ملحق رقم ٦ : تسجيل القياسات

لا يخلو 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.

الكتلة

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

لا تُختصر 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)، والمليميكرون millimicron (ورمزه mμ) 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 لا يفضل استخدام أى منهما؛ حيث إنه من المرغوب فيه – عندما يكون الوزن الجزيئى للمادة المستخدمة معلوما – التعبير عن التركيز المستخدم منها بالمولات moles لكل كيلوجرام ($mol \cdot kg^{-1}$)، أو بالمولات لكل متر مكعب ($mol \cdot m^{-3}$)، أو بالمولات لكل لتر ($mol \cdot liter^{-1}$).

وعندما لا يكون الوزن الجزيئى للمادة المستخدمة معلومًا يعبر عن التركيز المستخدم منها بالمليجرام لكل كيلو جرام ($mg \cdot kg^{-1}$)، أو بالمليجرام لكل متر مكعب ($mg \cdot m^{-3}$)، أو بالمليجرام 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) N، و M للدلالة على التركيز المعيارى normal، والمولارى molar على التوالى؛ فيقال مثلاً 2N $NaSO_4$. 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•liter^{-1} (وليس M/10)، و 1.0×10^{-5}M.

من المفضل تجنب استخدام النسبة المئوية عند التعبير عن التركيز، ولكن يتعين عند استخدامها مع المحاليل بيان ما إذا كانت النسب حجمًا إلى حجم (v/v)، أم وزنًا 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 يحتوى على ٩٥–٩٨٪ من الحامض بالوزن، أو ٣٦ عياريًا تقريبا) فى ١٠٠ مل من محلول الحامض المجهز.

كذلك فإن تركيز ١٠٪ كبريتات صوديوم قد تعنى تركيز ٠,٠٧ مولارًا، أو ٠,٠٣٧ مولارًا، أو ٠,٠٣ مولارًا 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 – عادة – 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).

ويُعَبر 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 – فيما يلى – 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 حزيئى formula weight – من المادة – بالجرام، وهو ذاته المحلول المولارى molar solution.

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

وكثيرًا ما كانت تستخدم فى الكيمياء الحيوية وحدات من قبيل ملى مول millimol (اختصارًا: mM)، وميكرومول micromol (اختصارًا: µM)، وملى أوسمولmilliosmol، وملى مكافئ milliequivalent (اختصارًا meq)؛ حيث إن:

1 mM = 0.001 M = 1 formula weight in milligrams

1 uM = 0.001 mM = 1 formula weight in micrograms

يستعمل الملى أوسمول milliosmol فى قياسات الضغط الأسموزى الذى يتناسب مقداره مع العدد الكلى للجزيئات فى المحلول. وعندما لا يتحلل المركب كهربائيًا nonelectrolytic – مثل الجلوكوز – فإن كل ملى أوسمول يعادل ملى مول، ولكن الأمر يختلف مع المركبات التى تتحلل كهربائيًّا electrolytes؛ حيث يعادل كل ملى

مول عددًا من المللى أوسمولات، ويتوقف ذلك على عدد ونسبة أعداد الأيونات فى المحلول؛ فمثلاً .. كل مللى مول من كلوريد الصوديوم يعادل ٢ مللى أوسمول؛ نظرًا لتحلل كلوريد الصوديوم إلى أيونى الكلور والصوديوم بنسبة متساوية.

أما المللى مكافئ فإنه يعادل واحدًا من الألف من الوزن الجزيئى. وتتوقف العلاقة بين وحدتى المللى مول والمللى مكافئ على تكافؤ الأيونات أو الجزيئات المعنية؛ فنجد — مثلاً — 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 التكافؤ الثلاثى ... وهكذا.

ويحسب التركيز بالمللى مول لأيون ما بقسمة عدد ملليجرامات هذا الأيون فى كل لتر من المحلول على الوزن الجزيئى من الأيون؛ فمثلاً:

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

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

٢٢٢ مجم من كلوريد الكالسيوم / لتر تعنى أن تركيز المحلول هو $^{٢٢٢}/_{١١١}$ = ٢ مللى مول من كلوريد الكالسيوم = ٦ مللى موز من الجزيئات الكلية [$2(CaCl_2)$].

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. فمثلاً .. 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 حجمًا 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 يُمثَّل بنسبة عدد مولات أحد المواد فى المحلول إلى عدد المولات الكلية، كما يلى:

$$N_1 = n_1/(n_1 + n_2)$$

$$N_2 = n_2/(n_1 + n_2)$$

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.

