPK podano w tabeli 1.

Tabela 1

Dawki nawożenia mineralnego [mg kg<sup>-1</sup> gleby]

Table 1

Doses of mineral fertilization [mg kg<sup>-1</sup> soil]

Zastosowane nawożenie		I termin nawożenia			II termin nawożenia		
		N	P	K	N	P	K
Próba kontrolna	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	-	-	-	-	-	-
Nawożenie azotem	N <sub>20</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	10	-	-	10	-	-
	N <sub>50</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	25	-	-	25	-	-
	N <sub>75</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	37,5	-	-	37,5	-	-
	N <sub>100</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	50	-	-	50	-	-
	N <sub>150</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	75	-	-	75	-	-
Nawożenie fosforem	N <sub>0</sub> P <sub>20</sub> K <sub>0</sub>	-	20	-	-	-	-
	N <sub>0</sub> P <sub>50</sub> K <sub>0</sub>	-	50	-	-	-	-
	N <sub>0</sub> P <sub>75</sub> K <sub>0</sub>	-	75	-	-	-	-
	N <sub>0</sub> P <sub>100</sub> K <sub>0</sub>	-	100	-	-	-	-
Nawożenie potasem	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>30</sub>	-	-	30	-	-	-
	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>75</sub>	-	-	75	-	-	-
	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>100</sub>	-	-	100	-	-	-
	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>150</sub>	-	-	150	-	-	-
Nawożenie azotem, fosforem i potasem	N <sub>20</sub> P <sub>20</sub> K <sub>30</sub>	10	20	30	10	-	-
	N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>75</sub>	25	50	75	25	-	-
	N <sub>75</sub> P <sub>75</sub> K <sub>100</sub>	37,5	75	100	37,5	-	-
	N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>150</sub>	50	100	150	50	-	-

Pełnego nawożenia NPK dokonano w stosunku zbliżonym lub równym 2:2:3, zalecanym w uprawach selera naciowego.

Każde z czterech doświadczeń zostało założone metodą kompletnej randomizacji w pięciu powtórzeniach i obejmowało łącznie z kontrolą 6 obiektów w przypadku

nawożenia azotem oraz po 5 obiektów w pozostałych rodzajach nawożeń. Łączna liczba roślin badanych w jednym obiekcie wynosiła 15 sztuk.

Analizy składu mineralnego liści selera naciowego dokonano w wysuszonych próbkach materiału roślinnego pobranych przy zbiorze warzyw w końcu września, wyniki podano w g kg<sup>-1</sup> suchej masy roślin. Poziom N-ogólnego i fosforu oznaczono na Autoanalizatorze II firmy „Bran+Luebbe” po mineralizacji materiału roślinnego w bloku mineralizacyjnym Kjeldatherm KB 20 firmy „Gerard”. Zawartość potasu, wapnia i magnezu oznaczono na spektrofotometrze absorpcji atomowej AAS Spektra 400 firmy „Varian” po mineralizacji próbek roślinnych w mineralizatorze mikrofalowym firmy „CEM-MDS 2000”. W czasie zbioru oznaczono ponadto plon suchej masy [g s.m. wazon<sup>-1</sup>].

Na podstawie uzyskanych wyników określono zależności pomiędzy plonem suchej masy selera naciowego i poziomem składników mineralnych (N, P, K, Ca i Mg) a wielkością dawki nawożenia - x (N, P, K, NPK). Do opisu zależności zastosowano funkcję wielomianową 2<sup>o</sup> o ogólnej postaci:

$$y = a + bx + cx^2$$

a dawki optymalne obliczono z zależności  $x_{opt} = -b/2c$ .

Ocenę istotności otrzymanych wyników przeprowadzono, wykorzystując analizę wariancji (test F Fishera-Snedecora), a wartości NIR<sub>0,05</sub> obliczono testem Tukeya.

### Wyniki badań

Zastosowane w trzyletnim doświadczeniu wazonowym nawożenia azotem, fosforem i potasem oraz łączne nawożenie NPK w znacznym stopniu wpłynęły na plon suchej masy liści selera naciowego. Wszystkie zastosowane nawożenia prowadziły do zwiększenia plonu suchej masy, przy czym obserwowany wzrost w dużym stopniu uzależniony był zarówno od rodzaju nawożenia, jak i wielkości dawki (tab. 2, rys. 1). Największy wzrost plonu suchej masy wystąpił przy pełnym nawożeniu mineralnym NPK oraz jednostronnym nawożeniu azotem. Przy większych dawkach NPK odnotowano aż 69% wzrost plonu suchej masy, podczas gdy dla średnich z zastosowanych dawek azotu wzrost ten wynosił 59÷64%.

