الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة الإخوة منتوري قسنطينة 1
Frères Mentouri Constantine 1 University
Université Frères Mentouri Constantine 1

جامعة الإخوة منتوري قسنطينة 1 — Université des Frère Mentouri Constantine1

كلية علوم الطبيعة و الحياة — Faculté des sciences de la Nature et de la vie

قسم: بيولوجيا و ايكولوجيا النبات — **Département** : Biologie et Ecologie Végétale

مذكرة التخرج للحصول على شهادة الماستر

ميدان: علوم الطبيعة و الحياة

الفرع: بيولوجيا و فيزيولوجيا النبات

التخصص: التنوع الحيوي و فيزيولوجيا النبات

عنوان البحث

دراسة التنوع البروتيني لبعض أنماط النجليات الثانوية: الدخن *Pennisetum sp.* و الذرة الرفيعة *Sorghum bicolor* المنزرعة في الجزائر

من إعداد:

حمود هبة الله

فردي ليليان

بتاريخ: 21 جوان 2023

لجنة المناقشة:

رئيس اللجنة: بودور ليلى	أستاذة التعليم العالي	جامعة الإخوة منتوري قسنطينة **1**
المشرفة: شايب غنية	أستاذة التعليم العالي	جامعة الإخوة منتوري قسنطينة **1**
مساعد المشرف: سماعلي محمد أمين		معهد الأبحاث البيوتكنولوجية الحية
الممتحن: جروني عيسى	أستاذ محاضر –ب–	جامعة الإخوة منتوري قسنطينة **1**

السنة الجامعية 2022 / 2023

شكر و عرفان

الحمد لله حمدا يليق بسلطانه العظيم و بوجه الكريم حمدا كثيرا اللهم لك الحمد حتى ترضى و لك الحمد إذا رضيت و الصلاة و السلام على أشرف المرسلين و خاتمي النبيين سيدنا محمد و على آله و صحبه أجمعين .

يجدر بنا في هذا المقام أن نتقدم بالشكر الجزيل إلى أستاذتنا المحترمة شايب غنية أستاذة التعليم العالي بجامعة منتوري قسنطينة على تأطيرها لهذه المذكرة و على رحابة صدرها و توجيهاتها القيمة التي كانت عونا لنا في إتمام هذا البحث.

دون أن ننسى الدكتورة العابد حنان التي كانت عونا لنا في هذا البحث.

الشكر موصل للأستاذة بودور ليلى على قبولها رئاسة لجنة المناقشة و الأستاذ جروني عيسى على قبوله مناقشة و إثراء هذا العمل من خلال ما سيقدمهما من نقد بناء .

و لا يفوتنا شكر عمال المخابر بـ CRBT علي منجلي قسنطية و خاصة السيد محمد أمين سماعلي و السيدة حواري فايزة . نختم بأسمى عبارات الشكر لعائلتينا الكريمتين لتشجيعهم و تحفيزهم لنا طيلة المشوار الدراسي و إلى كل من ساعدنا على إتمام هذا البحث

شكرا لكم جميعا جزاكم الله خيرا و الله الموفق.

الاهداء

أحمد الله عز وجل الذي منحني العقل و أنعم علي بالعلم و ألهمني الصبر و يسر لي دربي و مكنني من تخطي الصعاب و قدرني على إتمام هذا العمل المتواضع .

إلى من قال الله تعالى فيهما : "و اخفض لهما جناح الذل من الرحمة و قل ربي ارحمهما كما ربياني صغيرا" الإسراء الآية 24

إلى الذي أحمل اسمه بكل فخر إلى سندي و ملاذي ، الى الذي رافقني بالحب و الرعاية أبي الغالي أطال الله عمره .

إلى التي لا يطيب النهار إلا برؤيتها و لا تحلو الأيام إلى بوجودها ، الى التي حملتني وهنا على وهن أمي الحبيبة أطال الله في عمرها .

إلى من كانوا معي في السراء و الضراء إخوتي عامر، ياسر، عبد الجليل و محمد علي، الى عصفورة العائلة اختي رحمة الله، دون أن انسى صديقاتي و رفيقات دربي "ليليان، هبة ، مروة".

الى كل من شاركني مشواري الدراسي و كان عونا لي بكلمة طيبة إلى كل من شاركني في إنجاز هذا العمل ، الى كل من و سعتهم ذاكرتي و لم تسعهم مذكرتي .

هبة الله

الاهداء

بسم الله الرحمان الرحيم

و قل اعملوا فسيرى الله عملكم و رسوله و المؤمنين.

إلهي لا يطيب الليل إلا بشكرك ،و لا يطيب النهار إلا بطاعتك ، و لا تطيب اللحظات إلا بذكرك و لا تطيب الآخرة إلا بعفوك ، و لا تطيب الجنة إلا برؤيتك الله .

إلى من بلغ الرسالة ، و أدى الأمانة ، و نصح الأمة ، إلى نبي الرحمة و نور العالمين ، سيدنا محمد صلى الله عليه و سلم.

إلى من كلله الله بالهيبة و الوقار ، إلى من علمني العطاء دون انتظار إلى والدي سندي الغالي حفظه الله و متعه بالصحة و العافية .

إلى بسمة الحياة و سر الوجود ، إلى من كان دعاؤها سر نجاحي و حنانها بلسم جراحي أمي حبيبتي حفظه الله و متعها بالصحة و العافية.

إلى إخوتي أغلى ما في قلبي نسيم و آدم ،دون أن انسى أغلى صديقة و رفيقة دربي "هبة الله"

إلى كل من شاركني في إنجاز هذا العمل إلى كل إنسان آمن بربه و اعتز بوطنه

ليليان

فهرس المحتويات

قائمة الاشكال

قائمة الجداول

قائمة المختصرات

الملخصات

المقدمة 1

استعراض المراجع

I. النموذج النباتي 5

I.1.الدخن 5

I.1.1. تعريف نبات الدخن 5

I.1.2. أنواع الدخن 6

الدخن اللؤلؤي*Pennisetum glaucum* 6

دخن الإصبع*Eleusine coracana L* 6

دخن الثعلب *Setaria italica L* 6

دخن بروسو *Panicum miliaceum L* 7

الدخن الصغير *Panicum miliance* 7

الدخن بني القمة *Panicum romosum* 7

I.1.3. الأصل الجغرافي لنبات الدخن 8

I.1.4. تصنيف الدخن 9

I.1.5. الوصف المورفولوجي للنبات 9

المجموع الجذري 10

الساق 10

الأوراق 10

النورة 11

الحبة 12

I.1.6. دورة حياة الدخن 13

الطور الخضري 13

الطور التكاثري 13

طور نضج و تشكل الحبة 13

I.1.7. العوامل المؤثرة على دورة حياة الدخن 14

I.1.7 .1. المعيقات اللاحيوية 14

I.1.7 .2. معيقات حيوية 15

I.1.8. زراعة و إنتاج الدخن 18
I.1.8.1. زراعة و إنتاج الدخن في العالم 18
I.1.8.2. الزراعة و الإنتاج في الجزائر 21
I.1.9. التركيب الكيميائي 22
I.1.10. فوائد الدخن 24
I.1.11. إضرار الدخن 25
I.2. الذرة الرفيعة 26
I.2.1. تعريف نبات الذرة الرفيعة 26
I.2.2. أنواع الذرة الرفيعة 27
I.2.3. الأصل الجغرافي لنبات الذرة الرفيعة 27
I.2.4. تصنيف الذرة الرفيعة 28
I.2.5. الوصف المورفولوجي للنبات 28
المجموع الجذري 28
الساق 29
الأوراق 29
النورة 30
الحبة 30
I.2.6. دورة حياة الذرة الرفيعة 30
طور الانبات و تشكل البادرات 31
الطور الخضري 31
الطور التكاثري 31
طور نضج و تشكل الحبة 32
I.2.7. العوامل المؤثرة على دورة حياة الذرة الرفيعة 33
I.2.7 .1. المعيقات اللاحيوية 33
I.2.7 .2. معيقات حيوية 34
I.2.8. زراعة و إنتاج الذرة الرفيعة 36
I.2.8.1. زراعة و انتاج الذرة في العالم 36
I.2.8.2. زراعة و انتاج الذرة في الجزائر 37
I.2.9. التركيب الكيميائي 37
I.2.10. فوائد الذرة الرفيعة 39
I.3. تقنية فصل البروتينات 39
I.3.1. فصل البروتينات بالرحلان الكهربائي 40

الطرق و الوسائل

II.الطرق و الوسائل 43
II.1. المادة النباتية 43

II.2. استخلاص البروتينات الكلية 44
II.2.1. تحضير العينة 45
II.2.2. تحضير الهلام 45
II.2.3. تحضير محلول السريان 46
II.2.4. تثبيت التلوين و إزالة التلوين 47
II.2.5. تصوير الهلام 47
II.3. الدراسة الإحصائية 47

النتائج و المناقشة

III. النتائج و المناقشة 49
III.1. الدراسة البيوكيميائية 49
III.1.1. تحليل الهلام 49
III.1.2. دراسة شجرة القرابة 58
III.1.3. دراسة مصفوفة الاختلاف 61
III.2. مناقشة النتائج 62
IV . الخاتمة 64
V . المراجع 67

قائمة الأشكال

رقم الشكل	العنوان	رقم الصفحة
1	**الأنواع المختلفة للدخن**	7
2	**نبات الدخن**	11
3	**مجموعة سنيبلات الدخن**	12
4	**الأشكال المختلفة لحبة الدخن**	12
5	**فئات اللون لحبوب الدخن**	13
6	**قروح الإصابة بتفحم الدخن**	16
7	**الإنتاج العالمي للدخن**	20
8	**البلدان العالمية المنتجة للدخن**	21
9	**زراعة أنواع الدخن في العالم**	21
10	**تأثير اليرقة على ساق الذرة الرفيعة**	35
11	**إصابة أوراق الذرة بلفحة الأوراق**	36
12	**صورة هلام الرحلان الكهربائي للبروتينات**	51
13	**الرحلان الكهربائي للبروتينات الكلية عند الأفراد المدروسة**	51
14	**شجرة القرابة للأفراد الستة المدروسة**	59

قائمة الجداول

رقم الجدول	العنوان	رقم الصفحة
1	**التصنيف النباتي للدخن**	9
2	**أكبر 10 دول منتجة للدخن في العالم**	20
3	**التركيب الكيميائي للدخن**	22
4	**محتوى بعض العناصر الغذائية في 100غ من مجموعة مختارة من الحبوب**	24
5	**تصنيف الذرة الرفيعة**	28
6	**التركيب الكيميائي للذرة الرفيعة**	38
7	**خصائص الستة أصناف من النجليات**	43
8	**مكونات هلام الفصل و التركيز**	46
9	**عدد الحزم و الأوزان الجزيئية لدى أصناف الدخن و الذرة الرفيعة**	52
10	**عدد الحزم و الأوزان الجزيئية لدى الدخن**	54
11	**عدد الحزم و الاوزان الجزيئية لدى الذرة الرفيعة**	55
12	**عدد الحزم المتنوعة و المشتركة لكل صنف**	57
13	**عدد الحزم المتنوعة المشتركة للأصناف المدروسة**	57
14	**عدد الحزم المتنوعة و المشتركة لكل صنف من اصناف الدخن**	59
15	**عدد الحزم المتنوعة المشتركة لأصناف الدخن المدروسة**	60
16	**عدد الحزم المتنوعة و المشتركة لكل صنف من اصناف الذرة الرفيعة**	60
17	**عدد الحزم المتنوعة المشتركة لأصناف الذرة الرفيعة المدروسة**	60
18	**توزيع الأفراد حسب المجموعات في شجرة القرابة**	60
19	**توزيع افراد الدخن حسب المجموعات في شجرة القرابة**	61
20	**مصفوفة الاختلاف بين الافراد الستة**	61
21	**مصفوفة الاختلاف بين افراد الدخن**	62

قائمة المختصرات

CRBT : معهد الأبحاث البيوتكنولوجية الحية

SDS-PAGE : التفريد الكهربى للبروتينات

M1 : الدخن الأصفر اللؤلؤي

M2 : الدخن الأصفر ذو الحبة الطويلة

M3 :"ادرار" الدخن الأخضر

M4 : دخن المغرب

S1 :"ادرار" الذرة البيضاء

S2 : ذرة سكيكدة

P :الحزم المتنوعة، حزم ذات تعدد مظهري متباين

U :حزم خاصة، كاشفة

M : حزم مشتركة، حزم أحادية المظهر

SDS : Sodium Dodecyl Sulfate

العنوان :دراسة التنوع البروتيني لبعض أنماط النجليات الثانوية: الدخن *Pennisetum sp.* و الذرة الرفيعة *Sorghum bicolor* المنزعة في الجزائر

الملخص

أجريت هذه الدراسة بمركز الأبحاث البيوتكنولوجي CRBT بالمدينة الجديدة علي منجلي قسنطينة ،بهدف فصل البروتينات الكلية ل 6 أنماط من النجليات الثانوية الدخن (***Pennisetum sp.***)و الذرة الرفيعة (*Sorghum bicolor*) المنزرعة بالجزائر ، باستعمال تقنية الرحلان الكهربائي Electrophorèse (SDS-PAGE)التي تعتمد على فصل البروتينات حسب وزنها الجزيئي تحت تأثير حقل كهربائي في هلام Polyacrilamide .

كشفت النتائج عن وجود 84 حزمة مختلفة الأوزان الجزيئية تتراوح بين 10.6KDa-KDa118.9 ، اتضح وجود تنوع بين الأفراد المدروسة من حيث عدد الحزم ،الحزم المشتركة ،الحزم الخاصة و كذلك نسبة التنوع . حيث أظهرت الأفراد M1و S1 و S2 أكبر عدد من الحزم كما أن أغلبية الأفراد شكلت حزم خاصة، و قدرت نسبة العدد المظهري ب 100%.

تبين من خلال تحليل شجرة القرابة وجود أربع مجموعات رئيسية بحيث تضم المجموعة الرئيسية الأولى ثلاث أنماط وراثية المتمثلة في (M2, M3, M4)، يظهر كل نمط وراثي تنوعا كبيرا و يختلف وراثيا عن الآخر بينما ينتمون إلى نفس النوع ***Pennisetum sp.*** .

تعطي المجموعات الثلاثة الأخرى تنوع جيني فريد يتمثل في كل من الفرد (M1, S1, S2)

بالرغم من أن الفرد M1 ينتمي لنوع الدخن إلا انه يشبه لأفراد صنف الذرة الرفيعة *Sorghum bicolor* أكثر من أفراد صنفه.

الكلمات المفتاحية :

- Electrophorèse (SDS-PAGE)-*Sorghum bicolor*- *Pennisetum sp.*

البروتينات الكلية –polymorphisme

Titre : Etude du polymorphisme protéique de quelques génotypes des céréales secondaires : le mil (*Pennisetum sp.)* et le sorgho (*Sorghum bicolor)* cultivés en Algérie.

Résumé

Cette étude est réalisée au centre de recherche de biotechnologie (CRBT) à ALI MENDJLI Constantine dans le but d'estimer les protéines totales pour six variétés de mil *Pennisetum sp.* et sorgho *Sorghum bicolor* à l'aide de la technique d'électrophorèse qui permet de séparer les protéines selon leur poids moléculaire.

Les résultats obtenus montrent une richesse en termes de diversité protéique des céréales secondaires, en effet le profil électrophoretique des protéines totales révèle la présence de 84 bandes protéiques de poids moléculaire différent variant de 10,6KDa à 118,9KDa ce qui suggère un polymorphisme remarquable entre les individus étudiés. Les génotypes M1, S1, S2 ont montré le plus grand nombre de bandes dont le pourcentage de polymorphisme estimé à 100%.

Suite à l'analyse de La classification hiérarchique , quatre groupes principaux sont identifiés, le premier regroupe 3 génotypes (M2, M3, M4) présentant une forte diversité, chaque génotype est génétiquement différent de l'autre alors qu'ils appartiennent à la même espèce (*Pennisetum sp.)*

Les trois autres groupes sont représentés par un profil génétique unique représentant les individus suivant M1, S1, S2. Alors que le génotype M1 qu'il appartient a l espèce du mil il est plus semblable à celui de génotype S1 et S2 de l'espèce de *Sorghum bicolor* que aux autres génotypes du son espèce.

Mots clés : *Pennisetum sp.-Sorghum bicolor*- protéines totales – Polymorphisme - Électrophorèse (SDS-PAGE).

Title: Study of the protein polymorphism of certain types of secondary gramineae: millet and sorghum *Sorghum bicolor* cultivated in Algeria.

Summary

This study was realized at the Biotechnology Research Center (CRBT) in ALI MENDJLI Constantine with the aim of estimating the total proteins for six varieties of millet *Pennisetum.sp* and sorghum *Sorghum bicolor* using the electrophoresis technique that separates proteins according to their molecular weight.

The results obtained show a richness in terms of protein diversity of coarse grains, indeed the electrophoretic profile of total proteins reveals the presence of 84 protein bands of different molecular weight ranging from 10.6KDa to 118.9KDa which suggests a remarkable polymorphism between the individuals studied. Genotypes M1, S1, S2 showed the highest number of bands with an estimated 100% percentage of polymorphism.

Following the analysis of the Hierarchical classification , four main groups are identified, the first includes 3 genotypes (M2, M3, M4) with high diversity, each genotype is genetically different from the other while they belong to the same species (*Pennisetum sp)* The other three groups are represented by a unique genetic profile representing individuals following M1, S1, S2. While the genotype M1 it belongs to the species of millet it is more similar to that of genotype S1 and S2 of the species of *Sorghum bicolor* than other genotypes of its species.

key words: *Pennisetum sp.*-*Sorghum bicolor*-total proteins – Polymorphisms - Electrophoresis (SDS-PAGE).

المقدمة

المقدمة

يعتمد غالبية سكان العالم على الحبوب كغذاء أساسي لهم منذ ألاف السنين وهي تلعب دورا مهما في النظام الغذائي للإنسان. يعد كل من القمح، الأرز و الذرة من الحبوب المفضلة بينما تم إهمال الدخن و الذرة إلى حد كبير خاصة بعد الثورة الخضراء.

زاد الإنتاج العالمي من الحبوب بنحو مليار طن خلال الخمسين سنة الماضية، حيث كان الإنتاج في عام 2016 أعلى بنسبة 29% مما كان عليه في عام 2013 (Faostat,2017). تعد البرازيل سادس اكبر منتج للحبوب في العالم بحوالي 3% من الإنتاج العالمي و بمتوسط 85 مليون طن في عام 2016، و في نفس العام كانت الحبوب الأكثر إنتاجا في البرازيل متمثلة في الذرة 76%، الأرز 13%، القمح 8% و الذرة الرفيعة 1% (Faostat, 2017)

الدخن هو محصول يزرع سنويا كمحصول بعلي في المناطق الاستوائية القاحلة وشبه القاحلة في إفريقيا وشبه القارة الهندية حيث لا يمكن لأي محصول آخر البقاء على قيد الحياة بسبب التربة الفقيرة والأمطار غير المنتظمة وغير المؤكدة. يمكن اعتبار الدخن نوعا واحدا لكنه يتضمن عددا من السلالات المزروعة. تغطي زراعة الدخن في أفريقيا أكثر من 21 مليون هكتار، حيث يعتمد عليها ما يقرب من 500 مليون شخص للبقاء على قيد الحياة و تمثل 40٪ من إنتاج الدخن في العالم(Saïdou, 2011). يزرع الدخن على أكثر من 12 مليون هكتار في غرب إفريقيا ويحتل أكثر من 65٪ من المساحة المزروعة في النيجر(Abasse et al., 2013 ; IRD, 2009). في أستراليا والولايات المتحدة يعتبر الدخن نباتا علفيا شهيرا(Hamadou et al., 2017).

