الجوانب العلمية : القياسات

لايخلو أى بحث علمى من قياسات معينة يتم تسجيلها . وتتعدد تلك القياسات إلى درجة يصعب معها حصرها ، ويستحيل على فرد واحد بيانها ؛ بسبب تعدد التخصصات فى مختلف الجوانب العلمية ؛ ولذا . . فإن اهتمامنا فى هذا الفصل يدور حول القياسات العامة التى يمكن أن تفيد فى أكبر عدد من التخصصات العلمية .

القياسات الشائعة فى البحوث العلمية

الكتلة

إن وحدة الكتلة mass هى الكيلوجرام (kg) ، كما يمكن كذلك أن يعبر عن الكتلة بالجرام (g) ، والملليجرام milligram (ورمزه mg) ، والميكروجرام micro-gram (ورمزه µg) . . . إلخ .

الوزن

يستعمل الكيلوجرام (kg) كوحدة للوزن على نطاق واسع ، بالرغم من أنه ليس الوحدة الدولية للوزن . أما الوحدة المفضلة للوزن فى النظام الدولى فهى النيوتن newton (ورمزها N) ، أو مدى جذب الجاذبية .

لاتُختصر الكلمتان (dry weight) ، و (fresh weight) فى متن البحث ، ولكنهما يختصران فى عناوين أعمدة الجداول إلى (dry wt) ، و (fresh wt) على التوالى .

المحصول

يجب تحديد المحصول فى صورة كيلوجرامات لكل هكتار ($kg \cdot ha^{-1}$) أو طن مترى Metric Tons لكل هكتار ($MT \cdot ha^{-1}$) .

المساحة

يرمز إلى المساحة فى النظام الدولى بالرمز A ، ووحدتها هى المتر المربع (m^2) . ويستخدم كذلك الكيلومتر المربع (km^2) ، والسنتيمتر المربع (cm^2) ، والملليمتر المربع (mm^2) . أما الهكتار (ha) فهو $١٠^{٤}$ م^{٢} ($10^4 m^2$) .

الطول

إن وحدة الطول فى النظام الدولى هى المتر (m) . وقد استبدل الميكرون micron (ورمزه μ) ، والملليميكرون millimicron (ورمزه mu) بكل من الميكروميتر micrometer (ورمزه μm)، والنانوميتر nanometer (ورمزه nm) ، على التوالى . ومازال الأنجستروم angstrom (ورمزه Å) مستخدما ، وبخاصة فى الولايات المتحدة بالنسبة للدراسات التى يدخل فيها التصوير الميكرسكوبى ، ولكن يفضل استخدام الوحدة المقابلة للأنجستروم فى النظام الدولى ؛ وهى (10^{-10} m) .

الحجم

إن الوحدة الدولية للحجم هى المتر المكعب (m^3) . ويمكن استخدام وحدة السنتيمتر المكعب (cm^3) ، وليس الـ (cc) .

التركيز

من المقبول به التعبير عن التركيز بالجزء فى المليون (ppm) ، وبالجزء فى البليون (ppb) ، ولكن لايفضل استخدام أى منهما ؛ حيث إنه من المرغوب فيه ـ عندما يكون الوزن الجزيئى للمادة المستخدمة معلوما ـ التعبير عن التركيز المستخدم منها بالمولات moles لكل كيلو جرام ($mol \cdot kg^{-1}$) ، أو بالمولات لكل متر مكعب ($mol \cdot m^{-3}$) ، أو بالمولات لكل لتر ($mol \cdot liter^{-1}$) .

وعندما لايكون الوزن الجزيئى للمادة المستخدمة معلوماً يعبر عن التركيز المستخدم منها بالملليجرام لكل كيلو جرام ($mg \cdot kg^{-1}$) ، أو بالملليجرام لكل متر مكعب ($mg \cdot m^{-3}$) ، أو بالملليجرام لكل لتر ($mg \cdot liter^{-1}$) .

وتستخدم الحروف الـ capital الصغيرة small capital letters (والتى تميز بوضع خطين تحتها عندما تكون فى البحوث المقدمة للنشر) $\underline{\underline{N}}$ ، و $\underline{\underline{M}}$ للدلالة على التركيز المعيارى normal ، والمولارى molar على التوالى ؛ فيقال مثلاً $2\ \underline{\underline{N}}\ NaSO_4$. كما يكتب 1.0 N HCl وليس N HCl .

وعندما تكون التركيزات مخففة كثيرا يستخدم الميكرومولار µM (مثلا 1.0 µM بدلاً من $10^{-6}M$) .

ويستخدم نظام الكسور أو مضاعفات العشرة لوحدات التركيز ، مثل 0.1M أو $0.1\ mol \cdot liter^{-1}$ (وليس M/10) ، و $1.0 \times 10^{-5}M$.

من المفضل تجنب استخدام النسبة المئوية عند التعبير عن التركيز ، ولكن يتعين عند استخدامها مع المحاليل بيان ما إذا كانت النسب حجماً إلى حجم (v/v) ، أم وزناً إلى حجم (w/v) ، وكذلك تحديد عدد جزيئات الماء فى المادة المستخدمة ، ونسبة نقاوتها .

فعلى سبيل المثال .. إن تركيز ١٠٪ حامض كبريتيك قد يعنى ١٠ جم من الحامض ذاته فى ١٠٠ مل من محلول الحامض ، أو ١٠ مل من حامض الكبريتيك المركز (التحضير التجارى الذى قد يحتوى على ٩٥ ـ ٩٨٪ من الحامض بالوزن ، أو ٣٦ عيارياً تقريبا) فى ١٠٠ مل من محلول الحامض المجهز .

كذلك فإن تركيز ١٠٪ كبريتات صوديوم قد تعنى تركيز ٠,٠٧ مولاراً ، أو ٠,٠٣٧ مولاراً ، أو ٠,٠٣ مولاراً إذا كان الملح المستخدم لامائى anhydrous ، أو إذا كان يحتوى على سبعة جزيئات ماء heptahydrate أو عشرة جزيئات ماء decahydrate ، على التوالى .

