



دولة ليبيا  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة سبها/ كلية العلوم  
قسم الكيمياء



بحث تخرج مقدم لاستكمال متطلبات الحصول على درجة البكالوريوس

بعنوان

تصنيع وتوصيف مركب حبيبات أكسيد الزنك النانوية-الفحم الحيوي المشتق من مسحوق  
نفايات القهوة وتطبيقاته في إنبات ونمو الذرة الصفراء (*Zea mays L.*)

**Synthesis and characterization of ZnO nanoparticles–coffee  
waste powder–derived biochar composite for *Zea mays L.*  
germination and growth applications**

إعداد الطالبتين

هـ: نورة مفتاح بشير أبوبكر

هـ: منيا رمضان لامين كعبار

تحت إشراف

أ. خديجة عبدالسلام إحميدة

د. إبراهيم علي عمار

د. الشافعي محمد الجعراي

العام الجامعي

(ربيع 2023–2024)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

قُلْ ءَامِنُوا بِهِ أَوْ لَا تُؤْمِنُوا إِنَّ الَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ مِنْ قَبْلِهِ

إِذَا يُتْلَى عَلَيْهِمْ يَخِرُّونَ لِلْأَذْقَانِ سُجَّدًا

صدق الله العظيم

[سورة الإسراء-الآية 107]

الإهداء

الحمد لله الذي وفقنا لإكمال هذه

الخطوة في مسيرتنا الدراسية

وهذه ثمرة نجاحنا نهداياها لوالدينا

الكريمين حفظهم الله وأدامهم

نوراً لدرابنا

الباحثان: منيا ونوارة

## كلمة شكر وتقدير

الحمد لله دائماً كما ينبغي لجلاله وسلطانه وقدرته بجميع المحامد على جميع  
الزعم، والصلاة والسلام على أشرف خلقه سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم.

الحمد لله الذي وفقنا لإنجازها البحث وهدانا إلى أفضل السبل إنه على كل

### شيء، تقدير

لا يسعنا ونحن نختم جهدنا المتواضع هذا، إلا أن نقول إنه لمن دواعي سرورنا

أن نتقدم بالعرفان والشكر الجزيل إلى

أستاذنا الفاضل د. إبراهيم عمار علي جهوده معنا من تقديم ملاحظات

ونصائح في سبيل إظهار البحث على الوجه الأفضل كما نتقدم بخالص الشكر

والتقدير لقسم النبات ممثلاً في الدكتور الفاضل الشافعي الجعراي الذي تابع

معنا بكل دقة واهتمام الجانب التطبيقي حتى نهايته والدكتور الفاضلة

فوزية التي رافقتنا ومنحتنا جهدها ومعلوماتها.

أسمى آيات الشكر والتقدير لأسرتنا الثانية كادر قسم الكيمياء أعضاء هيئة

التدريس والفنيين والموظفين ونخص بالذكر الأستاذ الفاضل فرج الهويدي

وصديقتنا أمل إدريس.

الباحثان: منيا ونوارة

## فهرس المحتويات

الإهداء.....	ت
كلمة شكر وتقدير.....	ث
فهرس المحتويات.....	ج
فهرس الجداول.....	د
قائمة المصطلحات.....	ذ
الملخص.....	ر
1. المقدمة.....	1
1.1 مخلفات القهوة.....	2
2.1 الفحم الحيوي.....	4
3.1 حبيبات أكسيد الزنك النانوية.....	5
4.1 مزيج الاكاسيد العضوية مع الفحم الحيوي.....	7
5.1 الذرة.....	9
6.1 الدراسات السابقة.....	11
7.1 أهداف البحث.....	12
2. الجزء العملي.....	13
1.2 المواد الكيميائية والأجهزة المستخدمة.....	13
1.1.2 المواد الكيميائية المستخدمة.....	13
2.1.2 الاجهزة المستخدمة.....	13
2.2 تحضير المركبات.....	15
1.2.2 تحضير مسحوق حبيبات أكسيد الزنك النانوية.....	15
2.2.2 تحضير مسحوق مخلفات القهوة والفحم الحيوي.....	16
3.2.2 تحضير مركب أكسيد الزنك النانوي-الفحم الحيوي.....	18

19	2.3 تجارب الإنبات والنمو
19	1.2.3 موقع الدراسة Site of study
20	2.2.3 التعقيم Sterilization
20	3.2.3 تحضير محاليل نقع البذور Preparation of Seed Soaking Solution
20	4.2.3 تحضير المحلول المغذي Preparation of nutrient solution
20	5.3.2 المعاملات المسبقة للبذور Seeds Pretreatment
21	6.3.2 تصميم التجارب Experimental design
21	7.3.2 تجربة الإنبات Germination experiment
22	8.3.2 تجربة النمو Growth experiment
23	9.3.2 الصفات المدروسة Studied characteristics
26	10.3.2 التحليل الإحصائي
27	3. النتائج والمناقشة
28	1.3 نتائج مرحلتي الإنبات والنمو
28	1.1.3 نتائج مرحلة الإنبات
30	2.1.3 مرحلة النمو
43	2.3 مناقشة النتائج
43	1.2.3 تأثير الفحم الحيوي (تفل القهوة) على إنبات ونمو نبات الذرة
44	2.2.3 تأثير جسيمات أكسيد الزنك النانوي على إنبات ونمو نبات الذرة
46	4. الخلاصة والتوصيات
46	1.4 الخلاصة
48	2.4 التوصيات
49	المراجع