تعتبر الذرة الرفيعة احد محاصيل الحبوب الرئيسية التي تزرع في المناطق شبة الاستوائية و تستعمل كغذاء لنسبة كبيرة من السكان في أفريقيا واسيا وعموما تزرع في المناطق الحارة والجافة جدا والغير مناسبة لإنتاج الذرة الشامية.

تعتبر قارة أسيا هي الرائدة في الذرة الرفيعة من حيث المساحة المنزرعة وتعتبر الهند اكبر دولة منتجة لهذا المحصول في أسيا من حيث المساحة وجملة الإنتاج. تبلغ المساحة المنزرعة بقارة أسيا 34% من جملة المساحة المنزرعة في العالم، نصيب الهند منها 78% وتأتى أفريقيا في المرتبة الثانية حيث تبلغ

المساحة المنزرعة بها 35-40% من جملة المساحة المنزرعة في العالم واهم الدول تتمثل في نيجيريا والسودان. تعتبر الولايات المتحدة الأمريكية والمكسيك من أهم الدول المنتجة في هذه المنطقة.

يعد كل من الدخن و الذرة الرفيعة من بين المصادر الرئيسية للغذاء الأساسي في المناطق المدارية شبه القاحلة في آسيا وأفريقيا. إن تكيفها مع المناخ و البيئات المعرضة للجفاف و درجات الحرارة المرتفعة جعلها تكتسب أهمية في العالم و في البلدان النامية خاصة.

إن الاستخدامات الغذائية و العلفية والصناعية لهذه المحاصيل تجعلها مهمة في اقتصاد المناطق النامية في أفريقيا وآسيا ، حيث هطول الأمطار منخفض وموارد الري محدودة.

نظرا لأهميتها الاقتصادية و القيمة الغذائية العالية لها و أهمية البروتينات النباتية و كذلك القيمة الوظيفية بالنسبة للأغذية البشرية و أعلاف الحيوانات جعلها محط الدراسات بغية التحسين و معرفة أكثر تفاصيل تنوع البروتينات و أجزائها المتراكبة في محاصيل الدخن و الذرة الرفيعة.

لهذا الغرض أقيمت العديد من الدراسات على مختلف أنواع البروتينات و عزلها وفقا للشحنة أو الكتلة الجزيئية بواسطة الرحلان الكهربائي أو بواسطة استعمال مجموعة من الطرق المختلفة.

استنادا على ذلك يهدف هذا البحث إلى فصل البروتينات الكلية حسب وزنها الجزيئي عن طريق تقنية الرجلان الكهربائي Electrophorèse (SDS-PAGE) لستة أنماط من النجليات الثانوية: الدخن و الذرة الرفيعة المنزرعة في الجزائر.

وقد شملت هذه الدراسة ثلاثة فصول:

الفصل الأول: لمحة تاريخية و استعراض المراجع عن الدخن و الذرة الرفيعة

الفصل الثاني: عرض الطرق و الوسائل المستعملة في الدراسة المتمثلة في فصل البروتينات الكلية عن طريق الرحلان الكهربائي لستة أنماط وراثية للدخن و الذرة الرفيعة المنزرعة في الجزائر

الفصل الثالث: الدراسة الإحصائية و تحليل النتائج المتحصل عليها و مناقشتها.

استعراض المراجع

I.النموذج النباتي

I.1.الدخن

I.1.1. تعريف نبات الدخن

هو أحد أنواع النباتات العشبية الحولية، وينتمي لمجموعة الفصيلة النجيلية (Poacée) (Yarrow, and Yarrow., 1999). يظهر بشكل حبوب أو بذور كروية صغيرة الحجم صالحة للأكل، حيث يتم طحن حبوب الدخن لصناعة خبز الدخن الذي يكون بديلاً لخبز القمح في البلاد الفقيرة.

اكتسب الدخن شعبية في الغرب لأنه خال من الغلوتين و غني بالبروتينات، الألياف و مضادات الأكسدة(Muthamilarasan et al., 2016). يعادل الدخن من حيث الجودة الغذائية الذرة و يتفوق على محتوى و جودة بروتين الذرة الرفيعة كما انه مصدر غني بالحديد و الزنك.

إن وجود جميع العناصر الغذائية المطلوبة يجعله مناسب للاستخدام على نطاق واسع في صناعة المنتجات الغذائية المختلفة مثل أغذية الأطفال و الأطعمة الغذائية على شكل حبوب و دقيق.

يعد الدخن خامس الحبوب الرئيسية بعد القمح والأرز والذرة والشعير، واليوم على الرغم من أنه يستخدم بشكل رئيسي في الاستهلاك البشري وعلف للماشية ولإنتاج التبن في الولايات المتحدة وأوروبا الغربية فإنه يظل غذاءً هامًا في البلدان الأقل تقدمًا في جميع أنحاء العالم حيث يزرع على مساحة 30 هكتار في أكثر من 30 دولة في خمس قارات، أسيا و إفريقيا و أمريكا الشمالية و الجنوبية و استراليا، من بين الدول الرئيسية المنتجة للدخن هي السنغال، مالي، بوركينا فاسو، النيجر، نيجيريا، تشاد، السودان و الهند.

تعد الهند اكبر منتج لهذا المحصول، سواء من حيث المساحة (1,9 مليون هكتار) و الإنتاج (7,3 مليون طن) بمتوسط إنتاجية 780 كجم هكتار على مدى السنوات الخمس الماضية، حيث يتكيف المحصول جيدا مع المناطق المعرضة للجفاف و انخفاض خصوبة التربة و ارتفاع درجات الحرارة.

I.2.1. أنواع الدخن

للدخن العديد من الأنواع التي تختلف فيما بينها في الصفات الإنتاجية و الاستغلال، حيث توجد أصناف لغرض إنتاج البذور و أخرى لإنتاج العلف الأخضر و الصنف الشائع هو الصنف بروسو الذي يزرع من اجل إنتاج البذور وهو ذو حبوب بيضاء أو صفراء. كما يزرع الدخن اللؤلؤي لاستعماله كعلف اخضر في فترة الصيف حيث تتميز بغزارة نموها الخضري و تفريعها و جذورها الليفية و حبوبها الصغيرة.

- **الدخن اللؤلؤي*Pennisetum glaucum***

الدخن اللؤلؤي أو الثيوم الأغبر هو نوع من أنواع الدخن التي تعتمد في نموها على المناطق القاحلة مثل دولة الهند ومنطقة جنوب آسيا بالإضافة إلى دول أفريقيا خاصة جنوب الصحراء. يستطيع أن يتحمل في نموه درجات الحرارة العالية، كما يتحمل الجفاف وهو مناسب للزراعة في الأراضي الفقيرة من العناصر الغذائية ومحدودة الرطوبة، كما أنه يُزرع بشكل أساسي لرعي الماشية. ينمو هذا النبات حتى ارتفاع 4.6م وبذوره تشبه سنبلة طويلة ضيقة. يعتبر من الأطعمة المحببة للطيور حيث تتعرض كميات كبيرة منه للتلف بسبب الطيور و هو أكثر أنواع الدخن انتشارًا ويحظى بشهرة كبيرة عن البقية من أنواع الدخن .

- **دخن الأصبع*Eleusine coracana L***

يعتبر غذاء أساسيا هاما في أجزاء من شرق أسيا و وسط إفريقيا و الهند. دخن الإصبع هو من أنواع الدخن المعروف عنها احتوائها على قدر عالي من البروتين حيث أنه يعتبر النوع الأكثر من حيث نسبة البروتين. يحتاج إلى أمطار غزيرة حتى يكتمل نموه فهو ينبت بصورة صحيحة في الأجواء الباردة ودرجة الحرارة المنخفضة ويخالف في ذلك جميع أنواع الدخن الأخرى. من الأماكن التي يتم زراعة دخن الإصبع بها منطقة جنوب السودان بالإضافة إلى سريلانكا وماليزيا تحديدا في التل السفحي ومنطقة شمال أوغندا ومنطقة جنوب الهند.

- **دخن الثعلب*Setaria italica L***

دخن الثعلب أو كما يعرف أيضا باسم الدخن الايطالي. يعتبر أصله من شرق أسيا، حيث تمت زراعته منذ العصور القديمة في كل من الصين، اليابان و الهند و قد تم العثور على دخن الثعلب

أيضا في المواقع الزراعية المبكرة في سويسرا و النمسا. يعتبر دخن ذيل الثعلب من أنواع الدخن التي تعمل على مقاومة الجفاف.

- **دخن بروسو *Panicum miliaceum L***

دخن البروسو من محاصيل الدخن التي تنمو داخل مناطق في آسيا الوسطى. يعتبر دخن البروسو هو محصول الطوارئ حيث يتميز بعمره القصير فتنتج بعض الاصناف الحبوب بعد 60 يوم. يستخدم كغذاء للمواشي والطيور وتُؤكل بذوره المقشورة مطبوخة، ودقيقه يُستعمل كبديل لدقيق الأرز كما أن طوله يصل إلى 30–60 سم.

- **الدخن الصغير *Panicum miliance***

يزرع في المناطق المعتدلة و المدارية و تكون في الغالب في شرق آسيا، يكون لونه ابيض أو رمادي كما يتم استخدامه كبديل للأرز.

- **الدخن بني القمة *Panicum romosum***

ينمو هذا النوع في القارة الأمريكية في الولايات المتحدة الأمريكية، حيث يستعمل لصناعة التبن و ترعى عليه الحيوانات و الطيور.

الشكل1: أنواع المختلفة للدخن *Pennisetum.sp*

I.3.1.الأصل الجغرافي لنبات الدخن

لا تزال البيانات الأثرية، العرقية النباتية و التجريبية متناثرة للغاية بحيث يتعذر تفصيل تاريخ الدخن على وجه اليقين.

يبدو من المحتمل إن الدخن تم تدجينه بشكل مستقل في عدة مناطق من إفريقيا(Loumere 2004).

ذكر Manning et al. 2011 إن الدخن نشأ في إفريقيا قبل تصديره إلى أسيا بما في ذلك الهند تحت أسماء مختلفة.

تم تدجين الدخن في غرب إفريقيا ثم انتشر إلى إفريقيا و أسيا(Omar et al. 2018)

تظهر الدراسات التي أجريت لتحديد أصل و وقت تدجين الدخن إن الدخن في غرب إفريقيا هو الأكثر تقدما، مما يشير إلى إن هذه المنطقة هي أول مركز لتدجينه (Moumouni, 2014 ;Hamadou et al., 2017)

بالنظر إلى التنوع و التمايز المورفولوجي و كذا تحليل الإنزيمات يمكن للمرء أن يستنتج بشكل معقول إن الدخن كنبات نشأ في غرب إفريقيا حوالي 4000 سنة قبل الميلاد.

انتشر الدخن الذي تم تدجينه في غرب إفريقيا بسرعة و وصل إلى الهند من 3000 سنة قبل الميلاد حيث تم تطوير أصناف مختلفة منه، مما جعل المنطقة المركز الثاني للتنويع(JAICAF, 2009)

لكن احدث المنشورات تضع تدجين الدخن في الألفية الثالثة قبل الميلاد حول موريتانيا أو شمال شرق مالي، ثم امتدت زراعته إلى إفريقيا الاستوائية ثم إلى الهند(Fuller et al., 2007) خاصة بفضل التكيف الجيني مع المناخات المختلفة، وهو احد العوامل الرئيسية في تدجين و نشر النباتات المزروعة.

اليوم أيضا يحتوي غرب إفريقيا على أكثر أشكال الدخن تدجينا و تنوعا، والتي يمكن تفسيرها على أنها نتاج الحضارات الزراعية القديمة القائمة على زراعة الدخن، و هي جهات فاعلة في تدجين الدخن منذ نشأته (Marchais et al., 1993)

I.4.1. تصنيف الدخن

يمثل الدخن اللؤلؤي 40% من الإنتاج العالمي للدخن (Yang et al., 2012) وهو النوع الأكثر شيوعا و الأكثر زراعة للاستهلاك البشري و الذي ينتج اكبر الحبوب (Mariac et al., 2006)

تنتمي هذه الأنواع إلى التصنيف النباتي الوارد في الجدول 1

الجدول1: التصنيف النباتي للدخن(Saïdou, 2011)

Classification ancienne		**APG3**	
Régne	Plantae	Régne	**Plantae**
Division	Magnoliophyta	Clade	**Angiospermes**
Classe	Monocotylédones	Clade	**Monocotylédones**
Ordre	Cyperales	Clade	**Commelinidées**
Famille	Poaceae	Ordre	**Poales**
Sous-famille	Panicoideae	Famille	**Poaceae**
Tribu	Paniceae	Tribu	**Paniceae**
Sous-tribu	Panicineae	Genre	***Pennisetum***
Section	Pénicillariae	Espèce	***Pennisetum glaucum*(L)**
Genre	*Pennisetum*		
Espèce	***Pennisetum glaucum* (L) R.Br**		

I.5.1. الوصف المورفولوجي للنبات

الدخن نبات منتصب بسيقان سميكة يصل ارتفاعها إلى 1,5 متر إلى 3 أمتار، كما يمكن إن يصل إلى 4 أمتار(Moumouni, 2014).

يتكون الدخن من نظامين: نظام خضري و نظام جذري.

يحتوي النظام الخضري على عدد من الاشطاء التي تبدأ من منطقة تقع على مستوى الأرض تسمى طبق الاشطاء. كل اشطاء بعد التطور الكلي يتكون من ساق، أوراق و نورات تسمى العنقود

يتكون النظام الجذري من نوع من الحزم، الجذور الليفية، جذر رئيسي رقيق و صغير سرعان ما يتم استبداله بجذور ثانوية تنتشر على نطاق واسع جدا في التربة.

يتكون نظام الجذر من جذر بذرة رئيسي واحد متبوعا بعدة جذور عرضية، هذا التكوين المهم لجذور الدخن التي يمكن إن تصل إلى عمق 300 سم عند الحصاد من احد أسباب تكيفه جيدا مع الظروف البيئية في المناطق شبه القاحلة(Ahmadi et al., 2002 ;ROCAFREMI, 2002)

- ❖ المجموع الجذري: توجد ثلاث أنواع من الجذور لنبات الدخن

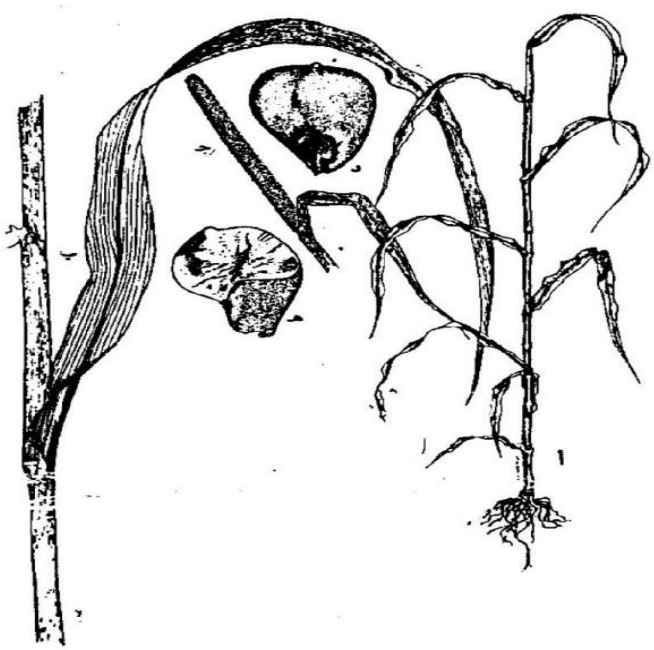
1. المجموع الجذري الجنيني وهو جذر جنيني واحد
2. المجموع الجذري العرضي ويتكون من جذر ليفي ينمو من العقد السفلي للساق
3. المجموع الجذري الدعامي و ينمو من العقد السفلي للساق و الانشطاء فوق سطح الأرض.

يتكون المجموع الجذري من جذر أولي (جنيني) واحد عند الإنبات. ثم تنمو الجذور العرضية من عقد الساق والأشطاء لموجودة أسفل سطح التربة مباشرة. كما تخرج الجذور الدعامية على الساق والأشطاء الموجودة فوق سطح التربة مباشرة.

- ❖ الساق: تكون ساق الدخن مستقيمة و صلبة(Bazou,2009) وكثيرة التفريع، والساق مكونة من عقد وسلاميات ويتراوح طول الأصناف المنزرعة من1 –2 متر (شكل 2).

- ❖ الأوراق: تكون الأوراق متبادلة، طويلة و رقيقة إلى حد ما وتكون ناعمة أو مشعرة.

تتكون الورقة من غمد ونصل ولسين والغمد يحيط بالساق إحاطة تامة من أسفل، ويتراوح طول النصل من 30–100سم، وحواف النصل منشارية، واللسين قصير (شكل 2). يتم تشكيلها بواسطة غمد يحيط تماما بالساق و شفرة رمحية الشكل (Anonyme, 2004)



شكل 2. الدخن: أ- نبات قبل طرد النورة. ب- الورقة وجزء من الساق. جـ- النورة. د- الحبة. هـ- قطاع طولي في الحبة

- ❖ النورة: نورة الدخن عبارة عن سنبلة كاذبة تظهر في شكل اسطواني مسحوب عند الطرف تكون النورة طرفية مندمجة جدا، صفراء مخضرة. يتراوح طولها من 30-90سم، ويتراوح قطرها من 5-4 سم.

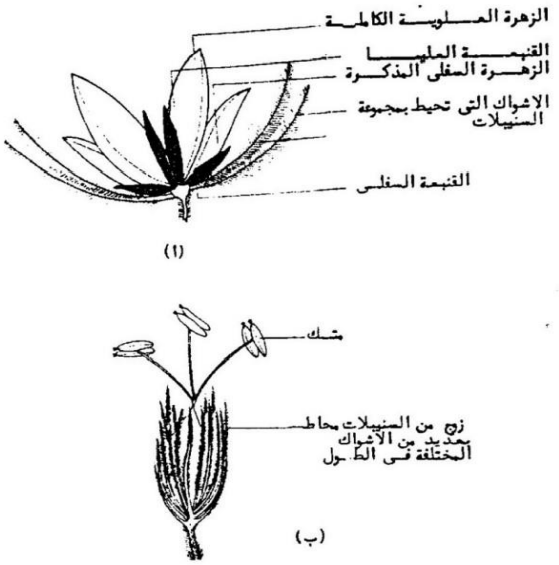
النورة ذات محور رئيسي قوي عليه شعر دقيق جدا، كما يحمل أفرع قصيرة ورفيعة، كل فرع من هذه الأفرع يحمل زوج أو زوجين من السنيبلات.

وتتكون كل سنيبلة من الأجزاء الآتية:

- قنبعتين أحداهما خارجية قصيرة وعريضة، والأخرى داخلية أطول من القنبعة الخارجية ويصل طولها نصف طول السنيبلة تقريبا.

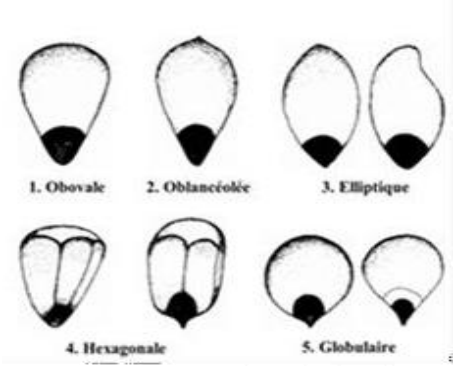
- زهرتين: إحداهما سفلى والأخرى عليا، الزهرة السفلى تكون عادة مذكرة، وتتكون من عصافة خارجية مدببة الطرف عليها شعر. وتتكون هذه الزهرة المذكرة من ثلاث أسدية وعصافة داخلية صغيرة جدا وقد تكون غائبة.

الزهرة العليا كاملة عادة، وتتكون من: عصافة خارجية عريضة، وعصافة داخلية بيضاوية الشكل، وثلاث أسدية، ومبيض يحمل قلمين يتحدان عند قاعدتهما، وينتهي كل منهما بميسم ريشي.