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

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

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

وبالمقارنة فإن النسبة المئوية لتركيز المحاليل تحسب كما يلى:

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

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

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

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

$$\text{التركيز بالجزء فى المليون (ppm)} = \frac{\text{وزن المادة المذابة}}{\text{وزن المحلول}} \times ١٠^{٦}$$

$$\text{التركيز بالجزء فى البليون (ppb)} = \frac{\text{وزن المادة المذابة}}{\text{وزن المحلول}} \times ١٠^{٩}$$

وإذا كان السائل المذيب هو الماء، وكان تركيز المادة المذابة صغيرًا إلى درجة أن كثافة الماء لا تتغير تغيرًا 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 جزءًا من كتلة الكربون ١٢، وهو بهذه الصورة ليس له أبعاد dimensionless.

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

النسبة المئوية

لا تستخدم علامة النسبة المئوية (٪) إلا مع الأرقام، وإلا فإنها يجب أن تكتب منطوقة (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 أيضًا استخدام الصيغة (40-60%)، ولكن الصيغة (40%-60%) لا تعد مقبولة.

هذا .. ولا يجوز حساب متوسطات البيانات المحسوبة – أصلاً – 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 "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 – وهو ١٠٤م٢ – ليس مناسبًا للاستخدام فى النظام الدولى)، ولتر / م٢ ($liter{\cdot}m^{-2}$)، ولتر / هكتار ($liter{\cdot}ha^{-1}$)، ولتر / 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 volume بدلاً من 'v/v/v'. ولكن الرمزين (w)، و (v) يستخدمان – للدلالة على الحجم والوزن على التوالى – فى المخاليط التى يكون بعض مكوناتها محسوبًا على أساس الوزن، بينما يكون بعضها الآخر محسوبًا على أساس الحجم.

وعند وصف المخاليط تجب مراعاة ما يلى:

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

٢ – تستخدم النقطتان الرأسيتان colon إذا ذكرت نسبة رقمية؛ كما فى chloroform: methanol (2:1, v/v).

٣ – تستخدم الشرطة hyphen إن لم تُوجَد قيم عددية؛ كما في chloroform – methanol mixture.

المقاييس

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

١ = صفر ٪ ٢ = ١ ٪ – ٢٥٪ ٣ = ٢٦٪ – ٥٠٪

٤ = ٥١٪ – ٧٥٪ ٥ = ٧٦٪ – ١٠٠٪

ولما كانت القراءات تقدُر عينيا – أى بالنظر visually – ولا تخضع لقياسات دقيقة؛ لذا .. فإن جعل المقياس بالصورة السابقة يوحى إلى القارئ بدقة فى القياس غير حقيقة وغير واقعية؛ فليس من المعقول أن يميز الباحث – عينيا – بين مستوى تأثر بالمعاملة قدره ٢٥٪ ومستوى قدره ٢٦٪.

والحل فى مثل هذه الأمور أن يُحوَّر المقُياس المستخدم ليصبح كما يلى:

١ = صفر ٪ ٢ = ≤ ١ ٪ – ≥ ٢٥٪ ٣ = ≤ ٢٦٪ – ≥ ٥٠٪

٤ = ≤ ٥١٪ – ≥ ٧٥٪ ٥ = ≤ ٧٦٪ – ≥ ١٠٠٪

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

الحرارة

يمكن القول – بصورة عامة – 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، و ليس °K). ولا يجوز استخدام الكلمة المُرادفة 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. وفيما عدا الحالات التى تحدد فيها قراءات الحرارة إلى أقرب ٠,١ درجة .. فإن متوسطات الحرارة تسجل إلى أقرب نصف درجة سلسس.

ومعاملات التحويل هى:

$$\frac{٥}{٩} \times (٣٢ - {}^{\circ}F) = {}^{\circ}C$$

$$٣٢ + (\frac{٩}{٥} \times {}^{\circ}C) = {}^{\circ}F$$

ويبين جدول ملحق (٦ — ١) درجات الحرارة المقابلة (بالسلس C أو بالفهرنهيت F) للدرجة المعلومة، وهى المبينة — فى الجدول — تحت الأعمدة المعنونة 'C or F'. فمثلاً .. إذا كانت الدرجة المعلومة قدرها ١٠ فإنها لو كانت ١٠م تكون مساوية لـ ٥٠ف، ولو كانت ١٠ف تكون مساوية لـ -١٢,٢م ... وهكذا.

