

WAŻNIEJSZE JEDNOSTKI MIAR I SYMBOLE STOSOWANE W BOTANICE EKSPERYMENTALNEJ

Important measure units and symbols used in experimental botany

Marian CZARNOWSKI

Summary. For more than 20 years it has been obligatory to use the *Système International* (SI) of Units for measure expressions in all fields of natural sciences. Looking through books and issues in the domain of experimental botany one may note that some authors and even editors do not use or only partially use SI units.

The aim of this article is to remind readers the International System of Units, symbols, conversion factors, and selected measure units used in experimental botany. I hope that the list of measure units presented below will be helpful for many authors, especially those who will submit their papers to Polish and English scientific publication.

Key words: SI units, SI symbols, experimental botany

Prof. dr hab. Marian Czarnowski, Zakład Fizjologii Roślin im. Franciszka Górskiego, Polska Akademia Nauk, ul. Sławkowska 17, 31–016 Kraków

WSTĘP

Od ponad 20 lat obowiązuje stosowanie Międzynarodowego Układu Jednostek Miar (*Système International*, SI) do pomiarów i wyrażania wielkości we wszystkich dziedzinach nauk przyrodniczych. Przeglądając książki i czasopisma z zakresu eksperymentalnej botaniki możemy stwierdzić, że wielu autorów, a nawet redaktorów, nie stosuje lub tylko częściowo stosuje obowiązujące jednostki SI.

Celem artykułu jest przypomnienie Międzynarodowego Układu Jednostek Miar, symboli, współczynników przeliczeniowych i wybranych jednostek miar stosowanych w botanice eksperymentalnej. Wyrażam nadzieję, że zestawione w tabelach jednostki miar pomogą wielu autorom przygotowującym swoje manuskrypty do publikacji w polskich i anglojęzycznych wydawnictwach naukowych.

PISOWNIA JEDNOSTEK MIAR I ICH SYMBOLI

Nazwa jednostki pochodząca od imienia własnego powinna być pisana małą literą (np. amper, dżul, kelwin, paskal, wat), ale jej symbol wielką literą (np. A, J, K, Pa, W). Natomiast symbole innych jednostek miar pisze się małą literą (np. m, s, mol). Symbol jednostki powinien być napisany w druku czcionką prostą (antykwą) i nie może być używany w liczbie mnogiej. Symbol jednostki miary pisze się bez kropki na końcu.

Nazwy proste jednostek miar występujące w nazwie złożonej łączy się za pomocą łączników, wyrażających odpowiednio mnożenie lub dzielenie. Mnożenie w nazwie wyrażającej iloczyn jednostek miar wyraża się przez: literę łączącą „o” lub „razy”, przy czym łącznik „razy” stosuje się tylko wtedy, gdy zastosowanie „o” prowadzi do jednoznaczności lub nie jest pożądane ze

Tabela 1. Podstawowe i uzupełniające jednostki miar SI

Table 1. Basic and supplementary measure SI units

Wielkość <i>Quantity</i>	Nazwa jednostki <i>Name of unit</i>	Symbol jednostki <i>Unit symbol</i>
A. Jednostki podstawowe — <i>basic units</i>		
Długość — <i>length</i>	metr — <i>metre</i>	m
Masa — <i>mass</i>	kilogram — <i>kilogram</i>	kg
Czas — <i>time</i>	sekunda — <i>second</i>	s
Prąd elektryczny — <i>electric current</i>	amper — <i>ampere</i>	A
Temperatura — <i>temperature</i>	kelwin — <i>kelvin</i>	K
Liczność materii — <i>amount of substance</i>	mol — <i>mole</i>	mol*
Światłość — <i>luminous intensity</i>	kandela — <i>candela</i>	cd
B. Jednostki uzupełniające — <i>supplementary units</i>		
Kąt płaski — <i>plane angle</i>	radian — <i>radian</i>	rad
Kąt bryłowy — <i>solid angle</i>	steradian — <i>steradian</i>	sr

*Przy stosowaniu symbolu jednostki „mol” należy określić rodzaj cząstki. Może to być: atom, drobina (cząsteczka), jon, elektron, kwant, inna cząstka albo określone zespoły cząstek.

Tabela 2. Przedrostki, symbole i mnożniki jednostek miar SI

Table 2. Prefixes, symbols and multiples for SI measure units

Przedrostki <i>Prefixes</i>	Symbole <i>Symbols</i>	Mnożniki <i>Multiples</i>
tera- — <i>tera-</i>	T	$10^{12} = 1\,000\,000\,000\,000$
giga- — <i>giga-</i>	G	$10^9 = 1\,000\,000\,000$
mega- — <i>mega-</i>	M	$10^6 = 1\,000\,000$
kilo- — <i>kilo-</i>	k	$10^3 = 1\,000$
hekto- — <i>hecto-</i>	h	$10^2 = 100$
deka- — <i>deca-</i>	da	$10^1 = 10$
jednostka — <i>unit</i>		$10^0 = 1$
decy- — <i>deci-</i>	d	$10^{-1} = 0.1$
centy- — <i>centi-</i>	c	$10^{-2} = 0.01$
mili- — <i>milli-</i>	m	$10^{-3} = 0.001$
mikro- — <i>micro-</i>	μ	$10^{-6} = 0.000\,001$
nano- — <i>nano-</i>	n	$10^{-9} = 0.000\,000\,001$
piko- — <i>pico-</i>	p	$10^{-12} = 0.000\,000\,000\,001$

Symbol przedrostka do wyrażania wielokrotności i podwielokrotności dołącza się do symbolu nazwy prostej jednostki miary, umieszczając go bezpośrednio przed symbolem jednostki miary (bez przerwy oddzielającej). Jednostką podstawową masy jest kilogram (kg). W tym przypadku, nazwy jednostek krotnych oraz ich skrótów tworzy się (w sposób nietypowy) nie od nazwy jednostki podstawowej kilogram, lecz od słowa gram i symbolu g. Zatem 1000 kg to nie kilokilogram, lecz megagram (Mg).

względów fonetycznych np. niutonometr, woltoamperosekunda, kulomb razy metr kwadratowy na volt, kilogram-siła razy metr.

