 <p>INSTITUT OGRODNICTWA</p>	<p>Samodzielna Pracownia Analiz Chemicznych Laboratorium Analiz Gleby i Roślin</p>
---	--

## **Jak obliczyć skład pożywki w oparciu o analizę wody - zalecenia**

**Autorzy:** dr Waldemar Kowalczyk, mgr Anna Felczyńska

Opracowanie przygotowane w ramach **zadania 4.5:**

„Monitorowanie jakości wody i gleby w głównych rejonach upraw warzyw pod osłonami i ich zastosowanie dla optymalizacji nawożenia i ograniczenia zanieczyszczenia środowiska”

**Programu Wieloletniego:**

„Rozwój zrównoważonych metod produkcji ogrodniczej w celu zapewnienia wysokiej jakości biologicznej i odżywczej produktów ogrodniczych oraz zachowania bioróżnorodności środowiska i ochrony jego zasobów”

**Skierniewice 2013**

Wyniki zebrane w ostatnich latach realizacji Programu Wieloletniego wskazują na możliwość zmniejszenia udziału niektórych nawozów mineralnych w pożywkach stosowanych do fertygacji warzyw w uprawach bezglebowych. Zebrane dane dotyczące składu chemicznego wody wskazują na tendencję obniżania się zawartości azotanów, siarczanów i jonów chlorowych. Jest to pozytywne zjawisko i wydaje się, że może mieć to związek z bardziej racjonalnym, oszczędnym stosowaniem nawozów w uprawach pod osłonami. Przy obliczaniu ilości i wyborze nawozów do przygotowywania roztworów pożywek o określonym składzie należy uwzględniać wszystkie składniki zawarte w wodzie. Dotyczy to szczególnie wapnia, magnezu i siarczanów. Do fertygacji najbardziej przydatna jest woda zawierająca jak najmniej makro i mikroelementów oraz jonów balastowych. Woda która zawiera duże ilości rozpuszczonych soli może być nieprzydatna do fertygacji w uprawie gatunków szczególnie wrażliwych na wysokie zasolenie (tab. 1).

Dopuszczalne maksymalne pH i EC oraz zawartości składników mineralnych w wodzie używanej do fertygacji oraz ich formy dostępne dla roślin (Dyśko, Kowalczyk, 2012).

Składnik	Stężenie (mg/l)	Dostępne formy składników
azot	5	$\text{NO}_3^-$ , $\text{NH}_4^+$
fosfor	5	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{HPO}_4^{2-}$
potas	5	$\text{K}^+$
wapń	120	$\text{Ca}^{+2}$
magnez	25	$\text{Mg}^{+2}$
chlor	100	$\text{Cl}^-$
siarczany	200	$\text{SO}_4^{2-}$
węglany	350	$\text{HCO}_3^-$
sód	30	$\text{Na}^+$
żelazo	5	$\text{Fe}^{+2}$ , $\text{Fe}^{+3}$
bor	0,5	$\text{H}_3\text{BO}_3$
cynk	0,5	$\text{Zn}^{+2}$
mangan	1,0	$\text{Mn}^{+2}$
miedź	0,2	$\text{Cu}^{+2}$ , $\text{Cu}^+$
molibden	0,02	$\text{MoO}_4^-$
pH	7,5	-
EC ( $\text{mS cm}^{-1}$ )	1,0	-

Na podstawie wieloletnich obserwacji i zaobserwowanych tendencji zmian składu mineralnego wód w Polsce zaleca się, na ile to jest możliwe, wykorzystanie nawozów chlorkowych i innych kwasów niż azotowy i ortofosforowy. Zebrane wyniki wskazują na możliwość zastosowania do obniżania pH pożywki kwasów: chlorowodorowego

i siarkowego. W przypadku stosowania kwasu siarkowego należy zwracać uwagę na to, że dla osiągnięcia takiego samego efektu obniżenia pH, potrzeba jest go mniej niż  $\text{HNO}_3$ , czy  $\text{HCl}$ -u. W cząsteczce kwasu siarkowego znajdują się dwa jony wodorowe  $\text{H}^+$  i dlatego potrzeba jest go dwukrotnie mniej. W tabeli nr 1 podano skład chemiczny i wyniki analizy chemicznej wody z różnych ujęć, o bardzo zróżnicowanym składzie mineralnym.

