



**INSTYTUT OGRODNICTWA  
ZAKŁAD UPRAWY I NAWOŻENIA ROŚLIN  
OGRODNICZYCH**  
**Pracownia Uprawy Warzyw i Grzybów Jadalnych**  
96-100 Skierniewice, ul. Rybickiego 15/17  
Tel.: 46 8346662  
e-mail: jacek.dysko@inhort.pl

## **Zalecenia nawozowe dla ogórka szklarniowego uprawianego w welnie mineralnej**

Autor: dr inż. Jacek Dyśko

Opracowanie przygotowane w ramach **zadania 3.2:**  
„Rozwój zrównoważonego nawożenia roślin ogrodnich i zapobieganie degradacji gleby  
i skażenia wód gruntowych”

### **Programu wieloletniego**

Działania na rzecz poprawy konkurencyjności i innowacyjności sektora ogrodniczego  
z uwzględnieniem jakości i bezpieczeństwa żywności oraz ochrony środowiska naturalnego”  
finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi

Skierniewice 2020

## 1. Potrzeby nawozowe ogórka uprawianego pod osłonami

Potrzeby nawozowe ogórka pod osłonami są bardzo wysokie gdyż wytwarza on dużą masę pędów i owoców w stosunku do masy korzeni. Do wyprodukowania 1kg owoców w węglinie mineralnej rośliny pobierają od 1,8 do 2,0 g azotu; od 0,45 do 0,55 g fosforu; od 2,6 do 2,8 g potasu oraz od 0,33 do 0,40 g magnezu. Asymilacja składników pokarmowych przez rośliny ogórka następuje po rozpuszczeniu soli mineralnych w wodzie i ich dysocjacji do form jonowych. Metaliczne składniki pobierane są w formie kationowej:  $K^+$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Fe^{+2}$ ,  $Fe^{+3}$ ,  $Mn^{+2}$ ,  $Zn^{+2}$ ,  $Cu^{+2}$ , zaś niemetaliczne w formie anionowej. Wyjątek stanowią jony azotu, które asymilowane są zarówno w formie kationowej  $NH_4^+$ , jak i anionowej  $NO_3^-$ . Pozostałe pierwiastki niemetaliczne pobierane w formie anionowej to fosfor ( $H_2PO_4^-$ ,  $HPO_4^{-2}$ ,  $PO_4^{-3}$ ), siarka ( $SO_4^{-2}$ ), chlor ( $Cl^-$ ), bor ( $BO_3^{-3}$ ) oraz molibden jako metal przejściowy -  $MoO_4^{-2}$ . Natomiast makroelementy takie jak węgiel, wodór oraz tlen rośliny asymilują głównie w formie niezdisocjowanych cząsteczek  $CO_2$ ,  $O_2$ , i  $H_2O$ , aczkolwiek pobierane są również w formie jonowej –  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{-2}$ ,  $H^+$  i  $OH^-$ . Składniki pokarmowe regulują zachodzenie wielu procesów metabolicznych i fizjologicznych, przez co warunkują realizację potencjału plonotwórczego uprawianej rośliny.

**Azot** jest składnikiem niezbędnym do budowy części wegetatywnych (liści i pędów), wchodzi w skład aminokwasów, białek i kwasów nukleinowych. Niedobór azotu objawia się słabym i nierównomiernym wzrostem roślin, pędami wiotkimi i cienkimi, liśćmi zdrobniałymi i bladozielonymi. Owoce ogórka w części przykwiatowej stają się cieńsze i zakrzywione, nie dorastają do prawidłowej wielkości. W blaszkach liściowych prawidłowo odżywionych zawartość azotu azotanowego w suchej masie roślin powinna wynosić 0,1-1,6%. Niekorzystny dla roślin jest również nadmiar azotu, powodujący zmianę zabarwienia na ciemnozielono oraz zahamowanie wzrostu roślin. Na starszych liściach występują przezroczyste, zasychające plamy. Przy dużym nadmiarze azotu, całe rośliny więdną i zamierają w przeciągu kilku dni.

**Fosfor** jako składnik kwasów nukleinowych, nukleotydów, koenzymów, fosfolipidów oraz P-inozytoli, stymuluje siłę wzrostu korzeni, a także wpływa na prawidłowe ulistnienie i tworzenie kwiatów. Zawartość fosforu w optymalnie odżywionych roślinach waha się w granicach od 0,6 do 1,3% suchej masy dobrze rozwiniętych liści. Spadek ilości fosforu poniżej 0,3% w suchej masie zarówno młodych jak i starszych blaszek liściowych, świadczy o jego niewielkiej zawartości w roślinie, powodującej ograniczenie prawidłowego jej funkcjonowania. Zjawisko deficytu fosforu występuje rzadko, związane jest to z słabym

wyflukiwanie tego pierwiastka z gleb i podłoży mineralnych. Jednakże mimo dużej zasobności podłoży w ten składnik pokarmowy, może stać się on trudno dostępny dla roślin. Objawy niedoboru fosforu w roślinie uwidaczniają się najczęściej przy niskiej temperaturze lub przy zbyt wysokim pH, najczęściej powyżej 7,5. Niedobór tego składnika powoduje w pierwszej kolejności osłabienie wzrostu roślin. Obserwuje się również drobnienie i sztywnienie blaszek liściowych, których zmianie podlega zabarwienie z barwy ciemnozielonej przechodzące począwszy od brzegów w kolor fioletowopurpurowy. Liście z objawami braku fosforu ostatecznie zaczynają zasychają i charakterystyczne podwijają brzeg blaszki do góry.