Dzielenie wyraża się przez przyimek „na” np. metr na sekundę, dżul na kelwin. Mnożenie występujące po dzieleniu (w mianowniku ułamka) wyraża się przez:

łącznik „i” np. dżul na kilogram i kelwin,

– „,” (przecinek) rozdzielający kolejne nazwy proste np. kaloria na metr, sekundę i kelwin,

– „o” np. kilogram na kilowatogodzinę.

Struktura symbolu jednostki może być prosta (np. m, s, A, K) lub złożona (np. $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, $\mu\text{mol}(\text{CO}_2)\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Jednostka złożona nie może być dzielona.

Jednostka złożona utworzona przez pomnożenie dwóch jednostek powinna być napisana: kilogramometr ($\text{kg}\cdot\text{m}$), niutonometr ($\text{N}\cdot\text{m}$), paskalosekunda ($\text{Pa}\cdot\text{s}$), amperosekunda ($\text{A}\cdot\text{s}$). Jednostka złożona powstała z dwóch lub więcej jednostek przez podzielenie powinna być napisana w postaci iloczynu potęg, np. $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$, $\mu\text{mol}(\text{quantum})\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{nm}^{-1}$.

W jednostkach złożonych mnożenie (iloczyn potęg) oznacza się kropką centralną „.” która rozdziela symbole składowe proste, co czyni jednostkę zrozumiałą i czytelną. Znak mnożenia nie stosuje się w pisowni angielskiej, ale w polskiej regulacji prawnej jest obligatoryjny.

Tabela 3. Ważniejsze pochodne jednostki SI

Table 3. Important derived SI units

Wielkość <i>Quantity</i>	Nazwa jednostki <i>Name of unit</i>	Symbol jednostki <i>Unit symbol</i>
A. Wielkości mechaniczne — <i>mechanical quantities</i>		
powierzchnia <i>area</i>	metr kwadratowy <i>square metre</i>	m^2
objętość <i>volume</i>	metr sześcienny <i>cubic metre</i>	m^3
częstotliwość <i>frequency</i>	herc (1 na sekundę) <i>hertz (1 per second)</i>	$\text{Hz} (\text{s}^{-1})$
prędkość liniowa <i>linear velocity</i>	metr na sekundę <i>metre per second</i>	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
przyspieszenie liniowe <i>linear acceleration</i>	metr na kwadrat sekundy <i>metre per square second</i>	$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$
lepkość kinematyczna <i>kinematic viscosity</i>	metr kwadratowy na sekundę <i>square metre per second</i>	$\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$
strumień objętości <i>volume flux</i>	metr sześcienny na sekundę <i>cubic metre per second</i>	$\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$
strumień masy <i>mass flux</i>	kilogram na sekundę <i>kilogram per second</i>	$\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$
gęstość masy <i>density of mass</i>	kilogram na metr sześcienny <i>kilogram per cubic metre</i>	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$

pęd <i>momentum</i>	kilogramometr na sekundę <i>kilogram-metre per second</i>	$\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
siła <i>force</i>	niuton (kilogramometr na kwadrat sekundy) <i>newton (kilogram-metre per square second)</i>	$\text{N (kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-2})$
moment siły <i>moment of force</i>	niutonometr <i>newton-metre</i>	$\text{N}\cdot\text{m}$
napięcie powierzchniowe <i>surface tension</i>	niuton na metr <i>newton per metre</i>	$\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$
lepkość dynamiczna <i>dynamic viscosity</i>	niutonosekunda na metr kwadratowy <i>newton-second per square metre</i> paskalosekunda <i>pascal-second</i>	$\text{N}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-2}$ $\text{Pa}\cdot\text{s}$
ciśnienie, naprężenie <i>pressure, stress</i>	paskal (niuton na metr kwadratowy) <i>pascal (newton per square metre)</i>	$\text{Pa (N}\cdot\text{m}^{-2})$
praca, energia, ilość ciepła <i>work, energy, quantity of heat</i>	dżul (niutonometr) <i>joule (newton-metre)</i> dżul (watosekunda) <i>joule (watt-second)</i>	$\text{J (N}\cdot\text{m)}$ $\text{J (W}\cdot\text{s)}$
moc, strumień promieniowania <i>power, radiant flux</i>	wat (dżul na sekundę) <i>watt (joule per second)</i>	$\text{W (J}\cdot\text{s}^{-1})$
przepływ energii <i>energy flow</i>	dżul na sekundę (wat) <i>joule per second, (watt)</i>	$\text{J}\cdot\text{s}^{-1} (\text{W})$
natężenie strumienia energii <i>energy fluence rate</i>	dżul na metr kwadratowy i sekundę <i>joule per square metre and second</i> wat na metr kwadratowy <i>watt per square metre</i>	$\text{J}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$
gęstość mocy (strumień energii) <i>density of power (energy flux)</i>	wat na metr kwadratowy <i>watt per square metre</i>	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