شكل (3). أ- مجموعة من سنيبلات أزيلت معظم الأشواك التي تحيط بها (لزيادة التوضيح). ب- متك ظهرت من زهرة.

❖ الحبة: ثمار الدخن عبارة عن برة caryopses تكون الحبة الناضجة صغيرة يتراوح طولها من 3-4 مم وعرضها حوالي 25و2مم. يختلف لون الحبوب من الأبيض إلى الأزرق الفاتح متوقفا ذلك على الصنف (شكل 5)، كما تكون مختلفة الشكل و الحجم (شكل4). يتراوح وزن الألف حبة بين 10-12 جرام.



شكل4: الأشكال المختلفة لحبة الدخن

الشكل5: فئات اللون من حبوب الدخن (Houssmann,2007)

I.6.1. دورة حياة الدخن

يمكن تقسيم دورة نمو الدخن إلى ثلاث أطوار تتمثل في الطور الخضري، التكاثري و طور نضج الحبوب.

- **الطور الخضري:** يمتد الطور الخضري من 30 إلى 50 يوم. يبدأ بإنبات البذور و تكشف البادرات فوق سطح التربة ويستمر إلى بدا تكوين النورة. وفي هذه الطور يتكون أصل كل من الأوراق والمجموع الجذري كما تتكون البراعم الإبطية التي تتكون منها الأفرع. نهاية هذه المرحلة تحدث باستطالة سريعة للساق وبدا تكوين النورة.

- **الطور التكاثري:** يبدأ من وقت بدأ تكوين النورة حتى الإثمار. يتميز الطور التكاثري بالتطور الكلي للأوراق و شيخوخة الأوراق عند قاعدة الجذع الرئيسي و على مدار 18 إلى 25 يوم وذلك حسب الأصناف(Loumerem, 2004). وفي هذا الطور تحدث استطالة سلاميات الساق.

- **طور النضج و تشكل الحبة** :طور تكوين وامتلاء الحبوب، ويبدأ من الإزهار حتى النضج الفسيولوجي وكل طور من هذه الأطوار يتضمن عدد من المراحل الثانوية. وتمر الحبة أثناء تكوينها ونضجها بمراحل عدة أهمها: مرحلة النضج اللبني وطور النضج العجيني وطور النضج الكامل والذي تصل فيه الحبة إلى أقصى وزن جاف لها، وتصل الحبة إلى هذه المرحلة عندما تتكون طبقة فاصلة سوداء صغيرة في قاعدة الحبة، حيث أن تكوين هذه الطبقة يعتبر دليلا على

توقف انتقال المواد الغذائية من الأوراق والساق إلى الحبة وبالتالي توقف الحبة عن النمو كما هو الحال في الذرة الرفيعة. وفي هذا الطور تحصد النباتات.

تمر الحبيبات بثلاث مراحل لتصل إلى مرحلة النضج الفسيولوجي بعد 20 إلى 50 يومًا من الإزهار اعتمادًا على الصنف (Dutordoir, 2006). من المرحلة اللبنية إلى النضج الكامل ، تتميز الحبوب بخصائص مختلفة (Moumouni, 2014):

Ø في المرحلة اللبنية: تكون الحبوب ذات لون بني مخضر وحليبي.

Ø في المرحلة الشمعيةأو العجينية: تصل الحبوب إلى مظهرها النهائي تقريبًا ، ويكون محتواها عجينًا.

Ø عند النضج الكامل: تكون الحبوب صلبة ، في هذا المستوى لا يمكنك كسرها بالأظافر. في هذه المرحلة تأخذ الحبوب لونها وحجمها النهائي.

I.7.1. العوامل المؤثرة على دورة حياة الدخن

تؤثر العديد من القيود على الإنتاج الزراعي للحبوب و الدخن على وجه الخصوص. من بين أسباب الانخفاض في محصول الدخن التي لوحظت في بيئات الفلاحين يمكن تجميعها في فئتين: لاحيوية و حيوية.

I.7.1 .1. المعيقات اللاحيوية

- **درجة الحرارة** الدخن محصول علفي صيفي بلائمه الجو الدافئ أو الحار القليل الرطوبة وهو يتأثر بالبرودة بدرجة كبيرة .يتحمل الجفاف والحرارة العالية و ملوحة التربة ويزرع في المنطقة الاستوائية وشبه الاستوائية و المعتدلة من العالم وذلك بسبب قصر موسم نموه الذي يتراوح بين 65 إلى 70 يوم. يحتاج إلى جو دافيء خلال فترة الإنبات والنمو والنضج، حيث تتراوح درجات الحرارة الأكثر ملائمة للدخن بين 27 و 30 درجة مئوية. درجات حرارة إنباته هي: من 10 إلى 20 درجة مئوية كحد أدنى، 37 إلى 44 درجة مئوية كدرجة مثلى و من 44 إلى 50 كدرجة قصوى، (Loumrem, 2004).

- **الضوء** الدخن من المحاصيل القصيرة الاحتياج للضوء و لذلك يتأخر موعد تزهيره و تزداد فترة النضج في المنطقة المعتدلة مقارنة بالمنطقتين الاستوائية و شبه الاستوائية

- **الرطوبة** الدخن يقاوم الجفاف وينجح في المناطق ذات معدل الأمطار من 200 إلى 300 ملم سنويا ويعطي الحد الأعلى من الإنتاج الحبي إذا توفرت له رطوبة معتدلة.
- **التربة** لا يحدث انخفاض محصول الدخن بسبب نقص المياه فحسب، بل أيضا بسبب الانخفاض التدريجي في خصوبة التربة (BA et al., 2014 ; Zakari et al., 2016). يحتاج إلى تربة طينية عميقة خصبة مفككة وذلك لإنتاج مجموع خضري كبير و لإعطاء الحد الأعلى من الحاصل الحبيبي إلا انه يعطي حاصلاً حبياً معتدلاً في الترب غير الخصبة و الرملية بسبب قصر موسم إنتاجه.

يزرع الدخن وهو أقل تطلبًا من الذرة الرفيعة بشكل عام في تربة خفيفة جيدة التصريف و التربة الطينية الرملية ذات درجة حموضة منخفضة. يتحمل الجفاف وانخفاض خصوبة التربة (Ahmadi et al., 2002).

I.1.7 .2. معيقات حيوية

بغض النظر عن القيود اللاحيوية، يعد ضغط الطفيليات احد القيود الرئيسية لزيادة انتاج الدخن حيث يتعرض الدخن للهجوم من قبل الآفات من جميع الأنواع : فيروسات، فطريات، حشرات، طيور وغيرها

من أهم الأمراض الفطرية: البياض الزغبي، الصدأ و الارغوت.

- **البياض الزغبي Mildiou du mil**

الناجم عن الفطريات *Sclerospara graminicola (Sacc.) Schroet*هو اهم مرض يصيب الدخن في الهند و غرب إفريقيا (Jogaiah et al., 2008 ; Sudhakar et al., 2012)

تم الإبلاغ عن المرض لأول مرة من قبل بولتر سنة 1907، وهو مرض شديد التدمير و منتشر في معظم مناطق زراعة الدخن في آسيا و إفريقيا (Aparna, 2003 ; Thukur et al.,2008) .

يهاجم هذا الفطر النبات عندما يصبح عبارة عن شتلات، وذلك عن طريق الأوراق، الساق و السنيبلة.

يسبب تقزما في النمو و نقصا في محصول الحبوب كما تتحول الأجزاء المصابة إلى اللون الأبيض.

تحدث الإصابة عن طريق التربة أو بقايا المحاصيل السابقة و المصابة. يقاوم هذا المرض عن طريق اقتلاع النباتات المصابة و حرقها.

- **تفحم الدخن Charbon du mil**

يكون ناجم عن فطر *Tolyposporium peniciluriae* حيث يحتل المرتبة الثانية بعد البياض الزغبي. ومع ذلك فإن تأثيره على الغلة يختلف من منطقة إلى أخرى ومن سنة إلى أخرى (Mbaye, 1993) يسبب خسائر مباشرة للحبوب تصل خسائر المحصول إلى 30٪ (Thakur et King, 1988)

يتم استبدال الحبوب بشكل فردي بأكياس بيضاوية أطول منها، تكون هذه الأكياس خضراء داكنة اللون وتتحول إلى اللون البني أو الأسود عند النضج (الشكل 7) يتم التحكم فيه بشكل أساسي باستخدام أصناف مقاومة أو متحملة أو عن طريق اقتلاع وحرق النباتات المصابة(Moumouni,2014)

الشكل6: قروح الاصابة بتفحم الدخن بعد النضج (Thakur et King 1988)

- **ارغوت الدخن Ergot**

يحدث مرض الإرغوت أو سكر الدخن بسبب *Claviceps fusiformis*. وهو مرض واسع الانتشار في آسيا وأفريقيا و في منطقة الساحل، حيث يعد الإرغوت ثالث أهم مرض يصيب الدخن. يحدث هجوم على النبات اثناء الإزهار ويتميز بإفراز قطرات من الإفرازات اللزجة والحلوة ولكن السامة على المبايض. في ظل الظروف المواتية لتطور المرض(رطوبة نسبية عالية) واعتمادا على الصنف المزروع ، يمكن أن تصل خسائر غلة الحبوب إلى 58-70٪ (Thakur et King, 1988b ; Mbaye, 1993)

تسبب حبوب الدخن التي هاجمها الإرغوت بأي شكل من الأشكال التسمم والنعاس لدى الفرد الذي استهلكها.

- **الآفات الحشرية من الدخن** بالمقارنة مع الحبوب الأخرى يتعرض الدخن للهجوم من قبل عدد محدود من الحشرات. ومع ذلك يمكن أن تكون ذات أهمية كبيرة في بعض مناطق الإنتاج في غرب إفريقيا. (Ahmadi et al., 2002 ; Nomaou et al., 2015)

- **حفار السنابل** لدى حفار سنابل الدخن دورة حياة مرتبطة ارتباطا وثيقا بنمو نباتات الدخن . حيث تتغذى اليرقات بعد الفقس وتستكمل نموها داخل النورات الزهرية .ومع تطور سنابل الدخن فإن اليرقات الصغيرة تخترق قشور الدخن وتغزو الأزهار، في حين أن اليرقات الكبيرة تقطع حوامل النورة الزهرية و بالتالي تمنع تكوين الحبوب أو تتسبب في تساقط الحبوب الناضجة .عندما تتغذى اليرقات بين أغماد الحبوب في السنبلة و الزهور، فإنها تبرز الأزهار المدمرة أو الحبوب النامية، تاركة نمطا حلزونيًا مميزا على سنابل الدخن

- **حفار جذع الدخن**

تهاجم يرقات حفار جذع الدخن الأوراق والأطراف النامية لنبتة الدخن .تقوم اليرقات بحفر ثقوب في الساق، مما يؤدي إلى موت النبات في النهاية .يتموضع بيوض حفار الساق في دفعات على الورقة وتكون ذات لون أصفر. يقوم حفار الساق بتقطيع الجذع، وبالتالي يتم إعاقة تدفق الماء والمواد الغذائية من الجذور إلى بقية النبات، كما تبقى يرقات حفار الساق في مخلفات المحاصيل المصابة

- **جراد**

يهاجم عدد كبير من أنواع الجراد الدخن ، يكون حوالي عشرين منها ذا أهمية اقتصادية نظرا لمدى الضرر الذي تسببه (Launois,1978). من بينها (Oedaleus senegalensis(Kraussh التي تتميز بوفرتها وقدرتها على الهجرة والأضرار التي الحقتها بالمحاصيل بشكل عام والدخن بشكل خاص و

الخسائر المالية الكبيرة التي تكبدها المزارعون. تعيش هذه الحشرة في المنطقة الاستوائية الجافة ونادرا ما تنتقل في المناطق الصحراوية وحيث تغيب في المناطق الاستوائية الرطبة (Mbaye,1993). يكون الغزو أكثر حدة أثناء النمو الخضري منه خلال مرحلة تطور الحبوب.

أخطر أنواع الجراد هو Schistocerca gregaria (Forskal). تشكل بانتظام أسرابا مدمرة يمكنها الهجرة لمسافات طويلة جدا. هذا الجراد يدمر كل شيء أخضر في طريقه ويمكن أن يأكل وزنه في المساحات الخضراء كل يوم. في حالة حدوث غزو يمكن أن يتسبب في خسائر بنسبة 100٪ من الدخن (Mbaye,1993).

I.8.1. زراعة و انتاج الدخن

I.1.8.1. زراعة و انتاج الدخن في العالم

تعود زراعة الدخن إلى العصور القديمة حيث تم استخدامه بالفعل وزراعته في عصور ما قبل التاريخ في العديد من الأماكن (Loumerem, 2004).

يحتل الدخن المرتبة السابعة بين أهم الحبوب في العالم (Moumouni, 2014).

في عام 2007 بلغ إنتاج الدخن العالمي حوالي 32 مليون طن (Amadou et al., 2013).

في جميع أنحاء العالم غطت زراعة الدخن أكثر من 33.11 مليون هكتار في عام 2013 بإنتاج 25.9 مليون طن (Hamadou et al., 2017).

بلغ إنتاج الدول الرئيسية المنتجة للدخن في عام 2016 (الشكل 7) 26.9 مليون طن مع الهند في المقدمة (10.2 مليون طن) تليها النيجر (3.8 مليون طن) (FAOSTAT,2018)

في الهند يحتل الدخن المرتبة الرابعة بين الحبوب بعد الأرز والقمح والذرة(Yadav et Rai, 2013) .

في أفريقيا ، تمتد زراعة الدخن على أكثر من 21 مليون هكتار حيث يعتمد عليها ما يقرب من 500 مليون شخص في بقائهم على قيد الحياة (Saidou, 2011). يأتي ما يقرب من 40٪ من إنتاج الدخن العالمي من إفريقيا (Samba et al., 2015). في بعض بلدان الساحل يمثل الدخن أكثر من 75٪ من الحبوب المزروعة (Goudia et al., 2016).

في الواقع الدخن هو محصول الساحل بامتياز بسبب تكيفه مع ظروف الإنتاج الخاصة في هذه المنطقة (Saidou, 2011).

الدول الرئيسية المنتجة في غرب إفريقيا هي: نيجيريا والنيجر وبوركينا فاسو وتشاد ومالي وموريتانيا والسنغال، حيث أن اكبر المنتجين هم شرق إفريقيا والسودان وأوغندا، بينما في جنوب إفريقيا اختفت زراعة الدخن تقريبًا.

يزرع الدخن أيضًا في دول شمال إفريقيا مثل تونس والجزائر وليبيا والمغرب(Loumerem, 2004)

يزرع الدخن في المناطق القاحلة وشبه القاحلة في إفريقيا والهند بشكل أساسي من أجل الغذاء البشري وثانيًا كعلف ومواد بناء وبالتالي يخضع الدخن لاستخدامات متعددة حسب المناطق الجغرافية والممارسات الاجتماعية والثقافية. تتراوح هذه الاستخدامات من تحويل الحبوب كغذاء أو مورد طبي. على هذا النحو ، يمثل الدخن مكونًا فريدًا للتنوع البيولوجي في أنظمة الأمن الزراعي والغذائي لملايين المزارعين الفقراء في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى (amadou et al., 2013).

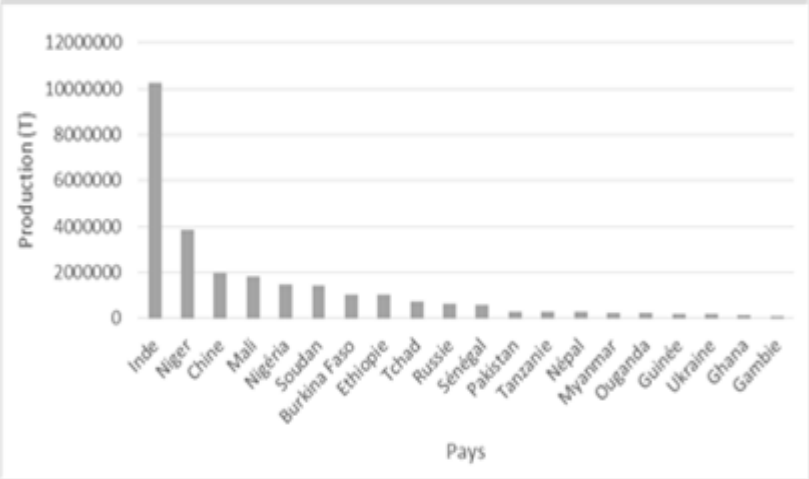
يعد الدخن محصول غذائي رئيسي في منطقة الساحل بغرب إفريقيا حيث يشكل النظام الغذائي الأساسي لعدة ملايين من الناس على الرغم من أن الهند هي أكبر منتج (Bhattacharjee et al., 2007).

في أستراليا والولايات المتحدة يعتبر الدخن من محاصيل العلف ذات القيمة العالية .

يعتبر الدخن المصدر الرئيسي للطاقة لملايين الأشخاص في منطقة الساحل ، وهو ثاني الحبوب الغنية ليس فقط بالبروتين ولكن أيضًا بالكالسيوم والحديد. بالإضافة إلى ذلك تعد قيمة الطاقة في الدخن من أعلى المعدلات بين الحبوب (Nambiar et al., 2011).

تحتوي حبوب الدخن على حوالي 10.6٪ بروتين ، 5.1٪ دهون ، 66.7٪ نشا ، 1.3٪ ألياف خام و 1.9٪ عناصر معدنية (ROCAFREMI, 2002). مع 8-19٪ بروتين و 56-65٪ كربوهيدرات ، تكون القيمة الغذائية للدخن أعلى من تلك الموجودة في الأرز والذرة الرفيعة والذرة (Saritha et al., 2017).

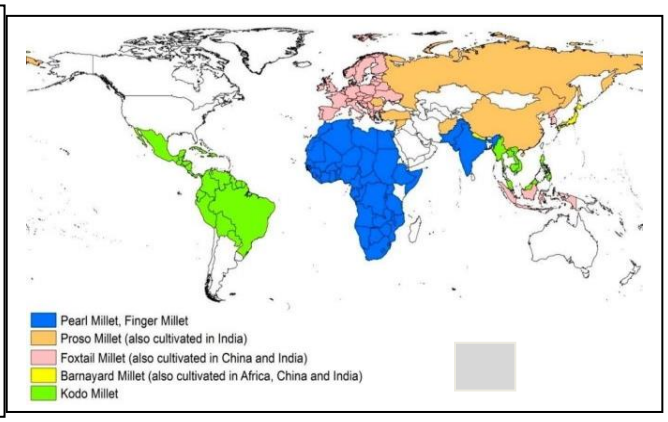
حبوب الدخن خالية من الغلوتين وهي الحبوب الوحيدة التي تحتفظ بخصائصها القلوية بعد الطهي، وهي مناسبة للأشخاص الذين يعانون من حساسية القمح (Leder, 2004).



الشكل الإنتاج 7 العالمي للدخن سنة 2016

الجدول2: أكبر 10 دول منتجة للدخن في العالم (منظمة الأغذية والزراعة،2019)

Sr.n°	Pays	Production (000)MT	Share(%)
1	India	10,235.83	36.08
2	Niger	3,270.45	11.53
3	China	2,300.00	8.11
4	Nigeria	2,000.00	7.05
5	Mali	1,878.53	6.62
6	Sudan	1,133.00	3.99
7	Ethiopia	1,125.96	3.97
8	BurkinaFaso	970.18	3.42
9	Senegal	807.04	2.84
10	Chad	717.62	2.53
	Total	28,371.80	



الشكل 9 زراعة أنواع مختلفة من الدخن في العالم الشكل8 البلدان العالمية المنتجة للدخن

I.1.8.2. الزراعة و الإنتاج في الجزائر

في الجزائر و خلال فترة الاستعمار تم العثور على هذا النوع من الحبوب بواسطة (Grando et al., 2005)

في عام 1998 تم الإبلاغ عن وجود الدخن في الصحراء الجزائرية على مستوى الواحات، وبشكل أكثر دقة في منطقة أدرار و تمنراست .