## فهرس الأشكال

- شكل 1 مخلفات الاغذية: (أ) اللحم، (ب) قشور البيض، (ج) العظام، (د) قشور الموز، (هـ) بقايا القهوة، (و) قشور الفول السوداني. 4.....
- شكل 2 مصادر متنوعة لانتاج الفحم الحيوي [6] 5.....
- شكل 3 خصائص جسيمات أكسيد الزنك النانوية (ZnO-NPs) 6.....
- شكل 4 الذرة الصفراء 10.....
- شكل 5 مخطط توضيحي لتحضير مسحوق حبيبات أكسيد الزنك النانوية 16.....
- شكل 6 مخطط توضيحي لتحضير مسحوق مخلفات القهوة والفحم الحيوي 18.....
- شكل 7 مخطط توضيحي لتحضير مركب أكسيد الزنك النانوي-الفحم الحيوي 19.....
- شكل 8 مخطط توضيحي لتجربة الإنبات 22.....
- شكل 9 مخطط توضيحي لتجربة النمو 23.....
- شكل 10 مخطط توضيحي لتقدير المحتوى الكلي الكلوروفيل 26.....
- شكل 11 نماذج أطيايف حيود الأشعة السينية (XRD) للفحم الحيوي، وأكسيد الزنك النانوي (ZnO NPs) وأكسيد الزنك النانوي-الفحم الحيوي (ZnO NPs-BC composite) 27.....
- شكل 12 تأثير التركيز على النسبة المئوية للإنبات 29.....
- شكل 13 تأثير التركيز على سرعة الإنبات 30.....
- شكل 14 تأثير التركيز على طول المجموع الخضري 31.....
- شكل 15 تأثير التركيز المختلفة على الوزن الرطب للمجموع الخضري 32.....
- شكل 16 تأثير التركيز على الوزن الجاف للمجموع الخضري 33.....
- شكل 17 تأثير التركيز على النسبة المئوية للمحتوى المائي للمجموع الخضري 34.....
- شكل 18 تأثير التركيز على طول المجموع الجذري 35.....
- شكل 19 تأثير التركيز على الوزن الرطب للمجموع الجذري 36.....
- شكل 20 تأثير التركيز على الوزن الجاف للمجموع الجذري 37.....
- شكل 21 تأثير التركيز على النسبة المئوية للمحتوى المائي للمجموع الجذري 38.....
- شكل 22 تأثير التركيز على عدد أوراق النبات 39.....
- شكل 23 تأثير التركيز على المساحة الورقية 40.....
- شكل 24 تأثير التركيز المختلفة على قوة البذور 41.....
- شكل 25 تأثير التركيز على دليل قوة البادرات 42.....
- شكل 26 تأثير التركيز على المحتوى الكلي للكلوروفيل 43.....

## فهرس الجداول

- جدول 1 المزايا والعيوب للطرق الشائعة المستخدمة في تحضير لتحضير مركبات أكاسيد المعادن-الفحم الحيوي النانوية [9]. ..... 8
- جدول 2 بعض الدراسات السابقة ..... 11
- جدول 3. المواد الكيميائية المستخدمة..... 13
- جدول 4. الاجهزة المستخدمة..... 13



قائمة المصطلحات

الإختصار	الإسم		ر.م
	عربي	إنجليزي	
BC	الفحم الحيوي	Biochar	1
ZnO	أكسيد الزنك	Zinc Oxide	2
ZnO Nps	أكسيد الزنك النانوي	Zinc Oxide Nanoparticles	4
			5
FTIR	مطياف الأشعة تحت الحمراء	Fourier Transform Infrared	6
GC	البن المطحون	Ground Coffee	7
NPs	الجسيمات النانوية	Nanoparticles	8
DE	الخطأ المعياري	Standard Error	9

## الملخص

في هذا البحث، تم دراسة إمكانية إنبات ونمو الذرة الصفراء باستخدام الفحم الحيوي المكون من مخلفات القهوة (Coffee wastes, CW) وأكسيد الزنك النانوي (ZnO NPs) وأكسيد الزنك النانوي-الفحم الحيوي (ZnO NPs-BC composite). في البداية تم الحصول الفحم الحيوي (BC) بعد حرق مسحوق مخلفات القهوة (Coffee wastes, CW) عند  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$  لمدة ساعتين في بيئة محدودة الأكسجين، كما تم تحضير أكسيد الزنك النانوي (ZnO NPs) وأكسيد الزنك النانوي-الفحم الحيوي (ZnO NPs-BC composite) باستخدام طريقة الترسيب المشترك ثم حرق الراسب المتحصل عليه تحت نفس الظروف المستخدمة في تحضير الفحم الحيوي (BC). تم تشخيص وتوصيف المواد المحضرة بواسطة طيف حيود الأشعة السينية (XRD)، و المجهر الالكتروني الماسح (SEM)، فلورية الأشعة السينية (XRF) ومطياف الأشعة تحت الحمراء (FTIR)، أظهرت النتائج المتحصل عليها ان المركبات المحضرة عززت من إنبات ونمو نبات الذرة. بينت هذه الدراسة أيضاً ان استخدام مخلفات القهوة ككتلة حيوية (متاحة بسهولة، منخفضة التكلفة وصديقة للبيئة) في تحضير الفحم الحيوي والمركب النانوي المكون من أكسيد الزنك-الفحم الحيوي تعتبر طريقة واعدة في التقليل من المخلفات الصلبة الزراعية.

## الكلمات المفتاحية:

تقنية النانو، أكسيد الزنك النانوي، الذرة الصفراء، الفحم الحيوي، مركب أكسيد الزنك-الفحم الحيوي، النمو، الإنبات

## 1. المقدمة

الماء، الطاقة والغذاء من بين أهم التحديات التي تواجهها البشرية، خصوصا مع التزايد المطرد في عدد السكان. وقد أدى النمو السكاني العالمي إلى زيادة القلق بشأن توفير المياه والطاقة والغذاء والاستدامة البيئية، والتي تعتبر على نطاق واسع تحديات كبيرة للمستقبل. تشير التوقعات العالمية ان الطلب على الغذاء سوف يتضاعف بحلول عام 2025، مما سيؤدي إلى مضاعفة الطلب على المياه العذبة لاستخراج وتصنيع المنتجات اللازمة لإعداد الغذاء مما سيؤدي إلى تفاقم أزمة المياه. من المتوقع أن يصل عدد سكان العالم إلى ما يقدر بنحو 8 مليارات شخص بحلول عام 2025 و 9 مليارات بحلول عام 2050، والذي بدوره سيدفع إلى رفع الإنتاج الزراعي العالمي لإطعام سكان العالم الذين يتزايد عددهم بسرعة. إطعام هذا العدد المتزايد من السكان هو السؤال الأكبر الذي تبحث البشرية له عن إجابات [1]. يمكن الإجابة على هذا السؤال جزئيا من خلال تعظيم الإنتاجية من خلال تثبيت استقرار النظم الغذائية الزراعية وتعزيز الأمن الغذائي، ولذلك يرى الخبراء أن تطبيق التقنيات الحديثة مثل تكنولوجيا النانو والتكنولوجيا الحيوية النانوية في الزراعة وعلوم الأغذية أصبح ضرورياً. ويعتقد الباحثون أن تكنولوجيا النانو يمكن أن تقدم الحل للعديد من القضايا الحاسمة التي تواجه الإمدادات الغذائية في العالم اليوم، لأنها توفر مواد، مثل البوليمرات الغذائية المعالجة بتكنولوجيا النانو، التي يمكن أن تحسن جودة الأغذية وسلامتها. كما تتمتع هذه التكنولوجيا بإمكانيات هائلة لإحداث ثورة في الزراعة والمجالات ذات الصلة. تركز الزراعة النانوية حالياً على الزراعة المستهدفة التي تتضمن استخدام الجسيمات النانوية ذات الخصائص الفريدة لزيادة إنتاجية المحاصيل. الانتاج الكبير لكميات كبيرة من الأغذية سوف ينتج بالمقابل كميات كبيرة من النفايات الغذائية والتي ان لم يتم التخلص منها بطرق سليمة يمكن ان تؤدي الى تلوث للبيئة. لذلك فان