Tabela 1. Zawartość składników pokarmowych (mineralnych) w wodzie z różnych ujęć oraz optymalna zawartość składników w pożywce nawozowej dla określonej fazy wzrostu.

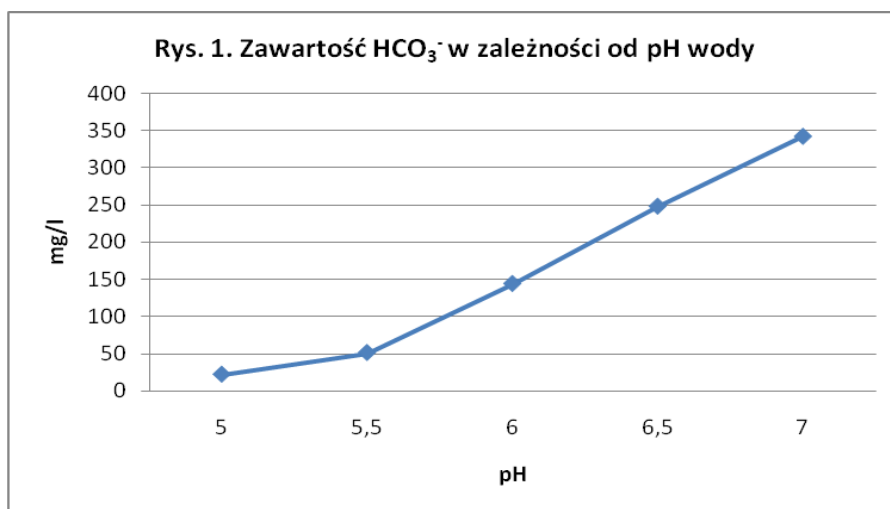
		Pożywka*	Woda 1	Woda 2	Woda 3	Woda 4
pH	-	5,5-5,8	6,7	7,8	7,2	7,0
EC	mS/cm	2,6-2,8	0,27	0,67	0,82	1,42
Tw. og.	$^{\circ}\text{dH}$	-	8,85	16,2	26,5	33,4
$\text{HCO}_3^-$	mg/l	50	177	338	505	128
$\text{N-NO}_3^-$	mg/l	180	<0,05	4,90	0,23	104
$\text{N-NH}_4^+$	mg/l	10	0,26	<0,05	0,37	<0,05
$\text{P-PO}_4^{3-}$	mg/l	40	0,24	0,63	<0,05	2,95
$\text{K}^+$	mg/l	300	1,25	11,7	4,23	124
$\text{Ca}^{+2}$	mg/l	180	50,5	70,0	136	174
$\text{Mg}^{+2}$	mg/l	50	7,72	27,8	32,3	41,1
$\text{Na}^+$	mg/l	-	7,87	52,2	28,8	16,7
Cl	mg/l	< 130	5,93	31,9	11,2	40,2
$\text{SO}_4^{-2}$	mg/l	240-300	1,40	24,2	43,5	398
Fe	mg/l	-	0,24	0,02	0,02	0,26
Fe <sub>ogólne</sub>	mg/l	1,2-2,0	0,37	0,19	0,64	0,95
Mn	mg/l	0,6-0,8	0,15	<0,02	0,16	0,99
Cu	mg/l	0,12	<0,02	<0,02	<0,02	0,04
Zn	mg/l	0,35	0,02	0,04	<0,02	0,40
B	mg/l	0,35	0,03	0,05	0,02	0,27

\* Zalecany skład pożywki dla pomidora w fazie pełni plonowania dla odmian średnio owocowych - według Owczarek (2010).