**Potas** jest aktywatorem około 50 enzymów biorących udział w procesie fotosyntezy, a także w syntezie węglowodanów, białek i tłuszczu, tworzeniu energii, jak również pobieraniu jonów z rizosfery. Ponadto potas uczestniczy w procesach osmoregulacji, takich jak otwieranie i zamykanie aparatów szparkowych oraz uwodnienie komórek. Pierwiastek ten wpływa na wzrost korzeni oraz pędów, jak również odpowiada za tworzenie zawiązków owoców ogórka. Zawartość potasu w blaszkach liściowych roślin dobrze odżywionych wynosi od 3 do 5%  $K_2O$  w suchej masie. Liście wykazujące symptomy niedoboru zawierają mniej niż 0,5%  $K_2O$  w suchej masie. Pierwsze objawy braku potasu są zauważalne na starszych liściach, w których to brzegi blaszki liściowej stają się żółte i brunatne, a następnie zasychają. Niedobór potasu występuje także na owocach, objawia się przewężeniem części przyszypułkowej owocu i zgrubieniem części przykwiatowej ogórka.

**Wapń** jest koenzymem fosfolipaz, amylaz i ATPazy, tworzy kompleksowe połączenia z białkami. Pierwiastek ten wpływa na pobieranie oraz przemieszczanie się składników odżywczych w roślinie. Niedobór wapnia w roślinie związany jest bardziej z czynnikami utrudniającymi jego pobieranie i przemieszczanie w roślinie niż z faktycznym brakiem jego w podłożu np. zbyt dużą zawartością potasu, magnezu, sodu, azotu amonowego. Zakłócenia w odżywianiu wapniem nasilają się w warunkach zmniejszonej transpiracji. Objawy niedoboru wapnia rozpoczynają się w części wierzchołkowej rośliny. Liście są małe, jasnozielone kwiaty drobne, a zawiązki owoców zniekształcone i zdrobniałe. Końce dorastających owoców stają się cieńsze, zniekształcone i ulegają zasychaniu. Brzegi blaszki liściowej podwijają się pod spód tworząc parasolowate liście. Przy zbyt małej ilości wapnia wyrosnięte owoce mają przewężone końce.

**Magnez** jest głównym składnikiem chlorofilu, bierze udział w fotosyntezie. Jony magnezu odpowiadają również za transport składników mineralnych przez błony cytoplazmatyczne oraz oddziałują na rozwój systemu korzeniowego. Pierwiastek ten

wpływa na optymalne pobieranie wody i składników pokarmowych. Rośliny słabo odżywione magnezem mają zahamowany wzrost, wykształcają cienkie pędy oraz nieliczne kwiaty, konsekwencją czego jest uzyskanie niewielkiego plonu owoców ogórka. Najwcześniej objawy niedoboru magnezu pojawiają się na dolnych liściach, gdyż magnez należy do składników reutilizowanych. Jest on mniej ruchliwy niż potas, ale bardziej niż wapń. Niedobór magnezu objawia się charakterystyczną chlorozą liści, występującą pomiędzy wiązkami przewodzącymi (nerwami). Przy dłuższym trwającym ograniczeniu dostępu magnezu chloroza przekształca się w brunatne nekrotyczne plamy biegnące od szczytów i brzegów blaszek liściowych do ich nasady. Owoce zawiązują się słabo, jest ich mniej i nie dorastają do właściwej wielkości. Zawartość magnezu u roślin właściwie odżywionych wynosi 1,5 -2,5% Mg w suchej masie.

**Żelazo** bierze udział w procesie fotosyntezy, oddychania, redukcji azotanów i siarczanów, stymuluje powstawanie chlorofilu. Objawy niedoboru żelaza są trochę podobne do objawów niedoboru magnezu z tym, że zaczynają się od młodych częściach roślin. Niedobór żelaza ma postać chlorozy (żółte, prawie białe liście, młode pędy). Jeśli deficyt żelaza trwa dłużej, następuje całkowite wybielenie nerwów, a także zahamowanie wzrostu i deformacja korzeni. Objawy niedoboru tego pierwiastka występują przy zbyt wysokim pH podłoża powyżej 7,0; przy zbyt dużym nawożeniu wapniem oraz za dużej ilości manganu w podłożu. Również przy zalaniu podłoża obserwuje się objawy niedoboru żelaza. Prawidłowo odżywione rośliny zawierają 100-300 ppm Fe w suchej masie, natomiast objawy niedoboru pojawiają się gdy jego zawartość spada poniżej 50 ppm.

**Mangan** jest składnikiem pokarmowym biorącym udział w fotosyntezie i tworzeniu auksyn. Odpowiednie żywienie roślin tym pierwiastkiem wpływa korzystnie w kształtowaniu wielkość plonu oraz na zwiększenie zawartości węglowodanów, witaminy C i karotenu. Niedobór, ale również nadmiar jonów manganu w roślinie prowadzi do zahamowania jej wzrostu. Objawy niedoboru manganu pojawiają się na młodszych dobrze wyrosniętych liściach (żelaza na najmłodszych, magnezu na najstarszych dolnych, a manganu pomiędzy nimi poczynając od góry). Na młodszych liściach występują punktowe jasnozielone plamy, które stopniowo powiększają się, a nerwy główne pozostają zielone. Duży brak manganu w blaszkach liściowych może doprowadzić do nekrozy chlorotycznych plam wzdłuż nerwów. U roślin właściwie nawożonych zawartość manganu w liściach wynosi 100-300 ppm Mn w suchej masie. Niedoborowi manganu sprzyja zbyt duża zawartość wapnia i żelaza oraz zbyt mała ilość jonów potasu. Przy nadmiarze manganu nerwy starszych liści stają się brązowo czerwone, a blaszka liściowa między nerwami ulega przejaśnieniu, następnie

pojawiają się nekrozy. Nekrozy te występują się na liściach dolnych, z czasem obejmują całą roślinę. Szkodliwa zawartość manganu w roślinie wynosi 500-800 ppm w suchej masie i uwidacznia się bardziej przy niedoborze wapnia i przy niskim pH.