جدول ملحق (٦-١): 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

تابع جدول (ملحق ٦-١).

C	C or F	F	C	C or F	F	C	C or F	F
-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

تابع جدول (ملحق ٦-١).

C	C or F	F	C	C or F	F	C	C or F	F
-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 ضروريًا 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 – على سبيل المثال – هكذا: (5°, 10°, and 15°C)، أو (4° to 8°C). ولكن عندما تكون الدرجات الحرارية منفصلة فى الجملة الواحدة فإنه يستخدم رمز درجة السلس مع كل منها (مثال: Leaves were larger at 21°C than at 5°C).

وعند بيان درجات حرارة النهار والليل فإنها تكتب – على سبيل المثال – 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 – مثلاً – (12° to 15°C)، وليس (12°-15°C)، ويكتب (-5° to -1°C)، وليس (-1°- -5°C).

هذا .. ويعرف الصفر المطلق absolute zero بأنه درجة الحرارة التى 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 معبرًا عنها كنسبة مئوية، ووحدتها هى النسبة المئوية (٪). ولا يجوز 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.

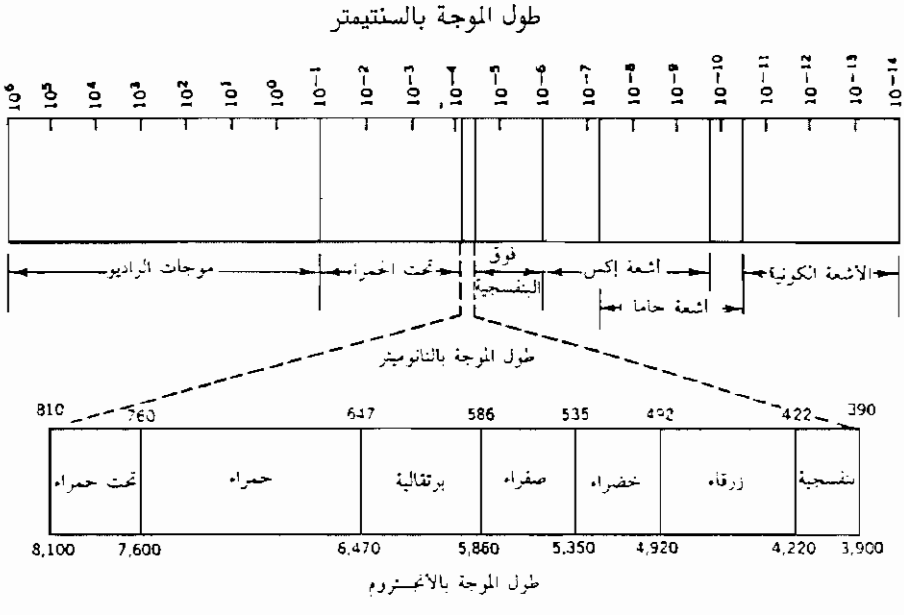
الإضاءة

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$^{-١١}$ ضغطًا جويًّا. وقد قَدّر العلماء وزن الجسيمات المشعة من الشمس بنحو ٢٥٠ مليون طن فى الدقيقة يسقط منها على سطح كوكب الأرض نحو ٥٨٠ جم لكل كيلومتر مربع سنويًّا.

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

والشمس ذاتها عبارة عن فرن هيدروجيني؛ حيث يتحول في مركزها ٥٦٤ مليون طن من الهيدروجين إلى ٥٦٠ مليون طن من الهليوم في كل ثانية، وينشأ عن ذلك ٤ ملايين طن من الطاقة الحركية في كل ثانية. وتتكون هذه الطاقة — أساسًا — من أشعة ذات موجات قصيرة وذبذبة عالية هي أشعة إكس.

ومع تحرك هذه الأشعة نحو سطح الأرض .. تبقى بعضها كأشعة إكس، بينما يتحول بعضها إلى أشعة ذات موجات أقصر وتردد أعلى، وهي الأشعة الكونية cosmic rays، ويتحول جزء منها إلى أشعة ذات موجات متوسطة الطول والتردد؛ كالأشعة فوق البنفسيجية والأشعة المرئية، كذلك يتحول جزء آخر من أشعة إكس إلى أشعة ذات موجات طويلة وقليلة التردد كالأشعة تحت الحمراء وموجات الراديو. وبعض هذه الأشعة لا يصل إلى سطح الأرض بسبب بعض الطبقات التي تحيط بالغلاف الجوي. ويبين شكل ملحق (٦-١) مختلف أنواع الأشعة الكهرومغناطيسية وأطول موجاتها.



