

Makroelementy to pierwiastki, które stanowią nie mniej niż 0,01% suchej masy każdego organizmu. Zalicza się do nich tzw. pierwiastki biogenne, a więc takie, który odgrywają kluczową rolę w budowie żywych organizmów na Ziemi. Jest ich 6, a są to: węgiel (C), wodór (H), tlen (O), siarka (S), azot (N), fosfor (P). Poza wymienionymi pierwiastkami do makroelementów należą magnez (Mg), wapń (Ca), potas (K), sód (Na) i chlor (Cl). Są one niezbędne do prawidłowego wzrostu i rozwoju organizmów roślinnych i zwierzęcych.

## Charakterystyka makroelementów:

### Pierwiastki biogenne:

**Węgiel ( C )** – podstawowy element wszystkich związków organicznych. Atomy tego pierwiastka mają zdolność do łatwego i silnego wiązania się między sobą, w porównaniu z atomami innych pierwiastków. To dzięki tej cesze, obserwuje się ogromną różnorodność związków chemicznych tworzonych przez ten pierwiastek. Powstają długie łańcuchy węglowe, proste lub rozgałęzione, w formie pierścieniowej, a także, jako kombinacje łańcuchów i form aromatycznych. Można, więc uznać, że węgiel tworzy „szkielety” wszystkich związków organicznych. Węgiel zawarty jest również w dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>), który podczas wymiany gazowej wydalanany jest z organizmu do atmosfery. Następnie przyswajany jest przez rośliny stając się kluczowym substratem fotosyntezy.

**Wodór ( H )** – pierwiastek, który obok węgla i tlenu, jest składnikiem związków organicznych. Wiąże się z atomami węgla, dołączając się tym samym do szkieletów tych związków. Atomy wodoru są również elementem grup funkcyjnych wraz z atomami węgla. Bierze udział w reakcjach oksydo-redukcyjnych wraz z tlenem. Buduje cząsteczkę wody (H<sub>2</sub>O).

**Tlen ( O )** – pierwiastek, który wraz z węglem i wodorem, jest podstawowym elementem związków chemicznych. Bierze udział w ważnych procesach oksydo-redukcyjnych. Buduje, wraz z wodorem, cząsteczkę wody. W stanie wolnym występuje w formie dwuatomowej (O<sub>2</sub>) i trójatomowej (O<sub>3</sub>). Jest składnikiem powietrza atmosferycznego (21%). Stanowi uboczny produkt fotosyntezy. Jest również niezbędny do zajęcia fosforylacji oksydacyjnej, będącej najistotniejszym etapem utleniania komórkowego.

**Azot ( N )** – pierwiastek, będący składnikiem białek, kwasów nukleinowych wielu związków barwnikowych (np. hemoglobina), lipidów budujących błony komórkowe, związków cyklicznych biorących udział w wielu przemianach chemicznych i energetycznych (ATP i ADP). Jest składnikiem powietrza atmosferycznego (78%). Niedobory tego pierwiastka u roślin przynoszą wiele negatywnych skutków. Przyczyniają się do zahamowania wzrostu i kwitnienia, powodują żółknięcie liści, gdyż zaburzona jest synteza chlorofilu. Azot wchodzi w skład alkaloidów – związków chemicznych, wykazujących silnie pobudzające działanie fizjologiczne na organizm zwierząt i ludzi, już przy niskich stężeniach. Przy wysokich stężeniach powodują zatrucia, a nawet śmierć. Są to: kofeina, teina, teobromina, nikotyna, chinina, kurara, morfina).

