الفصل السادس

قياسات وتحليلات لمراقبة وتوكيد جودة الأسمدة العضوية

obeikan.com

obeikan.com

الفصل السادس

قياسات وتحليلات طراقبة وتوكيد جودة الأسمدة العضوية

Measurements and Analyzes for Monitoring and Emphasizing the Quality of Organic Fertilizers

مقدمة *Introduction*:

في عمليات التصنيع لأي منتج والوصول به إلى المستوى الأمثل لما يجب أن يكون عليه، فإنه يجب أن يكون هناك معايير ومواصفات للقياس عليها، والتي يجب الوصول إليها، من خلال مراقبة جودة كل الخامات الداخلة في صناعته، ومراقبة جودة الأداء لكل خطوة من خطوات العمليات التصنيعية التي يتم إجرؤاها، واختبار الجودة في كل مرحلة من مراحل إنتاجه.

وإنتاج الأسمدة العضوية – كأحد المنتجات الصناعية التي تستخدم في تخصيب التربة، وزراعة النباتات التي يتغذى عليها الإنسان والحيوان – جدير بنا أن نراعي الجودة في إنتاجها؛ حتى لا تتلوث التربة بالممرضات فنفقدها، أو تتلوث النباتات والمحاصيل والأشجار والثمار المستخدمة في التغذية, فنخسر من جرائها جهد الإنسان، وخدمة وعطاء الحيوان.

أولًا: معايير مراقبة وتوكيد جودة الأسمدة العضوية:

إن إنتاج الأسمدة العضوية المصنعة من المخلفات في صورة كمبوست جيد ذي جودة عالية؛ ليكون جاهزًا للاستخدام الزراعي الآمن – هو الهدف والأساس في تحويل المخلفات الملوثة وغير الآمنة إلى سماد عضوي أو كمبوست. ويتم تقييم جودة الكمبوست من خلال بعض الخصائص

والصفات التي يجب أن يتمتع بها الكمبوست. ومن هذه الخصائص والصفات التي يجب أن تكون معلومة عن الكمبوست هي نسبة الرطوبة Moisture content، درجة الحموضة (pH)، مستوى الأملاح الذائبة، والذي يعبر عنه بدرجة التوصيل الكهربي Electrical conductivity (EC)، محتوى الكمبوست من العناصر الكبرى الأساسية Nutrients content، وخاصة أكبرها كمية وأهمية وهي عناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم (N, P, K)، نسبة المادة العضوية Organic matter (OM)، حجم الحبيبات Particle size، درجة النضج Maturity or Bioassay، درجة الثبات Stability، المواد الخاملة Inert materials، محتواه من العناصر الصغرى Micronutrients، خلوه من بذور الحشائش Seed weeds والكائنات الممرضة Pathogens.

عناصر تقييم جودة الأسمدة العضوية:

1. **نسبة الرطوبة *Moisture content*:**

نسبة الرطوبة في الكمبوست أو محتوى الكمبوست من الرطوبة يشير إلى كمية الماء الموجودة في الكمبوست كنسبة مئوية. فزيادة نسبة الماء أو الرطوبة في الكمبوست عن 40٪ تؤثر بالزيادة على الكثافة الظاهرية للكمبوست Bulk density، والتي بدورها تؤثر في الوزن لكل وحدة حجم؛ مما يزيد من تكاليف عمليات النقل والتداول. وفي حالة نقص الرطوبة عن 30٪، فإنه وإن كان مفيدًا في تقليل تكاليف عمليات النقل والتداول، إلاَّ أنه يؤدي إلى نقص أعداد الكائنات الحية النافعة والموجودة في الكمبوست، هذا إلى جانب أنه يجعل الكمبوست كثير الغبار، ويصعب التعامل معه، في الأوقات التي يكون فيها رياح شديدة؛ مما يؤدي إلى فقد جزء كبير منه أثناء التعبة والاستخدام،

وتعتبر أنسب نسبة رطوبة لتداول الكمبوست والاستفادة من محتواه من الكائنات الحية الدقيقة هي من 30-40٪، وهو ما يفضل معه تسويق الكمبوست بالحجم، والذي يتناسب مع رغبة المستهلك، الذي يرى أن هذه النسبة المرتفعة من الرطوبة - من وجهة نظره - لها وزن، وأن هذا الوزن سيدفع مقابله أموالاً في حالة الشراء بالوزن، ويغيب عنه أن السماد العضوي سعته الادمصاصية أو قدرته على الاحتفاظ بالماء تزيد عن 200٪. وعلى كل حال، فإن السماد العضوي في صورة كمبوست يتم بيعه وتسويقه بالوزن سواء كان سائبًا (صب) أو معبأً، وفي هذه الحالة يجب ألاَّ تقل نسبة الرطوبة عن 20٪، ولا تزيد عن 30٪، وبمتوسط 25٪.

2. درجة الحموضة (pH):

تعبر درجة الحموضة أو القلوية عن نشاط أيون الأيدروجين في الكمبوست, والذي يتم قياسه على أساس أنه اللوغاريتم السالب لدرجة تركيز أيون الأيدروجين، وهذا القياس يتم بواسطة جهاز pH والذي يعطي قراءة في مدى من صفر إلى 14، ويتوسط هذا المدى رقم 7, وهو ما يعرف بمستوى التعادل، وفي الوقت الذي تعبر فيه القراءات الأقل من 7 عن مستويات الحموضة، فإن القراءات الأعلى من 7 تعبر عن مستويات القاعدية أو القلوية. معظم أنواع الكمبوست يكون رقم حموضته في مدى من 6.5-8.5. ويجب أن يكون معلومًا أن طرق الكمر الهوائي تؤدي إلى وجود محتوى مرتفع من أكاسيد الفلزات، ومحاليل الفلزات تعطي قلويات؛ لذا فإن رقم الـ pH يتجه دائمًا إلى الارتفاع, وقد يقترب من رقم 9، ولا يعتبر هذا عيبًا في الكمبوست، لكن يدل على غناه بالعناصر.

ويمكن العمل على خفض رقم الـ pH باستخدام بعض سلالات التريكوديرما في إنتاج الكمبوست، والذي يتيح الوصول إلى رقم الـ pH قريبًا من 5.5 – 6.5.

3. **مستوى الأملاح الذائبة بقياس درجة التوصيل الكهربي *Electrical conductivity (EC):***

تعبر درجة التوصيل الكهربي عن مستوى الأملاح الذائبة في الكمبوست. ويقدر تركيز الأيونات الذائبة في المحلول بقدرة المحلول على توصيل التيار الكهربي. ويقاس التوصيل الكهربي بوحدات المليموز/ سم (mmhos/cm)، وحديثًا أصبح القياس بوحدات الديسيسيمز/ م (dS/m)، وهما متساويان في القيمة والمدلول. معظم أنواع الكمبوست يكون درجة التوصيل الكهربي للأيونات الذائبة به تتراوح بين 1 إلى 10 dS/m. وكلما زاد التوصيل الكهربي للأيونات الذائبة كلما دل ذلك على زيادة المحتوى من العناصر المغذية في الكمبوست، بشرط ألا يكون عنصرا الصوديوم والكلوريد هما السائدان في الكمبوست، أو إليهما ترجع الدرجة الأكبر للتوصيل الكهربي.

4. **محتوى الكمبوست من العناصر الغذائية الكبرى الأساسية *Nutrients content*، وخاصة عناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم *(N, P, K):***

عناصر التغذية الأساسية من النيتروجين N، والفوسفور P (والذي يعبر عنه في صورة P_2O_5) ، والبوتاسيوم K (والذي يعبر عنه في صورة K_2O)، يحتاجها النبات بكميات كبيرة في التغذية, وبالتالي تتواجد أيضًا بكميات كبيرة في المخلفات النباتية لهذه النباتات. وإذا كانت كمية العناصر الغذائية بالمخلفات مرتفعة، فالمتوقع أن يكون الكمبوست الناتج عن هذه المخلفات غنيًّا بهذه العناصر. يتم حساب النسبة المئوية لهذه العناصر في الكمبوست على نفس صور تواجدها في الأسمدة الكيميائية, وذلك على أساس الوزن الجاف أو

على أساس الوزن الرطب (رطوبة تسويق السماد أو الكمبوست). إن معرفة نسب عناصر N, P, K تساعد على حساب الكميات الإضافية من الأسمدة الكيميائية المطلوب إضافتها بعد إضافة كميات الكمبوست.

ويجب الأخذ في الاعتبار أنه بالرغم من أن نسب عناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم في الكمبوست قليلة - إذا ما قورنت بنسب نفس العناصر في الأسمدة الكيميائية التي تحتويها - إلا أن الكميات المستخدمة أو المعدلات المضافة من الكمبوست تكون كبيرة, وبالتالي تكون محصلة ما يضيفه الكمبوست من هذه العناصر ملحوظًا ومؤثرًا. لذلك فإن إضافة أي نوع من أنواع الأسمدة العضوية - سواء كانت ناتجة من المخلفات النباتية بمفردها أو الحيوانية بمفردها أو من خليط منهما - تؤدي إلى خفض كميات الأسمدة الكيميائية المطلوبة لتسميد النباتات. وبصفة عامة، فإن عناصر التغذية الموجودة في الكمبوست تتواجد في صورة عضوية, وبالتالي لا تكون ميسرةً ولا جاهزةً للتغذية دفعةً واحدة, وإنما يحدث تحرر لهذه العناصر أثناء تحولات الكمبوست في التربة، وهو ما يمكن اعتباره بأنه سماد بطيء الذوبان Slow release fertilizer.

5. نسبة المادة العضوية *Organic matter (OM)*:

محتوى الكمبوست من المادة العضوية يقدر كنسبة مئوية على أساس الوزن الجاف. والمادة العضوية في التربة تعرف بأنها المادة الحية في التربة، فعليها تنمو الكائنات الحية الدقيقة، وبها يكون البناء، ولها دور مؤثر في تيسر العناصر الغذائية وزيادة قدرة الأرض على الاحتفاظ بالماء وما به من عناصر. ونسبة المادة العضوية في أي كمبوست تحدد العمر والخواص الطبيعية لهذا الكمبوست. كما أن

نسبة المادة العضوية في الكمبوست تحدد الكميات المطلوب استخدامها منه.

وعمومًا لا يوجد رقم مثالي لنسبة المادة العضوية في الكمبوست؛ نظرًا لاختلاف مصادر المواد الخام المصنع منها، بالإضافة إلى عمر تسوية وإنضاج الكمبوست, واللذين يؤثران - بشكل كبير - في نسب المادة العضوية؛ حيث إن عمليات التحلل والتحول من المادة العضوية الخام إلى المادة العضوية في المنتج النهائي للكمبوست يتبعها انخفاض في نسبة المادة العضوية؛ لذا فإن السماد العضوي أو الكمبوست الأكثر نضجًا يكون الانخفاض في المادة العضوية Reduction of organic matter (ROM) بعد التحلل أكثر من 60٪، والذي يعرف بالـ Cured compost، كما في جدول (6-1).