شكل ملحق (٦-١): 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 استخدامًا لقياس شدة الإضاءة هى القدم – شمعة واللكس. وتعرّف القدم – 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، علمًا بأن كل قدم – شمعة = ١٠,٧٦٤ لكس.

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

تعد معظم المحاصيل الزراعية حساسة للضوء فيما بين ٤٠٠ و ٧٠٠ نانوميترًا (nm). وتكون العين شديدة الحساسية لطول الموجة الضوئية ٥٥٥ نانوميترًا، بينما تقل حساسيتها للموجات الأطول والأقصر 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 فى الثانية ($J\text{-}s^{-1}$)، أو بالوات (W).

أما كثافة تدفق الإشعاع radiant flux density (تعطى الرمز rfd) أو الـ irradiance .. فهى معدل تلقى وحدة المساحة للطاقة الإشعاعية معبرًا عنها بالجول فى الثانية لكل متر مربع ($J\text{-}s^{-1} \cdot m^{-2}$)، أو بالوات لكل متر مربع ($W \cdot m^{-2}$).

هذا .. إلا أن الـ rfd لا تأخذ 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 ($\mu E \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$).

وبالرغم من استعمال وحدة الأينشتاين للتعبير عن الطاقة الإشعاعية النشطة فى البناء الضوئى potosynthetically active radiation (اختصارًا PAR)، إلا أنها ليست من الوحدات الدولية؛ ولذا أدخل كبديل لها — للاستعمال مع الـ PPFD — 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، مقسومًا على ثابت أفوجادرو (6.022×10^{23}). وتستخدم هذه القيمة — عادة — لوصف PAR فى مدى طول موجات ضوئية تتراوح من ٤٠٠–٧٠٠ نانوميترًا 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، وقوتها 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 cntrifugation force بقوة الجاذبية g (تكتب بخط مائل italic)، وتوضح القيمة — على سبيل المثال — هكذا: $20{,}000x\ g$ (يلاحظ عدم ترك مسافة خالية قبل الـ x، ولكن تترك مسافة بينها وبين الـ g).

النتح

يعبر عن النتح tanspiration بالكيلوجرام للمتر المربع فى الثانية ($kg \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)، 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 – فى نظام ما – إلى المكان المرجعى reference position، وهو ما يؤخذ – عادة – 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 $n.m^{-2}$، وإما Pa.

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

ويلاحظ أن:

$$\text{Volumetric water potential} = \rho_w (T) \times \text{specific water potential}$$

حيث إن:

ρ_w = كثافة الماء عند جرارة (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 الماء

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 تمامًا إذا كان لذلك أهمية فى الدراسة.

سرعة الرياح

يعبر عن سرعة الرياح بإحدى الوحدات: ($m \cdot s^{-1}$)، أو ($mm \cdot s^{-1}$)، أو ($\mu m \cdot s^{-1}$)، ولا يفضل 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 كل 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 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، علمًا بأن كل كالورى يعادل ٤.١٨٦٨ جولاً، ولأن كل وحدة حرارية بريطانية British thermal unit (أو BTU) تعادل ١,٠٥ × ١٠^{٣} جولاً.

كمية الحرارة

يعبر عن كمية الحرارة الكامنة latent heat quantity بالجول لكل كيلوجرام ($J \cdot kg^{-1}$). 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 ($J \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$)؛ كذلك يعبر عنها بالوات لكل متر مربع ($W \cdot m^{-2}$)، 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 معبرًا عنها بالوات؛ وهى وحدة قوة.

الضغط

إن رمز الضغط pressure فى النظام الدولى هو (p)؛ ويعبر عنه بالبسكال pascal (ورمزه Pa) أو بالنيوتن Newton (ورمزها N) على وحدة المساحة ($N \cdot m^{-2}$). ولا يجوز حاليًا التعبير عن الضغط بالكيلوجرام على المتر ($kg \cdot m^{-2}$) 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 لا تقيس 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 charges) لكل وحدة كتلة.

وإذا ما كان تقدير قدره التبادل الكاتيونى بطريقة التشبع بأيون واحد يتعين تحديد الأيون المستخدم؛ لأنه يمكن أن يؤثر فى قيمة قدرة التبادل الكاتيونى 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 – بين قوسين – القيمة المكافئة لها بالعملة المحلية.