B. Wielkości cieplne — *heat quantities*

pojemność cieplna, entropia <i>heat capacity, entropy</i>	dżul na kelwin <i>joule per kelvin</i>	$\text{J}\cdot\text{K}^{-1}$
zawartość cieplna, entalpia <i>heat content, enthalpy</i>	dżul na kilogram <i>joule per kilogram</i>	$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$
ciepło właściwe <i>specific heat</i>	dżul na kilogram i kelwin <i>joule per kilogram and kelvin</i>	$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

przewodność cieplna <i>thermal conductivity</i>	wat na metr i kelwin <i>watt per metre and kelvin</i>	$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
gradient temperatury <i>thermal gradient</i>	kelwin na metr <i>kelvin per metre</i>	$\text{K} \cdot \text{m}^{-1}$
opór cieplny <i>thermal resistance</i>	kelwin na wat <i>kelvin per watt</i>	$\text{K} \cdot \text{W}^{-1}$
C. Wielkości elektryczne i magnetyczne — <i>electric and magnetic quantities</i>		
ładunek elektryczny <i>electric charge</i>	kulomb (amperosekunda) <i>coulomb (ampere-second)</i>	C (A·s)
indukcja elektryczna <i>dielectric flux density</i>	kulomb na metr kwadratowy <i>coulomb per square metre</i>	$\text{C} \cdot \text{m}^{-2}$
pojemność elektryczna <i>electric capacitance</i>	farad (kulomb na wolt) <i>farad (coulomb per volt)</i>	F (C·V ⁻¹)
napięcie, różnica potencjałów <i>voltage, potential difference</i>	wolt (wat na amper) <i>volt (watt per ampere)</i>	V (W·A ⁻¹)
opór elektryczny <i>electric resistance</i>	om (wolt na amper) <i>ohm (volt per ampere)</i>	Ω (V·A ⁻¹)
przewodność elektryczna <i>electric conductivity</i>	simens (1 na om) <i>siemens (1 per ohm)</i>	S (Ω^{-1})
indukcja pola elektrycznego <i>inductance electric field</i>	henr (woltosekunda na amper) <i>henry (volt-second per ampere)</i>	H (V·s·A ⁻¹)
moc pola elektrycznego <i>electric field strength</i>	wolt na metr <i>volt per metre</i>	$\text{V} \cdot \text{m}^{-1}$
moc pola magnetycznego <i>magnetic field strength</i>	amper na metr <i>ampere per metre</i>	$\text{A} \cdot \text{m}^{-1}$
strumień magnetyczny <i>magnetic flux</i>	weber (woltosekunda) <i>weber (volt-second)</i>	Wb (V·s)
gęstość strumienia magnetycznego <i>magnetic flux density</i>	tesla (weber na metr kwadratowy) <i>tesla (weber per square metre)</i>	T (Wb·m ⁻²)
D. Wielkości optyczne — <i>optical quantities</i>		
natężenie promieniowania <i>radiation intensity</i>	wat na steradian <i>watt per steradian</i>	$\text{W} \cdot \text{sr}^{-1}$
natężenie napromieniowania (strumień energii) <i>irradiance (energy flux)</i>	wat na metr kwadratowy <i>watt per square metre</i>	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$

natężenie napromieniowania (strumień kwantów) <i>irradiance (quantum flux)</i>	mikromol na metr kwadratowy i sekundę <i>micromole per square metre and second</i>	$\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
napromieniowanie (fluencja energii) <i>irradiation (energy fluence)</i>	dżul na metr kwadratowy <i>joule per square metre</i>	$\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$
luminancja <i>luminance</i>	kandela na metr kwadratowy <i>candela per square metre</i>	$\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$
strumień świetlny <i>luminous flux</i>	lumen (kandela-steradian) <i>lumen (candela-steradian)</i>	$\text{lm} (\text{cd}\cdot\text{sr})$
światłość, natężenie światła <i>light (luminous) intensity</i>	kandela (lumen na steradian) <i>candela (lumen per steradian)</i>	$\text{cd} (\text{lm}\cdot\text{sr}^{-1})$
ilość światła <i>light quantity</i>	lumenosekunda <i>lumen-second</i>	$\text{lm}\cdot\text{s}$
natężenie oświetlenia <i>illuminance</i>	lux (lumen na metr kwadratowy) <i>lux (lumen per square metre)</i>	$\text{lx} (\text{lm}\cdot\text{m}^{-2})$
naświetlenie <i>illumination</i>	luksosekunda <i>lux-second</i>	$\text{lx}\cdot\text{s}$

E. Wielkości akustyczne — *acoustic quantities*

ciśnienie akustyczne <i>acoustic pressure</i>	paskal (niuton na metr kwadratowy) <i>pascal (newton per square metre)</i>	$\text{Pa} (\text{N}\cdot\text{m}^{-2})$
prędkość akustyczna <i>acoustic velocity</i>	metr na sekundę <i>metre per second</i>	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
natężenie dźwięku <i>acoustic density</i>	wat na metr kwadratowy <i>watt per square metre</i>	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