من خلال زراعة الدخن كمحصول صالح للأكل، حافظ سكان هذه المناطق على هذه الموارد لفترة طويلة مع التنوع، ووفقا للمزارعين المحليين تم إدخال الدخن إلى واحات منطقة ادرار منذ العصور القديمة (Djabali et al., 2005)

تجدر الإشارة إلى انه تم استخدام الدخن في هذه المناطق في شكل العديد من الأطباق مثل الكسكسى المصنوع من خليط من دقيق القمح و دقيق الدخن، شوربات الدخن و كذا مشروب حليب الدخن.

I.1.9. التركيب الكيميائي

التركيب الكيميائي هو عموما وظيفة للتنوع والظروف المناخية الزراعية. يحتوي الدخن على بروتين ودهون أكثر من الذرة الرفيعة.

الجدول3 التركيب الكيميائي للدخن Adeola et Orban, 1994

Nutriment	Grains du mil			
	Mil variétés A **(AdeolaO1995)**	Mil Variétés B	Mil C	Mils **(Awika JM2004)**
Matière sèche%	89,08	90,12		
Protéine brute%	10,03	12,06		11,8
Energie brute%	4132,00	4307,00		353,0
Fibre%	3,84	3,62		1,9
Minéraux mg/kg				
Zinc	35,00	43,00	0,004	2,0
Phosphore	3148,00	3343,00	0,00	339,0
Manganèse	11,00	12,00	0,147	0,8
Fer	40,00	51,00	0,003	9,80
Magnésium	1239,00	1351,00		114,0
Calcium	153,00	208,00	0,211	37,0
Cuivre	5,00	6,00		0,5 mg
Acides aminés %				
Acide aspartique	0,83	0,91		
Acide glutamique	1,90	2,16		
Serine	0,49	0,55		
Glycine	0,27	0,29		
Histidine	0,27	0,39		
Arginine	0,56	0,63		
Thréonine	0,42	0,42		
Alanine	0,79	0,91		

 الكربوهيدرات: الدخن أغنى بالكربوهيدرات من الذرة. يحتوي الدخن على نسبة عالية من الألياف تتراوح من 1.2 إلى 2.2 جم / 100 جرام من الحبوب (NIN,2003). تحتوي حبوب الدخن على مؤشر نسبة السكر في الدم منخفض (GI = 55) ، حيث يكون الدخن مناسبا، في بعض الحالات لعلاج مرضى السكر.

 البروتين: يحتوي الدخن على مستويات من 8 إلى 60٪ بروتين خام و 40٪ من الأحماض الأمينية ليسين وميثيونين. يوجد في حبوب الدخن أحماض أمينية أساسية أكثر من معظم الحبوب الأخرى، وهذه المركبات هي اللبنات الأساسية للبروتين، محتوى الليسين Lysine من الدخن أعلى بنسبة 21٪ و 36٪ من الذرة والذرة الرفيعة على التوالي (Amadou et al., 2013). حبوب الدخن خالية من الغلوتين وهي الحبوب الوحيدة التي تحتفظ بخصائصها القلوية بعد الطهي، مناسبة للأشخاص الذين يعانون من حساسية القمح (Irén Léder,2004).

 الدهون: حبوب الدخن أغنى مرتين في الدهون الحرة من تلك الموجودة في الحبوب مع محتويات تتراوح من 2 إلى 12 ملغ / 100 غرام من الأحماض الدهنية الحرة ، و 75 ٪ من الأحماض الدهنية غير المشبعة و 24 ٪ من الأحماض الدهنية المشبعة (Ramulu and Rao,2003). كانت قابلية هضم الدهون أعلى في الدخن من الذرة (Adeola and Orban,1994).

 المعادن: يحتوي الدخن الإصبع (أحد أنواع الدخن) على أعلى محتوى من الكالسيوم بين جميع الحبوب، حيث يوجد في كل ١٠٠ جرام من الدخن 13% من احتياج الجسم اليومي من معدن الكالسيوم، والذي هو ضروري وهام للمحافظة على صحة العظام والأوعية الدموية والتقلصات العضلية ووظيفة الأعصاب المناسبة.

الدخن أغنى من الذرة في الفوسفور ، 3 مرات أكثر في الحديد و 5 مرات أكثر في الكالسيوم. كما لوحظت آثار الباريوم والنحاس والرصاص والمنغنيز والموليبدينوم والنيكل والفضة والزنك واليود (روني وماكدونو ، 1987).

بالمقارنة مع الحبوب الأخرى مثل الأرز والقمح والذرة ، فإن الدخن له قيمة غذائية عالية وبالتالي لدينا:

الجدول4 محتوى بعض العناصر الغذائية الموجودة في 100 غ من مجموعة مختارة من الحبوب Latham, 2001

Aliments	**Energie** ***(kcal)***	**Protéines** ***(g)***	**Lipides** ***(g)***	**Calcium** ***(mg)***	**Fer** ***(mg)***	**Thiamine** ***(mg)***	**Riboflavine** ***(mg)***	**Niacine** ***(mg)***
Maïs	368	9,4	1	3	1,3	0,26	0,08	1
Riz	361	6,5	1	4	0,5	0,08	0,02	1,5
Blé	341	9,4	1,3	15	1,5	0,1	0,03	0,7
Mil perlé	341	10,4	4	22	3	0,3	0,22	1,7

Sorgho	345	10,7	3,2	26	4,5	0,34	0,15	3,3

I.10.1. فوائد الدخن

- **تعزيز الدورة الدموية الجيدة** يفيد الدخن الدورة الدموية و هذا الأمر يفيد في الحفاظ على صحة قلب و يمنع حدوث النوبات القلبية ، والسكتات الدماغية ، أو غيرها من أمراض الشريان التاجي. كما أنه سيعزز معدل النبض. ليس ذلك فحسب بل إنه يعمل على زيادة التمثيل الغذائي في جسم و يمنع حدوث الكثير من الأمراض والمخاطر و لدى مرضى السكري، يتم استخدام الدخن من أجل الوقاية من حدوث مضاعفات في اختلالات مستوى الجلوكوز.
- **زيادة مستويات الكوليسترول** الجيد في الدم أشارت دراسة أولية أجريت على فئران مصابة بداء السكري من النوع الثاني، ونُشرت في مجلّة Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistryعام 2009، إلى أنّ الدخن من شأنه زيادة مستويات الكوليسترول الجيد في الدم، وذلك عند تغذية الفئران بنظام غذائيّ غنيّ بالدهون ويحتوي على بروتين مركز من الدخن الياباني (Japanese millet) بنسبة 20% مدة 3 أسابيع؛ وأدى أيضًا إلى زيادة مستويات السيتوكين الدهنيّ (Adiponectin) الذي ينظم مستوى الجلوكوز، بالإضافة إلى خفض مستويات السكر والدهون الثلاثية في الدم.
- **تقليل ضغط الدم المرتفع** يعتبر الدخن واحداً من المصادر الجيدة للبوتاسيوم ، الهام لمنع ارتفاع ضغط الدم أشارت دراسة صغيرة نُشرت في مجلّة Journal of Cereal Science عام 2018، إلى أنّ الدُخن يساعد على التقليل من ضغط الدم لدى الأشخاص الذين يعانون من ارتفاع بسيط في مستوى ضغط الدم؛ حيث ظهر ذلك بعد إدخال الدخن إلى نظامهم الغذائي مدة 12 أسبوعًا، كما لوحظ انخفاض مؤشر كتلة الجسم وكتلة الدهون، وغيرها، وبالتالي فإنّه يُعدُّ من الأطعمة التي تُحسن الحالة الصحية، وتقلل خطر الإصابة بأمراض القلب والأوعية الدموية.
- **مكافحة الخلايا السرطانية** أشارت دراسة مخبرية نُشرت في مجلّة Toxicology Letters عام 2014 إلى أنّ مستخلص البروتين من نخالة دخن ذيل الثعلب يساعد على التقليل من خطر نمو الخلايا السرطانية بما في ذلك سرطان القولون، ويثبط من نموها.

- **يمنع النوبات القلبية** يساعد الدخن في حالات حدوث النوبات القلبية. حيث تعتبر نسبة المغنيسيوم الموجودة في الدخن ، واحدةً من أفضل ميزات هذا الطعام ، كما أنه يعتبر جيداً جداً بالنسبة للأشخاص الذين يواجهون مشاكل حادة في القلب.
- **ينظم مستويات السكر في الدم** يحتوي الدخن على مؤشرٍ منخفض لنسبة السكر في الدم ، كما أنه يشتهر بخصائصه الصديقة لمرضى السكري. فإلى جانب أنه يعمل على الوقاية من مرض السكري ، فهو يساعد أيضاً في تخفيض مستويات ضغط الدم. يتمتّع الدُخن بالقدرة على إبطاء امتصاص الجلوكوز في الجسم لتخفيض مستويات السكر و تعتبر هذه واحدة من أفضل فوائد الدخن لمرضى السكري.
- **يمنع الربو** حيث أظهرت الدراسات حديثًا أن الدخن يحسن بشكل كبير من نوعية الحياة للأشخاص المصابين بالربو، كما أظهرت الدراسة أن نوبات الصرع والربو حدثت بشكل أقل بكثير عند الأطفال الذين يتناولون كمية كبيرة من الحبوب الكاملة مثل الدخن.

I.1.11. اضرار الدخن

على الرغم من الفوائد الصحية الكبيرة لنبات الدخن إلا أن استهلاكه يجب أن يكون باعتدال نظرًا لبعض الآثار الجانبية التي قد تنتج عن الاستهلاك الزائد مثل:

- يمكن أن يؤدي زيادة استهلاك حبوب الدخن إلى تثبيط امتصاص اليود نتيجة لاحتوائه على مادة تسمى (Glycosylflavone)، حيث تتداخل تلك المادة مع إنتاج هرمونات الغدة الدرقية مما قد يؤدي إلى تضخم الغدة الدرقية.
- الحساسية المفرطة الناتجة عن زيادة استهلاك حبوب الدخن والتي تؤدي إلى حدوث اضطرابات الجهاز الهضمي وانخفاض ضغط الدم وتنتهي بأعراض تنفسية حادة.
- تناوله قد يخلق فرصاً للإصابة بتضخم الغدة الدرقية.
- تم رصد بعض ردود الفعل التحسسية ، بعد تناول بعض أنواع حبوب الدخن

I.2. الذرة الرفيعة

I.1.2. تعريف نبات الذرة الرفيعة

إنها حبوب سنوية خالية من الغلوتين تنتمي إلى عائلة Poaceae الكبيرة. تزرع الذرة الرفيعة في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية من العالم ، حيث تحتل الآن مكانا بارزا في الأغذية البشرية والحيوانية والصناعية **(Djè Y, HeurtzM, et al., 2007)**

إنه خامس أهم محصول للأمن الغذائي ويستخدم كمصدر رئيسي للغذاء لأكثر من 500 مليون شخص في جميع أنحاء العالم

وهي من محاصيل البلاد الحارة والمناطق الجبلية التي لا يخصب القمح فيها فينوب موسمها عن القمح في السنين التي لا يغل فيها.

وموطنها الأصلي إفريقية الاستوائية ومنها انتقلت منذ قرون إلى مصر والهند والصين والبلاد العربية، وهي لا تزرع في اوربا إلا قليلاً في جنوبها.

الذرة الرفيعة تعد من نباتات المناطق المدارية والدفيئة وتتحمل الجفاف، ويمكن زراعتها اعتمادا على مياه المطر او مياه الري. ودرجة الحرارة المثلى لنمو الذرة الرفيعة 30ْ م. وتنتشر زراعتها بشكل عام بين درجتي عرض 40ْ شمالا وجنوبا. وتزرع بكثافة في مناطق السافانا في افريقيا والهند والاجزاء الجنوبية من السهول العظمى الامريكية, ويمكن زراعة الذرة الرفيعة في أنواع مختلفة من التربات، فهي تنمو في التربة السوداء كما تنمو في الرملية الخفيفة، وتختلف طول المدة اللازمة لنضج المحصول تبعا لأصنافها حيث تتراوح فترة النضج بين ثلاثة اشهر ونصف وسبعة اشهر ونصف, وتختلف أصناف الذرة الرفيعة من مكان لآخر تبعا لطبيعة المناخ والتربة والاسماء المتعددة التي تطلق عليها فهي تسمى (ذرة الدجاج) في غربي افريقيا و (الشالو) في شرقي افريقيا و(ذرة المكانس) في الهند ومانيمار (بورما) و (الذرة السكرية) في الهند و (الذرة البيضاء) في تركيا.

للذرة البيضاء عدة اسماء، فهي الذرة بالعربية، وهي في بلاد الشام ذرة بيضاء وفي مصر ذرة رفيعة بلدية، الفرنسية: sorgho وفي الإنكليزية: Groat millet وفي اللاتينية: ***Andropogum sorghum vulgare***

I.2.2. انواع الذرة الرفيعة

الأعمال التصنيفية المختلفة التي نفذت بين عامي 1960 و 1990 **(De Wet et Huckabay,1967 ; De Wet et Harlan, 1971 ; De Wet, 1978 ; Doggett, 1988)**

أدت إلى مراجعة التصنيف الحديث للذرة الرفيعة:

• ***Sorghum bicolor*** **(L.) Moench** ذرة رفيعة حولية متفرعة ذات سيقان قائمة واوراق شريطية نورتها مفتوحة او مندمجة، نوع يشمل جميع الذرة الرفيعة السنوية التي تزرع في إفريقيا والشرق الأوسط والهند. الذرة الرفيعة الحبوب الحلوة هي واحدة منهم.

• ***Sorghum propinquum*** **(Kunth) Hitchc** نوع بري ومعمر وجذري، اوراقها شريطية طويلة، نزرتها كبيرة و مفتوحة، تتواجد في جنوب آسيا.

• ***Sorghum halepense*** **(L.)** هو نوع جذري معمر ذو سيقان و اوراق ضيقة، يستخدم كنبات علفي، موجود في جنوب شرق آسيا والهند والشرق الأوسط وحول البحر الأبيض المتوسط.

• ***Sorghum almum*** هي نوع بري ومعمر ناتج عن التهجين بين النوعين S.halipense و النوع S.bicolor (n = 402) التي تم تحديدها حديثا في جنس الذرة الرفيعة.

I.2.3. الاصل الجغرافي لنبات الذرة الرفيعة

تعود زراعة الدخن إلى أقدم العصور ، حيث تم إستخدامه بالفعل و زراعته في العصور ما قبل التاريخ في العديد من الأماكن ، كما عرف في العديد من محطات العصر الحديث (بيرناس 1984) .و قد تم العثور على تماثيل للدخن البري على فخار يرجع تاريخه إلى 5000 سنة في وسط السودان من طرف ستيملر

يعتقد أنه زرع أول مرة في الهند قرب جبال هيمالايا ،كما تنتشر زراعة الدخن في البلدان الحارة من أوروبا ،آسيا ، إفريقيا و الولايات المتحدة الأمريكية و في صعيد مصر و حجاز اليمن أما في بلاد الشام وجوده نادر.

I.2.4. تصنيف الذرة الرفيعة

تمت الإشارة إلى الذرة الرفيعة لأول مرة بأسماء مختلفة خلال القرن السادس عشر.

Moenchكان أول من حدد جنس الذرة الرفيعة و *Sorghum bicolor (L.) Moench*

اعطى Harlan et Dewetتصنيفا مبسطا للذرة الرفيعة المزروعة.

جدول5 تصنيف الذرة الرفيعة

Cronquist 1981		APG III	
Régne	Plantae	**Régne**	Plantae
Sous-régne	Tracheobionta	**Clade**	Angiospermes
Division	Magnoliphyta	**Clade**	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida	**Clade**	Monocotylédone
Sous-classe	Commelinidae	**Clade**	Commelinidées
Ordre	Cyperales	**Ordre**	Poales
Famille	Poaceae	**Famille**	Poaceae
Sous-famille	Panicoideae	**Sous-famille**	Panicoidées
Tribu	Andropogoneae	**Tribu**	Andropogoneae
Genre	*Sorghum*	**Genre**	*Sorghum*
Espèce	*Sorghum bicolor*	**Espèce**	*Sorghum bicolor*

I.5.2.الوصف المورفولوجي للنبات

الذرة الرفيعة نبات حولي عادة لو ان كثيرا من الاصناف تعيش لعدة سنوات عن طريق تجديد نموها بواسطة الفروع التي تتكون عند قاعدة النبات .

الجذور: يتكون المجموع الجذري في الذرة الرفيعة من الجذر الجنيني الجذور العرضية و الهوائية .

الجذر الجنيني :

يتكشف عند الإنبات من جذير جنين الحبة ،ثم تنشأ جذور جانبية على إمتداد طوله ،و قد يقوم الجذر الجنيني بوظيفته مدى الحياة و لكن تقل أهميته عادة بعد تكوين الجذور العرضية .

الجذور العرضية :

تمثل هذه الجذور المجموع الجذري الدائم ، و تنشأ من العقد القاعدية للساق أسفل سطح التربة مباشرة ،و تستمر في النمو بغزارة حتى طرد النورات ،و تتكون منها جذور جانبية تنتشر في جميع الإتجاهات خصوصا في الطبقة السطحية من التربة .

الجذور الهوائية :

تتكشف هذه الجذور على عقد الساق الموجودة فوق سطح الأرض مباشرة ، وهي أكثر سمكا من الجذور العادية ، و لا تتفرع فوق سطح التربة .

و عموما وجد أن جذور الذرة الرفيعة يمكن أن تمتد في التربة لعمق يصل الى 150 سم أو أكثر ،و يتركز معظم المجموع الجذري للذرة الرفيعة في الطبقة السطحية من التربة، ،أين تتركز الجذور الجانبية على بعد 50_70سم من النبات عندما يصل عمر النبات 4-6.

الساق: النبات حولي ذوسيقان قائمة ومصمطة، ويتراوح ارتفاعهامن 0.5 -5متر، وتتكون الساق من عدد من العقد و السالميات يتراوح عددها عادة من 7-18 عقدة وسالمية، وسمك قاعدة الساق يختلف من اقل من 2,5الى حوالي 5 سم ،الساق متخشبة أوعصيرية لبنية ، ويوجد برعم جانبي عند كل عقدة في وضع متبادل، ويوجد بالسلامية مجرى يتبادل وضعه من جانب إلى آخر، وتميل بعض الأصناف إلى تكوين فروع من البراعم الجانبية الموجودة عند قاعدة النبات، ويتوقف مدى التفرع على الصنف، وعدد النبات بوحدة المساحة، والعوامل الجوية، كما تتكون عند العقد السفلية، جذور تحت أو فوق سطح التربة وخاصة في الأصناف الطويلة، وتساعد هذه الجذور على دعم النباتات. والأصناف التي تنضج . في موعد واحد ولكن تختلف في ارتفاعها، يكون لها نفس العدد من العقد والأوراق وتختلف في طول سلامياتها.

الاوراق: تتكون ورقة واحدة على كل عقدة وبصورة متبادلة او متعاكسة على جانبي الساق وتكون السيقان والأوراق والأغماد مغطاة بمادة شمعية بيضاء، اوراق الذرة الرفيعة شبيهة بأوراق الذرة الصفراء، الا انها اصغر حجما و يترواح عددها من 7 الى 18 ورقة أو تزيد على ذلك.
ويتراوح طول الورقة من30.135سم، وأقصى عرض فيها يتراوح من 1,5_ 13سم و حافة الورقة إما أن تكون منبسطة أو متموجة، والنصل أملس شمعي السطح، وتوجد الثغور على سطحي الورقة، وتلتف الأوراق عند تعرض النباتات للجفاف وهذه الخاصية تساعد النباتات على مقاومة الجفاف.