جدول (6-1): مؤشرات نضج السماد وثباته قياسًا على مستوى فقد المادة العضوية من الكمبوست

الصفة	كمبوست متوسط النضج Semi-mature compost	كمبوست ناضج Mature compost	كمبوست أكثر نضجًا Cured compost
الفقد في نسبة المادة العضوية نتيجة عملية الكمر	يكون بين ٪40-20	يكون بين ٪60-40	يكون أكثر من ٪60

6. حجم الحبيبات *Particle size*:

حجم حبيبات الكمبوست يرتبط بالمجالات المطلوب استخدامه فيها. ففي حالة استخدام الكمبوست كبيئة لإنتاج الشتلات أو في ملاعب الجولف, ربما يكون حجم الحبيبات الكامل بدون نخل مطلوبًا, ويكون أعلى من12.5 مم؛

بينما في حالة تغطية سطح التربة بالعشب يكون هذا الحجم للحبيبات غير مناسب، ويكون المناسب في هذه الحالة الحبيبات 6.5-9.0 مم تقريبًا. وعمومًا فإن الكمبوست المطلوب استخدامه كمحسن للتربة الرملية أو التربة الزراعية بوجه عام يجب أن يكون حجم حبيباته تمر من منخل سعة ثقوبه من 9.0-12.5 مم.

7. **درجة النضج *Maturity or Bioassay*:**

درجة نضج السماد العضوي أو الكمبوست يشير إلى مدى ما أحدثته الظروف العضوية - الكيميائية condition Organo-chemical في المنتج النهائي للكمبوست من تواجد Presence أو نقص المركبات السامة للنبات lack of phytotoxicity compounds. لذا فإن قياس درجة النضج يعتمد على مدى قدرة بعض بذور النباتات في الإنبات والنمو في الكمبوست، ويتم ذلك من خلال بعض الاختبارات النباتية Plant assays.

الاختبارات النباتية *Plant assays*:

الكمبوست غير الناضج يحتوي على تركيز مرتفع من المواد السامة للنبات phytotoxicity، منها الأمونيا الحرة، وبعض الأحماض العضوية والمركبات الذائبة في الماء، والمركبات التي لم تصل إلى حالة الثبات، والتي تحد من إنبات البذور Seeds germination وتطور الجذور Roots development، ونمو النبات Plant growth، وهو ما يتم الكشف عنه من خلال اختبارات إنبات ونمو بعض البذور.

أ. اختبار إنبات بذور الكرس والفجل *Cress/radish seeds germination*: يستخدم في تجارب الإنبات بذور كل من الكرس Cress (*Lepidium sativum*) أو الفجل Radish (*Raphanus sativus*) في الإنبات

في الكمبوست. ويعتبر الكمبوست ناضجًا إذا كانت نسبة الإنبات 90٪ فأكثر. وتحسب نسبة الإنبات بقسمة عدد النبتات على عدد البذور التي تم زراعتها × 100.

ب. **اختبار إنبات ونمو بذور القمح والذرة *Wheat and rye grass germination and growth:*** تستخدم بذور القمح Wheat أو الذرة Maize or rye في الإنبات والنمو في الكمبوست مخلوطًا مع التربة أو الرمل أو البرليت أو الفيرميكيوليت. ويعتبر الكمبوست ناضجًا إذا وصلت نسبة الإنبات والنمو به 50٪، مقارنة بإنباتها في كنترول من البيت موس.

ملحوظة: يجب التفرقة بين ضعف الإنبات في السماد العضوي غير الناضج، والذي يقل فيه أو ينعدم الإنبات؛ لوجود مواد ومركبات وسطية سامة خلال مرحلة الإنضاج تعيق الإنبات، وبين ضعف الإنبات في الكمبوست الناضج إذا كانت درجة التوصيل الكهربي به مرتفعة، والتي ترجع إلى ارتفاع محتواه من عناصر التغذية, والتي لا تسمح للبذور بالإنبات دون تخفيف.

8. **درجة الثبات *Stability*:**

درجة الثبات تعني المرحلة النهائية Final stage من مراحل عمليات التحلل, والتي عندها يتوقف النشاط البيولوجي Biological activity، وتسود مركبات نهاية التحلل من الدبال والأحماض العضوية والنترات. ودرجة الثبات تعني اكتمال التحلل للمادة العضوية، وأن المنتج النهائي أصبح ثابتًا، لا يتغير حجمه ولا كثافته ولا محتواه من عناصر التغذية. ومعظم استخدامات الكمبوست تحتاج إلى كمبوست ثابت إلى عالي الثبات؛ للمحافظة على مستوى الأكسجين الميسر في التربة أو البيئة المضاف إليها. فعدم ثبات الكمبوست يعني أنه ما زال هناك تحلل للمادة العضوية، وهذا التحلل يحتاج

إلى أكسجين ونيتروجين، وهو ما يقلل المتوفر منهما بالتربة, والذي ينعكس أثره على نمو النبات.

مؤشرات الثبات *Stability indices*:

قياس درجة الثبات لا يتم من خلال معيار واحد أو صفة واحدة؛ بل من الممكن الاستدلال عليه من أكثر من طريق وأكثر من مؤشر، تشير كلها إلى درجة الثبات, وتعرف بمؤشرات الثبات Stability indices.

أولاً: الطرق الكيميائية *Chemical methods* :

من أهم مؤشرات الثبات الكيميائية نسبة الكربون للنيتروجين في الكمبوست، وتركيز النيتروجين الأمونيومي والنتراتي، والتحول الدبالي، بالإضافة إلى ما سبق بيانه من خلال تقدير نسبة الأملاح ورقم الحموضة، ونسبة المادة العضوية.

أ. تقدير نسبة الكربون إلى النيتروجين في الكمبوست *C/N ratio*: وفي حالة اكتمال النضج والثبات تكون هذه النسبة أقل من 1:20.

ب. تقدير صور النيتروجين: يتم تقدير النيتروجين الأمونيومي NH_4 والنتراتي NO_3، وفي سبيل اكتمال النضج، يتجه النيتروجين الأمونيومي NH_4 إلى الانخفاض، إلى أن يختفي متحولًا إلى صورة النيتروجين النتراتي NO_3، الذي يتجه للارتفاع وزيادة تركيزه في الكمبوست، وعندها يكون قد وصل الكمبوست إلى الثبات.

ج. قياس دليل التحول الدبالي *Humification Index (HI)*: أثناء عملية الكمر الهوائي Composting process وتحلل المواد العضوية، وتحولها إلى الدبال، فيما يُعرف بالتحول الدبالي أو Humification. وبتحول كل المادة العضوية الخام إلى دبال في الكمبوست، يصبح الكمبوست ثابتًا أو عالي

الثبات؛ ومن ثم فإن النسبة بين جزء المادة العضوية الـذي لم يتحـول إلى دبـال وأحمـاض دباليـة إلى الجـزء الـذي تحـول بالفعـل إلى دبـال وأحمـاض دباليـة Humification Index (HI)، يعتـبر مؤشـرًا أو مقياسًـا لدرجـة ثبـات الكمبوست. وهذا المقياس تتراوح قيمته من صفر إلى واحـد صـحيح، فكلمـا كان الرقم قريبًا من الصفر كان الكمبوست ثابتًا، وكلمـا اقـترب مـن الواحـد الصحيح فإنه يعتبر في مرحلة الإنضاج وعدم الثبات.

ثانيًا: الطرق الطبيعية *Physical methods*:

أ. اللون *Color*: ويعتبر اللون البني إلى البني الداكن هو اللون الطبيعـي للكمبوست الناضج، لكنه في بعض الأحيان يتجه لون السماد العضوي إلى أن يكون لونه رماديًّا، كما في الكمبوست السائد به طينة المرشحات، أو أسود كما في الكمبوست السائد به تفلة بنجـر السـكر. ولا يقتصـر اختبـار اللـون علـى الكمبوست الصلب فقط؛ بل يمكن التعرف على النضـج والثبـات أيضًـا مـن لون محلول مستخلص الكمبوست، ويتم إجراء هذا الاختبار كما يلي:

- يتم أخذ عينة قدرها 10 جرامات، ويضاف إليها 50 ملليلتر من الماء.
- بعـد التقليـب يلاحـظ لـون المحلـول الرائـق بعـد ترسـب السـماد أو الكمبوست.
- فإذا كان لون الراشح ذا لون بني فاتح جدًّا (لون الشـاي بـالليمون)، فإن السماد أو الكمبوست يعتبر ناضـجًا، بينمـا اللـون البـني الـداكن المائل للأسود, يدل على عدم النضج، وبالتالي عدم الثبات.

ب. الرائحة *Odor*: الكمبوست الناضج رائحته تقارب رائحة التربة عند رشها بالمياه، كما لا ينتج حال تخزين عينة منه في رطوبة 40-50٪ أي روائـح نفاذة. ففي حالة عدم نضج السماد، فإنه يعني أنه مـا زال في مرحلـة التحلـل،

وفي الظروف اللاهوائية مع الرطوبة تنتج بعض مركبات الاختزال مثل الميثان والأمونيا وكبريتيد الهيدروجين، وكبريتيد الحديدوز، وثاني أكسيد الكبريت، التي تسبب الروائح النفاذة. ويمكن عمل اختبارات بسيطة وسريعة للرائحة Odor simple and fast test؛ لمعرفة درجة نضج السماد كما يلي:

- يتم أخذ عينة من السماد، وترطيبها بنسبة رطوبة من 40 – 50٪، ووضعها في كيس محكم الغلق، وتركها على درجة حرارة الغرفة.
- يتم متابعة العينة لعدة أيام، وملاحظة انبعاث روائح من العينة, ويعتبر السماد أو الكمبوست ناضجًا إذا لم تنبعث منه رائحة نفاذة.

ج. **القوام *Texture*:** يجب أن يتميز القوام بأن يكون قوامًا إسفنجيًّا محببًا غير متكتل أو متعجن, وحبيباته لا يزيد قطرها عن 12.5 مم.

د. **الكثافة *Density*:** يجب ألا تزيد الكثافة عن 500–650 كيلو جرام في المتر المكعب، عند رطوبة متوسطة قدرها 25٪.