F. Wielkości fizykochemiczne — *physicochemical quantities*

masa molowa (ciężar) <i>molar mass (weight)</i>	kilogram na mol <i>kilogram per mole</i>	$\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$
objętość molowa <i>molar volume</i>	metr sześcienny na mol <i>cubic metre per mole</i>	$\text{m}^3\cdot\text{mol}^{-1}$
energia molowa <i>molar energy</i>	dżul na mol <i>joule per mole</i>	$\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}$
molowa pojemność cieplna <i>molar heat capacity</i>	dżul na mol i kelwin <i>joule per mole and kelvin</i>	$\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

stężenie molowe (roztworu), molarność <i>molar concentration</i> (<i>of solution</i>), <i>molarity</i>	mol na metr sześcienny <i>mole per cubic metre</i>	$\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$
stężenie molalne (rozpuszczalnika), molalność <i>molal concentration</i> (<i>of solvent</i>), <i>molality</i>	mol na kilogram <i>mole per kilogram</i>	$\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$
G. Wielkości radioaktywne — <i>radioactive quantities</i>		
rozpad promieniotwórczy <i>radioactive disintegration</i>	bekerel (1 na sekundę) <i>becquerel (1 per second)</i>	$\text{Bq (s}^{-1}\text{)}$
dawka pochłonięta <i>absorbed dose</i>	grej (dżul na kilogram) <i>gray (joule per kilogram)</i>	$\text{Gy (J}\cdot\text{kg}^{-1}\text{)}$
moc dawki pochłoniętej <i>absorbed dose rate</i>	grej na sekundę <i>gray per second</i>	$\text{Gy}\cdot\text{s}^{-1}$
dawka ekspozycyjna <i>exposure dose</i>	kulomb na kilogram <i>coulomb per kilogram</i>	$\text{C}\cdot\text{kg}^{-1}$
moc dawki ekspozycyjnej <i>exposure dose rate</i>	amper na kilogram <i>ampere per kilogram</i>	$\text{A}\cdot\text{kg}^{-1}$

Tabela 4. Ważniejsze stałe fizyczne

Table 4. Fundamental constants

Prędkość światła — <i>speed of light</i>	$c = 2,998\cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
Jednostka masy atomowej — <i>atomic mass unit</i>	$u = 1,66057\cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Ładunek elementarny — <i>elementary charge</i>	$e = 1,602\cdot 10^{-19} \text{ C}$
Stała Plancka — <i>Planck's constant</i>	$h = 6,626\cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$
Stała Boltzmanna — <i>Boltzmann's constant</i>	$k = 1,381\cdot 10^{-23} \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$
Stała Faradaya — <i>Faraday constant</i>	$F = 9,649\cdot 10^4 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$
Liczba Avogadra — <i>Avogadro's number</i>	$N_A = 6,022\cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Molowa stała gazowa — <i>molar gas constant</i>	$R = 8,314 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Objętość molowa gazu doskonałego — <i>molar volume of ideal gas</i>	$V_m = 22,41\cdot 10^{-3} \text{ m}^3\cdot\text{mol}^{-1}$
Temperatura zera bezwzględnego — <i>absolute zero</i>	$0 \text{ K} = -273,15 \text{ }^\circ\text{C}$

Tabela 5. Ważniejsze jednostki radiometryczne

Table 5. Important radiometric units

A. Całkowite promieniowanie — total radiation (300–3000 nm)	
natężenie napromieniowania (strumień energii) <i>irradiance (energy flux)</i>	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} (\text{J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$
spektralne natężenie napromieniowania <i>spectral irradiance</i>	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$
napromieniowanie <i>irradiation</i>	$\text{J} \cdot \text{m}^{-2} (\text{W} \cdot \text{m}^{-2}) \cdot \text{s}$
dzienne napromieniowanie <i>daily irradiation</i>	$\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$
przepływ kwantów <i>quantum flow</i>	$\mu\text{mol}(\text{quantum}) \cdot \text{s}^{-1}$
fluencja kwantów <i>quantum fluence</i>	$\mu\text{mol}(\text{quantum}) \cdot \text{m}^{-2}$
gęstość strumienia kwantów <i>quantum flux density</i>	$\mu\text{mol}(\text{quantum}) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
natężenie napromieniowania kwantowego <i>quantum irradiance</i>	$\mu\text{mol}(\text{quantum}) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
spektralne natężenie napromieniowania kwantowego <i>spectral quantum irradiance</i>	$\mu\text{mol}(\text{quantum}) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{nm}^{-1}$
dzienne napromieniowanie kwantowe <i>daily quantum irradiation</i>	$\text{mol}(\text{quantum}) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$
B. Promieniowanie fotosyntetycznie czynne — Photosynthetically Active Radiation (400–700 nm, PAR)	
fotosyntetyczne natężenie napromieniowania (strumień energii) <i>photosynthetic irradiance (PI), (energy flux)</i>	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$
gęstość strumienia fotosyntetycznych fotonów <i>photosynthetic photon flux density (PPFD)</i>	$\mu\text{mol}(\text{photon}) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
fotosyntetyczne natężenie napromieniowania kwantowego <i>photosynthetic quantum irradiance (PQI)</i>	$\mu\text{mol}(\text{quantum}) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
gęstość strumienia fotosyntetycznych kwantów <i>photosynthetic quantum flux density (PQFD)</i>	$\mu\text{mol}(\text{quantum}) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
dzienny strumień kwantów w zakresie PAR <i>daily quantum flux of PAR</i>	$\text{mol}(\text{quantum}) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$

Przy stosowaniu symbolu „mol” należy określić rodzaj cząstki (n.p. $\mu\text{mol}(\text{photon}) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, $\mu\text{mol}(\text{quantum}) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{nm}^{-1}$, PQFD ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)).