Obliczenia, przeprowadzone korzystając z funkcji wielomianowej 2<sup>o</sup>, dotyczącej zależności między plonem suchej masy a zastosowanymi dawkami nawożenia mineralnego pozwoliły na ustalenie optymalnych dawek poszczególnych składników w uprawie selera naciowego (tab. 3). Najwyższy plon suchej masy selera naciowego może zapewnić nawożenie następującymi dawkami nawozów: N - 104 mg kg<sup>-1</sup> gleby, P - 57 mg kg<sup>-1</sup> gleby, K - 76 mg kg<sup>-1</sup> gleby, a przy łącznym ich stosowaniu dawka 288 mg kg<sup>-1</sup> gleby. Najwyższy plon suchej masy można otrzymać przy pełnym nawożeniu azotem, fosforem i potasem, zastosowanym w dawce optymalnej.

Wyniki przeprowadzonych analiz chemicznych dowiodły, że nawożenie mineralne modyfikuje nie tylko plon, lecz także skład mineralny liści selera naciowego (tab. 4, rys. 1). Zawartość poszczególnych pierwiastków: N-ogólnego, fosforu, potasu, wapnia i magnezu w liściach selera naciowego uzależniona była zarówno od roku badań, jak i od rodzaju oraz dawki nawożenia mineralnego (tab. 4).

Tabela 2  
Wpływ nawożenia azotem, fosforem i potasem oraz pełnego nawożenia NPK na plon suchej masy selera naciowego

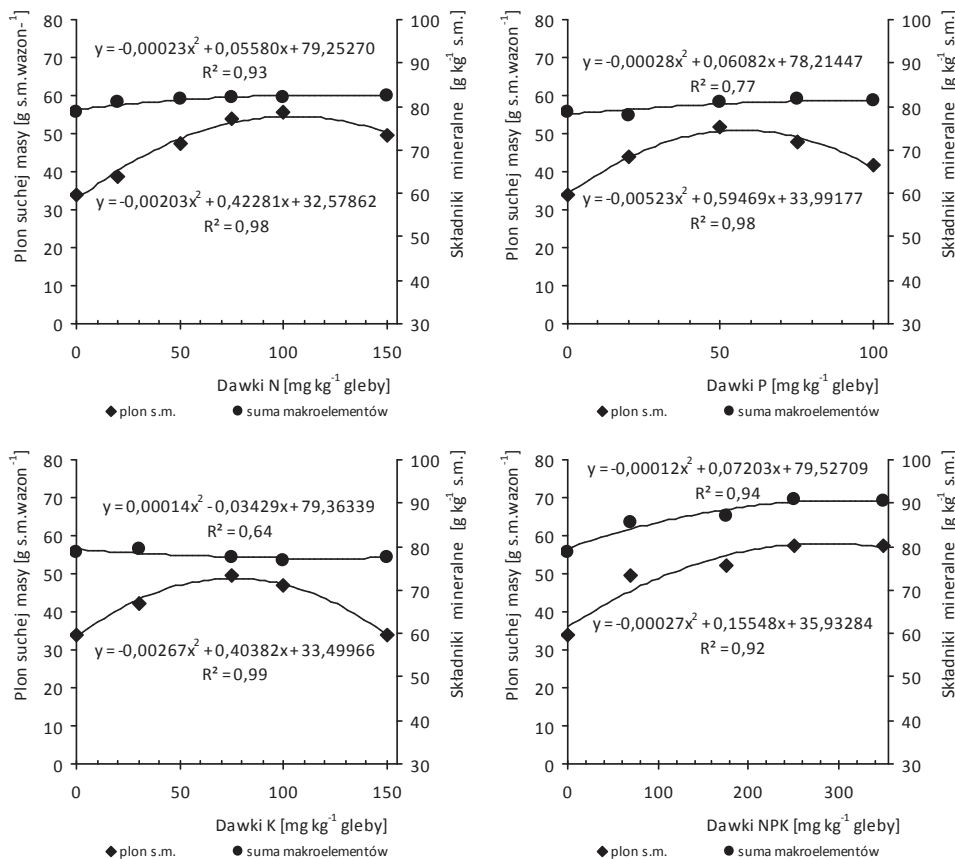
Table 2  
Effect of nitrogen, phosphorus, potassium and NPK fertilization on dry matter yield of leaf celery