إعادة تدوير هذه النفايات هو أحد الطرق الاقتصادية للاستفادة منها كتحويلها مثلاً لإنتاج بعض المركبات مثل الفحم الحيوي الذي يمكن الاستفادة منه في المجال الزراعي.

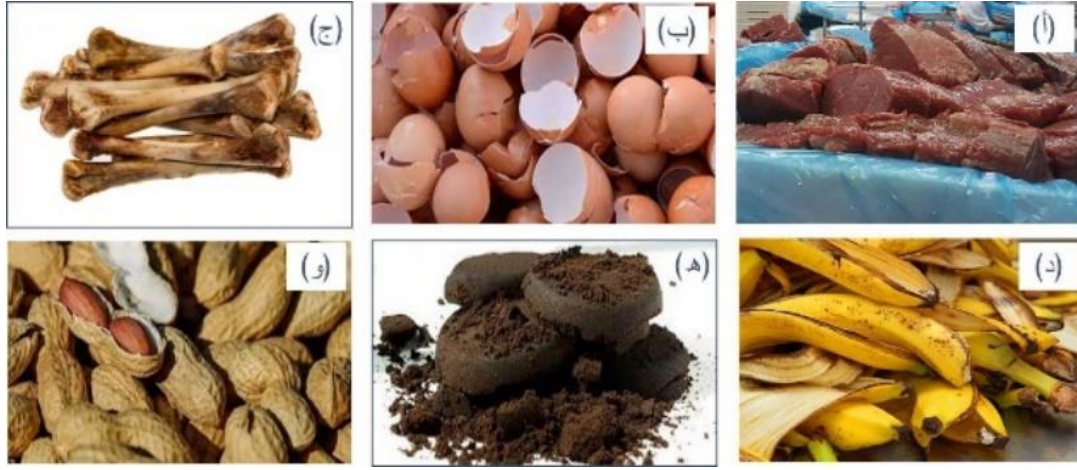
## 1.1 مخلفات القهوة

المخلفات الغذائية تعتبر نوع من المخلفات الصلبة والتي تنتج من الاستهلاك البشري للعديد من المنتجات الغذائية كاللحوم والحوافر والعظام والريش وقشور البيض و قشور الموز وبقايا القهوة وغيرها (شكل 1). تعد القهوة واحدة من أكثر المشروبات استهلاكاً على مستوى العالم، حيث تنتج بكميات كبيرة وتأتي في المرتبة الثانية بعد النفط ضمن قائمة المواد الأكثر تداولاً من حيث الاستيراد والتصدير، حيث تقوم حوالي 80 دولة حول العالم بزراعة القهوة كما يتم استهلاك 9 ملايين طن من حبوب البن سنوياً حول العالم، منها فقط 5.2 مليون طن تستهلك في الاتحاد الأوروبي. ينتمي حوالي 70% من القهوة المستهلكة في جميع أنحاء العالم إلى فصيلة أرابيكا (*Coffea arabica* L). ويقدر إنتاجها العالمي بحوالي 170,560,000 كيس بوزن 60 كجم [2]. وفقاً لمنظمة القهوة الدولية (ICO)، على الرغم من تأثيرها بفيروس كورونا (COVID-19)، تم استهلاك حوالي 10.1 مليون طن من القهوة من عام 2019 إلى عام 2020 [3].

تعد القهوة أيضاً واحدة من أكثر المنتجات الأولية قيمة في التجارة العالمية، وهي أيضاً جزء مركزي وشائع من ثقافتنا. ومع ذلك، فإن إنتاج القهوة واستهلاكها يولد الكثير من النفايات (Coffee waste, CW). القهوة المطحونة المستهلكة (SCGS) هي المنتج الثانوي الذي يتم جمعه بعد تخمير القهوة. بشكل عام، يتم التخلص منها مباشرة كنفايات لمدافن النفايات بدون قيمة مضافة. كنوع واحد من النفايات الصلبة العضوية، تجدر الإشارة إلى أن المزيد من المخاطر المحتملة ل SCGS هي التعرض لممارسة تأثيرات سامة على البيئة، والتي تعزو إلى محتوياتها الأعلى من المركبات الكيميائية العضوية - أي الكافيين والعفص وبولي الفينول - المتنوعة من مواد النفايات الأخرى

ان العديد من الدراسات بينت أن بقايا القهوة (Spent coffee grounds, SCG) تحتوي على العديد من المركبات العضوية مثل الاحماض الدهنية واللجنين والسيليلوز والتانين وعديد فينولات وعديد السكريات (polysaccharides)، ولذلك تعتبر بقايا القهوة مصدر للسكر والأبيض، إضافة الى ذلك يمكن استخدامها كمادة ادمصاص (Adsorbent) لإزالة أيونات المعادن.