**Bor** jest składnikiem niezbędnym w tworzeniu ścian komórkowych, wpływa na wzrost, kwitnienie oraz zawiązywanie owoców. Objawy braku boru pojawiają na najmłodszych organach rośliny oraz z czasem na kwiatach. Następuje zahamowanie wierzchołków wzrostu, najmłodsze liście stają się zdeformowane, grubsze oraz kruche, mogą wystąpić nieregularne chlorozy. Najmłodsze nierozwinięte liście zwijają się i zamierają. Rośliny rozrastają się w pędy boczne i stają się krzaczaste. Blaszki i ogonki liściowe są bardzo kruche i łatwo się łamią. Na owocach tworzą się suche pęknięcia i nekrotyczne plamy. Rośliny prawidłowo odżywione zawierają 40-120 mg boru w 1 kg suchej masy. Zawartość toksyczna boru dla roślin ogórka wynosi ponad 300 ppm. Symptomy toksyczności pojawiają się na liściach starszych, które zmieniają zabarwienie na żółtozielone z nekrotycznymi plamami między nerwami. Górne liście stają się małe i rośliny wytwarzają małą liczbę kwiatów.

**Miedź** w roślinie występuje najczęściej w chloroplastach, bierze udział w syntezie witamin i w przemianach związków żelaza w roślinie. Brak miedzi powoduje chlorozę młodych liści oraz ich łódeczkowate zwijanie, a także więdnienie i zamieranie liści oraz pędów. Rośliny prawidłowo nawożone zawierają 12 -20 ppm miedzi w suchej masie. Zawartość miedzi poniżej 7 ppm w suchej masie powoduje, że na powierzchni owoców występują brązowe zapadnięte plamy rozrzucone nieregularnie na żółknącej skórce owoców.

## **2. Nawożenie ogórka w uprawach bezglebowych**

Potrzeby nawozowe ogórka znacznie przekraczają jego wymagania pokarmowe. Składniki pokarmowe powinny być dostarczane roślinom systematycznie w czasie całego okresu wegetacji, szczególnie jeśli ogórki są uprawiane w małej ilości podłoża. Największe zapotrzebowanie wykazują w stosunku do potasu i azotu, natomiast fosfor i magnez pobierany jest w mniejszych ilościach. Ilość nawozów zużywanych na produkcję owoców zależy przede wszystkim od rodzaju wykorzystywanego podłoża, stosowanego nawadniania, wymagań odmianowych oraz warunków klimatycznych. Mimo dostarczenia odpowiednich ilości składników pokarmowych mogą one być niedostępne dla roślin, jeśli odczyn podłoża będzie niewłaściwy. Większość składników mineralnych jest dostępna dla roślin, jeśli odczyn podłoża mieści się w zakresie pH 6-7. Znaczenie poszczególnych składników mineralnych może się zmieniać wraz ze wzrostem roślin. Azot jest najważniejszym składnikiem

plonotwórczym. Odgrywa dużą rolę w okresie wzrostu wegetatywnego wszystkich organów, głównie liści i pędów. Zbyt duże dawki azotu nadmiernie pobudzają wzrost wegetatywny, ze szkodą dla rozwoju owoców i wzrostu korzeni. Stosowanie niewielkiej ilości azotu w formie amonowej, działa pobudzająco na osłabiony wzrost roślin. Jednak zbyt duża zawartość formy amonowej w stosowanym nawożeniu może doprowadzić do uszkodzenia roślin, szczególnie jeśli są uprawiane na podłożach nie organicznych. Fosfor jest składnikiem pobieranym w mniejszych ilościach, ale odgrywa ważną rolę w rozwoju ogórków. Jest on odpowiedzialny za rozwój systemu korzeniowego, szczególnie w niższej temperaturze podłoża. Ma również duże znaczenie dla rozwoju wegetatywnego i plonowania. Fosfor powinien być dostarczany systematycznie, szczególnie w uprawach bezglebowych. Ogórek wykazuje największe zapotrzebowanie na potas. Podłoża organiczne dzięki procesowi mineralizacji mogą udostępniać roślinom znaczne ilości potasu w początkowym okresie wegetacji, co należy wziąć pod uwagę przy planowaniu dawek nawozu. Potas jest niezbędnym składnikiem dla normalnego wzrostu i owocowania. Dostępność potasu dla roślin ogórka zmniejsza się przy nadmiernym nawożeniu wapniem i magnezem. Intensywniejsze nawożenie azotem, zwłaszcza w formie azotanowej, wpływa na większe pobieranie potasu. Niedostateczne zaopatrzenie w magnez nie musi być spowodowane jego niską zawartością. Symptomy niedostatecznego zaopatrzenia roślin w magnez mogą wystąpić przy określonych warunkach pogodowych, najczęściej wówczas, gdy po długotrwałym okresie pochmurnych, deszczowych dni nastąpi nagle poprawa pogody. W takich warunkach należy zadbać o dobre wietrzenie szklarni i stosować dolistne nawożenie magnezem (przynajmniej 2 % roztworem siarczanu magnezu). Zbyt bogate nawożenie potasem i wapniem może również pogorszyć dostępność magnezu. Wapń jest pierwiastkiem transportowanym w roślinie wraz z wodą ze starszych do młodych liści, ale przemieszczanie się tego składnika w roślinie jest powolne. Jakikolwiek zaburzenie w transporcie powoduje wystąpienie objawów deficytu w najmłodszych częściach, na wierzchołku rośliny. Zawartość wapnia w podłożu decyduje o wartości pH, a tym samym o dostępności składników mineralnych, w tym i mikroelementów. Brak wapnia występuje częściej na podłożach inertnych niż na organicznych oraz gdy zawartość potasu w stosowanych pożywkach jest zbyt wysoka.