– W radiometrii, natężenie napromieniowania jest pomiarem intensywności mocy promienistej (ilości strumienia promieniowania) padającego ze wszystkich kierunków na jednostkę powierzchni odbierającej. Natężenie napromieniowania jest wy-

rażane w jednostkach gęstości strumienia energii promienistej – $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ i w jednostkach natężenia napromieniowania kwantowego (gęstości strumienia kwantów) – $\mu\text{mol}(\text{quantum})\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (preferowanych w ekofizjologii roślin).

– Poprawna terminologia stosowana w ekofizjologii fotosyntezy: natężenie napromieniowania kwantowego, kompensacyjne natężenie napromieniowania, wysycające natężenie napromieniowania i jednostka PQFD – $\mu\text{mol}(\text{quantum})\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

– Promieniowanie może być: padające, odbite, przepuszczone, absorbowane, rozproszone.

– Absorbancja (A) [absorbance] roztworu (gęstość optyczna, ekstynkcja): $\log(I_0/I)$, gdzie: I_0 – padający strumień kwantów, I – przepuszczony strumień kwantów.

– Natężenie absorpcji [absorptance]: $(I_0 - I)\cdot I_0^{-1}$. Powszechnie jest stosowane określenie absorpcja [absorption], które obejmuje zarówno absorbcję jak i natężenie absorpcji. Natężenie absorpcji (A) liścia jest obliczane ze wzoru: $A = 1 - R - T$ (gdzie: R – natężenie refleksji, T – natężenie transmisji).

– W fotometrii natężenie światła oznacza strumień świetlny (lm) emitowany z punktu źródła światła na jednostkę kąta bryłowego (sr) przestrzeni otaczającej ten punkt. Jednostką natężenia światła (światłości) jest kandela ($\text{cd} = \text{lm}\cdot\text{sr}^{-1}$), (patrz: tabela 3D). Poprawnym terminem radiometrycznym właściwości, która często była określana jako natężenie światła jest natężenie napromieniowania (patrz: McCree, 1981).

– Termin „światło” odnosi się tylko do spektrum widzialnego dla oka ludzkiego (380–780 nm, z maksimum przy 555 nm) a jednostką natężenia oświetlenia jest luks ($\text{lx} = \text{lm}\cdot\text{m}^{-2}$). Ze względu na znaczną rozbieżność pomiędzy spektralną wrażliwością oka ludzkiego a spektralną wydajnością fotosyntezy, termin *światło* nie powinien być używany w badaniach nad fotosyntezą. Stosowanie również określeń *światło ultrafioletowe* i *światło podczerwone* jest zupełnie niewłaściwe, ponieważ wykraczają poza pojęcie promieniowania widzialnego – powinno się używać terminologii *promieniowanie ultrafioletowe* i *promieniowanie podczerwone*.

Tabela 6. Przykłady jednostek miar stosowanych w botanice eksperymentalnej

Table 6. Examples of measure units used in experimental botany

prędkość transportu <i>transport speed</i>	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
szybkość przepływu (w transporcie) <i>flow rate (in transport)</i>	$\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$, $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$
strumień, natężenie strumienia (w transporcie) <i>flux, fluence rate (in transport)</i>	$\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
stężenie CO_2 <i>CO_2 concentration</i>	$\mu\text{mol}(\text{CO}_2)\cdot\text{mol}^{-1}$ (powietrza)
wydajność karboksylacji <i>carboxylation efficiency</i>	$\mu\text{mol}(\text{CO}_2)\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
natężenie wymiany CO_2 (liście) <i>CO_2 exchange rate (leaves)</i>	$\mu\text{mol}(\text{CO}_2)\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
dzienne pobieranie CO_2 (rośliny) <i>daily CO_2 uptake (plants)</i>	$\text{mmol}(\text{CO}_2)\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$
natężenie fotosyntezy netto, natężenie oddychania <i>net photosynthetic rate (P_N), respiration rate (R)</i>	$\mu\text{mol}(\text{CO}_2)\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ $\mu\text{mol}(\text{CO}_2)\cdot\text{kg}^{-1}(\text{s.m.})\cdot\text{s}^{-1}$ $\text{mmol}(\text{O}_2)\cdot\text{kg}^{-1}(\text{Chl})\cdot\text{s}^{-1}$
aktywność izolowanych chloroplastów <i>activity of isolated chloroplasts</i>	$\text{mmol}(\text{O}_2)\cdot\text{kg}^{-1}(\text{Chl})\cdot\text{s}^{-1}$
fotosyntetyczne natężenie transportu elektronów <i>photosynthetic electron transport rate</i>	$\text{mmol}(\text{O}_2)\cdot\text{kg}^{-1}(\text{Chl})\cdot\text{s}^{-1}$
wydajność kwantowa fotosyntezy <i>quantum yield of photosynthesis</i>	$\text{mol}(\text{CO}_2)\cdot\text{mol}^{-1}(\text{quantum})$
fotosyntetyczna efektywność wykorzystania azotu <i>photosynthetic nitrogen use efficiency ($P_{NUE} = P_N/N$)</i>	$\text{mol}(\text{CO}_2)\cdot\text{mol}^{-1}(\text{N})\cdot\text{s}^{-1}$