ونجد أيضا أن تخفيفات الكحول الإثيلى يستخدم فيها ـ عادة ـ الكحول التجارى الذى تبلغ كثافته ٠,٨١٦ والذى يبلغ تركيزه ٩٢,٣٪ بالوزن ، و ٤٩,٩٪ بالحجم .

توصف تركيزات الأحماض والقواعد العادية بالعيارية normality (N) ؛ مثل 1 N NaOH ، بينما توصف تركيزات الأملاح بالمولارية molarity (M) .

ويُعبّر عن التركيزات الأقل من الواحد الصحيح بالكسور العشرية ، وليس بالكسور الاعتيادية ، فيكتب 0.1 N acetic acid ، وليس N/10 acetic acid .

ويلزم تحديد ما إذا كانت النسبة المئوية (w/w) ، أو (w/v) ، أو (v/v) . فمثلا 10% (w/v) تعنى ١٠ جم / ١٠٠ مل .

ويتعين التعبير عن التركيزات بالميكروجرام لكل جرام ($\mu g\ g^{-1}$) أو بالميكروجرام لكل ملليلتر ($\mu g\ ml^{-1}$) ، وليس بالجزء فى المليون (ppm) .

كما يعبر عن أحجام الغازات بالميكروليتر لكل ليتر ($\mu l\ l^{-1}$) أو بالنانوليتر nanoliters لكل ليتر ($nl\ l^{-1}$) وليس بالجزء فى المليون (ppm) أو بالجزء فى البليون (ppb) .

ونوضح ـ فيما يلى ـ بعض وحدات قياس التركيز التى كانت شائعة الاستعمال ؛ لبيان العلاقة بينها وبين الوحدات الموصى باستخدامها :

الفورمالتى formality (نسبة إلى التركيب الكيميائى formula) والـ formal solution : يرمز إليهما بالرمز F ، ويحتوى كل لتر من المحلول على وزن جزيئى formula weight ـ من المادة ـ بالجرام ، وهو ذاته المحلول المولارى molar solution .

ومن المعلوم أن الوزن الجزيئى لأية مادة ـ بالجرام ـ يحتوى على ٦,٠٢ × 10^{23} جزيئاً من المادة ، وهو مايعرف برقم أفوجادر Avogadro number . ويعبر عن التركيز بالمولار ـ عادة ـ على الصورة التالية : 1M ، أو 0.5M ، أو 0.1M . . . وهكذا حسب عدد جرامات المادة ـ نسبة إلى الوزن الجزيئى للمادة بالجرام ـ التى توجد فى كل لتر من المحلول . وكثيرا مايعبر عن التركيز المولارى للمحاليل بين قوسين معقوفين ، مثل [1] ، و [0.5] ، و [0.1] . . . إلخ .

وكثيرا ماكانت تستخدم فى الكيمياء الحيوية وحدات من قبيل مللى مول millimol (اختصارا mM) ، وميكرومول micromol (اختصارا : µM) ، ومللى أوسمول milliosmol ، و مللى مكافئ milliequivalent (اختصارا meq) ؛ حيث إن :

1 mM = 0.001 M = 1 formula weight in milligrams

1 uM = 0.001 mM = 1 formula weight in micrograms

يستعمل المللى أوسمول milliosmol فى قياسات الضغط الآسموزى الذى يتناسب مقداره مع العدد الكلى للجزئيات فى المحلول . وعندما لايتحلل المركب كهربائيا nonelectrolytic ـ مثل الجلوكوز ـ فإن كل مللى أوسمول يعادل مللى مول ، ولكن الأمر يختلف مع المركبات التى تتحلل كهربائيا electrolytes ؛ حيث يعادل كل مللى مول عددا من المللى أوسمولات ، ويتوقف ذلك على عدد ونسبة أعداد الأيونات فى المحلول ؛ فمثلا . . كل مللى مول من كلوريد الصوديوم يعادل ٢ مللى أوسمول ؛ نظراً لتحلل كلوريد الصوديوم إلى أيونى الكلور والصوديوم بنسبة متساوية .

أما المللى مكافئ فإنه يعادل واحداً من الألف من الوزن الجزيئى . وتتوقف العلاقة بين وحدتى المللى مول والمللى مكافئ على تكافؤ الأيونات أو الجزيئات المعنية ؛ فنجد ـ مثلا ـ أن كل مللى مول يعادل مللى أوسمول فى حالة الصوديوم ذى التكافؤ الأحادى ، ويعادل ٢ مللى أوسمول من الزنك ذى التكافؤ الثنائى ، و ٣ مللى أوسمول من الألومنيوم ذى التكافو الثلاثى . . . وهكذا .

ويحسب التركيز بالمللى مول لأيون مابقسمة عدد ملليجرامات هذا الأيون فى كل لتر من المحلول على الوزن الجزيئى من الأيون ؛ فمثلا :

٧٨ مجم من البوتاسيوم (ذى التكافؤ الأحادى) / لتر تعنى أن التركيز $\frac{٧٨}{٣٩}$ = ٢ مللى مول = ٢ مللى أوسمول = ٢ مللى مكافئ .

١٠٠ مجم كالسيوم (ذى التكافؤ الثنائى) / لتر تعنى أن التركيز $\frac{١٠٠}{٤٠}$ = ٢,٥ مللى مول = ٢,٥ مللى أوسمول = ٥ مللى مكافئ .

٢٢٢ مجم من كلوريد الكالسيوم / لتر تعنى أن تركيز المحلول هو $\frac{٢٢٢}{١١١}$ = ٢ مللى مول من كلوريد الكالسيوم = ٦ مللى موز من الجزيئات الكلية [2 (Ca Cl2)] .