هـ. **ثبات الحرارة الذاتية *No self-heating*:** الأسمدة العضوية أو الكمبوست الناضج ثابت بيولوجيًّا, ولا تحدث به تفاعلات، وفي وجود رطوبة مناسبة لنشاط البكتريا، تؤدي إلى رفع درجة حرارته، ويتم إجراء هذا الاختبار كما يلي:

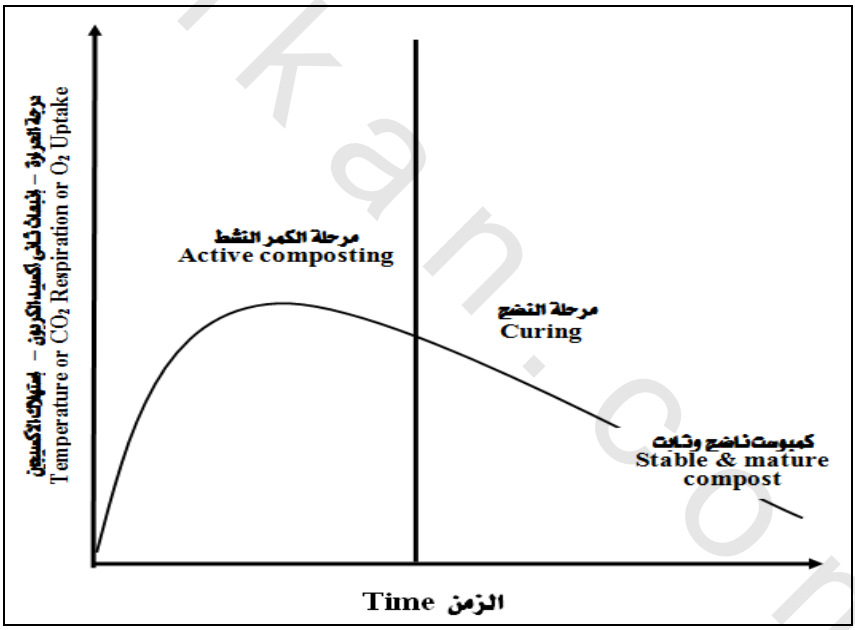
- يتم أخذ عينة من السماد وزنها في حدود من 1- 2 كيلو جرام، وترطيبها بنسبة رطوبة من 40 – 50٪، ووضعها في كيس محكم الغلق، متصل به ترمومتر؛ لقياس درجة الحرارة، وتترك العينة على درجة حرارة الغرفة.
- يتم ملاحظة العينة، وملاحظة التغير في درجة الحرارة خلال عدة أيام (ممكن خلال يوم إلى ثلاثة أيام). فإذا ظلت درجة الحرارة في العينة

دون تغيير، فالسماد أو الكمبوست يعتبر ناضجًا وثابتًا، ولا يحدث به أي تحلل.

ثالثًا: الاختبارات البيولوجية *Biological tests*:

أ. التـنفس *Respiration (CO₂ evolution/O₂ uptake)*:

يرتبط هذا المعيار الذي يقيس مقدار انبعاث ثاني أكسيد الكربون، أو المستهلك من الأكسجين، بارتفاع درجة الحرارة أثناء عملية تصـنيع الأسـمـدة العضـوية حتى الوصول للنضج والثبات (شكل 6-1)، حيث تـزداد القـيم الـثلاث في مرحلة النشاط، وتقل مع الدخول في مرحلة النضج والثبات.



شكل (6-1): تحديد مدى نضج الأسمدة العضوية بقياس عوامل التنفس من الأكسجين وثاني أكسيد الكربون، مثلما يتحدد بدرجة الحرارة

وهذا المعيار الثلاثي يشـير عنـد الحـدود الـدنيا مـن كـل منهـا إلى درجـة ومستوى نضج وثبات السماد العضوي أو الكمبوست.

وفي هذا الإطار، يستخدم دليل التنفس Respiration Index (RI) في قياس درجة ثبات الكمبوست، والذي يعبر عنه بكمية الأكسجين (بالمليجرام) المستهلكة لكل كيلو جرام من المواد الصلبة المتطايرة Volatile solids (VS) في الساعة (ملليجرام أكسجين/ كيلو جرام من المواد المتطايرة/ الساعة mg O_2/kg VS/h). وتعتبر قيمة دليل التنفس الأقل من 500 mg O_2/kg VS/h دليلًا على ثبات الكمبوست.

كما يستخدم مقياس حاصل التنفس Respiration quotient (RQ) الذي يقيس النسبة بين الأكسجين O_2 المستهلك وثاني أكسيد الكربون CO_2 المتصاعد. وتعتبر قيمة 0.9 للنسبة بين الأكسجين O_2 / ثاني أكسيد الكربون CO_2 مؤشرًا على جودة عمليات كمر الكمبوست.

ب. **التغير في عدد الميكروبات *Microbial change*:** مع الدخول في مرحلة النضج، يقل النشاط الميكروبي ويقل التكاثر، ويقل معه عددها.

ج. **النشاط الإنزيمي *Enzyme activity*:** عندما يقل التكاثر، ويقل معه عدد البكتريا في مرحلة النضج، فإن النشاط الميكروبي أيضًا يقل، ومن ثم يقل النشاط الإنزيمي.

9. **المواد الخاملة *Inert materials*:**

من المواد الخاملة أو الغريبة التي يمكن أن تكون في الكمبوست - بفعل النشاطات الإنسانية - بعض أجزاء من الزجاج أو النسيج أو البلاستيك أو بعض المعادن. وهذه المواد إذا ما وجدت لا يحدث لها تحلل، وإذا ما استمر وجودها في الكمبوست الناضج فإنها تقلل من قيمته. ولتقليل نسب تواجد هذه المواد الغريبة أو منع تواجدها، فإنه يلزم مراقبة

المواد الخام التي سيتم تصنيع الكمبوست منها، سواء كانت نباتية أو حيوانية, والتحكم في محتواها ومكوناتها. وفي حالة ما إذا كان الكمبوست مصنعًا من المخلفات البلدية الصلبة (القمامة)، فيجب أن يتم الفرز وفصل الزجاج والبلاستيك والمعادن والنسيج وغيرها قبل البدء في عمليات المعالجة.

ومن المواد الخاملة أو الغريبة التي يمكن أن تكون في الكمبوست أيضًا - ولكنها ليست بفعل النشاطات الإنسانية - الحصى والرمال, وهذه تؤثر على كثافة الكمبوست وجودته. وفي كل الأحوال فإنه يجب ألا يحتوي الكمبوست على أي مواد غريبة في شكلها أو حجمها، يمكنها أن تسبب أي ضرر للإنسان أو الحيوان، وألا يزيد محتواه من أي مواد غريبة عن 1.5٪ في كمبوست حبيباته 4 مم.

10. المعادن الصغرى والثقيلة *Trace and Heavy Metals*:

لهذه المعادن تركيزات محددة في الأسمدة العضوية والكمبوست تبعًا لخطورتها, وما يمكن أن تسببه من تسمم للإنسان والحيوان والنبات، وهذه النسب تحددها قوانين المراقبة لتداول الأسمدة والمنتجات الزراعية. ومن هذه العناصر أو المعادن ما هو غذائي، ويحتاجه النبات بكميات قليلة مثل النحاس Copper والموليبدنم Molybdenum والزنك Zinc، ومنها من العناصر التي لا تدخل ضمن العناصر الغذائية مثل الزرنيخ Arsenic، الكادميوم Cadmium، الكروم Chromium، الرصاص Lead ، الزئبق Mercury، النيكل Nickel، السيلينيوم Selenium. هذه العناصر يتم تقديرها على أساس الوزن الجاف للكمبوست, ويعبر عنها بالمليجرام لكل كيلو جرام، أو ما يعرف بالجزء في المليون ppm، وحدود هذه العناصر في الكمبوست يحدده جدول (6-2).

جدول (6-2): العناصر الثقيلة وحدود السماح بها في الكمبوست أو السماد العضوي

العنصر	التركيز بالجزء في المليون	
	كمبوست الدرجة الأولى	كمبوست الدرجة الثانية
الزرنيخ Arsenic	10	41
الكادميوم Cadmium	16	39
الكروم Chromium	180	1200
النحاس Copper	1020	1500
الرصاص Lead	300	300
الزئبق Mercury	11	17
الموليبدنم Molybdenum	75	75
النيكل Nickel	160	420
السيلينيوم Selenium	36	36
الزنك Zinc	2190	2800

11. بذور الحشائش *Seed weeds*:

بذور الحشائش التي تتواجد مع المخلفات النباتية أو الحيوانية المستخدمة في إنتاج الأسمدة العضوية يتم التخلص منها بشكل كامل أثناء عملية الكمر والمعالجة، وتحت ظروف درجات الحرارة المرتفعة، التي تتراوح بين 55-65 درجة مئوية أو أكثر قليلًا لعدة أسابيع في مرحلة الكمر النشط؛ مما يجعل من خواص الجودة للأسمدة العضوية أو الكمبوست الناتج من عمليات الكمر الهوائي، خلوه من بذور الحشائش.

12. الكائنات الممرضة *Pathogens*:

الكائنات الحية الدقيقة الممرضة من البكتريا والفطريا والفيروسات والديدان الطفيلية والبروتوزوا، تكون موجودة في الأساس في المواد الخام الزراعية والحيوانية ومخلفات التصنيع الزراعي (جدول 6-3).

جدول (6-3): تأثير درجة الحرارة على زمن التخلص من الكائنات الحية الممرضة في صناعة الأسمدة العضوية بطريقة الكمر الهوائي

الكائن الممرض Organism	الحالة المرضية Condition	الزمن بالدقيقة (ق) / على درجة الحرارة المئوية (^{o}م)	
إنتاميبا هستوليكا *Entamoeba histolytica cysts*	إسهال وخراريج كبدية diarrhea, invasive liver abscess	----	5 ق/ 50 ^{o}م
بيض طفيل الإسكارس *Ascaris lumbricoides egg*	ديدان حلقية round warm	60 ق/ 50 ^{o}م	7 ق/ 55 ^{o}م
بكتريا البروسيلا *Brucella aboritis*	تصيب الإنسان والحيوان brucellosis	60 ق/ 55 ^{o}م	3 ق/ 65 ^{o}م
البكتريا المسببة للدفتريا *Comyebacterium diphteriae*	الدفتريا diphteria	45 ق/ 55 ^{o}م	4 ق/ 70 ^{o}م
بكتريا السالمونيلا *Salmonella typhi*	حمى التيفود *typhoid fever*	30 ق/ 60 oم	4 ق/ 70 ^{o}م
إيشريشيا كولاي *Escherichia coli*	تسبب الإسهال diarrhea	60 ق/ 60 ^{o}م	5 ق/ 70 ^{o}م
بكتريا إستافيلوكوكس *Staphylococcus areus*	تسبب الالتهاب الرئوي pulmonary infection	----	20 ق/ 70 ^{o}م

تابع جدول (6-3): تأثير درجة الحرارة على زمن التخلص من الكائنات الحية الممرضة في صناعة الأسمدة العضوية بطريقة الكمر الهوائي

الكائن الممرض Organism	الحالة المرضية Condition	الزمن بالدقيقة (ق) / على درجة الحرارة المئوية (^{o}م)	
بكتريا الدرن الرئوي *Mycobacterium tuberculosis*	تسبب الدرن الرئوي tuberculosis	40 ق/ 65 ^{o}م	20 ق/ 70^{o}م
الشيجلا *Shigella ssp.*	نزلات معوية حادة shigellosis diarrhea fever	----	60 ق/ 55 ^{o}م
الإنكلستوما *Necator americaus*	ديدان خطافية hook warm	----	50 ق/ 50 ^{o}م
تينيا ساجيناتا *Taenia saginata*	الديدان الشريطية tape warm	30 ق/ 55 ^{o}م	5 ق/ 70^{o}م
بعض الفيروسات *Some viruss*	----	----	25 ق/ 70 ^{o}م

ونظرًا لوجود هذه الكائنات الممرضة للإنسان والنبات والحيوان بمستويات مختلفة في المخلفات؛ لذا تهدف عمليات إنتاج الكمبوست بطريقة الكمر الهوائي إلى التخلص، أو تقليل مستوى الكائنات التي تسبب الأمراض إلى المستوى الآمن غير الخطر, والذي لا يحدث معه أي آثار ضارة بالتربة والنبات أو للإنسان والحيوان، والذي يتم من خلال درجات الحرارة المرتفعة التي تنشأ أثناء عمليات المعالجة والتحلل لمدة زمنية طويلة، هي زمن المعالجة؛ بحيث تقضي على النيماتودا وعلى الكائنات الممرضة، وأي مسببات للأمراض.

