

الجوانب العلمية : 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 تفيده 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) ، والمليجرام 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 .

لأختصر 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 متري 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) ، والمليمتتر المربع (mm^2) . أما الهكتار (ha) فهو $10^4 m^2$.

الطول

إن وحدة الطول فى النظام الدولى هى المتر (m) . وقد استبدل الميكرون micron (ورمزه μ) ، والمليميكرون millimicron (ورمزه μ) بكل من الميكرومتر micrometer (ورمزه μm) ، والنانومتر nanometer (ورمزه nm) ، على التوالى .
ومازال الأنجستروم angstrom (ورمزه Å) مستخدماً ، وبخاصة فى الولايات المتحدة بالنسبة للدراسات التى يدخل فيها التصوير الميكروسكوبى ، 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 - عندما يكون الوزن الجزيئى للمادة المستخدمة معلوماً - 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 لا يكون الوزن الجزيئي للمادة المستخدمة معلوماً يعبر عن التركيز المستخدم منها بالمليجرام لكل كيلو جرام ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) ، أو بالمليجرام لكل متر مكعب ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$) ، أو بالمليجرام لكل لتر ($\text{mg} \cdot \text{liter}^{-1}$) .

وتستخدم الحروف الـ capital الصغيرة small capital letters (والتي تميز بوضع خطين تحتها عندما تكون في البحوث المقدمة للنشر) N ، و M للدلالة على التركيز المعياري normal ، والمولارى molar على التوالى ؛ فيقال مثلاً $2 N \text{NaSO}_4$. كما يكتب $1.0 N \text{HCl}$ وليس $N \text{HCl}$.

وعندما تكون التركيزات مخففة كثيراً يستخدم الميكرومولار μM (مثلاً $1.0 \mu\text{M}$ بدلاً من 10^{-6}M) .

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

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 في 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 - ٩٨٪ من الحامض بالوزن ، أو ٣٦ عيارياً تقريباً) فى ١٠٠ مل من محلول الحامض المجهز .

كذلك فإن تركيز ١٠٪ كبريتات صوديوم قد تعنى تركيز ٠,٠٧ مولاراً ، أو ٠,٣٧ مولاراً ، أو ٠,٣ مولاراً إذا كان الملح المستخدم لامائى anhydrous ، أو إذا كان يحتوى على سبعة جزيئات ماء heptahydrate أو عشرة جزيئات ماء decahy- drate ، على التوالى .

ونجد أيضاً أن تخفيفات الكحول الإيثيلي 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 (N) normality ؛ مثل 1 N NaOH ، بينما توصف تركيزات الأملاح بالمولارية (M) molarity .

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 ($\mu\text{g g}^{-1}$) أو بالميكروجرام لكل مليلتر ($\mu\text{g ml}^{-1}$) ، وليس بالجزء فى المليون (ppm) .

كما يعبر عن أحجام الغازات بالميكروليتر لكل ليتر ($\mu\text{l l}^{-1}$) 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) وال formal solution : يرمز إليهما بالرمز F ، ويحتوى كل لتر من المحلول على وزن جزيئى formula weight - من المادة - بالجرام ، وهو ذاته المحلول المولارى molar solution .

ومن المعلوم أن الوزن الجزيئى لأية مادة - بالجرام - يحتوى على 6.02×10^{23} جزيئاً 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 . وكثيرا ما يعبر عن التركيز المولارى للمحاليل بين قوسين معقوفين ، مثل [1] ، و [0.5] ، و [0.1] . . . إلخ .

وكثيرا ما كانت تستخدم فى الكيمياء الحيوية وحدات من قبيل مللى مول millimol (اختصارا mM) ، وميكرومول micromol (اختصارا : μM) ، ومللى أوسمول milliosmol ، ومللى 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 الملى أوسمول milliosmol فى قياسات الضغط الأسموزى الذى يتناسب مقداره مع العدد الكلى للجزيئات فى المحلول . وعندما لايتحلل المركب كهربائيا nonelectrolytic - مثل الجلوكوز - فإن كل مللى أوسمول يعادل مللى مول ، ولكن الأمر يختلف مع المركبات التى تتحلل كهربائيا electrolytes ؛ حيث يعادل كل مللى مول عددا من الملى 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 الملى مكافئ فإنه يعادل واحداً من الألف من الوزن الجزيئى . وتتوقف العلاقة بين وحدتى الملى مول والملى مكافئ على تكافؤ الأيونات أو الجزيئات المعنية ؛ فنجد - مثلا - 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 بالملى مول لايون 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 $\frac{78}{39} = ٢$ مللى مول = ٢ مللى أوسمول = ٢ مللى مكافئ .