أما المحاليل المولالية molal solutions فإنها تحتوى على الوزن الجزيئى بالجرام من

المادة المذابة فى كل ١٠٠٠ جم من المادة المذيبة ؛ وبذا .. فإن المحاليل المولالية لمذيب معين تحتوى على نفس النسبة من جزيئات المادة المذابة إلى جزيئات المادة المذيبة . فمثلا .. إذا أذيب ٤٦ جم من الكحول الإيثيلى ، أو ٣٤٢ جم من السكروز فى ١٠٠٠ جم من الماء فإننا نحصل على محاليل مولالية تكون فيها نسبة جزيئات الكحول إلى جزيئات الماء مماثلة لنسبة جزيئات السكر إلى جزيئات الماء .

أما فى حالة المحاليل المولارية .. فإن محلول الكحول يحتوى على جزيئات ماء : كحول بنسبة أعلى بكثير من نسبة الماء إلى السكر فى محلول السكر ؛ ذلك لأن ٣٤٢ جم من السكر تشغل حجما أكبر بكثير من الحجم الذى يشغله ٤٦ جم من الكحول ، ويتبع ذلك اختلاف كمية الماء فى وحدة الحجم من المحلولين حسب الاختلاف فى حجم المادة المذابة فى كل منهما .

أما الكسر المولى mole fraction لأحد مكونات المحلول فإنه يُمثّل بنسبة عدد مولات أحد المواد فى المحلول إلى عدد المولات الكلية ، كما يلى :

$$N_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2}$$

$$N_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2}$$

حيث إن :

N_1 ، و N_2 هى الكسور المولية mole fractions لكلا المكونين فى المحلول .

n_1 ، و n_2 هى عدد المولات moles الموجودة فى المحلول من كلا المكونين .

فمثلا ... عند إذابة ١٨٠ جم من الجلوكوز فى ١٠٠٠ جم من الماء فإن الكسور المولية للجلوكوز والماء تحسب كما يلى .

$$N_1 \text{ (للجلوكوز)} = \frac{\frac{١٨٠}{١٨٠}}{\frac{١٨٠}{١٨٠} + \frac{١٠٠٠}{١٨}} = ٠,٠١٧٧$$

$$N_2 \text{ (للماء)} = \frac{\frac{١٠٠٠}{١٨}}{\frac{١٨٠}{١٨٠} + \frac{١٠٠٠}{١٨}} = ٠,٩٨٢$$

وبالمقارنة فإن النسبة المئوية لتركيز المحاليل تحسب كما يلى :

$$\text{النسبة المئوية بالوزن (W/W)} = \frac{\text{وزن المادة المذابة}}{\text{وزن المحلول}} \times ١٠٠$$

$$\text{النسبة المئوية بالحجم (V/V)} = \frac{\text{حجم المادة المذابة}}{\text{حجم المحلول}} \times ١٠٠$$

$$\text{النسبة المئوية للوزن إلى الحجم (W/V)} = \frac{\text{وزن المادة المذابة بالجرام}}{\text{حجم المحلول بالملليلتر}} \times ١٠٠$$

وتحسب التركيزات بالجزء فى المليون أو بالجزء فى البليون كما يلى :

$$\text{التركيز بالجزء فى المليون (ppm)} = \frac{\text{وزن المادة المذابة}}{\text{وزن المحلول}} \times ٦١٠$$

$$\text{التركيز بالجزء فى البليون (ppb)} = \frac{\text{وزن المادة المذابة}}{\text{وزن المحلول}} \times ٩١٠$$

وإذا كان السائل المذيب هو الماء ، وكان تركيز المادة المذابة صغيرا إلى درجة أن كثافة الماء لاتتغير تغيراً يذكر بالمادة المُذابة فيه فإن التركيز بالجزء فى المليون يصبح كما يلى :

التركيز بالجزء فى المليون (ppm) ≅ عدد ملليجرامات المادة المذابة فى كل لتر من المحلول .

يجب التمييز بين مصطلحى الوزن الجزيئى molecular weight ، والكتلة الجزيئية .

إن مصطلح الوزن الجزيئى (يُعطى الرمز M_r) هو نسبة كتلة الجزئ إلى واحد من اثنى عشر جزءا من كتلة الكربون ١٢ ، وهو بهذه الصورة ليس له أبعاد dimensionless .

أما مصطلح الكتلة الجزيئية فيعنى به كتلة جزىء واحد من المادة ؛ أى إنها ليست نسبة ، ويمكن التعبير عنها بالدالتون dalton (D) .

النسبة المئوية

لاتستخدم علامة النسبة المئوية (٪) إلا مع الأرقام ، وإلا فإنها يجب أن تكتب منطوقه (percent) ككلمة واحدة .

وتستخدم علامة النسب المئوية مع سلاسل أرقام النسب ، مثل : (1%, 5%, and 10%) ، وفى جميع الحالات التى تتطلب وجود العلامة بعد رقم معين مهما تكرر ذكرها ، بما فى ذلك مدى النسبة المئوية ، مثل : (40% to 60%) . ويمكن أيضا استخدام الصيغة (60% - 40) ، ولكن الصيغة (60% - 40%) لاتعد مقبولة .

هذا . . ولايجوز حساب متوسطات البيانات المحسوبة ـ أصلاً ـ كنسب مئوية .

معدلات المعاملات

يستخدم مصطلح معدلات المعاملة Application rates ليدل على الكميات التى استخدمت (من المبيدات أو الأسمدة أو مياه الرى . . . إلخ) لكل وحدة تجريبية ، وهو تعبير خاطئ ؛ لأن كلمة rate تشير إلى وحدة الزمن ؛ ولذا . . يفضل بدلاً من القول إن « معدل إضافة المبيد الحشرى كان ٣٠ جم / م٢ » ($30\ g \cdot m^{-2}$) . . القول « أضيف ٣٠ جم من المبيد الحشرى / م٢ » .