ويلاحظ من الجدول السابق مدى التأثير الواضح والفعال لدرجات الحرارة المرتفعة في مرحلة الكمر النشط Active composting، على التخلص من الكائنات الممرضة في الكمبوست، إلاَّ أن درجات الحرارة المرتفعة في مصفوفات وكومات إنتاج الأسمدة العضوية ليست العامل الوحيد المساعد في التخلص من مسببات الأمراض النباتية Plant pathogens، والديدان الخيطية Linear warm أو النيماتودا Nematodes، ولكن هناك عوامل أخرى تسهم في القضاء عليها إلى جانب هذه الحرارة المتولدة خلال المرحلة النشطة لعملية إنضاج الكمبوست، منها إنتاج بعض المركبات السامة من الأحماض العضوية والأمونيا، وإنتاج مواد إنزيمية نشطة في التحلل، وإنتاج مضادات ميكروبية Microbial antagonism، بما في ذلك إنتاج المضادات الحيوية Antibiotics والتطفل Parasitism، والمنافسة على المغذيات Competition for nutrients، وفقدان القدرة الممرضة مع مرور الوقت، وإنتاج بعض المركبات التي تحفز مراحل السكون Resting stages في مسببات الأمراض، منتجة جيلًا غير ناضج Premature germination يسهل القضاء عليه.

وأخيرًا، فإن كل الصفات السابقة تعتبر معايير لتقييم جودة الأسمدة العضوية أو الكمبوست, والتي كلما كانت جيدة في كل صفة منها كلما كان السماد العضوي أو الكمبوست جيدًا.

ويمكن تلخيص قيم أهم المعايير للحكم على جودة الأسمدة العضوية أو الكمبوست في الجدول التالي (جدول 6-4).

جدول (6–4) يوضح ملخص معايير الحكم على جودة الأسمدة العضوية الناتجة من الكمر الهوائي

الخاصية	المدى المناسب لها	الخاصية	المدى المناسب لها
حجم حبيبات الكمبوست	1-15 مم	**درجة الحموضة pH**	8.5-6.5
الأحجار (أكبر من 5 مم)	أقل من 3%	**التوصيل الكهربي EC**	أقل من 5.5 وبفضل من 1.5-3
الشوائب (أكبر من 2 مم)	أقل من 5% من المادة العضوية	**المادة العضوية على أساس الوزن الرطب**	أكبر من 20%
		المادة العضوية على أساس الوزن الجاف	أكبر من 60%
الكثافة	600-650 كجم/م3	**أعداد الميكروبات (Cfu/g)**	10 -6 10 9
محتوى الرطوبة	أقل من 40%	**درجة الحرارة**	20-25 م°

ولقد حدد القرار الوزاري رقم 100 لعام 1967 مواصفات الأسمدة العضوية المصنعة في جمهورية مصر العربية بطريقة الكمر الهوائي في صورة كمبوست كالتالي:

1. نسبة النيتروجين لا تقل عن 0.5 ± 0.04٪.
2. المادة العضوية لا تقل عن 16 ± 1٪.
3. نسبة الرطوبة لا تزيد عن 30 ± 3٪.
4. كلوريد الصوديوم لا يزيد عن5 ± 0.5٪.

5. وزن المتر المكعب لا يقل عن 250 ± 15 كجم.

ملحوظات مهمة للمحافظة على استمرار جودة السماد المنتج:

1. يجب ألَّا تقل رطوبة التسويق عن مدى 25-30٪، وهو الحد الأدنى المناسب للمحافظة على بقاء الكائنات الحية بالكمبوست على قيد الحياة. كما أن هذه الرطوبة ضرورية لمنع التطاير الزائد للكمبوست عند تسويقه سائبًا أو عند استخدامه في الحقل.
2. في حالة تخزين السماد العضوي في كومات مكشوفة، وتعرضه لتجفيف زائد، أو وصلت رطوبته لأقل من 20٪، وأصبح لونه قريبًا من التراب الرمادي اللون، فإنه في هذه الحالة لا يصلح للتسويق أو الاستخدام، ويجب إعاد ضبط رطوبته.
3. عند ضبط الرطوبة، يتم فرد الكومات في مصفوفات، والترطيب، ثم التقليب بماكينات التقليب؛ لضمان جودة التجانس في توزيع الرطوبة، لكن يحظر استخدام مياه ملوثة من مياه الترع والمصارف؛ حيث إن حرارة المصفوفات بعد الترطيب لا تستطيع التخلص من أي بذور للحشائش, ولا من النيماتود والكائنات الحية الممرضة، إذا ما كانت المياه ملوثة بها.

ثانيًا: التحليلات المعملية طراقبة وتوكيد جودة الأسمدة العضوية:

للتأكد من جودة الأسمدة العضوية أو الكمبوست وتحقيق معايير الجودة بها, فإنه يلزم إجراء بعض التقديرات أو التحليلات المعملية، ومنها:

التحليلات الكيميائية، وتشمل: الكربون العضوي - النيتروجين الكلي - نسبة الكربون إلى النيتروجين - الأيونات الذائبة في الماء - المواد العضوية الذائبة في الماء - السعة التبادلية الكاتيونية - التوصيل الكهربي - تحليلات الأحماض العضوية.

التحليلات الطبيعية، وتشمل: التوزيع الحجمي للحبيبات - الكثافة - اللون - الحرارة الذاتية للكمبوست.

تحليلات الانبعاثات الغازية، وتشمل: تقدير ثاني أكسيد الكربون - الأكسجين.

وحتى يمكن إجراء هذه القياسات والتقديرات، فإن الأمر يتطلب أخذ عينات ممثلة للمصفوفات أو المكمورات التي يرجى التعرف على خواصها, وإجراء التحليلات السابقة عليها.

طريقة أخذ العينات للتحليل:

العينة الخام:

هي العينة التي تؤخذ من مكمورة السماد العضوي بحالتها التي عليها, والتي تحتوي على مواد متباينة في الحجم ومختلفة في الخصائص, ومنها ما هو عضوي, وما هو غير عضوي, وخاصة في حالة عينات مكمورات المخلفات البلدية الصلبة (القمامة المنزلية).

عينة المعمل:

نظرًا لاحتمال احتواء العينة الخام على مواد غير عضوية, مثل: القطع المعدنية والزجاج والبلاستيك, فإنه يجري فصلها من العينة الخام، وتبقى باقي العينة، التي يمكن تقطيعها إلى أجزاء صغيرة, وتعتبر هذه العينة هي عينة التحليل.

للحصول على عينة ممثلة من المصفوفات أو مكمورات الأسمدة العضوية، يجب جمع مجموعة من العينات الجزئية (أو تحت العينات Sub-sample) وإعدادها لتعطي العينة الممثلة، ثم يتم بعد ذلك إعداد العينة لإجراء التحليلات عليها.

خطة جمع العينات:

من الخطأ أن تعتقد أن المكمورة أو المصفوفة وحدة متجانسة مهما بدى عليها وعلى مكوناتها. وكمثال لعدم التجانس, ما قد يحدث من تعرض بعض أجزاء المصفوفة إلى ترطيب أعلى من أجزاء أخرى بنفس المصفوفة, وخاصة عند بدايات ونهايات المصفوفات، كما أن التقليب باستخدام اللودر أو الحفار يقلل من مستوى التجانس، على عكس التقليب باستخدام ماكينة تقليب متخصصة, والتي تعمل بدورها على زيادة معدل التجانس.

جمع العينات الممثلة من المكمورات:

تعتمد نتائج التحليلات ودقتها على درجة الدقة في أخذ العينات؛ حيث تعتبر العينة مصدرًا أساسيًّا من مصادر الخطأ عند تقييم جودة الأسمدة العضوية أو الكمبوست؛ وذلك لأن النتائج المتحصل عليها من العينات يتم تعظيمها إلى الحد الذي يحدث الخلل، ولا يؤدي إلى

الحصول على نتائج سليمة. فأخذ 2 جرام - لإجراء تقدير النيتروجين في المعمل كمثال - من عينة مقدارها 500 جرام (يعني 4 في الألف من حجم العينة) تم تجميعها من مكمورة وزنها 200 طن (أي أن العينة تمثل 0.0000025 من وزن المكمورة) ومن ثم يصبح الوزن المأخوذ للتقدير يمثل تقريبًا واحدًا في المائة مليون (10^{-8}) من الوزن الكلي للمصفوفة أو المكمورة. إذًا لا بد من أن يكون هذا الحجم الصغير من العينة ممثلًا، أي معبرًا عن الوزن الكلي للمصفوفة المراد معرفة خصائصها.

عمق العينة:

يعتمد عمق أخذ العينة على حجم المكمورة أو المصفوفة, بحيث تكون العينة ممثلة، ويمكن أن تؤخذ العينة بواسطة مجس معدني طوله 60 سم على الأقل، بخلاف المقبض وقطره الداخلي 20 مم, وذلك بإدخال هذا المجس في نواحٍ مختلفة من المكمورة, ثم تجميع العينات المأخوذة على قطعة من المشمع؛ حيث يتم خلطها لتصبح متجانسة، أو تؤخذ العينات من عدة طبقات بالمصفوفة، فتؤخذ عينة من الطبقة السطحية, ثم من الطبقة التي تليها, ثم من الطبقة الأعمق, ثم تخلط العينات مع بعضها لتعطي العينة الممثلة. كما يمكن أخذ العينة بعد تقليب المكمورة أو المصفوفة بواسطة اللودر من أماكن مختلفة, ثم تخلط وتتجانس وتؤخذ منها عينة ممثلة. أما إذا كان السماد في عبوات جاهزة، فإن ذلك يتم بواسطة قلم عينات يغرس في بعض العبوات عشوائيًّا للحصول على عينات منها، ثم يتم خلط هذه العينات لتصبح عينة ممثلة.

