أ.د مديح محمد على
كلية الزراعة - جامعة عين شمس

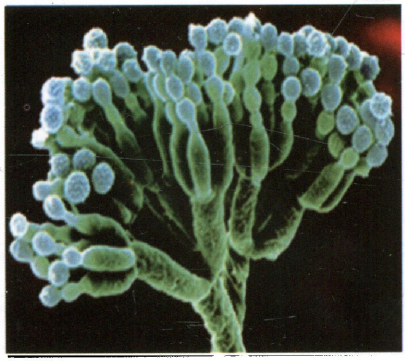
النظام البيئى والتدهور الحيوى
فى
تخزين الحبوب

دار الكتاب الحديث

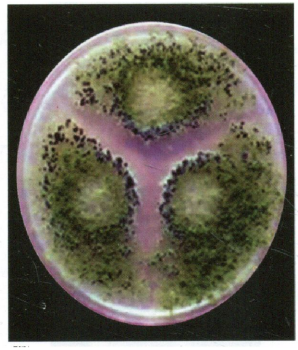
هذا الكتاب

الحبوب مصدر أساسي لغذاء الإنسان بطريقة مباشرة أو غير مباشرة ، فهو يعتمد عليها كأهم مصادر الحصول على الطاقة . كما أن ما يحصل عليه الإنسان من غذاء حيوانى متمثل في لحم وبيض وحليب يكون نتاج تغذية الحيوان على الحبوب إضافة إلى الأعلاف الخضراء . ويبلغ الإنتاج العالمي للحبوب نحو 2250 مليون طن ، يفقد منها نحو 10% أثناء التخزين نتيجة لمهاجمة الآفات الحشرية والحيوانية ، ولتدهور صفات الجودة بفعل الكائنات الحية الدقيقة والذى قد يصل لحد الفساد . يعنى ذلك أن 225 مليون طن من الإنتاج العالمى للحبوب تفقد أثناء التخزين في وقت يعاني فيه 920 مليون نسمة من سكان كوكب الأرض من الجوع . ما أحوجنا إلى اختزال تلك الخسائر لتوفير الغذاء للبشر واختزال أعداد الجوعى . هذا ما يحاول الإنسان الوصول إليه . وهذا ما يحاول أن يسهم به هذا الكتاب .

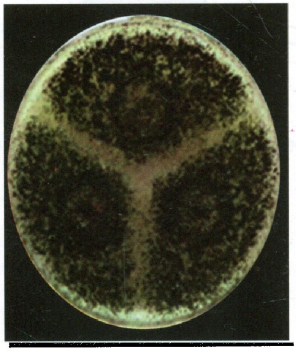
1- صور بالمجهر الإلكتروني
للرأس الكونيدية لفطر
Aspergills flavus



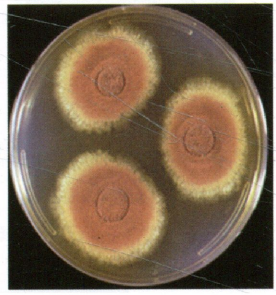
2- صور بالمجهر الإلكتروني
لأحدأنواع الجنس
Penicillium
Courtesy visualphotos



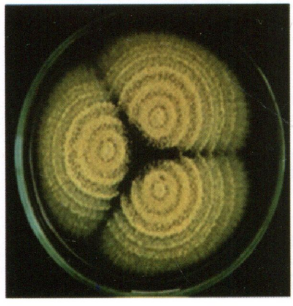
Aspergillus flavus -3



Aspergillus parasiticus -4

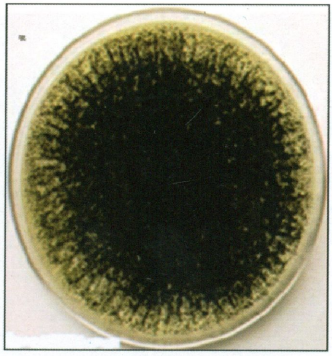


Aspergillus terreus -5



Aspergillus nidulans -6

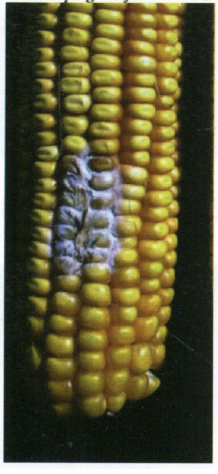
Aspergillus fumigatus –8



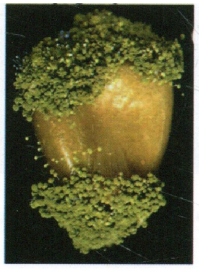
Aspergillus nigers –7

10- على بذرة فول سودانى عليها
Aspergillus flavus

9- على حبة قمح يظهر عليها
Aspergillus flavus



13- عفن كيزان وردى فى الذرة
Fusarium moniliforme



11- على حبة ذرة عليها
Aspergillus flavus

12- تلون حبوب قمح بلون داكن
Drechslera sp

صور لبعض مظاهر إصابة الحبوب بالفطريات

النظام البيئى والتدهور الحيوى

فى تخزين الحبوب

أستاذ دكتور
مديح محمد على
أستاذ أمراض النبات المتفرغ
كلية الزراعة - جامعة عين شمس

دار الكتاب الحديث

	على ، مديح محمد.
	النظام البيئى والتدهور الحيوى فى تخزين الحبوب / مديح محمد على . ـ ط1 . ـ القاهرة : دار الكتاب الحديث ، 2012
	300 ص ؛ 24 سم
	تدمك :9 - 978-977-350-456
	1- الحبوب والغلال - تخزين . 2- الحبوب والغلال - تجارة .
	أ ـ العنوان .
	633.10468

رقم الإيداع / 3804 /2012

حقوق الطبع محفوظة

1434 هـ / 2013 م

دار الكتاب الحديث

www.dkhbooks.com

القاهرة	94 شارع عباس العقاد – مدينة نصر – القاهرة ص.ب 7579 البريدي 11762 هاتف رقم : 22752990 (00 202) فاكس رقم : 22752992 (00 202) بريد إلكتروني : dkh_cairo@yahoo.com
الكويت	شارع الهلالي ،برج الصديق ص.ب : 22754 – 13088 الصفاه هاتف رقم 2460634 (00 965) فاكس رقم : 2460628 (00 965) بريد إلكتروني : ktbhades@ncc.moc.kw
الجزائر	B. P. No 061 – Draria Wilaya d'Alger– Lot C no 34 – Draria Tel&Fax(21)353055 Tel(21)354105 E-mail dk.hadith@yahoo.fr

بسم الله الرحمن الرحيم

الفهرس

الموضوع	الصفحة
تمهيد	11
الباب الأول	
الفصل الأول: الحبوب ومنشأها وأهميتها للإنسان	17
مفهوم كلمة حبوب	17
أهمية الحبوب للإنسان	18
نشأة محاصيل الحبوب	21
الفصل الثانى: إنتاج واستهلاك وتجارة الحبوب	25
الإنتاج والاستهلاك والمخزون العالمى لمحاصيل حبوب الغلال والبذور الزيتية	27
القمح	27
الذرة	29
الأرز	30
البذور الزيتية	31
الفصل الثالث: طرق تخزين الحبوب	33
تاريخ تخزين الحبوب وتجارتها	33
تجارة الحبوب فى عصر الفراعنة	38
تجارة الحبوب فى العصر اليونانى	39
تجارة الحبوب فى العصر الرومانى	41
العوامل الواجب توفرها فى التخزين الجيد	41
طرق تخزين الحبوب: أولا الطرق البدائية	42

الموضوع	الصفحة
ثانيا طرق التخزين المتطورة	47
التخزين المؤقت	47
التخزين لفترات طويلة	51
المخاطر التى تحف بعملية تخزين الحبوب	58
انفجارات غبار الحبوب	58
الانزلاق داخل كتلة الحبوب	60
المشاكل الصحية	62
الباب الثانى	
الفصل الأول: النظام البيئى لمخازن الحبوب	69
المكونات الرئيسية للنظام البيئى	71
المُنتج المُخزن	71
بنية التخزين	71
الرطوبة - الحرارة	71
تركيب الوسط الغازى المحيط	73
الحشرات - الكائنات الحية الدقيقة	74
المواد الغريبة	74
النظام البيئى كمدخل للحفاظ على جودة الحبوب	75
تعقد النظام البيئى للحبوب	77
تنوع وقدرات الكائنات الحية فى النظام البيئى للحبوب	77
الطاقة الحيوية فى النظام البيئى للحبوب	78

الموضوع	الصفحة
الفصل الثانى: الكائنات الحية الدقيقة المصاحبة للحبوب والبذور	81
الفطريات: فطريات الحقل	81
فطريات المخزن	84
تتابع ظهور الفطريات على الحبوب المخزنة	96
الفطريات المتحملة والمحبة للحرارة المرتفعة	97
الفطريات المصاحبة للحبوب فى مصر	97
تقدير إصابة الحبوب بالفطريات	98
الحرارة ونشاط فطريات المخزن	101
الفطريات فى هواء المخزن	102
البكتريا - الأكتينوميسيتات	102
الخمائر	104
الفصل الثالث: الآفات الحشرية والأكاروسات	105
مظاهر وجود إصابة حشرية بالحبوب	106
الأضرار التى تسببها الحشرات للحبوب	107
أهم الحشرات التى تهاجم الحبوب المخزنة	111
تأثير الظروف البيئية على نشاط الحشرات	120
العلاقة بين الحشرات والفطريات	122
الكشف عن وجود الحشرات فى الحبوب	123
الأكاروسات	126
أهم أنواع الحلم المصاحبة للحبوب	127
العلاقة بين الأكاروسات والفطريات	131

الموضوع	الصفحة
تقدير الأكاروسات فى الحبوب	132
الفصل الرابع: القوارض والطيور	135
أولا القوراض	135
بيئة وسلوك القوارض	137
الوصف والمعيشة لأهم أنواع القوارض	140
مكافحة القوارض	144
ثانيًا: الطيور	148
مكافحة الطيور	151

الباب الثالث

الفصل الأول: التغيرات الفيزيائية والحيوية الناتجة عن حدوث التدهور	159
تلون الحبوب	159
التغير فى رائحة الحبوب	161
تكتل الحبوب	162
انخفاض نسبة الإنبات	163
تلون الأجنة	167
زيادة التنفس والسخونة	168
الفصل الثانى: التغيرات فى المكونات الكيميائية والقيمة الغذائية	173
التغيرات فى الكربوهيدرات	173
التغيرات فى البروتينات	175

الموضوع	الصفحة
التغيرات فى الدهون	177
التغيرات فى الفيتامينات	180
الفصل الثالث: تكون السموم الفطرية	183
الأفلاتوكسينات	183
الفطريات المنتجة	184
الظروف المؤثرة على إنتاج التوكسين	186
تأثيرات التوكسين على البشر	187
تأثير التوكسين على الإنتاج الحيوانى والداجنى	191
العوامل المؤثرة على تكون الأفلاتوكسينات	194
الأوكراتوكسينات	198
التأثير على الإنتاج الحيوانى والداجنى	199
متبقيات أوكراتوكسين فى الأغذية ذات الأصل الحيوانى	200
التأثير على الإنسان	201
الترايكوثيسينات	202
الفيومونيسينات	205
زيارالينون	210
ستريوفيريدين	214
سترينين	215
باتيولين	216
الروكفورتين	217
المعايير الدولية لمحتوى الغذاء من السموم الفطرية	219

الموضوع	الصفحة

الخسائر الاقتصادية المتسببة عن تلوث الحبوب بالسموم الفطرية 224

وسائل السيطرة على محتوى الغذاء من السموم 229

الباب الرابع

الفصل الأول: العوامل المؤثرة على حدوث التدهور 245

نضج الحبوب 245

إنبات ما قبل الحصاد 246

المحتوى الرطوبى 247

درجة الحرارة 253

طول فترة التخزين 256

نسبة الأكسجين/ ثانى أكسيد الكربون فى جو المخزن 259

وجود شوائب مصاحبة للحبوب 260

الأضرار الميكانيكية 260

الفصل الثانى: السيطرة على التدهور الحيوى فى الحبوب 263

تحسين الصفات الوراثية 263

العمليات الزراعية 267

اتخاذ الإجراءات الصحية 268

تجفيف الحبوب 269

الجو الهوائى المعدل 287

المكافحة الكيماوية 291

خلط الحبوب 293

وسائل خاصة بمكافحة الحشرات 294

تمهيد

يبلغ الإنتاج العالمى من الحبوب الرئيسة (القمح والأرز والذرة) لسنة 2010 طبقا لإحصاءات منظمة الأغذية والزراعة[1] نحو 2257 مليون طن. وهى المصدر الأساسى لحصول الإنسان على الطاقة، إضافة إلى البذور الزيتية وعلى رأسها فول الصويا الذى بلغ إنتاجه العالمى 210مليون طن لسنة 2009.

تخزن الحبوب والبذور بعد حصادها لفترة من الزمن، قد تكون تلك الفترة محدودة وذلك لتغطية الاستهلاك حتى حصاد محصول الموسم التالى، وذلك كما فى حالة الدول الفقيرة. أما فى الدول الغنية فإن فترة تخزين فائض الإنتاج يمتد لسنوات طويلة، وذلك لتأمين الاستهلاك فى السنوات التى يمكن أن يحدث فيها نقص للمحصول لسبب أو لآخر، وهذا ما يعرف بالمخزون الاستراتيجى. كما أن التخزين يعمل على تثبيت السلعة، إذ أن تخزين الفائض فى المواسم ذات المحصول المرتفع يحول دون انخفاض السعر، ومن ناحية أخرى فإن السحب من المخزون يحول دون ارتفاع السعر إذا حدث انخفاض المحصول. يصاحب الحبوب والبذور المخزنة عدد كبير من الكائنات الحية تتضمن الفطريات والخمائر والبكتيريا والبروتوزوا والحشرات والأكاروسات، كما أنها تكون عرضة لهجمات القوارض والطيور أحيانا، وكل هذه الكائنات تسبب خسائر كمية وتدهوراً فى صفات جودة الحبوب والبذور المخزنة. تتعرض الحبوب والبذور المخزنة إلى حدوث فاقد، قد يكون هذا الفاقد كميا وهو يرجع إلى الإصابة بالحشرات ومهاجمة القوارض

(1) Food And Agriculture Organization Of The United Nations, Food and Agricultural commodities production. http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx

والطيور. وقد يكون الفاقد راجعا إلى انخفاض صفات الجودة نتيجة للإصابة بالكائنات الحية الدقيقة وأهمها الفطريات، وينعكس تأثيرها على تدهور القيمة الغذائية، وإنتاج السموم الضارة بصحة المستهلكين. ولا توجد إحصاءات دقيقة عن حجم الخسائر التى تحدث فى الحبوب بعد الحصاد، لكن تقديرات منظمة الأغذية والزراعة تشير بأنها نحو 10٪. قد لا تتجاوز نسبة الخسارة 5٪ فى الدول المتقدمة، لكن سجل أنها قد تتجاوز 30٪ فى الدول النامية، فى أفريقيا وجنوب شرق آسيا. بذلك فإن الفاقد فى محاصيل الغلال الرئيسة يقدر بحوالى 225 مليون طن.

تحدث الخسائر السابقة الذكر فى محاصيل الحبوب فى الوقت الذى يعانى فيه نحو 950 مليون إنسان من سكان كوكب الأرض من الجوع[1]. والمقصود "بالجوع Hunger " فى اللغة هو الحاجة الماسة للغذاء، وكذا هو الإحساس بعدم الارتياح والضعف والألم نتيجة لفقدان التغذية لفترة ممتدة، ويقال أيضًا إنه حالة الإنهاك والضعف الراجعة لنقص الغذاء، وعلى مدى أوسع يعرف بأنه شح الغذاء فى بلد ما. وهناك مصطلح آخر يرادف مصطلح الجوع، إذ يطلق عليه من الناحية الطبية "سوء التغذية Malnutrition" وهو يشير إلى نقص فى بعض أو كل العناصر الغذائية اللازمة لصحة الإنسان. ويعبر عن سوء التغذية بعدم حصول الإنسان على السعرات الحرارية بالقدر الذى يمكنه من ممارسة حياته على نحو طبيعى. ومن الناحية الغذائية فإن الإنسان يحتاج فى المتوسط إلى 2500 سعر ليمارس نشاطه على نحو طبيعى، يختلف هذا الرقم باختلاف الجنس والسن وطبيعة العمل، فهو يزداد فى الذكور عن الإناث، ولمن يؤدون أعمالاً بدنية عمن يؤدون أعمالاً مكتبية،

(1) The State of Food Insecurity in the World. Addressing food insecurity in protracted crises, (FAO, 2010). http://www.fao.org/docrep/013/i1683e/i1683e.pdf

وتقل الاحتياجات الحرارية فى السن المتقدمة. ويؤدى حصول الإنسان البالغ على أقل من 2300 كالورى إلى معاناته من الجوع. ويكون الأطفال أكثر معاناةً من تأثيرات سوء التغذية عن البالغين، إذ يعانى الأطفال دون الخامسة من النحافة والهزال والتقزم وضعف القدرات الذهنية جراء سوء التغذية. إضافة إلى ما سبق فإن 16 ألف طفل يموتون يوميا فى العالم، بمعدل طفل كل 6 ثوانٍ، لأسباب تتعلق بسوء التغذية.

إذا علمنا أن سكان الأرض يكاد يصل تعدادهم إلى 7 بلايين، فإن ذلك يعنى أن 13.1٪ منهم يعانون الجوع، أى بنسبة واحد من كل سبعة، شىء مخيف، أليس كذلك؟ نسأل الله اللطف. يعيش غالبية الجوعى فى الدول النامية (578 مليون فى آسيا والباسيفيكى، و239 فى تحت الصحارى الأفريقية، و53 فى أميريكا اللاتينية والكاريبى، و37 فى الشرق الأدنى وشمال أفريقيا)، بينما يعيش 19 مليونًا من الجوعى فى الدول المتقدمة، وذلك طبقا لتقديرات منظمة الأغذية والزراعة. وإذا عدنا إلى الرقم الخاص بالخسارة فى محاصيل الحبوب وهو 225 مليون طن نجد أن هذه الكمية تكفى، من الناحية النظرية، إلى إطعام 900 مليون إنسان، أى ما يقارب عدد جوعى العالم. يكون ذلك على اعتبار أن الإنسان يستطيع أن يحصل على السعرات الحرارية اللازمة لممارسة نشاطه على نحو طبيعى، ويحصل أيضا على قدر كبير من البروتينات، والأملاح المعدنية والفيتامينات إذا استهلك 250 كيلوجرام من الحبوب على مدى العام. يتضح مما سبق مدى أهمية اختزال الخسائر.

يهدف هذا الكتاب إلى دراسة التدهور الذى يحدث فى الحبوب أثناء التخزين بفعل الكائنات الحية الدقيقة، ويأتى على رأسها الفطريات، وما تسببه من تدهور فى الحبوب وإنتاج للسموم، والعوامل المؤثرة على ذلك، ومن ثم وسائل الحد منه. ونظرًا لتعقد النظام البيئى لمخازن الحبوب، وتأثر عملية غزو الحبوب بواسطة الفطريات ومدى نشاطها فى إحداث التدهور بالعناصر الحيوية

الأخرى كالحشرات والأكاروسات والقوارض والطيور، فقد صار من الهام تناولها بما يوضح دورها فى هذا الشأن، إضافة إلى كونها آفات تسبب خسائر كمية.

أحمد الله حمدا كثيرًا على أن مكننى من أُنجز هذا العمل، وأساله تعالى أن يكون فى كتابى هذا مما قال عنه رسول الله، ﷺ: «علم ينتفع به».

* * *

الباب الأول
أهمية الحبوب للإنسان،
الإنتاج والاستهلاك والتخزين

الفصل الأول: منشأ الحبوب وأهميتها للإنسان

الفصل الثانى: إنتاج واستهلاك وتجارة الحبوب

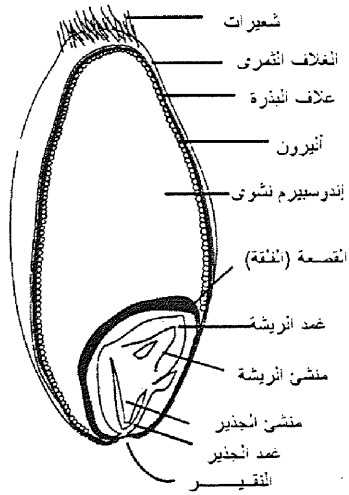
الفصل الثالث: تخزين الحبوب

الفصل الأول

الحبوب ومنشأها وأهميتها للإنسان

مفهوم كلمة حبوب Grains

تطلق كلمة حبة Grain فى اللغة على الأشياء الخشنة، غير المصقولة، مثل الرمل أو الملح، فيقال مثلا حبات الرمال، كما يقال حبة اللقاح وحبوب اللقاح Pollen Grains . وتعرف الحبة Grain من الناحية النباتية بأنها ثمرة بره Caryopsis اندمجت فيها القصرة مع الغلاف الثمرى ويطلق عليها أيضا kernel، وذلك كما فى ثمار عائلة نباتات الغاب Poaceae التى كانت تعرف من قبل بعائلة النباتات النجيلية Gramineae والتى من أهمها نباتاتها القمح والذرة والأرز والشعير والشوفان والشيلم.



شكل (1-1) شكل تخطيطى لقطاع طولى فى
حبة قمح يوضح مكوناتها

كانت كلمة Grain تستخدم فى العصور الوسطى للتعبير عن وحدة وزنية، مثل مثقال حبة القمح (50 مليجرام) أو الشعير (65 مليجرام) أو بذرة الخروب (200 مليجرام)، لكن صار هناك شبه اتفاق على أن وحدة حبة هو مثقال حبة الشعير ويزن 64.79891 مليجرام. كانت تستخدم هذه الوحدة الوزنية فى وزن الأشياء الثمينة مثل رقائق الذهب، وفى تركيبات الأدوية. وقد ذكر القرآن الكريم مثقال الحبة وبالغ فى تصغيرها لتكون مثقال حبة من خردل، وقصد بذرة نبات الخردل Mustard (*Sinapis alba*)، وهى صغيرة للغاية فهى تبلغ سدس مثقال حبة الشعير أو 10.3 مليجرام فقد ورد فى القرآن الكريم ﴿يَا بُنَيَّ إِنَّهَا إِن تَكُ مِثْقَالَ حَبَّةٍ مِّنْ خَرْدَلٍ فَتَكُن فِي صَخْرَةٍ أَوْ فِي السَّمَوَاتِ أَوْ فِي الأَرْضِ يَأْتِ بِهَا اللَّهُ إِنَّ اللَّهَ لَطِيفٌ خَبِيرٌ ﴿١٦﴾﴾ [لقمان]. كما يطلق أيضا على الحبوب النشوية "حبوب الغلال Cereal Grains " وقد اشتقت الكلمة Cereal من اسم Ceres إلهة الزراعة ومحاصيل الغلال والخصب فى الزروع والإنسان فى العصر الرومانى.

من الناحية التجارية، عندما يقال حبوب فإنه عادة ما يكون مقصودا بها حبوب الغلال التى تتضمن القمح والذرة والأرز والشعير والذرة الرفيعة والشيلم والشوفان، إضافة إلى البذور الزيتية التى تتضمن فول الصويا وزهرة الشمس وبذرة القطن والفول السودانى ولفت الزيت (الكانولا).

أهمية الحبوب للإنسان

تعتبر حبوب الغلال هى المصدر الأساسى للحصول على الطاقة بالنسبة لغالبية سكان كوكب الأرض كما أنها قد تكون مصدراً مباشراً لغذاء الحيوان أو تكون مخلفات تصنيعها مصدراً هامًا لغذاء الحيوان. وبالإضافة إلى أن حبوب الغلال هى المصدر الأساسى للكربوهيدرات بالنسبة لمعظم سكان الأرض، فإنها مصدر هام للبروتينات والفيتامينات والأملاح. جدول (1-1).

جدول (1-1) محتوى حبوب الغلال من المواد الغذائية والفيتامينات والمعادن.

المكون/ 100جم	القمح	الذرة	الأرز	الشعير	الذرة الرفيعة
كربوهيدرات (جم)	75.9 - 66.9	75 -68.0	76.3-70.5	72.0 -68.0	74.2 - 70.0
بروتين (جم)	14.6- 10.6	11.5 -9.5	12.0-8.4	11.8 -8.3	9.5 - 8.0
دهون (جم)	2.0 -1.6	5.0 - 4.0	1.3-0.9	2.1 -1.8	2.0 -1.9
ألياف (جم)	2.3 - 1.7	2.0 - 1.7	1.3 -0.9	5.7 -4.3	2.5 -2.0
الرماد (جم)	2.3-1.1	1.6-1.2	13.4-9.6	2.7-2.3	2.0-1.7
ثيامين (ملجم)	0.41	0.246	0.115	0.646	0.237
ريبوفلافين (ملجم)	0.107	0.080	0.262	0.258	0.142
نياسين (ملجم)	4.766	1.9	6.733	4.604	2.927
ح بنتاثيونيك(ملجم)	0.85	0.568	1.045	0.282	--
فيتامين ب6(ملجم)	0.378	0.37	0.391	0.318	--
كالسيوم (ملجم)	34	7	21	33	28
حديد (ملجم)	4.27	2.38	1.96	3.6	4.4
مغنيسيوم (ملجم)	90	93	177	133	287
فوسفور (ملجم)	402	272	433	264	350
بوتاسيوم (ملجم)	435	315	427	452	--
زنك (ملجم)	3.46	73 .1	5.96	2.77	--
نحاس (ملجم)	0.426	0.23	0.524	0.489	--
منجنيز (ملجم)	3.406	0.46	1.329	1.943	--

تستهلك بعض البذور الزيتية مباشرة كالفول السودانى وفول الصويا والسمسم، وتلك أيضا يستخرج منها زيوتها، وهناك بذور زيتية تعصر لاستخراج الزيت، مثل الكانولا وبذور القطن، وتشكل نواتج عصرها مصدرا هاما لأعلاف الحيوان. تعتبر البذور الزيتية مصدراً هامًا للطاقة ومنها ما

يحتوى على قدر عالى من البروتينات، وهى تحتوى أيضًا على بعض الفيتامينات والأملاح المعدنية الهامة والمفيدة للإنسان فى حالة الاستخدام المباشر، وللحيوان عند استخدام مخلفات العصير فى الأعلاف الحيوانية (1 - 2).

جدول (1-2) محتوى البذورالزيتية من المواد الغذائية والفيتامينات والمعادن.

المكون/ 100جم	فول الصويا	فول سودانى	زهرة الشمس
كربوهيدرات (جم)	30.16	16.13	20.1
بروتين (جم)	36.49	25.8	20.78
دهون (جم)	19.94	49.24	51.46
ألياف (جم)	9.3	8.5	8.6
الرماد (جم)	4.78	2.33	3.02
ثيامين (ملجم)	0.874	0.64	1.48
ريبوفلافين (ملجم)	0.870	0.135	0.355
نياسين (ملجم)	1.623	12.066	8.355
ح بنتاثيونيك (ملجم)	0.793	1.676	1.130
فيتامين ب6 (ملجم)	0.377	0.384	1.345
كالسيوم (ملجم)	266	92	78
حديد (ملجم)	15.7	4.58	5.25
مغنيسيوم (ملجم)	280	168	325
فوسفور (ملجم)	704	376	660
بوتاسيوم (ملجم)	1797	705	645
زنك (ملجم)	4.59	3.27	5.0
نحاس (ملجم)	1.65	1.15	1.8
منجنيز (ملجم)	2.5	1.9	1.95

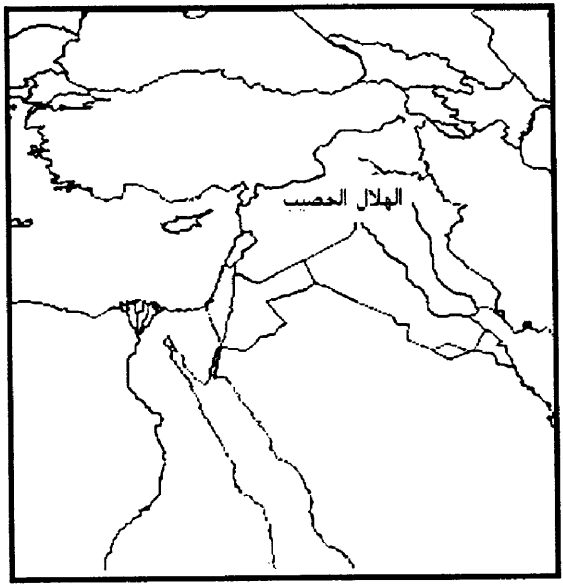
نشأة محاصيل الحبوب

كان القمح البرى أو ما يطلق عليه Einkorn (*Triticum boeoticum*) (المعنى الحرفى للكلمة بالألمانية هو الحبة الواحدة) هو أول محاصيل الحبوب التى زرعها الإنسان فى العصر الحجرى الحديث[1] لتكون مصدر غذائه الأساسى. وقد عرف الإنسان إكثار المادة النباتية اللازمة للزراعة وقام بإكثار القمح البرى وهو ما يعرف الآن بالقمح الأحادى (*Triticum monococcum*). كان ذلك فى منطقة الهلال الخصيب[2]. تميزت هذه المنطقة بأنها شهدت أقدم حضارات العالم، وقد أطلق عليها هذا الاسم نظرا لأراضيها الخصبة التى كانت تروى من أنهار دجلة والفرات والأردن. كما أثبتت الدراسات المبنية على المادة الوراثية أن الشعير *Hordeum vulgare* تم تدجينه أيضا فى منطقة الهلال الخصيب، وفى نفس توقيت تدجين القمح الأحادى. وقد نشأ عن نوع برى عرف بأنه *Hordeum spontaneum* كان موطنه فلسطين على وجه التحديد، وقد عثر على بقايا منه فى مواقع أثرية، ومازال يوجد بريا فى تركيا وسوريا.