وتذكر تلك القيم عادة فى صورة كجم / هكتار ($kg \cdot ha^{-1}$) للمعاملات التى تجرى على نطاق واسع (بالرغم من أن الهكتار ذاته ـ وهو ٤١٠ م٢ ـ ليس مناسباً للاستخدام فى النظام الدولى) ، و لتر / م٢ ($liter \cdot m^{-2}$) ، و لتر / هكتار ($liter \cdot ha^{-1}$) ، و لتر / م٣ ($liter \cdot m^{-3}$) .

وتستخدم أسس سالبة لبيان وحدات المقام عند استخدام ثلاث وحدات أو أكثر ؛ مثل : $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ بدلاً من $\mu mol/m^2/s$.

نسبة المخاليط

عند الإشارة إلى نسب مكونات المخاليط المستخدمة فى بيئات الزراعة تستخدم صيغة كهذه : '1 sand : 1 clay : 1 sphagnum peatmoss (by volume)' ، مع ملاحظة وجود مسافة واحدة على جانبى كل colon (:) . ويستخدم تعبير « بالحجم by vol-ume » بدلاً من 'v/v/v' . ولكن الرمزين (w) ، و (v) يستخدمان ـ للدلالة على الحجم والوزن على التوالى ـ فى المخاليط التى يكون بعض مكوناتها محسوباً على أساس الوزن ، بينما يكون بعضها الآخر محسوبا على أساس الحجم .

وعند وصف المخاليط تجب مراعاة مايلى :

١ ـ تستخدم كلمة to عند وصف النسبة كلاميا ؛ كما فى the chloroform to methanol ratio .

٢ ـ تستخدم النقطتان الرأسيتان colon إذا ذكرت نسبة رقمية ؛ كما فى chloro-form: methanol (2:1, v/v) .

٣ ـ تستخدم الشرطة hyphen إن لم تُوَجْد قيم عددية ؛ كما فى chloroform-methanol mixture .

المقاييس

عندما يلجأ الباحث إلى مقياس معين لتقدير تأثير معاملاته التجريبية على صفة ما فإنه غالبا مايُعطى درجات للمقياس يُحدِّد لها مستويات الصفة المقيسة ؛ مثل شدة الإصابة المرضية ، أو نسبة النسيج أو الأوراق المتأثرة . . . إلخ ؛ فمثلا . . قد يكون المقياس كما يلى :

١ = صفر ٪	٢ = ١٪ ـ ٢٥٪	٣ = ٢٦٪ ـ ٥٠٪
٤ = ٥١٪ ـ ٧٥٪	٥ = ٧٦٪ ـ ١٠٠٪	

ولما كانت القراءات تقدَّر عينيا ـ أى بالنظر visually ـ ولاتخضع القياسات دقيقة ؛ لذا . . فإن جعل المقياس بالصورة السابقة يوحى إلى القارئ بدقة فى القياس غير

حقيقية وغير واقعية ؛ فليس من المعقول أن يميز الباحث ـ عينيا ـ بين مستوى تأثر بالمعاملة قدره ٢٥٪ ومستوى تأثر قدره ٢٦٪ .

والحل فى مثل هذه الأمور أن يُحوّر المقْياس المستخدم ليصبح كما يلى :

١ = صفر ٪ ٢ = ≤ ١٪ ـ ≥ ٢٥٪ ٣ = ≤ ٢٥٪ ـ ≥ ٥٠٪

٤ = ≤ ٥٠٪ ـ ≥ ٧٥٪ ٥ = ≤ ٧٥٪ ـ ≥ ١٠٠٪ .

وبذا . . يكون القارئ على دراية بمستوى الدقة التى استخدمت فى القياس ؛ لأن فى هذا المقياس إقراراً بعدم قدرة الباحث على التمييز ـ مثلاً ـ بين القراءات التى تقل قليلاً وتلك التى تزيد قليلاً على ٢٥٪ (عن W. J. Lipton ١٩٩٢ ـ الرسالة الإخبارية للجمعية الأمريكية لعلوم البساتين ـ العدد الثامن من المجلد الثامن) .

الحرارة

يمكن القول ـ بصورة عامة ـ إن مصطلح الحرارة temperature عديم المعنى ؛ إذ لابد من وجود اسم موصوف معها ؛ فمثلاً يمكن أن يتعلق الأمر بـ leaf temperature ، أو air temperature . . . إلخ . ويجب عند بيان درجات الحرارة المقيسة ذكر طراز جهاز الإحساس المستخدم ، وموقع تسجيل القراءة .

ويعبر عن الحرارة بدرجة سلسس degree Celsius (أو °C) ، وليس بالوحدات الدولية ، وهى الكلفن kelvin (ورمزها K ، وليس °K) . ولايجوز استخدام الكلمة المرادفة سنتيجريد centigrade .

وعندما تكون القياسات الأصلية بالدرجات الفهرنهيتية (°F) فإنها تحول إلى درجات سلسس ، مع تقريب القراءة إلى أقرب كسر عشرى واحد ، إلا إذا كانت القراءات الأصلية على قدر أكبر من الدقة . وفيماعدا الحالات التى تحدد فيها قراءات الحرارة إلى أقرب ٠,١ درجة . . فإن متوسطات الحرارة تسجل إلى أقرب نصف درجة سلسس .

ومعاملات التحويل هى :

$$\frac{٥}{٩} \times (٣٢ - °F) = °C$$

$$٣٢ + (\frac{٩}{٥} \times °C) = °F$$

ويبين جدول (٩ ـ ١) درجات الحرارة المقابلة (بالسلسس C أو بالفهرنهيت F) للدرجة المعلومة ، وهى المبنية ـ فى الجدول ـ تحت الأعمدة المعنونة 'C or F' . فمثلا . . إذا كانت الدرجة المعلومة قدرها ١٠ فإنها لو كانت ١٠° م تكون مساوية لـ ٥٠° ف ، ولو كانت ١٠° ف تكون مساوية لـ ـ ١٢,٢° م . . . وهكذا .

جدول (٩ ـ ١) : مخطط تحويل درجات الحرارة من مئوية (سلسس) إلى فهرنهيتية وبالعكس .