وقت أخذ العينة وتكرارها:

يتم أخذ أول العينات من المصفوفات بعد شهر من بدء عملية الكمر, ثم بعد ذلك يتم أخذ العينات كل أسبوعين. وتكرار أخذ العينات يعتمد بصفة أساسية على مدى التغير الحادث بالمصفوفات أثناء عملية الكمر؛ حيث تزداد الفترة بين العينة والتي تليها إلى أكثر من أسبوعين عندما يكون التطور بالمصفوفات بطيئًا.

عدد العينات الجزئية:

كلما كان عدد العينات الجزئية كبيرًا كلما أدى ذلك إلى مزيد من التجانس, وكلما كانت الدقة المتحصل عليها أكبر. ويعتمد قرار تحديد عدد العينات الجزئية المطلوبة لتمثيل جيد للعينة, وكذلك توزيع أماكن أخذها من المصفوفة على عمر المصفوفة والغرض من التحليل؛ فالمصفوفة في العمر المتقدم تزداد عدد العينات الجزئية المأخوذة منها، وفي بداية العمر تقل عدد العينات. كما أن التحليلات النهائية للمصفوفات تحتاج إلى أخذ عدد أكبر من العينات الجزئية، بخلاف التحليلات الدورية أثناء عملية التشغيل والكمر.

ويتم أخذ العينات الجزئية بكميات متساوية تقريبًا من الأماكن التي تم تحديدها، ثم يتم خلطها جيدًا. بعد جمع العينات الجزئية لعينة ما وخلطها جيدًا قد يصبح حجمها أكبر من الحجم المطلوب, ويلزم أخذ جزء منها ليمثل الحجم المحدد والمطلوب؛ لتغطية كل التحليلات على هذه العينة في المعمل، وفي هذه الحالة يتم تصغير العينة؛ للحصول على هذا الجزء بطريقة منظمة تعرف بطريقة التربيع.

ويتم تصغير العينات إلى الحجم والوزن المطلوب؛ لتغطية كل التحليلات بطريقة عملية منظمة، تمنع التحيز لجزء من العينة دون آخر, تعرف بطريقة التربيع Quartering Method. وتتلخص الطريقة في خلط العينة جيدًا, ثم تفرد على قطعة من الورق أو البلاستيك بشكل دائري، على أن يكون سمك طبقة العينة من 2-3 سم، ثم يتم رسم قطرين متعامدين يقسمان العينة إلى أربعة أقسام متساوية. يتم إزالة أي جزئين متقابلين والإبقاء على الجزأين الآخرين، مع إعادة خلطهما مرة ثانية، فإذا كانا ما زالا يمثلان حجمًا أكبر من حجم العينة المطلوب، فيتم تكرار فردها وتقسيمها بنفس الطريقة إلى 4 أجزاء متساوية, والتخلص من جزأين متقابلين؛ وذلك حتى الوصول إلى الحجم المطلوب.

وعادة ما يكون وزن قدره 500 جرام كافيًا لإجراء التحليلات المعملية, ولكن يفضل أن نصل بهذا الوزن إلى واحد كيلو جرام؛ حتى نتيح الفرصة لإجراء مزيد من التكرارات، أو لإجراء تحليلات إضافية. ويفضل وضع العينات في أكياس من البلاستيك القوي لإرسالها إلى المعمل, وكل كيس يحمل رقمًا أو علامة غير قابلة للفقد بسهولة تشير على الأقل إلى رقم العينة, ورقم المصفوفة المأخوذة منها, وتاريخ أخذها، وتوضع ليس فقط خارج الكيس؛ بل أيضًا من داخله، على أن يتم تغليفها في قطعة من البلاستيك، أو توضع في مظروف صغير من البلاستيك, حتى لا تُزال بيانات العينة وتفقد العينة هويتها.

تجهيز العينة للتحليل:

- يتم تجفيف العينة لتقدير النسبة المئوية للرطوبة على درجة 105م°.
- يتم طحن العينة الجافة, ثم يتم نخلها من خلال منخل تكون فتحاته 2 ملليمتر.
- تجمع نواتج طحن العينة وتخلط وتوزن، وتعتبر هذه هي عينة التحليل.
- في حالة التحاليل التي تستلزم استخدام العينة بدون تجفيف تعدل الحسابات على أساس الوزن الجاف.
- يجب حفظ العينة الخام، على درجة حرارة منخفضة (أقل من 4 درجات مئوية)؛ حتى لا يحدث تحلل وانبعاث روائح كريهة منها، أما عينة التحليل الجافة فيمكن الاحتفاظ بها على درجة حرارة الغرفة, ولكن داخل وعاء تجفيف مفرغ من الهواء؛ لتجنب امتصاص العينة للرطوبة.

طرق التحليلات المعملية

Analytical Methods

1. تقدير الكثافة *Denisity determination* :

يتم تقدير الكثافة لمعرفة وزن المتر المكعب من السماد، ويتم التعبير عن الكثافة بالكيلو جرام في المتر المكعب أو الجرام في السنتيمتر المكعب.

طريقة العمل:

- يتم وزن مخبار بلاستيك فارغ سعة واحد لتر (A).
- يملأ المخبار بالسماد، ويطرق عدة مرات؛ لإحداث التضاغط المطلوب، وتكملة الحجم إلى واحد لتر.

- يتم وزن المخبار + عينة السماد (B).

طريقة الحساب:

وزن السماد الذي يملأ المخبار =

وزن المخبار وعينة السماد الرطب (B) - وزن المخبار فارغًا (A) = جرام

الكثافة بالجرام/سم^3 = وزن السماد بالجرام ÷ حجم المخبار بالسنتيمتر المكعب

(وهو يساوي 1000)

الكثافة بالكيلو جرام في المتر المكعب = الكثافة بالجرام/سم^3 $\times 1000$

2. تقدير النسبة المئوية للرطوبة *Moisture determination*:

الأدوات المطلوبة:

- فرن تجفيف مزود بمروحة لسحب بخار الماء.
- ميزان بدقة 0.1 جرام.
- جفنة بلاتين أو بورسلين أو ألومنيوم.
- مجفف.
- ملعقة أخذ العينات.

طريقة التقدير:

- توزن الجفنة الصيني فارغة ونظيفة وجافة، ويسجل وزنها، وليكن A.
- يوضع في كل كأس أو جفنة 50-100 جم من عينة الكمبوست على حسب الكمية المتاحة منه وحجم الجفنة.
- أعد وزن الجفنة وما بها من عينة، وسجل الوزن لكل منها، وليكن الوزن B.
- ضع الجفنة في فرن التجفيف على درجة حرارة 105°م لمدة 24 ساعة.

- بعد 24 ساعة خذ إحدى الجفان واتركها لتبرد في المجفف, ثم زنها وسجل الوزن.
- أعد الجفنة بعد وزنها إلى الفرن مرة أخرى, واتركها لمدة ساعة إضافية.
- خذ نفس الجفنة بعد ساعة وضعها في المجفف حتى تبرد وسجل وزنها. قارن بين هذا الوزن الجديد والوزن السابق، فإذا حدث تغير في الوزن فيتم إعادة الجفنة إلى الفرن مرة أخرى، ويكرر ذلك حتى الحصول على وزن ثابت.
- عند ثبات الوزن، يتم تبريد الجفنة في المجفف، وتسجيل الوزن، وليكن C.

النسبة المئوية للرطوبة = الفقد في الوزن ÷ وزن العينة × 100

$$Moisture\ \% = \frac{B - C}{B - A}\ x\ 100$$

حيث إن:

وزن العينة = $A - B$.

الفقد بالوزن = $C - B$.

ملاحظات واجبة:

- إذا كانت النسبة المئوية لمكررات العينة الواحدة داخل مدى 1٪ رطوبة، يتم أخذ المتوسط لهذه المكررات.
- في حالة ما إذا كانت هناك اختلافات واسعة بين المكررات، فيتم ترك العينات لفترة أطول في الفرن, ثم يتم التقدير لنسبة الرطوبة مرة أخرى.

- إذا استمر التباين في نسب الرطوبة لمكررات العينة الواحدة، يتم أخذ عينات جديدة؛ لتقدير النسبة المئوية للرطوبة.
- يتم تنظيف الأدوات، وتجفيف الكاسات والجفان؛ لتكون جاهزة للاستخدام مرة أخرى.

3. التوزيع الحجمي لحبيبات السماد *Partical size distribution determination*:

لتقدير الوزن النسبي لكل حجم من أحجام حبيبات السماد، والذي يمثل القوام لهذا السماد، يلزم إيجاد مجموعة من المناخل سعة ثقوبها من 12.5 – 0.8 مم، ثم تتبع الخطوات التالية:

- العينة الأولى التي تم إعدادها - والبالغ وزنها 250-500 جم تقريبًا - يتم استخدامها في تقدير التوزيع الحجمي لحبيبات السماد.
- يوزن جزء من العينة في حدود 200-400 جم بالضبط, وهي التي سيتم تصنيفها من خلال التقدير.
- توضع العينة على المنخل الأول الذي سعة ثقوبه 12.5 مم، ويتم رج المنخل أفقيًا، مع تحريك السماد باليد؛ للمساعدة على نفاذ الحبيبات الأقل من 12.5 مم إلى أسفل, ويتبقى أعلى المنخل الحبيبات الأكبر من 12.5 مم.
- يتم وزن الحبيبات أعلى منخل الـ 15 مم، وليكن وزنها W> 12.5
- يؤخذ ناعم منخل الـ 12.5 مم، ويوضع فوق منخل 8 مم, ويتم معاملتها بنفس الطريقة السابقة، ثم يتم وزن الحبيبات

أعلى المنخل، وليكن وزنها W 8-12.5.

- يؤخذ ناعم منخل الـ 8 مم، ويوضع فوق منخل 5 مم، ويتم معاملتها بنفس الطريقة السابقة، ثم يتم وزن الحبيبات أعلى المنخل، وليكن وزنها W 5-8.
- يؤخذ ناعم منخل الـ 5 مم، ويوضع فوق منخل 3.15 مم، ويتم معاملتها بنفس الطريقة السابقة، ثم يتم وزن الحبيبات أعلى المنخل، وليكن وزنها W 3.15-5.
- يؤخذ ناعم منخل الـ 3.15 مم، ويوضع فوق منخل 2 مم، ويتم معاملتها بنفس الطريقة السابقة، ثم يتم وزن الحبيبات أعلى المنخل، وليكن وزنها W 2-3.15.
- يؤخذ ناعم منخل الـ 2 مم، ويوضع فوق منخل 1.25 مم، ويتم معاملتها بنفس الطريقة السابقة، ثم يتم وزن الحبيبات أعلى المنخل، وليكن وزنها W 1.25-2.
- يؤخذ ناعم منخل الـ 1.25 مم، ويوضع فوق منخل 0.8 مم، ويتم معاملتها بنفس الطريقة السابقة، ثم يتم وزن الحبيبات أعلى المنخل، وليكن وزنها W 0.8-1.25.