---

(1) العصر الحجرى وينقسم إلى ثلاثة أقسام رئيسية، العصر الحجرى القديم: بدأ مع ظهور الإنسان على سطح الأرض، واستمر حتى العام 10000 قبل الميلاد. وكان الإنسان فى هذا العصر يعتمد على التنقل من مكان لآخر، والعيش على الصيد، ويصنع أدواته من العظام والحجارة. وفى هذا العصر تعلم البشر إشعال النار؛ العصر الحجرى الحديث: ويبدأ من العام 10000 حتى العام 4000 قبل الميلاد، وفيه استقر الإنسان حيث دجن الحيوانات وعمل فى الزراعة ؛عصر الحجر والمعادن: وهو العصر الذى بدأ بعد العام 4000 قبل الميلاد، وفيه تعرف الإنسان على المعادن وطرق صهرها.

(2) الهلال الخصيب Fertile Crescent مصطلح جغرافى أطلقه عالم الآثار الأمريكى جيمس هنرى برستد على حوض نهرى دجلة والفرات، والجزء الساحلى من بلاد الشام. نشأت فى هذه المنطقة حضارة السومريون وهى أولى حضارات العالم منذ حوالى 5500 عام. كذلك ظهرت فى هذه المنطقة حضارات قديمة مبكرة أخرى. ويقال إن نبى الله نوح أعطى هذه المنطقة لابنه سام فلذلك سميّت "سامية".



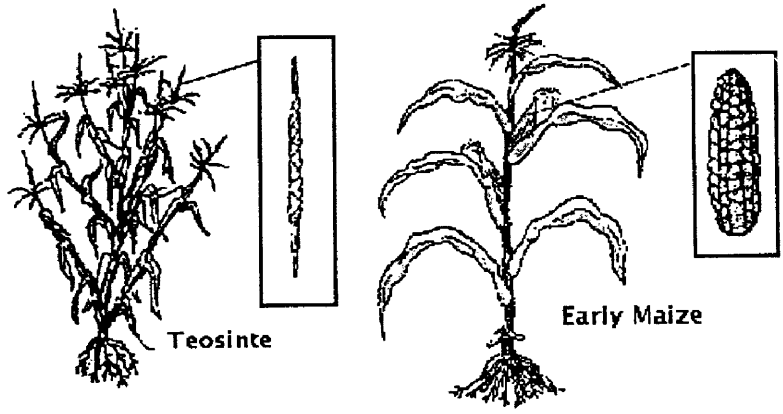
شكل (1-2) خريطة توضح منطقة الهلال الخصيب

بدأت الزراعة على نطاق ضيق فى مصر سنة 7000ق.م. اتسعت الزراعة على ضفاف نهر النيل سنة 6000 ق.م. وقد زرع المصريون القدماء القمح البرى الثنائى Wild emmer (*T. dicocum*)، وقد كانت مصر هى الأقدم فى زراعته، وقد وجدت سنابل سليمة من هذا القمح فى مقابر قدماء المصريين تعود إلى الأسرة الرابعة. كما أنهم زرعوا أيضا الشعير والبقول ومن أهمها الفول والعدس والحمص.

وقد عرفت الزراعة فى شبه القارة الهندية سنة 7000ق.م، فزرعوا القمح والشعير، كما اتضح ذلك من آثار مهراجا فى بلوشستان Mehrgarh in Balochistan . ويذكر أنهم عرفوا وزرعوا الأرز كمحصول رئيسى فى الشرق الأقصى، وكان ذلك منذ حوالى 2000 سنة قبل الميلاد. عرف الصينيون فول الصويا وزرعوه منذ سنة 2850ق.م. إبان حكم الإمبراطور شينج - نونج

Sheng-Nung . وقد قام الصينيون بتدجين فول الصويا وزراعته فى النصف الشرقى من الصين خلال الفترة التى تقع بين القرن الحادى عشر والقرن السابع عشر قبل الميلاد، ثم انتشر من هناك إلى اليابان وإندونيسيا وفيتنام وتايلاند ونيبال والهند.

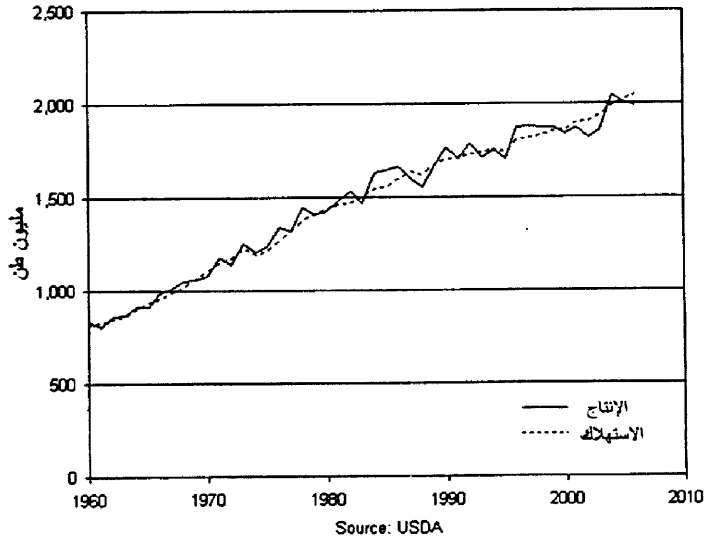
يرجح العلماء أن الإنسان عرف الذرة منذ حوالى سنة 7000 ق.م. فى أمريكا الوسطى (جنوب المكسيك)، ولم يكن بالشكل الذى نعرفه الآن فقد قام المستوطنون الأصليون بتطويره من نبات يعرف باسم Teosinte. كان نبات التيوسينيت مختلفا عن الذرة الذى نعرفه اليوم فقد كانت حبوبه مبعثرة وليست متراصة بالشكل المدمج الذى نعرفه، وكانت تحاط بقنابع وعصافات كما فى القمح والشعير، وكان الكوز غير مغلف. وقد قام مستوطنو تلك المنطقة بانتخاب وزراعة ما يصلح لاستهلاك الإنسان وكان ذلك عبر آلاف السنين. كان كوز الذرة فى بدايته يصل إلى بوصات قليلة ويحتوى على ثمانية صفوف من الحبوب. انتقل الذرة إلى أمريكا الشمالية مع هجرة المستوطنين، ولم ينتقل إلى العالم القديم إلا بعد وصول كولومبس Christopher Columbus إلى أمريكا.



شكل (1-3) تطور التيوسينت إلى الذرة

الفصل الثانى
إنتاج واستهلاك وتجارة الحبوب

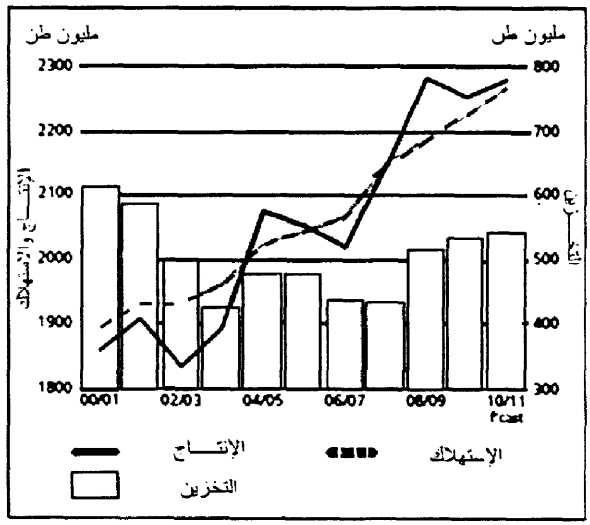
بدأ شبح حدوث أزمة غذائية على الأرض فى الظهور فى حوالى منتصف القرن العشرين. وقد بُذلت جهود ضخمة لمحاصرة هذه المشكلة تمثلت فى رفع الإنتاج بالتوسع فى الزراعة، ورفع إنتاجية المناطق المنزرعة بوسائل إدخال أصناف عالية الإنتاج تستجيب للتسميد ومكافحة الآفات. ظهرت نتائج هذه الجهود فى تضاعف إنتاج الحبوب خلال الفترة من 1970 إلى 2000 (شكل 1 - 4). حدثت زيادة كبيرة فى استهلاك الحبوب خلال الحقب الزمنية التالية، وقد كانت تلك الزيادة راجعة إلى الزيادة السكانية، والتى واكبها أيضا بعض التزايد فى استهلاك الفرد، فقد كان متوسط استهلاك



شكل(1-4) الإنتاج والاستهلاك العالمى للحبوب خلال الفترة 1960 2010

الفرد 250 كيلوجـرام فى سنة 1950، وتخطى 300 كـيلوجرام خـلال الربع الأخير من القرن العشرين.

قد يفـيض الإنتاج العالمى للحبـوب فى بعض السنوات عن احتيـاجات سكان العالم فيخزن الفائض، وهو ما يعتبر المخزون العالمى من الحبوب. يقابل ذلك سنوات أخرى قد ينخفض فيهـا الإنتاج عما يفى بمتطلبات سكان العالم فيسـتوفى العجز من المخـزون العالمى. بناء على ما سبق فـإن المخزون العالمى للحبـوب يتذبذب صعودا وهبوطـا، وقد تزايد المخزون العالمى خـلال العقود الأخيرة من القـرن العشرين ليصل أقـصاه سنة 2001، ثم ها هو يتناقص فى السنوات التالية (شكل1 - 5). حقيقـة الأمر أن المخزون العالمى يتمثـل فيما تُخزنه الدول المنتجة الكبرى لكل للحبوب مما يكون فائضًا عما تستهلكه وذلك بهدف أن يكون لديها احتياطى استراتيجى لسنوات قادمة.



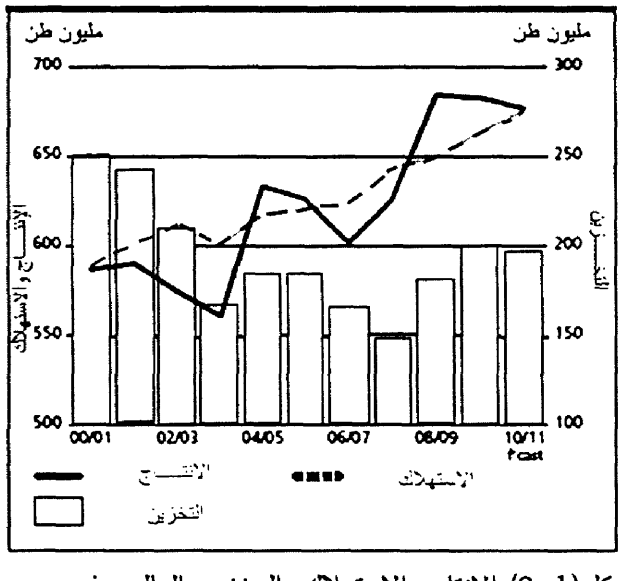
شكل(1-5) الإنتاج والاستهلاك والمخزون العالمى فى حبوب الغلال خلال العقد الأول من القرن 21.

تحتل الصين مركز الصدارة فى إنتاج الحبوب وتنتج 18٪ من الإنتاج العالمى، ثم الولايات المتحدة (17٪)، والهند (10٪)، وروسيا الفدرالية (3.3٪)، وفرنسا (3.1٪). وتعتبر أكثر دول العالم تصديرا للحبوب هى الأرجنتين وأستراليا (بنسبة 10.4٪ من الإنتاج)، كندا (5٪)، الدنمرك (3.2٪)، والولايات المتحدة الأمريكية (2.6٪).

الإنتاج والاستهلاك والمخزون العالمى من حبوب الغلال والبذور الزيتية

القمح Wheat

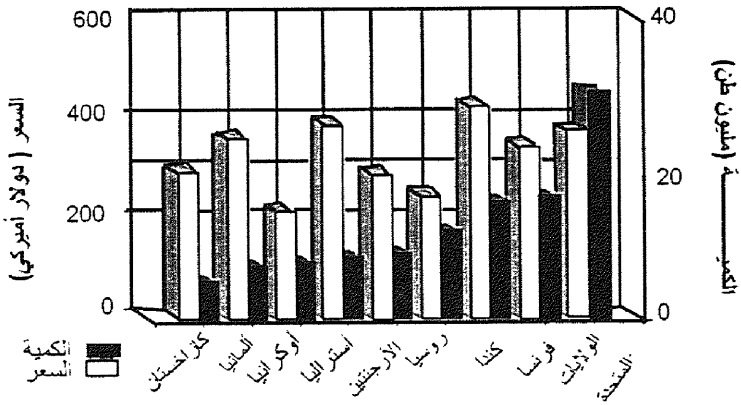
يحتل القمح مقدمة محاصيل الحبوب التى يعتمد عليها الإنسان فى غذائه، يقدر إنتاج القمح لسنة 2011 بنحو651 مليون طن بانخفاض قدره 28 مليون طن عن إنتاج سنة 2010، وقد قدِّر الاستهلاك الكلى خلال تلك السنة 656 مليون طن، وقد استعوض الفارق من المخزون العالمى الذى انخفض من



شكل(1-6) الإنتاج والاستهلاك والمخزون العالمى فى حبوب القمح خلال العقد الأول من القرن 21.

197 مليون طن فى سنة 2010 إلى 191 مليون طن فى سنة2011. وبلغ حجم التبادل التجارى 127 مليون طن.

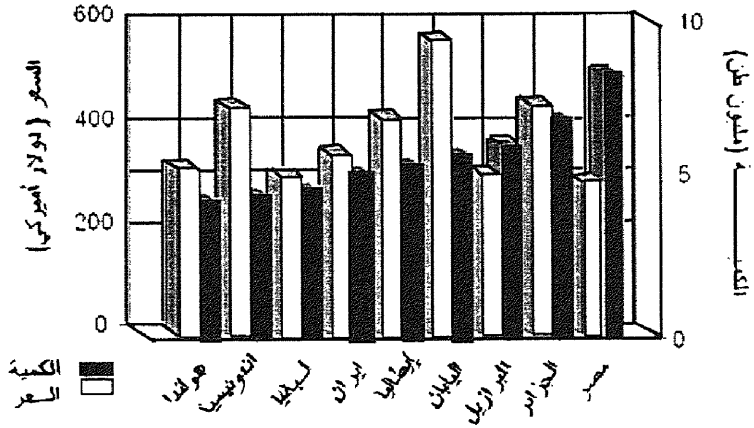
كانت الدول العشر الأكثر تصديرا للقمح مرتبة تنازليا طبقا لإحصاءات سنة 2008 هى الولايات المتحدة الأمريكية، وفرنسا وروسيا وكندا والأرجنتين واستراليا وأوكرانيا وألمانيا وكازاخستان. وقد كان القمح الكندى هو الأعلى سعراً (أكثر من 400 دولار/ طن) يليه قمح أستراليا، ثم الولايات المتحدة الأميريكية. وكان أقل الأقماح سعراً هو ما صدرته أوكرانيا وروسيا (أقل من 250 دولار/ طن).



شكل (1 – 7) أكثر عشر دول فى العالم تصديرا للقمح ومتوسط السعر (2008)

من ناحية أخرى تصدرت مصر الدول المستوردة للقمح خلال سنة 2008، فقد استوردت نحو 8.3 مليون طن، تلتها الجزائر (6.9 مليون طن) ثم البرازيل واليابان وإيطاليا وإيران، وأسبانيا وإندونسيا وهولندا، والمغرب. ومن الجدير بالذكر أن ما استوردته مصر من القمح يساوى أو يزيد قليلا عن إنتاجها خلال نفس السنة (7.97 مليون طن)، وأن ما تستورده الجزائر يزيد عن

ستة أضعـاف إنتاجها لنفس السنة (1.11 مليون طن). وتجدر الإشارة إلى أن مصر استوردت القمح بمتوسط سعر 296 دولاراً للطن وهو أدنى متوسط سعر على الإطلاق من بين أكثر من عشرين دولة استيرادا للقمح.

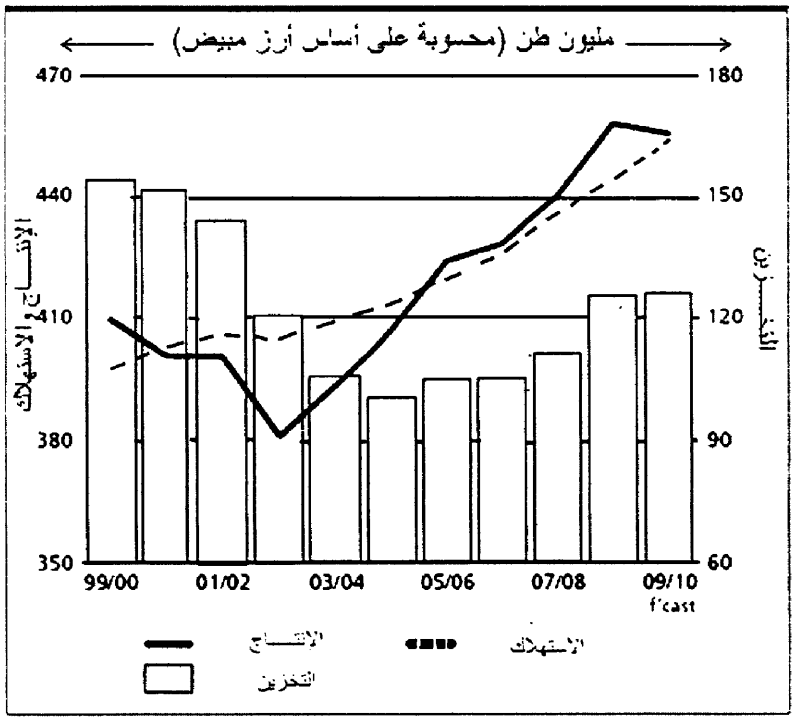


شكل (1 – 8) أكثر عشر دول فى العالم استيرادا للقمح ومتوسط السعر (2008)

الذرة Corn

يقدر الإنتـاج العالمى للذرة لسنة 2011 بحوالى 826 مليون طن، بزيادة مقدارها نحو 6 مليون طن عن إنتاج سنة 2010. تصدرت الولايات المتـحدة الدول المنتـجة فقـد بلغ إنتاجـها 333 مليون طن، أى مـا يزيد عن 40٪ من الإنتـاج العالمى. يأتى بـعد ذلك المكسـيك (20.2 مليـون طن) والهند (17.3 مليون طن)، والصين (16.3مليون طن)، ثم فرنسا (15.2 مليون طن). وتحتل الولايات المتحدة أيضا قائمة أكبـر مصدرى الذرة فى العالم، فقد صدرت فى سنة 2008 حوالى 54 مليون طن ويشكل هذا الرقم نحو 50٪ من حجم تجارة الذرة، يليهـا الأرجنتين وفـرنسا والبرازيل وبلغـاريا. وتتصـدر اليابان الدول المستوردة للذرة (16.4 مليون طن) يليها كوريا والمكسيك وأسبانيا والصين.

يحتل الأرز المرتبة الثالثة بين محاصيل الحبوب التى يعتمد عليها الإنسان فى غذائه، وقد بلغ إنتاجه طبقا لتقديرات سنة 2011 حوالى451 مليون طن بزيادة قدرها 11مليون طن عن سنة 2010، وقد بلغ الاستهلاك الكلى خلال تلك السنة 448 مليون طن وقد حقق ذلك الموسم فائضًا ليرتفع المخزون العالمى بمقدار حوالى 3 مليون طن (شكل1 – 9)، ويتضح من هذا الشكل أيضا أن إنتاج الأرز تناقص منذ سنة 2000 ليبلغ أدنى حد عند سنة 2005، ثم عاود الزيادة مرة أخرى حتى 2011. وقد قدر حجم التبادل التجارى للأرز سنة 2011 حوالى 32 مليون طن وجاء على رأس المصدرين الهند، وباكستان وتايلاند وفيتنام والولايات المتحدة.



شكل(1 – 9) الإنتاج والاستهلاك والمخزون العالمى فى حبوب الأرز (محسوبا على أساس أرز مبيض) خلال العقد الأول من القرن 21.

البذور الزيتية Oil Seeds

يعتمد الإنسان فى غذائه أيضا على البذور الزيتية والزيوت والدهون كمصدر للطاقة، إلى جانب الحبوب النشوية. ويتراوح استهلاك الفرد من الزيوت ما بين 9.15 كيلوجرام/ سنة كما فى الهند و37 كيلوجرام كما فى دول الاتحاد الأوروبى. ويعتبر فول الصويا فى مقدمة محاصيل البذور الزيتية التى يعتمد عليها الإنسان، كما أن إنتاجه يفوق إنتاج محاصيل البذور الزيتية مجتمعة، وهو أكثر محصول يمكن أن يوجد منه مخزون تراكمى من مواسم سابقة. يأتى بعد فول الصويا لفت الزيت وبذرة القطن والفول السودانى وزهرة الشمس (جدول1 - 3).

جدول(1-3) الإنتاج العالمى من البذور الزيتية خلال أعوام 2006-2009

المحصول	مليون طن		
	07 -2006	08-2007	09-2008
فول الصويا	236,2	219,9	211,9
بذرة القطن	44,9	43,7	40,6
لفت الزيت	47,6	48,5	57,7
الفول السودانى	34,0	35,4	35,1
زهرة الشمس	30,4	28,9	32,8

تتعرض البذور الزيتية التى تخزن حتى يتم عصرها أو تلك التى تخزن حتى يتم بيعها وشحنها خلال عمليات التبادل التجارى إلى حدوث التدهور فى صفات الجودة. وتكون البذور الزيتية أكثر تأثراً برداءة ظروف النقل والتخزين عن الحبوب النشوية، ومن ثم يحدث بها تدهور فى صفات الجودة بدرجة أكبر مما يحدث فى الحبوب النشوية. وينعكس التدهور الحادث على صفات الزيت. ومن ثم فإنها تحتاج إلى أن تكون ظروف التخزين أكثر إحكاما من تلك الخاصة بالحبوب النشوية.

الفصل الثالث

طـرق تـخـزيـن الحبـوب

تاريخ تخزين الحبوب وتجارتها

عرف المصريون القدماء صوامع الحبوب المصنوعة من الطين قبل الميلاد بحوالى 4000 سنة وقد وجدت آثار لهذه الصوامع فى أبيدوس[1] . فقد كانوا يدركون أنه يجب عليهم الحفاظ على المحصول ليأكلوا منه حتى موسم الحصاد التالى. تميـزت هذه الصوامع بأنهـا تحمى الحبـوب حماية تامـة من مهاجـمة القوراض والحشـرات. وقد كانت الحبوب توضع فى تلك الصوامع من فـتحة علوية مع عمل فتـحة سفلية لسحب الحبـوب التى تتدفق من أعلى إلى أسفل وبذلك فـإن المصريون القـدمـاء أدركوا ظاهرة انسـياب الـكتلة بما يشبـه نمط الانسيـاب من القمع، أى أن ما يوضع أولا من أعلى ينسـاب أولا من أسفل ومن ثم لا يحدث ركود للحبوب لفترة طويلة. وقد ظل هذا النوع من التخزين متبعـا فى الريف المصرى حتى أواخر القرن العشـرين. عرفت أيضا الصوامع الطينية خلال تلك الآونة فى أريحا[2] بفلسطين وفى سيالك[3] بإيران.

---

(1) أبيدوس (Abydos) مدينه بغرب البلينا - بمحافظة سوهاج وقد كانت إحدى المدن القديمة بمصر العليا ويُجمع معظم العلمـاء على أنها عاصمة مصر الأولى فى نهاية عصـر ما قبل الأسر والأسر الأربع الأولى ويرجع تاريخها إلى 5 آلاف سنة. يطلق عليها حاليا العرابة المدفونة بجرجا. وتبعد عن النيل 7 ميل . ويوجد بها مـعبد سيتى الأول ومعبـد رمسيس الثانى وهما يتمـيزان بالنقوش الفرعونية البارزة. وهذه المدينة كانت المركز الرئيسى لعبادة الإله.

(2) أريحا (Jericho) هى مدينة فلسطينية تاريخـية قديمة تقع على الضفة الغـربية لنهر الأردن وعند شمال البحر الميت . مـدينة أريحا القديمة تبعد حوالى ميل من الغـرب ومكانها يعرف بتلال أبى العلايق شمال تل السلطان ويرجع تاريخها إلى 6800ق.م. اكتشف فى موقعها فخار ومصنوعات برونزية وعظام وأدوات منزلية خـشبية وسلال وأقمـشة . وقد دمرت فى أواخر العـصر البرونزى وتعتبر أقدم مدينة اكتشفت حتى الآن.

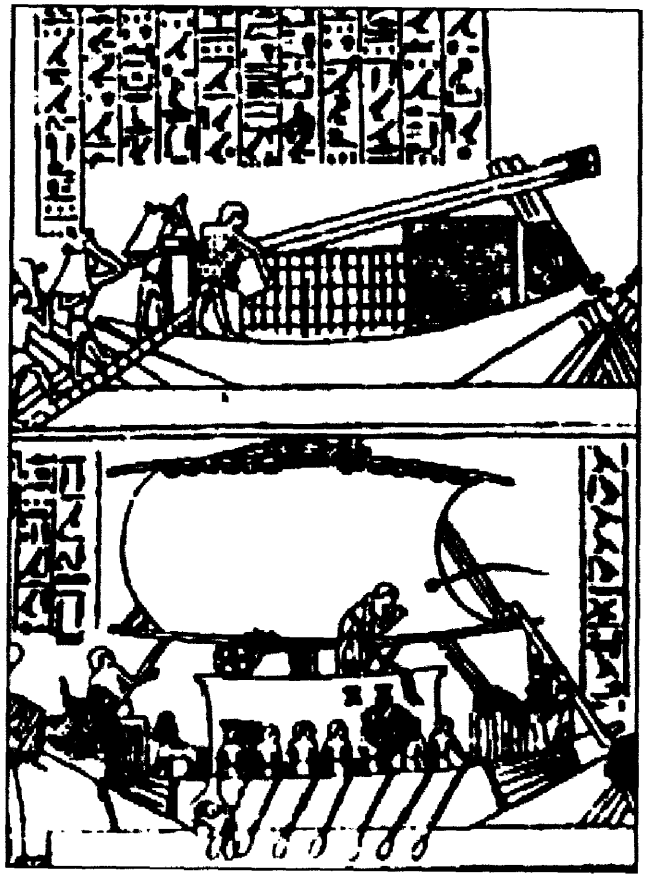
(3) سيالك (Sialk) مدينة كبـيرة قديمة تقع قرب كـاشان بوسط إيران، يرجع تاريخها إلى خـمسة آلاف سنة قبل الميلاد.

وجدت لوحة جدارية فى مـقبرة "باحرى"[1] يرجع تاريخها إلى 2000 سنة قبل الميلاد توضح مظاهر الحياة الاجتماعية فى ذلك العصر، تضمنت هذه اللوحـة وصف العمـال وهم يحصـدون القمـح بمناجلهم ومن خلفهم امـرأة وطفل يجمعون السنابل المتسـاقطة. يوضح أحد مشاهد هذه اللوحة (شكل 1 - 10 أ) أن القمح المحصود يحمل فى سلال كبيرة معلقة فى قضبان ومحمولة على أعناق العـمال لنقلهـا إلى مكان لإجـراء عمليـة الدراس حيث تدوسـه الثيران، ويشـاهد باحرى فى الصورة يحمل غصنا ويحث العمـال على سرعة العمل خـوفا من قدوم الفـيضان، بينمـا يشاهد صبـى يعمل بمكنسة ليـجمع السنابل المبعثرة. وضح مشهد آخر (شكل1 - 10ب) إجراء عملية التذرية ومن ثم يكال القمح وينقل إلى المخازن ويشاهد فيها كاتب جالس على كومة عالية وهو "تحوتى نفر" يقوم بتسجيل الكميات التى يتم خزنها. كما يوضح مشهد ثالث من اللوحـة (شكل1 - 11) عـملية شـحن السفن بالغـلال المستـحقـة للحكومة ثم إبحـارها، وفى هذه المشهـد يقول العمـال "هل سنمضى طوال اليوم فى شحن الـسفن؟، إن المخازن مفعـمة والأكوام تفيض على حـافاتها، والسفن قـد شحنت شحنًا ثقـيلاً، والقمح يفـيض منها ومع ذلك فإن السـيد يحضنا على الإسراع". يدل كل هذا على اهتمام قدماء المصريين بيوم الحصاد والاحتفـاء به والعناية بتخزين القـمح. ويبدو أن مخازن الحكومـة كانت هى موضع تخزين الاحتياطى الاستراتيجى.

(1) باحرى، يعـد من أعظم رجال تحتـمس الأول وقد كان أول ظهـوره فى مدينة "الكاب" مسقط رأسـه، لقب بأنه حاكم نخب وحاكم دندره والمشرف علـى الأراضى الزراعية فى الجنوب من إسنا حـتـى نخب والمشـرف على الكهنة والحـارس الوحـيـد عـلى ممتلكات الفرعون .

شكل(1 – 10أ) حصاد القمح ونقل السنابل إلى مكان التذرية.

شكل(1– 10ب) إجراء عملية التذرية ومن ثم يكال القمح وينقل إلى المخازن.