**Fosfor ( P )** – pierwiastek będący składnikiem kwasów nukleinowych, uniwersalnego przenośnika energii, jakim jest ATP oraz transporterów wodoru (NAD, NADP). Ilość tego pierwiastka w organizmach nie jest wysoka, ale rola bardzo istotna. Niedostatek fosforu powoduje, bowiem ograniczenie w syntezie ATP, a związek ten jest niezbędny do zajścia ważnych przemian energetycznych w komórce. U zwierząt fosfor jest składnikiem mineralnym kości, obok wapnia i magnezu. Zapewnia elementom kostnym twardość i wytrzymałość. Fosfor wpływa korzystnie na stan zębów i dziąseł. Bierze udział w procesach wzrostowych i regeneracyjnych komórek. Uczestniczy w metabolizmie tłuszczów i skrobi. U roślin jego niedobór powoduje ograniczenie fotosyntezy oraz zaburzenie przebiegu oddychania komórkowego. Jest to czynnik ograniczający wzrost i rozwój części nadziemnych roślin oraz korzeni. Inne skutki niedoboru to żółknięcie brzegów liści, karłowacenie oraz pojawianie się ciemnych przebarwień na powierzchni liści.

**Siarka ( S )** – pierwiastek będący składnikiem enzymów, przede wszystkim regulujących proces utleniania komórkowego. Buduje aminokwasy siarkowe (metionina, cystyna, cysteina). Tworzy wiązania dwusiarczkowi (tzw. mostki), które podtrzymują przestrzenną strukturę białek, a ta decyduje o ich aktywności biologicznej. Siarka, będąc składnikiem białka keratyny, buduje twory u zwierząt takie jak: rogi, kopyta, pazury, paznokcie, włosy, zapewniając im mechaniczną wytrzymałość. U roślin niedostatek siarki wpływa hamująco na biosyntezę chlorofilu, a więc ogranicza fotosyntezę. Jest składnikiem wielu olejków eterycznych u takich roślin jak czosnek, cebula czy papryka, przyczyniając się tym samym do ulepszenia walorów smakowych potraw.

### **Pozostałe makroelementy:**

**Wapń ( Ca )** – pierwiastek będący ważnym składnikiem mineralnym kości. Warunkuje ich prawidłowy wzrost i wytrzymałość. Jest niezbędnym elementem płynów ustrojowych organizmu. Wapń bierze udział w procesie krzepnięcia krwi. Umożliwia pobudliwość komórek nerwowych oraz skurcz komórek mięśniowych. Zwiększa również lepkość cytoplazmy oraz przepuszczalność błon biologicznych. Niedobór wapnia powoduje procesy rozkładu błony cytoplazmatycznej. U roślin jest czynnikiem ograniczającym wzrost korzeni i pędów oraz powoduje ich zniekształcenia.

**Magnez ( Mg )** – razem z wapniem i fosforem buduje mineralną strukturę tkanki kostnej, zapewniając jej wytrzymałość i twardość. Powoduje wzrost lepkości cytoplazmy, przepuszczalności błon komórkowych i pobudliwości błony komórki nerwowej. Magnez stanowi atom centralny barwnika fotosyntetycznego – chlorofilu. Jest również aktywatorem wielu ważnych enzymów. Zapewnia również prawidłową budowę podjednostek rybosomów.

**Sód ( Na )** i **Potas ( K )** – kationy jednowartościowe, powodują spadek lepkości cytoplazmy, przepuszczalności błony komórkowej oraz zahamowanie pobudliwości komórek nerwowych i mięśniowych. Potas występuje w roślinach znacznie liczniej niż sód. Potas jest pierwiastkiem regulującym transpirację u roślin, gdyż reagując na stopień uwodnienia komórek szparkowych, stymuluje otwieranie bądź zamykanie aparatów szparkowych. Niedobór potasu u roślin jest przyczyną żółknięcia brzegów liści oraz wiotczenia łodyg.

**Chlor** ( Cl ) – ten makroelement reguluje równowagę jonową ustroju. Ponadto aktywuje enzym – amylazę ślinową, która rozkłada skrobię do związków prostszych w jamie ustnej. Jest składnikiem kwasu solnego, występującego w soku żołądkowym. U roślin jest on prawdopodobnie niezbędny do przeprowadzenia procesu fotosyntezy.