całkowita aktywność enzymatyczna <i>total enzyme activity</i>	$\text{mol}(\text{substratu}) \cdot \text{s}^{-1}$ = kat, nie jest jednostką SI
właściwa aktywność enzymatyczna <i>specific enzyme activity</i>	$\mu\text{mol}(\text{substratu}) \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}(\text{białko})$ = $\mu\text{kat} \cdot \text{kg}^{-1}(\text{białko})$
molarna aktywność enzymatyczna <i>molar enzyme activity</i>	$\text{mol}(\text{substratu}) \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}(\text{enzymu})$ = $\text{kat} \cdot \text{mol}^{-1}(\text{enzymu})$
aktywności enzymatyczne karboksylacji <i>carboxylation enzyme activities (RuBPCO, PEPC)</i>	$\mu\text{mol}(\text{CO}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ $\mu\text{mol}(\text{CO}_2) \cdot \text{kg}^{-1}(\text{s.m.}) \cdot \text{s}^{-1}$ $\mu\text{mol}(\text{CO}_2) \cdot \text{kg}^{-1}(\text{białko}) \cdot \text{s}^{-1}$ $\text{mmol}(\text{CO}_2) \cdot \text{kg}^{-1}(\text{Chl}) \cdot \text{s}^{-1}$
związany $^{14}\text{CO}_2$ <i>$^{14}\text{CO}_2$ fixed</i>	$\text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$
radioaktywność $^{14}\text{CO}_2$ <i>radioactivity of $^{14}\text{CO}_2$</i>	$\text{s}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}(\text{s.m.})$
właściwa radioaktywność ^{14}C <i>specific ^{14}C radioactivity</i>	$\text{GBq} \cdot \text{kg}^{-1}(\text{C})$
inkorporacja ^{14}C <i>^{14}C incorporation</i>	$\text{GBq} \cdot \text{m}^{-2}$
radioaktywność roztworu <i>radioactivity of solution</i>	$\text{GBq} \cdot \text{mol}^{-1}(\text{Na}_2^{14}\text{CO}_3)$
stężenie $^{14}\text{CO}_2$ (^{14}C) <i>$^{14}\text{CO}_2$ (^{14}C) concentration</i>	$\text{MBq} \cdot \text{m}^{-3}$
stężenie O_3 <i>O_3 concentration</i>	$\mu\text{mol}(\text{O}_3) \cdot \text{mol}^{-1}(\text{powietrza})$
szparkowe natężenie absorpcji O_3 <i>stomatal O_3 absorption rate</i>	$\text{nmol}(\text{O}_3) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
szparkowe przewodnictwo H_2O <i>stomatal H_2O conductance</i>	$\mu\text{mol}(\text{H}_2\text{O}) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$
szparkowa oporność na CO_2 <i>stomatal CO_2 resistance</i>	$\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{mol}^{-1}(\text{CO}_2)$, $\text{s} \cdot \text{cm}^{-1}$
natężenie transpiracji <i>transpiration rate ($\bar{E}$)</i>	$\mu\text{mol}(\text{H}_2\text{O}) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
efektywność wykorzystania wody <i>water use efficiency (WUE = P_N/E)</i>	$\mu\text{mol}(\text{CO}_2) \cdot \text{mol}^{-1}(\text{H}_2\text{O})$ $\text{g}(\text{CO}_2) \cdot \text{kg}^{-1}(\text{H}_2\text{O})$
ciepło parowania wody <i>heat of water evaporation</i>	$\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}(\text{H}_2\text{O})$
endotermiczny przepływ ciepła <i>endothermic heat flow</i>	$\text{mJ} \cdot \text{K}^{-1}$
natężenie asymilacji netto <i>net assimilation rate (NAR)</i>	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$

wskaźnik ulistnienia rośliny <i>leaf area ratio (LAR)</i>	$\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}(\text{rośliny})$
wskaźnik pokrycia liściowego <i>leaf area index (LAI)</i>	$\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}(\text{podłoża})$
względna szybkość wzrostu <i>relative growth rate (RGR)</i>	$\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$
masa jednostki powierzchni liści <i>specific leaf area (SLA)</i>	$\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}(\text{liści})$
gęstość liści <i>leaf density</i>	$\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$
powierzchnia liści na roślinę <i>plant leaf area</i>	$\text{m}^2 \cdot \text{roślinę}^{-1}$
iloraz produkcji biomasy <i>quotient biomass production</i>	$\text{kg} \cdot \text{GJ}^{-1}$
efektywność wykorzystania napromieniowania <i>irradiation use efficiency</i>	$\text{g} \cdot \text{MJ}^{-1}$
absorpcja energii słonecznej przez listowie <i>solar energy absorbed by the foliage</i>	$\text{GJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$
całkowita zawartość barwników (Chl, Car) <i>total pigment (Chl, Car) content</i>	$\text{g} \cdot \text{m}^{-2}, \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$
molarny stosunek całkowitego Chl do Car <i>molar ratio of total Chl to Car</i>	$\text{mol}(\text{Chl}) \cdot \text{mol}^{-1}(\text{Car})$
zawartość biocząsteczki (wolny aminokwas, azotan, cukier) <i>biomolecule (free aminoacid, nitrate, sugar) content</i>	$\text{mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$
stężenie metalu <i>metal concentration</i>	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$
stężenie roztworu <i>concentration of solution</i>	$\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$
ciśnienie osmotyczne, potencjał wodny <i>osmotic pressure, water potential</i>	MPa
stężenie osmotycznie czynne, roztwór osmolalny, osmolalność <i>osmotically active concentration, osmolal solution, osmolality</i>	$\text{osmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ $1 \text{ osmol} \cdot \text{kg}^{-1} \equiv -2,48 \text{ MPa w } 25 \text{ }^\circ\text{C}$
masa (waga) cząsteczkowa <i>molecular mass (weight)</i>	$\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$
masa (waga) cząstki <i>particle mass (weight)</i>	Da (<i>nie jest jednostką SI</i>) $1 \text{ Da} = 1 \text{ jma} = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Przy stosowaniu symbolu jednostki „mol” należy określić rodzaj cząstek (np. $\mu\text{mol}(\text{CO}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, $\mu\text{mol}(\text{CO}_2) \cdot \text{mol}^{-1}$ (powietrze), $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}(\text{H}_2\text{O})$, $\text{mol}(\text{NaCl}) \cdot \text{m}^{-3}$, $\text{mmol}(\text{HCO}_3^-) \cdot \text{m}^{-3}$).

