المخلفات الحيوانية وتركيبها الكيميائي

إدارة المخلفات الزراعية: هي منظومة متكاملة لجمع، معالجة، وتدوير المخلفات النباتية والحيوانية الناتجة عن الأنشطة الزراعية، بهدف تقليل أضرارها البيئية وتحويلها إلى موارد ذات قيمة اقتصادية مثل السماد العضوي (الكمبوست)، الأعلاف، أو الطاقة الحيوية، مما يعزز الاستدامة ويقلل التلوث.

وتصنف المخلفات الزراعية بشكل رئيسي إلى مخلفات نباتية (قش، حطب، تبن) ومخلفات حيوانية (روث، زرق الدواجن). تُعد هذه المواد مصدراً غنياً لإعادة التدوير لإنتاج أسمدة عضوية، أعلاف، أو طاقة حيوية.

المخلفات النباتية: هي المواد العضوية الناتجة عن الأنشطة الزراعية، حصاد المحاصيل، أو تقليم الأشجار، وتشمل السيقان، الأوراق، الجذور، والقش. تُعد مصدراً غنياً بالكربون (مثل السليلوز واللجنين)، وتُستخدم كسماد عضوي (كمبوست)، أعلاف حيوانية، أو لإنتاج طاقة حيوية (وقود حيوي).

المخلفات الحيوانية: هي المواد الحيوية الناتجة عن الأنشطة الحياتية للحيوانات (مثل الماشية والدواجن والأسماك) أو العمليات المرتبطة بتربيتها وذبحها. تُعد هذه المخلفات "كنزاً زراعياً" إذا أُحسن تدويرها، بينما قد تتحول إلى مصدر للتلوث البيئي إذا أُهمِلت.

تتنوع هذه المخلفات لتشمل عدة فئات رئيسية:

- **الإفرازات الطبيعية :**تشمل البول والروث (الزبل) واليوريا، وهي المصدر الأساسي لإنتاج السماد العضوي.
- **مخلفات الحظائر (الفرشة) :**وهي مزيج من فضلات الحيوانات مع مواد الفرش (مثل القش أو نشارة الخشب)، بالإضافة إلى بقايا الأعلاف والمياه المستخدمة في الغسيل.
- **مخلفات المجازر (الذبيحة) :**تشمل الأجزاء غير الصالحة للاستهلاك الآدمي مثل الريش، والأمعاء، والجلود، والعظام، والدماء، والتي تُستخدم غالباً في صناعات مثل مستحضرات التجميل أو إنتاج الأحماض الأمينية.
- **بقايا منتجات الألبان :**مثل الحليب التالف أو مخلفات مصانع الألبان التي تدخل ضمن منظومة المخلفات الحيوية.

أضرار المخلفات الحيوانية:

١- تلوث التربة والمياه

- تتسرب السوائل والمواد المغذية الزائدة من المخلفات إلى المياه الجوفية والسطحية، مما يؤدي إلى تلوثها ونفوق الأسماك.

- تحول العناصر الغذائية في التربة إلى مركبات سامة، مما يضر بنمو النباتات.

٢- المخاطر الصحية على الإنسان

- انتشار أمراض معدية مثل التيفوئيد والكوليرا نتيجة تلوث المياه.

- انبعاثات الأمونيا وكبريتيد الهيدروجين تسبب أمراضاً تنفسية كالربو والتهاب الشعب الهوائية، خاصة لسكان المناطق المجاورة للمزارع..

٣- التأثير المناخي والبيئي

- انبعاث غاز الميثان، الذي يعد من أقوى الغازات المسببة للاحتباس الحراري.

- تساهم أكسيد النيتروز في تآكل طبقة الأوزون.

٤- مخاطر على الثروة الحيوانية

- تراكم المخلفات ونقص التهوية يؤدي إلى مشاكل تنفسية.

- ابتلاع الحيوانات لبقايا البلاستيك والمواد الحادة في المخلفات يسبب انسداداً في الجهاز الهضمي.

فوائد إعادة تدوير المخلفات الحيوانية:

١.إنتاج الأسمدة العضوية: لتحسين خصوبة التربة وتقليل الاعتماد على الأسمدة الكيماوية.

٢.توليد الطاقة الحيوية (البيوجاز): يمكن استخدام الفضلات في وحدات التخمير لإنتاج غاز الميثان كبديل نظيف للطاقة.

٣.صناعة الأعلاف: تُعالج بعض مخلفات المجازر لتحويلها إلى مساحيق غنية بالبروتين تُضاف لأعلاف الأسماك والحيوانات.