(شكل1 – 11) عملية شحن السفن بالغلال المستحقة للحكومة ثم إبحارها

وقد حدث فى عهد أحد ملوك مصر، يرجح أنه الفرعون امنمحتب الرابع (إخناتون)، أنه رأى حلما فى منامه. وقد استعان الفرعون بيوسف عليه السلام لتفسير حلمة وهو ما ورد فى سفر التكوين – إصحاح 41، على النحو التالى " وَحَدَثَ مِنْ بَعْدِ سَنَتَيْنِ مِنَ الزَّمَانِ أَنَّ فِرْعَوْنَ رَأَى حُلْمًا: وَإِذَا هُوَ وَاقِفٌ عِنْدَ النَّهْرِ، وَهُوَذَا سَبْعُ بَقَرَاتٍ طَالِعَةٌ مِنَ النَّهْرِ حَسَنَةُ الْمَنْظَرِ وَسَمِينَةُ اللَّحْمِ، فَارْتَعَتْ فِي رَوْضَةٍ. ثُمَّ هُوَذَا سَبْعُ بَقَرَاتٍ أُخْرَى طَالِعَةٍ وَرَاءَهَا مِنَ

النَّهْرِ قَبيحَةَ الْمَنْظَرِ وَرَقيقَةَ اللَّحْمِ، فَوَقَفَتْ بِجَانِبِ الْبَقَرَاتِ الأُولَى عَلَى شَاطِئِ النَّهْرِ، فَأَكَلَتِ الْبَقَرَاتُ الْقَبيحَةُ الْمَنْظَرِ وَالرَّقيقَةُ اللَّحْمِ الْبَقَرَاتِ السَّبْعَ الْحَسَنَةَ الْمَنْظَرِ وَالسَّمينَةَ. وَاسْتَيْقَظَ فِرْعَوْنُ. ثُمَّ نَامَ فَحَلُمَ ثَانِيَةً: وَهُوَذَا سَبْعُ سَنَابِلَ طَالِعَةٍ فِي سَاقٍ وَاحِدٍ سَمِينَةٍ وَحَسَنَةٍ. ثُمَّ هُوَذَا سَبْعُ سَنَابِلَ رَقِيقَةٍ وَمَلْفُوحَةٍ بِالرِّيحِ الشَّرْقِيَّةِ نَابِتَةً وَرَاءَهَا. فَابْتَلَعَتِ السَّنَابِلُ الرَّقِيقَةُ السَّنَابِلَ السَّبْعَ السَّمِينَةَ الْمُمْتَلِئَةَ. وَاسْتَيْقَظَ فِرْعَوْنُ، وَإِذَا هُوَ حُلْمٌ". وبعد أن عجز كهنة المعبد والمعبرون عن تفسير الحلم، كان تفسير يوسف عليه السلام "فَقَالَ يُوسُفُ لِفِرْعَوْنَ: «حُلْمُ فِرْعَوْنَ وَاحِدٌ. قَدْ أَخْبَرَ اللهُ فِرْعَوْنَ بِمَا هُوَ صَانِعٌ. الْبَقَرَاتُ السَّبْعُ الْحَسَنَةُ هِيَ سَبْعُ سِنِينَ. وَالسَّنَابِلُ السَّبْعُ الْحَسَنَةُ هِيَ سَبْعُ سِنِينَ. هُوَ حُلْمٌ وَاحِدٌ. وَالْبَقَرَاتُ السَّبْعُ الرَّقِيقَةُ الْقَبِيحَةُ الَّتِي طَلَعَتْ وَرَاءَهَا هِيَ سَبْعُ سِنِينَ. وَالسَّنَابِلُ السَّبْعُ الْفَارِغَةُ الْمَلْفُوحَةُ بِالرِّيحِ الشَّرْقِيَّةِ تَكُونُ سَبْعَ سِنِينَ جُوعاً". وقد أشار يوسف عليه السلام "فَالآنَ لِيَنْظُرْ فِرْعَوْنُ رَجُلاً بَصِيراً وَحَكِيماً وَيَجْعَلْهُ عَلَى أَرْضِ مِصْرَ. يَفْعَلْ فِرْعَوْنُ فَيُوَكِّلْ نُظَّاراً عَلَى الأَرْضِ وَيَأْخُذْ خُمْسَ غَلَّةِ أَرْضِ مِصْرَ فِي سَبْعِ سِنِي الشِّبَعِ. فَيَجْمَعُونَ جَمِيعَ طَعَامِ هَذِهِ السِّنِينَ الْجَيِّدَةِ الْقَادِمَةِ وَيَخْزِنُونَ قَمْحاً تَحْتَ يَدِ فِرْعَوْنَ طَعَاماً. فِي الْمُدُنِ وَيَحْفَظُونَهُ. فَيَكُونُ الطَّعَامُ ذَخِيرَةً لِلأَرْضِ لِسَبْعِ سِنِي الْجُوعِ الَّتِي تَكُونُ فِي أَرْضِ مِصْرَ. فَلا تَنْقَرِضُ الأَرْضُ بِالْجُوعِ".

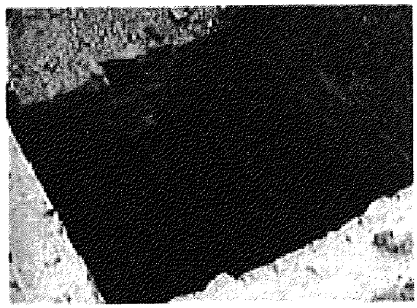
حدث ذلك في حوالي سنة 1700 ق.م. وقد ورد ذلك في القرآن الكريم في الآيات 46 - 48 من سورة يوسف: ﴿**يُوسُفُ أَيُّهَا الصِّدِّيقُ أَفْتِنَا فِي سَبْعِ بَقَرَاتٍ سِمَانٍ يَأْكُلُهُنَّ سَبْعٌ عِجَافٌ وَسَبْعِ سُنْبُلاتٍ خُضْرٍ وَأُخَرَ يَابِسَاتٍ لَعَلِّي أَرْجِعُ إِلَى النَّاسِ لَعَلَّهُمْ يَعْلَمُونَ (٤٦) قَالَ تَزْرَعُونَ سَبْعَ سِنِينَ دَأَباً فَمَا حَصَدْتُمْ فَذَرُوهُ فِي سُنْبُلِهِ إِلاَّ قَلِيلاً مِمَّا تَأْكُلُونَ (٤٧) ثُمَّ يَأْتِي مِنْ بَعْدِ ذَلِكَ سَبْعٌ شِدَادٌ يَأْكُلْنَ مَا قَدَّمْتُمْ لَهُنَّ إِلاَّ قَلِيلاً مِمَّا تُحْصِنُونَ (٤٨)**﴾.

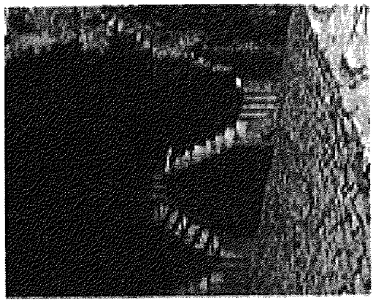
إضافة إلى ما سبق فإنه مما يذكر أن نقص الغذاء كان سائدا في عموم الأرض بما في ذلك أرض كنعان (فلسطين) فقد حض يعقوب عليه السلام

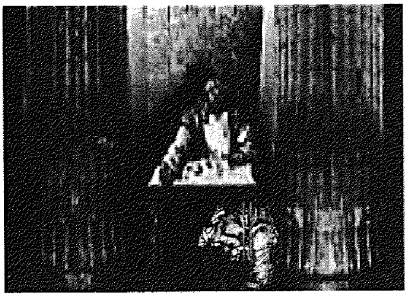
أبناءه على الذهاب إلى مصر لشراء القمح كما ورد فى سفر التكوين، إصحاح اثنين وأربعين " فَلَمَّا رَأَى يَعْقُوبُ أَنَّهُ يُوجَدُ قَمْحٌ فِى مِصْرَ قَالَ يَعْقُوبُ لِبَنِيهِ: «لِمَاذَا تَنْظُرُونَ بَعْضُكُمْ إِلَى بَعْضٍ؟ إِنِّى قَدْ سَمِعْتُ أَنَّهُ يُوجَدُ قَمْحٌ فِى مِصْرَ. انْزِلُوا إِلَى هُنَاكَ وَاشْتَرُوا لَنَا مِنْ هُنَاكَ لِنَحْيَا وَلاَ نَمُوتَ» ".

تجارة الحبوب فى عصر الفراعنة

ربما كانت تلك بداية تجارة الغلال خلال تلك السبع العجاف التى حلت بمصر وما حولها، والذى حدث فى عهد الفرعون امنمحتب الرابع كما سبق الذكر. يتضح ذلك من النص الوارد فى سفر التكوين السابق ذكره. وقد فسر الأثريون وجود سلسلة من الغرف الكبيرة جداً والمشيدة تحت الأرض فى أحد المعابد جنوب هرم سقارة بأنها كانت هى صوامع الغلال التى أنشأها يوسف عليه السلام، والتى اعتبرت المخزن المركزى للحبوب. فقد كانت تلك الغرف كبيرة جدا وأكبر كثيرا من أى غرف للدفن، يبلغ عدد هذه الغرف 11 ولها منفذ وحيد يوصل إليها ويتصل بسطح الأرض بنفق. وقد وجد أعلى سطح الأرض تقسيمات صغيرة عددها أربعون، تتسع كل منها لشخص واحد. فسرت هذه التقسيمات بأنها كانت غرفًا لأمين الحبوب ومساعديه ممن يتسلمون الثمن ويسلمون الحبوب، وربما روعى فيها أن يكون فيها عدد من المتحدثين بلغات مختلفة، وذلك للتعامل مع الوافدين لشراء الحبوب. وكان بعض الأثريين قد فسر وجود هذه التقسيمات بأنها كانت لوضع التماثيل، إلا أن آخرين رفضوا هذه الفكرة باعتبار أن التماثيل توضع عادة على منصات، وحتى إذا اختفى التمثال فكان من المفترض أن تبقى المنصات (شكل 1-12أ، ب، جـ، د).







شكل (1 – 12 أ، ب، ج، د) إلى أعلى موقع وجود صوامع الغلال المفترضة، أسفل يمين: درج يؤدى إلى نفق غرف التخزين، أسفل يسار: فتحة علوية للنفق المؤدى لغرف التخزين، أدنى: مشهد مفترض لأمين الحبوب داخل غرفة صغيرة.

تجارة الحبوب فى العصر اليونانى

كان التخزيـن الجيد للبذور والمنتجات الأخـرى التى يتم حصادها يلقى اهتمـاما ممن كتـبوا فى الزراعة من اليـونانيين. كـما أن الزراع أنفسـهم كانوا مدركين بدرجة تدعوا للدهشة بأمراض ما بعد الحصاد وكانوا يتجنبون حدوث الفساد فى المنتجـات التى حصلوا عليها نتيجة كدهم. وقـد كتب ثيوفراستس

فى الجزء الثامن من تاريخ النبات عن أمراض البذور المخزنة، وخاصة حبوب الغلال الصغيرة والبقول "بعض البذور مثل الدخن تنبت سريعًا، وتحتفظ بجودتها، وبذور أخرى مثل الفوليات تتعفن سريعًا؛ والشعير تهلك أسرع من القمح، والبذور غير النظيفة تتدهور أسرع من البذور النظيفة" وكتب أيضًا "إذا ما حدث عفن للبذور، أو ظهرت عليها الديدان أخلط حبوب القمح مع تربه خاصة مما يجعلها تعيش مدة أطول". وكتب كوليوميلا (60 ق.م) Columella فى الجزء الأول من كتابه "فى الزراعة De Re Rustica" عن مخازن الحبوب وعن كونها يجب أن تبنى بطريقة تجعلها باردة، وجافة بقدر الإمكان وذلك حتى يمكن الحفاظ على جودة الحبوب، كما يجب تقسيمها إلى أقسام يخزن فى كل منها نوع من الحبوب.

راجت تجارة الحبوب فى مصر بعد أن نجح الإسكندر الأكبر (المقدونى) Alexander III of Macedon فى هزيمة الفرس فى آسيا الصغرى ثم فتح مصر عام 333 ق.م. وضمها إلى الإمبراطورية الإغريقية العظمى. عاش الإسكندر فى مصر عدة أشهر واختار موقع إقامته مدينة الإسكندرية وتوفى فيها. بوفاة الإسكندر صارت مصر تحت حكم الأسرة البطلمية (305 - 30 ق. م) وظلت تجارة القمح المصرى رائجة، فقد كان القمح يصدر إلى أثينا، وكذا إلى أرض الحجاز شرقا التى ظل يصدر إليها لمدة ألف سنة. خلال فترة حكم بطليموس فيلاديلف[1] شُقت قناة لتربط بين البحر الأحمر ونهر النيل ليسهل الاتصال بين المحيط الأطلنطى والمحيط الهندى، وكان ذلك هامًا لتجارة القمح.

---

(1) بطليموس الثانى "بطليموس فيلادلفوس" اشترك مع والده فى حكم مصر سنة 285 ق.م. ثم انفرد بالحكم بعد وفاته 284 ق. م. لقب باسم فيلادلفوس (أى المحب لأخته التى تزوجها)، لقب أيضا بأنه "محبوب آمون والمختار من رع". شهدت مصر فى عهده أزهى عصورها فى التاريخ القديم، فقد أنشأ جامعة الإسكندرية ومكتبتها، وصار للإسكندرية مكانة كبيرة فى مجالات الفن والعلم والصناعة والتجارة بما فى ذلك تجارة الحبوب.

تجارة الحبوب فى العصر الرومانى

بعد هزيمة مارك أنتونى فى معركة أكتيوم Actium (31 ق.م) وانتحار كليوباترا صارت مصر ضمن الإمبراطورية الرومانية العظمى التى سادت حوض المتوسط، كان إنتاج مصر من القمح آنذاك وفيرا، ولم يكن الرومان يريدون شيئا من مصر سوى القمح الذى كانوا فى حاجة إليه ليطعموا الإمبراطورية الرومانية العظمى.

عند انقسام الإمبراطورية الرومانية إلى قسمين (395 م) صارت مصر ضمن الشطر الشرقى من الإمبراطورية الرومانية، وأنشأت القسطنطينية كعاصمة للشطر الشرقى من الإمبراطورية الرومانية فى 11 مايو 330 بعد الميلاد مما قلل من مكانة الإسكندرية كثانى مدينة فى الإمبراطورية بعد روما، إلا أن مصر ظلت محتفظة بمكانتها لكونها مصدر القمح للإمبراطورية. وقد أصدر الإمبراطور Justinian فى 537 أو 538م مرسوما بأن تصدر مصر ربع فائض الحبوب إلى القسطنطينية وهو ما يبلغ 8 مليون أردب، أى حوالى 1.2 مليون طن، وهذا يعبر عن القدرات العالية لمصر فى إنتاج الحبوب خلال تلك الأزمنة.

العوامل الواجب توفرها فى التخزين الجيد للحبوب

يجب أن يتوفر فى طرق التخزين الجيدة ما يلى:

* أن يوفر أقصى حماية ممكنة من الرطوبة الأرضية، والأمطار، والإصابة بالآفات الحشرية والطيور والقوارض، والحرائق.
* أن يوفر الحماية من الرطوبة الجوية العالية والحرارة إذ أنهما يلائمان نشاط الفطريات والحشرات.
* أن يتوفر فيه إمكانية فحص ومتابعة حالة الحبوب المخزنة دوريًا، وكذا الملء والتفريغ، وإجراء المعاملات كالتدخين والتهوية والتجفيف.

* أن يكون مناسبًا اقتصاديًا بالنسبة لما هو مطلوب تبعًا لظروف التخزين، سواء كان تخزينًا مؤقتًا أو على مدى قصير أو طويل.

طرق تخزين الحبوب

أولا: الطرق البدائية

تتَّبع هذه الطرق للتخزين فى بعض دول العالم الثالث التى يستهلك فيها الزارع أغلب ما ينتجه من الحبوب، وبالتالى فإنه يقوم بتخزين محصوله من الحبوب حتى يحل الموسم التالى. وفيما يلى هذه الطرق:

1 - التخزين الهوائى Aerial Storage

يتم فى هذه الطريقة ربط كيزان الذرة أو قناديل الذرة الرفيعة أو الدخن من أعناقها فى رُبط وتعليقها داخل البيت أو خارجه. يعيب هذه الطريقة أنها غير مناسبة لتخزين الكميات الكبيرة جدا، كما أن هذه الطريقة لا توفر للحبوب الحماية من الظروف الجوية والحشرات والقوارض، إذا كان التخزين خارج البيت. لتحسين هذه الطريقة للتخزين فإنه يجب أن يتم داخل البيت، ويفضل أن يكون قريبًا من مكان إيقاد النار لطهو الطعام أو للخبز.

2 - التخزين أو التجفيف على الأرض

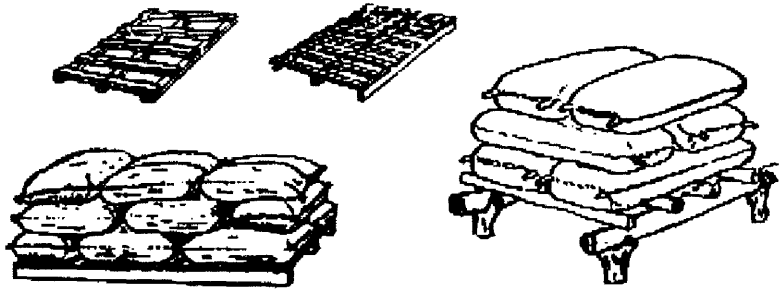
On ground Storage or Draying

لابد أن يكون استخدام هذه الطريقة مؤقتًا، حيث إنها ستكون عرضة لمهاجمة جميع الآفات (القوارض والطيور والحشرات)، بالإضافة للحيوانات الداجنة والظروف البيئية. يلجأ إليها المنتج حتى يفرغ من أداء عمله، أو توفير وسيلة لنقل الحبوب للمخزن. يمكن تحسين هذه الطريقة للتخزين بوضع الحبوب على حصيرة، أو بجعل الأرضية خرسانية، مع مراعاة وضع الحبوب على طبقة من رقائق البلاستيك لمنع تسرب الرطوبة من الأرض إلى الحبوب.

ويفضل أن يتم هذا النوع من التخزين داخل البيت لتجنب مهاجمة القوارض والحيوانات الداجنة، وأن تعامل الحبوب معاملة مناسبة لمنع مهاجمة الحشرات.

3 - التخزين فوق أرضية خشبية Open Timber Platforms

يتم عمل الأرضية الخشبية بوضع الألواح الخشبية أعلى قوائم ترفعها عن الأرض بمقدار 35 - 40 سنتيمتر عن سطح الأرض إذا كان التخزين داخل مبنى، وذلك لتسهيل التنظيف والفحص، ويرتفع بمقدار 1 متر إذا كان التخزين خارجيًا. توضع الحبوب أعلى الأرضية الخشبية فى كومات أو فى سلال مصنوعة من مواد نباتية أو معبأة فى أجولة منسوجة من خيوط التيل عادة، أو من خيوط بلاستيكية .



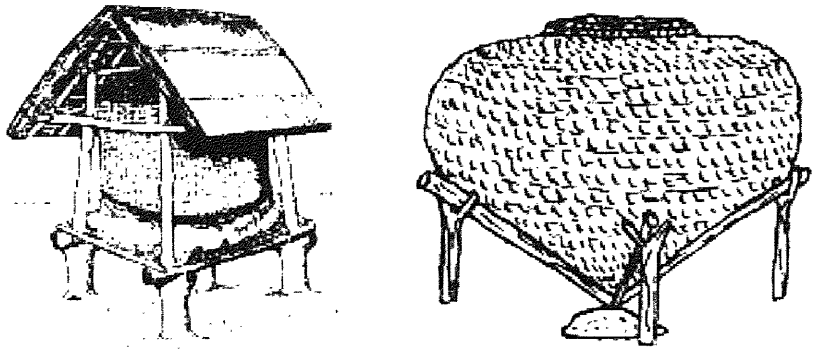
شكل (1-13) تخزين أجولة فوق أرضية خشبية

يمكن إيقاد نار تحت أرضية التخزين، فى البلاد الرطبة، لتجفيف الحبوب أو القضاء على الحشرات. ويمكن أن ينشأ سقف محمول على قوائم، بلا حوائط، أعلى أرضية التخزين الخارجية وبذلك يصبح هذا النوع من التخزين مرحلة وسطية بين التخزين المؤقت والتخزين لفترات طويلة.

4 – التخزين فى سلال مصنوعة من مادة نباتية

Storage baskets made of plant materials

تستخدم هذه الطريقة فى المناطق الرطبة التى لا يمكن أن تجفف الحبوب فيها بطريقة مناسبة، وبالتالى فإنها تحتاج إلى تهوية جيدة خلال فترة التخزين. تصنع سلال الحبوب التقليدية بدرجة أساسيـة من المواد النباتية المتاحة فى البيئة مثل الخيزران أو الغاب أو جـريد النخيل أو فروع بعض الأشجار. تكون تلك السلال عرضة للتعفن فى المناطق عالية الرطوبة، وبالتالى فإنه يجب استبدالها كل عامين أو ثلاثة، رغم أن السلال المصنوعة من الخيزران يمكن أن تبقى لمدة 15 سنة مع العناية فى الاستعمـال. يمكن أن ترفع السلال عن الأرض بمقدار 0.5 – 1متـر، وفى هذه الحالة يمكن أن توقـد تحتـها النار لتجـفيف الحـبوب والقضاء على الحشرات. يتم استخـراج الحبوب من هذه السلال من فتحة فى أعلى السلة أو أن تنساب الحبوب من فتحة سفلية.



شكل(1-14أ، ب) التخزين فى سلال من مواد نباتية

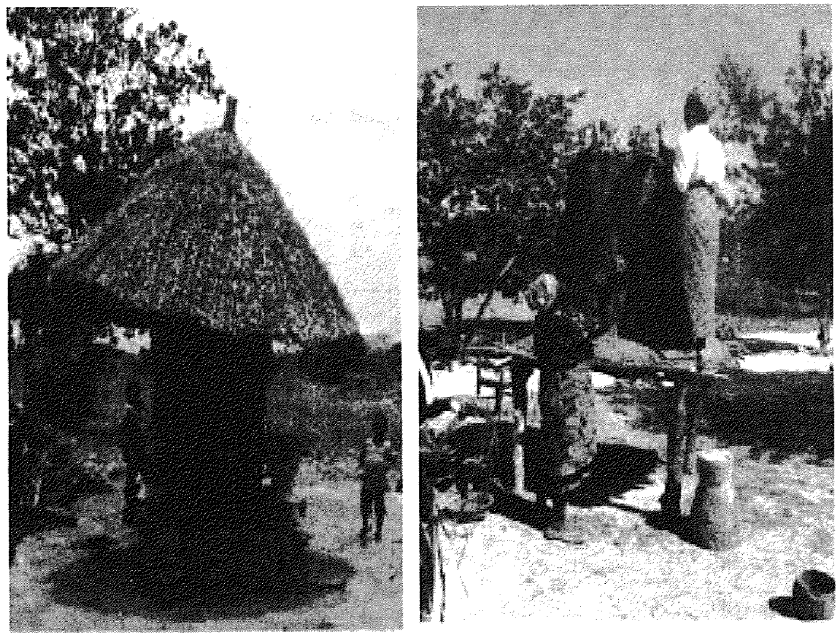
5 – التخزين فى القدور الطينية القرعية الشكل Storage in pots

هى أوعية تصنع من الطيـن تشبه ثمرة القرع العـسلى ذات سعات قليلة تستـخدم لتخزين بذور الفـوليات والحبـوب أيضًا، يكون لها فتـحة من أعلى

يمكن سدها بالطين المختلط بالروث، أو بدفع قطعة من الخشب مغلفة بالقماش. يمكن بهذه الطريقة تخزين الحبوب ذات المحتوى الرطوبى 12٪ لمدة طويلة دون حدوث أية مشاكل.

6 – التخزين فى أوعية مصنوعة من الطين وفروع ألاشجار

تقام تلك الأوعية على أربعة أعمدة من جذوع الأشجار، تعلوها قاعدة مسطحة يقام عليها وعاء أسطوانى مصنوع من الطين ومدعم بأغصان الأشجار. عند بلوغ الوعاء الارتفاع المناسب يغطى بغطاء على شكل قبعة مصنوع من البوص أو جريد النخيل يسمح بالتهوية، ويحمى الحبوب من التعرض لمهاجمة الطيور، ومن أشعة الشمس شكل (1 – 15 أ، ب)



شكل (1-15 أ،ب) إقامة صومعة من الطين وفروع الأشجار.

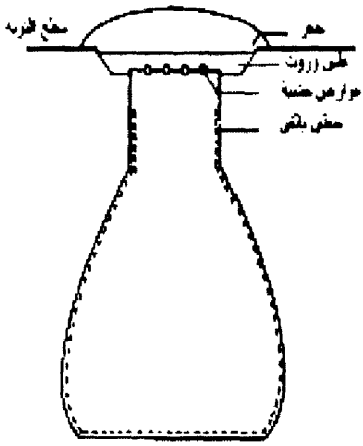
7 – التخزين فى القدور الفخارية Storage in jars

هى قدور تتباين فى الشكل والحجم من مكان لآخر، فتحتها العلوية تكون ضيقة ويكون لها غطاء من قطعة مسطحة من الحجر، ويمكن إحكام الغلق باستخدام الطين أو أية مادة أخرى. قد تكون هذه القدور موجودة فى مكان ظليل داخل البيت، أو أسفل مظلات تحميها من العوامل الجوية. لتحسين هذا النوع من التخزين ينصح بدهان القدور من الخارج بالبيتومين لحمايتها من النمل الأبيض.

8 – التخزين تحت الأرضى Underground Storage

يتبع هذا النوع من التخزين فى المناطق الجافة، والتى يكون فيها مستوى الماء الأرضى منخفضًا ولا يهدد الحبوب المخزنة. يمكن أن تتسع حفر التخزين الأرضى لما بين عدة مئات من الكيلوجرامات إلى 200 طن. قد تكون تلك الحفر أسطوانية أو كروية أو غير ذلك، وتكون فتحتها ضيقة وتغطى بتكديس الرمل أو التربة أعلى غطاء خشبى، أو تغطى بحجر ويتم إحكام الغلق بواسطة الطين. يتميز هذا النوع من التخزين بما يلى:

* مشاكلها قليلة بالنسبة للإصابة بالحشرات ومهاجمة القوارض.
* منخفضة التكاليف بالنسبة لنظم التخزين فوق الأرضى المماثلة لها فى السعة.
* يكون التغير فى درجة حرارة الحبوب خلال فترة التخزين ضئيلاً.



شكل (1-16) تخزين تحت أرضى

* غير مرئية وبذلك تكون آمنة من اللصوص.
* لا تحتاج إلى عمليات فحص مستمر للحبوب.

ويعاب على هذه الطريقة ما يلى:

* تحتاج إلى عمالة لأعمال الحفر والإنشاء.
* تؤثر ظروف التخزين سلبيًا على حيوية الجنين، لذا فإن الحبوب التى تخزن بهذه الطريقة تكون للاستهلاك وليس لاستخدامها كتقاوى.
* قد تكتسب الحبوب رائحة التخمر بعد فترات التخزين الطويلة.
* يتطلب استخراج الحبوب عمالة، ويمكن أن يتعرضوا إلى ضرر نتيجة لتراكم ثانى أكسيد الكربون فى الحفرة.
* صعوبة متابعة حالة الحبوب المخزنة.
* هناك خطورة قائمة من تسرب الماء، وبذلك تكون الحبوب الموجودة فى القمة أو الملاصقة للجدران عرضة للتعفن بواسطة الفطريات.

ثانيا: طرق التخزين المتطورة

أ - تخزين مؤقت Temporary storage

يتم اللجوء لهذا النوع من التخزين فى حالة زيادة حجم المحصول عن قدرات التخزين المؤقت الأخرى المتاحة، أو فى حالة عدم توفر وسائل النقل من الحقل إلى أماكن التخزين المستديم، أو لحين توفير حيز للتخزين فى المخازن المستديمة. وقد تهدف بعض طرق التخزين المؤقت إلى التخزين بالقرب من الحقل لحين الاستهلاك السريع وهى تتم بإحدى الطرق التالية:

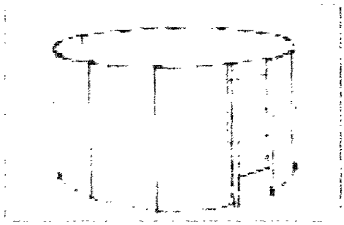
1 - التخزين المسطح فى كومات كبيرة:

يستخدم فى النظام الحديث للتخزين المسطح حوائط خرسانية سابقة التجهيز، تتوافر بارتفاعات 5 - 9 قدم، وتصل قوتها إلى تحمل 100 رطل/ قدم مكعب من الحبوب. تصف الجدران الخرسانية على الأرضية

الأسمنتية المعدة للتخزين، ويمكن التحكم فى المساحة التى يتم تحويطها بالحوائط سابقة التجهيز تبعًا لحجم الحبوب المراد تخزينها، ويمكن أن يصل حجم الحبوب المخزنة بهذه الطريقة إلى 5مليون بوشل من الذرة أو القمح أو الكانولا أو غير ذلك. يتم ملئ منطقة التخزين أو إفراغها باستخدام الشفاطات. تغطى الحبوب المخزنة بأغطية غير منفذة لمياه الأمطار (شكل 1 - 18 أ، ب، ج).

2 - التخزين داخل صندوق من رقائق الخشب

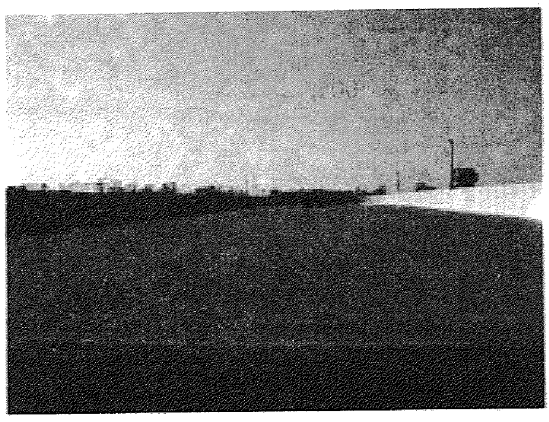
تصنع من ألواح رقائق الخشب بسمك 4 - 5 مليمتر، تثبت الألواح جانبيًا بأشرطة معدنية ومسامير، يكون عمق الصندوق نحو 1.2 - 2.4 متر وقطره نحو 3 - 10متر، إذا كانت هناك خشية من عدم تحمل الوصلات لضغط الحبوب يمكن دعم الصندوق بإحاطته بحبل أو كابل نقل التيار الكهربى بسمك مناسب. ويمكن وضع مفرش من البلاستيك أسفل الحبوب وكذا تغطيتها بغطاء من البلاستيك.