Stosowane skróty: RuBPCO – karboksylaza-oksigenaza rybulozobisfosforanowa, PEPC – karboksylaza fosfoenolopirogronianowa, kat – katal, Chl – chlorofil, Car – karotenoidy, C – węgiel, s.m. – sucha masa, ś.m. – świeża masa, d – dzień, jma – jednostka masy atomowej, Da – dalton (kDa jest jednostką dopuszczoną do określania masy cząsteczkowej białka).

Tabela 7. Legalne jednostki miar (nie wchodzące w skład jednostek SI)

Table 7. Legal measure units (not SI units)

Stopień Celsjusza: $0^{\circ}\text{C}^* = 273,15\text{ K}$, $100^{\circ}\text{C} = 373,15\text{ K}$ * Stopień Celsjusza jest jednostką dopuszczoną do powszechnego stosowania. <i>Degree Celsius</i>: $0^{\circ}\text{C}^* = 273.15\text{ K}$, $100^{\circ}\text{C} = 373.15\text{ K}$ * <i>Degree Celsius is a unit admitted in common use.</i>
Jednostki czasu: minuta (min)*, godzina (h)*, dzień (d), rok (a, r.). * Stosowane tylko do opisu np. czasu przebiegu procesu fizjologicznego. <i>Units of time: minute (min)*, hour (h)*, day (d), year (a).</i> * <i>Use only for description (e. g., time of proceeding in physiological process).</i>
Jednostka masy: tona (t): $1\text{ t} = 1\text{ Mg} = 10^3\text{ kg}$ <i>Mass unit: ton (t): $1\text{ t} = 1\text{ Mg} = 10^3\text{ kg}$</i>
Jednostka powierzchni: hektar (ha): $1\text{ ha} = 10^4\text{ m}^2$ <i>Area unit: hectare (ha): $1\text{ ha} = 10^4\text{ m}^2$</i>
Jednostka objętości: litr (l): $1\text{ l}^* = 1\text{ dm}^3 = 10^{-3}\text{ m}^3$ * Stosuje się tylko od wyrażania objętości płynów. <i>Volume unit: litre (l): $1\text{ l}^* = 1\text{ dm}^3 = 10^{-3}\text{ m}^3$</i> * <i>Use only for determination of liquid volume.</i>
pH, wykładnik stężenia jonów wodorowych: jedność (1). <i>pH, hydrogen ion concentration exponent: unity (1)</i>
Stosunek dwóch wartości tej samej wielkości: jedność (1), procent (%), promil (‰), (np. względna wilgotność [relative humidity, RH] powietrza wynosiła 80 %, lub 80 ‰ RH). <i>Ratio of two values of the same quantity: unity (1), per cent (%), per mille (‰), (e. g. relative humidity (RH) of air was 80 %, or 80 ‰ RH)</i>

Tabela 8. Zamiana starych jednostek na jednostki SI

Table 8. Conversion old units to SI units

$1\text{ at} = 98,07\text{ kPa}$ $1\text{ atm (760 mm Hg)} = 101,3\text{ kPa}$ $1\text{ bar} = 10^{-1}\text{ MPa}$
$1\text{ cal} = 4,186\text{ J}$ $1\text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1} = 697,8\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$
$1\text{ erg} = 10^{-7}\text{ J}$ $1\text{ erg}\cdot\text{s}^{-1} = 10^{-7}\text{ W}$ $1\text{ erg}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1} = 10^{-3}\text{ W}\cdot\text{m}^{-2} = 0,0046\text{ }\mu\text{mol(quantum)}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
$1\text{ kW}\cdot\text{h} = 3,6\cdot 10^6\text{ J}$ $1\text{ eV} = 1,6\cdot 10^{-19}\text{ J}$ $1\text{ eV}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1} = 1,6\cdot 10^{-15}\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

1 E (ajnsztajn) [einstein] = 1 mol(quantum)
 1 $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ = 1 $\mu\text{mol}(\text{quantum})\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
 1 mol(photon) = 1 mol(quantum) PAR
 1 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ PAR = 4,6 $\mu\text{mol}(\text{quantum})\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PAR
 1 $\mu\text{mol}(\text{quantum})\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PAR = 0,218 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ PAR
 1 klx = 4 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ PAR = 18 $\mu\text{mol}(\text{quantum})\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PAR

Stężenie CO_2 — CO_2 concentration:

A. stosunek CO_2 do powietrza w molach: $\mu\text{mol}(\text{CO}_2)\cdot\text{mol}^{-1}(\text{powietrza})$

A. ratio of CO_2 to air, in moles: $\mu\text{mol}(\text{CO}_2)\cdot\text{mol}^{-1}(\text{air})$

Często stosowane, proste przeliczenie — often used, direct conversion.