Zastosowane nawożenie	Plon suchej masy [g s.m. wazon <sup>-1</sup> ]			
	I rok badań	II rok badań	III rok badań	średnia
Próba kontrolna				
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	33,32	38,07	30,22	33,87
Nawożenie azotem				
N <sub>20</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	39,68	39,99	37,01	38,89
N <sub>50</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	48,91	44,20	48,50	47,20
N <sub>75</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	55,46	51,75	53,97	53,73
N <sub>100</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	57,60	51,66	57,72	55,66
N <sub>150</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	50,97	48,50	49,62	49,70
średnia	50,52	47,22	49,36	49,04
NIR <sub>0,05</sub>	dla lat - 4,87 dla poziomów nawożenia - 3,45			
Nawożenie fosforem				
N <sub>0</sub> P <sub>20</sub> K <sub>0</sub>	44,89	43,74	42,48	43,70
N <sub>0</sub> P <sub>50</sub> K <sub>0</sub>	56,03	49,71	49,35	51,70
N <sub>0</sub> P <sub>75</sub> K <sub>0</sub>	47,15	47,18	49,16	47,83
N <sub>0</sub> P <sub>100</sub> K <sub>0</sub>	42,56	41,06	41,24	41,62
średnia	47,66	45,42	45,56	46,21
NIR <sub>0,05</sub>	dla lat - 4,84 dla poziomów nawożenia - 3,75			
Nawożenie potasem				
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>30</sub>	45,63	42,99	38,56	42,39
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>75</sub>	46,70	50,89	50,87	49,49
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>100</sub>	47,93	46,93	46,04	46,97
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>150</sub>	31,20	34,90	35,78	33,96
średnia	42,87	43,93	42,81	43,20
NIR <sub>0,05</sub>	dla lat - 5,40 dla poziomów nawożenia - 4,18			
Nawożenie azotem, fosforem i potasem				
N <sub>20</sub> P <sub>20</sub> K <sub>30</sub>	51,29	46,58	51,16	49,68
N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>75</sub>	52,22	53,14	51,68	52,35
N <sub>75</sub> P <sub>75</sub> K <sub>100</sub>	55,78	57,96	58,21	57,32
N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>150</sub>	57,41	57,81	56,97	57,40
średnia	54,18	53,87	54,51	54,19
NIR <sub>0,05</sub>	dla lat - 4,60 dla poziomów nawożenia - 3,56			

Tabela 3  
Funkcje wielomianowe wpływu dawki nawożenia x (N, P, K, NPK) na plon suchej masy selera naciowego (y)

Table 3  
Polynomial function of the effect of fertilization rate x (N, P, K, NPK) on dry matter of leaf celery (y)

Nawożenie	Funkcja wielomianowa 2°	Dawki optymalne [mg kg <sup>-1</sup> gleby]	Plon suchej masy dla dawki optymalnej [g s.m. wazon <sup>-1</sup> ]
N	$y = 32,57862 + 0,42281x - 0,00203x^2$	104	54,59
P	$y = 33,99177 + 0,59469x - 0,00523x^2$	57	50,90
K	$y = 33,49966 + 0,40382x - 0,00267x^2$	76	48,77
NPK	$y = 35,93284 + 0,15548x - 0,00027x^2$	288	56,08



Rys. 1. Krzywe 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

Tabela 4

Wpływ nawożenia azotem, fosforem i potasem oraz łącznego nawożenia NPK na skład mineralny liści selera naciowego

Table 4

Effect of nitrogen, phosphorus, potassium and NPK fertilization on mineral elements content in the leaves of the leaf celery

Zastosowane nawożenie	N-ogólny [g kg <sup>-1</sup> s.m.]				P [g kg <sup>-1</sup> s.m.]				K [g kg <sup>-1</sup> s.m.]			
	I rok badań	II rok badań	III rok badań	średnia	I rok badań	II rok badań	III rok badań	średnia	I rok badań	II rok badań	III rok badań	średnia
Próba kontrolna												
$N_0P_0K_0$	22,03	19,49	20,03	20,52	2,98	3,33	2,95	3,09	25,07	25,66	23,42	24,72