زراعة القهوة مسؤولة عن العديد من المنتجات الثانوية، بما في ذلك اللب الطازج، والذي يمثل حوالي نصف وزن ثمار القهوة الطازجة [4]. هذه النفايات غنية بالسليولوز والبروتينات والمعادن والبولي فينول والعفص والكافيين التي يمكن أن تسبب تلوثاً للبيئة إذا لم يتم التخلص منها بشكل صحيح وبالتالي يوصى بأن يكون لدى مصانع المعالجة الكبيرة أنظمة لمعالجة لب القهوة. ومن بين هذه الطرق التسميد، الذي يضمن خضوع لب القهوة للتحلل البيولوجي مما يقلل من التخلص من النفايات ويحول اللب إلى مادة قابلة للاستخدام. إن استخدام مخلفات القهوة في تصنيع المنتجات ذات القيمة المضافة (Value-added products) يمكن أن يعزز النمو الاقتصادي، ويولد فوائد اجتماعية ويدعم الأهداف البيئية. وفي هذا الصدد، يمكن أن يكون تحويل المخلفات الزراعية (لب القهوة) من خلال عملية التحلل الحراري نهجاً مناسباً لإدارتها وبديلاً ذا أهمية كبيرة كمحسن للتربة. يمكن أن توفر هذه الممارسة فوائد عديدة للزراعة كمكمل في تحضير الركائز المستخدمة عادةً في مرحلة الحضانة لزراعة القهوة أو تقليل استخدام الأسمدة الكيميائية في أنظمة الإنتاج.

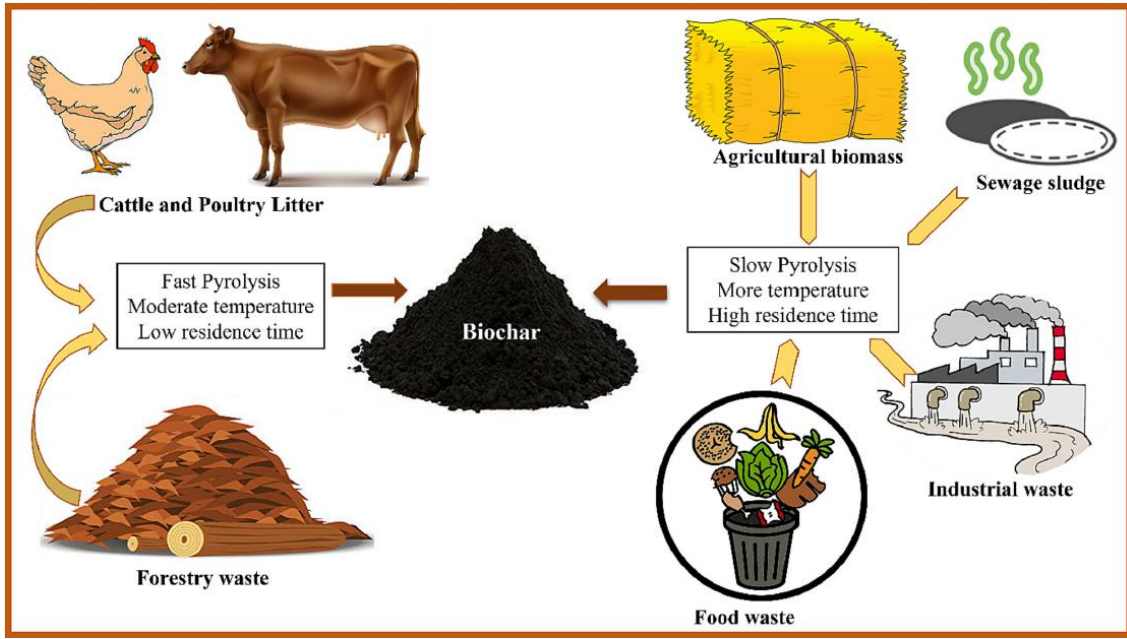


شكل 1 مخلفات الاغذية: (أ) اللحوم، (ب) قشور البيض، (ج) العظام، (د) قشور الموز، (هـ) بقايا القهوة، (و) قشور الفول السوداني.

## 2.1 الفحم الحيوي

الفحم الحيوي (Biochar, BC) منتج صلب غني بالكربون يتم الحصول عليه عن طريق الإنحلال الحراري للكتلة الحيوية في غياب الأكسجين أو وجوده الجزئي [5] يمكن إنتاج الفحم الحيوي، المعروف بالذهب الأسود (Black gold)، بكميات كبيرة كمادة عضوية نظيفة. يتم الحصول على الفحم الحيوي عن طريق المعالجة الحرارية للكتلة الحيوية المنتهية الصلاحية مثل السماد الحيواني والمنتجات الثانوية الزراعية وبقايا الغابات وحمأة الصرف الصحي، كما هو موضح بالشكل 2 .

يتمتع الفحم الحيوي بالعديد من الخصائص مثل القدرة العالية على الاحتفاظ بالمياه، ومساحة السطح والمسامية العاليتين، وقدرته على تبادل الكاتيون (من بين خصائص أخرى). بفضل هذه الخواص يمكن استخدام الفحم الحيوي كمحسن للتربة لتحسين التربة المتدهورة (التربة المالحة والرمليّة)، وتعزيز توافر العناصر الغذائية، وزيادة كفاءة استخدام المياه، والإصلاح و/أو الحماية من الملوثات العضوية أو غير العضوية، والتخفيف من انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري العالمي ( $CH_4$  و  $N_2O$ ،  $CO_2$ )



شكل 2 مصادر متنوعة لانتاج الفحم الحيوي [6]

### 3.1 حبيبات أكسيد الزنك النانوية

تعد تقنية النانو Nanotechnology إحدى التقنيات الجديدة التي دخلت تقريبا جميع جوانب حياتنا واستعملت في زيادة الانتاج الزراعي، وهو ما يسمى في المجال الزراعي Agro Nano technology حيث انها واحدة من الأساليب الواعدة لزيادة انتاج المحاصيل إضافة الى ذلك انها تمتلك كل الخصائص المطلوبة لاستخدامها بشكل فعال في هذا المجال مثل الذوبان العالي والكفاءة الجيدة إضافة الى ذلك يمكن استخدامها بكميات صغيرة وهذا يزيد من كفاءة الأسمدة كما يمكن تخزينه لفترات اطول نتيجة ثباتها العالي تحت الظروف المختلفة. [7]

الجسيمات النانوية (NPs)، التي يتراوح حجمها من 1 إلى 100 نانومتر، لها خصائص فريدة تعزى إلى المساحات السطحية الأكبر، والقدرة على التجميع الذاتي في السنوات الأخيرة، تم استخدام ZnO NPs على نطاق واسع كمواد جديدة في مختلف المجالات.