Określanie potrzeb nawozowych w uprawach bezglebowych powinno opierać się przede wszystkim na przeprowadzanych analizach chemicznych podłoża i dokładnej obserwacji tempa wzrostu roślin, ocenie wyglądu liści, pędów, kolorze kwiatów i zawiązywaniu owoców. Obserwacja roślin jest bardzo przydatna ze względu na szybkie tempo wzrostu ogórka w porównaniu do tempa wzrostu innych warzyw uprawianych pod

osłonami. Pierwsze symptomy zmiany wyglądu, kształtu lub koloru roślin mogą wskazać na potrzebę przeprowadzenia korekty nawożenia. Zawartość podstawowych składników mineralnych w podłożu, takich jak azot, fosfor i potas jest uzależniona od fazy wzrostu rośliny, warunków klimatycznych – głównie oświetlenia i rodzaju podłoża. Zawartość pozostałych makroelementów i mikroelementów jest mniej więcej podobna dla wszystkich rodzajów upraw. W wełnie mineralnej zawartość azotu jest mniej więcej podobna jak w stosowanej pożywce, do 250 mg/l. Optymalna zawartość fosforu w wełnie mineralnej kształtuje się na poziomie 40 – 60 mg P/l. Ze względu na duże zapotrzebowanie ogórka na potas, powinien wynosić 300 – 500 mg K/l. Zawartość potasu w matach wełny mineralnej powinna być utrzymywana na poziomie do 315 mg K/l. Optymalna zawartość magnezu w podłożu o dużej zawartości masy organicznej mieści się w zakresie 150–250 mg Mg/l, dla pozostałych 150–200 mg Mg/l.

Nawadnianie połączone z nawożeniem jest bezwzględnie konieczne w uprawie na podłożach inertnych. Mając na względzie zmniejszenie szkodliwego wpływu stosowania nadmiernych ilości nawozów, zaleca się stosowanie fertygacji również w integrowanej uprawie ogórka na innych podłożach, a szczególnie w tych technologiach, które oparte są na stosowaniu ograniczonej ilości podłoża, przypadającego na jedną roślinę. Częstotliwość nawadniania jest uzależniona od fazy wzrostu roślin, warunków klimatycznych oraz rodzaju i ilości podłoża przypadającego na jedną roślinę. Przy małej ilości podłoża należy ogórki nawadniać częściej i równomierniej. Na początku sezonu wystarczy stosować fertygację co 2-3 godziny, a w okresie intensywnego owocowania i słonecznej pogody nawet co 45 – 60 minut. Maksymalne zużycie wody w okresie wysokich temperatur zewnętrznych dochodzi do 3,5-3,8 litra na jedną roślinę w ciągu doby.

### **3. Obliczanie składu pożywek**

Ustalenie składu mieszanki powinno być poprzedzone analizą chemiczną wody, aby można było dokładnie ustalić ilość składników mineralnych, które muszą być dodane w nawozach. Pierwszym etapem jest ustalenie ilości kwasu, który trzeba dodać do wody, aby uzyskać pH 5,5 (tylko do zalewania mat pH powinno być niższe – 5,3). Do obniżenia odczynu wody wykorzystuje się najczęściej kwas azotowy (52 lub 65%), który jest jednocześnie niewielkim źródłem azotu. Ilość kwasu jaką trzeba dodać do określonej objętości wody można określić na dwa sposoby: 1) Przygotować dokładnie określoną objętość wody (np. 100 litrów) i stopniowo, bardzo ostrożnie dodawać niewielkimi dawkami kwas, aż uzyska się pożądaną wartość pH. 2) Można też w przybliżeniu obliczyć ilość kwasu na

podstawie analizy chemicznej wody, w której określa się zawartość anionów węglanowych  $\text{HCO}_3^-$ . Przy obliczaniu ilości i wyborze nawozów do przygotowania roztworów o określonym składzie należy uwzględnić wszystkie składniki zawarte w wodzie (tab.1.). Dotyczy to zwłaszcza wapnia, magnezu i siarczanów. Najbardziej przydatna jest woda zawierająca minimalne ilości makro- i mikroelementów.

Tabela 1. Dopuszczalne maksymalne zawartości składników w wodzie używanej do fertygacji oraz ich formy dostępne dla roślin

składnik	zawartość mg/l	dostępne formy
<b>Azot</b>	5	$\text{NO}_3^-$ , $\text{NH}_4^+$
<b>Fosfor</b>	5	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{HPO}_4^{2-}$
<b>Potas</b>	5	$\text{K}^+$
<b>Wapń</b>	120	$\text{Ca}^{+2}$
<b>Magnez</b>	25	$\text{Mg}^{+2}$
<b>Chlor</b>	100	$\text{Cl}^-$
<b>Siarczany</b>	200	$\text{SO}_4^{2-}$
<b>Węglany</b>	350	$\text{CO}_2$
<b>Sód</b>	30	$\text{Na}^+$
<b>Żelazo</b>	5	$\text{Fe}^{+2}$ , $\text{Fe}^{+3}$
<b>Bor</b>	0,5	$\text{H}_3\text{BO}_3$
<b>Cynk</b>	0,5	$\text{Zn}^{+2}$
<b>Mangan</b>	1,0	$\text{Mn}^{+2}$
<b>Miedź</b>	0,2	$\text{Cu}^{+2}$ , $\text{Cu}^+$
<b>Molibden</b>	0,02	$\text{MoO}_4^-$
<b>pH</b>	7,5	
<b>EC</b>	1,0	