Nawożenie azotem												
N <sub>20</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	23,48	25,50	22,19	23,72	2,89	3,40	2,71	3,00	24,99	25,78	23,28	24,68
N <sub>50</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	23,99	25,59	22,85	24,14	2,99	3,41	2,81	3,07	25,11	25,60	24,23	24,98
N <sub>75</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	24,21	26,16	23,48	24,62	3,05	3,48	3,11	3,21	25,38	26,22	24,22	25,27
N <sub>100</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	25,07	27,41	24,14	25,54	3,23	3,56	3,48	3,42	24,10	26,12	23,60	24,61
N <sub>150</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	27,69	27,50	26,61	27,27	3,31	3,50	3,08	3,30	23,64	25,92	23,41	24,32
średnia	24,89	26,43	23,84	25,05	3,09	3,47	3,04	3,20	24,64	25,93	23,75	24,77
NIR <sub>0,05</sub>	dla lat - 1,85 dla poziomów nawożenia - 1,31				dla lat - 0,22 dla poziomów nawożenia - 0,16				dla lat - 0,80 dla poziomów nawożenia - 0,57			
Nawożenie fosforem												
N <sub>0</sub> P <sub>20</sub> K <sub>0</sub>	20,61	23,33	22,86	22,27	3,28	3,46	3,50	3,41	23,66	23,91	21,64	23,07
N <sub>0</sub> P <sub>50</sub> K <sub>0</sub>	23,58	24,98	24,50	24,35	3,44	3,50	3,65	3,53	23,71	24,15	21,45	23,10
N <sub>0</sub> P <sub>75</sub> K <sub>0</sub>	25,93	25,49	24,20	25,21	3,43	3,58	3,60	3,54	24,76	24,43	22,32	23,84
N <sub>0</sub> P <sub>100</sub> K <sub>0</sub>	24,14	25,89	23,49	24,51	3,43	3,57	3,51	3,50	24,20	23,98	21,93	23,37
średnia	23,57	24,92	23,76	24,08	3,40	3,53	3,57	3,50	24,08	24,12	21,84	23,35
NIR <sub>0,05</sub>	dla lat - 2,28 dla poziomów nawożenia - 1,77				dla lat - 0,19 dla poziomów nawożenia - 0,15				dla lat - 0,44 dla poziomów nawożenia - 0,34			
Nawożenie potasem												
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>30</sub>	20,03	22,03	20,94	21,00	3,12	3,37	3,53	3,34	25,93	26,71	23,64	25,43
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>75</sub>	20,26	20,15	19,97	20,13	2,93	3,49	3,09	3,17	25,29	27,03	23,63	25,32
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>100</sub>	18,69	20,10	18,13	18,97	2,98	3,20	3,13	3,10	27,00	29,44	25,06	27,17
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>150</sub>	18,13	19,46	18,94	18,84	2,81	3,15	2,95	2,97	29,31	29,62	28,02	28,98
średnia	19,28	20,44	19,50	19,74	2,96	3,30	3,18	3,15	26,88	28,20	25,09	26,73
NIR <sub>0,05</sub>	dla lat - 1,83 dla poziomów nawożenia - 1,42				dla lat - 0,24 dla poziomów nawożenia - 0,19				dla lat - 1,11 dla poziomów nawożenia - 0,86			
Nawożenie azotem, fosforem i potasem												
N <sub>20</sub> P <sub>20</sub> K <sub>30</sub>	25,91	27,20	26,29	26,47	2,93	3,34	3,17	3,15	25,70	26,58	25,35	25,88
N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>75</sub>	26,55	29,41	27,94	27,97	2,99	3,44	3,18	3,20	25,83	27,01	25,30	26,05
N <sub>75</sub> P <sub>75</sub> K <sub>100</sub>	30,89	31,95	32,09	31,64	3,03	3,52	3,27	3,27	26,90	28,33	27,22	27,48
N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>150</sub>	31,98	31,89	30,84	31,57	3,00	3,47	3,22	3,23	26,91	28,54	27,10	27,52
średnia	28,83	30,11	29,29	29,41	2,99	3,44	3,21	3,21	26,34	27,62	26,24	26,73
NIR <sub>0,05</sub>	dla lat - 2,03 dla poziomów nawożenia - 1,57				dla lat - 0,11 dla poziomów nawożenia - 0,09				dla lat - 0,76 dla poziomów nawożenia - 0,59			