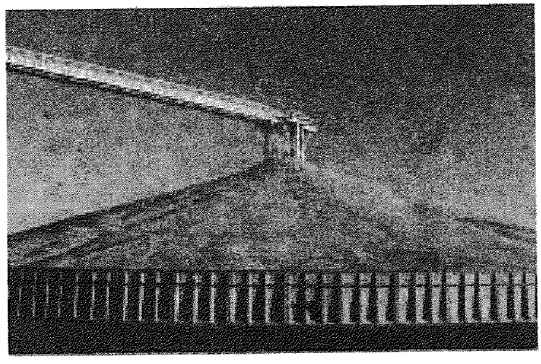


(1-17) التخزين داخل صندوق من رقائق الخشب

3 - التخزين داخل سياج من بالات القش

يمكن باستخدام بالات القش عمل حيز محدد يخزن فيه الحبوب، ويتم ذلك برسم دائرة على الأرض، بعد إعدادها، بقطر حوالى 20 متر، ثم ترص بالات التبن ذات ارتفاع حوالى 1.2 متر حول هذه الدائرة لتكون جدارًا يحمى الحبوب. يمكن لسياج بقطر 20 متر من التبن أن يستوعب كومة من الحبوب يبلغ حجمها حوالى 1200بوشل من الحبوب، وكلما كانت الكومة أكبر كلما كان ذلك أفضل وذلك لتقليل السطح المعرض، وبالتالى فإن كومة واحد كبيرة أفضل من كومات صغيرة متعددة.



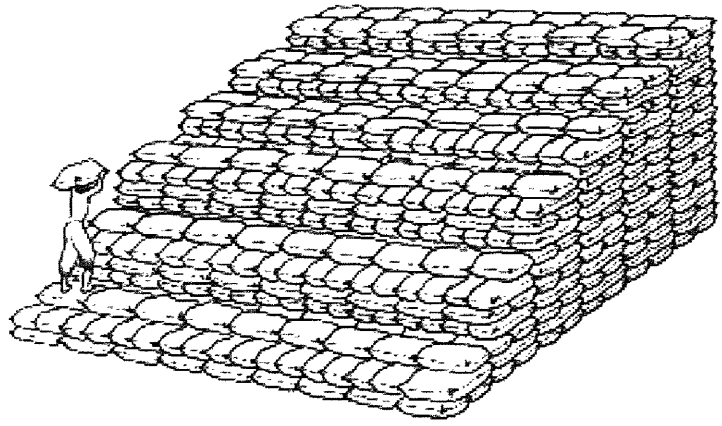


شكل (1 – 18) التخزين المسطح – أ – إعداد مسطح التخزين،

ب – الملء بالحبوب، جـ – التغطية.

4 - التخزين فى أجولة

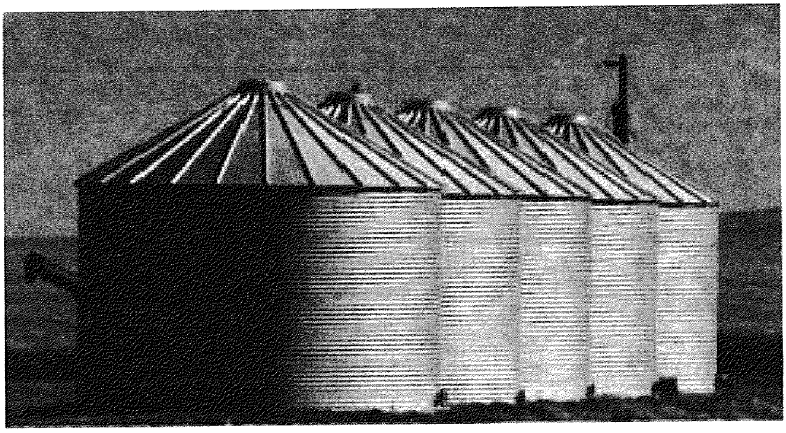
وهى عادة أجولة منسوجة من خيوط التيل، أو من خيوط بلاستيكية، ترص الأجولة فى صفوف وتتبادل طبقات الأجولة، فتارة ترص طوليا وأخرى عرضيًا مع ترك مسافات بين الصفوف للتهوية شكل (1 - 19) وقد ترفع عن مستوى الأرض بقواعد خشبية، وتغطى الأجولة بغطاء من البولى إيثيلين للحماية من العوامل الجوية، ويفضل أن يتم التخزين أسفل أسقف من الصاج المعرج محمولة على أعمدة، أو داخل أبنية. وغالبا ما يتبع هذا النوع فى تخزين البذور الزيتية سواء فى معاصر الزيوت أو حتى يتم التسويق.



شكل (1- 19) تخزين مؤقت فى أجولة

5 - التخزين فى الصوامع المعدنية Metal Silos

وهى صوامع تصنع من الصاج المجلفن، حتى لا يتأثر بالرطوبة، ومعرج لكى يكتسب قوة وصلابة، أسطوانية الشكل، قمتها مخروطية، وقاعدتها مسطحة وتكون سعتها حوالى سعة 100 طن. تعتبر هذه الطريقة آمنة من مهاجمة القوارض والطيور، وتوفر الحماية من العوامل الجوية (شكل 1 - 20).



شكل (1-20) صوامع معدنية صغيرة من الصاج المعرج المجلفن للتخزين المؤقت

ب - التخزين لفترة طويلة Long term Storage

ويقصد به طرق تخزين الحبوب لسنوات عديدة وليس لمجرد الإبقاء عليها حتى الاستهلاك.

صوامع التخزين التجارية Commercial Grain Bins

هى صوامع ضخمة تستخدم لتخزين الحبوب لفترات طويلة، ومجهزة لسهولة تداول الحبوب وإجراء المعاملات المختلفة. يجب أن يتوفر فى الموقع الذى تقام عليه مثل هذه المنشآت ما يلى:

* أن تقام فى أماكن قريبة من وسائل النقل مثل الطرق عند النقل بالشاحنات أو الموانئ عند النقل بالسفن، وذلك لتسهيل عمليات نقل الحبوب إليها ومنها.
* أن تكون الأرض المقامة عليها مرتفعة بحيث يكون مستوى الماء الأرضى منخفضًا.
* أن تكون التربة قوية بحيث تتحمل الثقل الهائل الواقع على وحدة المساحة من المنشآت والحبوب المخزنة.

* نظرا لاحتمال احتياج الحبوب المخزنة إلى عمليات تدخين فإنه يجب أن يكون اختيار مواقع منشآت التخزين بعيدًا عن التجمعات السكانية والأسواق .

1 - الصوامع الخرسانية Concrete silos

ساد إنشاء الصوامع الخرسانية لتخزين الحبوب فى مناطق الإنتاج أو فى الموانئ خلال القرن الماضى، ثم تراجع إنشاؤها وأصبحت الصوامع المعدنية هى الأكثر استخدامًا وذلك لسرعة إنشائها ورخص تكلفتها، ولكن ظلت الصوامع الخرسانية هى الأنسب بالنسبة للموانئ، حيث إنها تتحمل ملوحة ماء البحر. يعاب على الصوامع الخرسانية عدم إمكان تعديل هواء التخزين حيث إنه عند المعاملة بثانى أكسيد الكربون فإن نسبة كبيرة منه تمتص بواسطة مادة التصنيع.

تكون خلية الصومعة الخرسانية أسطوانية الشكل، عادة ما يكون قطرها من الداخل 6 أمتار وارتفاعها 30 - 35 متر، ويكون جدارها الخرسانى بسمك 15 سنتيمتر وتتخلله قضبان من الصلب للتقوية. تقام هذه الخلايا فى صفوف متتالية، 3 صفوف عادة، حتى يكتسب البنيان قوة، وقد تقام خلايا صغيرة تشغل حيز المسافات البينية. وتعرف الخلايا الكبيرة فى هذه الحالة بالخلايا الرئيسية والصغيرة بالخلايا البينية. يتم ملء الصوامع بالحبوب بواسطة شفاطات يمكن أن تصل قدراتها لأكثر من 1000طن/ ساعة. ترفع الحبوب لأعلى الصوامع بواسطة الشفاطات، ثم تنقل بواسطة سير ناقل، ذى سعة نقل تبلغ 650 طن/ ساعة، إلى الخلية المراد التخزين فيها. وتفرغ الحبوب من فتحات سفلية تؤدى إلى سير ناقل، يوجد بداخل نفق مغلق، ينقل الحبوب إلى الشاحنات أو عربات السكك الحديدية، أو إلى حيث يقوم الشفاط بشفط الحبوب لتحميلها. كما يتوفر فى هذه الصوامع التجهيزات الآتية:

* نظام أخذ عينات الحبوب آليا وبصفة دورية أثناء الملء أو التفريغ.

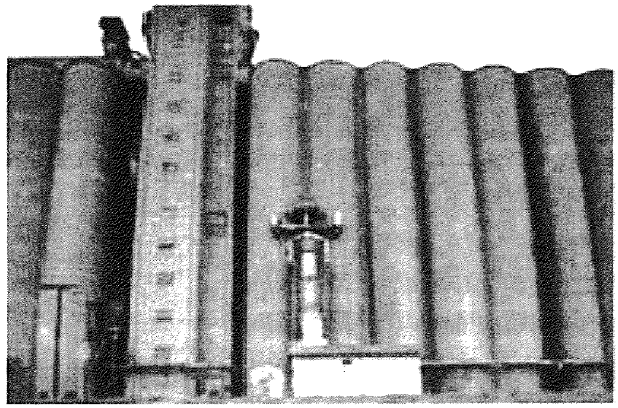
* إمكانيات إجراء عمليات التبخير والتهوية للحبوب.

* نظام غربلة بقدرة 100 طن / ساعة.

* نظام مراقبة درجات الحرارة لجميع الخلايا، وعلى مستويات مختلفة.

* وجود مرشحات ومجمعات للأتربة لمنع حدوث الانفجارات.

* نظم إنذار للحريق ونظم لإطفاء الحرائق.



شكل (1-21) خلايا صومعة خرسانية يتوسطها مركز التحكم

2 - الصوامع المصنوعة من الصلب.

تصنع هذه الصوامع من ألواح من الصلب المجلفن تثبت ببعضها البعض بمسامير مجلفنة أو قد تكون ذات رؤوس مغلفة بمادة تقيها الصدأ. يعتبر هذا النوع من الصوامع سهل الإنشاء وأقل تكلفة من الصوامع الخرسانية، إلا أنها تحتاج إلى أعمال صيانة مستمرة. تصلح هذه الصوامع لإجراء عمليات التهوية والتجفيف والتدخين وتعديل جو التخزين بزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون. كما أنها مزودة بنظم قياس الحرارة وهى نوعان:

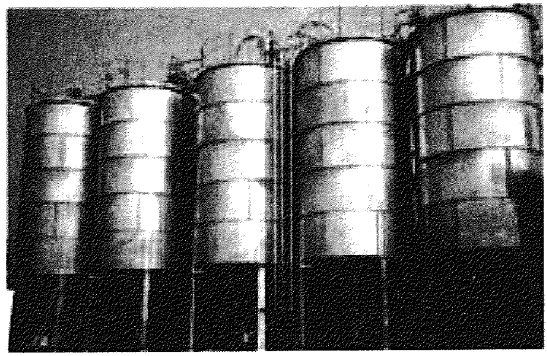
* صوامع ذات قاعدة مستوية Flat-bottom storage bins

يتراوح قطرها بين حوالى 5 - 32 متر، وتبلغ سعتها 200 - 24000 متر مكعب من الحبوب، أى أنها يمكن أن تتسع لحوالى 200 - 2000 طن من القمح. يتم ملء هذا النوع من الصوامع من أعلى بواسطة الشفاطات. يتم التفريغ من فتحة سفلية باستخدام الشفاطات أيضًا. تكون هذه الصوامع محكمة الغلق ويمكن أن يجرى بها تهوية أو تدخين للحبوب، كما يمكن أن تعامل بغاز ثانى أكسيد الكربون لتوفير جو هوائى معدل.

(شكل 1-22) صوامع معدنية ضخمة مستوية القاعدة

* الصوامع ذات القاعدة المخروطية Hopper-bottom storage bins

يبلغ قطر الصوامع ذات القاعدة المخروطية نحو 5 - 10 متر وتتسع لحوالى 100 - 1900 متر مكعب من الحبوب. يتم التخزين فيها بملء هذه الصوامع من أعلى بواسطة الشفاطات، ويتم التفريغ بانسياب الحبوب من الفتحة السفلية الموجودة فى نهاية المخروط .



(شكل1-23) صوامع ذات قاعدة مخروطية

3 - التخزين تحت الأرضى Underground storage

يجرى هذا النوع من التخزين بعمل حفرة فى التربة بعمق مناسب وأبعاد مناسبة، وتصب فيها الحبوب. وهى تعد تطويراً للطريقة القديمة للتخزين تحت الأرضى، ولها نفس المزايا، مع تلافى بعض العيوب.

يتم التخزين تحت الأرضى فى حفر على النحو التالى:

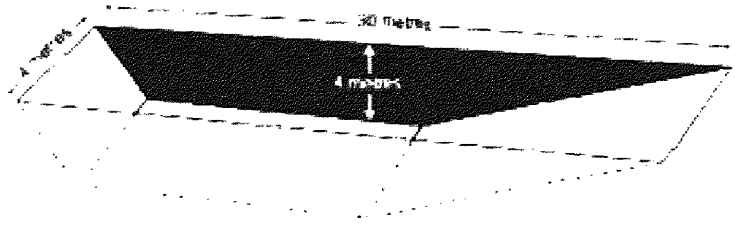
أ - اختيار الموقع

يجب أن يكون الموقع قريبًا من مكان الإنتاج أو الاستهلاك، وأن تكون التربة طفلية أو متكتلة حتى لا يحدث بها انهيار عند الحفر، كما يجب أن تكون حفر التخزين عند أعلى نقطة فى الموقع وبعيدة عن مستوى الماء الأرضى، وأن يتم تحويل مجرى جريان مياه الأمطار بعيداً عنها.

ب - شكل وحجم الحفرة

هناك عدة أشكال يمكن أن يتخذها شكل الحفرة، ويتوقف الشكل على طريقة تداول الحبوب، والآلات المتاحة. يفضل عند استخدام الشفاط فى تفريغ الحفرة من الحبوب أن تكون جوانبها قائمة، إلا من جانب واحد يكون

مائلا بزاوية 30ْ بحيث يسمح باستخدام بلدوزر لإزالة التربة، وكذلك يستخدم فيما بعد لملء الحفرة بالحبوب (شكل 1 - 24).



(شكل 1 - 24) أبعاد الحفرة التى تعد للتخزين، لاحظ المنحدر الذى تستخدمه الشاحنات لتحمل الأتربة وملء الحفرة بالحبوب.

يتم ملء الحفر بالحبوب بإفراغها من الشاحنات عبر المنحدر، كما سبق الذكر، ويفضل استعمال الشفاط عند وصول الحبوب قرب قمة الحفرة. يتحدد حجم الحفرة تبعًا لحجم الحبوب المراد تخزينها، علمًا بأن حجم الطن من القمح 1.3 متر مكعب، ومن الشعير 1.6، ومن الشوفان 1.9. يتحدد عمق الحفرة بمدى بعد مستوى الماء الأرضى، ويتحدد عرضها بأن يكون مرة ونصف قدر عرض سلاح البلدوزر.

جـ - تبطين الحفرة Lining the pit

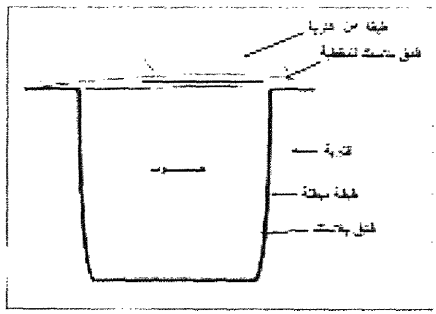
يستخدم لتبطين الحفرة رقائق من البولى إيثيلين الأسود بسمك 0.1 مليمتر، وعند عمل تداخل رأسى بين الرقائق يراعى أن يكون الأعلى للخارج والأسفل للداخل لصرف ماء المطر ومنع وصوله إلى الحبوب. وقد وجد فى أستراليا أنه يمكن تحقيق نتائج جيدة من التخزين تحت الأرضى فى منطقة ممطرة (325 مليمتر)، دون تبطين الحفرة، وكل ما نتج عن ذلك هو تدهور عدة سنتيمترات من الحبوب على جوانب الحفرة، وكان ذلك لا يوازى التكلفة والجهد المطلوبين لإجراء عملية التبطين.

د - ملء الحفرة Filling the pit

يجب التأكد من جفاف الحفرة تمامًا قبل ملئها بالحبوب، يؤدى عمل الحفرة قبل الحصاد بوقت وجيز إلى احتمال أن تظل التربة رطبة، وإذا سقط المطر بعد عمل الحفرة أو كانت هناك حفرة سبق أن امتلأت بالمطر شتاءً وقت خلوها من الحبوب فيجب تركها لتجف تمامًا. كما أنه يجب التأكد أن المحتوى الرطوبى للحبوب لا يتجاوز 13٪ . تملأ الحفرة بالحبوب حتى حافتها، أى عند مستوى سطح التربة .

هـ - تغطية الحفرة Covering the pit

يستخدم للتغطية رقائق من البولى إيثيلين المتوسط الجودة يكون سمكها 0.1 مليمتر. يجب أن يمتد البولى إيثيلين لمسافة 2 متر على كل من جانبى الحفرة، وأن يتكون التداخل البينى بمقدار 20 سنتيمتر على الأقل. يوضع غطاء من التربة أعلى البولى إيثيلين بسمك 30 - 100 سنتيمتر، مع مراعاة وجود ميل من المركز إلى الجانبين لتسهيل صرف مياه الأمطار. يجب وضع أوتاد عند أركان الحفرة وذلك لتسهيل تحديد موقعها عند إفراغها من الحبوب. يجب التأكد من تمام تغطية الحبوب عقب فترات سقوط الأمطار وتصحيح أو تعميق مسارات انسياب مياه المطر بعيدًا على حفر التخزين (شكل 1 - 25).



شكل (1 25) مقطع عرضى فى الحفرة بعد ملئها بالحبوب وتغطيتها

و - تفريغ الحفرة Emptying the pit

يستخدم الشفاط عادةً لتفريغ الحفرة، ويجب الحرص الشديد من انزلاق أى إنسان إلى مخروط الحبوب المسحوبة من داخل الحفرة مما يشكل خطراً على حياته. ويمكن أن يحدث ذلك بفعل انهيار التربة من على جوانب الحفرة، أو نتيجة للانزلاق من على سطح البولى إيثيلين. تتميز هذه الطريقة برخص التكاليف. وتتوقف تكاليف عمل الحفر على مدى توفر إمكانات الحفر بالمزرعة. يمكن تخزين حبوب بمحتوى رطوبى عند الحد الآمن (13٪) لمدة 10 سنوات. وتفيد زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون جو التخزين فى تثبيط نمو الفطريات والحشرات.

المخاطر التى تحف بعملية تخزين الحبوب

1 - انفجارات غبار الحبوب Grain Dust Explosions

ازداد الاهتمام بدراسة الإجراءات الواجب اتخاذها لمنع حدوث الانفجارات عقب الانفجار الضخم الذى حدث فى مجمع صوامع ديبروس DeBruce بكنساس بالولايات المتحدة الأمريكية. حدث هذا الانفجار فى حوالى الساعة التاسعة وعشرين دقيقة من صباح يوم الاثنين، الثامن من يونيو سنة 1998 فى مجمع ديبروس DeBruce لصوامع الحبوب بولاية كنساس الأميريكية. ويحتل هذا المجمع المرتبة الثالثة من حيث السعة التخزينية فى العالم، وهو يتسع لتخزين 20 مليون بوشل من الحبوب توزع على 267 خلية مرتبة فى ثلاثة صفوف. وكان بالمجمع وقت حدوث الانفجار 7ملايين بوشل من الذرة والذرة الرفيعة، وكان يتهيأ لاستقبال قمح موسم 1998. نتج عن الانفجار تحطم عدد كبير من الخلايا وانهيار أسقف الخلايا والأقبية العلوية. (شكل 1-26 أ وب) توفى نتيجة للانفجار سبعة أشخاص، وأصيب عشرة آخرون بإصابات مختلفة. بلغت الخسائر الناجمة عن الانفجار 75 مليون دولار، وقد غرمت السلطات بول ديبروس صاحب المجمع مبلغ 1.7 مليون

دولار لعدم توافر إجراءات السلامة والأمان فى المجمع. يعتبر هذا الانفجار هو الأقوى على الإطلاق فقد سمع صوته من مسافة 10 أميال. وقد عمل فريق الإنقاذ المكون من 62 شخصا لمدة ثلاثة أيام مقتحمين الأجزاء السفلى ومحلقين بالطائرات العمودية فى الأجزاء العليا بحثا عن المفقودين. أثبت التقرير الفنى أن شرارة كهربية حدثت نتيجة عن فقدان القدرة على التحمل فى أحد سيور النقل، بالنفق السفلى، مما أدى إلى اشتعال الأتربة ووقوع الانفجار. يجعل عدد القتلى هذا الانفجار هو الأسوأ فى تاريخ كنساس، لكنه ليس الأسوأ فى تاريخ الولايات المتحدة الأمريكية، فقد حدث انفجار فى مصعد الحبوب بصوامع نيوأورليانز، بولاية لوس أنجليس فى 22 ديسمبر سنة 1977 تسبب فى وفاة 36 شخصا. وبعد مرور خمسة أيام من هذا التاريخ وقع انفجار آخر فى محطة تصدير الحبوب فى جالفيستون Galveston، بولاية تكساس وتسبب فى وفاة 18 شخصا.

يتطلب حدوث الانفجار توفر الآتى:

أ - **الوقود**، يكون الغبار المثار عند تداول الحبوب ذا أصل عضوى وليس معدنى فهو عبارة عن جزيئات دقيقة منفصلة عن الحبوب نتيجة لاحتكاكها ببعضها البعض، وحبوب لقاح، وجراثيم فطريات وتوكسينات فطرية وأجزاء من أجسام حشرات ميتة، وأكاروسات، ومخلفات الحشرات والأكاروسات والقوارض، وجميعها مواد قابلة للاشتعال إذا ارتفعت درجة الحرارة وتوفر لها مصدر الإشعال. ويقدر ما يحويه الطن من الحبوب من ذلك الغبار فى الأحوال العادية بحوالى 4 كيلوجرام. يقدر الحد الأدنى للتركيز الذى يحدث عنده الانفجار بحوالى 40 جرام/ متر مكعب من الحيز ويتوقف ذلك تبعا لحجم الجزيئات ونوعها.

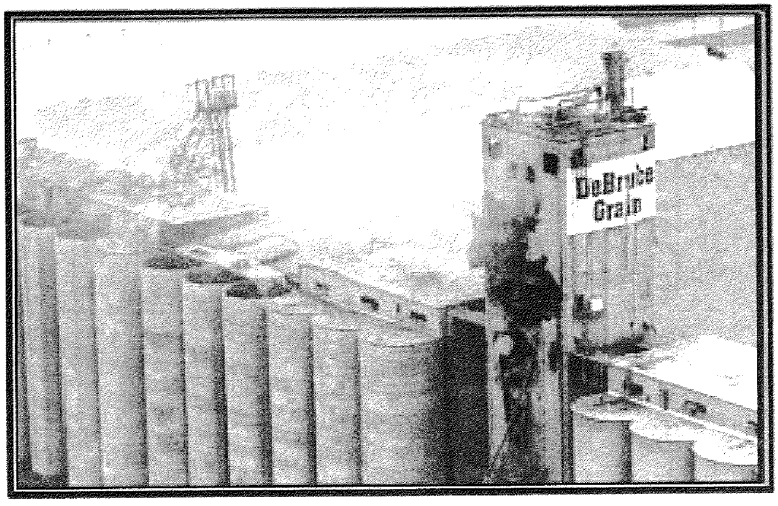
ب - **الأكسجين**، وهو متوفر فى الهواء بدرجة كافية.

جـ - **الحيز المغلق**، ويمكن أن يكون ذلك الحيز هو الصومعة نفسها عندما يثار بها الغبار عند التعبئة والتفريغ، وكذلك فى أنفاق النواقل، وأنابيب التهوية، وغيرها.

د - **مصدر الإشعال**، يكون مصدر الإشعال عبارة عن شرارة قد تنتج من المحركات الكهربية، أو نتيجة لحمل كهربى زائد ينتج عن جهد زائد يقع على أحد الأجهزة، أو نتيجة لاحتكاك سيور النقل بأجزاء معدنية أو خرسانية أو مجرد احتكاك الحبوب ببعضها البعض، وقد يتوفر مصدر الإشعال نتيجة لإشعال سيجارة أو مجرد وجود سيجارة مشتعلة.

2 - الانزلاق داخل كتلة الحبوب

يؤدى سحب حبوب من الصومعة إلى خلق تجويف مخروطى الشكل، منقلب، عند مركز الصومعة. عندما تكون كتلة الحبوب فى أعلى الصومعة وعند مركزها متماسكة بفعل هيفات فطريات أو تكتلات عنكبوتية لحشرات نتيجة نشاط متزايد خلال فترة ما، فإن ذلك يؤدى إلى تكوين قشرة تغطى المخروط المفرغ. عندما يقوم أى شخص بالمشى فوق الحبوب بهدف فحص الحبوب، أو غير ذلك فإن تلك الطبقة القشرية تنهار ويجد الشخص نفسه يغوص داخل كتلة الحبوب خلال ثوانٍ معدودة. وقد حدث بالفعل أن أحد العاملين لاحظ توقف الشفاط عن جلب حبوب، فصعد السلم ودخل من الفتحة العلوية للصومعة، وما أن خطا خطوات حتى غاص داخل كتلة الحبوب (شكل 1 - 27).



شكل (1-26أ،ب) جانب من الدمار الذى حدث بمجمع صوامع دبروس بولاية كنساس الأمريكية سنة1998 إلى أعلى منظر عام للدمار، وإلى أسفل انفجار الأسقف

شكل (1-27) حدوث الانزلاق داخل كتلة الحبوب

لتفادى الانزلاق داخل كتلة الحبوب، فإنه على كل من يقوم بالدخول من الباب العلوى للصومعة لفحص الحبوب أو غير ذلك، أن يلتزم بتعليمات الأمن والسلامة، وذلك بأن يربط حزام الأمان حول النصف العلوى من الجسم ويثبت حلقة الحزام بحبل يكون متدليا من مركز سقف الصومعة. ويفضل ألا يكون منفردا بل يجب أن يكون هناك شخص آخر يرافقه إلى الباب العلوى ويربطه إليه بحبل إضافى (شكل 1 - 28) .

3 - المشاكل الصحية

تحتوى الأتربة المثارة أثناء تعبئة أو تفريغ الحبوب على متبقيات نباتية دقيقة، وعلى قدر كبير من جراثيم الفطريات بما يحويه البعض منها من توكسينات، وعلى خمائر وبكتيريا موجبة وسالبة لصبغة جرام، وما بها من توكسينات داخلية، أيضًا على أجزاء من أجسام مفصليات الأرجل (السوس

شكل (1-28) تفادى حدوث الانزلاق داخل كتلة الحبوب

والخنافس والأكاروسات)، وربما تحتوى على مواد من أصل حيوانى (شعر ومخلفات قوارض). وبناء على ذلك فإن معظم محتوى الأتربة المثارة ذو أصل عضوى، من ثم تسبب أضراراً صحية للقائمين بالعمل تتمثل فى الآتى:

* متلازمة أعراض التسمم بالأتربة العضوية Organic Dust Toxic Syndrome. وهى أعراض حادة تتسبب عن التوكسينات الميكروبية المنتجة بواسطة الكائنات الحية الدقيقة المصاحبة للحبوب.

* استثارة الغشاء المخاطى للأنف Mucous Membrane Irritation، ويحدث ذلك فى كل من الإنسان والحيوان نتيجة للتعرض لتركيزات عالية من الملوثات فى الهواء.

* التهاب الأنف التحسسى Allergic Rhinitis، وهو التهاب حاد فى أنسجة الأنف، ويسبب متلازمة أعراض حمى القش، ويشبه ذلك الناتج عن التعرض للتلوث الشديد فى الهواء.

* مرض رئة المزارعين Farmer's Lung Disease، وهو نوع من الحساسية المفرطة فى الرئة يتسبب عن الكائنات الحية الدقيقة المحبة للحرارة وجراثيمها وهى تكون ملوثة للقش وغيره من المواد العضوية الرطبة.

* مرض التهاب الشعب الهوائية المزمن Chronic Bronchitis and Reactive Airways Diseases، وهو ينتج عن التعرض للأتربة العضوية والغازات والتى تؤدى إلى عجز فى وظائف الرئتين.

References

- Anon.,1982 TheUnited Nations University Press ,Food and Nutrition Bulletin Volume 4, Number 2. Retrieved December2010 from:

http://www.unu.edu/Unupress/food/8F042e/8F042E00.htm#Contents

- Anon.2010.Fao Economic and Social Development Department. Retrieved Deccember,2010 from: http://www.fao.org/economic/en/

- Anon.2010.Fao, food outlook global markets. Retrieved December, 2010 from:

http://www.fao.org/docrep/011/ai482e/ai482e06.htm

- Anon.,2011. Food Outlook, Global Market Analysis. Retrieved October 02, 2011from: http://www.fao.org/docrep/012/ ak349e/ ak349 e00.pdf

- Anon. Egypt's role in the Byzantine Empire, Encyclop_dia Britannica Article. Retrieved Apr 2010 from: http://www.britannica.com/ eb/article- 22353/Egypt

- Aon. Nativetech: native american technology and art

native american history of corn. http://www.nativetech.org/cornhusk/ cornhusk.html

- Badr A., K. Mu_ller, R. Scha_fer-Pregl, H. El Rabey, S. Effgen, H. H. Ibrahim, C. Pozzi, W. Rohde, and F. Salamini ,2000. Mol. Biol. Evol. (2000) 17 (4): 499 - 510. Retrieved December, 2010 from:

http://mbe.oxfordjournals.org/content/17/4/499.full.pdf+html

- Hall, D. W. 1970. Handling and storage of food grains in tropical and subtropical areas. FAO agricultural development paper no.90, FAO plant

production and protection series no.19 Food & Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Rome.