Do sporządzania pożywek najbardziej nadaje się woda deszczowa (tab.2). Zawiera ona bardzo małe stężenia makro- i mikroelementów oraz niewielkie ilości węglanów. Czysty deszcz ma odczyn lekko kwaśny (pH 5,7) wynikający z obecności kwasu węglowego, powstającego w wyniku reakcji wody z dwutlenkiem węgla znajdującym się w powietrzu atmosferycznym. W ostatnich latach odczyn wód deszczowych zaczął się znacznie obniżać. Opady o bardzo niskim pH, nazwano kwaśnymi deszczami. Obniżenie pH wód deszczowych jest spowodowane spalaniem dużych ilości węgla i ropy naftowej oraz wprowadzaniem do atmosfery dwutlenku siarki ( $\text{SO}_2$ ) i tlenków azotu ( $\text{NO}_x$ ). Gazy te łącząc się z wodą tworzą kwasy siarkowy i azotowy. Kwaśny odczyn wód deszczowych w 60–70% wynika z obecności kwasu siarkowego, a w 30–40% spowodowanych jest przez kwas azotowy. Jakość wody



można poprawić za pomocą tak zwanych odstożników, czyli zbiorników, w których gromadzona i przetrzymywana jest woda studzienna oraz woda deszczowa.

Tabela 2. Przeciętny skład wody z opadów atmosferycznych

składnik	stężenie (mg/l)	składnik	stężenie (mg/l)
<b>SiO<sub>2</sub></b>	0,30–1,20	<b>HCO<sub>3</sub></b>	3,00–7,00
<b>Al</b>	0,01	<b>SO<sub>4</sub></b>	0,70–2,2
<b>Ca</b>	0,65–3,30	<b>Cl</b>	0,20–17
<b>Mg</b>	0,20–1,20	<b>NO<sub>2</sub></b>	0,02
<b>Na</b>	0,60–9,40	<b>NO<sub>3</sub></b>	0,10–2,20
<b>K</b>	0,11–0,60	<b>NH<sub>4</sub></b>	0,42
<b>pH</b>	4,40–6,50	—	—

Wiele wód ze źródeł podziemnych zawiera duże stężenia makro- i mikroelementów (mają wysokie EC), po zmieszaniu ich z wodami deszczowymi (zbieranymi z dachów szklarni i gromadzonych w odstożnikach) koncentracja składników zmniejsza się (EC maleje). Z wód tych łatwiej przygotować dobrze zbilansowaną pożywkę (tab. 4). Woda, w zależności od pochodzenia, zawiera różne ilości węglanów, głównie wapnia i magnezu. Kwaśne węglany są solami słabego kwasu H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> i słabych zasad — Ca(OH)<sub>2</sub>, Mg(OH)<sub>2</sub>. Hydrolizują one w środowisku wodnym alkalinizując je. Woda do fertygacji powinna zawierać jak najmniej tych soli. Wraz ze wzrostem pH wody, wzrasta również zawartość węglanów (tab. 3).

Tabela 3. Odczyn wody, w zależności od zawartości węglanów (Skierniewice 2020)

pH	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)
5,0	22,0
5,5	51,2
6,0	144
6,5	248
7,0	342

Znając zawartość  $\text{HCO}_3^-$  w wodzie możemy w przybliżeniu obliczyć objętość kwasów ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ) potrzebną do obniżenia pH wody do 5,5 według wzoru:

gdzie:

$$V_{\text{HNO}_3} = \frac{m_{\text{HCO}_3^-} - 50}{M_{\text{HCO}_3^-}} \times \frac{M_{\text{HNO}_3}}{C\%_{\text{HNO}_3} \cdot d_{\text{HNO}_3}}$$

$V$  — objętość kwasu na 1000 l wody

$m_{\text{HCO}_3^-}$  — zawartość  $\text{HCO}_3^-$  w wodzie w mg/l

50 — przy tej zawartości węglanów odczyn wody wynosi 5,5

$M_{\text{HCO}_3^-}$  — masa cząsteczkowa  $\text{HCO}_3^-$ , która wynosi 61

$M_{\text{HNO}_3}$  — masa cząsteczkowa  $\text{HNO}_3$ , która wynosi 63

$C\%$  — stężenie procentowe kwasu azotowego

$d_{\text{HNO}_3}$  — gęstość kwasu azotowego.

Tabela 4. Przykładowe obliczenie pożywki uwzględniające analizę wody

Pożądana pożywka (mg/l) (w uprawie ogórka)	Analiza wody (Skierniewice 2020 r.)	Obliczona ilość nawozu, jaką trzeba użyć w g lub ml na 1000 l wody
pH — 5,5	pH — 6,7	$\text{HNO}_3$ — 310
EC — 2,4 mS/cm	EC — 0,65 mS/cm	
$\text{HCO}_3^-$ — 50	$\text{HCO}_3^-$ — 324	
N- $\text{NO}_3^-$ — 230	N- $\text{NO}_3^-$ — 0,24	$\text{NH}_4\text{NO}_3$ — 29
N- $\text{NH}_4^+$ — 10	N- $\text{NH}_4^+$ — <0,05	
P- $\text{PO}_4^{3-}$ — 50	P- $\text{PO}_4^{3-}$ — <0,10	$\text{KH}_2\text{PO}_4$ — 217
$\text{K}^+$ — 330	$\text{K}^+$ — 2,37	$\text{K}_2\text{SO}_4$ - 393, $\text{KNO}_3$ -296
$\text{Ca}^{+2}$ — 200	$\text{Ca}^{+2}$ — 98,0	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ — 536
$\text{Mg}^{+2}$ — 55	$\text{Mg}^{+2}$ — 14,5	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ — 409
Fe — 2,5	Fe — <0,02	Fe — 41,6
Mn — 0,8	Mn — <0,02	Mn — 6,25
Zn — 0,33	Zn — 0,21	Zn — 0,85
B — 0,33	B — 0,03	B — 1,9
Cu — 0,15	Cu — <0,02	Cu — 1,0
Mo — 0,05	Mo — 0,0	Mo — 0,5
	Na — 10,1	