النورة: النورة عنقودية منضغطة طولها يتراوح بين7,5-45 سم وعرضها 4-20 سم تحتوي على القليل او العديد من الفروع الرئيسة الطويلة او القصيرة التي تنمو على حامل شعيري، تحمل الفروع ذات الحبوب سنيبلات زوجية احداها خصبة معنقة والسنيبلة الاخرى غير خصبة جالسة وتكون هذه الفروع في حلقات محدودة نسبيا، تتكون السنيبلة الخصبة الجالسة من حامل زهري قصير توجدعليه اجزاء السنيبلة وهي

(القنبعة الولى، القنبعة الثانية، الزهيرة العقيمة، الزهيرة الخصبة) وتكون القنابع غير صلبة نسبيا متساوية الطول، سميكة نوعا ما، لونها اسود او احمر او بني او قشي .
وتوجد زهرتان في كل سنيبلة، حيث أن القنابع تغطي زهيرتين السفلى منهماعقيمة تقريبا دائما بينما الزهيرة العليا خصبة كاملة وتتكون الزهيرة الخصبة من(العصافة والاتبة والفليستان مع ثلاثة متوك ومبيض واحد وميسمان ريشيان)، تكون العصافة والاتبة رقيقتان شفافتان وتقع الفليستان في قاعدة السنيبلة بجوار العصافة ويتصل السفا بعصافة الزهيرة الخصبة في حالة وجوده
ان السنيبلة العقيمة المعنقة تكون اكثر استطالة من الخصبة الجالسة وتتكون عادة من قنبعتين وقد تحتوي على متوك او اجزاء زهرية اخرى وأحيانا تنتج بذورا وتسقط معظم السنيبلات المعنقة العقيمة بعد نضج السنيبلة الخصبة. و التلقيح عادة ذاتي، ولا يوجد ما يحول دون التلقيح الخلطي، وعندما تكون الاصناف متجاورة، يحدث تلقيح خلطي في حدود 6% وتتوقف هذه النسبة على عدة عوامل أهمها اتجاه الريح، ونوع النورة، فالنورات المفتوحة تكون نسبة التلقيح الخلطي فيها أكبر من النورات الاخرى.

الحبة: وتسمى البذرة عادة وهي تنفصل من الغلاف الزهري عند الدراس بصورة كاملة في الذرة الحبوبية لكنها تبقى متصلة بالغلاف الزهري في الانواع الاخرى يتراوح حجم البذرة من (8_ 35ملم) شكلها كروي تقريبا ومسطح نسبيا اما لونها فيكون (ابيض، كريمي، قرمزي، اصفر، احمر، اصفر بني او احمر بني، أسود) وبعض االصناف البيضاء ذات بقعة حمراء او ارجوانية وتتكون الحبة من 84% سويداء،10 %جنين و 6 %غلاف بذري، وتختلف أحجام بذرة الذرة الرفيعة من صنف إلى آخر ويتراوح عددها من 72000.62000بذرة في الكيلوجرام الواحد.

6.2.I دورة حياة الذرة الرفيعة

يمر نبات الذرة الرفيعة للحبوب أثناء نموه وتطوره بثلاث أطوار رئيسية هي:

- **طور الإنبات وتكشف البادرات**

يبدأ إنبات حبوب الذرة الرفيعة بتشربها للماء، ثم تبدأ التفاعلات الكيميائية في النشاط، حيث تتحلل المواد المعقدة إلى مواد بسيطة تنتقل إلى مناطق النمو بالجنين وهي الجذير والريشة. وإن أولى علامات النمو الجديد هي استطالة الجذير وتكشفه من الحبة، ثم بعد ذلك تبدأ الريشة أيضا في الاستطالة وتتكشف البادرة فوق سطح التربة. وتتراوح الفترة بين الزراعة وتكشف البادرة حوالي 3–10 أيام، متوقفا ذلك على

درجة الحرارة والرطوبة الأرضية وعمق الزراعة.وأن درجة الحرارة المثلى لإنبات حبوب الذرة الرفيعة تتراوح بين 21–35 °م، متوقفا ذلك على الصنف المنزرع.

- **طور النمو الخضري**

بعد الإنبات وتكشف البادرات يدخل النبات مرحلة النمو الخضري. وفي هذا الطور تكون النباتات أكثر نشاطا، إذ يكون معدل تكوين الأوراق والجذور عاليا، كما يزداد نشاط النبات في امتصاص الماء والعناصر الغذائية من التربة، ولذلك فينصح بإضافة جرعة من السماد الأزوتي تكبيشا بالقرب من قواعد النباتات في هذا الطور وعدم تعطيش النباتات ومقاومة الحشائش المصاحبة للمحصول.

وفي هذا الطور تحدث استطالة سريعة للساق، إذ يصل عدد الأوراق على النبات أقصاه. وفي نهاية هذا الطور تظهر ورقة العلم (آخر ورقة على النبات) ويتحول النبات من مرحلة النمو الخضري إلى مرحلة النمو الثمري.

ويتراوح طول فترة النمو الخضري بين 40–45 يوم متوقفا ذلك على الصنف المنزرع والظروف البيئية.

ومن الجدير بالذكر، أن نباتات الذرة الرفيعة يمكنها تحمل الجفاف في طور النمو الخضري بدرجة أكبر نسبيا عنه في أطوار النمو الأخرى، حيث أنه إذا تعرضت النباتات للجفاف في هذا الطور فإن أوراق النبات تلتف لتقليل النتح، ويقل نشاط النبات بدرجة ملحوظة حتى تعود الظروف البيئية إلى حالتها الطبيعية.

- **طور النمو الثمري**

يعتبر هذا الطور أكثر أطوار النمو حساسية للظروف البيئية المعاكسة مثل الجفاف والملوحة ودرجة الحرارة المرتفعة وغيرها، ويمكن تمييز الأطوار الآتية أثناء مرحلة النمو الثمري في الذرة الرفيعة للحبوب:

– **طور تضخم غمد** تصل النباتات إلى هذا الطور عندما تكون كل الأوراق على النبات قد تم انبساطها، وبذلك تكون مساحة السطح الورقي للنبات قد وصلت إلى أقصاها. ويتضخم غمد ورقة العلم ويحيط (يحتضن) النورة قبل طردها.

– **طور طرد النورة** في هذا الطور تنمو النورة وتستطيل ونتيجة لذلك فإنها تبرز (تخرج) من ورقة العلم، ثم يستطيل حامل النورة (السلامية الطرفية للساق) بسرعة حاملا النورة أعلى ورقة العلم، وتصل النباتات إلى هذا الطور في عمر 6–8 أوراق تقريبا.

– **طور الإزهار**

تبدأ نورة الذرة الرفيعة في التزهير عندما يتم حامل النورة استطالته، وتصبح النورة كلها خارج غمد ورقة العلم، وأن أول الأزهار التي تتفتح في النورة هي تلك الموجودة بالقرب من قمة النورة، ثم يتجه التزهير إلى أسفل وإلى أعلى النورة. ويتم إزهار النورة كلها خلال فترة تتراوح بين 6–9 أيام، متوقفا ذلك على درجة الحرارة والصنف.

- **طور تكوين ونضج الحبوب**

بمجرد حدوث التلقيح والإخصاب تبدأ الحبة في التكوين، إذ تدخل بسرعة مرحلة الزيادة المستمرة في تجميع المواد الغذائية بعد 2–3 يوم من الإخصاب. وتمر الحبة أثناء تكوينها ونضجها بأطوار النضج الآتية:

– **طور النضج اللبني**

بعد التلقيح والإخصاب تبدأ الحبة في النمو، وتحتوي الحبة على سائل لبني أبيض اللون يحتوي على حبيبات النشا البيضاء والتي تعطي السائل اللون الأبيض.

– **طور النضج العجيني الطري**

تصل الحبة إلى هذا الطور عندما يتحول السائل اللبني الموجود بها إلى ما يشبه العجين. وتصل الحبة إلى حوالي 50 % من وزنها النهائي. ويستغرق هذا الطور حوالي 7–10 أيام. وأن الظروف المعاكسة مثل نقص المياه أو درجات الحرارة العالية وغيرها يمكن أن تؤدي إلى نقص كبير في المحصول.

وفي هذا الطور يكون الضرر المتسبب عن مهاجمة الطيور شديدا، لأن الحبوب تكون أكثر استساغة في معظم الأصناف والهجن. ولهذا فقد أنتجت بعض الأصناف التي تحتوي حبوبها على مواد كيميائية ذات الطعم المر الغير مستساغ لدى الطيور مثل الثانينات، وهذا المواد يقل تركيزها في الحبوب كلما تقدمت

الحبة في النضج، وينصح بزراعة هذه الأصناف في المناطق التي يزداد فيها ضرر الطيور للذرة الرفيعة للحبوب.

- طور النضج العجيني الصلب

في هذا الطور تصل الحبة إلى حوالي 75% من وزنها الجاف النهائي وتأخذ الشكل واللون المميز للصنف، ويتحول قوام الحبة إلى قوام صلب نسبيا، ويستمر هذا الطور لمدة 10-14 يوم.

- طور النضج التام أو طور النضج الفسيولوجي

في هذا الطور تصل الحبة إلى وزنها الجاف النهائي، ويمكن تمييز هذا الطور بوجود نقطة (طبقة) سوداء في قاعدة الحبة، وتنخفض نسبة الرطوبة بالحبة إلى 25-35 %.

وتصل الحبة إلى طور النضج الفسيولوجي بعد حوالي 40-45 يوما من الإخصاب

7.2.I العوامل المؤثرة على دورة حياة الذرة الرفيعة

1. 7.2.I المعيقات اللاحيوية

2. 7.2.I معيقات حيوية

تحتاج الذرة الرفيعة إلى العديد من الاحتياجات المطلوبة للمساعدة على النمو والإنتاج بشكل مناسب، حيث يجب العناية بالاحتياجات للنمو النبات بطريقة سلمية وجيدة.

•الحرارة

تنمو الذرة الرفيعة للحبوب وتعطي أعلى محصول تحت ظروف درجات الحرارة المرتفعة نسبياً، إذ أنها من محاصيل المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية، توجد أصناف عديدة من الذرة الرفيعة للحبوب تنمو في المناطق المعتدلة، كما أن نباتات هذه الأصناف توائمت مع النهار الدافئ أو الحار والليل البارد.

ان أحسن محصول من الذرة الرفيعة يمكن الحصول عليه، عندما يكون متوسط درجة الحرارة أثناء موسم النمو في المجال بين (24-27) م، وأن متوسط درجة الحرارة أثناء منتصف موسم النمو يجب

ألا تزيد عن (21) س، ويمكن للذرة الرفيعة مقاومة درجات الحرارة العالية حتى (38) م أثناء فترة النمو من تكشّف البادرات حتى بداية طور النمو الثمري، حيث أن درجة الحرارة المرتفعة أثناء التزهير تقلل من كمية المحصول.

- **التربة**

يمكن زراعة الذرة الرفيعة في مجموعة واسعة من أنواع التربة. ومع ذلك ، فإن التربة الطينية الطينية الغنية بالدبال مثالية لإنتاج الذرة الرفيعة. وتتمثل ميزة الذرة الرفيعة في قدرتها على تحمل الحموضة الخفيفة إلى الملوحة الخفيفة تحت درجة الحموضة 6.0 إلى 8.5. على الرغم من أنه يمكن أن يتحمل التشبع بالمياه إلى حد ما ، إلا أن تصريف التربة الجيد ضروري لزراعة المحصول. تحضير الأرض في إنتاج الذرة الرفيعة: – باستخدام الجرار المحلي ، يجب عمل حفرين للحقل ، مروي ، وألواح خشبية متقاطعة حتى تصل التربة إلى مرحلة الحرث الدقيق (المسحوق). يجب تسوية الحقل قبل البذر بحيث يمكن توزيع مياه الأمطار بشكل جيد في جميع أنحاء الحقل.

- **الضوء**

تحتاج الذرة الرفيعة أثناء نموها إلى شدة إضاءة مرتفعة للوصول إلى أعلى محصول وتعتبر الذرة الرفيعة من نباتات النهار القصير، إذ يؤدي قصر النهار إلى سرعة إزهار النباتات، على العكس من ذلك فإن ازدياد طول النهار يؤدي إلى تأخير إزهار النباتات، كما تستجيب معظم أصناف الذرة الرفيعة الحبوب لطول الفترة الضوئية اللازمة لإزهارها.

I.7.2 .2. معيقات حيوية

الذرة الرفيعة من المحاصيل الهامة ويرجع ذلك إلى أهميتها الاقتصادية .وهناك العديد من الأمراض و الحشرات التي يمكن أن تصيب محاصيل الذرة الرفيعة والتي ينتج عنها أضرار اقتصادية كبيرة، وتنقسم الى:

- **ثاقبات الساق : borer stem**

تهاجم هذه الحشرات الأوراق و داخل السيقان و تتغذى عليها مسببة أنفاقا و بالتالي يضعف و ينقص المحصول .

الشكل10 تأثير اليرقة على ساق الذرة الرفيعة

- **لفحة البادرات و عفن البذور :**

و التي تسببها العديد من االفطريات من بينها*fusarium moniliform* الذي يتلف محتويات الحبة الأندوسبرمية مع الجنين ، حيث يحدث لفحة البادرات و يحد من قوة انباتها .

- **أمراض الساق و الجذور:**

و هو العفن الأسود الذي يشبه الفطر *macrophomina phaseoli*

- **لفحة الأوراق :**

المسبب لهذا المرض هو الفطر *helaminthoporum turcieum*حيث يسبب موت البادرات إذا كانت الإصابة في مرحلة الإنبات ، و يبدأ اللون من الأخضر الداكن إلى الأخضر الزيتوني ثم موت الأنسجة الورقية المصابة .

الشكل11 اصابة اوراق الذرة الرفيعة بلفحة الاوراق

I.8.2 زراعة و انتاج الذرة الرفيعة

I.8.2.1. زراعة و انتاج الذرة في العالم

يعد محصول الذرة الرفيعة الخامس عالميا بعد القمح و الأرز و الذرة الصفراء و الشعير من حيث المساحة المزروعة و الأهمية الإقتصادية ، و تعتبر غلته من الحبوب الأقل من بين محاصيل الحبوب (إلياس مسعود 2014).يكون إنتاج الذرة الرفيعة أكثر من 60 مليون طن في العالم ،إذ كانت الذرة الرفيعة جزءا من المشهد الزراعي لعقود ،تزرع في جميع القارات و بشكل رئيسي في إفريقيا (30مليون طن ،أي 50% من الأحجام المنتجة الكلية في العالم).و كذلك في الولايات المتحدة الأمريكية ب (10 مليون طن سنة 2019، بحيث سجلت البرازيل ، الأرجنتين و أستراليا من البلدان المصدرة الرئيسية) ، و تعتبر الهند ، الصين و المكسيك ثلاث دول تنتج منتجاتها للإستهلاك الخاص. لم يزرع سوى القليل في أوروبا حتى الآن ،و كانت الذرة الرفيعة تنموا هناك بإنتظام لعدة سنوات بحيث تجاوز الإنتاج هناك مليون طن في عام 2019. تستورد العديد من الدول الذرة الرفيعة (الصين اليابان ،المكسيك، إسبانيا، و إيطاليا) و بالتالي فإن زيادة إنتاج الذرة الرفيعة في أوروبا هي قضية إستراتيجية (حسانين،2019).

I.8.2.2. زراعة و انتاج الذرة في الجزائر

الذرة الرفيعة عبارة عن حبوب صيفية تمت زراعتها لفترة طويلة في واحات منطقة أدرار،في الماضي لعبت هذه الحبوب دورا مهما في تغذية الإنسان في هذه المنطقة ،شهد الإنتاج سنة 2016 ذروته ببلوغه أكثر من 8 مليون طن، أما حاليا تدهورت قليلا في الواحات لعدة أسبابمنها نقص المياه ،الإضطراب

الإقتصادي و غيرها .انتشر انتاج الذرة الرفيعة في شمال الجزائر أيضا مثل جيجل و سكيكدة في السنوات الأخيرة، و بهذا سجلت الجزائر من بين البلدان الأوائل من حيث إنتاج الذرة الرفيعة في قارة افريقيا.

I.2.9. التركيب الكيميائي

تتراوح نسبة البروتين في الذرة البيضاء الرفيعة، بين 10 و 12 ٪ حسب التربة وحالة المناخ. وتكتسب قبولًا متزايدًا كحبوب صالحة للأكل في حد ذاتها. فهي غنية بالبروتين وخالية من الغلوتين ومليئة بمضادات الأكسدة.

- البروتين: 9 %
- الكالسيوم: 0.04 %
- الفوسفور: 0.30 %
- ليسين: 0.19 %
- الميثيونين: 0.1 %

الكربوهيدرات

تأتي معظم السعرات الحرارية في الذرة البيضاء الرفيعة من الكربوهيدرات. ويوفر نصف كوب من الحبوب الجافة 69 جرامًا ، 3 منها ألياف. 2.5 جرام أخرى تأتي من السكريات. وما تبقى من الكربوهيدرات في الذرة الرفيعة هو النشويات التي تتشكل طبيعياً وأبطأ هضماً.

الدهون

تحتوي الذرة الرفيعة على القليل من الدهون ، بمعدل 3 جرامات فقط لكل نصف كوب.

البروتين

نسبة البروتين في الذرة البيضاء، حوالي 10 جرامات من البروتين لكل 2/1 كوب جاف أو 1.5 كوب مطبوخ.

- البروتينات هي مركبات عضوية كبيرة تتكون من واحد أو أكثر من الأحماض الأمينية. وتعتبر من العناصر الغذائية الأساسية اللازمة للنمو والتطور.
- يدعم الهياكل الخلوية والأعضاء وكتلة العضلات وهو مهم لصحة العظام والمناعة والجلد.

- تسعة أحماض أمينية أساسية تشمل: التربتوفان ، ثريولين ، آيزولوسين ، لوسين ، لايسين، ميثيونين ،فينيل ألينين، وفالين.
- عند البحث عن مصادر نباتية للبروتين ، تعتبر الذرة الرفيعة مصدرًا رئيسيًا مشابهًا لمصادر الحبوب الأخرى في ملفات الأحماض الأمينية الخاصة بها.
- قد تساعد الخطة الغذائية التي تتضمن 25–30 جرامًا من البروتين عالي الجودة لكل وجبة على زيادة تخليق البروتين العضلي إلى الحد الأقصى والمساهمة في الحصول على وزن صحي.

جدول6 التركيب الكيميائي للذرة الرفيعة

العنصر	الكمية (%)
بروتين	21.10-4.40
نشاء	75.20-55.60
سكريات ذائبة	4.20-0.7
ألياف	3.40-1
دهون	7.60-2.10
رماد	3.30-1.30
معادن مغ/100غ	
كالسيوم	586-11
فوسفور	751-167
حديد	20-0.90
فيتامينات مغ/100غ	
ثيامين (B1)	0.54-0.24
نايسين (B3)	6.40-2.90
ريبوفلافين (B2)	0.20-0.10

10.2.I. فوائد الذرة الرفيعة

تقلل مستويات الكوليسترول

واحدة من الفوائد الصحية للذرة البيضاء انها تحتوي على مواد كيميائية طبيعية تساعد في خفض مستويات الكولسترول السيئ في الجسم.

خالية من الغلوتين

لأنها خالية من مادة الغلوتين فتعتبر مناسبة للأشخاص ممن يعانون مشكلات واضطرابات في الهضم

بسبب تناولهم القمح والرز.

يحارب السرطان

لاحتوائها على المواد الكيميائية النباتية فيمكن أن تمنع السرطان. وقد أظهرت بعض الدراسات الاستقصائية أن استهلاك الذرة البيضاء يقلل من الإصابة بالسرطان، وخصوصاً الجلد والجهاز الهضمي.

تقوي العظام

واحدة من الفوائد الصحية للذرة البيضاء انها تحتوي على المغنيسيوم والكالسيوم التي تقوي العظام. ويمكن أيضا أن تساعد في شفاء العظام التالفة وتؤخر هشاشة العظام.