C	C OR F	F	C	C OR F	F	C	C OR F	F
−73.3	−100	−148.0	− 6.1	21	69.8	16.1	61	141.8
−70.6	− 95	−139.0	− 5.6	22	71.6	16.7	62	143.6
−67.8	− 90	−130.0	− 5.0	23	73.4	17.2	63	145.4
−65.0	− 85	−121.0	− 4.4	24	75.2	17.8	64	147.2
−62.2	− 80	−112.0	− 3.9	25	77.0	18.3	65	149.0
−59.5	− 75	−103.0	− 3.3	26	78.8	18.9	66	150.8
−56.7	− 70	− 94.0	− 2.8	27	80.6	19.4	67	152.6
−53.9	− 65	− 85.0	− 2.2	28	82.4	20.0	68	154.4
−51.1	− 60	− 76.0	− 1.7	29	84.2	20.6	69	156.2
−48.3	− 55	− 67.0	− 1.1	30	86.0	21.1	70	158.0
−45.6	− 50	− 58.0	− 0.6	31	87.8	21.7	71	159.8
−42.8	− 45	− 49.0	0	32	89.6	22.2	72	161.6
−40.0	− 40	− 40.0	0.6	33	91.4	22.8	73	163.4
−37.2	− 35	− 31.0	1.1	34	93.2	23.3	74	165.2
−34.4	− 30	− 22.0	1.7	35	95.0	23.9	75	167.0
−31.7	− 25	− 13.0	2.2	36	96.8	24.4	76	168.8
−28.9	− 20	− 4.0	2.8	37	98.6	25.0	77	170.6
−26.1	− 15	5.0	3.3	38	100.4	25.6	78	172.4
−23.3	− 10	14.0	3.9	39	102.2	26.1	79	174.2
−20.6	− 5	23.0	4.4	40	104.0	26.7	80	176.0
−17.8	0	32.0	5.0	41	105.8	27.2	81	177.8
−17.2	1	33.8	5.6	42	107.6	27.8	82	179.6
−16.7	2	35.6	6.1	43	109.4	28.3	83	181.4
−16.1	3	37.4	6.7	44	111.2	28.9	84	183.2
−15.6	4	39.2	7.2	45	113.0	29.4	85	185.0
−15.0	5	41.0	7.8	46	114.8	30.0	86	186.8
−14.4	6	42.8	8.3	47	116.6	30.6	87	188.6
−13.9	7	44.6	8.9	48	118.4	31.1	88	190.4
−13.3	8	46.4	9.4	49	120.2	31.7	89	192.2
−12.8	9	48.2	10.0	50	122.0	32.2	90	194.0
−12.2	10	50.0	10.6	51	123.8	32.8	91	195.8
−11.7	11	51.8	11.1	52	125.6	33.3	92	197.6
−11.1	12	53.6	11.7	53	127.4	33.9	93	199.4
−10.6	13	55.4	12.2	54	129.2	34.4	94	201.2
10.0	14	57.2	12.8	55	131.0	35.0	95	203.0
− 9.4	15	59.0	13.3	56	132.8	35.6	96	204.8
− 8.9	16	60.8	13.9	57	134.6	36.1	97	206.6
− 8.3	17	62.6	14.4	58	136.4	36.7	98	208.4
− 7.8	18	64.4	15.0	59	138.2	37.2	99	210.2
− 7.2	19	66.2	15.6	60	140.0	37.8	100	212.0
− 6.7	20	68.0						

يكتفى بذكر رمز الحرارة بالسلسس (C) عند أول مرة يُشار فيها إلى درجة الحرارة فى الفقرة، إلا إذا كان تكرار الرمز ضروريا لتجنب الالتباس .

وبالمقارنة . . نجد عند الإشارة إلى سلسلة من درجات الحرارة ، أو إلى مدى حرارى معين . . فإن رمز السلسس (C) يكتب فى النهاية ، كأن يكتب ـ على سبيل المثال ـ هكذا : (5°, 10°, and 15°C) ، أو (4° to 8°C) . ولكن عندما تكون الدرجات الحرارية منفصلة فى الجملة الواحدة فإنه يستخدم رمز درجة السلسس مع كل منها (مثال : Leaves were larger at 21°C than at 5°C) .

وعند بيان درجات حرارة النهار والليل فإنها تكتب ـ على سبيل المثال ـ هكذا : '25° (day) / 12°C (night)' .

ولتجنب الالتباس عندما تكون درجات الحرارة تحت الصفر ، يتعين استخدام كلمة to بدلاً من الشرطة القصيرة للدلالة على المدى الحرارى ؛ فيكتب ـ مثلاً ـ (12° to 15°C) ، وليس (12° - 15°C) ، ويكتب (-5° to - 1°C) ، وليس (-5° -- 1°C) .

هذا . . ويعرف الصفر المطلق absolute zero بأنه درجة الحرارة الذى تقف عندها حركة جزيئات المادة حسب القانون الثانى للديناميكية الحرارية thermodynamics ، وهو يعادل ٢٧٣° تحت الصفر المئوى .

الرطوبة النسبية

إن الرطوبة النسبية Relative Humidity هى نسبة ضغط بخار الماء الحادث إلى الضغط عند التشبع معبرا عنها كنسبة مئوية ، ووحدتها هى النسبة المئوية (٪) . ولاتجوز الإشارة إلى الرطوبة النسبية دون ذكر درجة حرارة الترمومتر الجاف dry-bulb temperature ومقدار الضغط الجوى وقت تقدير الرطوبة النسبية . ويتعين كذلك ذكر طراز جهاز الإحساس sensor المستخدم فى الحصول على قراءة الرطوبة النسبية .

وإذا رُغِب فى استعمال مصطلح الرطوبة المطلقة Absolute Humidity فإنه يعبر عنه بالكيلوجرام لكل متر مكعب ($kg \cdot m^{-3}$) ، أو بالجرام لكل متر مكعب ($g \cdot m^{-3}$) أو

بالملليجرام لكل متر مكعب ($mg \cdot m^{-3}$) ، أو بالميكروجرام لكل متر مكعب ($\mu g \cdot m^{-3}$) من الهواء .