طريقة الحساب:

النسبة المئوية لكل حجم من أحجام الحبيبات = وزن كل حجم ÷ وزن العينة × 100

ملحوظة:

يمكن الاكتفاء بثلاثة أقطار تحت القطر 12.5 مم لمعرفة قوام الكمبوست.

4. تقدير رقم الحموضة والقلوية *pH determination*:

الأدوات والكيماويات المطلوبة:

- محاليل منظمة قياسية Standard buffer solution رقم حموضتها 7، 9.21 ، 4.01.
- زجاجة غسيل سعة 500 مل بها ماء مقطر.
- 3 كأس سعة 100 مل مغسولة وجافة.
- 1 دورق مخروطي 250 مل ذو فتحة ضيقة، وله سدادة محكمة.
- طاحونة سعة ثقوب فتحاتها 2مم.
- ميزان حساس.
- مخبار من البوليثين سعته 100 مل.

تجهيز العينات:

- يتم نخل العينة على منخل سعة ثقوبه 2 مم إذا لم تكن الطاحونة قد أعدت العينة على هذا الحجم.
- زن 10 جم من عينة السماد ذات حجم الحبيبات 2 مم في الدورق المخروطي.
- أضف 100 مل من الماء المقطر بواسطة المخبار؛ ليعطي مستخلصًا 1 :10.
- ثبت غطاء المطاط على فوهة الدورق، ثم رج الدورق بقوة لمدة 15 دقيقة، أو يتم التقليب بواسطة ساق زجاجية لنفس المدة.
- بعد الرج، تنقل العينة إلى كأس 100 مل.

معايرة جهاز الـ pH:

- تقاس درجة الحرارة في المعمل، ويضبط عليها جهاز الـ pH.

- يتم غسيل الإلكترود بالماء المقطر بواسطة زجاجة الغسيل.
- ضع حوالي 25 مل من المحلول القياسي 7 في كأس 100 مل.
- ضع الإلكترود في المحلول القياسي، بعد غسله بالماء المقطر وتجفيفه بورقة ترشيح أو مناديل ورقية نظيفة.
- يتم اختبار الجهاز وضبطه مع المحاليل القياسية الأخرى 9.21 ، 4.01.

قياس رقم الـ pH:

- يرفع الإلكترود من المحلول القياسي، ويغسل بالماء المقطر.
- يوضع الإلكترود في كأس مستخلص العينة.
- سجل القراءة التي أشار إليها الجهاز.
- يغسل الإلكترود بين كل عينة وأخرى.
- أغلق مفتاح تشغيل الجهاز.

تنظيف الجهاز ومكان العمل بالمعمل:

- ارفع الإلكترود من الكأس المحتوي على عينة الكمبوست.
- يتم غسيل الإلكترود بالماء المقطر.
- يوضع الإلكترود، ويترك في الكأس المحتوي على الماء المقطر.
- تخلص من العينة الموجودة في الكأس.
- يتم غسيل الكاسات والدوارق وتجفيفها.
- يتم تنظيف مكان العمل بالمعمل.

openkan.com

5. تقدير الأملاح الكلية بقياس درجة التوصيل الكهربي *Total salts or EC determination in compost*:

يعبر عن تركيز الأملاح الكلية الذائبة بقيمة درجة التوصيل الكهربائي (EC) Electrical conductivity, والذي يتم التعبير عنه بالملليموز/ سم أو الديسيمن/ م (dS/m).

المحاليل المستخدمة:

- محلول كلوريد البوتاسيوم 0.01 مولر؛ لمعايرة جهاز الـ EC، ويحضر بإذابة 0.7456 جم من كلوريد البوتاسيوم في لتر ماء مقطر. هذا المحلول له درجة توصيل كهربائي 1.4118 dS/m عند درجة حرارة 25 درجة مئوية، ويجب تجفيف كلوريد البوتاسيوم النقي (99.99٪)، قبل أخذ الوزن المطلوب، على درجة حرارة 105°م لمدة 4 ساعات أو أكثر، ثم يبرد في مجفف.

طريقة القياس:

- يوزن 10 جم من السماد، ثم توضع في دورق مخروطي 250 مل.
- يضاف 100 مل ماء مقطر إلى السماد, ثم تقلب جيدًا على جهاز الرج لمدة 30 دقيقة، ويترك لمدة 30 دقيقة, ثم يقلب يدويًا ويرشح.
- يتم الترشيح باستخدام ورق الترشيح.
- يتم ضبط ومعايرة جهاز الـ EC حسب التعليمات الموضحة بالكتالوج الخاص بكل جهاز، باستخدام محلول كلوريد البوتاسيوم 0.01 مولر.
- يغسل الإلكترود بالماء المقطر, ثم يغمس في مستخلص السماد (الراشح)، وتعيين درجة التوصيل الكهربائي.

6. تقدير النيتروجين الكلي *Total Nitrogen determination:*

النيتروجين الكلي في الأسمدة العضوية يشمل:

- النيتروجين العضوي, وهو عبارة عن النيتروجين الموجود في صورة مركبات عضوية نيتروجينية معقدة أو بسيطة, ويمثل أكثر من 90٪ من النيتروجين الكلي.
- النيتروجين المعدني, وهو عبارة عن النيتروجين الموجود في صورة نشادرية أو نتراتية ذائبة صالحة لاستفادة النبات مباشرة، وعادة لا يتجاوز 10٪ من النيتروجين الكلي.

الفكرة الأساسية:

وتتلخص فكرة التقدير في هضم المركبات النيتروجينية باستخدام حامض الكبريتيك المركز في درجات الحرارة العالية بين 360-400°م في وجود عامل مساعد؛ حيث تتحول المركبات النيتروجينية إلى الأمونيا, تتحد مع حمض الكبريتيك، وتكون ملح كبريتات الألومنيوم, ثم يتم تقدير النيتروجين الأمونيومي الناتج بالتقطير في وسط قلوي بإضافة الصودا الكاوية؛ حيث تطرد الأمونيا، ويتم استقبالها في حامض البوريك 2٪، ثم تقدر بالتعادل مع حامض الأيدروكلوريك معلوم القوة، ومن حجم الحامض المستهلك في المعايرة تحسب النسبة المئوية للنيتروجين الكلي في العينة.

الأجهزة والأدوات المطلوبة:

- جهاز ميكروكلداهل كهربائي لهضم العينات.
- جهاز ميكروكلداهل لتقطير النيتروجين.
- أدوات زجاجية متنوعة.

الكيماويات المستخدمة:

- حامض كبريتيك مركز نقي تركيز 96 – 98٪.
- مخلوط هضم مكون من 1000جرام كبريتات بوتاسيوم + 100جرام كبريتات نحاس لامانية + 10جرام سيلينيوم.
- صودا كاوية 40٪:

وتحضر بوزن واحد كيلو جرام صودا كاوية قشور نقية، وتوضع في دورق سعته 4 لترات, ثم يضاف 2.5 لتر ماء، ويقلب الدورق بواسطة محرك زجاجي، ويترك ليبرد، ثم يكمل إلى حوالي 4 لتر بالماء المقطر.

- **حامض بوريك 2٪:**

يذاب 20جم حامض بوريك نقي في لتر ماء مقطر ساخن، وعادة تذاب كمية الحامض في 250 ملل, ويسخن قرب الغليان ليذوب الحامض, ثم يكمل الحجم إلى لتر بعد التبريد.

- **حامض هيدروكلوريك مخفف معلوم العيارية N-70:**

يحضر بإضافة 1.2- 1.4 مل من حامض الهيدروكلوريك المركز 32-38٪ إلى 200 مل ماء مقطر في دورق معياري سعة واحد لتر, ثم يكمل الحجم إلى لتر بالماء المقطر وتضبط العيارية.

- **مخلوط الأدلة:**

يحضر بإذابة 0.099 جم من بروموكريزول جرين, وكذلك 0.066٪جم من أحمر الميثايل في 100 مل من كحول الإيثايل 95٪. يتم ضبط الـ pH لمخلوط الأدلة عند pH 5، وذلك بإضافة بضع نقط من هيدروكسيد الصوديوم 0.1 عياري، حتى ظهور اللون الأحمر البنفسجي، ثم يضاف 20 مل من الدليل المختلط لكل لتر من حامض البوريك.

هضم العينات:

- يؤخذ وزنة قدرها من 0.5 – 1 جم من العينة بالضبط، وتوضع في أنبوبة الهضم.
- يضاف 2 – 3 جم من مخلوط الهضم.
- يضاف 20 مل من حامض الكبريتيك المركز.
- التسخين على درجة حرارة من 360 - 400°م لمدة 60 – 90 دقيقة.
- تترك حتى تبرد تمامًا.

تقطير العينات:

- توضع العينة في دورق التقطير بجهاز ميكروكلداهل للتقطير.
- يوضع دورق مخروطي يحتوي على 10 مل حامض بوريك 2٪ مضاف إليه الدليل المختلط، وتغمس به أنبوبة الاستقبال.
- يضاف للعينة 100 مل صودا كاوية 40٪.
- يجري غليان العينة بالبخار, فتتصاعد الأمونيا، ويتم استقبالها وامتصاصها في حامض البوريك، والذي يتحول إلى اللون الأخضر.
- يتم معايرة الأمونيا الناتجة والممتصة في حامض البوريك بحامض الهيدروكلوريك N-70، حتى يتغير اللون الأخضر إلى الأحمر الخفيف، ويسجل حجم الحامض المستهلك.

طريقة الحساب:

$$Total\ N\% = \frac{(B - A)\ x\ N\ x\ 14}{1000} x \frac{100}{W}$$

حيث إن :

(A) = كمية حامض الهيدروكلوريك المستهلك في معادلة قلوية المحلول داخل الأنبوب المقارنة.

(B) = كمية حامض الهيدروكلوريك المستهلك في عملية معادلة القلوية الناتجة عن استقبال الأمونيا في حمض البوريك في العينة.

(N) = عيارية حمض الهيدروكلوريك.

(14) = الوزن المكافئ للنيتروجين.

(W) = وزن العينة.

7. تقدير النترات *Nitrate determination :*

الفكرة الأساسية:

- تتفاعل النترات في وجود حمض الكبريتيك المركز مع البروسين، وتكون متراكب نيترو لونه برتقالي مصفر.
- التداخلات: أكثر من 5 جزء في المليون نترات NO3 ومركبات عضوية عديمة اللون, مثل السكريات التي لا يمكن التخلص منها بالكربون النشط. أكثر من 5 جزء في المليون حديد Fe أيضًا تحدث تداخلًا، ولكن يمكن معالجتها باستخدام الكربون النشط.