يقلل من خطر أمراض القلب والأوعية الدموية

بسبب ارتفاع مصادر مضادات الأكسدة في الذرة البيضاء اضافة إلى الفيتامينات مثل Eو B والمغنيسيوم والحديد، فإن ذلك يثبط خطر الإصابة بأمراض القلب والأوعية الدموية.

3.I. تقنية فصل البروتينات

تقنية فصل البروتينات هي الخطوة الأولى الأساسية لفهم وظيفتها حيث انه بدءًا من البروتينات النقية يمكننا تحديد تسلسل الأحماض الأمينية والعلاقات التطورية بين البروتينات في الكائنات الحية المتنوعة ويمكننا التحقيق في الوظيفة الكيميائية الحيوية للبروتين. علاوة على ذلك يمكن أن تنمو بلورات البروتين من البروتين النقي ومن هذه البلورات يمكننا الحصول على بيانات الأشعة السينية التي ستزودنا بصورة للبنية الثلاثية للبروتين. يجب أن ينتج عن التنقية عينة من البروتين تحتوي على نوع واحد فقط من الجزئ. يحتاج العلماء في هذه الحالة إلى اختبار يسمى فحص النقاوة وهو يعمل على فحص بعض الخصائص المميزة للبروتين حتى يتمكن من الكشف عن تواجد بروتين ما. عادة ما يكون تحديد اختبار فعال من هذا النوع أمرا صعبا، ولكن كلما كان الفحص أكثر تخصصا كلما زادت فعالية التنقية. بالنسبة للأنزيمات، يعتمد الاختبار عادة على التفاعل الذي يحفزه الإنزيم في الخلية. وبعد نجاح الاختبار يجب إطلاق البروتينات من الخلية ليتم تنقيتها حيث يتم أولا تكوين خليط عن طريق تكسير غشاء الخلية لتحويله إلى مجموعة من المكونات وتحديد أي منهم هو موضع الاهتمام، ويتم تجزئة غشاء الخلية وتكسيرها عن طريق الطرد المركزي، مما ينتج عنه حبيبات كثيفة «Pellet» من المواد الثقيلة في الجزء السفلي من أنبوب الطرد المركزي و«مواد أخف – Supernatant» ذات أوزان

أقل في الأعلى. بعد ذلك نقوم بعمل طرد مركزي «للمواد الأخف – Supernatant» مرة أخرى بقوة أكبر، لينتج عن هذا الإجراء عدة أجزاء ذات كثافات متناقضة كل منها لا يزال يحتوي على مئات من البروتينات المختلفة.

يمكن تنقية البروتينات وفقًا للحجم، والشحنة، وقابليتها للذوبان، والارتباط، حيث يخضع خليط البروتينات لسلسة من عمليات الفصل يعتمد كل منها على خاصية مختلفة لإنتاج بروتين نقي. تكون معظم البروتينات أقل قابلية للذوبان في التركيزات العالية من الملح. وهو تأثير يسمى «التمليح – Salting Out» كما يختلف تركيز الملح الذي يترسب عنده البروتين من بروتين لآخر، بالإضافة لإمكانية استخدام التمليح لتجزئة البروتينات. يمكن فصل البروتينات عن الجزيئات الصغيرة عن طريق «التحلل – Dialysis» من خلال غشاء سيليلوزي نصف نافذ للجزيئات التي لها أبعاد أكبر بكثير من قطر الغشاء والتي يتم الاحتفاظ بها داخل الغشاء في حين أن الجزيئات والأيونات الأصغر تعبر مسام هذه الغشاء. هذه التقنية مفيدة لإزالة الجزيئات الكبيرة من البروتينات، ولكنها لا تميز بين البروتينات بشكل فعال.

1.3.I. فصل البروتينات بالرحلان الكهربائي

الرحلان الكهربائي Electrophoresis هو حركة جسيمات مشتتة بالنسبة لمائع تحت تأثير مجال كهربائي منتظم فراغياً .وهذه الظاهرة كهروتحريكية لاحظها لأول مرة في عام 1807، رويس، الذي لاحظ أن اقامة مجال كهربائي جعل حبيبات الطمي المتناثرة في الماء تتحرك. وذلك مرده النهائي وجود اتصال مشحون بين سطح الجسيمات والمائع المحيط.

تستخدم تقنية الرحلان الكهربي لفصل المادة الوراثية او لفصل البروتينات عن طريق تطبيق مجال كهربي في وسط هلامي، ويتم غالبا فصل المادة الوراثية بعد مضاعفتها ونتيجة وجود مجمل شحنة سالبة علي المادة الوراثية ترحل من القطب السالب الي القضب الموجب

إستخدامات الرحلان الكهربائيElectrophoresis

يستخدم الرحلان الكهربائي في المختبرات لفصل الجزيئات الكبيرة على أساس الحجم ، و تطبق هذه التقنية شحنة سالبة بحيث تتحرك البروتينات نحو الشحنة الموجبة. و تستخدم تقنية الرحلان الكهربائي على نطاق واسع في دراسات و تحليل و فصل الحمض النووي DNA , RNA و البروتينات.

توجد عدة طرق للقيام بتلك التقنية ، ففي إحداها توضع العينة في أنبوبة على شكل حرف U و من ثم توضع محاليل منظمة في كل من طرفي الأنبوب و أيضا يوضع قطب في كل طرف من الأنبوب ، عند مرور التيار الكهربائي يحدث فصل للعينة وبالتالي تتحرك الجزيئات إلى القطب المخالف لها بالشحنة و بالتالي يفصل التيار و تزال الجزيئات المنفصلة.

و هناك طريقة أخرى يمكن من خلالها إجراء عملية الرحلان الكهربائي و هي عن طريق غمس ورق ترشيح في سائل هلامي او منظم و توصيل طرفي الورقة بقطبين كهربائيين و وضع المادة المراد تحليلها و فصلها في منتصف الورقة ، فعند مرور التيار الكهربائي تتحرك الجزيئات الموجبة في اتجاه، والجزيئات السالبة تتحرك في اتجاه آخر ، وبمضي الوقت، يتم فصل الجزيئات في أماكن متعددة على الورقة. ثم يُفْصَلُ التيار وتُزال الجزيئات المنفصلة من على الورقة.

الطرق و الوسائل

II. الطرق و الوسائل

II.1. المادة النباتية

تمت هذه الدراسة على نوعين من النجليات الثانوية: الدخن و الذرة الرفيعة المنزرعة في الجزائر و التي تضم ستة أصناف و الموضحة بالجدول 7

جدول7: خصائص الستة أصناف من النجليات الثانوية .

الصنف	الأصل	الخصائص
الدخن الأصفر اللؤلؤي	أدرار	الساق : متوسط الطول الى طويل يأخد شكل قصبة . السنبلة : على شكل شمعة متوسطة الطول . الحبة صفراء اللون ، صغيرة الحجم . يختلف في شكل الحبة الطور الخضري :متوسط التبكير. يتناسب مع مختلف الأتربة (الخفيفة أو الثقيلة) . ميعاد الزراعة : في اواخر شهر ماي و بداية شهر جوان.
الدخن الأصفر ذو الحبة الطويلة		
الدخن الأخضر	أدرار	الساق : متوسط الطول الى طويل أجوف على شكل قصبة . التفريع: متوسط التفريع .الإشطاء :ذو إشطاء مرتفع جدا السنبلة :على شكل شمعة طويلة . الحبة : صغيرة جدا، ذات اللون الأخضر .الطور الخضري : مبكر ميعاد الزراعة : في أواخر شهر ماي و بداية شهر جوان .
دخن المغرب	المغرب	
الذرة البيضاء	أدرار	الساق متوسط الطول إلى طويل ،عريض أجوف (شكل قصبة) التفريغ :منعدم ،أو قليل جدا . الأتربة : يتناسب مع الأتربة الخفيفة . السنبلة :عبارة عن عنقود ذو حبيبات متراصة و أخرى متفرغة الحبة : بيضاء ذات غمد أسود ،متوسط الحجم . الطور الخضري : متوسط التأخير . ميعاد الزراعة :يزرع في شهر ماي ،كما يمكن زرعه حتى بداية شهر جوان .

ذرة سكيكدة	سكيكدة	الساق : طويل جدا و عريض ،أجوف يعطي شكل القصبة . التفريع: مرتفع التفريع (يتميز هذا الصنف بوجود تفرعات كثيرة).السنبلة : عبارة عن عنقود ذو حبيبات متراصة .الحبة :حمراء يحيط بها غمد أسود ،ذات الحجم المتوسط يتناسب مع مختلف الأتربة (خفيفة و ثقيلة) . ميعاد الزراعة : يزرع في شهر ماي.

اجريت الدراسة بمركز الأبحاث البيوتكنولوجي CRBT بمخبر الرحلان الكهربائي الواقع بمنطقة علي منجلي بقسنطينة .

استعملت في هذه الدراسة تقنية الرحلان الكهربائيElectrophorèse (SDS-PAGE) حسب طريقة Laemmali (1970) المعدلة من طرف Singh et al.(1991) والتي تعتمد على فصل البروتينات حسب الوزن الجزيئي تحت تأثير حقل كهربائي في هلامة Polyacrylamide.

يكون الفصل على هلام بطريقة رأسية ، مع الاهتمام بطبيعة المحاليل المنظمة لأنها تعمل على الاحتفاظ برقم هيدروجيني ثابت أثناء زمن الفصل.

تعتمد طريقة الفصل الكهربائي للبروتينات على أساس أن البروتينات لديها شحنة كهربائية و تستطيع أن تتحرك تبعا لنوع الشحنة إذا وضعت في مجال كهربائي حيث تتناسب حركة الجزيء البروتيني تتناسب طرديا مع شدة التيار (من السالب إلى الموجب) وتتناسب عكسيا مع الوزن الجزيئي للبروتين.

تحدث عملية تشويه البروتينات وتفقد شكلها المنتظم وشحنتها الكهربائية باستعمال المحلول المنظم Tamponالمحتوي على مادة Sodium Dodecyl Sulphate (SDS)ويكتسب المعقد المكون من البروتين ومادة ويكتسب المعقد المكون من البروتين ومادةSDS شحنة سالبة بحيث يكون تحرك البروتين في المجال الكهربائي تبعا لوزنه الجزيئي فقط.

II.2. استخلاص البروتينات الكلية

تمت عملية استخلاص البروتينات الكلية حسب الخطوات التالية:

- سحق حبوب كل من الدخن و الذرة الرفيعة بواسطة هاون مع إضافة سائل الازوت ووضعها في أنابيب Eppendorf

- تم وزن 0,1g من مسحوق الحبوب ، ويضاف إليها 300 من محلول الاستخلاص
- ترج العينة جيدا بواسطة جهاز الرج الكهربائي لمدة 5 ثواني
- تترك العينة على الأقل لمدة ساعة تحت درجة حرارة المخبر ثم يوضع في حمام مائي درجة حرارته 95 مْ لمدة 5 دقائق
- وضع الانابيب في جهاز الطرد المركزي لمدة دقيقتين في (10000\دقيقة)تحت درجة حرارة 22 مْ.
- يأخذ الجزء الطافي الغني بالبروتينات الكلية ويحفظ في درجة حرارة 4مْ إلى غاية الاستعمال.

II.2.1. تحضير العينة

- ناخذ العينة من مستخلص البروتينات و يضاف اليها 5Ul من الحلول المنظم (tampon de charge SDS page) و المتكون من:
  - 1,5 ml من Tris HCL (0,5)
  - 2 ml من SDS 1%
  - 5 ml من Glycérol
  - 0,5 ml من Mercaptophénol
  - 1 ml من Bleu Bromophénol
  - 10 ml من Eau distillée
- رج العينات في جهاز vortex
- وضع العينات في حمام مائي تحت درجة حرارة تقدر ب 95 درجة مئوية قدرها 5 دقائق اين تحدث لها عملية تشويه و تفقد شكلها المنتظم و شحنتها الكهربائية.

II.2.2. تحضير الهلام

تم تحضير هلامين هلام الفصلGel de Séparation بتركيز 12% و PH 8,8 ، وهلام التركيز Gel de Concentration بتركيز 5% و PH 6.8

جدول8: مكونات هلام الفصل و التركيز

مكونات الهلام	هلام الفصل12%	هلام التركيز4%

3,4	5	H2O
0,83	6	Acrylamide mix 30%
0,63		Tris1,0 M (ph 6,8)
	3,8	Tris1,5 M(ph 8,8)
0,05	0,15	10% SDS
0,05	0,15	10% APS
0,005	0,006	TEMED

- تم تحضير هلام الفصل أولا ثم يوضع بين قطعتين زجاجيتين على سمك 1.5 مم لمدة 30 دقيقة.
- أضيفت طبقة من ايزوبروبانول Isopropanolمن اجل التخلص من الفقاعات الهوائية.
- تنزع طبقة Isopropanol وتعوض بهلام التركيز .
- غمس المشط بسرعة في الهلام ويترك لمدة 30 دقيقة ثم ينزع المشط للحصول على فراغات على مستوى الهلام.
- ملء الحوض بمحلول السيران Tompon de mégration PH=8,8الذي يتكون من (Eau distillée, SDS, Glycérine, Tris)
- أخذ 30 من العينات ووضعها ف الابار les puits .
- بعد تشغيل الجهاز عند 120 فولت تنتقل البروتينات ذات الشحنة السالبة إلى القطب الموجب حسب وزنها الجزيئي وتنتهي العملية بوصول الصبغة Bleu de promophénol الى أسفل الهلام.

II.4.2. تثبيت التلوين و ازالة التلوين

- بعد ظهور الحزم و انتهاء الهجرة ينزع الهلام و يوضع في حوض يحتوي على محلول التلوين Solution de coloration الذي يتكون من Ethanol, Acide acétique, Eau distillée, Bleu de coomassie, G250
- يعرض الحوض للتحريك لمدة 5 ساعات بهدف تثبيت محلول التلوين في الحزم.
- تنزع الصبغة بإضافة محلول إزالة التلوين (Solution de décoloration)الذي يتكون من Eau distillée, Acide acétique, Ethanol لمدة 24 ساعة مع تغييره لعدة مرات إلى أن تظهر الحزم بشكل واضح.

II.5.2. تصوير الهلام

- يأخذ الهلام و يصور بجهاز(Bio-Rad) ويتم تحليله بتحديد الحزم مع إعطاء الوزن الجزيئي لها استنادا الى الوزن الجزيئي المحدد Marqueur.

II.3. الدراسة الاحصائية

تمت معالجة النتائج النتحصل عليها من الدراسة باستعمال برنامج بتطبيق الطريقة الاحصائية التالية:شجرة القرابة و مصفوفة الاختلاف

النتائج و المناقشة

III. النتائج و المناقشة

تم تدوين النتائج المتحصل عليها من خلال هذه الدراسة في جداول، اشكال، شجرة القرابة Dendogramme و مصفوفة التشابه

III.1. الدراسة البيوكيميائية

III.1.1. تحليل الهلام

تم فصل البروتينات الكلية لستة انماط من النجليات الثانوية: الدخن و الذرة الرفيعة المنزرعة في الجزائر بواسطة تقنية الرحلان الكهربائي وقد اظهر التحليل وجود تنوع مهم في نتيجة الفصل، حيث بينت النتائج وجود اختلاف في عدد الحزم و أوزانها الجزيئية.

و من خلال تحليل صورة الهلام تم التعرف على 84 حزمة بروتينية تراوحت اوزانها ما بين 10,6 KDa و118,9 KDa مع غياب للحزمات المشتركة Monomorphe.

سجل الفرد M1 مجموع 20 حزمة ذات أوزان جزيئية :(103.9-95-77.7-69-62.4-52.2-50-48-45.3-41.1-38-35.4-33-27.2-22.7-21.7-20-18-17.2-11.9)KDa

تميز بوجود 15 حزمة خاصة من مجموع 20 حزمة اوزانها الجزيئية (103.9-95-77.7-62.4-52.2-48-45.3-38-33-27.2-22.7-21.7-20-17.2-11.9)KDa

سجل الفرد M2 مجموع 11 حزمة ذات أوزان جزيئية :(109.5-98.6-78.8-61.5-52.5-41-36.2-28.4-22-21-12.9)KDa

تميز بوجود **8**حزمة خاصة من مجموع **11**حزمة اوزانها الجزيئية (109.5-98.6-78.8-61.5-52.5-36.2-28.4-22)KDa

كشف الفرد M3عن وجود 14 حزمة ذات أوزان جزيئية :(118.9-106.3-84.4-66.1-54.1-42.3-36.4-28.6-22.3-21-18-17.7-12.8-10.6)KDa

تميز بوجود 9 حزمة خاصة من مجموع 14 حزمة ذات أوزان جزيئية :(118.9-106.3-84.4-66.1-54.1-42.3-36.4-28.6-17.7)KDa

اظهر الفرد M4مجموع 12 حزمة ذات أوزان جزيئية :(113.6-103.1-82.1-63.8-53.9-41-36.5-29.2-22.1-19.4-12.8-10.6)KDa

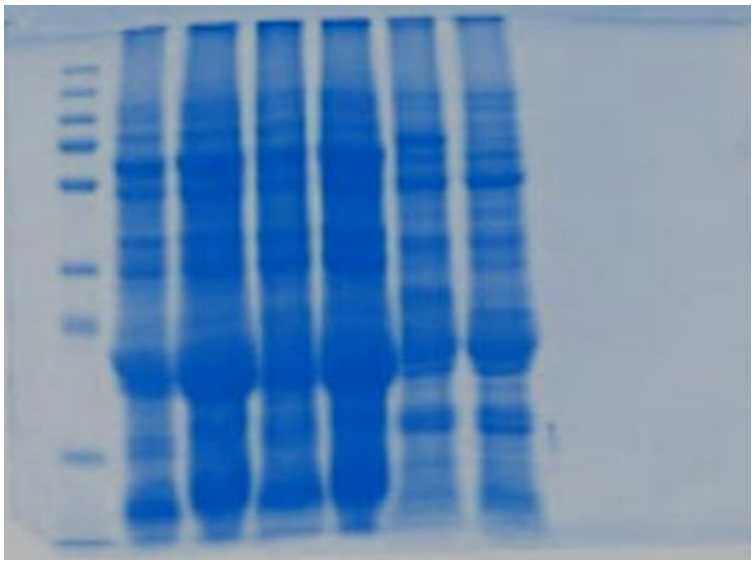
تميز بوجود 8 حزمة خاصة من مجموع 12 حزمة ذات أوزان جزيئية :(113.6-103.1-82.1-63.8-36.5-29.2-22.1-19.4)KDa

أما الفرد S1فكشف عن وجود 19 حزمة ذات أوزان جزيئية : (112.8-100.1-76.5-71-62.9-53.4-44-39.5-30.8-24.4-23-22.3-21.5-19.2-18.2-16-14.2-12.9-11.3)KDa