- Newman, C.,2004. Stored grain management : Underground

storage of grain. Retrieved April 05,2009 from:

http://www.agric.wa.gov.au/pls/portal30/docs/FOLDER/IKMP/FCP/STOR/FN070_2003.pdf

- Proctor, D.L.,1994.(Ed.). Grain storage techniques Evolution and trends in developing countries. FAO Agriculture SERVICE BULL . No. 109. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

Rome . Retrieved Septembr22,2011from:

http://www.fao.org/docrep/T1838E/T1838E00.htm

- Walker, D. J. and Farrell, G. (Eds)2003.Food Storage Manual. Chatham, UK: Natural Resources Institute/Rome: World Food Programme, 243pp. http://foodquality.wfp.org/Portals/0/ Foodstorag emanual.pdf

مراجع عربية

- حسن، سليم (2000أ). موسوعة مصر القديمة، ج 2، فى مدنية مصر وثقافتها فى الدولة القديمة والعهد الأهناسى. الهيئة المصرية العامة للكتاب.

- حسن، سليم (2000ب). موسوعة مصر القديمة، ج 4، مصر القديمة. الهيئة المصرية العامة للكتاب.

الباب الثانى
النظام البيئى لمخازن الحبوب ومكوناته

الفصل الأول: النظام البيئى لمخازن الحبوب

الفصل الثانى: الكائنات الحية الدقيقة المصاحبة للحبوب

الفصل الثالث: الآفات الحشرية والأكاروسات

الفصل الرابع: القوارض والطيور

الفصل الأول

النظام البيئى لمخازن الحبوب

Grain Storage Ecosystem

يُعرف النظام البيئى بوجه عام بأنه مجتمع من الكائنات الحية وما يحيط بها من العوامل البيئية غير الحية، التى تتعامل جميعها معًا فى نظام عمل ذى علاقات متكاملة متضمنا انتقال وسريان الطاقة والمادة. ويتألف مجتمع الكائنات الحية من مجموعات من عشائر النباتات والحيوانات وغيرها من الكائنات الحية التى تقطن منطقة محددة. كل عشيرة منها تمثل نوعًا واحدًا من الكائنات التى تعيش فى هذه المنطقة. ويكون النظام البيئى مفتوحا ويمكن للطاقة أو المادة أن تدخل إليه أو تغادره. يكون حجم النظام البيئى وحدوده محددين، فمثلا يمكن أن يعتبر جوال حبوب أو صومعة أو مخزن نظامًا بيئيًا.

يصنف النظام البيئى الزراعى للحبوب بأنه نظام بيئى خاضع لسيطرة الإنسان، ومدعوم بالطاقة الشمسية، ويتميز النظام البيئى الزراعى بالخصائص الأربعة التالية:

1 - يستمد طاقة من الوقود الحفرى والإنسان والحيوان وتسهم الطاقة الشمسية فى إنتاجية النظام البيئى الزراعى.

2 - حدوث اختزال فى التنوع الحيوى الطبيعى للكائنات الحية بواسطة الإنسان بهدف زيادة إنتاج الغذاء مثل استخدام المبيدات فى مكافحة الأمراض والآفات وما يستتبعه من القضاء على الأعداء الحيوية، وإدخال عوامل المكافحة الحيوية للأنظمة البيئية.

3 - تكون النباتات والحيوانات خاضعة للانتخاب الصناعى بدلا من الانتخاب الطبيعى نتيجة لعمليات التهجين والانتخاب فى النبات والحيوان.

4 - تمتد يد الإنسان للسيطرة على النظام بعوامل خارجية، بدلا من التغذية الذاتية الداخلية للأنظمة البيئية الطبيعية.

يُعتبر الزراع مسئولون عن تخليق وتطبيع ثلاثة أنماط من الأنظمة البيئية الزراعية:

1 - الأنظمة البيئية الزراعية للمحاصيل الحقلية وهى التى توظف للحصول على غذاء الإنسان والحيوان من النباتات الخضراء.

2 - الأنظمة البيئية للحبوب المخزنة وهى التى توظف لحفظ المحصول الذى يتم حصاده بأقل قدر من الفقد فى الكم أو الجودة.

3 - الأنظمة البيئية للإنتاج الحيوانى وهى التى توظف لتحويل الطاقة المخزنة فى النبات إلى منتجات حيوانية توجه للاستهلاك الآدمى.

اعتمد الإنسان على بيانات سياسية واجتماعية - اقتصادية ليقرر متى، وكم، وأى من الأنماط من الأنظمة البيئية الزراعية يمكن إيجادها وكيف يمكن السيطرة عليها. واجه الإنسان تحدى اختزال التأثيرات الضارة الراجعة للظروف البيئية، وأخل بالتوازن الحيوى باستخدام وسائل تقضى على نباتات غير مرغوبة (الحشائش)، وكائنات حية دقيقة غير مرغوبة (الممرضات)، وكائنات حيوانية غير مرغوبة (الحشرات والقوارض). الهدف النهائى لكل ذلك هو تعظيم الإنتاج من الحبوب وجودتها فى النظام البيئى لمحاصيل الحقل ثم حفظ المنتج فى نظام بيئى لتخزن بأقل فقد فى الكم أو الجودة .

يتألف النظام البيئى للحبوب المخزنة من كائنات حية وعوامل بيئية غير حية، **وفيما يلى وصف سريع للمكونات الرئيسية للنظام البيئى.**

1 - المنتج المخزن The stored product

المكون الرئيسى للنظام البيئى، وهو ما نرغب فى الحفاظ عليه ونقلل من تأثير أى عوامل يمكن أن تقلل جودته. الحبوب المخزنة كائنات حية فى حالة سكون، وبذلك فهى فى حد ذاتها تبقى لفترة طويلة دون أن يطرأ عليها تغير يذكر ما لم تتعرض لظروف غير مواتية، رغم أن الحبوب الميتة تفقد قيمتها الغذائية سريعًا. تبقى الحبوب حية وساكنة طالما كانت جافة، ويؤدى ارتفاع الرطوبة إلى نشاط الفطريات عليها، بينما يؤدى ارتفاع الرطوبة بدرجة أكبر إلى جعلها تبدأ فى الإنبات.

2 - بنية التخزين The storage structure

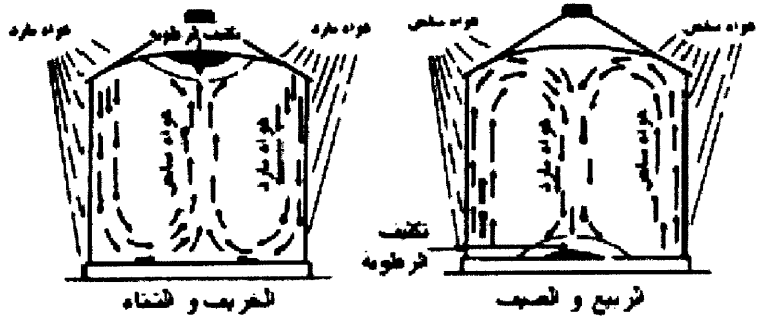
هى المكون الذى يضم عناصر النظام البيئى، يعتبر موقع بنية التخزين والمادة التى يتكون منها وطريقة التصميم على درجة كبيرة من الأهمية فى تحديد مدى قدرة العوامل الخارجية (حية وغير حية) على التأثير على النظام البيئى للحبوب.

3 - الرطوبة Humidity

يعبر عن عنصر الرطوبة فى النظام البيئى للحبوب بعنصرين هما الرطوبة النسبية للوسط والمحتوى الرطوبى للحبوب، وهناك توازن بينهما. يعتبر عنصر الرطوبة هو المؤثر الرئيسى على نشاط الفطريات على الحبوب، ويبدأ نشاطها عند رطوبة نسبية 65٪ وهى تتوازن مع محتوى رطوبى 13٪ فى حبوب الغلال. تحدث تباينات فى المحتوى الرطوبى للحبوب التى تخزن بنظام التخزين المكشوف أو الصوامع المفتوحة تبعا لتغيرات الرطوبة النسبية فى الجو، أما فى الصوامع المغلقة فتحدث هجرة للرطوبة من المناطق الدافئة إلى المناطق الباردة.

4 - الحرارة Temperature

تعرف درجة حرارة الحبوب عند الحصاد بأنها درجة الحرارة الابتدائية، وهى قد تتساوى مع درجة حرارة الجو إلا أنها عادة تزيد عن درجة حرارة الجو بحوالى 7 س°، ويرجع ذلك إلى استمرار حدوث عمليات حيوية فى الحبوب. وقد وجد عند حصاد شعير فى يوم مشمس كانت قيمة درجة حرارة الجو 23 م° بينما كانت درجة حرارة الحبوب 30 س°. وإذا لم تخفض هذه الحرارة فإن ذلك سيؤدى حتما إلى حدوث معدلات سريعة من التنفس ومن ثم حدوث التدهور. ورغم أن التغيرات اليومية فى درجات الحرارة الجوية تؤثر على درجات الحرارة داخل الصوامع لعمق 15سم فقط من جدار الصومعة فإن ذلك قد يمثل ارتفاعًا كبيرًا عن درجة حرارة الجو. فعند قياس درجة حرارة الجدار الملامس للحبوب بعد ظهر يوم شمس كانت فيه درجة حرارة الجو 28س° وجد أنها 56 س° فى صومعة من Black butyl rubber و39 س° فى صومعة من رقائق الخشب مدهونة باللون الأحمر و37س° فى صومعة من الصلب المجلفن. والتغيرات الموسمية فى درجات حرارة الجو تسبب نظامًا دوريًا لاختلاف درجة الحرارة خلال الحبوب داخل الصومعة. فخلال الشتاء والخريف تصبح الحبوب الملاصقة لجدار الصومعة باردة، بينما تبقى الحبوب الموجودة فى مركز الصومعة دافئة، فتتجه تيارات الهواء البارد فى المحيط الخارجى للصومعة إلى أسفل، بينما يصعد الهواء الدافئ إلى أعلى عند مركز الصومعة حاملا معه بخار الماء ليتكثف عند قمة سطح الحبوب فى مركز الصومعة، فيرتفع المحتوى الرطوبى للحبوب، ومن ثم تتكون بقعة ساخنة نتيجة لزيادة نشاط الكائنات الحية. وعكس ذلك يحدث صيفًا، حيث نجد أن مركز الصومعة عند القاعدة يبقى باردًا، فى حين تمر تيارات الهواء الساخن فى المحيط الخارجى للصومعة إلى أعلى، بينما تمر تيارات الهواء البارد عند مركز الصومعة إلى أسفل، حاملة معها بخار الماء ليتكثف عند أدنى منطقة من مركز الصومعة، فترتفع رطوبة الحبوب وتتكون بقعة ساخنة شكل (2 – 1).



شكل (2-1) حركة التيارات الهوائية داخل صومعة كبيرة الحجم، صيفاً وشتاءً

يكون تأثير الحرارة المباشر على الحبوب ضئيلا بينما يكون تأثيرها كبيرا على مدى نشاط الكائنات الفطريات والحشرات ومن ثم تأثيرها على جودة المنتج المخزن. تتأثر درجة حرارة الحبوب بقلة درجة حرارة الجو الخارجى، نظرا لأنها رديئة التوصيل للحرارة. بناء على ذلك فإن التغير فى درجة حرارة الحبوب ينحصر فى التقلبات الفصلية ويكون واضحا فى حالة الصوامع الصغيرة والتخزين المفتوح المعرض لأشعة الشمس.

5 - تركيب الوسط الغازى المحيط Atmospheric composition

يكون الهواء حوالى 50٪ من حجم بنية التخزين، كفراغات بين الحبوب وفراغ أعلى الحبوب، أى بين الحبوب والسطح العلوى للصومعة. يحتوى هواء بنية التخزين على حوالى 21٪ أكسجين، و0.03٪ ثانى أكسيد الكربون إذا كان الاتصال بينه وبين الوسط الخارجى حرًا. أما إذا كان نظام التخزين مغلقًا بحيث يعوق أو يحد من التبادل الغازى بين كتلة الحبوب والوسط الخارجى فإن نسبة الأكسجين ستقل ونسبة ثانى أكسيد الكربون سترتفع نتيجة لتنفس الحبوب والكائنات الحية الدقيقة، وربما يؤدى هذا التغير إلى الحد من نشاط الفطريات والحشرات.

6 - الحشرات Insects

يبلغ عدد أنواع الحشرات (خنافس وفـراشات) التى يمكن أن تعيش فى النظام البيئى للحبوب حوالى 250 نوعًا، منها ستة رئيسية، وهى تتميز بصغر الحجم ومن ثم القدرة على تخلل الفراغـات بين الحبوب. يستطيع البعض من هذه الحشرات مهاجمة الحبوب فى الحقل وبذلك تدخل ضمن مكونات النظام البيـئى من بدايته. تعتـبر الحشرات مـن العوامل الرئيسيـة المكونة للنظام وهى مسئولة عن حـدوث فقد فى وزن وجودة الحبوب، كمـا أنها تطلق بخار الماء وثانى أكسيد الكربون والحرارة.

7 - الكائنات الحية الدقيقة Micro-organisms

وهى تتضمن الفطريات والبكتيريا والخمـائر والأكتينوميسيات، والأنواع التابعة لهـا والمصاحبة للحبـوب منتشرة فى جميع أنحـاء العالم، لكنها تكون غير نشطة إذا ما كانت الرطوبة النسبيـة عند الحد الآمن لتخزين الحبوب. تتأثر الكائنات الدقيقة بالمكون غير الحى من النظام البيئى، إذ تبدأ الفطريات نشاطها على الحبوب بمجرد تجاوز الرطوبة النسبيـة للحد الذى يسمح بنشاط أنواعها، ويزداد النشـاط بارتفاع الرطوبـة، بينما ينشط باقى أنـواع البكتيـريا والخمـائر والأكتـينوميـسيـتات عند رطوبة نسـبيـة تزيد عن 90٪، ويحدث نـشاط هذه الكائنات فى نطاق حرارى 5 – 45° س. كما أنهـا تتأثر أيضا بالمكون الحى فى النظام البيـئى، خاصة الإصابـة بالحشرات والأكاروسـات، إذ أن ارتفاع نسب هذه الإصابـات يزيد من نشاط الفطريات. تؤثر الكائنـات الدقيقـة فى النظام البيئى بإطلاق حرارة وثانى أكسيد كربون وماء ونواتج تمثيل قد تكون سامة.

8 - المواد الغريبة Foreign matter

يصاحب الحبوب المخزنـة متبقيات نباتية وبذور حشـائش ونباتات غريبة وأتربة، وهى تؤثر فى النظام البيئى بطرق مختلفة، فهى ماصة للرطوبة بسرعة

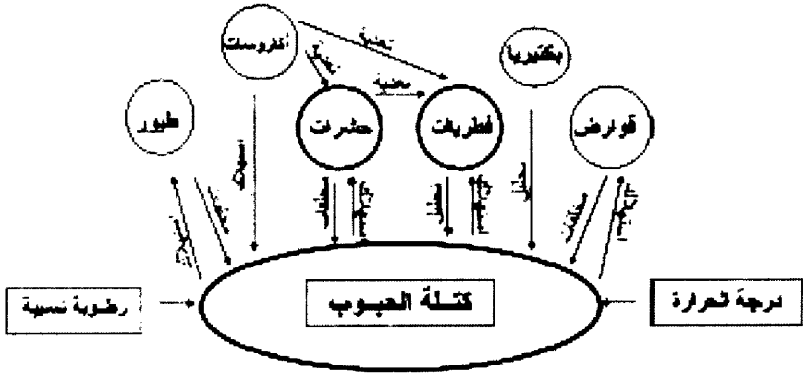
أكبر من الحبوب ذاتها، وبذلك يمكن أن تكون مصدراً لبدء نشاط الفطريات، وكذا الحشرات التى لا تصيب الحبوب السليمة. تعوق هذه المواد إجراءات حماية الحبوب من التدهور مثل التهوية والتبريد والتجفيف والتدخين، إذ أن وجودها يؤدى إلى سد الفراغات بين الحبوب.

تصنف الكائنات الحية للنظام البيئى إلى كائنات منتجة تتمثل فى الحبوب نفسها، أما المستهلكات فتتضمن القوارض والطيور والحشرات والأكاروسات، وتتضمن المحللات من الكائنات الدقيقة وأهمها الفطريات والبكتيريا. يؤثر على هذه المجموعة مع العوامل الحية عوامل غير حية وأهمها عنصر الجو. ولما كان الهدف الرئيسى لتخزين الحبوب هو أن يستعين بها الإنسان لاستهلاكه المستقبلى، فإن الكائنات المستهلكة والمحللة وما يتضافر معهما من عوامل غير حيه يعملون على حدوث فاقد فيما يدخره الإنسان من غذاء أو على تقليل قيمته الغذائية.

النظام البيئى كمدخل للحفاظ على جودة الحبوب

تحمى الحبوب نفسها ذاتيا بأن يكون لها طور سكون يمنع إنباتها قبل النضج كما أن غلاف الحبة يمتلك قدرات تمكنه من مقاومة غزو الفطريات ومهاجمة الحشرات وحدوث الأضرار الميكانيكية. يمكن أن تكون أنظمة الحصاد والتداول والتخزين داعمة لأنظمة الحماية فى الحبوب وليست مدمرة لها، فمثلا لا يحدث الضرر الميكانيكى إلا عند استخدام آلات الحصاد، ولا يحدث قتل للجنين إلا إذا عوملت الحبوب بكيماويات ضارة. يُراعى عند تصميم المخازن أن تضمن منع أو الحد من نشاط المستهلكات والمحللات. يخفض المحتوى الرطوبى إلى الحد الذى يمنع أو يحد من نشاط الفطريات والكائنات الدقيقة الأخرى. تخفض درجات الحرارة لتقليل حدوث التدهور ونشاط الحشرات والأكاروسات. يمكن تقليل نسبة الأكسجين وزيادة نسبة

ثانى أكسيد الكربون، جو هوائى معدل فيقل نشاط الحشرات والكائنات المحللة الهوائية، ويكون ذلك فى التخزين تحت الأرضى.



شكل (2- 2) العوامل الحيوية وغير الحيوية التى تؤثر على تخزين الحبوب

إضافةً إلى ما سبق، فهناك عنصر آخر هام من عناصر السيطرة وهو أن تكون أماكن التخزين بعيدة عن الأماكن المفضلة لمعيشة القوارض.

تكون السيطرة على النظام البيئى للحبوب معقدة لأن المخططين لها يثقون فى خبراتهم الشخصية التى اكتسبوها من خلال عملهم فى هذا المجال ويعتمدون عليها. يعتمد أيضا نجاح السيطرة على جودة الحبوب من خلال النظام البيئى على متابعة مستمرة لمعلومات عن الطقس واحتمالات الإصابة بآفة واحتياجات السوق والسعر، لأن كل معلومة من هذه المعلومات يمكن أن تؤثر على مكون من مكونات النظام البيئى .كما يجب توفر الإمكانيات التى تتيح اتخاذ الإجراء المناسب فى الوقت المناسب. والمخطط للحفاظ على الحبوب عليه أن يوازن بين متغيرات مختلفة وصولا إلى تعظيم الفائدة فى ظل ظروف بيئية آمنة.

يمكن تطبيق المعلومات الخاصة بالنظام البيئى فى التنبؤ بحدوث التدهور فى الحبوب وفى العوامل التى يمكن أن تؤدى إلى تكوين التوكسينات الفطرية، والعوامل التى تؤدى إلى تزايد تعداد الحشرات . عند توقع حدوث أى من المشكلات السابقة يمكن السيطرة عليها أيضا بناءً على المعلومات الخاصة بالنظام البيئى وذلك بطرق مباشرة مثل التهوية أو التجفيف أو المعاملة بالمدخنات، أو بطريقة غير مباشرة بتعديل نظام التسويق.

تعقد النظام البيئى للحبوب

يعتبر النظام البيئى للحبوب المخزنة معقداً بدرجة كبيرة عن الأنظمة البيئية الأخرى ويرجع ذلك إلى:

1 - تنوع وقدرات الكائنات الحية فى النظام البيئى للحبوب

لماذا تكون آفات الحبوب المخزنة ناجحة؟ ولماذا نفشل نحن فى استئصالها؟ الإجابة على هذين السؤالين تتعلق بتنوع الأنماط الوراثية لأنواع الآفات المختلفة، وقدرتها العالية على التكاثر، وتعدد وتنوع مصادرها أو مصادر التلوث بها، والقدرة على التكيف مع الظروف البيئية، وتؤدى تجارة الحبوب بين الأجزاء المختلفة من العالم إلى انتشار عشائرها من مكان لآخر. إضافة إلى ما سبق فإن هذه الكائنات ليس لها تخصص على نوع الغذاء الذى تعتمد عليه مما يزيد فرصة انتشارها ويقلل فرصة استئصالها. من الأمثلة على ذلك أن خنافس الدقيق الحمراء (*Tribulium. castanium*) التى تعيش على الحبوب المخزونة، ويمكنها أيضا أن تعيش بالتغذية على بعض فطريات التربة مثل أنواع *Alternaria* و*Nigrospora*، وبالتالى فهى يمكنها الاستمرار فى المعيشة حتى ولو لم يتوفر لها الحبوب. تتميز الآفات المختلفة التى تهاجم الحبوب المخزنة أنها تعيش فى ظروف بيئية شديدة التباين، فمثلا تنمو الأنواع المختلفة من الفطريات المسببة للتدهور فى طيف واسع من درجات الحرارة

يمتد من5 إلى 45س، وتستطيع خنفساء الحبوب الحمراء أن تعيش فى كل من المناطق المعتلة الحرارة والمناطق الحارة الرطبة.

2 - الطاقة الحيوية فى النظام البيئى للحبوب

عادة ما يتضمن أى نظام بيئى شبكة معقدة من انسياب الطاقة تعرف بالشبكة العنكبوتية للطاقة. تنساب الطاقة من الشمس إلى المنتج (النبات الأخضر والحبوب)، ومنه للمستهلكات الرئيسية(مثل القوارض والحشرات)، ومنها للمستهلكات الثانوية (الكائنات الحيوانية التى تتغذى على كائنات حيوانية أخرى مثل الدبابير التى تتغذى على يرقات الحشرات)، وتنتقل إلى الكائنات المحللة (الفطريات والبكتيريا التى تنمو على الحبوب والأجسام الميتة والكائنات المستهلكة). تلك العلاقات فى السلسلة الغذائية يطلق عليها مستويات التغذية. يمكن لكائن واحد أن يقوم بأدوار مختلفة فى النظام البيئى، مثال ذلك أنواع فطريات المخزن *Aspergillus* و*Penicillium* فهى تقوم باستهلاك الحبوب وتحللها أيضا . وتقوم بعض أنواع الحشرات والأكاروسات باستهلاك كل من الحبوب والفطريات، وبعض الأكاروسات تفترس أكاروسات أخرى. بذلك فإن انسياب الطاقة خلال النظام البيئى للحبوب، أى انتقال طاقة الغذاء خلال السلسلة الغذائية من بذور النبات خلال الشبكة العنكبوتية للغذاء إلى مستويات أعلى، يؤكد أسس الديناميكية الحرارية Thermodynamic principles.

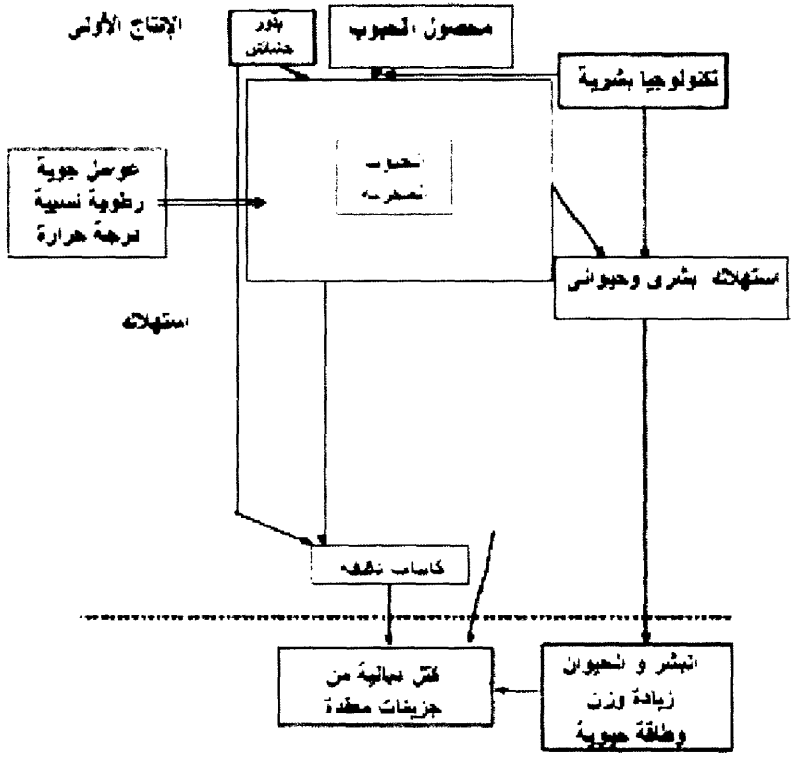
القانون الأول فى الديناميكية الحرارية هو قانون انسياب الطاقة، أى أن الطاقة لا تخلق ولا تفنى، ولكنها يمكن أن تنتقل من واحد لآخر طالما كانت الحبوب تستهلك أو تحلل. القانون الثانى فى الديناميكية الحرارية أن الطاقة تنحل وتتوزع، فعند استهلاك حبوب بواسطة حشرة أو أكاروس أو فأر فإن جزءًا من الطاقة الغذائية يمثل لتكوين كتلة أجسامها، والباقى يتبدد بعملية الإخراج وانطلاق ثانى أكسيد الكربون والماء والحرارة. قدرت الطاقة المستهلكة

طوال فترة الحياة لحشرات المواد المخزنة عند درجة حرارة 30 ْ س ورطوبة نسبية 70٪ فكانت 340 جول لخنفساء الحبوب الصدئية على القمح، 340 جول لسوسة الأرز، 340 جول لثاقبة الحبوب الصغرى، 660 جول لفراشة الذرة الهندية، 1540جول لسوسة الحبوب، و4460جول لثاقبة الحبوب الكبرى على الذرة. بفرض احتساب كمية الغذاء الذى يمضغ ولا يهضم بواسطة الحشرة تزداد الطاقة المستهلكة إلى 2370 جول فى ثاقبة الحبوب الصغرى، و21830 جول فى ثاقبة الحبوب الكبرى(White 1995).

تتباين الكفاءة التمثيلية (الطاقة الممثلة/ الطاقة المستهلكة × 100) لآفات المواد المخزنة، فهى90٪ فى خنفساء حبوب المنشارية، و80٪ فى سوسة الأرز، و75٪ فى سوسة الحبوب، و70٪ فى الطور الكامل لأكاروس Tyrophagus putrescentiae، و65٪ فى خنفساء الحبوب الصدئية، و30٪ فى ثاقبة الحبوب الصغرى (White 1995). وتزداد الطاقة المستهلكة بواسطة الآفة بزيادة درجة الحرارة، والرطوبة النسبية وكذا بزيادة نسبة الحبوب المضارة.

يكون معدل إنتاج الحرارة المنطلقة من تنفس الطور اليرقى لآفات المواد المخزنة أقل من تلك المنطلقة من تنفس الحشرة الكاملة، ويزيد معدل إنتاج الحرارة المنطلقة من التنفس فى الحشرة الكاملة بزيادة العمر حتى أربعة أسابيع ثم يقل. ويتباين معدل إنتاج الحرارة المنطلقة للحشرة الواحدة باختلاف كثافة العشيرة، فهو يبلغ أقصاه فى القمح عند وجود 1250حشرة/ 100جرام، ويقل فى كثافات العشائر الأعلى أو الأقل (Cofie-Agblor et al. 1996).

تكون الحرارة المنطلقة من حبوب مخزنة لمدة 21 يوم على 30 ْس ومصحوبة بالفطريات 6 جول/ كيلوجرام إذا كان محتواها الرطوبى 17٪، بينما تصل إلى 34 جول/ كيلوجرام إذا كان محتواها الرطوبى 21٪. أما بالنسبة لكمية الطاقة المستهلكة من الحبوب لتتحول إلى كتلة حية فى الفطريات فهى غير معروفة.