كما قد يعبر عن الرطوبة بالكتلة لكل كتلة من الهواء ($kg \cdot kg^{-1}$) ، وهى تعرف باسم Sepcific Humidity .

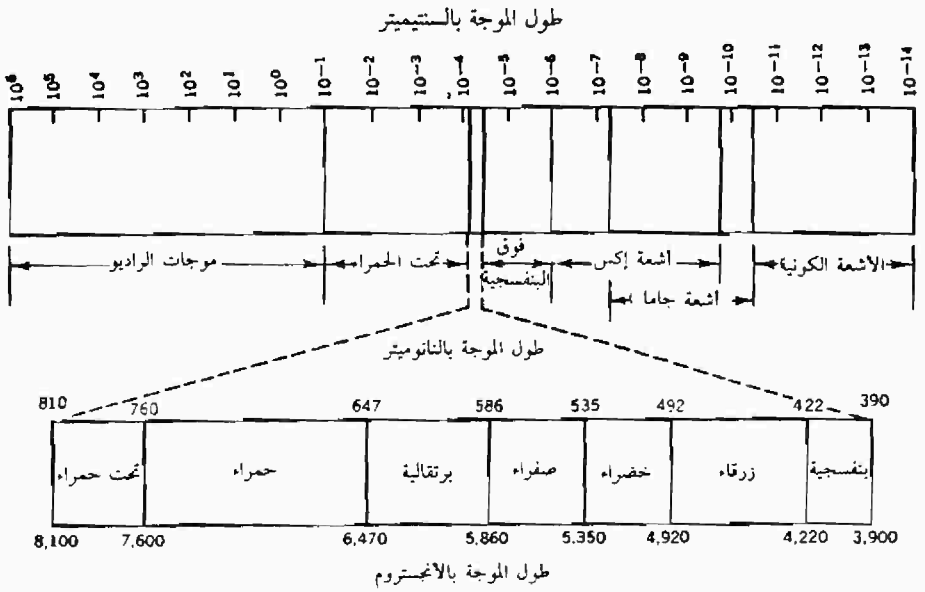
الإضاءة

يعتبر الضوء إحدى صور الطاقة الحركية ؛ إذ إنه يصل من الشمس فى صورة جسيمات صغيرة تعرف باسم كَمّات quanta ، أو فوتونات photons بسرعة ٢٩٨ ألف كيلومتر فى الثانية . ولهذه الجسيمات وزن معروف ؛ ولذا . . فهى تحدث ضغطاً يقدر بنحو ٥ × ١٠-١١ ضغطاً جوياً . وقد قَدّر العلماء وزن الجسيمات المشعة من الشمس بنحو ٢٥٠ مليون طن فى الدقيقة يسقط منها على سطح كوكب الأرض نحو ٥٨٠ جم لكل كيلو متر مربع سنويا .

وتبعا لمبدأ الكهرومغناطيسية . . فإن تلك الجسيمات الصغيرة تمتلك خواص الموجات waves ، والطول length ، والذبذبة frequency .

والشمس ذاتها عبارة عن فرن هيدروجينى ؛ حيث يتحول فى مركزها ٥٦٤ مليون طن من الهيدروجين إلى ٥٦٠ مليون طن من الهليوم فى كل ثانية ؛ وينشأ عن ذلك ٤ ملايين طن من الطاقة الحركية فى كل ثانية . وتتكون هذه الطاقة ـ أساساً ـ من أشعة ذات موجات قصيرة وذبذبة عالية هى أشعة إكس .

ومع تحرك هذه الأشعة نحو سطح الأرض . . تبقى بعضها كأشعة إكس ، بينما يتحول بعضها إلى أشعة ذات موجات أقصر وتردد أعلى ، وهى الأشعة الكونية cosmic rays ، ويتحول جزء منها إلى أشعة ذات موجات متوسطة الطول والتردد ؛ كالأشعة فوق البنفسجية والأشعة المرئية ، كذلك يتحول جزء آخر من أشعة إكس إلى أشعة ذات موجات طويلة وقليلة التردد كالأشعة تحت الحمراء وموجات الراديو . وبعض هذه الأشعة لايصل إلى سطح الأرض بسبب بعض الطبقات التى تحيط بالغلاف الجوى . ويبين شكل (٩ ـ ١) مختلف أنواع الأشعة الكهرومغناطيسية وأطول موجاتها .



شكل (٩ ـ ١) : أنواع الأشعة الكهرومغناطيسية وأطوال موجاتها .

تعرف شدة الإضاءة light intensity بأنها عدد الكَمّات quanta ، أو عدد الفوتونات photons التى تصل إلى سطح ما .

وكانت أكثر الوحدات استخداما لقياس شدة الإضاءة هى القدم شمعة واللكس . وتعرّف القدم ـ شمعة foot-candle بأنها كمية الضوء التى تسقط من شمعة قياسية على سطح يبعد عنها بمقدار قدم واحدة .

أما اللكس lux فهو كمية الضوء التى تسقط من شمعة قياسية على سطح يبعد عنها بمقدار متر واحد ، علما بأن كل قدم ـ شمعة = ١٠,٧٦٤ لكس .

هذا . . إلا أنه لم يعد من المناسب فى الدراسات النباتية ـ استخدام وحدات لقياس الضوء من أمثال شدة الإضاءة light intensity ، والقدم شمعة footcandle ، واللكس lux ، وإنما يتعين التعبير عن الإضاءة بمقدار الأشعة فى الموجات الضوئية المناسبة لعملية البناء الضوئى Photosynthethic radiation .