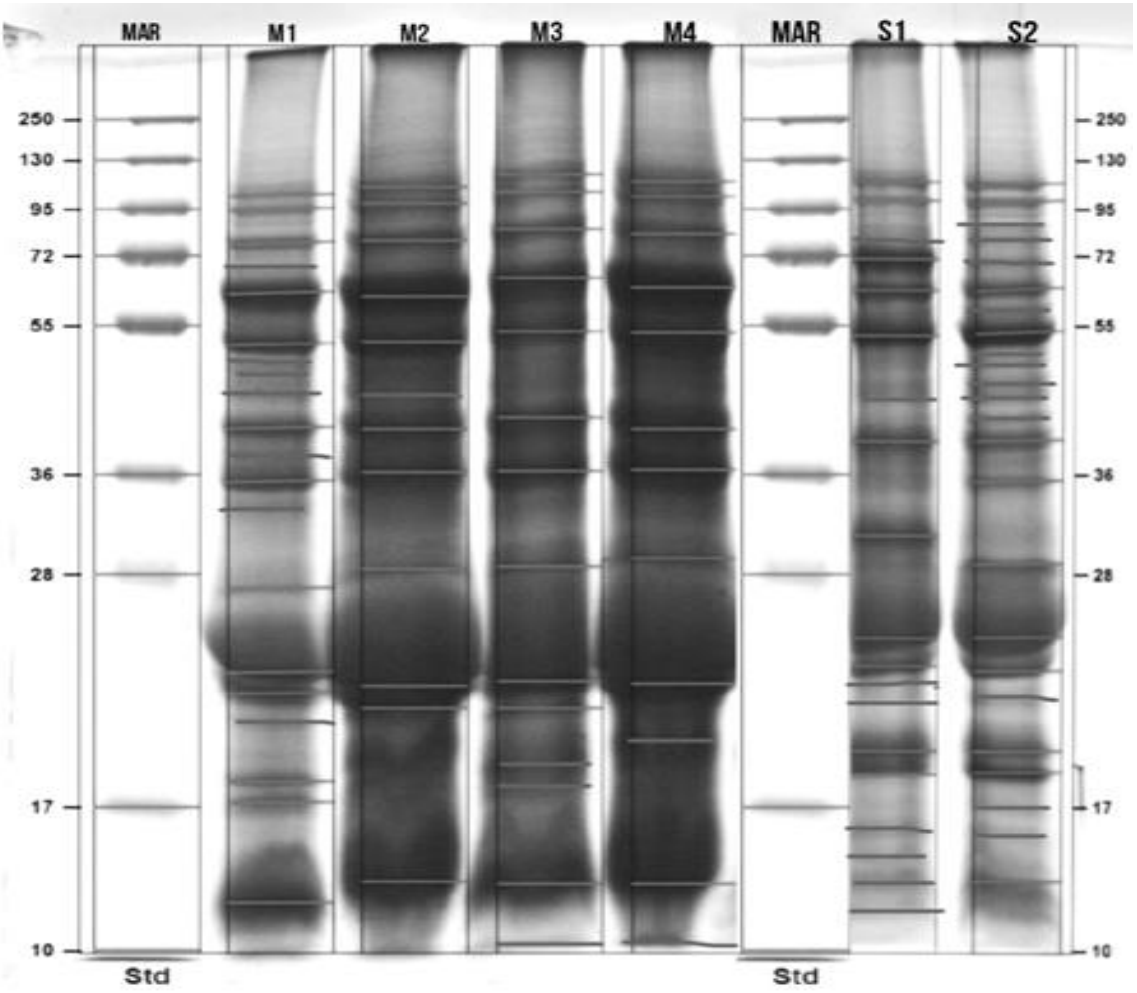
تميز بوجود 14 حزمة خاصة من اصل 19 حزمة ذات أوزان جزيئية : (112.8-100.1-71-62.9-53.4-39.5-30.8-24.4-23-21.5-18.2-16-14.2-11.3)KDa

أما بالنسبة للفرد S2فقد سجل مجموع 24 حزمة ذات أوزان جزيئية :(111.1-99.4-86.4-76.5-69-63.2-59-53.9-50-49.5-46-44-41.1-39.6-35.4-28.7-24.5-22.8-21.6-19.2-18.3-17-15.7-12.9)KDa

تميز بوجود 15 حزمة خاصة من مجموع 24 حزمة ذات أوزان جزيئية :(111.1-99.4-86.4-63.2-59-49.5-46-39.6-28.7-24.5-22.8-21.6-18.3-17-15.7)KDa



الشكل 12: صورة لهلام فصل البروتينات لنوعي الدخن و الذرة الرفيعة



الشكل 13: الرحلان الكهربائي للبروتينات الكلية عند الافراد المدروسة (الدخن و الذرة الرفيعة)

الجدول9 : عدد الحزم و الاوزان الجزيئية الموجزدة عند الافراد الستة لكل من الدخن (M1,M2,M3,M4) و الذرة الرفيعة (S1,S2)

عدد الحزم NB	الوزن الجزيئي PM	M1	M2	M3	M4	S1	S2	خاصية الحزمة
1	118,9	0	0	1	0	0	0	U(+)
2	113,6	0	0	0	1	0	0	U(+)
3	112,8	0	0	0	0	1	0	U(+)
4	111,1	0	0	0	0	0	1	U(+)
5	109,5	0	1	0	0	0	0	U(+)
6	106,3	0	0	1	0	0	0	U(+)
7	103,9	1	0	0	0	0	0	U(+)
8	103,1	0	0	0	1	0	0	U(+)
9	100,1	0	0	0	0	1	0	U(+)
10	99,4	0	0	0	0	0	1	U(+)
11	98,6	0	1	0	0	0	0	U(+)
12	95	1	0	0	0	0	0	U(+)
13	86,4	0	0	0	0	0	1	U(+)
14	84,4	0	0	1	0	0	0	U(+)
15	82,1	0	0	0	1	0	0	U(+)
16	78,8	0	1	0	0	0	0	U(+)
17	77,7	1	0	0	0	0	0	U(+)
18	76,5	0	0	0	0	1	1	P
19	71	0	0	0	0	1	0	U(+)
20	69	1	0	0	0	0	1	P
21	66,1	0	0	1	0	0	0	U(+)
22	63,8	0	0	0	1	0	0	U(+)
23	63,2	0	0	0	0	0	1	U(+)
24	62,9	0	0	0	0	1	0	U(+)
25	62,4	1	0	0	0	0	0	U(+)
26	61,5	0	1	0	0	0	0	U(+)
27	59	0	0	0	0	0	1	U(+)
28	54,1	0	0	1	0	0	0	U(+)
29	53,9	0	0	0	1	0	1	P
30	53,4	0	0	0	0	1	0	U(+)
31	52,5	0	1	0	0	0	0	U(+)
32	52,2	1	0	0	0	0	0	U(+)
33	50	1	0	0	0	0	1	P
34	49,5	0	0	0	0	0	1	U(+)
35	48	1	0	0	0	0	0	U(+)
36	46	0	0	0	0	0	1	U(+)
37	45,3	1	0	0	0	0	0	U(+)

38	**44**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**1**	**P**
39	**42,3**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**U(+)**
40	**41,1**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**P**
41	**41**	**0**	**1**	**0**	**1**	**0**	**0**	**P**
42	**39,6**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**U(+)**
43	**39,5**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**U(+)**
44	**38**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**U(+)**
45	**36,5**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**U(+)**
46	**36,4**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**U(+)**
47	**36,2**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**U(+)**
48	**35,4**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**P**
49	**33**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**U(+)**
50	**30,8**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**U(+)**
51	**29,2**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**U(+)**
52	**28,7**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**U(+)**
53	**28,6**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**U(+)**
54	**28,4**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**U(+)**
55	**27,2**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**U(+)**
56	**24,5**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**U(+)**
57	**24,4**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**U(+)**
58	**23**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**U(+)**
59	**22,8**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**U(+)**
60	**22,7**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**U(+)**
61	**22,3**	**0**	**0**	**1**	**0**	**1**	**0**	**P**
62	**22,1**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**U(+)**
63	**22**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**U(+)**
64	**21,7**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**U(+)**
65	**21,6**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**U(+)**
66	**21,5**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**U(+)**
67	**21**	**0**	**1**	**1**	**0**	**0**	**0**	**P**
68	**20**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**U(+)**
69	**19,4**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**U(+)**
70	**19,2**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**1**	**P**
71	**18,3**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**U(+)**
72	**18,2**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**U(+)**
73	**18**	**1**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**P**
74	**17,7**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**U(+)**
75	**17,2**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**U(+)**
76	**17**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**U(+)**
77	**16**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**U(+)**
78	**15,7**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**U(+)**
79	**14,2**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**U(+)**
80	**12,9**	**0**	**1**	**0**	**0**	**1**	**1**	**P**
81	**12,8**	**0**	**0**	**1**	**1**	**0**	**0**	**P**
82	**11,9**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**U(+)**

83	11,3	0	0	0	0	1	0	U(+)
84	10,6	0	0	1	1	0	0	P
	Total	20	11	14	12	19	24	

P :Polymorphe **0 : غياب الحزمة**

U :bande unique **1 : وجود الحزمة**

الجدول10: عدد الحزم و الاوزان الجزيئية الموجودة لدى الاصناف الاربعة للدخن

عدد الحزم NB	الوزن الجزيئيPM	M1	M2	M3	M4	خاصية الحزمة
1	118,9	0	0	1	0	U(+)
2	113,6	0	0	0	1	U(+)
3	109,5	0	1	0	0	U(+)
4	106,3	0	0	1	0	U(+)
5	103,9	1	0	0	0	U(+)
6	103,1	0	0	0	1	U(+)
7	98,6	0	1	0	0	U(+)
8	95	1	0	0	0	U(+)
9	84,4	0	0	1	0	U(+)
10	82,1	0	0	0	1	U(+)
11	78,8	0	1	0	0	U(+)
12	77,7	1	0	0	0	U(+)
13	69	1	0	0	0	U(+)
14	66,1	0	0	1	0	U(+)
15	63,8	0	0	0	1	U(+)
16	62,4	1	0	0	0	U(+)
17	61,5	0	1	0	0	U(+)
18	54,1	0	0	1	0	U(+)
19	53,9	0	0	0	1	U(+)
20	52,5	0	1	0	0	U(+)
21	52,2	1	0	0	0	U(+)
22	50	1	0	0	0	U(+)

23	**48**	**1**	**0**	**0**	**0**	**U(+)**
24	**45,3**	**1**	**0**	**0**	**0**	**U(+)**
25	**42,3**	**0**	**0**	**1**	**0**	**U(+)**
26	**41,1**	**1**	**0**	**0**	**0**	**U(+)**
27	**41**	**0**	**1**	**0**	**1**	**P**
28	**38**	**1**	**0**	**0**	**0**	**U(+)**
29	**36,5**	**0**	**0**	**0**	**1**	**U(+)**
30	**36,4**	**0**	**0**	**1**	**0**	**U(+)**
31	**36,2**	**0**	**1**	**0**	**0**	**U(+)**
32	**35,4**	**1**	**0**	**0**	**0**	**U(+)**
33	**33**	**1**	**0**	**0**	**0**	**U(+)**
34	**29,2**	**0**	**0**	**0**	**1**	**U(+)**
35	**28,6**	**0**	**0**	**1**	**0**	**U(+)**
36	**28,4**	**0**	**1**	**0**	**0**	**U(+)**
37	**27,2**	**1**	**0**	**0**	**0**	**U(+)**
38	**22,7**	**1**	**0**	**0**	**0**	**U(+)**
39	**22,3**	**0**	**0**	**1**	**0**	**U(+)**
40	**22,1**	**0**	**0**	**0**	**1**	**U(+)**
41	**22**	**0**	**1**	**0**	**0**	**U(+)**
42	**21,7**	**1**	**0**	**0**	**0**	**U(+)**
43	**21**	**0**	**1**	**1**	**0**	**P**
44	**20**	**1**	**0**	**0**	**0**	**U(+)**
45	**19,4**	**0**	**0**	**0**	**1**	**U(+)**
46	**18**	**1**	**0**	**1**	**0**	**P**
47	**17,7**	**0**	**0**	**1**	**0**	**U(+)**
48	**17,2**	**1**	**0**	**0**	**0**	**U(+)**
49	**12,9**	**0**	**1**	**0**	**0**	**U(+)**
50	**12,8**	**0**	**0**	**1**	**1**	**P**
51	**11,9**	**1**	**0**	**0**	**0**	**U(+)**
52	**10,6**	**0**	**0**	**1**	**1**	**P**
	Total	**20**	**11**	**14**	**12**	

الجدول11: عدد الحزم و الأوزان الجزيئية الموجودة لدى صنفي الذرة الرفيعة

عدد NB	الوزن الجزيئيPM	S1	S2	خاصية الحزمة
1	112,8	1	0	U(+)
2	111,1	0	1	U(+)
3	100,1	1	0	U(+)
4	99,4	0	1	U(+)
5	86,4	0	1	U(+)
6	76,5	1	1	P
7	71	1	0	U(+)
8	69	0	1	U(+)
9	63,2	0	1	U(+)
10	62,9	1	0	U(+)
11	59	0	1	U(+)
12	53,9	0	1	U(+)
13	53,4	1	0	U(+)
14	50	0	1	U(+)
15	49,5	0	1	U(+)
16	46	0	1	U(+)
17	44	1	1	P
18	41,1	0	1	U(+)
19	39,6	0	1	U(+)
20	39,5	1	0	U(+)
21	35,4	0	1	U(+)
22	30,8	1	0	U(+)
23	28,7	0	1	U(+)
24	24,5	0	1	U(+)
25	24,4	1	0	U(+)
26	23	1	0	U(+)
27	22,8	0	1	U(+)
28	22,3	1	0	U(+)
29	21,6	0	1	U(+)
30	21,5	1	0	U(+)

31	19,2	1	1	P
32	18,3	0	1	U(+)
33	18,2	1	0	U(+)
34	17	0	1	U(+)
35	16	1	0	U(+)
36	15,7	0	1	U(+)
37	14,2	1	0	U(+)
38	12,9	1	1	P
39	11,3	1	0	U(+)
	Total	19	24	

الجدول12 : عدد الحزم المتنوعة Polymorphe و المشتركة Monomorphe و نسبة التنوع Polymorphisme لأصناف الدخن و الذرة الرفيعة

الأفراد	الحزم المشتركة (Monomorphe) أحادية المظهر	الحزم المتنوعة(Polymorphe) حزم ذات تعدد مظهري متباين		مجموع الحزم	نسبة التنوع (Polymorphisme) التعدد المظهري او التباين المظهري
		Bonde unique حزم كاشفة	Bonde non unique		
M1	0	15	5	20	100%
M2	0	8	3	11	100%
M3	0	9	5	14	100%
M4	0	8	4	12	100%
S1	0	14	5	19	100%
S2	0	15	9	24	100%

الجدول13 : عدد الحزم المتنوعة Polymorphe و المشتركة Monomorpheللأصناف الستة المدروسة(الدخن و الذرة الرفيعة).

نسبة التنوع	مجموع الحزم	الحزم المتنوعة(Polymorphe) حزم ذات تعدد مظهري متباين	الحزم المشتركة

(Monomorphe) حزم أحادية المظهر	Bonde unique حزم كاشفة	Bonde non unique		التعدد المظهري او التباين المظهري (Polymorphisme)
0	69	15	84	100%

الجدول14 : عدد الحزم المتنوعة Polymorphe و المشتركة Monomorphe لكل صنف من اصناف الدخن

الأفراد	الحزم المشتركة (Monomorphe) حزم احادية المظهر	الحزم المتنوعة(Polymorphe) حزم ذات تعدد مظهري متباين		مجموع الحزم	نسبة التنوع (Polymorphisme) التعدد المظهري أو التباين المظهري
		Bande unique حزم كاشفة	Bande non unique		
M1	0	19	1	20	100%
M2	0	9	2	11	100%
M3	0	10	4	14	100%
M4	0	9	3	12	100%

سمحت دراسة الحزم المتنوعة و المشتركة لكل صنف من أصناف الدخن في الجدول 14:

سجل الفرد M1 مجموع 20 حزمة حيث مثلت 19 منها حزمة كاشفة، بينما سجل الفرد M2 9 حزم كاشفة من مجموع 11 حزمة بروتينية، كشف الفرد M3عن وجود 14 حزمة من بينها 10 حزم كاشفة و كما أظهر الفرد M4 مجموع 12 حزمة مثلت الحزم الكاشفة 9 حزم بروتينية منها، بينما سجل الغياب الكلي للحزم المشتركة فكانت نسبة التنوع و التعدد المظهري 100% عند أصناف الدخن

الجدول 15 عدد الحزم المتنوعة و المشتركة لاصناف الدخن المدروسة

الحزم (Monomorphe)المشتركة حزم أحادية المظهر	الحزم المتنوعة(Polymorphe) حزم ذات تعدد مظهري متباين		مجموع الحزم	نسبة التنوع التعدد المظهري او التباين المظهري (Polymorphisme)
	Bande unique حزم كاشفة	Bonde non unique		
0	47	5	52	100%

تظهر دراسة عدد الحزم المتنوعة و المشتركة و كذا نسبة التنوع لك صنف من أصناف الذرة الرفيعة الممثلة في الجدول 16 :

يمتلك كل من صنفي الذرة الرفيعة " ذرة ادرار و ذرة سكيكدة" لأربعة حزم بروتينية مشتركة، حيث يمتلك الصنف S1 "الذرة البيضاء او ذرة ادرار" 15 حزمة كاشفة من اصل 19 حزمة بروتينية و بنسبة تنوع 78,95Polymorphisme%. بينما سجل الصنف S2" ذرة سكيكدة" 20 حزمة كاشفة من اصل 24 حزمة بروتينية مع نسبة تنوع 83,33%

كانت نسبة التنوع و التعدد المظهري بين الصنفين (87,17% الجدول 17)

الجدول16: عدد الحزم المتنوعة Polymorphe و المشتركة Monomorphe لكل صنف من اصناف الذرة الرفيعة

الأفراد	الحزم المشتركة (Monomorphe) حزم احادية المظهر	الحزم المتنوعة(Polymorphe) حزم ذات تعدد مظهري متباين		مجموع الحزم	نسبة التنوع (Polymorphisme) التعدد المظهري أو التباين المظهري
		Bande unique حزم كاشفة	Bande non unique		
S1	4	15	0	19	78,95%
S2	4	20	0	24	83,33%

الجدول 17 عدد الحزم المتنوعة Polymorphe و المشتركة Monomorphe لاصناف الذرة الرفيعة المدروسة

الحزم	الحزم المتنوعة(Polymorphe) حزم ذات تعدد مظهري متباين	مجموع الحزم	نسبة التنوع

المشتركة(Monomorphe) حزم أحادية المظهر	Bande unique حزم كاشفة	Bonde non unique		التعدد المظهري او التباين المظهري (Polymorphisme)
4	**34**	**0**	**39**	**87.17%**

III.2.1. دراسة شجرة القرابة

سمحت صورة الرحلان الكهربائي للبروتينات الكلية المدروسة بإنشاء شجرة القرابة التي تبين العلاقات الوراثية بين ستة أنماط من النجليات الثانوية الدخن و الذرة الرفيعة .

من خلال تحليل شجرة القرابة تبين وجود اربع مجموعات رئيسية يظهر كل نمط وراثي تنوعا كبيرا و يختلف وراثيا عن الاخر ، حيث ضمت المجموعة الرئيسية الأولى كل من: الاصناف M2,M3,M4 .

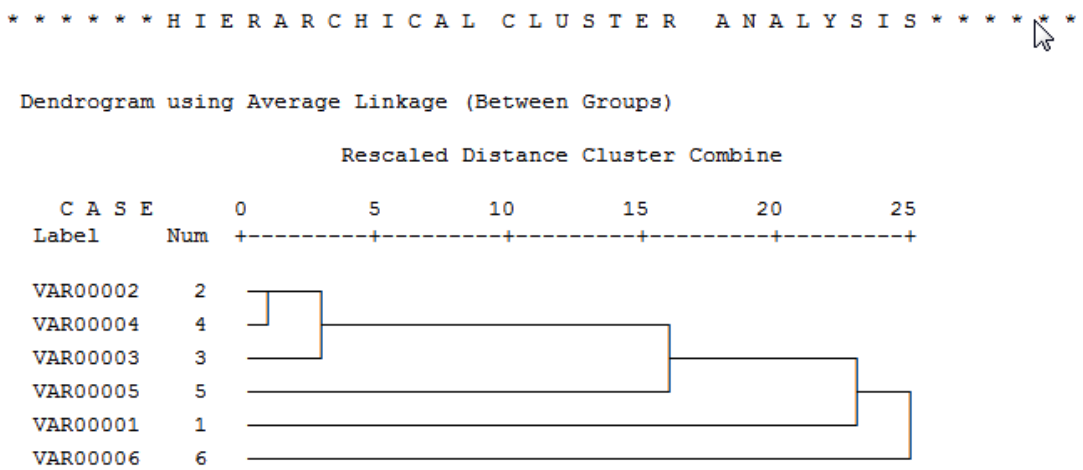
المجموعة الرئيسية الثانية فضمت: الصنف M1.