شكل (2- 3) انسياب الطاقة فى النظام البيئى للحبوب

الفصل الثانى
الكائنات الحية الدقيقة
المصاحبة للحبوب والبذور

أولا: الفطريات

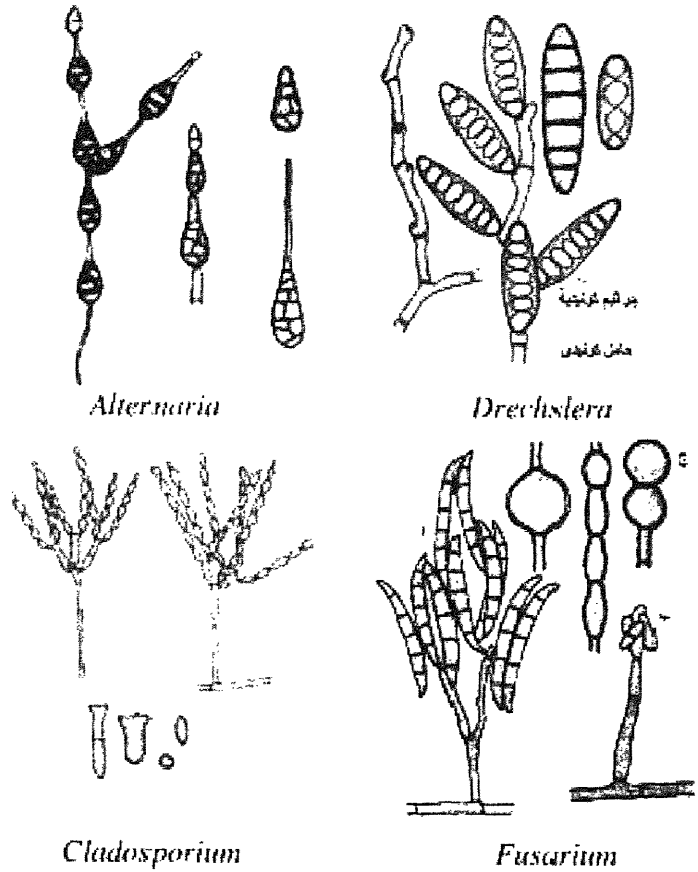
صنف Christensen(1957) الفطريات المصاحبة للحبوب المخزنة إلى نمطين أطلق على الأول فطريات الحقل وأطلق على الثانى فطريات المخزن Storage Fungi .

فطريات الحقل Field Fungi

تتضمن الفطريات التى تغزو الحبوب أو البذور وهى مازالت على النبات فى مراحل النضج المختلفة، ولكنها لا تحدث الغزو بعد الحصاد. بعض فطريات الحقل من ممرضات النبات التى قد تكون هاجمت النبات أثناء فترة نموه الخضرى، والبعض الآخر من الرميات. تنتمى أهم أنواع الفطريات الممرضة ,, *Alternaria, Drechslera , Curvularia , Fusarium , Veticillium* ؛ بينما تنتمى أهم أنواع الرميات لأجناس *Phoma , Epicoccum , Negrospora , Tricothecium, Cladosporium* . يزداد تواجد فطريات الحقل فى الحبوب والبذور فى حالات تعرض المحصول أثناء النمو للأمطار أو البرد أو الإصابة بالحشرات أو مهاجمة الطيور.

يتطلب نشاط هذه الفطريات محتوى رطوبى للحبوب أو البذور بما يوازى رطوبة نسبية 90٪ (منسوبا للوزن الرطب) حتى تستمر فى نموها. أى

أنها تستطيع ممارسة نشـاطها إذا بلغ المحتوى الرطوبى 24 - 25٪ فى الحبوب النشوية كـالقمح والشـعير والذرة. وعلى ذلك فـإنها لا تستـطيع أن تنمو أو تمارس أى نشاط إذا ما خزنت الحبوب أو البذور عند مستويات الرطوبة المناسبة للتخزين وهى تقل كـثيرا عن الحد السابق ذكـره. ولا تستطيع هذه الفطريات إعادة غزو الحبوب أو البذور فى المخزن إلا إذا رطبت مرة أخرى بسبب سقوط أمطار مثلا.



شكل (2- 4) أهم أجناس فطريات الحقل

تؤثر فطريات الحقل على مظهر وجودة الحبوب والبذور وتؤدى إلى قتل جنين البذرة وتلونه بلون داكن، بالإضافة إلى أن الأنواع الممرضة منها يمكن أن تكون لقاحا يحدث الإصابة فى النباتات عند الزراعة إذا ما استخدمت الحبوب أو البذور كتقاوى. أجريت دراسة حول تأثير العوامل الجوية على نسبة إصابة حبوب الذرة الرفيعة بفطريات الحقل، فقد درس تأثير تكرار حدوث المطر وكمية المطر وعدد الأيام المتتابعة التى يسقط فيها المطر، وكذا دراسة تأثير الرطوبة النسبية على إصابة الحبوب بالفطريات. ومن المثير للدهشة أن معامل الارتباط بين عوامل المطر وحدوث الإصابة بالفطريات كان ضئيلا للغاية، بينما توجد علاقة معنوية بين الرطوبة النسبية وحدوث الإصابة بالفطريات لتبلغ نسبة الإصابة أقصاها عند بلوغ الرطوبة النسبية لحدها الأقصى. كما درست العلاقة بين طور النضج وفترة ابتلال قناديل الذرة الرفيعة ونسبة حدوث الإصابة بالفطريات، ووجد أن حدوث الإصابة خلال طور النضج اللبنى يتطلب فترة ابتلال أطول (72ساعة) ليحقق أعلى إصابة عما يلزم فى طور النضج العجينى اللين وطور النضج الصلب، ففى الأطوار الأخيرة تحدث الإصابة بكل من *Phoma sorghina, Fusarium moniliforme* ربما بدون فترة ابتلال.

تعتبر أنواع الجنس *Alternaria* هى فطريات الحقل الرئيسية التى توجد فى الحبوب والبذور. فقد وجدت بنسب عالية فى الغالبية العظمى من عينات القمح الحديثة الحصاد، وتصل نسبتها فى الحبوب الحديثة الحصاد حوالى 90٪ ولكنها تموت تدريجيًا تحت ظروف التخزين المعتادة فتقل هذه النسبة بطول فترة التخزين. يدل وجود هذا الفطر بنسب عالية فى الحبوب على أنها حديثة الحصاد.

فطريات المخزن Storage fungi

يطلق عليها أيضا Storage moulds، تتضمن فطريات محبة للجفاف وبالتالى فهى قادرة على النمو دون وجود ماء حر، تبدأ أنواعها فى النمو عند رطوبة نسبية 65٪ وبالتالى فإنها تستطيع أن تنمو على المواد المخزنة. لا تحدث هذه الفطريات الإصابة فى الحقل بدرجة تذكر. وقد تركت نباتات قمح بعد نضجها دون حصاد لفترة من الزمن ووجد أن ذلك لا يؤدى إلى زيادة نسبة الحبوب المصابة بفطريات المخزن كما وجد فى دراسة أخرى أن تعرض النباتات لسقوط المطر بعد تمام نضجها وتركها قائمة فى الحقل لم يؤدى إلى زيادة نسبة الحبوب المصابة بفطريات المخزن، تكون جراثيم فطريات المخزن ملوثة لسطح الحبوب والبذور وقد تكون محمولة بالعصافات والبقايا النباتية والحشرات والأكاروسات والطيور والقوارض وتقوم بغزو الحبوب والبذور بعد الحصاد وأثناء التخزين. أغلب أنواعها يستطيع إحداث الإصابة فى الحبوب أو البذور بالاختراق المباشر، وتساعد الأضرار الميكانيكية والثقوب التى تحدثها الحشرات والخدوش التى تحدثها الأكاروسات على حدوث الإصابة. وتمارس هذه الفطريات نشاطها فى الحبوب والبذور عند محتوى رطوبى يتزن مع رطوبة نسبية 67 - 90٪. تنتمى أنواع فطريات المخزن بصفة أساسية للجنسين *Aspergillus , Penicillium* .

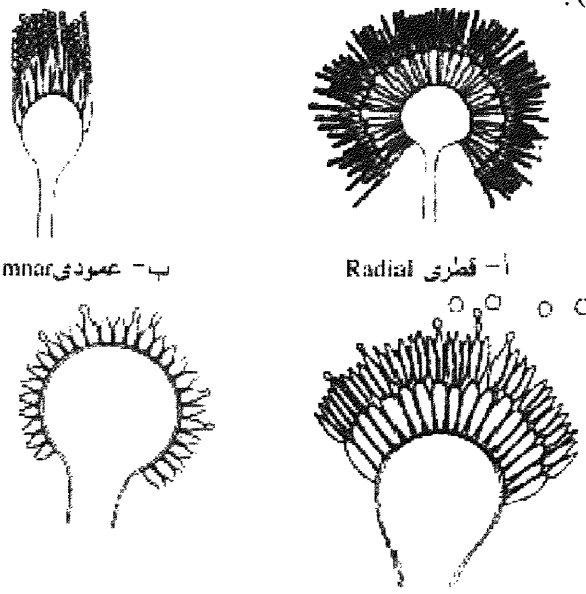
وهناك أنواع أخرى من فطريات المخزن يمكن أن تحدث نشاطًا محدودًا أثناء التخزين وهى تتبع أجناس *Rhizopus*، *Mucor*، *Absidia*، *Chaetomium* .

أهم أنواع فطريات المخزن المصاحبة للحبوب

جنس *Aspergillus*

أحد الأجناس الكبيرة من الفطريات، ويتبعه حوالى 185 نوعًا. ميسيليوم الفطر مقسم، شفاف، تنشأ عليه الحوامل الكونيدية من خلية خاصة

تعرف بخلية القدم Foot cell. يتباين طول وملمس ولون الحامل تبعا للنوع، ينتهى الحامل بانتفاخ Vesicle ويختلف شكل وقطر الانتفاخ تبعًا للنوع. قد يغطى الانتفاخ كليا بالنتوءات القارورية، وتعرف الرأس الكونيدية فى هذه الحالة بأنها شعاعية Radiate conidial head، وقد تحمل النتوءات القارورية على الجزء العلوى فقط من الحويصلة، وتعرف الرأس الكونيدية فى هذه الحالة بأنها عمودية Columnar conidial head. تحمل النتوءات القارورية phialides على الحويصلة فى صف واحد uniseriat، وقد تكون فى صفين biseriate وفى هذه الحالة تتكون النتوءات القارورية على طبقة تعلو الحويصلة يطلق عليها metula أو prophialide. تحمل النتوءات القارورية كونيديات فى سلاسل، غالبا ما تكون كروية وبقطر حوالى 2.5 ميكرون. (ملحق الصور، صورة 1).



أ- قطرى Radial

ب- عمودى Columnar

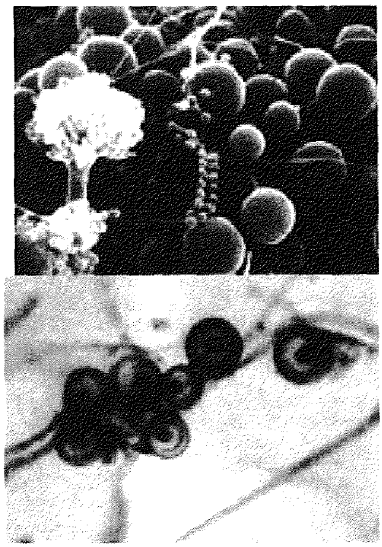
ج- النتوءات فى طبقتين Biseriate

د- النتوءات فى طبقة واحدة Uniseriate

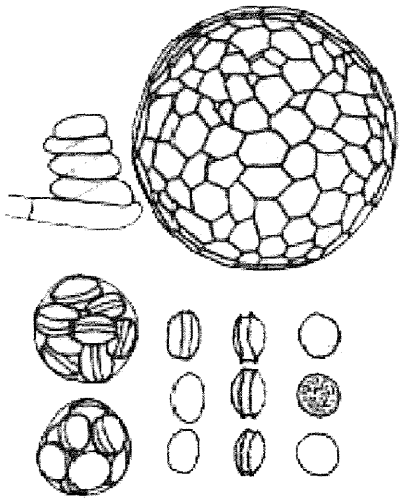
شكل(2 5) طرق حمل الكونيدات فى الرؤوس الكونيدية

لأنواع الجنس *Aspergillus*

قـد تكون بعض الأنـواع تراكـيب أخـرى وهى الأجـسـام الحـجـرية Sclerotia، أو Aleuriconidium وهى عـبارة عن نوع من الكونيـديات تتكون نتيجة لتحلل الخـلايا الداعمة لها، وتبدو قاعدة الجرثومة مبـتورة وعليها بقايا الخليـة الداعمـة لها. يحـدث التكاثر الجنسى فى بعض الأنواع وتتكون ثمـار أسكية مقفلة Cleistothecia، وفى بعض الأنواع التى يحدث بها تكاثر جنسى تتكون خلايا كبيرة عقيمة تعرف بخلايا هولى Hülle cells، تماثل فى حجمها الثـمرة الأسكيـة تقـريبًا، ويـبدو أن هذه الخـلايا لهـا دور فى تكوين الطور الجنسى، ويعتبر وجودها إحدى الصفـات التى يعتمد عليها فى تصنيف بعض الأنواع.



شـكل (2-6) خلايـا هـولى، صـورة لمنظر سطحى إلى أعلى، و صـورة لمقطع إلى أسفل يوضح حجم النواة



شكل (2-7) ثمرة أسكية Cleistothecium وأكياس أسكية و جراثيم أسكية لجنس *Emericella*

قد يـكون معـدل نمو بعض الأنواع فى بيئـة كزابك دوكس بطيـئًا مـثل *Aspergillus nidulans* و*A.restrictus* أو سريعًا إلى متوسط السرعة مثل غالبية

الأنواع الأخرى، ويفيد هذا التباين فى تعريف الأنواع. يكون قوام سطح النمو زغبيًا أو مسحوقيًا، ويعتمد لونه على النوع. إفرازات الفطر فى البيئة قد تكون غير ملونة أو صفراء غالبًا لكنها قد تكون زيتونية، أو قرمزية أو برتقالية.

تنتشر أنواعه فى مختلف البيئات وتحمل جراثيمه الدقيقة بواسطة الهواء فى كل مكان من العالم. توجد أنواع *Aspergillus* بكثرة فى التربة ويقوم بتحليل المواد العضوية. يتضمن عديد من الأنواع القادرة على النمو فى البيئات الجافة وبالتالى تسبب تدهور الحبوب المخزنة، تتباين الأنواع التابعة له فى مدى الرطوبة التى تمارس نشاطها عنده، وفى درجة الحرارة المناسبة لها، وفى قدرتها على إحداث التدهور، كما أن بعضها له قدرة على إنتاج توكسينات ضارة بصحة الإنسان والحيوان، أهم هذه الأنواع *A. restrictus, A. glaucus , A. candidus, A. ochraceus , A. repens, , A terreus A.flavus و A. fumigatus , A.chevali*

وفيما يلى خصائص أهم الأنواع:

1 - *Aspergillus candidus Link*

الرؤوس الكونيدية شعاعية rdaiate، تتكون النتوءات على الحويصلة فى طبقة واحدة uniseriate وأحيانًا فى طبقتين biseriate. مستعمرات الفطر على بيئة أجار كزابك دوكس Czapek dox، لونها أبيض أو أبيض مائل للاصفرار، ولا يوجد لها إفرازات بالآجار، أو قد تتكون إفرازات صفراء إلى بنية باهتة .

الحوامل الكونيدية جدرها ملساء، شفافة، طولها 350 - 800 ميكرون. الحويصلات كروية إلى شبه كروية أو كمثرية، شفافة، قطرها 21 - 28 ميكرون. حمل الكونيديات يكون ثنائى التشعب biseriate غالبا وقد تكون أحادية التشعب uniseriate . الكونيديات ذات جدر ملساء، شفافة، كروية إلى شبه كروية قطرها 2.5 - 3.5 ميكرون.

يظهـر الفطر فى رطوبة نسبـية حـوالى 75٪، وهو من فطريات المخزن الرئيـسيـة . يسبب تلـون الحبـوب بلون داكن بينمـا يتحـول لون الجنين إلى الأسود. يدل وجوده علـى أن التدهور يحدث بمعدلات عاليـة. يؤدى نشاطه إلى حـدوث سخـونة ويمكن أن تصـل درجة الحـرارة إلى 54° س وعند ذلك يحدث فساد وفقد كامل للحبـوب. تعتبر الزيادة فى تعداده من عينة إلى عينة تالية بمثابة إنذار، وإذا لم تكن السخونة قد بدأت فإنها ستبدأ فورا.

2-*Aspergillus glaucus* (L.) Link (1809) Anamorphic *Emericella*

الرؤوس الكونيدية شعاعـية أو عمودية سائبة، تحمل الحـويصلات طبقة واحدة من النتـوءات القارورية uniseriate، بعض العزلات تكون فـيها الرأس عارية من النتوءات وتخرج علـيها حوامل كونيدية ثانوية. مسـتعمرات الفطر على بيـئة أجار كـزابك دوكس Czapek dox، لونهـا أخضر مـائل للبنى أو للاصفرار،أو أخضر داكن، سطحهـا دقيقى أو وبرى، ولا يوجد لها إفرازات بالآجار، أو قـد تتكون إفرازات صـفراء إلى بنيـة باهتة . الحوامل الكـونيدية ذات جـدر ملساء، غـير ملونة، وقـد تكون بنيـة باهتة، طولهـا 200 – 350 ميكرون. الحويصلات كروية إلى شبه كروية أو كمثرية، شفافة، قطرها 15 × 30 مـيكرون. الكونيـديات، شفـافـة كـروية إلى بيضـيـة قطرها 3.5 – 6.5 ميكرون، مسننة تسنينًا دقيـقًا. يكون الفطر ثمارًا أسكية كروية Cleistothecia لونها أصفر، وجدرها رقـيقة، كروية الشكل بقطر 75 – 125 ميكرون، عادة ما تكون مغطاة بالهيفـات. الأكياس الأسكية تحوى 8 جراثيم أسكية شفافة، جـدرها ملساء أو خـشنة قليـلاً، عادةً مـا تكون ذات أخـدود عند المسـتوى الاستوائى، أبعادها 6 – 5.5 - 3.5-7 ميكرون.

ينمو الفطر بنشاط عند رطوبة نسبية 70 - 75 ٪. يتسبب غزوه للحبوب فى قتل وتلون الأجنة، كما يسبب انبعاث رائحة عفنة، ويمكن أن تتلاصق الحبوب ببعضها ويرى الفطر عليها بالعين المجردة. عندما يمارس نشاطه بشدة يمكن أن يؤدى إلى سخونة الحبوب لتصل إلى 37° س، وبالتالى فهو غالبا ما يسبب تلف الحبوب إذا ما وجد بتعداد عالى من بدء التخزين.

3 - Aspergillus flavus Link (1809),Anamorphic *Emericella*

الرؤوس الكونيدية شعاعية rdaiate، ، ثم تصبح بعد ذلك سائبة عن بعضها البعض. تتكون النتوءات على الحويصلة فى طبقة واحدة أو طبقتين uniseriate or biseriate. مستعمرات الفطر على بيئة أجار كزابك دوكس Czapek dox مسطحة، سطحها محبب، عادةً يوجد بها أخاديد قطرية، لونها أصفر فى البداية، لكنه سرعان ما يتحول إلى أخضر مُصفر براق أو داكن. الحوامل الكونيدية شفافة، خشنة السطح وخاصة قرب الحويصلة، طولها 400 - 1000 ميكرون، تتسع فى نهايتها لتكوين حويصلة قطرها 30 - 35 ميكرون. النتوءات الأولية 10 - 15×3.5 ميكرون، والنتوءات الثانوية 7 - 10×2.5 ميكرون. الكونيديات كروية إلى تحت كروية، لونها أخضر باهت، يظهر عليها تسنين واضح قطرها 3.5 - 8 ميكرون. تكون بعض العزلات أجسامًا حجرية (ملحق الصور، صورة 3).

يمارس نشاطه عند رطوبة نسبية 80 - 85٪، يقتل الجنين ويسبب التلون والسخونة السريعة. يدل تواجده على أن التدهور حدث بالفعل بمعدلات عالية. يكون الأفلاتوكسينات فى وجود الظروف المناسبة لذلك. يجب تجفيف الحبوب ثم تبريدها فور اكتشاف وجود التوكسين.

4 - *Aspergillus fumigatus*

الرؤوس الكونيدية عمودية columnar، توجد النتوءات على الرأس فى طبقة واحدة uniseriate. مستعمرات الفطر على بيئة كزابك دوكس Czapek dox لونها أزرق مائل للاخضرار، يتحول إلى إردوازى - رمادى فى المستعمرات القديمة، السطح صوفى أو قطنى مُزغب ومُحمل بالكونيديات بكثافة عالية.

الحوامل الكونيدية قائمة، قوية، شفافة، جدرها ملساء، يصل طولها إلى 300 ميكرون. ينتهى الحامل بحويصلة تشبه القُبة، قطرها 20 - 30 ميكرون. يُغطى الجزء العلوى من الحويصلة نتوءات مندمجة الكونيديات، سطح الكونيديات أملس أو محبب بدقة، تميل للشكل الكروى، قطرها 2 - 3.5 ميكرون (ملحق الصور، صورة **8**).

5 - *Aspergillus nidulans (Emericella nidulans)*

الرؤوس الكونيدية عمودية قصيرة، تتكون النتوءات على الحويصلة فى طبقتين biseriate. مستعمرات الفطر على بيئة أجار كزابك دوكس Czapek dox مسطحة تمامًا، لونها أخضر، يظهر بها، بين أو أعلى الطبقة الكونيدية، ثمار أسكية كروية cleistothecia لونها أحمر داكن. يظهر بالآجار إفراز زيتونى أو رمادى قذر، أو بنى مائل للقرمزى.

الحوامل الكونيدية، ملساء، قصيرة (60 - 150 ميكرون)، لونها مائل للبنى. الحويصلات شبه كروية صغيرة، قطرها 8 - 12 ميكرون، يحمل على الجزء العلوى منها النتوءات الأولية metulae والنتوءات القارورية الثانوية phialides . الكونيديات كروية، سطحها خشن، قطرها 3 - 4 ميكرون. الثمار الأسكية بنية إلى سوداء، كروية الشكل، قطرها 100 - 125 ميكرون.

الجراثيم الأسكية لونها بنى مائل للاحمرار، عدسية الشكل، قطرها 4 - 5 ميكرون، يوجد عليها أخدودان عند المستوى الاستوائى. يكون خلايا هيولى Hülle cells (ملحق الصور، صورة 6).

6 - *Aspergillus ochraceus* G. Wilh. (1877), Anamorphic *Emericella ochraceus*

الرؤوس الكونيدية شعاعية، تتشعب لعدة أعمدة بالتقدم فى العمر، تحتوى الرؤوس الكونيدية على طبقتين من النتوءات biseriate، تغطى النتوءات الابتدائية الحويصلة بالكامل. يكون نمو مستعمرات الفطر على بيئة كزابك دوكس Czapek dox محدودًا، المستعمرات لونها برتقالى مائل للاصفرار بلون جلد البقر أو الماعز . يبلغ طول الحوامل الكونيدية 400 - 1000 ميكرون، لونها بنى باهت، ملساء أو خشنة. الحويصلات كروية، شفافة أو بنية باهتة، قطرها 20 - 35 ميكرون. الكونيديات كروية، جدرها ملساء أو مسننة تسنينًا دقيقًا، قطرها 2 - 3.5ميكرون. الأجسام الحجرية قرمزية إلى بنفسجية، غير منتظمة الشكل، قطرها يصل إلى 1 مليمتر. يمارس نشاطه عند محتوى رطوبى 78٪. يغزو الجنين ويسبب تلونه ويمكن أن يظهر نمو الفطر بالعين المجردة عند منطقة الجنين. ينتج الأوكراتوكسينات عند ملاءمة الظروف البيئية.

7 - *Aspergillus restrictus* G. Sm. (1931),Anamorphic *Emericella*

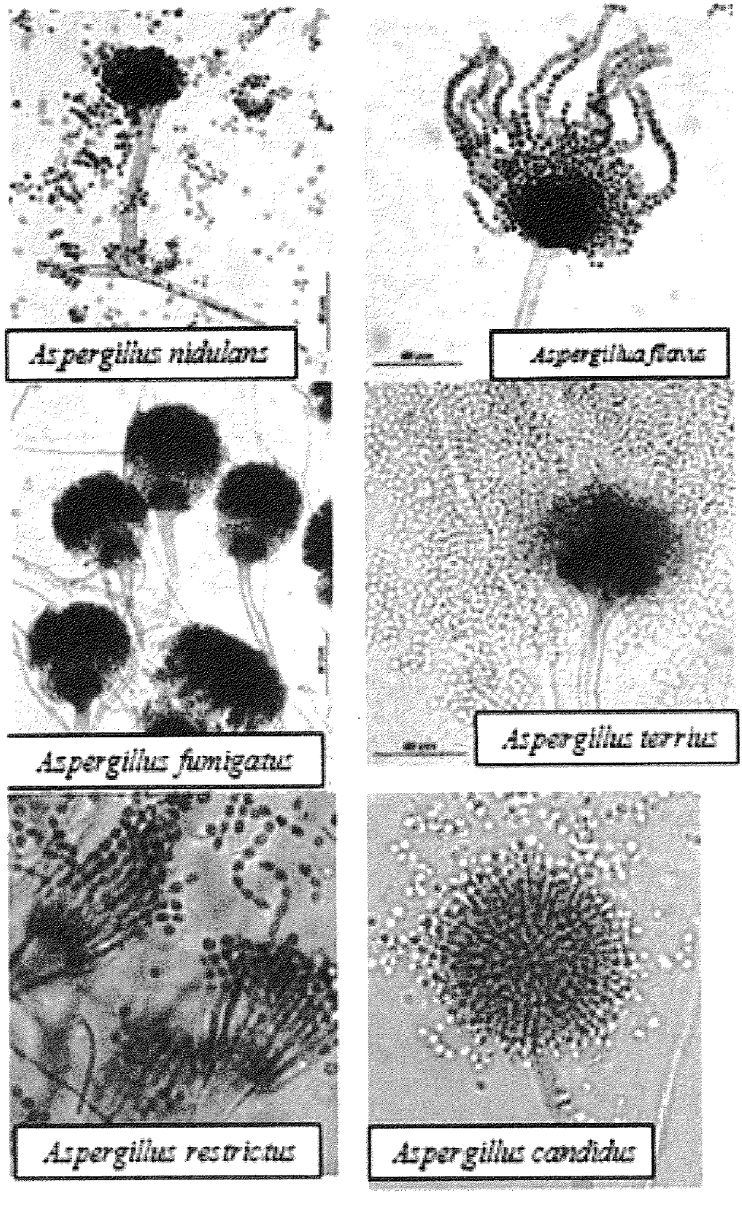
مستعمرات الفطر لونها أخضر داكن، الرؤوس الكونيدية عمودية Columnar، تتكون بقلة، النتوءات فى طبقة واحدة uniseriate تغطى معظم الحويصلة. يبلغ طول الحوامل الكونيدية 75 - 200 ميكرون، تكون متعرجة أحيانًا، جدرها ملساء، شفافة، تتسع بوضوح كلما اتجهنا لأعلى.

الحويصلات كمثرية الشكل، قطرها 8 -10 ميكرون. النتوءات القارورية تكون متزاحمة، يبلغ طولها 8 - 10 ميكرون. الكونيديات أسطوانية إلى برميلية الشكل طولها 4 - 6 ميكرون، سطحها خشن، تتكون فى سلاسل طويلة.

يعتبر هذا النوع أكثر أنواع الجنس *Aspergillus* قدرة على إحداث التدهور عند مستويات رطوبة منخفضة، إذ يبدأ فى نشاطه فى مهاجمة الحبوب والبذور عند رطوبة نسبية 65٪، أى عند محتوى رطوبى 13.5٪ فى حالة الحبوب النجيلية، وفى نطاق حرارى 5 - 37 ْس. يؤدى غزو الفطر للحبوب إلى قتل وتلون الجنين، وعادة ما يكون التلون باللون الأرجوانى المائل للسواد. يكون نموه بطيئًا إلى درجة لا يسبب معها ارتفاع محسوس فى درجة حرارة الحبوب، بينما يكون مسئولا عن انطلاق رائحة عفنة من الحبوب. يكون الفطر مصاحبًا بشدة لسوسة الأرز وسوسة الحبوب، وبالتالى فإن وجود أى منهما يدل على وجود نسبة إصابة عالية بهذا الفطر.

8 - *Aspergillus terreus*

الرؤوس الكونيدية عمودية طويلة مندمجة long compactly columnar، تتكون النتوءات على الحويصلة فى طبقتين biseriate. مستعمرات الفطر على بيئة أجار كزابك دوكس Czapek dox ذات مظهر وبرى بلون القرفة، أو بمظهر الرمل البنى. يظهر بالآجار إفراز أصفر مائل إلى البنى أو برتقالى مائل إلى البنى. الحوامل الكونيدية مندمجة عمودية، شفافة، جدرها ملساء، طولها 100 - 280 ميكرون. الحويصلات كمثرية إلى شبه كروية، شفافة، قطرها 11 - 15 ميكرون. النتوءات الأولية metulae تحمل أزواجًا من نتوءات قارورية phialides لتتشعب الكونيديات إلى سلسلتين biseriate. الكونيديات كروية إلى شبه كروية، جدرها ملساء، قطرها 1.6 - 2.5 ميكرون ملحق الصور، صورة **5**).



شكل (2-8) الطور الكونيدى لأهم أنواع Aspergillus المصاحبة للحبوب المخزنة

9 - *Aspergillus parasiticus*

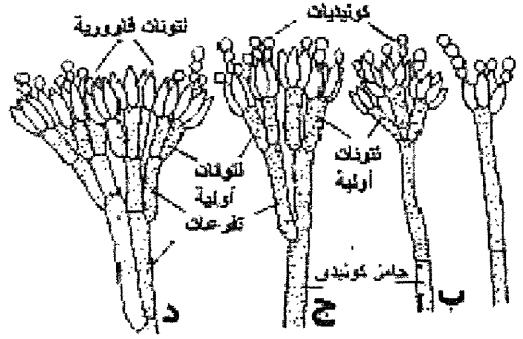
الرؤوس الكونيدية شعاعية، تحمل الحويصلة طبقة واحدة من النتوءات. مستعمرات الفطر ذات لون أخضر براق مائل للاصفرار. الحوامل الكونيدية شفافة غالبًا، جدرها ملساء، فى بعض العزلات تكون ملساء من أسفلها وخشنةً قليلاً فى أعلاها، يبلغ طولها 300 - 7 ميكرون. الكونيديات كروية مسننة قطرها 3.5 - 5.5 ميكرون. يكون الأفلاتوكسنات.