Zastosowane nawożenie	Ca [g kg <sup>-1</sup> s.m.]				Mg [g kg <sup>-1</sup> 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 <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	25,95	28,95	28,55	27,82	2,59	2,80	2,72	2,70
Nawożenie azotem								
N <sub>20</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	26,45	27,75	26,15	26,78	2,50	2,79	2,57	2,62
N <sub>50</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	25,80	28,25	26,45	26,83	2,44	2,70	2,54	2,56
N <sub>75</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	25,35	27,10	27,15	26,53	2,45	2,68	2,51	2,55
N <sub>100</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	25,20	26,65	26,45	26,10	2,36	2,61	2,41	2,46
N <sub>150</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	24,65	26,00	25,30	25,32	2,28	2,59	2,39	2,42
średnia	25,49	27,15	26,30	26,31	2,41	2,67	2,48	2,52
NIR <sub>0,05</sub>	dla lat - 1,07 dla poziomów nawożenia - 0,76				dla lat - 0,05 dla poziomów nawożenia - 0,04			

Nawożenie fosforem								
N <sub>0</sub> P <sub>20</sub> K <sub>0</sub>	25,35	28,60	26,30	26,75	2,51	2,72	2,62	2,62
N <sub>0</sub> P <sub>50</sub> K <sub>0</sub>	25,95	28,40	27,80	27,38	2,53	2,66	2,66	2,62
N <sub>0</sub> P <sub>75</sub> K <sub>0</sub>	25,45	27,65	26,65	26,58	2,38	2,55	2,65	2,53
N <sub>0</sub> P <sub>100</sub> K <sub>0</sub>	26,70	27,25	27,90	27,28	2,41	2,62	2,64	2,56
średnia	25,86	27,98	27,16	27,00	2,46	2,64	2,64	2,58
NIR <sub>0,05</sub>	dla lat - 1,27				dla lat - 0,09			
	dla poziomów nawożenia - 0,98				dla poziomów nawożenia - 0,07			
Nawożenie potasem								
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>30</sub>	26,15	27,30	27,65	27,03	2,40	2,72	2,60	2,57
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>75</sub>	25,80	27,35	26,45	26,53	2,41	2,62	2,45	2,49
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>100</sub>	23,10	25,65	26,15	24,97	2,33	2,59	2,42	2,45
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>150</sub>	23,15	24,85	25,45	24,48	2,30	2,55	2,44	2,43
średnia	24,55	26,29	26,43	25,75	2,36	2,62	2,48	2,49
NIR <sub>0,05</sub>	dla lat - 1,06				dla lat - 0,07			
	dla poziomów nawożenia - 0,82				dla poziomów nawożenia - 0,05			
Nawożenie azotem, fosforem i potasem								
N <sub>20</sub> P <sub>20</sub> K <sub>30</sub>	26,10	28,15	28,30	27,52	2,43	2,72	2,50	2,55
N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>75</sub>	25,95	28,20	27,75	27,30	2,41	2,62	2,52	2,52
N <sub>75</sub> P <sub>75</sub> K <sub>100</sub>	23,40	26,45	28,15	26,00	2,44	2,59	2,45	2,49
N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>150</sub>	23,05	26,45	27,45	25,65	2,37	2,60	2,41	2,48
średnia	24,62	27,31	27,91	26,62	2,41	2,63	2,47	2,51
NIR <sub>0,05</sub>	dla lat - 1,32				dla lat - 0,07			
	dla poziomów nawożenia - 1,03				dla poziomów nawożenia - 0,05			

Bardzo duże zmiany po zastosowaniu nawożenia mineralnego odnotowano w zawartości azotu. Najwyższym poziomem N-ogólnego cechowały się rośliny kompleksowo nawożone azotem, fosforem i potasem, przy dwóch wyższych dawkach tego nawożenia zaobserwowany wzrost wynosił około 54% w odniesieniu do roślin kontrolnych, nienawożonych. Znaczny wzrost poziomu N-ogółem, tym większy, im większe były dawki nawozu, odnotowano również podczas jednostronnego nawożenia azotem, przy najwyższej z zastosowanych dawek wynosił on około 33%. Jednostronne nawożenie fosforem także prowadziło do zwiększenia poziomu N-ogółem, podczas gdy nawożenie potasem do obniżenia poziomu tego składnika w liściach selera. Zmiany poziomu pozostałych analizowanych składników mineralnych w liściach selera naciowego nie były już tak duże jak N-ogółem. Poziom fosforu był na ogół wyższy w roślinach nawożonych, przy czym najwyższe zmiany, od 10 do 15%, odnotowano w liściach selera nawożonego tym pierwiastkiem. Wzrost zawartości potasu był widoczny w roślinach nawożonych tym pierwiastkiem (do 17%) oraz poddanych łącznemu odżywianiu azotem, fosforem i potasem (do 11%). Wszystkie z zastosowanych kombinacji nawozowych prowadziły natomiast do obniżenia zawartości wapnia i magnezu, przy czym najmniejsze zmiany wystąpiły pod wpływem nawożenia fosforem (2÷4% spadek poziomu Ca oraz 3÷6% Mg), a największe przy jednostronnym nawożeniu potasem (3÷12% zmniejszenie poziomu Ca oraz 5÷10% Mg).