المجموعة الرئيسية الثالثة تضم الصنف S1 فقط

المجموعة الرئيسية الرابعة تحتوي على الصنف S2

الجدول18: توزيع الافراد حسب المجموعات في شجرة القرابة

المجموعة الرئيسية 1	المجموعة الرئيسية 2	المجموعة الرئيسية 3	المجموعة الرئيسية 4
M2, M3, M4	S1	M1	S2



الشكل14 : شجرة القرابة للافراد الستة المدروسة لصنفي الدخن و الذرة الرفيعة

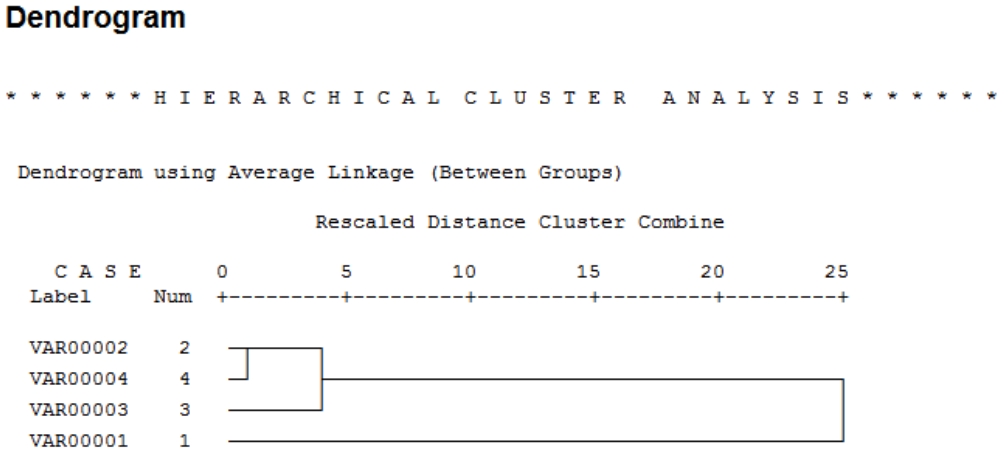
سمحت صورة الرحلان الكهربائي للبروتينات الكلية المدروسة بإنشاء شجرة القرابة (الشكل) التي تبين العلاقات الوراثية بين افراد الدخن.

من خلال تحليل شجرة القرابة تبين وجود مجموعتين رئيسيتين ، حيث ضمت المجموعة الرئيسية الأولى كل من: الاصناف.M2,M3,M4 يظهر كل نمط وراثي تنوعا كبيرا و يختلف وراثيا عن الاخر

أما المجموعة الرئيسية الثانية فضمت: الصنف M1فقط

الجدول19: توزيع افراد الدخن حسب المجموعات في شجرة القرابة

المجموعة الرئيسية الاولى	المجموعة الرئيسية الثانية
M2, M3, M4	M1



الشكل15 : شجرة القرابة للافراد الاربعة المدروسة لصنف الدخن

أظهرت دراسة البروتينات الكلية لستة أفراد من النجليات الثانوية الدخن و الذرة الرفيعة و ذلك باستعمال تقنية الرحلان الكهربائي وجود 84 حزمة تراوحت أوزانها الجزيئية بين 10.6KDa– 118.9KDa،كما كشفت الدراسة على وجود تنوع كبير بين الأنماط الوراثية المدروسة من حيث عدد الحزم ،الحزم المشتركة و الحزم الخاصة نسبة التنوع و كذلك نسبة القرابة .

حيث تميزت الأفراد S1, S2, M1بوجود أكبر عدد من الحزم كما أن أغلبية حزمها هي حزم خاصة وغ غياب كلي للحزم المشتركة حيث كانت نسبة التنوع 100%.

تبين من خلال تحليل شجرة القرابة وجود اربع مجموعات رئيسية بحيث تضم المجموعة الرئيسية الأولى ثلاث انماط وراثية المتمثلة في (M2, M3, M4)، يظهر كل نمط وراثي تنوعا كبيرا و يختلف وراثيا عن الاخر بينما ينتمون الى نفس النوع الدخن .

تعطي المجموعات الثلاثة الاخرى تنوع جيني فريد يتمثل في كل من الفرد (M1, S1, S2)

بالرغم من ان الفرد M1 ينتمي لصنف الدخن *Pennisetum sp.* الا انه يشبه لافراد صنف الذرة الرفيعة *Sorghum bicolor* اكثر من افراد صنفه.

III.3.1. دراسة مصفوفة الاختلاف

من خلال المصفوفة الممثلة في الجدول ، لوحظت اكبر نسبة اختلاف بين الصنفين M1 و S1 وقدرت بنسبة 100% مما يعني ان هناك اختلاف كلي بينهما من حيث البروتينات.

في حين سجلت اضعف نسبة اختلاف و هي منعدمة تماما 0% بين الصنف M2 و M4

الجدول 20مصفوفة الاختلاف بين الافراد الستة لكل من الدخن (M1,M2,M3,M4) و الذرة الرفيعة (S1,S2) اعتمادا على التفريد الكهربائي للبروتينات

	M1	M2	M3	M4	S1	S2
M1						
M2	0,593					
M3	0,646	0,128				
M4	0,646	0,000	6,487 E-02			
S1	1,000	0,426	0,593	0,593		
S2	0,853	0,699	0,952	0,751	0,802	

من خلال مصفوفة الاختلاف (الجدول) لاصناف الدخن ، لوحظت اكبر نسبة اختلاف بين الصنفين M1 و M3 وقدرت بنسبة 100% مما يعني ان هناك اختلاف كلي بينهما من حيث البروتينات، كما سجلت كذلك نفس نسبة الاختلاف 100% بين الصنفين M1 و M4.

في حين سجلت اضعف نسبة اختلاف و هي منعدمة تماما 0% بين الصنف M2 و M4

الجدول 21مصفوفة الاختلاف بين الافراد الاربعة لنبات الدخن (M1,M2,M3,M4) اعتمادا على التفريد الكهربائي للبروتينات

	M1	M2	M3	M4
M1				
M2	0,917			
M3	1,000	0,199		

M4	1,000	0,000	0,100

III.2. مناقشة النتائج

تعتبر تقنية الرحلان الكهربائي من التقنيات الاكثر استخداما في فصل البروتينات، حيث تسمح هذه التقنية بفصل عدة انواع من البروتينات حسب وزنها الجزيئي تحت تأثير حقل كهربائي في هلام Polyacrilamide. تسمح هذه التقنية لتحديد نوع و التركيب الكيميائي لكل من نوعي النجليات الثانوية المتمثلة في الدخن و الذرة الرفيعة، و المساهمة في الحصول على معلومات اضافية ذات موثوقية عالية.

وضح Chnapek, 2014 من الدراسات التي قام بها باستعمال تقنية الرحلان الكهربائي ان هذه التقنية سريعة و غير مكلفة، تزودنا بمعلومات عن جودة الحبوب ومع ذلك هناك امكانية التاثير البيئي على تخليق البروتين و لهذا السبب من الضروري الجمع بين هذه التحليلات و تحليل حمض ADN.

استخدم Bensemra N et al تقنية الرحلان الكهربائي في فصل بروتينات الدخن اللؤلؤي الجزائري لأحد عشر صنفا من الدخن اللؤلؤي بألوان وأشكال مختلفة من الصحراء الجزائر. تم الكشف عن تباين واسع في محتوى البروتين (11.2 إلى 18.2٪) في العينات المدروسة. باستثناء عينة من الدخن اللؤلؤي المزروع في تمنراست ، أظهرت أصناف الدخن اللؤلؤي المحلية نسبا عالية من البروتين. عينات الدخن اللؤلؤي غنية جدا بالأحماض الأمينية الأساسية (40٪) في المتوسط. تم الحصول على نسب الليسين والثريونين والفينيل ألانين والإيزولوسين والفالين أعلى من القمح والذرة والذرة الرفيعة.

كما سمح فصل بروتينات الدخن اللؤلؤي الى دراسة بروتينات التخزين (prolamines et glutélines) التي تختلف اختلافا كبيرا بين الأصناف (57 إلى 80 ٪).

Pennisetines هي غالبية اجزاء البروتين الموجودة في العينات الإحدى عشرة (38 إلى 57 ٪ من البروتينات المستخرجة). تظهر هذه الدراسة أن أصناف الدخن اللؤلؤي المأخوذة من جنوب الجزائر قد تشكل حبوبا بديل للقمح ومصدر جيد للبروتين الخالي من الغلوتين والأحماض الأمينية الأساسية.

استخدم معهد بحوث المحاصيل الحقلية–مركز البحوث الزراعية – جامعه الجيزة هذه التقنية سنة 2005 لدراسة قدرة التألف لبعض الصفات المورفولوجية لذرة الحبوب الرفيعة تحت الظروف الملحية والادلة الوراثية البيوكيميائية للتراكيب الوراثية المتحملة للملوحة حيث أظهرت نماذج التفريد الكهربي للبروتينيات الذائبة المستخلصة من حبوب الذرة الرفيعة ان التراكيب الوراثية الابوية المتحملة للملوحة تميزت بخمس حزم بروتينية ذات وزن جزيئي 255.81 ، 188.62، 162.62، 43.78، 32.12 كيلو دالتون ماعدا الام f6 والتي فقدت الحزمتين ذات الوزن الجزيئي 255.81، 188.62 كيلو دالتون . وقد وجد ان هذه الحزم الخمسة لم تظهر في التراكيب الوراثية الحساسة للملوحة كما انها ظهرت في معظم الهجن المتحملة للملوحة . وبوجه عام فقد أظهرت نتائج التفريد الكهربي ان حزم البروتين المنفردة يمكن ان تكون اداة فعالة لتحديد وتصنيف التراكيب الوراثية المتحملة للملوحة لكي يوصي باستخدامها في برامج التربية لتحمل الملوحة في الذرة الرفيعة

في دراسة من مجلة علوم الأغذية والزراعة تم استخدام تقنية الرحلان الكهربائي لدراسة بروتينات الدخن الإيطالية: تكوين الأحماض الأمينية ، تجزئة الذوبان والرحلان الكهربائي لاجزاء البروتين، حيث سمحت هذه الدراسة تحديد تكوين الأحماض الأمينية لكل نوع من أصناف الدخن ال 14 وكسور البروتين الفردية لثلاثة أصناف. الأحماض الأمينية المحددة هي ليسين تليها التربتوفان والأحماض الأمينية المحتوية على الكبريت والميثيونين والسيستين. ينخفض محتوى اللايسين في الحبوب مع زيادة محتوى البروتين. يحتوي البروتين الكلي على نسبة عالية من الليوسين. أشار الرحلان الكهربائي لهلام SDS–polyacrylamide لكسور البروتين إلى أوجه تشابه في جزء البرولامين والاختلافات في كسور الألبومين – الجلوبيولين والجلوتين من الأصناف المختلفة.

نشرت مجلة علوم الأغذية والزراعة مقال لدراسة محتوى البروتين الدخن الياباني (Echinochloa frumentacea) وجودته و الرحلان الكهربائي اجزاء البروتين حيث اعطى فصل البروتينات الكلية لخمسة أنواع من الدخن الياباني (Echinochloa frumentacea) إلى أجزاء من الألبومين ، الجلوبيولين، البرولامين والجلوتلين. تراوحت بروتينات الصنف الكلي من
11,3–17,2 % d'albumine/globulines, 6,8–9, 3 % de prolamines, 7,5–11,6 % de type prolamine, 5,9–9,1 % de type glutéline et 39 ,3–54,4 % de vrais glutélines

أظهرت تحليلات الأحماض الأمينية للبروتين الكلي أن الأصناف تحتوي بشكل أساسي على نفس تركيبة الأحماض الأمينية. وباستثناء اللايسين، تتطابق مستويات الأحماض الأمينية بشكل كاف مع نموذج التسجيل المؤقت لمنظمة الأغذية والزراعة. كان تكوين الأحماض الأمينية لاجزاء البروتين متشابهة جدا أيضا. أظهر التحليل الكهربائي أن جزء الألبومين / الجلوبيولين يحتوي على ثلاثة أو أربعة مكونات. تحتوي كل من البرولامين والغلوتيلين على خمسة مكونات. يحتوي جزء الجلوتيلين على مكونات ذات وزن جزيئي أعلى من الجزأين الآخرين.

IV. الخاتمة

من خلال فصل البروتينات الكلية البروتينات الكلية ل 6 أنماط من النجليات الثانوية الدخن (*Pennisetum sp.*)و الذرة الرفيعة (*Sorghum bicolor*) المنزرعة بالجزائر ، باستعمال تقنية الرحلان الكهربائي(Electrophorèse (SDS-PAGEالتي تعتمد على فصل البروتينات حسب وزنها الجزيئي تحت تأثير حقل كهربائي في هلام Polyacrilamide .

كشفت النتائج عن وجود 84 حزمة مختلفة الأوزان الجزيئية تتراوح بين KDa10.6-KDa118.9 ، اتضح وجود تنوع بين الأفراد المدروسة من حيث عدد الحزم ، ،الحزم الخاصة و كذلك نسبة التنوع . حيث أظهرت الأفراد M1و S1 و S2 أكبر عدد من الحزم كما أن أغلبية الأفراد شكلت حزم خاصة، و نسبة التنوع قدرت ب 100%، مع غياب كلي للحزم المشتركة.

تبين من خلال تحليل شجرة القرابة وجود اربع مجموعات رئيسية بحيث تضم المجموعة الرئيسية الأولى ثلاث انماط وراثية المتمثلة في (M2, M3, M4)، يظهر كل نمط وراثي تنوعا كبيرا و يختلف وراثيا عن الاخر بينما ينتمون الى نفس النوع *Pennisetum sp.*.

تعطي المجموعات الثلاثة الاخرى تنوع جيني فريد يتمثل في كل من الفرد (M1, S1, S2)

بالرغم من ان الفرد M1 ينتمي لصنف الدخن *Pennisetum sp.* الا انه يشبه لافراد صنف الذرة الرفيعة *Sorghum bicolor* اكثر من افراد صنفه.

من خلال مصفوفة الاختلاف تبين وجود اكبر نسبة اختلاف بين الصنفين M1 و S1 وقدرت بنسبة 100% مما يعني ان هناك اختلاف كلي بينهما من حيث البروتينات. في حين سجلت اضعف نسبة اختلاف و هي منعدمة تماما 0% بين الصنف M2 و M4

اما بالنسبة للاختلاف بين اصناف الدخن فقد بينت مصفوفة الاختلاف اكبر نسبة اختلاف بين الصنفين M1 و M3 وقدرت بنسبة 100% مما يعني ان هناك اختلاف كلي بينهما من حيث البروتينات، كما سجلت كذلك نفس نسبة الاختلاف 100% بين الصنفين M1 و M4. في حين سجلت اضعف نسبة اختلاف و هي منعدمة تماما 0% بين الصنف M2 و M4

ختمت هذه الدراسة بتحديد التنوع و التعدد المظهري بين الافراد المدروسة و تصنيف الافراد في عدة مجموعات وراثية و الوصول الى صلة التباعد بينها

من خلال هذه الدراسة يمكن ان نتطلع الى دراسات اخرى معمقة:

- دراسة التنوع البروتيني و بروتينات التخزين لتحديد النوعية
- تحديد التركيب الوراثي للمقارنة بين الافراد

المراجع

Abderrazak M. et Joël R., (2007). La botanique de A à Z. Ed. Dunod. Paris. 177p

Adam T ., (2003). Cours d'Agriculture Spéciale Agro3. Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni, Niamey.

Adebiyi, J., Obadina, A., Adebo, O., & Kayitesi, E., (2016). Fermented and malted millet products in Africa: Expedition from traditional/ethnic foods to industrial value added products. *Critical reviews in Food Science and nutrition* (just-accepted), 00-00.

ADEME, 1998., Sorghos. Céréaliers de France. 8p.CHANTEREAU J. et NICOU R., 1991. Le sorgho. Paris, Maisonneuve et Larose, collection le technicien de l'agriculture tropicale, 159p

Afiniki BZ., (2005). Early sowing and métalaxyl seed treatment reduced incidence of pearl millet downy mildew [Sclerospora graminicola (sacc.)] in Samaru, Nigeria. Journal of Plant Protection Research, 45(3): 163-169. http://www.plantprotection.pl/PDF 45(3)/JPPR

Anonyme., 2004. Evaluation de l'impact de techniques d'intensification sur la production de mil à l'échelle du territoire du Niger, p. 186

Bezançon G, Renno JF, Anand Kumar K., 1997. Le mil. In L'amélioration des Plantes Tropicales, André Charrier MJ, Hamon S, Nicolas D (eds). CIRAD et ORSTOM; 457-482. **De Wet JMJ. and Harlan, JR.,** (1971). The origin and domestication of sorghum. Economic Botany, 25: 128-135.

De Wet JMJ. and Huckabay JP., (1967). Origin of Sorghum bicolor. Distribution and domestication. Evolution 21(4) : 787-802.

De Wet JMJ., (1978). Systematics and evolution of Sorghum sect. Sorghum (Gramineae). American Journal of Botany 65(4): 477-484.

Djè Y., Heurtz M., Ater M., Lefebre C. and X. Vekemans., (2007). Evaluation de la diversité morphologique des variétés traditionnelles de sorgho du Nord-Ouest du Maroc.

Drame Yayé A, Youm O, Ayertey JN., (2003). Assessment of grain yield losses in pearl millet due to the millet tem borer, Coniesta ignefusalis (Hampson). Insect Sci. Applic.,

23(3): 259–265.

FAO., (1995).Sorghum and millets in human nutrition. Food and Agricultural Organization of the United Nations– Agriculture and Consumer Protection. *http://www.fao.org/docrep/T0818e/T0818E00.htm/ Accessed: 18.06.16*

FAO.,(2009).FAOSTAT.FoodandAgricultureOrganizationoftheUnited Nations.FAOSTAT.http://faostat.fao.org/site/339/default.asp x

FAOSTAT.,(2017b).AgricultureOrganizationoftheUnitedNationsStatisticsDivision.Data–Crops–*Yield.Accessed07.04.18.*

Loumerem M., (2004). Etude de la variabilité des populations de mil (Pennisetum glaucum(L.)R.Br.)cultivédanslesrégionsaridestunisiennesetsélectiondevariétésplusperformantes.Thèse,Université deGen, Gen, p. 266.

Yao Djè., HeuertzM.y., Ater M.O., Lefebvre C., Vekemans X., 2007. Évaluation de la diversité Morphologique des variétés traditionnelles de sorgho du Nord–ouest du Maroc. BiotechnolAgron Soc Environ. 11(1) :39–46.

Http://www.afriqueverte.org/r2_public/media/fck/File/Documentation/Semences/f3–maladies– ravageurs–du–riz–mil–sorgho.pdf

Https://inspection.canada.ca/varietes-vegetales/vegetaux-a-caracteres-nouveaux/demandeurs/directive-94-08/documents-sur-la-biologie/sorghum-bicolor-l- moench/fra/1490144063487/1490144119854#a1

Https://www.sorghum-id.com/content/uploads/2017/10/Synthese_Sorgho_Grain_FR.pdf
WWW.plantes-et-sante.fr

FAO., (2009). FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. http://faostat.fao.org/site/339/default.asp x

FAOSTAT., (2017b). Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division.Data–Crops–*Yield*. *Accessed 07.04.18.*

Loumerem M., (2004). Etude de la variabilité des populations de mil (Pennisetum glaucum (L.) R. Br.) cultivé dans les régions arides tunisiennes et sélection de variétés plus performantes. Thèse, Université de Gen, Gen, p. 266.