الجنس Penicillium

مستعمرات الفطر سريعة النمو، يغلب عليها اللون الأخضر، أحيانًا تكون بيضاء، تحتوى غالبا على طبقة كثيفة من الحوامل الكونيدية. تحمل كونيديات الفطر فى سلاسل مفردة طويلة بطريقة التتابع القاعدى basipetal succession من خلايا مولدة للجراثيم يطلق عليها النتوءات القارورية phialides. توصف عادة سلاسل الكونيديات التى تكون أحدثها جهة الخلية المولدة وأقدمها فى فى طرف السلسلة بأنها قاعدية التسلسل basocatenate. تنشأ النتوءات القارورية phialides مفردة، أو فى مجموعات أعلى نتوءات أولية metulae مما يعطيها شكل الفرشاة، ومن ذلك أخذ اسم الجنس (فرشاة = penicillus) . قد تتضمن الفرشاة تفرعات الحامل والنتوءات الأولية التى تحمل النتوءات القارورية phialides. تعرف الخلايا التى تقع بين النتوءات الثانوية والحامل الرئيسى بالأفرع. قد لا يخرج على الحامل الرئيسى أية تفرعات وإنما يحمل النتوءات القارورية مباشرة ويعرف فى هذه الحالة بأنه بسيط، وقد يكون ذا مستوى واحد من التفرعات، وقد يكون ذا مستويين من التفرع، وقد يكون ذا ثلاثة مستويات أو أكثر من التفرع شكل (2 - 9) وصورة 2 بملحق الصور.

الحوامل الكونيدية شفافة، جدرها ملساء عادةً، وقد تكون خشنة. النتوءات القارورية Phialides تكون أسطوانية فى أسفلها، ولها عنق واضح.

تكون الكونيديات كروية أو إهليـجية أو أسطوانية أو مغـزلية الشكل، جدارها أملس شفاف، يميل للاخضرار.

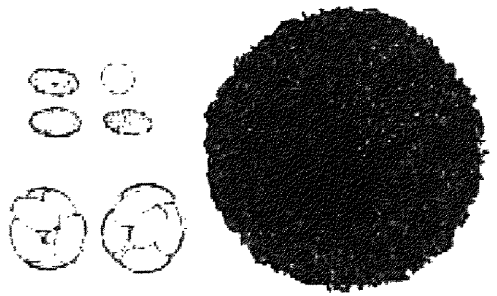


شكل (2-9) نظم تفرعات الحامل الكونيدى فى جنس *Penicillium*

أ- حامل بسيط　　ب- متفرع على مرحلة واحدة

ج- متفرع على مرحلتين　　د- متفرع على ثلاثة مراحل

الطور الكامل *Eupenicillium, Talaromyces*، الثمـرة الأسكية للأخـير تتكون من هيفات سـائبة، كروية الشكل، تحتوى على أكيـاس أسكية كروية، بكل منهـا ثمـانـيـة جـراثيم أسكيـة. الجـراثيم الأسكيـة مكـونة من خليـة واحدة، شفافة اللون أو مائلة للاصفرار، كروية أو قرصية الشكل.



شكل (2-10) ثمرة أسكية ، وأكياس وجراثيم أسكية للفطر
Eupenicillium, Talaromyces

يختلف جنس *Penicillium* عن جنس *Aspergillus* فى أن ظهوره وممارسة نشاطة يكون فى رطوبة أعلى نسبيا ودرجات حرارة أقل نسبيًا، فبعض أنواعه يمكن أن تمارس نشاطها فى درجات حرارة قريبة من الصفر. تسبب أنواعة تلون الحبوب وظهور رائحة عفنة والتصاق الحبوب ببعضها. تنتج بعض أنواعه توكسينات عند توفير الظروف المناسبة . عديد من أنواع *Penicillium* تنتج توكسينات، ومنها *P. viridicatum* المنتج للأوكراتوكسين *Ochratoxin*، و*P. citrio-virid* الذى ينتج الستريوفيريدين *citreoviridin*، و*P.citrinum* و*P.verrucosum* وينتجان السترنين *citrinin* و*P. expansum* الذى ينتج الباتيولين Patulin. أهم الأنواع المصاحبة للحبوب والبذور المخزنة هى:

P. citrinum , P. , Penicillium viridicatum; P. cyclopium
. P. verrucosum و*citreo-viride P. expansum*

تتابع ظهور الفطريات على الحبوب المخزنة

يحدث نشاط أنواع الفطريات المسببة للتدهور على الحبوب المخزنة بالتتابع، حيث تكون الفطريات البطيئة النمو مثل *Aspergills restrictus*، *A. glaucus* هى أول من يمارس نشاطه عند محتوى رطوبى يتجاوز 13.5٪، ويؤدى نشاط هذين الفطرين إلى زيادة ضعيفة فى معدل التنفس، وقد تكون السخونة الناتجة عن نشاطهما أقل مما يمكن تقديره بأجهزة قياس الحرارة بالمزدوج الحرارى thermocouples . ينتج عن نشاط الفطرين السابقين زيادة المحتوى الرطوبى، مما يجعل الظروف ملائمة لنشاط أنواع أخرى متوسطة الاحتياجات الرطوبية من أهمها *A. candidus* و*A. ochraceus,* و*A. parasiticus*، يتبعها نشاط فطريات ذات احتياجات رطوبية عالية من أهمها *A. flavus*، *A.fumigatus*، وأنواع *Penicillium*. وتكون الفطريات التى تتطلب محتويات رطوبية متوسطة أو عالية هى المسئولة عن حدوث سخونة الحبوب (Christensen and Kaufman, 1974).

الفطريات المتحملة والمحبة للحرارة المرتفعة

أجريت دراسة عن الفطريات المتحملة للحرارة Thermotolerant والفطريات المحبة للحرارة Thermophilic المصاحبة لعينات حبوب أخذت من سفن تحمل مساعدات، ومن حبوب ذرة كانت مخزنة فى أجولة فى منطقة تحت الصحارى الأفريقية. كانت الفطريات المحبة للحرارة المعزولة هى *Aspergillus candidus*، *A.fumigatus*، *A flavus*، *Paecilomyces varioti*. أما بالنسبة للفطريات المحبة للحرارة فقد كان أكثرها ينتمى للجنس *Thermoascus*، وتنمو أنواعه فى درجة حرارة 60 ْس، وكان البعض الآخر ينتمى إلى جنس *Paecilomyces* الذى لا ينمو فى أكثر من 55ْس (Wareing, et al. 1997). وقد عزلت فطريات محبة للحرارة من عينات أتربة آلات الحصاد المجمع لكل من القمح والسورجم وكانت على النحو التالى، *Chaetomium thermophilum, Humicola grisea var. thermoidae, H. insolens, Malbranchea pulchella* var., *sulphurea, Rhizomucor pusillus, Sporotrichum thermophilum, Talaromyces thermophilus, Thermoascus thermophilus and Thermomyces lanuginosus* (Abdel-Hafez et al 1990).

الفطريات المصاحبة للحبوب فى مصر

كانت أول الدراسات فى مصر عن الفطريات المصاحبة للحبوب هى تلك التى أجراها (عاشور وآخرون)، وقد وجد منها أن أكثر فطريات الحقل مصاحبة للحبوب هى *Aspergillus flavus*. . ، *A.gluacus, A.candidus*. ، وأكثر فطريات المخزن مصاحبة للحبوب هى*Alternaria spp., Claddosporium spp* أجريت دراسة أخرى عن الفطريات المصاحبة لحبوب القمح، جمعت عينات الدراسة من عدة محافظات ممثلة لمناطق جغرافية مختلفة. وقد أوضحت أن فطريات الحقل الأكثر سيادة المصاحبة لحبوب قمح هى أنواع *Allernaria* وأن فطريات المخزن الأكثر سيادة هى *Aspergillus flavus*،

A.fumigatus, A.chevaleiri, A.ochraceus ،A.gluacus, A.candidus ،*Penicillium chrysogenum* (Serri et al.1989) وفى دراسة أخرى أجريت على فول الصويا فى مصر كانت الأنواع الأكثر سيادة تدخل ضمن الأنواع المذكورة (El-Zayat et.al 1981)

أوضحت دراسة (El-Kady et .al.,1982)، التى شملت أربعة أنواع من الحبوب هى القمح والشعير والذرة والذرة الرفيعة، أن الفطريات المعزولة من عينات القمح هى الأكثر تنوعا (95 نوع تنتمى إلى 25 جنس)، يليها الشعير (52 نوع تنتمى إلى21ج نس)،ثم السورجم (33 نوع تنتمى إلى 14جنس)، وأخيرا الذرة (29 نوع تنتمى إلى 11 نوع). وقد كانت الأجناس الأكثر شيوعا فيها جميعا هى , *Aspergillus*، *Penicillium*، *Fusarium*، *Rhizopus*،وكانت أنواع *Aspergillus* تمثل 94.4 من العزلات وأكثر الأنواع شيوعا هى *A.niger*، *A.flavus*، *A.fumigatus*. ،*P.chyrsogenum F.oxysporum*، *P.corylophilum P.notatum* و *R.stolonifer* .

أجريت دراسة للتعرف على الفطريات المصاحبة للغبار المنبعث عن آلات الحصاد المجمع لكل من القمح والسورجم، وقد عزل 107نوع من الفطريات تنتمى إلى ثمانية أجناس. كانت الفطريات المعزولة فى حالتى القمح والسورجم متشابهة وكان الأكثر شيوعا هى *Alternaria alternata*، *A.niger* , *A.fumigatus A ochraceus, A.sydowii,* ،*Aspergillus flavus Fusarium* ،*Emericella nidulans* ،*Cochliobolus spicifer* ،*A.terreus,* , *P.duclauxii, P.funiculosum Penicillium chrysogenum* ،*moniliforme* و*P.oxalicum* . (Abdel-Hafez et al 1990) .

تقدير إصابة الحبوب بالفطريات:

تقدر إصابة الحبوب بالفطريات بطرق مختلفة، حيوية أو كيميائية وهى على النحو التالى:

1 - تقدير الفطريات فى الحبوب بطريقة مزرعية.

تقدر إصابة الحبوب بفطريات المخزن بوضع الحبوب المطهرة سطحيا على بيئة أجار المولت الملحية Salt-Malt Agar [1]، ثم التحضين على درجة حرارة 25س لمدة أسبوع. يمكن بهذه الطريقة تصنيف الفطريات التى تظهر أيضا بالإضافة لحساب نسبة الحبوب المصابة. إلا أن الطرق المزرعية غير عملية على النطاق التجارى.

2 - تقدير الفطريات فى الحبوب بطريق كيماوية.

أ - تقدير الكيتين

الكيتين مادة عديدة التسكر تشبه السليولوز تتركب من وحدات من N-acetyl-d-glucosamine تدخل فى تركيب جدر خلايا الفطريات، ولا تحتوى الحبوب السليمة على أى قدر من الكيتين، لذا فقد اقترح Golubchuk وآخرون سنة 1960 اتخاذ محتوى الحبوب من الكيتين كمؤشر لمدى حدوث إصابتها بالفطريات ومدى حدوث التدهور. لاقت هذه الفكرة تأييدا من بعض العلماء، كما لاقت معارضة من آخرين على أساس أن الكيتين قد لا يوجد فى بعض الفطريات مثل *A.amstelodami*، كما أن تقديره يستغرق وقتًا طويلاً مما حد من استخدامه كمقياس لإصابة الحبوب بالفطريات.

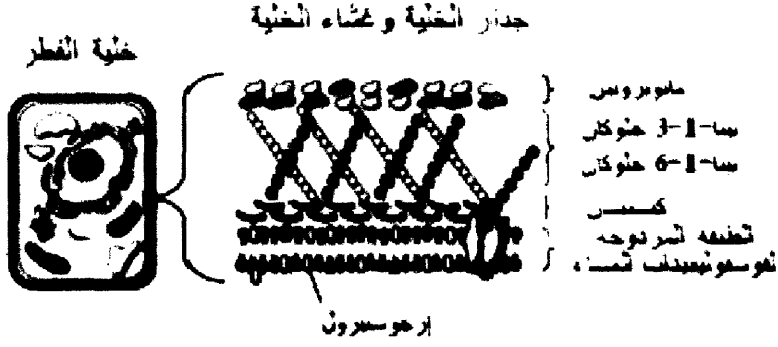
ب - تقدير الإرجوستيرول

يعتبر الإرجوستيرول Ergosterol أحد مكونات الخلية فى جميع الفطريات تقريبا، فهو يدخل فى تكوين غشاء الخلية شكل (2 - 8)، بينما لا يدخل فى تركيب الحبوب على الإطلاق. بناء على ذلك فقد ابتكر Seitz

---

(1) بيئة أجار المولت مضافا إليها كلوريد الصوديوم بنسبة 7.5٪ لكى تظهر الفطريات المتحملة للأسموزية العالية فقط دون غيرها، وبالتالى يظهر العزل فطريات المخزن فقط دون ظهور فطريات الحقل، أو أى ملوثات.

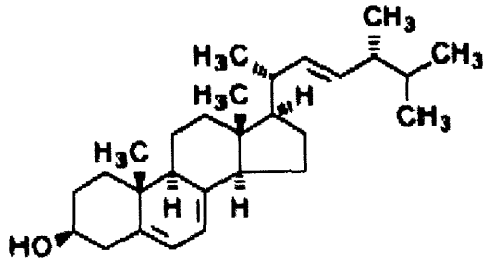
وآخرون سنة 1977 مقياسًا حديثًا لتقدير مدى غزو الحبوب بواسطة الفطريات بتقدير الإرجوستيرول فى الجزء غير المتصبن من ليبيدات الفطر مستخدمين فى ذلك طريقة الفصل الكروموتوجرافى السائل تحت ضغط مرتفع High-pressureliquid chromatography (HPLC)، يمكن بهذه الطريقة تقدير الإرجوستيرول بحساسية تبلغ 0.5ميكروجرام/ جرام. وقد اقترحوا أن يقدر الإرجوستيرول بطريقة الفحص الطيفى باستخدام الأشعة فوق البنفسجية فى حالة عدم توافر إمكانيات (HPLC). واقترح Naewbanij وآخرون سنة 1984 تقدير الإرجوستيرول بالفصل بطريقة Tin layer chromotography (TLC) والفحص بالأشعة فوق البنفسجية، يمكن بهذه الطريقة تقدير الإرجوستيرول بحساسية تبلغ 1ميكروجرام/ جرام. وقد وجدوا فى دراسات أجريت على عديد من الحبوب أن محتوى الحبوب من الإرجوستيرول قد ازداد بزيادة نسبة الحبوب المصابة.



شكل (2- 11) شكل تفصيلى لجدار وغشاء خلية الفطر

وقد أظهرت دراسات أن محتوى الحبوب من الإرجوستيرول ازداد بملاءمة ظروف التخزين لنشاط الفطريات. وقد وجد أن حبوب الذرة الحديثة الحصاد تحتوى على 2 ميجرام من الإرجوستيرول بينما تحتوى الحبوب التى

تعرضت للتـدهور بواسطة الفطريات بصورة واضـحة على 200 مليجرام من الإرجوستيرول. بناء على ذلك فإنه بتقدير الإرجوستيرول فى عينة حبوب فإن كميته يمكن أن تعبر عن مدى وجود إصابات فطرية.



(شكل 2-12) تركيب الإرجوستيرول

الحرارة ونشاط فطريات المخزن

يمكن القول بوجه عام إن الدرجة الصـغرى لنمو معظم فطريات المخزن تقع بين صـــفـر - 5 مْ، والمثلى 30 - 33 مْ، والعظمى 50 - 55 مْ وبعض الفطريات يمكن أن تنـمو نموًا أمـثل فى درجـات حرارة أعلى من ذلك مـثل *A.flavus* ويلائمـه 35 مْ، *A.candidus* ويلائمـه 35 - 40 مْ . تنمـو فطريات المخزن نموا بطيئًـا عند درجة حرارة 12 - 15 مْ. عند انخفـاض درجة الحرارة إلى 5 - 8 مْ فإن ذلك يمـكن أن يوقف الضرر المتـرتب عند ارتفاع المحـتوى الرطوبى للحبوب الـنجيلية إلى 15٪، حيث يؤدى خفـض الحرارة إلى عدم حـدوث غزو لـلحبـوب والبـذور بفطريات المخـزن، إلا أنه لا يقف نشـاط الفطريات فى الحبـوب أو البذور التى أصيـبت بالفعل بفطريات المخـزن، فإن هذه الفطريات تمارس دورها فى إحداث التدهور فى درجات الحرارة المنخفضة ولكن بمعـدلات بطيـئـة. وحتى بالقـرب من درجـات التـجمـد فـإن أنواع *Penicillium* يمكن أن تمارس دورها فـى إحداث التـدهور مـا دام المحـتـوى الرطوبى ملائمًا.

أجريت دراسة على تخزين حبوب ذرة (نشوية) وبذور فول صويا (بروتينية) وفول سودانى (زيتية) لمدة عام فى مخزن تقليدى بولاية البنجال فى غرب الهند. وقد درست الفطريات الموجود فى هواء المخزن بطريقة مصيدة أطباق الآجار، فكان أنواع *Aspergillus* هى الأكثر سيادة وخاصة أنواع *A.candidus, A.flavus, A.niger, A.terreus, A.rubber*، ثم أنواع من *Rhizopus, Penicillium, Curvularia, Fusarium, Alternaria* . وقد كان *A.niger* هو الأكثر سيادة على مدار العام ويصل إلى أقصى نسبة تواجد خلال الفترة من أغسطس - نوفمبر. وفى دراسة أجريت لتقدير جراثيم الفطريات فى هواء إحدى المنشآت التخزينية بالهند أجريت خلال الفترة من سبتمبر 1989 - أغسطس 1991، وجد أن *Aspergillus flavus* أكثر الفطريات سيادة.

ثانيًا: البكتريا Bacteria

يصاحب الحبوب المخزنة عديد من أنواع البكتيريا السالبة لجرام أهمها:

Enterobacter agglomerans Pseudomonas corrugate, P. diminuta, P.fluorescens, P. glycosyles, P. maltophilia, P. marginalis, P.testosterone, .

وكذا أنواع البكتيريا الموجبة لجرام وأهمها:

Bacillus licheniformis B. subtilis Curtobacterium spp., B. circus,, S. xylosus ،S. epidermidis ،Staphylococcus cohnii ،Micrococcus spp.

توجد البكتريا على سطح الحبوب والبذور قبل تمام النضج وعند ارتفاع الرطوبة والتعرض لضرر الصقيع أو أى ضرر ميكانيكى فإنها يمكن أن تحدث إصابة تبقى ساكنة، ولا تسبب ضررًا للحبوب إلا إذا اقتربت الرطوبة النسبية

من 100٪. خلايا البكتيريا وجراثيمها تكون من ملوثات الهواء عند الحصاد والتذرية والغربلة وخاصة البكتيريا السالبة لجرام التى تعيش على سطح الحبوب ومثال ذلك بكتيريا *Pantoea agglomerans* فهى تقوم بإنتاج توكسينات داخلية وهى عبارة عن ليبيد عديد التسكر ذى وزن جزيئى مرتفع high-molecular-weight lipopolysaccharides (LPS)، وهو المسبب الرئيسى لأمراض حساسية الشعب الهوائية Petersson and Schnürer 1995, Petersson et al. 1998).

ثالثا: الأكتينوميستات Actenomycetes

تنتمى معظم الأكتينوميسيتات المعزولة من الحبوب والبذور للجنس *Streptomyces* وأغلبها *S. albus S. griseus*، وذلك بالإضافة إلى *Wallemia spp Thermoactinomyces spp , Thermomonospora curvata, Saccharopolyspora rectivirgula, Saccharomonospora viridis*

تكون هذه الأكتينوميسيتات مصاحبة للحبوب خارجيا خلال مراحل النضج، وتنتشر جراثيمها أثناء الدراس والتذرية والغربلة وبالتالى تلوث الهواء وتسبب أمراض الحساسية للقائمين بالعمل. ويمكن أن تشارك فى تدهور الحبوب عند محتوى رطوبى 15٪ - 20٪. تنتج أنواع *Streptomyces* المصاحبة للحبوب المضاد الحيوى تتراسيكلين Tetracycline على الحبوب ولقد اكتشف وجود التتراسيكلين فى عظام مزارع من النوبة ترجع إلى 350 - 550سنة قبل الميلاد، فسر ذلك تارة على أن المصريين القدماء عرفوا البيرة وأن التتراسيكلين تكوَّن خلال صناعتها، وتارة أخرى على أنهم كانوا يضطرون لأكل حبوب أصابها العفن.

عزل حوالى 20 جنس من الخمائر من الحبوب وهى تتواجد فى حالة ارتفاع الرطوبة وزيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى جو التخزين. من الخمائر التى عادة ما تصاحب الحبوب مخزنة *Saccharomyces cerevisiae* و*Pichia anomala* . وقد وجد أن هذه الخمائر يكون لها تأثير تضادى على عدد كبير من فطريات المخزن سواء عند اختبارها على الأطباق أو على الحبوب، كما وجد أن *Pichia anomala* لها تأثير اختيارى فى تثبيط عزلات *Penicillium verrucosum*، لكن وجد أنها تكون فعالة فى تثبيط تكوين الأوكراتوكسين سواء كانت العزلة حساسة لفعل أم غير حساسة للتأثير التضادى . وتجرى حاليا عديد من الدراسات لاستخدام الخمائر كوسيلة للمكافحة الحيوية فى الحبوب الرطبة كبديل لعملية التجفيف.

* * *

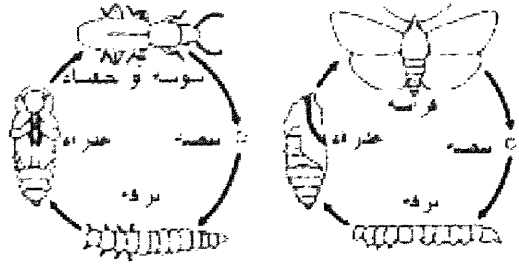
الفصل الثالث

الآفات الحشرية والأكاروسات

تهاجم الحبوب المخزنة بمجموعتين رئيسيتين من الحشرات الهامة اقتصاديا، وهما مجموعة تضم السوس والخنافس وهى تنتمى إلى غمدية الأجنحة (Order Coleoptera) ومجموعة الفراشات التى تنتمى إلى حرشفية الأجنحة (Order Lepidoptera). بعض أنواع تلك الحشرات تهاجم الحبوب فى كل من الحقل والمخزن، والبعض يهاجم الحبوب أثناء التخزين.

معظم حشرات الحبوب المخزنة لها القدرة على التغذية على عديد من المحاصيل. يتيح لها ذلك التنقل من غذاء إلى آخر خلال التخزين والشحن فى الشاحنات أو السفن مما يعمل على حدوث التغذية التبادلية cross-infestations . تستطيع الحشرة التنقل من كم من الحبوب إلى آخر مشيًا عندما تكون درجة الحرارة مرتفعة، وبعض الأنواع لها القدرة على الطيران، خاصة فى المناطق الاستوائية.

تتضمن دورة الحياة فى كل منهما أربعة أطوار، هى البيضة واليرقة والعذراء والحشرة الكاملة.



شكل (2-13) دورة حياة الفراشات والسوس و الفراشات التى تصيب الحبوب المخزنة

مظاهر وجود إصابة حشرية بالحبوب

* ظهور أنواع مختلفة من السوس والخنافس والفراشات فوق أكوام الحبوب أو بداخلها وعلى أرضية وجدران المخازن والصوامع.
* وجود حبوب مثقوبة ومتآكلة من الداخل.
* وجود رائحة كريهة مميزة فى الحبوب والدقيق وخصوصًا فى حالة الإصابة بخنافس الدقيق.
* حدوث سخونة فى الحبوب يتضح ذلك من مجرد الشعور بحرارة واضحة إذا مدت اليد داخل الكومة أو بين الأجولة أو داخلها، مع ظهور مادة دقيقية على اليد بعد سحبها، كما يمكن متابعة ذلك بواسطة أجهزة القياس .
* وجود بقع سوداء أو داكنة بالحبوب الحديثة الإصابة وخصوصًا الفوليات.
* تكتل الحبوب والتصاقها بعضها ببعض بسبب الخيوط الحريرية التى تفرزها بعض اليرقات.
* وجود حشرات ميتة وجلود انسلاخ ومخلفات حشرية مختلطة بالحبوب.
* قد تبدو الحبوب سليمة ظاهريا ولكنها تتكسر عند فركها باليد، ويظهر بداخلها أطوار يرقية، أو حشرات كاملة تكون على وشك الخروج.

يحدث الضرر فى حالة الفراشات بواسطة اليرقات، بعض اليرقات تفرز خيوطا حريرية فى المادة التى تتغذى عليها محولة إياها إلى كتل. أما فى مجموعة السوس والخنافس فإنه غالبا ما تهاجم الحبوب بواسطة كل من

اليرقات والحشرات الكاملة مسببة لها الضرر. يمكن تصنيف الآفات الحشرية للحبوب المخزنة إلى أولية وهى التى تهاجم حبوبًا سليمة مثل أنواع الجنس *Sitophilus*، وثانوية وهى تهاجم فقط الحبوب التى سبق غزوها بآفة سابقة أو التى تعرضت لضرر ميكانيكى مثل أنواع *Tribolium*.

الأضرار التى تسببها الحشرات للحبوب المخزنة

1 - **الخسارة الكمية**: وجد أن الطور اليرقى من سوس الحبوب، على سبيل المثال، يستهلك 10 - 20 مليجرام من الحبوب يوميًا، إلا أنه فى ظل وجود نمو وتزايد للعشائر بشكل كبير جدًا فإن ذلك يسبب خسائر كمية فى الحبوب. وتتوقف الخسارة الكمية فى الحبوب على السلعة وموقع التخزين، وطريقة التخزين، وتقنيات التخزين. ويعتبر بلوغ الخسارة 30٪ فى الدول النامية التى تستخدم طرق التخزين البدائية أمرا طبيعيًا. وقد أجرى (Caneppele et al. 2003) دراسة عن تأثير إصابة حبوب ذرة شامية بمستويات مختلفة من سوسة الذرة *Sitophilus zeamais* على الفقد فى وزن الحبوب. أجريت عدوى الحبوب بالحشرات بمعدلات صفر، 5، 15، 30 حشرة/ 500جرام وخزنت فى رطوبة نسبية 70٪، ودرجة حرارة 25 ± 02° س، لمدة 150 يوم. وجد فى نهاية فترة التخزين أن الفقد فى الوزن كان صفر، 6.8، 15.5، 20.2_جرام على الترتيب.

2 - **نقص الجودة**: تنتج الحشرات رائحة مميزة فى الحبوب التى تهاجمها، تعزى هذه الرائحة إلى نوعين من الفرمونات، وهى فرمونات جنسية تنتجها الإناث لجذب الذكور وذلك فى الحشرات قصيرة العمر (شهر واحد) مثل الفراشات. وهناك فرمونات التجمع التى تنتجها الذكور لتجذب أفرادها من نفس النوع لتتجمع معًا فى مكان جيد لإقامتها معًا وهذا يحدث فى الحشرات طويلة العمر مثل

الخنافس، تعمل هذه الفرمونات أيضا على زيادة فرصة حدوث التزاوج. يؤدى ظهور هذه الروائح فى الحبوب إلى خفض رتبتها ونقص سعرها. ويعتبر تجمع الحبوب فى كتل بفعل الخيوط الحريرية التى تنتجها الفراشات من مؤشرات نقص جودة الحبوب، وكذا وجود الحشرات الحية أو الميتة ووجود جلود الانسلاخ والحبوب المثقوبة.

3 - **تشجيع نشاط الفطريات**: يؤدى حدوث الإصابات الحشرية إلى مزيد من نشاط الفطريات، فهى تحمل لقاح عدد كبير من الفطريات إلى داخل الصوامع وتنشرها أثناء تخللها للحبوب (جدول 2- 1). كما أن الحشرات تقوم بثقب الحبوب وبالتالى تحمل جراثيم الفطريات إلى داخل الحبوب.

وقد أجرى (Caneppele et al. 2003) دراسة عن تأثير إصابة حبوب ذرة بمستويات مختلفة من سوسة الذرة *Sitophilus zeamais* على نسبة إصابتها بالفطريات، فى تلك الدراسة أجريت عدوى الحبوب بالحشرات بمعدلات صفر، 5، 15، 30 حشرة/ 500 جرام وخزنت فى رطوبة نسبية 70 ٪، ودرجة حرارة 25 ±0.2 س، لمدة 150 يوم. وجد فى نهاية فترة التخزين أن نسبة الإصابة بالفطريات ارتفعت من 2.6٪ فى بداية التجربة إلى 3.4٪، 4.3٪، 27.5٪، 37.4٪ فى نهاية فترة التخزين فى المعاملات السابقة على الترتيب. وقد كانت هذه النسب موازية لنسب غزو الحبوب بواسطة الطور اليرقى للحشرة. وأخيرًا فإن نشاط الحشرات ينشأ عنه ارتفاع فى درجة الحرارة وانطلاق الرطوبة وكلاهما يؤدى إلى مزيد من النشاط لفطريات التدهور.

جدول (2-1) أنواع الحشرات الهامة التى تهاجم الحبوب المخزنة وما عزل من فطريات المخزن من على أجسام كل منها.