١٠٠ مجم كالسيوم (ذى التكافؤ الثنائى) / لتر تعنى أن التركيز $\frac{100}{20} = ٥$ مللى مول = ٥ مللى أوسمول = ٥ مللى مكافئ .

٢٢٢ مجم من كلوريد الكالسيوم / لتر تعنى أن تركيز المحلول هو $\frac{222}{111} = ٢$ 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 المذبية ؛ وبذا .. فإن المحاليل المولالية لمذيب معين تحتوى على نفس النسبة من جزيئات المادة المذابة إلى جزيئات المادة المذبية . فمثلا .. إذا أذيب ٤٦ جم من الكحول الإيثيلى ، أو ٣٤٢ جم من السكر فى ١٠٠٠ جم من الماء فإننا نحصل على محاليل مولالية تكون فيها نسبة جزيئات الكحول إلى جزيئات الماء ماثلة 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 يُمثل 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 .

$$N_1 \text{ (للجلوكوز)} = \frac{\frac{180}{180}}{\frac{180}{180} + \frac{1000}{18}} = 0.177$$

$$0,982 = \frac{\frac{1000}{18}}{\frac{180}{180} + \frac{1000}{18}} = (\text{للماء}) N_2$$

وبالمقارنة فإن النسبة المئوية لتركيز المحاليل تحسب كما يلي :

$$100 \times \frac{\text{وزن المادة المذابة}}{\text{وزن المحلول}} = (W/W)$$

$$100 \times \frac{\text{حجم المادة المذابة}}{\text{حجم المحلول}} = (V/V)$$

$$100 \times \frac{\text{وزن المادة المذابة بالجرام}}{\text{حجم المحلول بالملييلتر}} = (W/V)$$

وتحسب التركيزات بالجزء في المليون أو بالجزء في البليون كما يلي :

$$10^6 \times \frac{\text{وزن المادة المذابة}}{\text{وزن المحلول}} = (\text{ppm})$$

$$10^9 \times \frac{\text{وزن المادة المذابة}}{\text{وزن المحلول}} = (\text{ppb})$$

وإذا كان السائل المذيب هو الماء ، وكان تركيز المادة المذابة صغيراً إلى درجة أن كثافة الماء لا تتغير تغيراً يذكر بالمادة المذابة فيه فإن التركيز بالجزء في المليون يصبح كما يلي :

التركيز بالجزء في المليون (ppm) \approx عدد ملليجرامات المادة المذابة في كل لتر من المحلول .

يجب التمييز بين مصطلحي الوزن الجزيئي molecular weight ، والكتلة الجزيئية .

إن مصطلح الوزن الجزيئى (يُعطى الرمز M_r) هو نسبة كتلة الجزيئ إلى واحد من اثنى عشر جزءاً من كتلة الكربون ١٢ ، وهو بهذه الصورة ليس له أبعاد dimensionless .
أما مصطلح الكتلة الجزيئية فيعنى به كتلة جزيء واحد من المادة ؛ أى إنها ليست نسبة ، ويمكن التعبير عنها بالدالتون (D) dalton .

النسبة المئوية

لاستخدم 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 أيضاً استخدام الصيغة (40 - 60) ، ولكن الصيغة (40% - 60%) لاتعد مقبولة .
هذا . . ولايجوز 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 الري . . . 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 / م^٢ » (30 g·m⁻²) . . القول « أضيف ٣٠ جم من المبيد الحشرى / م^٢ » .

وتذكر تلك القيم عادة فى صورة كجم / هكتار (kg·ha⁻¹) للمعاملات التى تجرى على نطاق واسع (بالرغم من أن الهكتار ذاته - وهو ١٠^٤ م^٢ - ليس مناسباً للاستخدام فى النظام الدولى) ، و لتر / م^٢ (liter·m⁻²) ، و لتر / هكتار (liter·ha⁻¹) ، و لتر / م^٣ (liter·m⁻³) .

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

نسبة المخاليط

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

وعند وصف المخاليط تجب مراعاة مايلي :

١ - تستخدم كلمة to عند وصف النسبة كلامياً ؛ كما في the chloroform to methanol ratio .

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

٣ - تستخدم الشرطة hyphen إن لم تُوجد قيم عددية ؛ كما في chloroform-methanol mixture .