الأدوات والأجهزة المستخدمة:

- جهاز التحليل اللوني مضبوط على طول موجي 425 نانوميتر، ومزود بخلية سمكها 10 مم.

المحاليل والكيماويات المستخدمة:

- **المحلول القياسي للنترات تركيز 250 جزء في المليون:**

أذب 0.3427 جم من نترات الصوديوم NaNO3 بالماء المقطر في دورق معياري سعة 1 لتر, ثم أكمل للعلامة بالماء المقطر.

- **السلسلة القياسية للنترات تركيزات (صفر - 5 - 10 - 15 - 20) جزء في المليون:**

اسحب في دوارق معيارية سعة 50 ملليلتر الحجوم الآتية من المحلول القياسي للنترات تركيز 250 جزء في المليون: صفر - 1 - 2 - 3 - 4 ملليلتر, ثم أكمل للعلامة بالماء المقطر.

- **محلول البروسين تركيز 2 ٪:**

أذب 1.0 جم من البروسين Brucine في 50 ملليلتر من حمض الكبريتيك المركز (95 - 97 ٪)، مع التقليب الجيد لمدة 15 دقيقة (يحضر قبل الاستخدام مباشرة).

- **حمض الكبريتيك المركز (95 - 97 ٪):**

الطريقة:

1. اسحب في أنابيب اختبار 2 ملليلتر من العينات والعينات القياسية والسلسلة القياسية والبلانك.
2. أضف 0.2 ملليلتر من محلول البروسين تركيز 2 ٪، واخلط جيدًا, ثم أضف مباشرة بعد الخلط 3 ملليلتر من حمض الكبريتيك المركز (95 - 97 ٪)، ورج جيدًا 3 مرات لمدة 10 ثوان, ثم ضع العينات في مكان مظلم لمدة نصف ساعة (انظر ملحوظة رقم 2).

3. اضبط جهاز التحليل اللوني؛ ليقرأ صفرًا على تركيز (صفر جزء في المليون) في السلسلة القياسية للنترات.
4. قيس على جهاز التحليل اللوني بعد نصف ساعة وخلال 24 ساعة من الإضافة عند طول موجي 425 نانوميتر في خلية سمكها 10 مم.
5. قراءة أعلى تركيز في السلسلة (20 جزء في المليـون) حـوالي 0.65 على الجهاز.

الحسابات :

- ارسم علاقة بيانية بين قراءات الجهاز للسلسلة القياسية للنترات على المحور الصادي، وتركيزات هذه السلسلة على المحور السيني, وبمقارنة قراءات الجهاز للعينات وتركيزات السلسلة القياسية يمكن تقدير كمية النترات في العينات والبلانك بوحدة الجزء في المليون, ثم بالتعويض في المعادلة التالية يمكن حساب تركيز النترات في العينات بالمليمكـافئ لكل 100 جم من التربة.

$$me\ NO_3 / 100\ g\ compost = \frac{(a-b)\ x\ 5}{10\ x\ 62.0}\ x\ M$$
$$= (a-b)\ x\ 0.008\ x\ M$$

حيث إن:

a = تركيز النترات في العينات بالجزء في المليون.

b = تركيز النترات في البلانك بالجزء في المليون.

5 = نسبة الاستخلاص.

10 = عامل للتحويل من ملليمكافئ/ كجم إلى ملليمكافئ/ 100 جم تربة.

62.0 = الوزن المكافئ للنترات.

M = عامل الرطوبة.

8. تقدير النسبة المئوية للمادة العضوية *Organic matter determination*:

أولًا: بطريقة الحرق:

وفيها يتم تقدير المادة العضوية المفقودة من العينة بالحرق، ومنها يمكن حساب النسبة المئوية للكربون العضوي, والذي يمثل 58٪ من المادة العضوية.

الأجهزة والأدوات:

- فرن تجفيف.
- ميزان حساس.
- جفنة بلاتين أو خزف.
- فرن حريق.
- مجفف.

الطريقة:

- تجفف العينة قبل تقدير المادة العضوية في الفرن على درجة حرارة 105°م.
- توزن الجفنة الجافة فارغة على درجة حرارة 105°م (A), ثم يوزن في الجفنة 5 جرام من السماد الجاف المطحون، ويسجل وزنها (B).
- توضع العينة في فرن حريق على درجة حرارة 550 – 600 م لمدة ساعة.
- توزن بعدها ثم تعاد إلى الفرن مرة ثانية لتوزن بعد ذلك أيضًا, وحتى يثبت الوزن (C) على أن يكون التبريد بعد الحرق بالمجفف.

obeikan.com

طريقة الحساب:

النسبة المئوية للمادة العضوية = الفقد في الوزن ÷ وزن العينة × 100

$$Organic\,matter\,\% = \frac{(B - C)}{(B - A)}\ x100$$

تقدير الكربون العضوي بالحساب من معرفة نسبة المادة العضوية :

يتم حساب النسبة المئوية للكربون العضوي من خلال معرفة النسبة المئوية للمادة العضوية، على اعتبار أن المادة العضوية تحتوي على حوالي 58٪ من الكربون العضوي. وبالتالي تصبح:

النسبة المئوية للكربون العضوي = النسبة المئوية للمادة العضوية × 58 ÷ 100

$$Organic\ carbon\,\% = Organic\,matter\,\%\ x\ \frac{58}{100}$$

ثانيًا: طريقة المعايرة:

وفيها يتم تقدير الكربون العضوي بطريقة الهضم والمعايرة، ومنها يتم حساب النسبة المئوية للمادة العضوية, وذلك بضرب النسبة المئوية للكربون العضوي × 1.724، وهي ناتج قسمة 100÷58.

تقدير الكربون العضوي كيميائيا:

يتم تنظيف طاحونة طحن العينات وتجفيفها قبل طحن العينة المراد تقدير الكربون العضوي بها لتمر حبيبات العينة من منخل سعة ثقوبه 0.5 مم, سواء كان ذلك المنخل هو الخاص بالطاحونة أو باستخدام منخل خارجي.

الأجهزة والأدوات المطلوبة:

- عدد 4 دوارق دائرية القاعدة سعة 250 مل ذات فتحة مصنفرة مقاس 29/ 24.

- عدد 4 مكثفات بكل منها فتحة مصنفرة مقاس 29/ 24، لتثبت مع الدوارق دائرية القاعدة.
- وحدة تسخين بها وحدة تحكم في درجات الحرارة، وبها 4 مواضع لـ 4 دوارق دائرية القاعدة.
- عدد 5 دوارق مخروطية مدرجة سعة 200 مل.
- عدد 1 سحاحة 50 مل، ومدرجة بوحدات الـ 0.1 مل.
- عدد 1 زجاجة غسيل 500 مل بها ماء مقطر.
- ميزان حساس.

الكيماويات والمحاليل:

أولا : محلول داي كرومات البوتاسيوم Cr2K2O7 **بتركيز** 0.0667 **مولر :**

- جفف بلورات داي كرومات البوتاسيوم $Cr_2K_2O_7$ لمدة ساعتين في فرن تجفيف على درجة 105°م، برد في المجفف, ثم زن 19.615 جم منها بالميزان الحساس, وإذابتها في 350 مل من الماء المقطر.
- بعناية شديدة أضف 415 مل من حامض الكبريتيك 95٪ مع التبريد تحت صنبور الماء.
- اترك المحلول ليبرد, ثم انقله إلى دورق معياري سعة 1 لتر, ثم أضف عليها 200 مل من حامض الأورثوفوسفوريك، واضبط الحجم النهائي إلى لتر.

ثانيًا : محلول كبريتات الحديدوز FeSO4.7H2O **بتركيز** 0.4 **مولر :**

- أذب 111.1 جم من كبريتات الحديدوز في 800 مل من الماء المقطر في دورق معياري سعته 1 لتر.

- أضف 5 مل من حامض الكبريتيك 95٪، ثم اضبط الحجم النهائي إلى لتر.

ثالثًا: محلول خليط من الفينانثرولين Phenanthroline ($C_{12}H_8N_2.H_2O$) **مع كبريتات الحديدوز** FeSO4.7H2O**:**

- أذب 14.85 جم من الفينانثرولين + 6.95 جم من كبريتات الحديدوز في 800 مل من الماء المقطر في دورق معياري سعته 1 لتر.
- بعد تمام الإذابة اضبط الحجم إلى لتر بالماء المقطر.

تقدير العامل القياسي من كبريتات الحديدوز:

- ضع 50 مل من داي كرومات البوتاسيوم في دورق مخروطي مدرج، ثم أضف عليها 100 مل من الماء المقطر + 0.5 مل من الدليل.
- عاير باستخدام محلول كبريتات الحديدوز.
- عند ظهور بداية نقطة نهاية التفاعل (اللون الأخضر الداكن) أضف محلول كبريتات الحديدوز $FeSO_4$ نقطة نقطة، حتى يتغير المحلول إلى اللون الأحمر الحاد.
- العامل القياسي F = 50/X حيث X هي عدد ملليلترات كبريتات الحديدوز اللازمة لتغيير اللون إلى اللون الأحمر.
- يراعى عمل هذا التقدير قبل تحليل العينات مباشرة وعند كل سلسلة من التقديرات.

تحليل العينات:

- باستخدام الميزان الحساس، زن بالضبط 0.8 – 1 جم من العينة وسجل وزنها.

- انقل ما تم وزنه إلى دورق دائري القاعدة, وأضف إليها 50 مل من محلول داي كرومات البوتاسيوم.
- ضع الدورق في المكان المخصص له في وحدة التسخين، ثبت المكثف على فوهة الدورق وصله بالماء, ثم ابدأ عملية التسخين حتى يتم الغليان، ويستمر هذا الوضع لمدة ساعتين.
- بعد الساعتين أوقف التسخين, ثم قم بتبريد الدورق.
- انقل محتويات دورق الهضم إلى دورق مخروطي مدرج (إرلنماير), ثم أضف اليها 100 مل من الماء المقطر + 0.5 مل من الدليل.
- عاير باستخدام محلول كبريتات الحديدوز.
- يكرر العمل لكل عينة 3 مرات، مع ملاحظة ألا يزيد الفرق بين حجم كبريتات الحديدوز المستخدم في معايرة العينة القياسية وعينة المقارنة عن 0.5 مل.

طريقة الحساب:

النسبة المئوية للكربون العضوي تحسب من المعادلة التالية:

$$Organic\,carbon\,\% = \frac{(B - T)\ x\ 12\ x\ F}{W}$$

حيث إن:

W = وزن العينة بالجرام.

B = عدد ملليلترات كبريتات الحديدوز لعينة المقارنة.