1 ppm(CO_2) = 1 vpm = 1 $\mu\text{l}\cdot\text{l}^{-1}$ = 1 $\text{cm}^3\cdot\text{m}^{-3}$ = 1 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2)\cdot\text{mol}^{-1}(\text{powietrza})$

1 ppm(CO_2) = 1 vpm = 1 $\mu\text{l}\cdot\text{l}^{-1}$ = 1 $\text{cm}^3\cdot\text{m}^{-3}$ = 1 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2)\cdot\text{mol}^{-1}(\text{air})$

B. mole CO_2 na objętość powietrza: $\mu\text{mol}(\text{CO}_2)\cdot\text{m}^{-3}$

B. moles CO_2 per volume of air: $\mu\text{mol}(\text{CO}_2)\cdot\text{m}^{-3}$

Skomplikowane przeliczenie — complicated conversion.

1 ppm(CO_2) = 1,83 mg(CO_2) $\cdot\text{m}^{-3}$ = 41,6 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2)\cdot\text{m}^{-3}$

(dla 20 °C i przy 101,3 kPa — at 20 °C and 101,3 kPa)

Natężenie fotosyntezy netto, natężenie oddychania:

Net photosynthetic rate (PN), respiration rate (R):

1 mg(CO_2) $\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ = 0,63 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2)\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

1 mg(CO_2) $\cdot\text{g}^{-1}(\text{s.m.})\cdot\text{h}^{-1}$ = 6,3 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2)\cdot\text{kg}^{-1}(\text{s.m.})\cdot\text{s}^{-1}$

1 mg(CO_2) $\cdot\text{g}^{-1}(\text{d.m.})\cdot\text{h}^{-1}$ = 6,3 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2)\cdot\text{kg}^{-1}(\text{d.m.})\cdot\text{s}^{-1}$

(dla 20 °C i przy 101,3 kPa — at 20 °C and 101,3 kPa)

PODZIĘKOWANIE

Autor serdecznie dziękuje: prof. dr hab. Alinie Kacperskiej-Lewak, prof. dr hab. Alicji Szwejkowskiej, prof. dr hab. Józefowi Buczkowi, prof. dr hab. Kazimierzowi Kleczkowskiemu i prof. dr hab. Włodzisławowi Starzeckiemu za weryfikację artykułu.

LITERATURA

- [1] CHMIELEWSKI H. 1979. *Międzynarodowy Układ Jednostek Miar – SI*. International System of Units – SI. Wyd. Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa, ss. 168.
- [2] COOMBS J., HALL D. O., LONG S. P., SCURLOCK J. M. O. (red.) 1987. *Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis*. Pergamon Press. Oxford, New York, Beijing, Frankfurt, Sao Paulo, Sidney, Tokyo, Toronto, ss. 298.
- [3] CZARNOWSKI M. 1979. Jednostki miar najczęściej stosowane w biologii eksperymentalnej. Measure units most often used in experimental biology. *Wiad. Bot.* **23** (4): 283–304.
- [4] CZARNOWSKI M. 1993. Zastosowanie spektrometrii w ekofizjologii roślin. Application of spectroradiometry in plant ecophysiology. *Wiad. Bot.* **37** (1/2): 59–72.
- [5] CZARNOWSKI M. 1996. Important measure units and symbols used in plant physiology. *Acta Physiologiae Plantarum* **18** (2): 173–181.
- [6] Govindjee 1987. Symbols, Système International (SI) Units, Abbreviations, Conversion Factor and Special Instruction to be Used in Photosynthesis Research. *Photosynthesis Research* **11**: 191–199.
- [7] KAŁUSZKO D., SZAMOTULSKI J. W. 1978. *SI – Legalne jednostki miar – podstawowe przepisy prawne i komentarz*. Legal measure units – basic law regulations and commentary. Wyd. Normalizacyjne, Warszawa, ss. 72.
- [8] MASSALSKI J. M., STUDNICKI J. 1971. *Międzynarodowy Układ Jednostek Miar – SI*. International System of Units – SI. PWN, Warszawa, ss. 142.
- [9] MCCREE K. J. 1981. Photosynthetically active radiation. W: LANGE O. L., NOBEL P. S., OSMOND C. B., ZIEGLER H. (red.), *Physiological Plant Ecology I*. Encyclopedia of Plant Physiology (New Series) **12A**. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, ss. 41–55.
- [10] MILBURN J. A., RANASINGHE M. S. 1996. A comparison of methods for studying pressure and solute potentials in xylem and also phloem laticifers of *Hevea brasiliensis*. *J. Exp. Bot.* **47** (294): 135–143.
- [11] NEDERHOFF E. M. 1994. *Effect of CO_2 concentration*

- on photosynthesis, transpiration and production of greenhouse fruit vegetable crops (Appendices – Symbols and parameters with values and units). Agricultural University, Wageningen, ss. 213.
- [12] NIERENBERG W. A. (red.) 1995. *Encyclopedia of environmental biology*. Vols 1–3. Academic Press. San Diego, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo, Toronto. 1: ss. 767; 2: ss. 654; 3: ss. 693.
- [13] OBALSKI J. 1981. *Zasady Międzynarodowego Układu Jednostek Miar*. Principles of International System of Units. Wyd. Norm., Warszawa, ss. 128.
- [14] SCHULZE E. – D., CALDWELL M. M. (red.) 1995. *Ecophysiology of Photosynthesis*. Springer Study Edition. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, ss. 576.
- [15] WYN JONES R. G., GORHAM J. 1983. Osmoregulation. W: LANGE O. L., NOBEL P. S., OSMOND C. B., ZIEGLER H. (red.), *Physiological Plant Ecology III. Encyclopedia of Plant Physiology (New Series) 12C*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, ss. 35–56.
- [16] – Units, symbols, abbreviations. *Planta* **198** (1), 1996: 164–168.