المقاييس

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

$$١ = \text{صفر} \% \quad ٢ = ١ \% - ٢٥ \% \quad ٣ = ٢٦ \% - ٥٠ \%$$

$$٤ = ٥١ \% - ٧٥ \% \quad ٥ = ٧٦ \% - ١٠٠ \%$$

ولما كانت القراءات تُقدَّرُ عينا - أي بالنظر visually - ولا تخضع القياسات دقيقة ؛ لذا . . . فإن جعل المقياس بالصورة السابقة يوحي إلى القارئ بدقة في القياس غير

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

والحل فى مثل هذه الأمور أن يُحوّر المقياس المستخدم ليصبح كما يلي :

$$١ = \text{صفر} \% \quad ٢ = ١\% - \geq ٢٥\% \quad ٣ = ٢٥\% - \geq ٥٠\%$$

$$٤ = ٥٠\% - \geq ٧٥\% \quad ٥ = ٧٥\% - \geq ١٠٠\% .$$

وبذا . . يكون القارئ على دراية بمستوى الدقة التى استخدمت فى القياس ؛ لأن فى هذا المقياس إقراراً 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 من المجلد الثامن) .

الحرارة

يمكن القول - بصورة عامة - إن مصطلح الحرارة temperature عديم المعنى ؛ إذ لا بد من وجود اسم موصوف معها ؛ فمثلاً يمكن أن يتعلق الأمر ب 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) . ولا يجوز استخدام الكلمة المرادفة سنتيجريد centigrade .

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

ومعاملات التحويل هى :

$$\frac{5}{9} \times (32 - ^\circ\text{F}) = ^\circ\text{C}$$

$$32 + \left(\frac{9}{5} \times ^\circ\text{C}\right) = ^\circ\text{F}$$

ويبين جدول (٩ - ١) درجات الحرارة المقابلة (بالسلس C أو بالفهرنهايت F) للدرجة المعلومة ، وهي المبينة - فى الجدول - 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 ١٢,٢ م . . . وهكذا .

جدول (٩ - ١) : مخطط تحويل درجات الحرارة من مئوية (سلس) إلى فهرنهايت وبالعكس .

C	CORF	F	C	CORF	F	C	CORF	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 بالسلس (C) عند أول مرة يُشار فيها إلى درجة الحرارة في 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 السلس (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° (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 (-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 (%) . ولا تجوز 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· m⁻³) ، أو بالجرام لكل متر مكعب (g·m⁻³) أو

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

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

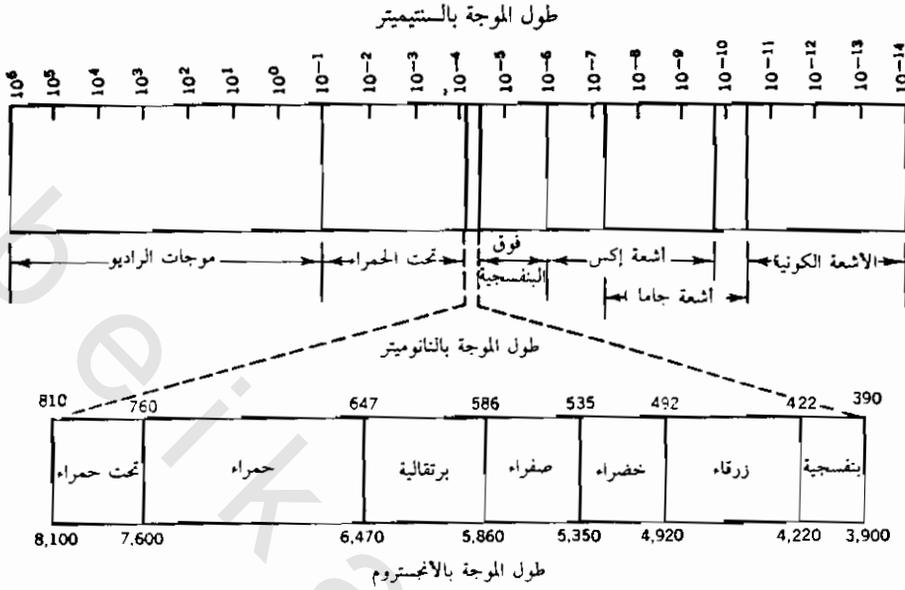
الإضاءة

يعتبر الضوء إحدى صور الطاقة الحركية ؛ إذ إنه يصل من الشمس فى صورة جسيمات صغيرة تعرف باسم كمّات quanta ، أو فوتونات photons بسرعة ٢٩٨ ألف كيلومتر فى الثانية . ولهذه الجسيمات وزن معروف ؛ ولذا . . فهى تحدث ضغطاً يقدر بنحو 5×10^{-11} ضغطاً جويّاً . وقد قدّر 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 سنوياً .