جسيمات أكسيد الزنك النانوية (ZnO-NPs) هي جسيمات نانوية من أكسيد الزنك (ZnO) يبلغ قطرها أقل من 100 نانومتر. لديها مساحة سطح كبيرة نسبيًا لحجمها ونشاطها التحفيزي العالي. جسيمات أكسيد الزنك النانوية هي واحدة من مواد أكسيد المعادن النانوية ومركب قيم ومتعدد الاستخدامات بسبب خصائصه الفيزيائية والكيميائية الفريدة. فهي تمتلك استقرارًا كيميائيًا عاليًا، وظيف امتصاص إشعاعي موسع، ومعامل اقتران كهروكيميائي مرتفع، وثبات ضوئي عالي، كما هو موضح بالشكل 3. تعتمد الخصائص الفيزيائية والكيميائية الدقيقة لجسيمات أكسيد الزنك النانوية على الطرق المختلفة التي يتم تصنيعها بها. بعض الطرق الممكنة لإنتاج جسيمات أكسيد الزنك النانوية هي الطرق الحرارية المائية، الترسيب الكهروكيميائي، طريقة السول-جل، الترسيب الكيميائي للبخار، التحلل الحراري، طرق الاحتراق، التخليق الميكانيكي-الحراري المكون من خطوتين، الأكسدة، الترسيب المشترك، والترسيب الكهربائي.



شكل 3 خصائص جسيمات أكسيد الزنك النانوية (ZnO-NPs)



#### 4.1 مزيج الاكاسيد العضوية مع الفحم الحيوي

المركبات النانوية لأكسيد المعدن المعتمدة على الفحم الحيوي هي مواد فحم حيوي معدلة جديدة تجمع بين مزايا الفحم الحيوي والمواد النانوية تعمل عملية الصياغة هذه على تغيير الخواص الفيزيائية والكيميائية للفحم الحيوي، مما يحسن بشكل كبير عزل الكربون وخصوبة التربة هذه المواد لها خاصة بها.

المركبات النانوية لأكسيد المعادن القائمة على الفحم الحيوي هي الفئات الجديدة من مواد الفحم الحيوي المعدلة التي تجمع بين فوائد الفحم الحيوي والمواد النانوية تعدل عملية التركيب الخصائص الفيزيائية الكيميائية للفحم الحيوي، مما يحسن بشكل ملحوظ من عزل الكربون وخصوبة التربة هذه المواد لها خصائص الفيزيائية الكيميائية الخاصة بها، مثل المساحة السطحية المحددة العالية وقدرة تبادل الكاتيون عادة ما يكون لها قدرة تسميد عالية جدا في الزراعة ويمكن أن توفر مستوى كاف من العناصر الغذائية لنمو النبات. [8]

مركبات أكاسيد المعادن-الفحم الحيوي يتم تحضيرها بعدة طرق منها: التشريب (Impregnation)، الترسيب الكيميائي المشترك (Chemical co-precipitation) و الانحلال الحراري المباشر ( Direct pyrolysis).

• التشريب هو الطريقة الأكثر شيوعا مركبات أكاسيد المعادن-الفحم الحيوي والذي يتضمن غمر مسحوق الفحم الحيوي الصلب في محلول يحتوي على مكونات نشطة، مما يسمح للأخير بالالتصاق بالمادة الصلبة.

• الترسيب الكيميائي المشترك، يتم حث الأملاح المعدنية في المحلول على الترسيب والالتصاق بسطح الفحم الحيوي عن طريق ضبط درجة الحموضة في المحلول والتخفيض الكيميائي ووسائل أخرى (Luo et al., 2019).

• **الانحلال الحراري المباشر**، يشير الانحلال الحراري المباشر إلى طريقة إعداد مركبات الفحم الحيوي عن طريق الكتلة الحيوية الغنية بالمعادن الانحلال الحراري في بيئة لاهوائية (ياو وآخرون، 2013ب). فإن الانحلال الحراري المباشر أسهل في التنفيذ من طرق التحضير الأخرى. على الرغم من أن هذه الطريقة سهلة التشغيل، إلا أنه يجب أخذ عاملين رئيسيين في الاعتبار بشكل كامل عند استخدامهما، وهما اختيار درجة حرارة الانحلال الحراري المثلى وتوافر الكتلة الحيوية المستهدفة للتحلل الحراري.

بالإضافة إلى الطرق المذكورة أعلاه، تم تطوير طرق أخرى لتحضير مركبات أكاسيد المعادن-الفحم الحيوي النانوية (Metal oxide-biochar nanocomposites) مؤخرًا، مثل الطحن بالكرة وطريقة السول-جل [9]

**جدول 1** المزايا والعيوب للطرق الشائعة المستخدمة في تحضير لتحضير مركبات أكاسيد المعادن-الفحم الحيوي النانوية [9].

العيوب	المزايا	طريقة التحضير
- قد يسبب تلوث كيميائي	- سهولة التشغيل - المركبات لديها قدرة كبيرة على امتصاص المعادن الثقيلة	التشريب Impregnation
- قد تسبب ظروف التفاعل القاسية تلوث كيميائي ، أكثر تعقيدا من التشريب	- منخفضة التكلفة - عالية النقاء - قياس متكافئ دقيق - جسيمات نانوية متجانسة	الترسيب الكيميائي المشترك Chemical co-precipitation

<ul style="list-style-type: none"> <li>- من الصعب التحكم في نسبة أكاسيد المعادن النانوية في المركبات</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- الكتلة الحيوية المخصبة بالفعل بالمعادن الثقيلة المستهدفة ، مما يسهل عملية الحضير</li> </ul>	<p>الانحلال الحراري المباشر Direct pyrolysis</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- من السهل التفريق في الماء، والانتقال إلى الجريان السطحي، يمكن أن تهاجر الملوثات من الموقع الملوث، مما يشكل مخاطر محتملة على المياه الجوفية</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- منخفضة التكلفة</li> <li>- سهولة التشغيل</li> <li>- لا تلوث كيميائي</li> <li>- تقليل فعال لحجم جسيمات أكاسيد المعادن</li> </ul>	<p>الطحن بالكرة Ball milling</p>

## 5.1 الذرة

الذرة الصفراء (*Zea mays L.*) نبات عشبي سنوي من الفصيلة النجيلية ويعتبر من محاصيل الحبوب المهمة في العالم ومن أهم محاصيل الحبوب بعد القمح والأرز. تعتبر الذرة الصفراء (شكل 4) من المحاصيل الإنتاجية سريعة النمو وهي من محاصيل الحبوب ذات الأهمية الاقتصادية نظراً لقيمتها الغذائية [10] ونظراً لاستخدامه في تغذية الإنسان والحيوانات ودخوله في العديد من القطاعات الصناعية، فإن أهميته تأتي في المرتبة الثالثة من حيث المساحة والإنتاج [11] كما ترجع أهميته الاقتصادية إلى: احتواء حبوبه على نسبة عالية من الكربوهيدرات، البروتين والزيت والرماد، بالإضافة إلى أن حبوبه تحتوي على ظفيتامينات E و B1 و B2، ويمكن استخدام سيقانه وأوراقه في صناعة أنواع مختلفة من الورق.