T = عدد ملليلترات كبريتات الحديدوز للعينة المقدرة.

12 = الوزن الذري للكربون.

ثم تحسب النسبة المئوية للمادة العضوية كما يلي:

النسبة المئوية للمادة العضوية = النسبة المئوية للكربون العضوي بطريقة والكلي وبلاك × 2.298

حيث طريقة تقدير الكربون العضوي بطريقة والكلي وبلاك لا تزيد عن 75٪ من الكربون العضوي بالعينة، وبالتالي يلزم للحصول على الكربون العضوي الكلي أن نضرب أولًا الناتج من الطريقة × (100 ÷ 75 =1.33)، ثم بعد ذلك نضرب الناتج × 1.724 (1.333 × 1.724= 2.298).

$$Organic\,matter\,\% = Organic\,carbon\,\%\ x\ 2.298$$

نسبة الكربون: النيتروجين C/N Ratio:

تعتبر نسبة الكربون: النيتروجين C/N Ratio أحد أهم مؤشرات نضج الكمبوست، ويتم حسابها كالتالي:

بقسمة النسبة المئوية الكربون العضوي ÷ النسبة المئوية للنيتروجين الكلي

9. **تقدير النسبة المئوية للفوسفور الكلي** ***Total phosphorus determination:***

أ- طريقة الترسيب:

المواد الكيميائية المستخدمة:

- حمض نيتريك مركز (AR) HNO_3.
- حمض بيركلوريك 60٪ $HClO_4$.
- محلول نترات الأمونيوم 1٪ NH_4NO_3.

- دليل فينول فيثالين 0.1٪.
- موليبيدات الأمونيوم, وذلك بإذابة 100 جرام موليبديك أنهيدرايد MoO_3 أو 118 جرام من حامض الموليبيديك H_2MoO_4 في مزيج من 400 ملل ماء مقطر، 80 مل هيدروكسيد أمونيوم, ثم الغليان حتى تمام الإذابة، والترشيح عند اللزوم.
- يضاف المزيج السابق ببطء إلى محلول يحتوي على 600 مل ماء مقطر 400 مل حمض نيتريك.
- يحفظ المزيج في مكان دافئ لمدة 24 ساعة, بحيث لا يتكون راسب أصفر عند تسخينه عند درجة حرارة من40-45°م.
- محلول هيدروكسيد صوديوم NaOH 0.1ع، ويحضر بإذابة 4جم / لتر ماء مقطر.
- حامض الهيدروكلوريك HCl 0.1ع، ويحضر بتخفيف 8.3 مل في واحد لتر من الماء المقطر.

الطريقة:

- يوزن 1 – 2 جرام بالضبط من العينة الناعمة والجافة على درجة 105 °م في كأس زجاجي سعة 150مل، ويضاف 20 مل من حامض النيتريك المركز، ثم يترك لمدة ساعة بعد تغطيته بزجاجة ساعة, حتى تنتهي التفاعلات الأولية. يتابع بعد ذلك الهضم على سطح ساخن، حتى يصبح حجم المحلول 3 مل تقريبًا.
- بعد أن يبرد المحلول يضاف إليه وبرفق 10 – 15 مل من حمض البيروكلوريك $HClO_4$ (حامض البيروكلوريك قابل للانفجار في وجود أي مواد عضوية سهلة الأكسدة)، ويتابع الهضم على المسطح

الساخن حتى تتصاعد غازات بيضاء، ويصبح حجم المحلول حوالي 3 مل، عندئذ يرفع من على المسطح الساخن ويترك ليبرد.

- يذاب الراسب في 50 مل ماء مقطر، ثم يسخن حتى الغليان، ويرشح من خلال ورقة ترشيح في دورق معياري سعة 100مل، ويكمل الحجم حتى العلامة بالماء المقطر.
- يؤخذ بواسطة ماصة مقدار 5 مل من المستخلص السابق، ويوضع في كأس زجاجية سعة 400ملل، ويضاف 10 مل من هيدروكسيد الأمونيوم المركز يليها 15 مل من حمض النيتريك المركز، ثم 35 – 50 مل من موليبيدات الأمونيوم، ويحرك بقوة حتى يتكون الراسب الأصفر, ثم يسخن عند درجة 40 °م، ويترك لمدة 6 ساعات أو إلى اليوم التالي.
- ترشح محتويات الكأس على ورقة ترشيح, ثم يغسل الراسب مرتين بمحلول نترات الأمونيوم (1٪).
- يغسل الراسب بعد ذلك بالماء المقطر حتى يصبح الراشح منه متعادلًا (1 مل من الراشح لا يعطي اللون القرنفلي إذا أضيف إليه نقطة من دليل فينول فيثالين، ونقطة من هيدروكسيد الصوديوم 0.1 عياري).
- تنقل ورقة الترشيح بالراسب المتجمع عليها إلى كأس زجاجية سعة 400 مل.
- ثم تضاف كمية محسوبة من هيدروكسيد الصوديوم 0.1ع تزيد عما يلزم لإذابة الراسب، ويرمز لها بالرمز (A).
- يضاف إلى المحلول عدة نقاط من دليل فينول فيثالين, ثم يتم معايرة الزائد من هيدروكسيد الصوديوم بواسطة حمض

الهيدروكلوريك 0.1ع، وتسجل قراءته، ويرمزلها بالرمز (B).

طريقة الحساب:

$$Total\ P\% = (A - B)\, x\, 0.031\, x\, \frac{total\ volume}{used\ volume}\, x\, \frac{100}{W}$$

حيث إن:

(A) = حجم هيدروكسيد الصوديوم.

(B) = حجم حامض الهيدروكلوريك المستخدم في المعايرة.

0.031 = الوزن المكافئ للفوسفور بالجرام.

100 = معامل النسبة المئوية.

(W) = وزن العينة بالجرام.

ب – الطريقة اللونية:

تتلخص الفكرة الأساسية في تكوين معقد من فوسفومولبيبدات الأمونيوم, والذي يختزل بمحلول كلوريد القصديروز، فيعطي لونًا أزرق يتناسب طرديًّا مع تركيز الفوسفور في المحلول. ثم تقدر نفاذية الضوء خلال اللون الأزرق باستعمال جهاز الأسبكتروفوتوميتر، ومنها يمكن التعرف على تركيز الفوسفور.

الطريقة:

- يؤخذ حجم من مستخلص الهضم في دورق معياري سعة 50 مل، ويضاف إليه نقطتان من دليل بارانيتروفينول.
- يضاف هيدروكسيد الأمونيوم 7 عياري نقطة حتى ظهور اللون الأصفر.

- يعادل الدورق بحامض كبريتيك 1 عياري، حتى يصبح المحلول عديم اللون.
- يكمل الدورق بعد ذلك بحوالي 80 – 90 مل ماء مقطر.
- يضاف 4 مل من محلول موليبيدات الأمونيوم 2.5٪، مع ضرورة غسيل عنق الدورق بالماء المقطر والرج جيدًا.
- يضاف 6 نقط من كلوريد القصديروز, ثم يكمل بالماء المقطر إلى العلامة مع الرج الجيد.
- تتم القراءة بعد 10 دقائق على جهاز الأسبكتروفوتوميتر عند طول موجي 660 نانوميتر.

طريقة الحساب:

$$Total\ P\% = \frac{B\ x\ C\ x\ 100}{1000\ x\ D\ x\ W}\ x\ F\ x\ R$$

حيث إن:

(F) = معامل الجهاز (W) = وزن العينة بالجم.

(R) = قراءة العينة على الجهاز – قراءة اليلانك.

(B) = حجم الدورق المعياري الذي تم فيه تكوين اللون.

(C) = حجم مستخلص الهضم الكلي للعينة.

(D) = حجم المستخلص المأخوذ للتقدير.

10. تقدير النسبة المئوية للبوتاسيوم والصوديوم *Potassium and Sodium determination:*

الفكرة الأساسية:

- يقدر تركيز كل من الصوديوم والبوتاسيوم باستخدام جهاز مطياف اللهب, وذلك بمقارنة شدة الإشعاع المنبعث من

ذرات البوتاسيوم والصوديوم الموجودة في العينات ومثيلاتها الموجودة في سلسلة المحاليل القياسية.

الأدوات والأجهزة المستخدمة:

- جهاز قياس مطياف اللهب (Flame Photometer).

المحاليل والكيماويات المستخدمة:

- **المحلول القياسي (بوتاسيوم - صوديوم) تركيز 1000 جزء في المليون:**

أذب 1.907 جم من كلوريد البوتاسيوم KCl ، 2.542 جم من كلوريد الصوديوم NaCl بالماء المقطر في دورق معياري سعة 1 لتر, ثم أكمل للعلامة بالماء المقطر.

- **السلسلة القياسية (بوتاسيوم - صوديوم) تركيزات (صفر - 25 - 50 - 75 - 100) جزء في المليون:**

اسحب في دوارق معيارية سعة 100 ملليلتر الحجوم الآتية من المحلول القياسي (بوتاسيوم - صوديوم) تركيز 1000 جزء في المليون صفر - 2.5 - 5 - 7.5 - 10 ملليلتر, ثم أكمل للعلامة بالماء المقطر.

الطريقة:

- يتم قياس البوتاسيوم والصوديوم مباشرة في الراشح باستخدام جهاز مطياف اللهب (Flame Photometer).

الحسابات:

- ارسم علاقة بيانية بين قراءات الجهاز للسلسلة القياسية للبوتاسيوم والصوديوم على المحور الصادي، وتركيزات هذه السلسلة على المحور السيني. وبمقارنة قراءات الجهاز للعينات وتركيزات السلسلة القياسية،

يمكن تقدير كمية البوتاسيوم والصوديوم في العينات بوحدة جزء في المليون, ثم بالتعويض في المعادلة التالية يمكن حساب تركيز البوتاسيوم والصوديوم في العينات والبلانك بالملليمكافئ لكل 100 جم من الكمبوست.

$$me\ K/100\ g\ Compost = \frac{(a-b)\ x\ 5}{10\ x\ 39.1}\ x\ M$$
$$= (a-b)\ x\ 0.0128\ x\ M$$

$$me\ Na/100\ g\ Compost = \frac{(a-b)\ x\ 5}{10\ x\ 23.0}\ x\ M$$
$$= (a-b)\ x\ 0.0217\ x\ M$$

حيث إن:

a = تركيز البوتاسيوم أو الصوديوم في العينات بالجزء في المليون.

b = تركيز البوتاسيوم أو الصوديوم في البلانك بالجزء في المليون.

5 = نسبة الاستخلاص.

10 = عامل للتحويل من ملليمكافئ/ كجم إلى ملليمكافئ / 100 جم تربة.

39.1 = الوزن المكافئ للبوتاسيوم.

23.0 = الوزن المكافئ للصوديوم.

M = عامل الرطوبة.