W przykładzie wykorzystano kwas azotowy 65%, którego gęstość wynosi 1,4 kg/l.

$$V_{HNO_3} = \frac{324 - 50}{61} \times \frac{63}{0,65 \cdot 1,4} = 310 \text{ ml} / 1000 \text{ l}$$

Z kwasem azotowym wprowadzamy do pożywki **azot**, którego zawartość możemy wyliczyć korzystając z następujących wzorów:

$$a) m_k = C\% \cdot d \cdot V_k$$

$m_k$  – masa kwasu

$d$  – gęstość kwasu

$V_k$  – objętość kwasu użyta do regulacji odczynu

$$m_{HNO_3} = 0,65 \cdot 1,4 \cdot 310 = 282 \text{ g}$$

$$b) \text{ Zawartość N w } HNO_3 \text{ (mg/l)} = \frac{m_k \cdot \%N \cdot 10}{1000}$$

$$N \text{ (mg/l)} = \frac{282 \text{ g} \cdot 22\% \cdot 10}{1000} = 62 \text{ mg/l}$$

%N — procentowa zawartość azotu w kwasie azotowym ~22% wyliczona została według wzoru

$$\%N = M_N : M_{HNO_3} \times 100$$

$M_N$  — masa atomowa azotu = 14

$M_{HNO_3}$  — masa cząsteczkowa  $HNO_3 = 63$

$$\%N = \frac{14}{63} \cdot 100 \approx 22\%$$

Dla właściwego zbilansowania pożywki i dostosowania jej do określonej wody najbardziej przydatne są nawozy o wysokiej zawartości składników pokarmowych, najlepiej jedno- lub dwuskładnikowe. Umożliwiają one dokładniejsze przygotowanie pożywki i ewentualną jej korektę w czasie uprawy. Dla prawidłowego wzrostu roślin konieczne jest 13 pierwiastków — N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, B, Cu, Zn, Mo, Cl. Do tego dochodzi wodór, węgiel, tlen ( $H_2O$  i  $CO_2$ ) oraz sód i krzem — będące pierwiastkami, które w niewielkich ilościach wpływają na poprawę wzrostu większości roślin, ale dla niektórych gatunków są składnikami zasadniczymi.

Potrzebną do sporządzenia pożywki ilość nawozów obliczamy według wzoru:

$$\text{Brakująca ilość nawozu (g)} = \frac{\text{Brakująca ilość składników (w mg/l)} \times \text{objętość wody}}{\% \text{ zawartość składnika w nawozie} \times 10}$$

W niektórych nawozach zawartość składników pokarmowych podawana jest w formie tlenkowej. Zawartość w czystym składniku wylicza się korzystając ze współczynników zawartych w tabeli 5.

Tabela 5. Współczynniki do przeliczania formy tlenkowej na czysty składnik

forma tlenkowa x	współczynnik	= czysty składnik
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	x 0,44	P
K <sub>2</sub> O	x 0,83	K
MgO	x 0,60	Mg
CaO	x 0,71	Ca

Najważniejszą cechą, jaką powinny charakteryzować się nawozy do przygotowywania pożywek, jest czystość oraz pełna rozpuszczalność zawartych w nich składników. Nawozy rozpuszczają się lepiej przy wyższej temperaturze (tab. 6).

Tabela 6. Rozpuszczalność nawozów przy różnych wartościach temperatury

Temperatura	Rozpuszczalność (g/l wody)			
	KCL	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	KNO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>
10°C	310	90	210	1580
20°C	340	110	310	1950
30°C	370	130	460	2420

Po korekcie odczynu **obliczanie brakujących makroskładników rozpoczynamy od wapnia**. W zasadzie mamy do dyspozycji dwa nawozy wapniowe dobrze rozpuszczalne w wodzie: saletrę wapniową (saletra wapniowa stała — 19% Ca i 15,5% N, z tego 14,5% N-NO<sub>3</sub> i 1% N-NH<sub>4</sub>, saletra wapniowa płynna — cały azot ma w formie azotanowej) z saletrą wapniową oprócz wapnia wprowadzamy również azot, który możemy obliczyć, korzystając z wzoru:

$$\text{składnik (mg/l)} = \frac{\text{nawóz (w g)} \times \% \text{ zawartość składnika w nawozie} \times 10}{\text{objętość wody}}$$

Do zbilansowania wapnia brakuje jeszcze 102 mg Ca/l (200 mg/l – 98 mg/l z wody). Ilość tę wprowadzimy w postaci saletry wapniowej Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.

$$\text{Saletra wapniowa (g)} = \frac{102 \text{ mg} \times 1000}{19\% \times 10} = 536 \text{ g}$$

Z saletrą wapniową wprowadzamy również **azot**:

$$\text{N-NO}_3 \text{ (mg/l)} = \frac{536 \text{ g} \times 14,5\% \times 10}{1000} = 78 \text{ mg/l}$$

$$\text{N-NH}_4 \text{ (mg/l)} = \frac{536 \text{ g} \times 1\% \times 10}{1000} \sim 5 \text{ mg/l}$$

W pożywce chcemy mieć 10 mg/l formy amonowej azotu, brakujące 5 mg/l uzupełniamy z saletry amonowej ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  — 17%  $\text{NO}_3$  i 17%  $\text{NH}_4$ )

$$\text{Saletra amonowa (g)} = \frac{5 \text{ mg/l} \times 1000}{17\% \times 10} = 29 \text{ g}$$