Przedstawione na rysunku 1 dane wskazują na przebieg zależności między plonem suchej masy a sumaryczną zawartością składników mineralnych w liściach selera naciowego. Obliczone, z przebiegu funkcji wielomianowej 2<sup>o</sup>, optymalne dawki nawożenia ze względu na sumaryczną zawartość składników mineralnych (tab. 5) nie pokrywają się z dawkami optymalnymi ze względu na plon (tab. 3).

Tabela 5

Funkcje wielomianowe wpływu dawki nawożenia x (N, P, K, NPK) na zawartość składników mineralnych (N + P + K + Ca + Mg) w liściach selera naciowego (y)

Table 5

Polynomial function of the effect of fertilization rate x (N, P, K, NPK) on mineral elements content (N + P + K + Ca + Mg) in the leaves of the leaf celery (y)

Nawożenie	Funkcja wielomianowa 2°	Dawki optymalne [mg kg <sup>-1</sup> gleby]	Zawartość składników mineralnych dla dawki optymalnej [g kg <sup>-1</sup> s.m.]
N	$y = 79,25270 + 0,05580x - 0,00023x^2$	121	82,64
P	$y = 78,21447 + 0,06082x - 0,00028x^2$	109	81,52
K	$y = 79,36339 - 0,03429x + 0,00014x^2$	-	-
NPK	$y = 79,52709 + 0,07203x - 0,00012x^2$	300	90,33

W przypadku stosowania nawożenia jednostronnego azotem i fosforem oraz łącznego nawożenia NPK obliczone dawki optymalne ze względu na sumaryczną zawartość analizowanych składników mineralnych były większe od dawek optymalnych ze względu na plon suchej masy selera naciowego.

Na podstawie uzyskanych wyników należy wnioskować, że podobnie jak w przypadku plonu suchej masy najkorzystniejsze ze względu na poziom składników mineralnych jest nawożenie selera naciowego łącznie azotem, fosforem i potasem. Przy pełnym nawożeniu selera naciowego NPK obliczone dawki optymalne ze względu na sumaryczną zawartość składników mineralnych są bardzo zbliżone do optymalnych dawek ze względu na plon suchej masy.

### Omówienie i analiza wyników

Jednym z warunków uzyskiwania wysokich plonów roślin uprawnych, w tym i warzyw, jest odpowiednie zaopatrzenie roślin w składniki pokarmowe. Wyniki badań przeprowadzonych z różnymi gatunkami roślin uprawnych jednoznacznie wskazują na silne uzależnienie uzyskiwanego plonu [8, 13, 16, 17] czy plonu suchej masy [18, 19] od zastosowanego nawożenia mineralnego azotem, fosforem i potasem. Badania przeprowadzone dla selera naciowego także wykazały wzrost plonu suchej masy pod wpływem zastosowanych nawożeń azotem, fosforem i potasem, przy czym obserwowany wzrost w dużym stopniu uzależniony był od rodzaju nawożenia i wielkości dawki. Największe przyrosty plonów wystąpiły przy kompleksowym nawożeniu NPK oraz przy nawożeniu azotem. Wyniki te wykazały, że kluczowym pierwiastkiem decydującym o plonowaniu warzyw jest azot, co jest zgodne z innymi doniesieniami literaturowymi [20-22]. Najwyższe plony suchej masy otrzymano dla nawożeń zastosowanych w dawkach optymalnych, wyższe poziomy nawożenia należy uznać jako nieskuteczne.

Uzyskane wyniki są zgodne z wcześniejszymi doniesieniami, w których zwraca się uwagę, że dla uzyskania dużych plonów ważne jest zachowanie odpowiedniej proporcji poszczególnych składników pokarmowych oraz dawka nawozu, przენawożenie może prowadzić do spadku plonu roślin uprawnych [8, 17-19, 23].

W uprawie warzyw, obok wielkości plonu, coraz większą uwagę zwraca się na jakość uzyskiwanych plonów mierzona nie tylko takimi cechami, jak wygląd czy smak, lecz również zawartością składników organicznych i mineralnych [2, 6, 8, 12, 15, 16]. O jakości



warzyw decyduje m.in. poziom azotu, fosforu, potasu, wapnia i magnezu z uwagi na funkcje, jakie pełnią te pierwiastki w organizmie człowieka [11, 14, 15, 24].