تعد معظم المحاصيل الزراعية حساسة للضوء فيما بين ٤٠٠ و ٧٠٠ نانوميتراً (nm) . وتكون العين شديدة الحساسية لطول الموجة الضوئية ٥٥٥ نانوميتراً ، بينما تقل

حساسيتها للموجات الأطول أو الأقصر من ذلك . وبسبب الفارق الكبير بين حساسية النباتات وحساسية العين لمختلف الموجات الضوئية .. فإن استخدام قياسات شدة الإضاءة فى البحث النباتى يعد عديم المعنى .

يُعطى تدفق الإشعاع Radiation flux الرمز (Q) ، وهو معدل تلقى الطاقة الإشعاعية ؛ ويعبر عنه بالجول ($J \cdot s^{-1}$) فى الثانية ، أو بالوات (W) .

أما كثافة تدفق الإشعاع Radiant flux density (تعطى الرمز rfd) أو الـ irradiance .. فهى معدل تلقى وحدة المساحة للطاقة الإشعاعية معبراً عنها بالجول فى الثانية لكل متر مربع ($J \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}$) ، أو بالوات لكل متر مربع ($W \cdot m^{-1}$) .

هذا .. إلا أن الـ rfd لاتأخذ فى الحسبان أكثر الموجات الضوئية أهمية للمحصول ؛ لذا .. أدخلت وحدة أينشتين einstein unit (تعطى الرمز E) التى تعبر عن الطاقة الإشعاعية بعدد أفوجادرو Avogadro's number للفوتونات photons ، أو يعبر عنها بالمكافئ للأينشتاين بالمول من الفوتونات .

كما أدخل استعمال الـ Photosynthetic photon flux density (تعطى الرمز PPFD) والتى يعبر عنها بالميكروأينشتين فى الثانية لكل متر مربع ($\mu E \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}$) .

وبالرغم من استعمال وحدة الأينشتاين للتعبير عن الطاقة الإشعاعية النشطة فى البناء الضوئى Photosynthetically active radiation (اختصاراً PAR) ، إلا أنها ليست من الوحدات الدولية ؛ ولذا أدخل كبديل لها ـ للاستعمال مع الـ PPFD ـ الميكرومول فى الثانية لكل متر مربع ($\mu mol \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$) . وتعتمد هذه القيمة على عدد الفوتونات التى تصل فى وحدة الزمن (الثانية) لكل وحدة مساحة (المتر المربع) من موجة ضوئية ذات طول محدد ، مقسوماً على ثابت أفوجادرو (6.022×10^{23}) . وتستخدم هذه القيمة ـ عادة ـ لوصف PAR فى مدى طول موجات ضوئية تتراوح من ٤٠٠ ـ ٧٠٠ نانومتراً nm .

وعند إعطاء البيانات فى البحث المقدم للنشر يجب أن يذكر فى مواد وطرق البحث كل من : الفترة الضوئية ، واسم وموديل ومواصفات الجهاز المستخدم فى القياس ،

وموضع كل من مصدر الضوء وجهاز قياس الإضاءة بالنسبة للنبات ، ونوعية اللمبات المستخدمة ، وقوّتها بالوات .

قوة التكبير

يستخدم الحرف x كعلامة للتكبير magnification ؛ وهى يجب أن تسبق الرقم الدال على عدد مرات التكبير مباشرة دون ترك مسافة فاصلة بينهما ؛ فيقال مثلاً : (x400) .

قوة الطرد المركزى

يعبر عن قوة الطرد المركزى Centrifugation force بقوة الجاذبية g (تكتب بخط مائل italic) ، وتوضح القيمة ـ على سبيل المثال ـ هكذا : 20,000x g (يلاحظ عدم ترك مسافة خالية قبل الـ x ، ولكن تترك مسافة بينها وبين الـ g) .

النتح

يعبر عن النتح Transpiration بالكيلوجرام للمتر المربع فى الثانية ($kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$) ، أو بالمتر المكعب للمتر المربع فى الثانية ($m^3 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) .

الجهد المائى

إن الجهد المائى Volumetric Water Potential هو الطاقة الكامنة اللازمة لتحريك وحدة الحجم من الماء من مكان وجوده ـ فى نظام ما ـ إلى المكان المرجعى reference position ، وهو مايؤخذ ـ عادة ـ على أنه الماء النقى على نفس درجة الحرارة مثل الماء الموجود فى النظام ، وعند ضغط جوى مقداره واحد ضغط جوى قياسى ، والذى تبلغ قيمته (101.3 kPa) .

ولذا . . فإن وحدات قياس الجهد المائى تكون إما $J \cdot m^{-3}$ ، وإما $N \cdot m^{-2}$ ، وإما Pa .

وكبديل . . فإن مصطلح الجهد المائى الخاص Specific Water Potential يحمل نفس المعنى ؛ مثل Volumetric Water Potlential فيما عدا أن وحدة كتلة من الماء تتحرك إلى المكان المرجعى ، وتكون وحدة القياس هى : $J \cdot kg^{-1}$.

ويلاحظ أن :

Volumetric water potential = ρ_w (T) x specific water potential

حيث إن :

ρ_w = كثافة الماء عند حرارة (T) .

ومن الخطأ اعتبار ρ_w مساوية لـ ($1000\ kg \cdot m^{-3}$) ؛ لأن ذلك يعنى اعتبار كثافة الماء واحدة فى جميع درجات الحرارة .

حركة الهواء

عند إجراء الدراسات فى ظروف بيئية متحكم فيها تُعطى بيانات عن اتجاه حركة الهواء ، ومعدل انسيابه عند مستوى قمة النمو النباتى ، وأجهزة القياس التى استخدمت لهذا الغرض . وتعطى كذلك بيانات عن التباينات فى معدل انسياب الهواء . وتسجل حركة الهواء بالمتر المكعب فى الثانية ($m^3 \cdot s^{-1}$) . ويبين الوقت اللازم لتغيير الهواء تماماً إذا كان لذلك أهمية فى الدراسة .