Z saletrą amonową wprowadziliśmy również 5 mg/l formy N- $\text{NO}_3$ . Formy saletrzaney w pożywce mamy: 78 mg/l ( $\text{CaNO}_3$ ) + 62 mg/l ( $\text{HNO}_3$ ) + 5 mg/l ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) = 145 mg/l. Do 230 mg/l brakuje jeszcze 85 mg/l. 45 mg żemy wprowadzić w formie saletry magnezowej (10% Mg i 11% N- $\text{NO}_3$ ), natomiast pozostałe 40 mg/l w formie saletry potasowej (13,5% N- $\text{NO}_3$  i 38% K)

$$\text{Saletra magnezowa (g)} = \frac{45 \text{ mg/l} \times 1000}{11\% \times 10} = 409 \text{ g}$$

Z saletrą magnezową wprowadzamy również **magnez**:

$$\text{Mg (mg/l)} = \frac{409 \text{ g} \times 10\% \times 10}{1000} = 40,9 \text{ mg/l}$$

Magnezu w pożywce mamy: 40,9 mg/l Mg ( $\text{NO}_3$ )<sub>2</sub> + 14,5 mg/l (z wody) = 55,4 mg/l

$$\text{Saletra potasowa (KNO}_3\text{) g} = \frac{40 \text{ mg/l} \times 1000}{13,5\% \times 10} = 296 \text{ g}$$

Z saletrą potasową wprowadzamy również potas:

$$\text{K (mg/l)} = \frac{296 \text{ g} \times 38\% \times 10}{1000} = 112 \text{ mg/l}$$

Fosfor możemy wprowadzić w formie fosforanu monopotasowego (28% K, 23% P)

$$\text{Fosforan monopotasowy (g)} = \frac{50 \text{ mg/l} \times 1000}{23\% \times 10} = 217 \text{ g}$$

Z fosforanem monopotasowym wprowadzamy również **potas**:

$$\text{K (mg/l)} = \frac{217 \text{ g} \times 28\% \times 10}{1000} = 61 \text{ mg/l}$$

Potrzeby potasu zostały określone na 330 mg/l. Pozostałą część potasu (157 mg/l) możemy wprowadzić w formie siarczanu potasu (40% K, 18% S).

$$\text{Siarczan potasu (g)} = \frac{157 \text{ mg/l} \times 1000}{40\% \times 10} = 393 \text{ g}$$

**Ustalenie zawartości mikroelementów** jest łatwiejsze, ponieważ każdy z nich występuje w innym nawozie. Do dyspozycji mamy wiele dobrych nawozów mikroelementowych, w większości z nich składniki występują w formach schelatowanych. Żelazo występujące w wodzie jest w zasadzie nieprzyswajane dla roślin, dlatego nie jest uwzględniane przy obliczaniu pożywek. Obliczając zawartości mikroskładników, jakie są potrzebne do uzyskania określonego stężenia, postępujemy podobnie jak z makroskładnikami.

W przedstawionym przykładzie wykorzystano chelat żelaza Tenso EDDHMA — 6% Fe, chelat manganu Librel EDTA — 12,8% Mn, kwas borowy — 17,5% B, chelat miedzi EDTA — 14,8% Cu, chelat cynkowy Librel EDTA — 14% Zn, chelat molibdenu Symfonia — 10% Mo.

Przykładowe obliczenie chelatu żelaza:

$$\text{Tenso EDDHMA (g)} = \frac{2,5 \text{ mg/l} \times 1000}{6\% \times 10} = 41,6 \text{ g}$$

Firmy nawozowe oraz doradczycy dysponują również programami komputerowymi, które po wprowadzeniu wartości uzyskanych na podstawie analizy wody oraz określeniu składu pożądanej pożywki zbilansują oczekiwany roztwór przy wykorzystaniu szerokiej gamy nawozów (tab. 7, 8 i 9).

Tabela. 7. Kwasy nieorganiczne stosowane do przygotowywania pożywek.

Rodzaj kwasu	Gęstość kg/L	Zawartość składnika (w 1 litrze)
Kwas azotowy 65%	1,39	199 g N
Kwas azotowy 63%	1,38	191 g N
Kwas azotowy 59%	1,36	177 g N
Kwas azotowy 57%	1,35	160 g N
Kwas azotowy 37%	1,23	100 g N
Kwas fosforowy 85%	1,69	460 g P
Kwas fosforowy 75%	1,58	379 g P
Kwas fosforowy 70%	1,54	344 g P
Kwas solny 36%	1,18	412 g Cl
Kwas solny 33%	1,16	372 g Cl

Tabela. 8. Podstawowe nawozy makroelementowe używane do przygotowywania pożywek w uprawie ogórka.

Nazwa nawozu	Wzór chemiczny	Zawartość składników pokarmowych
Saletra wapniowa szklarniowa	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	<b>N – 15,5 %</b> ( $\text{NO}_3$ – 14,5 %, $\text{NH}_4$ – 1 %) <b>Ca – 19 %</b>
Saletra potasowa	$\text{KNO}_3$	<b>N – 13,5 %</b> <b>K – 38 %</b>
Saletra magnezowa	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	<b>N – 10,8 %</b> , <b>Mg – 9,4%</b>
Saletra amonowa	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	<b>N – 34 %</b> ( $\text{NO}_3$ – 17 %, $\text{NH}_4$ – 17 %)
Siarczan potasu	$\text{K}_2\text{SO}_4$	<b>K – 42 %</b> <b>S – 18 %</b>
Siarczan magnezu jednowodny	$\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	<b>Mg – 16 %</b> <b>S – 17,2 %</b>
Siarczan magnezu siedmiowodny	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	<b>Mg – 9,6 %</b> <b>S – 13 %</b>
Fosforan monopotasowy	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	<b>P – 23 %</b> <b>K – 28 %</b>
Fosforan monoamonowy	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	<b>N-NH<sub>4</sub> – 12 %</b> <b>P – 26,7 %</b>
Chlorek wapnia	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	<b>Ca – 18 %</b> <b>Cl – 32%</b>
Chlorek potasu	$\text{KCl}$	<b>K – 51,6 %</b> <b>Cl – 47 %</b>