Intensywne nawożenie mineralne może nie tylko obniżyć plony, lecz także prowadzić do zmiany składu mineralnego roślin [12, 13, 18, 25, 26]. W przeprowadzonym eksperymencie zastosowane nawożenia mineralne także modyfikowały poziom składników mineralnych w liściach selera naciowego. Największe zmiany wystąpiły w poziomie azotu, wzrost zawartości N-ogółem zaobserwowano pod wpływem jednostronnych nawożeń azotem i fosforem oraz przy pełnym nawożeniu NPK, zmiany były tym większe, im wyższe były dawki nawozów. Wyniki innych badań także wskazują na stymulujący wpływ nawożenia azotem [25-27] i fosforem [25] na poziom azotu w roślinach uprawnych. Zastosowane w eksperymencie nawożenia mineralne modyfikowały także zawartość pozostałych analizowanych składników mineralnych w liściach selera naciowego. Wszystkie z zastosowanych nawożeń mineralnych na ogół podnosiły poziom fosforu, przy czym największe zmiany odnotowano przy nawożeniu tym pierwiastkiem. Wyższym poziomem K cechowały się rośliny nawożone potasem oraz łącznie azotem, fosforem i potasem. O wzroście poziomu fosforu i potasu w roślinach uprawnych po nawożeniach wzbogacających podłoże w te pierwiastki donoszono już wcześniej [18, 25]. Wszystkie zastosowane w eksperymencie kombinacje nawozowe prowadziły natomiast do nieznacznego obniżenia zawartości wapnia i magnezu w liściach selera naciowego. Niewielkie, nieregularne, często spadkowe zmiany zawartości wapnia i magnezu w roślinach pod wpływem nawożenia mineralnego azotem, fosforem i potasem zaobserwowali także Awad i Jager [25] oraz Gülser [26].

Analiza sumarycznej zawartości składników mineralnych (N, P, K, Ca, Mg) w liściach selera naciowego pozwala wnioskować, że, podobnie jak w przypadku plonu suchej masy, najkorzystniejsze ze względu na poziom składników mineralnych jest nawożenie selera naciowego łącznie azotem, fosforem i potasem. Obliczone, optymalne dawki nawożenia ze względu na poziom składników mineralnych nie pokrywają się z dawkami optymalnymi ze względu na plon suchej masy. W przypadku jednostronnego nawożenia azotem, fosforem oraz pełnego nawożenia NPK dawka optymalna ze względu na sumaryczną zawartość analizowanych składników mineralnych była wyższa od optymalnej dawki ze względu na plon suchej masy selera naciowego. Najmniejsze różnice wielkości obliczonych dawek optymalnych stwierdzono przy kompleksowym nawożeniu NPK oraz dla jednostronnego nawożenia azotem. O tym, że optymalne dawki nawożenia, ze względu na plon, nie zawsze prowadzą do najwyższej jakości roślin uprawnych świadczą wyniki innych badań [8, 19, 26].

### **Wnioski**

1. Wszystkie zastosowane kombinacje nawożenia mineralnego prowadziły do zwiększenia plonu suchej masy selera naciowego, przy czym obserwowany wzrost w dużym stopniu uzależniony był od rodzaju nawożenia oraz wielkości dawki.
2. Spośród przebadanych nawożeń najbardziej stymulująco na plon suchej masy oddziaływało pełne nawożenie NPK oraz jednostronne nawożenie azotem.

3. Pełne nawożenie NPK okazało się także najkorzystniejsze ze względu na poziom składników mineralnych w liściach selera naciowego.
4. Wyliczone, z przebiegu funkcji wielomianowej 2<sup>o</sup>, optymalne dawki nawożenia ze względu na sumaryczną zawartość składników mineralnych nie pokrywają się z dawkami optymalnymi ze względu na plon suchej masy. Najbardziej zbliżone okazały się dawki optymalne przy pełnym nawożeniu selera naciowego NPK oraz przy nawożeniu azotem.