سرعة الرياح

يعبر عن سرعة الرياح بإحدى الوحدات : ($m \cdot s^{-1}$) ، أو ($mm \cdot s^{-1}$) ، أو ($\mu m \cdot s^{-1}$) ، ولايفضل استعمال وحدة ($km \cdot h^{-1}$) .

يجب تحديد الارتفاع عن سطح الأرض عندما يكون تقدير سرعة الرياح تحت ظروف الحقل ، لأن السرعة تتأثر بهذا العامل .

وبالنسبة لدراسات حجرات النمو فإن من الأفضل إعطاء بيان بمعدل انسياب الهواء وحركته بالحجم فى وحدة الزمن ($m^3 \cdot s^{-1}$) .

الكثافة

عند الإشارة إلى الكتلة لكل وحدة حجم من المادة يفضل استخدام مصطلح mass density ، الذى يأخذ الرمز ρ ، ويعبر عنه بالكيلوجرام لكل متر مكعب ($kg \cdot m^{-3}$)

بدلاً من استخدام مصطلح الكثافة density . ويعبر عنها كذلك بالجرام لكل متر مكعب ($g \cdot m^{-3}$) ، وبالملليجرام لكل متر مكعب ($mg \cdot m^{-3}$) .

وكانت الكثافة تقدر فى النظام المترى بالكيلوجرام / لتر ، أو بالجرام / مل .

وتختلف الكثافة density عن الكثافة النوعية specific density ، التى تعرف بأنها نسبة وزن حجم معين من المادة إلى وزن حجم مماثل من الماء عند حرارة ٤° م .

التردد

يرمز إلى التردد فى النظام الدولى بالرمز f (من Frequency) ، ووحدته هى الهرتز Hertz (يأخذ الرمز Hz) ، أو مقلوب الثانية (s^{-1}) ، وهما متساويان ، ولكن لكل منهما استخدامه المفضل . فالهرتز مفضل عند الإشارة إلى تردد الضوء أو الأشعة الكهرومغناطيسية الأخرى ، بينما يفضل استخدام مقلوب الثانية فى الحالات الأخرى ؛ مثل عدد الدورات Revolutions لكل ثانية ($r \cdot s^{-1}$) . ولايفضل استخدام عدد الدورات لكل دقيقة rounds per minute (أو rpm or $r \cdot min^{-1}$) ؛ لأن الدقيقة ليست من الوحدات الأساسية فى النظام الدولى .

الطاقة

يرمز إلى الطاقة فى النظام الدولى بالرمز E ، ووحدتها هى الجول joule (رمزها J) ، التى تستخدم للتعبير عن الطاقة energy ، والشغل work ، وكمية الحرارة . أما مصطلح كالورى calorie فقد مضى زمان استعماله ، علما بأن كل كالورى يعادل 4.1868 جولاً ، وأن كل وحدة حرارية بريطانية British thermal unit (أو BTU) تعادل ١,٠٥ × ٣١٠ جولاً .

كمية الحرارة

يعبر عن كمية الحرارة الكامنة Latent heat quantity بالجول لكل كيلو جرام ($J \cdot kg^{-1}$) ، ويعبر عن الحرارة المتدفقة heat flux بالجول لكل ثانية ($J \cdot s^{-1}$) أو بالوات (W) . أما كثافة الحرارة المتدفقة heat flux density فهى معدل التدفق الحرارى بالنسبة

لوحدة المساحة ($J \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}$) ؛ كذلك يعبر عنها بالوات لكل متر مربع ($W \cdot m^{-1}$) ، وخاصة فى الولايات المتحدة .

القوة

إن القوة power هى معدل حدوث أو فعل الطاقة أو الشغل ، ويعبر عنها بالوات (W) ، أو بالجول فى الثانية ($J \cdot s^{-1}$) . ويستخدم مصطلح wattage للتعبير عن مقدار القوة معبرا عنها بالوات ؛ وهى وحدة قوة .

الضغط

إن رمز الضغط pressure فى النظام الدولى هو (p) ؛ ويعبر عنه بالباسكال pascal (ورمزه Pa) أو بالنيوتن newton (ورمزها N) على وحدة المساحة ($N \cdot m^{-2}$) . ولايجوز حاليا التعبير عن الضغط بالكيلوجرام على المتر ($kg \cdot m^{-1}$) أو بالرطل على البوصة المربعة (psi) .

ويعبر عن قراءات الصلابة والقوة اللازمة لفصل الأعضاء النباتية بتحويل القوة المقروءة بالرطل pound force (lbf) أو بالكيلوجرام kilogram force (kgf) إلى نيوتن (N) ، حيث تضرب قراءة الـ lbf فى ٤,٤٤٨ ، وقراءة الـ kgf فى ٩,٨٠٧ .

وتجدر الإشارة إلى أن الأجهزة المستخدمة فى القياس لاتقيس أو تختبر الضغط ؛ ولذا . . يجب عدم الإشارة إليها باسم 'pressure testers' ، وإنما بأسماء الصفات التى تقيسها بالفعل ؛ فتعرف باسم 'penetrometers' ، أو 'firmness testers' . . . إلخ .

قدرة التبادل الأيونى

يعبر عن قدرة أو سعة التبادل الأيونى ion exchange capacity بالمكافئات equivalents (تأخذ الرمز eq) ، أو بالملليمى مكافئات milliequivalents (تأخذ الرمز meq) لكل جرام (وهى الصيغة المفضلة) ، أو بالمولات moles (من الشحنات charge) لكل وحدة كتلة .

وإذا ما كان تقدير قدرة التبادل الكاتيونى بطريقة التشبع بأيون واحد يتعين تحديد الأيون المستخدم ؛ لأنه يمكن أن يؤثر فى قيمة قدرة التبادل الكايتونى المقدرة .

القيمة المالية

يعبر عن القيمة المالية للمحصول ، أو تكلفة معاملات معينة . . . إلخ بعملة الدولة التى تنشر فيها الدورية التى قدم البحث للنشر فيها ، ويليها ـ بين قوسين ـ القيمة المكافئة لها بالعملة المحلية .