Dla właściwego zbilansowania składu pożywki i dostosowania jej do określonej wody najbardziej przydatne są nawozy o wysokiej zawartości składników pokarmowych najlepiej jedno lub dwuskładnikowe. Nawozy wieloskładnikowe są bardzo wygodne w stosowaniu ale na ogół pożywka wymaga dodatkowo uzupełnienia pojedynczymi. Potrzebną ilość nawozów do sporządzenia pożywki obliczamy wg wzorów i formuł zawartych w artykule „Opracowanie składu pożywek nawozowych w oparciu o jakość wody” ([www.inhort.pl](http://www.inhort.pl)). Obliczenia nie są skomplikowane ale wymagają znajomości pewnych stałych wielkości fizycznych, które są niezbędne dla prawidłowego wyliczenia ilości nawozów. Każdorazowe obliczenia wymagają

szeregu przeliczeń i łatwo o pomyłkę. Firmy nawozowe i doradcy dysponują programami do obliczeń i mogą na zlecenie obliczyć skład pożywki na podstawie analizy wody. Związane jest to z dodatkowymi kosztami. Napisanie kilku formuł w programie Excel, do własnych obliczeń wystarczy. Prosty kalkulator pożywki nie powinno sprawić trudności przeciętnemu użytkownikowi programu „OFFICE”. W przypadku pytań i wątpliwości pracownicy Instytut służą pomocą w tym zakresie.

Obliczanie składu pożywki rozpoczyna się zawsze od ustalenia pH na podstawie zawartości kwaśnych węglanów w wodzie. Przy pisaniu formuły na obliczenie potrzebnej ilości kwasu niezbędna jest zawartość kwaśnych węglanów, stężenie procentowe i gęstość kwasu który ma być zastosowany do zakwaszenia. Zaleca się wykonanie tzw. krzywej zakwaszenia wody w danym ujęciu, a co jakiś czas sprawdzenie czy nie zmienił się poziomu kwaśnych węglanów (rys. 1).



Krzywa zakwaszenia pozwala na bardzo precyzyjne określenie ilości kwasu do fertygacji. Takie badanie można wykonać w każdej Stacji Chemiczno-Rolniczej lub innym laboratorium ogrodniczym. W tabeli 2 podano przykładowo obliczone ilości kwasu azotowego dla wód o bardzo zróżnicowanym składzie mineralnym (tab.1). W zależności od zawartości  $\text{HCO}_3^-$  ilość kwasów może się różnić nawet kilka razy (woda 3, woda 4).

Kolejnym etapem jest napisanie formuły do obliczenia ilości nawozów wapniowych, głównie saletry wapniowej, z uwzględnieniem jego zawartości w wodzie (tab. 1). Z saletrą wapniową zostaje wprowadzony azot ( $\text{N-NO}_3^-$ ), którego zawartość uwzględnia się w dalszym etapie obliczeń. Obliczenie ilości fosforanu mono-potasowego dla uzyskania wymaganego stężenia P w pożywce jest proste, bo w wodzie fosfor występuje w małych ilościach i może być pominięty w obliczeniach. Jeśli do częściowego zakwaszenia pożywki stosowano kwas ortofosforowy, należy uwzględnić zawartość wprowadzonego z kwasem fosforu.

Tabela 2. Ilość nawozów (w kg/1000 l pożywki) niezbędna w celu uzyskania odpowiedniego stężenia składników pokarmowych dla pomidora w uprawie na welnie mineralnej (faza do kwitnienia- wg Owczarek, 2010).