### Literatura

- [1] Słodkowski P. i Rekowska E.: Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 2008, **527**, 303-308.
- [2] Michalik Ł., Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 2008, **527**, 213-219.
- [3] Bubicz M.: Nowości Warzywnicze, 1981, **10**, 12-19.
- [4] Frączek T.: Nowości Warzywnicze, 1981, **10**, 37-44.
- [5] Gurgul E., Kołota E., Herman B. i Biczak R.: Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rolnictwo LXV, 1995, **278**, 9-18.
- [6] Raffa A., Sinesio F., Moneta E., Nardo N., Peparario M. i Paoletti F.: Eur. Food Res. Technol., 2006, **222**, 590-599.
- [7] Dalal M., Dani R.G. i Kumar P.A.: Sci. Hortic., 2006, **107**, 215-225.
- [8] Gurgul E., Kołota E., Herman B. i Biczak R.: Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rolnictwo LXXIII, 1998, **347**, 143-153.
- [9] Thönissen C., Midmore D.J., Ladha J.K., Holmer R.J. i Schmidhalter U.: Agron. J., 2000, **92**, 245-253.
- [10] Chen Q., Zhang X., Zhang H., Christie P., Li X., Horlacher D. i Liebig H.P.: Nutr. Cycling Agroecosyst., 2004, **69**, 51-58.
- [11] 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.
- [12] Reddy N.S. i Bhatt G.: Plant Foods Hum. Nutr., 2001, **56**, 1-6.
- [13] Moreno D.A., Villoro G. i Romero L.: Sci. Hortic., 2003, **97**, 121-127.
- [14] White P.J. i Broadley M.R.: Trends Plant Sci., 2005, **10**(12), 586-593.
- [15] Ekholm P., Reinivuo H., Mattila P., Pakkala H., Koponen J., Happonen A., Hellström J. i Ovaskainen M.: J. Food Compos. Anal., 2007, **20**, 487-495.
- [16] Evers A.M., Ketoja E., Hägg M., Plaami S., Häkkinen U. i Pessala R.: Plant Foods Hum. Nutr., 1997, **51**, 173-186.
- [17] Quaggio J.A., Mattos D. Jr., Catarella H., Almeida E.L.E. i Cardoso S.A.B.: Sci. Hortic. 2002, **96**, 151-162.
- [18] Soumaré M., Tack F.M.G. i Verloo M.G.: Bioresour. Technol., 2003, **86**, 15-20.
- [19] Aydin I. i Uzun F.: Eur. J. Agron., 2005, **23**, 8-14.
- [20] Jarosz Z. i Dzida K.: Acta Agrophysica., 2006, **7**(3), 591-597.
- [21] Zhou X.J., Liang Y., Chen H., Shen S.H. i Jing Y.X.: Photosynthetica, 2006, **44** (4), 530-535.
- [22] Kołota E. i Czerniak K.: Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus, 2010, **9** (2), 31-37.
- [23] Kołota E. i Biesiada A.: Zesz. Nauk. AT-R Bydgoszcz, Rolnictwo 42, 1998, **215**, 11-19.
- [24] Guerrero J.L.G., Martínez J.J.G. i Isasa M.E.T.: J. Food Compos. Anal., 1998, **11**, 322-328.
- [25] Awad M.A. i De Jager A.: Sci. Hortic., 2002, **92**, 265-276.
- [26] Gülser F.: Sci. Hortic., 2005, **106**, 330-340.
- [27] Schulte auf m Erley G., Kaul H.P., Kruse M. i Aufhammer W.: Eur. J. Agron., 2005, **22**, 95-100.

**EFFECTS OF NITROGEN, PHOSPHORUS AND POTASSIUM FERTILIZATION  
ON YIELD AND BIOLOGICAL VALUE OF LEAF CELERY  
PART I: VEGETABLES YIELD AND MINERAL COMPOSITION**

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

**Abstract:** In the pot experiments, the effect of increasing amount of nitrogen (25, 50, 75, 100 and 150 mg/kg of the soil), phosphorus (20, 50, 75 and 100 mg/kg soil), potassium (30, 75, 100 and 150 mg/kg soil) as well different levels of complex NPK fertilization on the dry matter yield of leaf celery has been investigated. Changes in the content of mineral elements (N-total, phosphorus, potassium, calcium, magnesium) in tested plant has been also determined. Applied fertilizer combinations increased the dry matter yield of leaf celery. The highest crop has been harvested for NPK fertilization and single fertilization with nitrogen. The single fertilization with nitrogen, phosphorus, and potassium, and NPK co-fertilization applied in the experiment which significantly affected the mineral composition of leaf celery, complex NPK fertilization was found to be the most favourable. Moreover, fertilizing rates optimal for mineral elements content and yield of leaf celery was different.

**Keywords:** mineral fertilization, leaf celery, yield, mineral plants composition