يعتبر محصول الذرة الصفراء عالي الربحية من بين محاصيل الحبوب الأخرى لمحصوله العالي في وحدة المساحة والزمن، حيث بلغت المساحة المزروعة منه في العالم للعام نفسه ما يقارب 182 مليون هكتار

وبإنتاجية بلغت 824 مليون طن وبمعدل بلغ 4672 كغم/هكتار. من المتوقع في البداية أن يصل إنتاج الذرة إلى 1.17 مليار طن في عام 2023، إلا أن إنتاج الذرة العالمي انخفض قليلاً - 1.15 مليار طن. ومع ذلك، يتوقع مجلس الحبوب الدولي (IGC) أن يرتفع إنتاج الذرة العالمي بشكل حاد إلى مستوى تاريخي يبلغ 1.233 مليار طن في السنة التسويقية 2024-2025. من المتوقع أن يكون نمو السوق مدفوعاً بعوامل مثل النمو السكاني وتزايد الطلب على علف الحيوانات والاستخدامات الصناعية وزيادة استخدام نشا الذرة. وفي السنة التسويقية 2023-2024، بلغ إنتاج الذرة في الولايات المتحدة 389.7 مليون طن، أي ما يقرب من ثلث الإجمالي العالمي.



شكل 4 الذرة الصفراء

محصول الذرة الصفراء من المحاصيل الغذائية الصناعية ذات الأهمية الاقتصادية ذات القيمة الغذائية العالية التي يمكن أن تدخل العديد من القطاعات الغذائية، خاصة للاستهلاك البشري في تحضير العديد من الأطعمة أو إنتاج الأعلاف الحيوانية، وبسبب انخفاض محتوى التربة من المواد العضوية في مناطق ليبيا يتطلب ذلك علينا استخدام الطرق الزراعية لزيادة إنتاجية هذه النباتات والتي تشمل إضافة الأسمدة العضوية (الفحم الحيوي) والمركبات النانوية سواء كانت منقوعة أو مرشوشة أو مسمدة حيث أن ذلك يعتبر زيادة في خصوبة التربة وإنتاجيتها، وهو حجر الأساس الذي يجب وضعه للحد من البيئة تلوث.

## 6.1 الدراسات السابقة

جدول 2 يتضمن بعد الدراسات السابقة التي تم فيها استخدام المركبات النانوية كأكسيد الزنك، والفحم الحيوي ومركب أكسيد الزنك-الفحم الحيوي في عملية إنبات ونمو بعض النباتات.

### جدول 2 بعض الدراسات السابقة

المرجع	اسم النبات	نوع المادة المستخدمة	نوع المركب
[12]	الطماطم	قشر الأرز	BC
(Bu <i>et al.</i> , 2020)	الذرة	قش القمح	BC
[13]	الخس	مخلفات القهوة	BC
{Adejumo, 2020 #4	الفاول	تفل القهوة	BC
(Wacal <i>et al.</i> , 2023)	بقوليات/ طماطم	قش الذرة	BC
(Wacal <i>et al.</i> , 2023	البطاطس	قشور القهوة	BC
(parasad <i>et al.</i> , 2012)	الفاول	أكسيد الزنك النانوي	ZnO
[14]	الأرز	أكسيد الزنك النانوي	ZnO
(Davaranaha <i>et al.</i> , 2016)	الرمان	أكسيد الزنك النانوي	ZnO
Meena <i>et al.</i> , 2017)	الذرة	أكسيد الزنك النانوي	ZnO
(Younes <i>et al.</i> , 2022)	فلفل / طماطم / الباذنجان	أكسيد الزنك النانوي	ZnO
(Itrotwar <i>et al.</i> , 2020)	الأرز	أكسيد الزنك النانوي	ZnO
(Taranath and Gokak, 2015)	البقلة	أكسيد الزنك النانوي	ZnO
([15]	الذرة	تفل القهوة + الزنك	ZnO/BC
[16]	محاصيل زراعية	قشور القهوة + الزنك	ZnO/BC

## 7.1 أهداف البحث

بناء على الخصائص سالفة الذكر للفحم الحيوي وأكسيد الزنك النانوي ومركب أكسيد الزنك-الفحم الحيوي، يهدف هذا البحث إلى:

- تحضير أكسيد الزنك النانوي، والفحم الحيوي ومركب أكسيد الزنك-الفحم الحيوي.
- دراسة إمكانية استخدام المركبات المحضرة في عملية إنبات ونمو الذرة الصفراء.

## 2. الجزء العملي

### 1.2 المواد الكيميائية والأجهزة المستخدمة

#### 1.1.2 المواد الكيميائية المستخدمة


#### جدول 3. المواد الكيميائية المستخدمة

رقم	المادة الكيميائية	الصيغة الكيميائية	الوزن الجزيئي (g/mol)	الشركة المصنعة
1	خلات الزنك المائية	$(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Zn} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	219.50	AnalaR
2	هيدروكسيد الصوديوم	NaOH	40	FIUKA
3	هيدروكسيد البوتاسيوم	KOH	56.1	CARLO ERBA
4	إيثانول	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	46.06	CARLO ERBA

#### 2.1.2 الاجهزة المستخدمة



جدول 4 يضم قائمة بالأجهزة المختلفة المستخدمة في هذا البحث.