إلتركيب الكيميائي لهذه المخلفات:

تختلف المكونات الكيميائية للمخلفات الحيوانية (السماد الطبيعي) بناءً على نوع الحيوان، وعمره، ونظام تغذيته، بالإضافة إلى طريقة جمع وتخزين هذه المخلفات. ومع ذلك، تشترك جميعها في هيكل كيميائي أساسي يجمع بين العناصر الكبرى، العناصر الصغرى، والمادة العضوية.

١. العناصر السمادية الكبرى (NPK)

هذه هي العناصر الأهم لنمو النبات، وتتواجد بنسب متفاوتة:

- النيتروجين (N): يوجد في صورتين؛ عضوية (تحتاج لوقت لتحللها) مثل البروتينات والاحماض الامينية واليوريا في البول وغير عضوية (مثل الأمونيا والنترات التي يمتصها النبات بسرعة).

أهمية النتروجين

- عنصر أساسي لنمو النبات (يدخل في تكوين البروتين والكلوروفيل)
- يحسن الإنتاجية الزراعية

- سريع الفقد بالتطاير (NH_3) أو الغسل

مشاكل زيادة النتروجين

- تلوث المياه الجوفية بالنترات
- انبعاث غازات دفيئة(N_2O)
- سمّية للنبات عند التراكيز العالية

- **الفوسفور (P):** يوجد أيضا في صورتين عضوي مثل مركبات فوسفوليبد واحماض نووية وغير عضوي مثل الفوسفات وهو الشكل المتاح للنبات .

سلوك الفسفور في التربة

- قليل الحركة مقارنة بالنتروجين
- يرتبط بجزيئات التربة (خصوصاً الطين)
- يتحول ببطء من عضوي إلى غير عضوي (تمعدن)

أهمية الفسفور

- ضروري لنمو الجذور
- يدخل في تكوين ATP (الطاقة في الخلايا)
- يعزز الإزهار والإنتاج

مشاكل زيادة الفسفور

- يسبب الإثراء الغذائي (Eutrophication) في المياه
- نمو الطحالب بشكل مفرط
- اختلال النظام البيئي المائي

- **البوتاسيوم (K):** يوجد عادة على شكل أكسيد البوتاسيوم *K2O* وهو سهل الذوبان والامتصاص ويوجد بكثرة في بول الحيوانات اكثر من الروث.

سلوك البوتاسيوم في التربة

- سريع الذوبان في الماء
- عالي الحركة نسبياً (لكن أقل من النترات)

- لا يتطاير مثل النتروجين
- يمكن أن يُمتص من قبل النبات مباشرة ويُفقد بالغسل (Leaching) خاصة في الترب الرملية

أهمية البوتاسيوم

البوتاسيوم عنصر تنظيمي (Regulatory element) وليس بنائي، ومن أهم أدواره:

- تنظيم فتح وغلق الثغور(Stomata)
- زيادة مقاومة النبات للجفاف
- تحسين جودة المحصول (الحجم، الطعم، اللون)
- تنشيط الإنزيمات
- تحسين مقاومة الأمراض

مشاكل زيادة أو نقص البوتاسيوم

- زيادته قد تسبب اختلال في امتصاص عناصر أخرى مثل المغنيسيوم والكالسيوم.
- ونقصه يسبب ضعف نمو النبات واحتراق حواف الأوراق وانخفاض مقاومة الإجهاد.

مقارنة تقريبية لنسب العناصر (كجم/طن):

نوع الحيوان	نيتروجين(N)	فسفور(P2O)	بوتاسيوم(K2O)
الابقار	٦-٥	٣-٢	٥-٤
الاغنام	١٠-٩	٤-٣	١٠-٨
الدواجن	١٥-١٢	١٢-١٠	٨-٦

٢.المادة العضوية والمركبات الكربونية

تمثل المادة العضوية الجزء الأكبر من الوزن الجاف للمخلفات، وتتكون كيميائياً من الكربوهيدرات: وتشمل السليلوز، الهيميسليلوز، واللجنين (وهي صعبة التحلل), البروتينات والأحماض الأمينية: المصدر الرئيسي للنيتروجين العضوي. الدهون والأحماض الدهنية: توجد بكميات قليلة.

٣. العناصر الصغرى (Micronutrients)

تحتوي المخلفات الحيوانية على "كوكتيل" من المعادن الضرورية بكميات دقيقة، مثل: الكالسيوم (Ca) والمغنيسيوم (Mg) والكبريت (S) والحديد (Fe) والزنك (Zn) والمنجنيز (Mn) والنحاس (Cu).