وتبعاً 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 - أساساً - من أشعة ذات موجات قصيرة وذذبذبة 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 كالاشعة تحت الحمراء وموجات الراديو . وبعض هذه الأشعة لا يصل إلى سطح الأرض بسبب بعض الطبقات التى تحيط بالغلاف الجوى . وبين شكل (٩ - ١) مختلف أنواع الأشعة الكهرومغناطيسية وأطول موجاتها .



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

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

وكانت أكثر الوحدات استخداماً لقياس شدة الإضاءة هي القدم شمعة واللكس . وتعرّف القدم - شمعة foot-candle بأنها كمية الضوء التي تسقط من شمعة قياسية على سطح يبعد عنها بمقدار قدم واحدة .

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

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

تعد معظم المحاصيل الزراعية حساسة للضوء فيما بين ٤٠٠ و ٧٠٠ نانومتراً (nm) . وتكون العين شديدة الحساسية لطول الموجة الضوئية ٥٥٥ نانومتراً ، 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 في البحث النباتي يعد عديم المعنى .

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

أما كثافة تدفق الإشعاع Radiant flux density (تعطى الرمز rfd) أو الـ irradiance . . فهي معدل تلقي وحدة المساحة للطاقة الإشعاعية معبراً عنها بالجول في الثانية لكل متر مربع ($J \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$) ، أو بالوات لكل متر مربع ($W \cdot m^{-2}$) .

هذا . . إلا أن الـ rfd لاتأخذ في الحسبان أكثر الموجات الضوئية أهمية للمحصول ؛ لذا . . أدخلت وحدة أينشتاين einstein unit (تعطى الرمز E) التي 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) والتي يعبر عنها بالميكروأينشتاين في الثانية لكل متر مربع ($\mu E \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$) .

وبالرغم من استعمال وحدة الأينشتاين للتعبير عن الطاقة الإشعاعية النشطة في البناء الضوئي Photosynthetically active radiation (اختصاراً PAR) ، إلا أنها ليست من الوحدات الدولية ؛ ولذا أدخل كبديل لها - للاستعمال مع الـ PPFD - الميكرومول في الثانية لكل متر مربع ($\mu mol \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$) . وتعتمد هذه القيمة على عدد الفوتونات التي تصل في 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 - عادة - بوصف PAR في مدى طول موجات ضوئية تتراوح من 400 - 700 نانوميتراً nm .

وعند إعطاء البيانات في البحث المقدم لننشر يجب أن يذكر في مواد وطرق البحث كل من : الفترة الضوئية ، واسم وموديل ومواصفات الجهاز المستخدم في 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 Centrifugation 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 ترك مسافة بينها وبين الـ g) .

النتح

يعبر عن النتح Transpiration بالكيلوجرام للمتر المربع فى الثانية ($kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$) ، أو بالتر 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 ، والذي 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 Potential 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 :

$$\rho_w = \text{كثافة الماء عند حرارة } (T) .$$

ومن الخطأ اعتبار ρ_w مساوية لـ $(1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3})$ ؛ 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 $(\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1})$. ويبين الوقت اللازم لتغيير الهواء تماماً إذا كان لذلك أهمية فى الدراسة .

سرعة الرياح

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

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 $(\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1})$.

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 $(\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})$

بدلاً من استخدام مصطلح الكثافة density . ويعبر عنها كذلك بالجرام لكل متر مكعب ($g \cdot m^{-3}$) ، وبالمليجرام 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 4°C .

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 استخدامهما 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 ، علماً بأن كل كالورى يعادل 4.1868 جولاً ، وأن كل وحدة حرارية بريطانية British thermal unit (أو BTU) تعادل 1,055 × 10³ 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

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

القوة

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

الضغط

إن رمز الضغط pressure في النظام الدولي هو (p) ؛ ويعبر عنه بالباسكال pascal (ورمزه Pa) أو بالنيوتن newton (ورمزها N) على وحدة المساحة ($N \cdot m^{-2}$) . ولا يجوز 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 في 4,448 ، وقراءة الـ kgf في 9,807 .

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

قدرة التبادل الأيوني

يعبر عن قدرة أو سعة التبادل الأيوني ion exchange capacity بالمكافئات-equiv-alents (تأخذ الرمز eq) ، أو بالملليمي مكافئات milliequivalents (تأخذ الرمز meq) لكل جرام (وهي 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 الكاتيونى المقدرة .

القيمة المالية

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