Rodzaj nawozu	Ilość nawozu (kg/1000 l wody)			
	woda nr 1	woda nr 2	woda nr 3	woda nr 4
Kwas azotowy (65%)*	0,144	0,326	0,515	0,09
Saletra potasowa	0,30	0,54	0,47	0,34
Saletra amonowa	0,06	0,06	-	-
Fosforan mono-potasowy	0,175	0,175	0,175	0,165
Saletra wapniowa	0,63	0,58	0,233	0,03
Saletra magnezowa	0,17	-	-	0,08
Siarczan magnezowy	0,26	0,22	0,18	-
Siarczan potasu	0,38	0,085	0,168	-
Pioner mikro-plus*	0,09	0,09	0,9	-
<b>Razem</b>	<b>2,22</b>	<b>2,08</b>	<b>1,87</b>	<b>0,705</b>

\*- ilość kwasu podano w litrach

W celu uzyskania żądanego stężenia  $N-NO_3^-$  w pożywce (tab. 1), brakującą jego ilość uzupełnia się dodając wyliczoną ilość saletry potasowej. Wody stosowane do fertygacji zawierają przeciętnie połowę wymaganej zawartości Mg, dlatego też potrzebne są stosunkowo niewielkie ilości nawozów magnezowych. Magnez dodaje się w formie saletry, siarczanów lub w formie chlorkowej ( $MgCl_2$ ). Ostatnim etapem obliczeń, to uzupełnienie zawartości potasu. Jeśli nie jest możliwe zastosowanie tylko  $KNO_3$ , uzupełnia się go siarczanem potasu ( $K_2SO_4$ ), lub chlorkiem potasu (KCL). Przy stosowaniu nawozów chlorkowych, ważnym jest aby nie przekraczać stężenia  $Cl^-$  w pożywce powyżej  $100-120 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . W przypadku wód zawierających duże ilości jonów siarczanowych (woda nr 4 tab. 1) obliczenie wymaganych ilości nawozów może być trudne ponieważ ich zawartość nie powinna przekraczać maksymalnie  $300 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  pożywki.

Obliczenie ilości nawozów mikroelementowych jest łatwiejsze, ponieważ woda przeważnie nie zawiera ich w nadmiarze, a te które są obecne, na ogół są nieprzyswajalne. Aby mikroskładniki były łatwo pobierane przez rośliny muszą być w postaci schelatowanej. Do dyspozycji mamy dużą ilość dobrych nawozów mikroelementowych, w większości z nich składniki występują w formach schelatowanych. Żelazo występuje w wodzie w formie mineralnej i jest w zasadzie nie przyswajane przez rośliny, dlatego nie jest uwzględniane przy obliczaniu pożywek. Obliczając ilość nawozów mikroelementowych potrzebnych do uzyskania określonego stężenia postępujemy podobnie jak z makroskładnikami.

Wyniki analiz chemicznych prowadzonych w laboratorium Instytutu Ogrodnictwa w ramach Programu Wieloletniego wskazują na duże zróżnicowanie składu chemicznego wody pochodzącej z różnych ujęć podziemnych. Przy opracowywaniu składu pożywki i doborze nawozów należy zwracać uwagę na zawartość składników pokarmowych występujących w większych stężeniach oraz na zawartość jonów balastowych (Na, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>). Przykładowo woda nr 3 i 4 jest tak bogata w składniki mineralne, że potrzeba znacznie mniej nawozów do uzyskania zalecanego składu pożywki. Pożywka sporządzona na wodzie nr 4 wymaga 3-krotnie mniej nawozów, ale stężenie siarczanów jest tak duże, że może powodować niekorzystny wzrost EC i nadmierne gromadzenie się ich w matach uprawowych.

Tabela 3. Stężenie jonów balastowych w pożywce w zależności od składu mineralnego wody.

Składnik		Pożywka*	Woda 1	Woda 2	Woda 3	Woda 4
Na <sup>+</sup>	mg/l	-	8	52	29	17
Cl <sup>-</sup>	mg/l	<130	6	32	11	40
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>		<300	389	248	281	398

W efekcie może nastąpić wytrącanie się jonów wapnia w postaci nierozpuszczalnego siarczanu wapnia. Zjawisko to spowodowane jest przekroczeniem, w danej temperaturze, iloczynu rozpuszczalności CaSO<sub>4</sub> ( $K_{so} = [Ca^{+2}] * [SO_4^{+2}] = 6,25 * 10^{-5}$ ). W takim wypadku konieczne jest mieszanie z wodą deszczową lub wodą z innego źródła o niższym EC.