#### جدول 4. الاجهزة المستخدمة

رقم	الجهاز	الشركة المصنعة	صور الأجهزة المستخدمة
1	فرن تجفيف Drying oven	Memmert Oven	

	<p>OHAUS, GA110</p>	<p>ميزان حساس Sensitive balance</p>	<p>2</p>
	<p>Hanna</p>	<p>مقياس درجة الحرارة Thermometer</p>	<p>3</p>
		<p>مقياس الـ اس الهيدروجيني (pH) pH-meter</p>	<p>4</p>
	<p>JENWAY Model 7205</p>	<p>جهاز قياس طيف الاشعة فوق بنفسجية/المرئية UV/Vis spectrophotometer</p>	<p>5</p>
	<p>Marienfeld (M16.5)</p>	<p>مسخن كهربائي مغناطيسي هزاز Vibrating electric magnetic heater</p>	<p>6</p>
	<p>Muffle Furnace (Stuart)</p>	<p>فرن حرق Burning Furnace</p>	<p>7</p>



	<p>Labnet Hermle Z 200 M/H</p>	<p>جهاز الطرد المركزي Centrifuge</p>	<p>8</p>
	<p>Thermo Scientific Nicolet 380 FTIR Spectrometer</p>	<p>جهاز فوريية الأشعة الحمراء (FTIR) Fourier transform infrared spectroscopy</p>	<p>9</p>

بالإضافة إلى الكيماويات والأجهزة المستخدمة تم استخدام الأدوات التالية: كؤوس سعة (25 mL)، 250، 500، 1000) مطحنة "هاون"، بواتق خزفيه لحرق العينات، ساق زجاجي لتحريك، قطعة مغناطيس، مقلب مغناطيسي، قطارة بلاستيكية، دوارق قياسي سعة (250 mL، 500)، قمع فصل، حامل لتثبيت القمع، اطباق بتري، قمع عادي صغير، ورق ترشيح سعته 250 mL، ملعقة صغيرة، مخبار مدرج سعة 100 mL.

## 2.2 تحضير المركبات

### 1.2.2 تحضير مسحوق حبيبات أكسيد الزنك النانوية

في هذا البحث تم استخدام طريقة الترسيب المشترك (Co-precipitation) لتحضير 7g من مسحوق حبيبات أكسيد الزنك النانوية (Zinc oxide nanoparticles, ZnO NPs)، كما هو موضح بالشكل 5. في البداية تم إذابة 13.47g من حالات الزنك المائية في 100 mL من الماء المقطر. بعد ذلك تم إضافة محلول 3M هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) قطرة قطرة كعامل ترسيب مع التحريك المستمر حتى وصول المخلول إلى pH 12. بعد ذلك ترك المخلول على المسخن لمدة ساعتين عند درجة حرارة

#### 4. الخلاصة والتوصيات

##### 1.4 الخلاصة

في هذا البحث تم استخدام طريقة الترسيب المشترك لتحضير أكسيد الزنك النانوي (ZnO NPs) وأكسيد الزنك النانوي-الفحم الحيوي (ZnO NPs-BC composite) وذلك لغرض استخدامه في عملية إنبات ونمو الذرة الصفراء. خلصت الدراسة إلى إبراز أهم التراكيز من المركبات المحضرة التي أدت لتأثير معنوي في جميع القياسات المدروسة وكانت كالتالي:

1- التركيز 600 mg/L من أكسيد الزنك أثر بزيادة معنوية على النسبة المئوية للإنبات عند معاملة أكسيد الزنك بدون الفحم الحيوي ومعاملات أكسيد الزنك مع الفحم الحيوي بجميع الأوزان المستخدمة مقارنة مع الشاهد ومقارنة مع الفحم الحيوي فقط. وكانت أفضل نسبة إنبات عند معاملة أكسيد الزنك مع 10g فحم حيوي حيث سجلت نسبة إنبات 93.33%.

2- التركيز 600 mg/L من أكسيد الزنك أثر بزيادة معنوية على سرعة الإنبات عند معاملة أكسيد الزنك مع 10g فحم حيوي ومعاملة أكسيد الزنك مع 15g فحم حيوي مقارنة مع الشاهد ومقارنة مع معاملي الفحم الحيوي فقط وأكسيد الزنك بدون فحم حيوي. وكانت أفضل سرعة إنبات عند معاملة أكسيد الزنك مع 10g فحم حيوي حيث سجلت سرعة إنبات 9.06 بذرة/اليوم.

3- التركيز 100 mg/L أثر أكسيد الزنك النانوي والفحم الحيوي بجميع التراكيز المستخدمة على طول المجموع الخضري لنبات الذرة لجميع المعاملات، أعطت معاملة أكسيد الزنك مع 15g فحم حيوي أفضل نتيجة حيث وصل طول النبات فيها إلى 60.66 سم.

4- بلغت أعلى قيمة للوزن الرطب للمجموع الخضري عند معاملة أكسيد الزنك مع 10g فحم حيوي بالنسبة للتركيز 100 mg/L ، حيث كانت 5.95 جم ولكن بدون فرق معنوي.

- 5- بلغت أعلى قيمة للوزن الجاف للمجموع الخضري عند معاملة أكسيد الزنك مع 10g فحم حيوي بالنسبة للتركيز 100 mg/L ، حيث كانت 0.974 جم ولكن بدون فرق معنوي.
- 6- أعطت معاملة أكسيد الزنك مع 10g فحم حيوي أفضل نتيجة لطول الجذور بالنسبة للتركيز 100 mg/L حيث وصل فيها إلى 29.00 سم ولكن بدون فرق معنوي.
- 7- التركيز 600 mg/L فكانت هناك فروق معنوية وبلغ أفضل طول للمجموع الجذري عند معاملة أكسيد الزنك مع 15g فحم حيوي يليه معاملة أكسيد الزنك ثم معاملة أكسيد الزنك مع 10g فحم حيوي فكانت 30.16 سم و 29.38 سم و 28.00 سم، على التوالي، وكانت جميع الفروق معنوية.
- 8- وصلت أعلى قيمة للوزن الرطب للمجموع الجذري عند معاملة أكسيد الزنك مع 10g فحم حيوي بالنسبة للتركيز 100 mg/L ولكن بدون فرق معنوي.
- 9- هناك فروق معنوية بين جميع المعاملات بالنسبة للتركيز 100 mg/L والتركيز 600 mg/L حيث أثر أكسيد الزنك النانوي مع الفحم الحيوي بجميع الأوزان المستخدمة على قوة بذور نبات الذرة لجميع المعاملات.
- 10- تزداد قوة البذور معنوياً بزيادة أوزان الفحم الحيوي للقهوة مع أكسيد الزنك النانوي لكلا التركيزين إلى أن تصل إلى معاملة أكسيد الزنك مع 15g فحم حيوي ثم تنخفض بشكل معنوي عند معاملة أكسيد الزنك مع 20g فحم حيوي.
- 11- يزداد دليل قوة البادرات معنوياً بزيادة أوزان الفحم الحيوي مع أكسيد الزنك النانوي إلى أن يصل معاملة أكسيد الزنك مع 15g فحم حيوي ثم ينخفض عند معاملة أكسيد الزنك مع 20g فحم حيوي.