المحتوى المائي والرقم الهيدروجيني (pH):

تتراوح نسب الرطوبة من ٥٠-٧٠٪ في مخلفات الدواجن و٧٥-٨٥٪ في روث الأبقار و ٦٠-٧٠٪ في روث الاغنام.

الأس الهيدروجيني (pH) غالباً ما يكون ميل المخلفات نحو الوسط القلوي (٧,٥ إلى ٨,٥) بسبب وجود الأمونيا، لكنه قد يتغير أثناء عملية التحلل (الكمبوست).

عوامل تؤثر على الكيمياء الحيوية للمخلفات:

١.**نوع العليقة:** الحيوانات التي تتناول بروتيناً عالياً تنتج مخلفات غنية بالنيتروجين.

٢.**العمر:** الحيوانات الصغيرة تمتص الفوسفور والكالسيوم بكفاءة أعلى، لذا تكون مخلفاتها أقل غنى بهذه العناصر مقارنة بالحيوانات البالغة.

٣.**التحلل:** عند تعرض المخلفات للهواء، يفقد جزء من النيتروجين على شكل غاز أمونيا NH_3 بفعل التفاعلات الكيميائية.

نسبة الكربون إلى النيتروجين (C:N Ratio)

هذه النسبة هي "الترمومتر" الذي يحدد جودة المخلفات وسرعة تحللها. إذا كانت النسبة عالية (مثلاً ٥٠:١): يعني وجود كربون كثير (قش، أخشاب). هنا تقوم بكتيريا التربة بسرقة النيتروجين من التربة لتحلل الكربون، مما قد يسبب اصفرار النبات مؤقتاً .

النسبة المثالية (حوالي ٢٠:١ إلى ٣٠:١): هي الموجودة في المخلفات الحيوانية الجيدة، حيث توازن بين توفير الطاقة للميكروبات وتوفير النيتروجين للنبات.

أشكال النيتروجين وتحولاته الكيميائية

النيتروجين في المخلفات ليس ثابتاً، بل يمر بدورة كيميائية مثيرة :النيتروجين العضوي, بروتينات وأحماض نووية لا يمتصها النبات مباشرة.

-عملية التربيع او التمعدن (Mineralization): تتحول المركبات العضوية بفعل الإنزيمات إلى أمونيوم NH_4.

-النترتة (Nitrification): تقوم بكتيريا متخصصة بتحويل الأمونيوم إلى نترات NO_3 (وهي الصورة المفضلة لمعظم النباتات).

ملاحظة: إذا لم يتم التعامل مع المخلفات بشكل صحيح، يتحول النيتروجين إلى غاز الأمونيا NH_3 ويتطاير، مما يفقد السماد قيمته ويسبب رائحة نفاذة.

معقدات الدُبال (Humic Substances)

عندما تتحلل المادة العضوية تماماً، تنتج مركبات كيميائية معقدة تسمى الأحماض الهيوميكية والفولفيكية. تتميز هذه المركبات بقدرة تبادل كاتيونية (CEC) عالية جداً، مما يعني أنها تعمل مثل "المغناطيس" الذي يمسك العناصر الغذائية (مثل البوتاسيوم والكالسيوم) ويمنع غسلها مع مياه الري، ثم يطلقها للنبات ببطء.

المكونات غير المرغوبة (التحديات الكيميائية)

ليست كل المكونات مفيدة، فالمخلفات قد تحتوي على الأملاح الذائبة: زيادة الصوديوم والكلوريد قد ترفع ملوحة التربة إذا لم يتم ريها جيداً وبقايا الأدوية: في المزارع الكثيفة، قد توجد آثار لمضادات حيوية أو معادن ثقيلة (مثل النحاس والزنك اللذين يضافان كمنشطات نمو في أعلاف الدواجن والخنازير) والغازات الحبيسة: مثل كبريتيد الهيدروجين H_2S والميثان CH_4 التي تنتج في ظروف التحلل اللاهوائي (نقص الأكسجين).

المخطط التدفقي لدورة النيتروجين في المخلفات (من العلف إلى التربة)

هذا المخطط يوضح كيف ينتقل النيتروجين كيميائياً والتحولات التي تطرأ عليه:

المرحلة ١ :تناول الحيوان للبروتين في العلف.

المرحلة ٢ :إخراج الفضلات (نيتروجين عضوي + يوريا).

المرحلة ٣ :(Ammonification) تحلل اليوريا إلى أمونيوم NH_4 بفعل إنزيم اليوريز.

المرحلة ٤ :(Nitrification) تحول الأمونيوم إلى نترات NO_3 بواسطة بكتيريا *Nitrosomonas*و *Nitrobacter*.

المرحلة ٥ :امتصاص النبات للنترات أو فقدانها بالترشيح(Leaching) .