Tabela 9. Przykłady nawozów mikroelementowych najczęściej stosowanych w pożywkach hydroponicznych

Nazwa nawozów	Zawartość składników pokarmowych
boraks	B – 11%, Na – 12%
Kwas borowy	B - 17,5 %
Chelat boru Symfonia B	B- 20 %
Chelat cynku Librel EDTA	Zn – 14%
Chelat cynku Symfonia Zn EDTA	Zn - 10%
Siarczan cynku $1\text{H}_2\text{O}$	Zn – 33%, S – $\text{SO}_4$ – 16 %
Siarczan cynku $7\text{H}_2\text{O}$	Zn – 23%, S – $\text{SO}_4$ – 11%
Chelat manganu Librel EDTA	Mn – 12,8%
Chelat manganu Symfonia Mn EDTA	Mn – 10%
Chelat manganu Mikrovit Mn EDTA	Mn – 3%
Siarczan manganu $1\text{H}_2\text{O}$	Mn – 32%, S – $\text{SO}_4$ - 18%
Siarczan manganu $4\text{H}_2\text{O}$	Mn – 25%, S – $\text{SO}_4$ – 14%
Chelat miedzi Forte HEEDTA	Cu – 12%
Chelat miedzi Librel EDTA	Cu – 14%
Chelat miedzi Symfonia Cu EDTA	Cu – 10%
Siarczan miedzi $5\text{H}_2\text{O}$	Cu – 25,2%, S- $\text{SO}_4$ – 12%
Molibdenian amonowy	Mo – 49%, N-NH <sub>4</sub> – 9,2%

Molibdian sodowy	Mo – 39%, Na – 18%
Chelat molibdenu symfonia Mo	Mo – 10%
Chelat żelaza Librel SP DTPA	Fe – 6%
Chelat żelaza Librel Fe-DP DTPA	Fe – 7%
Chelat żelaza Librel Fe – DP6L	Fe – 6%
Chelat żelaza Librel Fe - HI	Fe – 7%
Chelat żelaza Librel Fe - LO	Fe – 13,2%
Chelat żelaza Tenso EDDHMA	Fe – 6%
Chelat żelaza Forte HEEDTA	Fe – 7%
Chelat żelaza Symfonia Fe EDTA	Fe – 10%
Librel MIX B	Fe – 3,2%, Mn – 1,5%, Zn – 0,6%, B – 0,8%, Cu – 1,6%, Mo – 2,5%
Pionier Mikro	Fe – 1,42%, Mn – 0,54, Zn – 0,1%, B – 0,2%, Cu – 0,1%, Mo 0,03%

Pożywki do upraw hydroponicznych mogą być przygotowywane w stężeniach odpowiadającym potrzebom pokarmowym roślin tzw. roztwory robocze. W jednym zbiorniku rozpuszcza się wszystkie potrzebne do sporządzenia pożywki nawozy w następującej kolejności, kwas, saletra wapniowa, pozostałe nawozy pojedyncze lub dwuskładnikowe (lub nawóz wieloskładnikowy) i mikroelementy. W uprawie ogórków na większych powierzchniach przy stosowaniu specjalnych urządzeń dozujących pożywki przygotowywane są jako roztwory stężone (najczęściej 100 krotnie w stosunku do roztworów roboczych). Stężonych roztworów nie możemy umieszczać w jednym zbiorniku, gdyż reakcje zachodzące pomiędzy poszczególnymi jonami powodują wytrącanie nierozpuszczalnych związków, które mogą powodować zatykanie elementów nawadniających. Dotyczy to związków wapnia, siarczanów i fosforanów. Stężone roztwory nawozów wapniowych (saletra wapniowa, chlorek wapnia umieszczamy w jednym zbiorniku (zbiornik A) a nawozy fosforowe (fosforan monopotasowy) w drugim zbiorniku (B). Kwasy służące do regulacji odczynu (najczęściej kwas azotowy, fosforowy i solny) w trzecim zbiorniku (C). Na mniejszych plantacjach (szczególnie przy wykorzystaniu do dozowania pożywek proporcjonalnych dozowników typu Dosatron) stężone roztwory pożywek przygotowywane są tylko w dwóch zbiornikach A i B, wtedy kwas fosforowy wlewa się do zbiornika B, natomiast kwas azotowy do zbiornika A lub część do zbiornika A, a drugą część do zbiornika B (tab.10).

Tabela. 10. Teoretyczny skład pożywek dla ogórka szklarniowego w zależności od fazy wzrostu

pożywka	pH	EC mS/cm	mg·dm <sup>-3</sup>												
			NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo	



zalewanie mat	5,3	2,5	220	10	45	230	210	60	2,5	0,8	0,33	0,15	0,5	0,05
do 6 tygodnia po posadzeniu	5,5	2,4	220	10	40	280	180	45	1,5	0,6	0,33	0,15	0,3	0,05
standardowa	5,5	2,3	225	15	40	310	160	35	1,5	0,6	0,33	0,15	0,3	0,05
pełnia owocowania	5,5	2,4	230	10	50	330	180	55	2,5	0,8	0,33	0,15	0,3	0,05