## 2.4 التوصيات

بناءً على النتائج المتحصل عليها في هذا البحث، نقترح التوصيات و الدراسات المستقبلية التالية:

- دراسة إمكانية المركبات المحضرة في عملية الإنبات والنمو لنبات الذرة الصفراء في ظروف أخرى كالملوحة والجفاف.
- دراسة إمكانية استخدام المركبات المحضرة في عملية تسميد النباتات والرش الورقي.
- أظهرت النتائج المتحصل عليها انه بإستخدام مخلفات القهوة ككتلة حيوية (متاحة بسهولة و منخفضة التكلفة وصديقة لبيئة) للحصول على الفحم الحيوي ، تم بنجاح في عملية الإنبات والنمو لنبات الذرة الصفراء
- إستخدم المخلفات الغذائية في تحضير الفحم الحيوي سوف يؤدي بدوره إلى التقليل من الآثار البيئية المترتبة على المخلفات الصلبة.

- .1 Zahedi, R., et al., *Water, energy, food and environment nexus (WEFEN): Sustainable transition, gaps and Covering approaches*. 2024. **54**: p. 101496.
- .2 Szaja, A., et al., *Pre-Treatment of Spent Coffee Grounds Using Hydrodynamic Cavitation*. 2024. **17**(9): p.2229 .
- .3 Xie, M., et al., *Rheology and microstructure effects of waste spent coffee grounds in modifying asphalt binder*. 2023. **1**(1): p. 3.
- .4 Reichembach, L.H. and C.L.J.C.p. de Oliveira Petkowicz, *Extraction and characterization of a pectin from coffee (Coffea arabica L.) pulp with gelling properties*. 2020. **245**: p. 116473.
- .5 Chi, W., et al., *Stress resistance enhancing with biochar application and promotion on crop growth*. 2024. **6**(1): p. 43.
- .6 Bhattacharya, T., et al., *Advances and prospects for biochar utilization in food processing and packaging applications*. 2024: p. e00831.
- .7 Ali, S., et al., *Combined use of biochar and zinc oxide nanoparticle foliar spray improved the plant growth and decreased the cadmium accumulation in rice (Oryza sativa L.) plant*. 2019. **26**: p. 11288-11299.
- .8 Ghassemi-Golezani, K. and S.J.R. Farhangi-Abriz, *Biochar-based metal oxide nanocomposites of magnesium and manganese improved root development and productivity of safflower (Carthamus tinctorius L.) under salt stress*. 2 :19 .021p. 100416.
- .9 Zhao, C., et al., *Formation and mechanisms of nano-metal oxide-biochar composites for pollutants removal: A review*. 2021. **767**: p. 145305.
- .10 Balbaa, M.G., et al., *Determination of morpho-physiological and yield traits of maize inbred lines (Zea mays L.) under optimal and drought stress conditions*. 2022. **13**: p. 959203.
- .11 Orhun, G.E., et al., *Maize for life*. 2013. **3**(2): p. 13-16.
- .12 Abid, N., et al., *Synthesis of nanomaterials using various top-down and bottom-up approaches, influencing factors, advantages, and disadvantages: A review*. 2022. **300**: p. 102597.
- .13 Scarlat, N., et al., *The role of biomass and bioenergy in a future bioeconomy: Policies and facts*. 2015. **15**: p. 3-34.
- .14 Dawerasha, S.S., et al., *Effect of coffee husk biochar and inorganic NP fertilizer on soil properties, growth and yield of potato (Solanum tuberosum L.) on acidic soil of southwest Ethiopia*. 2024. **5**(1): p. 56.
- .15 Sohail, et al., *Molecular effects of biogenic zinc nanoparticles on the growth and development of Brassica napus L. revealed by proteomics and transcriptomics*. 2022. **13**: p. 798751.
- .16 Wang, B., et al., *Advances in recycling and utilization of agricultural wastes in China: Based on environmental risk, crucial pathways, influencing factors, policy mechanism*. 2016. **31**: p. 12-17.

- .17 Ahiduzzaman, M. and A.J.S. Sadrul Islam, *Preparation of porous bio-char and activated carbon from rice husk by leaching ash and chemical activation*. 2016. **5**(1): p. 1248.
- .18 Marcar, N.J.P. and Soil, *Effect of calcium on the salinity tolerance of Wimmera ryegrass (*Lolium rigidum* Gaud., cv. Wimmera) during germination*. 1986. **93**: p. 129-132.
- .19 Williams, M.D. and I.A.J.A.J.o.B. Ungar, *The effect of environmental parameters on the germination, growth, and development of Suaeda depressa (Pursh) Wats*. 1972. **59**(9): p. 912-918.
- .20 Camargo, C. and C. Vaughan. *Effect of seed vigor on field performance and yield of grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench)*. in *Proceedings of the Association of Official Seed Analysts*. 1973. JSTOR.
- .21 Farahani, H.A. and K.J.A.i.E.B. Maroufi, *Hydropriming and NaCl influences on seedling growth in Fenugreek (*Trigonella Foenum-Graecum*)*. 2011. **5**(5): p. 821-827.
- .22 Pang, G.-F., et al., *Modification of AOAC multiresidue method for determination of synthetic pyrethroid residues in fruits, vegetables, and grains. Part I: Acetonitrile extraction system and optimization of florisil cleanup and gas chromatography*. 1995. **78**(6): p. 1481-1488.
- .23 Carleton, A.E. and W.H. Foote, *A comparison of methods for estimating total leaf area of barley plants*. 1965.
- .24 Wintermans, J. and A.J.B.e.B.A.-B.i.P. De Mots, *Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their phenophytins in ethanol*. 1965. **109**(2): p. 448-453.