الحشرة	الفطريات التى تحملها
سوسة الأرز *Stitophilus oryzae*	*A flavus, A. candidus, A. ochroaceus, A. fumigatus A. terreus, A. parasiticus, A. restrictus, A. terricola, A. ustus, A. versicolor, A. sydowi, A. ruber, A. chevalieri, A niger, P. rugulosum, Amblyosporium sp., Cladosporium sp..,*
خنفساء الدقيق المتشابهة *Tribolium confusum*	*A. flavus, A. candidus, P. islandicum, A. versicolor, A. niger A. ruber, A. chevalieri,*
خنفساء الخابرة *Trogoderma granaria*	*A. flavus, A. candidus, P. islandicum, A. ruber, A. glaucus, A. niger, A. sydowi, A. versicolor, P. restrictum*
خنفساء الحبوب المنشارية *Oryzaephilus surinamensis*	*A. flavus, A. ochroaceus, A. restrictus, A. glaucus A. terreus, P. decumbens, Cladosporium sp.,*
ثاقبة الحبوب الصغرى *Rhizoperth dominica*	*A. candidus, A. ochraceus, A. niger. A. glaucus*
فراشة الأرز *Corcyra cephalonica*	*A. flavus, A. candidus, A. ochraceus, A. sydowi, A. rubber, A. niger, A. restrictus, A. versicolor, P. spinullosum, P. corylophilum, Nigrospora sp.,*
فراشة المخازن الاستوائية *Ephestia cautella*	*A,flavus, A. candidus, A. niger, A. glaucus, A. terreus, A. ruber, A. versicolor, A. terreus, A. ruber, A. versicolor,*

4 - **خفض نسبة الإنبات:** تفضل بعض الحشرات مهاجمة الجنين والتغذية عليه، ويترتب على ذلك نقص نسبة الإنبات عند استخدام حبوب أو بذور كتقاوى للزراعة. وقد أجرى (Caneppele et al. 2003) دراسة عن تأثير إصابة حبوب ذرة شامية بمستويات مختلفة من سوسة الذرة *Sitophilus zeamais* على نسبة الإنبات. أجريت

عـدوى الحـبـوب بالحـشـرات بمعـدلات صـفـر، 5، 15، 50 حشـرة/ 500جرام وخزنت فى رطوبة نسـبية 70 ٪، ودرجة حرارة 25 ± 0.2س، لمدة 150 يوم. وجد فى نهاية فتـرة التخزين أن نسبة الإنبـات انخفـضت من 96٪ فى بداية التـجربة إلى 95٪، 51٪، 14٪، 8٪ فى المعامـلات السابق ذكرها على التـرتيب. يعتبـر الحد الرطوبى الذى استخدمه الباحثون غير مواتٍ، إلى حد كبير، لنشاط الفطريات، وبالتالى فإن نقص الإنبـات يكون راجعًا فى هذه الحالة إلى حد بعيد إلى نشاط الحشرات.

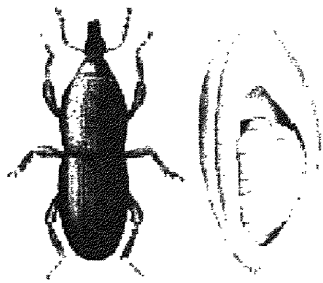
5 - **تكوين نقـاط ساخـنة وتلف الحبـوب**: ينشـأ عن النشاط المتـزامن والتلقائى فى نشـاط كل من الحشرات والفطـريات أن تتكون النقاط الساخنة التى قد تؤدى فى النهاية إلى تلف الحبوب.

6 - **نقص القيمـة الغذائية**: نظرًا لتفضيل بعض الحـشرات للتغذية على الجنين، ونظرًا لاحتـوائه على بروتينات ودهون وفيتامـينات هامة، فإن استـهلاكه بواسطة الحـشرة يخفض القيـمة الغذائية للحـبوب. وجد أن إصابـة حبوب القمح والذرة والسـورجم بعشيرة مـختلطة بنسب متساوية من خنفساء الخابره *Trogoderma granarium* وثاقبة الحبوب الـصغرى *Rhizopertha dominica* أدت إلى حدوث نقص كبـير فى الأحمـاض الأمينية الأسـاسيـة، كما حـدث أيضا بعض النقص فى الأحمـاض الأمينية غيـر الأساسية. وقـد حدث أقصى نقص فى أحمـاض ميثيـونين، وأيزوليوسين، وليـسين فى كل من القمح والذرة والسـورجم على الترتيب. درس (Jood and Kapoor 1994) تأثيـر عـدوى حـبـوب القـمـح والذرة والسـورجم بثـلاثة مسـتويات من أى خنفـساء الخابـرة وثاقبة الحـبوب الصـغرى على محتواها من الفيتامينات. أحدثت الإصابة بالأولى فاقدًا فى محتوى

الفيتامينات فى الحبوب الثلاثة، كانت نسبته فى نطاق65 - 69٪ من الثيامين، و50 - 67٪ من الريبوفلافين، و10 - 33٪ من النياسين؛ وأن ثاقبة الحبوب الصغرى أحدثت فاقداً نسبته 23 - 29 من الثيامين، 13 - 18٪ من الريبوفلافين، و4 - 14٪ من النياسين. بينما فى دراسة أخرى وجد أنه لم يحدث نقص يذكر فى محتوى الفيتامينات بعد فترة من التخزين امتدت أربعة أشهر (Jood et al. 1995).

أهم الحشرات التى تهاجم الحبوب المخزنة

1 - سوسة المخزن (*Sitophilus granarius (L.)* Granary Weevil:



شكل (2 -14) سوسة المخزن

لونها بنى داكن، طولها 2.0 - 3.5 مليمتر، يمكن تمييزها عن غيرها من الثاقبات والخنافس بأن مقدمة أجزاء الفم طويلة. تهاجم الحبوب فى الحقل والمخزن. تضع الأنثى 200 - 300 بيضة خلال فترة حياتها التى تمتد لثلاثة شهور. الحشرات الكاملة لا يمكنها الطيران، وتتظاهر بالموت إذا ما تعرضت للإزعاج. يوضع البيض فى ثقوب تصنعها فى الحبوب، تتغذى اليرقات على الحبوب السليمة، وتتغذى الحشرات الكاملة على الحبوب السليمة والمكسورة.

2 - سوسة الأرز *Stitophilus oryzae* (L) Rice Weevil

تشبه سوسة المخزن ولكن يميزها وجود أربعة بقع برتقالية مائلة للاحمرار وتختلف عن سوسة الحبوب بأن لها أجنحة خلفية ولذلك يمكنها الطيران. تبدأ إصابتها فى الحقل وتستمر فى المخزن، قادرة على العيش على

فتات الحبوب فى أرض التذرية أو المخزن فـى حالة عدم وجود حبوب. تعيش اليـرقة فى نفق داخل الحـبة، وتمضغ الحـشرات الـكاملة المكونات فى طريقهـا للخروج.

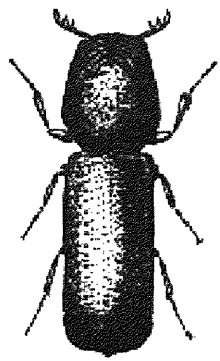
3 - سوسة الذرة *Motsch. Sitophilus zeams* :Maize Weevil

تشبه سوسة المخـزن، لكنها أطول منها، ويبلغ طولها 5 مليمتر وتهاجم الذرة، لها أجنحـة خلفية ولذلك فهى نشطة جـدا فى الطيران. تشبـه سوسة الأرز فى معيشتها على الحبـوب. تختلف عن سوسة الحبوب وسوسة الأرز فى تحملهـا لدرجات الحـرارة المنخفـضة، فبـينما تموت كل من سـوسة الحـبوب وسوسة الأرز إذا انخفـضت الحرارة لدرجة الصفر، فإن سـوسة الأرز تتحمل المعيشة فى درجة الصفر لمدة 37 يومًا.

4 - ثاقبة الحبوب الصغرى Lesser Grain Borer

Rhizopertha dominica **(Fabricius)**

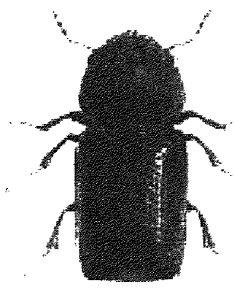
تصيب جـميع حـبوب النجيليـات الصغـيرة ويكون ضررها سـريعا فى حالة الحبـوب المكسورة عن الحـبوب الـسليمـة. الحـشـرات الكاملة داكنة اللون، يبلغ طولهـا 2.5 - 3 مليـمـتـر. شكلهـا أسطوانى، والرأس منحـنية إلـى أسفل ومـجـهـزة بفكوك قوية تمكنها من ثقب والحبوب. تضع الأنثى 200 - 400 بيضـة خلال فترة حـياتها التى تمتد إلى 2 - 3 شهـر. يوضع البيض على سطح الحـبوب، عندما يفقس تقوم اليرقات بنخر الحبوب والدخول. الحشرات الكاملة يمكنها الطيران ومـهاجمة الحبوب أيضًا.



شكل (2-15) ثاقبة الحبوب الصغرى

5 - ثاقبة الحبوب الكبرى Larger Grain Borer The

Prostephanus truncatus (Horn)



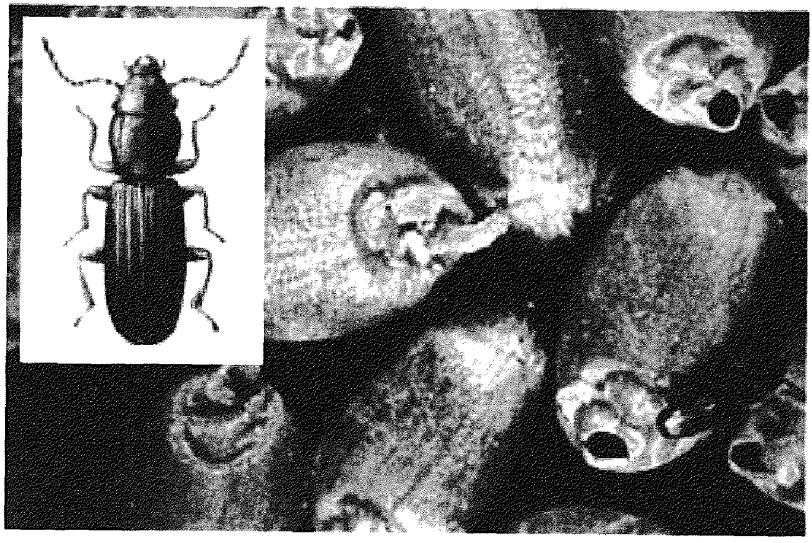
شكل (2-16) ثاقبة الحبوب الكبرى

أولية خطيرة تهاجم الذرة، تبدأ إصابتها فى الحقل وتستمر فى نشاطها فى المخزن. وهى سوداء اللون، طولها 3 - 5 مليمترات، تثقب الحشرة الكاملة حبوب الذرة وتُخرج منها الدقيق، ويبدو أنها تفعل ذلك لكى تتغذى يرقاتها. وجد من دراسة أجريت فى توجو سنة 1988 أنها سببت حدوث خسارة مقدارها 30.2٪ فى حبوب ذرة خزنت لمدة 6 شهور.

6 - خنفساء الحبوب الصدئية Rusty grain beetle

Tribolium castaneum Herbst

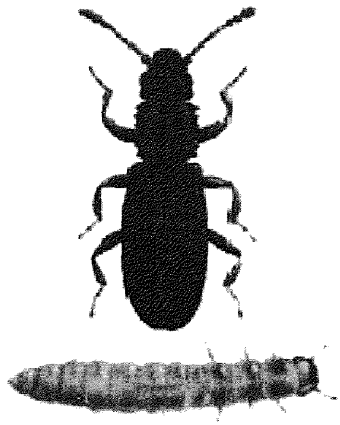
تعتبر من أهم الآفات الحشرية التى تهاجم الحبوب، وهى تهاجم جنين الحبة الكاملة وتتغذى عليه. تسبب الإصابة الشديدة سخونة الحبوب وفسادها. الحشرة الكاملة مستطيلة مسطحة، لامعة، ولونها بنى مائل للاحمرار، وطولها 2 مليمتر. لها قرنا استشعار بشكل هوائى ومشرعة للأمام على شكل رقم سبعة. تتحرك سريعًا داخل كتلة الحبوب، ويمكنها الطيران عندما تكون درجة الحرارة أعلى من 23 ْس. تضع الأنثى البيض فى شقوق الحبوب، وفى أتربة الحبوب. عند فقس البيض تخترق اليرقات الدقيقة الحبة من جهة الجنين وتتغذى عليه. تتم دورة حياتها خلال ثلاثة أسابيع عند درجة حرارة 31 ْس ومحتوى رطوبى للحبوب 14.5٪.



شكل (2 – 17) خنفساء الحبوب الصدئية، لاحظ اختراق اليرقة لجنين الحبة، والثقوب الموجودة في الحبة والمترتبة عن التهام الأجنة

7 - خنفساء الحبوب المنشارية Sawtoothed grain beetle

Oryzaephilus surinamensis(L.)

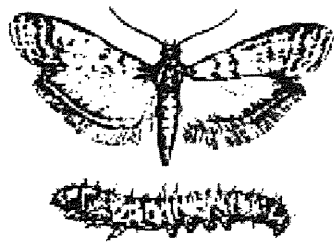


شكل (2–18) خنفساء الدقيق المنشارية

تصيب طيفًا واسعًا من السلع، لكنها لا تتغذى على الحبوب الكاملة. الحشرة الكاملة بنية اللون طولها 2.5 – 3.5 مليمتر، مع وجود زائدة تشبه السنة على كل جانب من الصدر. اليرقات لونها قرمزى أو قشدى، وقد يكون خيوطًا عنكبوتية، تتغذى الحشرة الكاملة واليرقات على الدقيق والحبوب المكسورة.

8 - فراشة الحبوب الاستوائية Tropical warehouse

***Ephestia cautella* Walker**

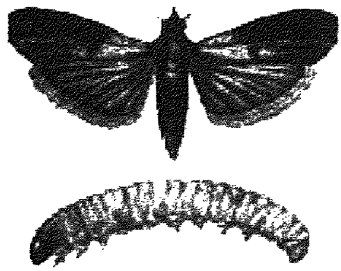


شكل (2-19) فراشة المخازن الاستوائية

تهاجم الحبوب النجيلية والبذور الزيتية. الحشرة البالغة رمادية مع وجود شريط داكن فى منتصف الجناح الخلفى، عرضها والأجنحة منبسطة 15 - 22 مليمتر. تعيش الفراشة مدة أسبوعين فقط، تضع خلال هذه المدة حوالى 250 بيضة على سطح الحبوب. تغزل اليرقات شبكات من خيوط عنكبوتية تجمع فيها الحبوب وتبقى بداخلها لاستهلاك الحبوب.

9 - فراشة الجريش: Indian Meal Moth

***Plodia interpunctella* (Hübner)**



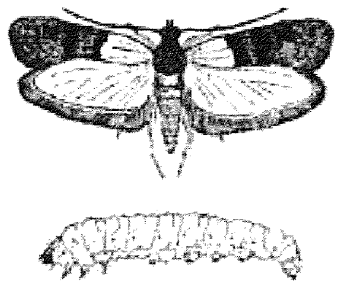
شكل (2-20) فراشة الجريش

من الحشرات الشائع وجودها مع الحبوب المخزنة، وتنتشر فى جميع أنحاء العالم . تنسج اليرقات شباكا حريرية على سطح أو داخل كتلة الحبوب، تجمع بداخلها الحبوب وتبقى بداخلها لاستهلاك الحبوب. تحتوى الشبكة الحريرية أيضا على جلد الانسلاخ ويكون لها رائحة منفرة، تقلل من جودة الحبوب، وبذلك فإن الضرر الناتج عن هذه الحشرة يكون كميًا نتيجة لاستهلاك مكونات الحبوب، ووصفيًا راجع لانخفاض الجودة. عرض الحشرات الكاملة 20 مليمتر على امتداد الجناحين، الجزء الخارجى من الجناح

الخلفى لونه بنى مائل للاحمرار، والجـزء الداخلى أبيض قشدى. تضع الأنثى البيض على سطح الحبوب.

10 - فراشة الحبوب (أنجومو) The Angoumois Grain Moth

Sitotroga cerealella **(Olivie)**



شكل (2-21) فراشة انجومو

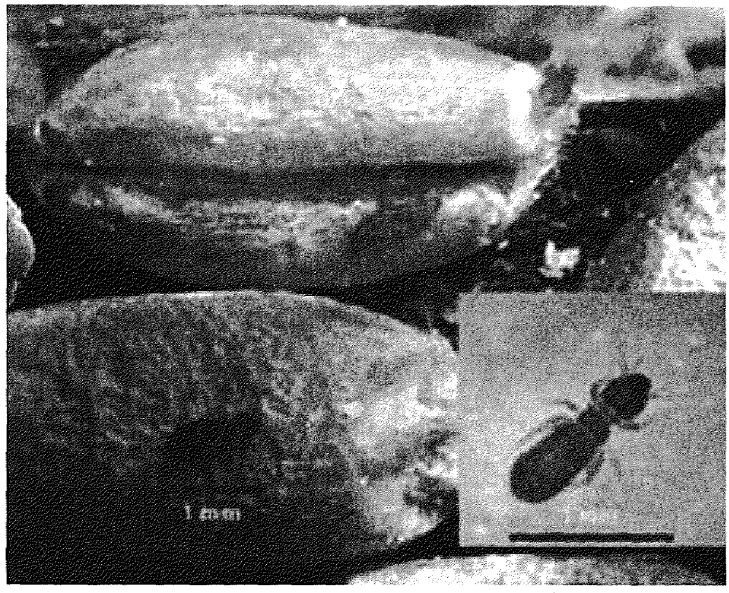
عرفـت باسم فراشـة أنجومو حـيث إن بداية ظهورها كانت فى منطقة أنجـومو بفرنسا عام 1736 ثم انتـشـرت الحـشـرة بعـد ذلك وعرفت فى بقـاع كثيرة فى العـالم. وجد فى دراسـة أجـريت فى أثيـوبيـا على الذرة أنهـا تسبـبت فى خسارة فى الحـبوب تراوحت بين 11.2 - 13.5٪. الحـشـرة الكاملة لونهـا بنى يميل للبرتقالى، طولها حوالى 4 مليمترات، عرضها والأجنحـة منبسطة حوالى 6 مليمترات، الأجنحـة الأمامية أفتح من الخلفيـة. تبدأ إصـابتهـا فى الحقل حيـث تضع الأنثى البيض، مـفردا أو فى مجموعات على الحبوب. تبدأ اليـرقات فى التغذية داخل الحبة بينما يكون فى طور النضج اللبنى، وتبـقى طوال حـياتهـا داخل الحبـة، لذا يصعب تقـدير الإصابة خلال تلك المرحلة. تغادر الحشرة الكاملة الحبة من خلال ثقب واضح فى أحد طرفى الحبـة. تتميز الحبوب المصـابة بوجود ثقوب مستـديرة تصنعها اليرقات. الحـشرات الكاملة نشطة فى الطيران وقادرة على إصـابة الحبوب فى مخازن مجاورة.

الآفات الحشرية الثانوية

1 - القمليات (Psocoptera) Psocids

يطلق على هذه الحشرات قمل الكتب أو قمل القلف وهى من الآفات ذات الأهمية فى مخازن الحبوب، وقد ظهرت أهميتها مؤخرًا. وهى تصيب الحبوب التى حدثت لها أضرار ميكانيكية أو هوجمت بآفة أخرى، وتتغذى على الأجنة. وعند وجودها بأعداد ضخمة فإنها تسبب تكون البقع الساخنة، مما يساعد على حدوث فساد سريع بواسطة الفطريات. كما أنها يمكن أن توقع الضرر للقائمين بالعمل فى منشآت التخزين. وهى صغيرة جدًا، مجنحة أو غير مجنحة، وتشبه النمل الأبيض، وقد يصعب مشاهدتها بالعين المجردة لاختلاطها مع الأتربة. وعندما يكون تعدادها كبيرا فهى تتحرك معًا وهى محاطة بكتلة من الأتربة. وهى تهاجم العديد من الحبوب النشوية والبذور الزيتية، وتكون موجودة داخل كتلة الحبوب أكثر من وجودها على السطح.

تُهاجم الحبوب المخزنة بحوالى 12 جنسًا من قمل الحبوب أهمها *Liposcelis, Lachesilla, Lepinotus* وأهمها وأكثرها دراسة وانتشارا فى جميع أنحاء العالم هو *Liposcelis bostrychophila* . ويمكن أن تظهر القمليات فى الحبوب المخزنة بأعداد هائلة تصل إلى عدة آلاف فى الكيلوجرام. يزداد تعدادها فى أشهر الصيف ويتناقص بشدة خلال أشهر الشتاء. يكثر تواجد القمليات عادة على الحبوب ذات الرطوبة العالية التى بلغت درجة كبيرة من التدهور بواسطة الفطريات، لكن وجود الفطريات ليس ضروريا لوجودها. يمكن للقمليات أن تمضغ غلاف الحبة وتصنع ثقبا صغيرا، ويمكنها أن تستهلك الجنين تمامًا فى تغذيتها. يمكن أن تتواجد عشائر القمليات بأعداد كبيرة فى الحبوب إذا انخفض محتواها الرطوبى إلى 12.5٪.



شكل (2-22) قمل الكتب Psocids (booklice) على حبوب قمح *Liposcelis bostrychophila*

يمكن للقمليات أن تتغذى على بيض فراشات الحبوب، ففى دراسة كانت قد أجريت لإكثار فراشة أنجومو *Sitotroga cerealella* على درجات حرارة 24 و29 ْس ورطوبة نسبية 75 - 90٪ لوحظ بعد 5 شهور أن أعداد أفراد قمل *Liposcelis divinatorius* فى صناديق التربية قد بلغت 200 مليون، وبعد مرور شهر آخر لوحظ أن أعداد فرشة أنجومو قد تدهورت بشدة، ووجد أن القمل لم يكن لها تفضيل فى التغذية على أى من الحبوب المكسورة أو بيض حشرة أنجومو.

يزدهر تكاثر القمليات فى الجو الحار الرطب، فعند درجة حرارة 30 ْس، ورطوبة نسبية 70٪، يمكن أن يتضاعف تعداد القمليات 25 مرة تحت هذه الظروف، فهى تتم دورة حياتها تحت هذه الظروف خلال 21 يومًا.

لمكافحة القمليات، يجب الاهتمام بتنظيف وتطهير المخازن والصوامع قبل تخزين الحبوب. وتتباين أنواع القمليات فى استجابتها للمبيدات، لذا

فعند حدوث إصابة شديدة، يجب معرفة النوع السائد بواسطة خبير فى تعريف القمليات وذلك لاستخدام المبيد المناسب. ولحماية الحبوب من حدوث الضرر بواسطة القمليات ينصح بالتهوية لخفض درجة الحرارة إلى 20 ْس، وكذا خفض الرطوبة النسبية إلى 60٪ (Nayak, M. ,2010) .

1 - الخنافس العنكبوتية Spider Beetles

الخنافس العنكبوتية، بوجه عام، هى حشرات كانسة تعيش على القمامة والأخشاب البالية والسكر والفواكه المجففة والتوابل والسمك المجفف والحشرات الميتة. كما أنها تصيب مختلف أنواع الحبوب والبذور المضارة بالفعل وكذا الدقيق والجريش. تسبب كل من الحشرات الكاملة واليرقات تكون ثقوب غير منتظمة الشكل عند تغذيتها على الحبوب. ويمكن أن تقوم مجموعة من اليرقات بتجميع الحبوب فى عناقيد، وذلك بإفراز مادة حريرية تعمل على لصق الحبوب ببعضها، ثم تبقى فى داخل تلك الكتلة للتغذية.

الحشرة الكاملة بيضية إلى أسطونية الشكل، يتراوح الطول فى جميع الأنواع من حوالى 2.5 إلى 4.5 مليمتر، لونها غالبا بنى مائل للاحمرار أو للاسوداد، الرأس يكون مختبئًا عند رؤيتها من أعلى، الفقرة الأولى من الصدر، والتى تلى الرأس مختنقة من جهة القاعدة، البطن كبيرة مائلة للشكل الكروى، لها أرجل طويلة، وقرون استشعار اسطوانية طويلة وبذلك فإنها تشبه العناكب فى المظهر وكذا فى قوة الجسم، ومن ذلك أخذت اسمها.

دورة الحياة: تضع أنثى الخنفساء العنكبوتية الشعرية حوالى 40 بيضة، البيضة كمثرية الشكل، يفقس البيض ليعطى يرقات يبلغ طولها حوالى 1.5 مليمتر لونها أبيض مائل للاصفرار ورأسها بنية، منحنية بشكل هلالى وتكون موجودة داخل الحبة، تتطور اليرقة خلال ثلاثة أشهر وتنسلخ خلالها ثلاثة مرات.

تتغذى الخنافس العنكبوتية أيضًا على الحشرات الأخرى الميتة ومخلفاتها وعلى مخلفات القوارض. أهم الأنواع التى تصاحب الحبوب هى:

الخنفساء العنكبوتية الملساء (*Gibbium psylloides*) Smooth spider beetle

الخنفساء العنكبوتية السوداء (*Mezium americanum*) Black spider beetle

الخنفساء العنكبوتية الذهبية (*Niptus hololeucus*) Golden spider beetle

الخنفساء العنكبوتية الشعرية (*Ptinus villiger*) Hairy spider beetle

شكل (2-23) أهم الخنافس العنكبوتية المصاحبة للحبوب المخزنة

تأثير الظروف البيئية على نشاط الحشرات

يتأثر نشاط الحشرات فى كتلة الحبوب بدرجات الحرارة والرطوبة النسبية، وتمارس أفضل نشاط لها عند درجة حرارة 27 - 30 °س. بينما يؤدى انخفاض درجة الحرارة إلى 15°س إلى حدوث انخفاض ملحوظ فى نشاطها فى التغذية وانخفاض حاد فى التكاثر. يلائم بعض الخنافس مثل خنفساء الحبوب الصدئية درجات حرارة أعلى (32 - 35 °س) وتستطيع تحمل الحرارة المنخفضة إلى ما دون الصفر. وتتراوح أفضل رطوبة نسبية لنشاط الحشرات

بين 70 إلى90٪، ويؤدى انخفـاض الرطوبة النسبية إلى خـفض النشاط وليس إلى توقفه، وتستطيع الخنافس تحمل الرطوبة المنخفضة نسبيًا عن الفراشات.

وتؤثر درجات الحرارة على وضع الإناث للبيض وعلى فترة الجيل، وقد وجد من دراسة أجـريت على سوسة الأرز أن تعداد العشـائر يتزايد بمعدلات كبـيرة جدًا عند درجة الحـرارة المثلى وأن انخفاض درجـة الحرارة إلى 15° س يؤدى إلى خفض كـبير فى تعـداد الحشرات خـاصة عند المحتـويات الرطوبية المنخفضة للحبوب.

جدول (2-2) عدد الحشرات بعد 150 يوم من وضع 5 أزواج من سوسة الأرز *Stitophilus oryzae* مع حبوب قمح ثم التخزين على مستويات مختلفة من درجات حرارة و المحتوى الرطوبى.

المحتوى	درجات حرارة الحبوب (°س)			
الرطوبى%	10	15	27	32
9	0	0	0	12
10	0	0	326	413
11	40	87	885	984
12	58	4827	9661	2223
13	514	8692	10267	3230
14	591	10745	13551	3934

ويؤدى انخـفـاض المحتـوى الرطوبى للحـبـوب إلى 12٪ أو أدنى إلى حدوث انخفـاض حاد فى التكاثر بينما تكون معدلات التكاثر مـرتفعة بزيادة المحتوى الرطوبى إلى 13٪ أو أكثر. تؤدى زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الفراغات بين الحبوب إلى نقص ملحوظ فى نشاط الحشرات.

يؤدى توفر الظروف المثلى لنشـاط الحشرات إلى تزايد العشـائر إلى حد حدوث تنافس بـين الأنواع على المكان والغذاء، فـينعكس ذلك بالسلب على

معدلات تزايد العشائر لبعض الأنواع. تتباين قدرات الحشرات على المنافسة، وعلى سبيل المثال فإن خنفساء الحبوب المسننة يتناقص تعدادها عند تكون النقاط الساخنة وتزايد تعداد الفطريات والأكاروسات. وعلى وجه العموم فإن تزايد تعداد عشائر أنواع من الحشرات يثبط نشاط عشائر أنواع أخرى. يكون نشاط الأنواع التى تتغذى على الحبوب الكاملة، مثل سوسة الأرز وسوسة الذرة، عاليًا فى المراحل الأولى من التخزين، ويستفيد من ذلك الأنواع التى تتغذى الحبوب المكسورة فتزداد عشائرها، وتكون النتيجة فى المراحل المتقدمة هى انعكاس الوضع.

العلاقة بين الحشرات والفطريات

سبق أن تناولنا ما تقوم به الحشرات من حمل لجراثيم الفطريات وتسهيل حدوث الإصابة بها. توجد أيضا علاقات غذائية للحشرة على الفطريات وتقسم الفطريات من حيث تغذية الحشرات عليها إلى الأقسام الآتية:

1 - فطريات تصلح كغذاء كامل لنوع أو أكثر من الحشرات وتتمكن هذه الحشرات من إتمام دورة حياتها، ومن هذه الفطريات *Aspergillus, versucolor* الذى تتغذى عليه خنفساء الحبوب المفلطحة *Cryptilestes minutus* وخنفساء الحبوب الحمراء *Tribolium costaneum* وخنفساء الحبوب المسننة *Orizaephilus surinamensis*. ويستخدم الفطرين *Clodosporium clodosporiodes* و*Negrospora sphaerica* كغذاء لحشرة *Lathridus minufus* وكلا من *P.puniculosum* و *P.spinulosum* كغذاء لسوسة المخزن *Sitophilus granarius*، ورغم أن أنواع من الجنس *Alternaria* تصلح كغذاء لكثير من الحشرات لتقبلها له إلا أن هذه الحشرات لا تتكاثر عند التغذية عليه ويتوقف ذلك على نوع الفطر.

2 - فطريات تثبط نمو وتكاثر الحشرات عند التغذية عليها، فقد وجد أن *Alternaria alternate* , *P.cyclopium* تثبط نمو وتكاثر سوسة المخزن *S.granarius* عند التغذية عليها، كذلك فإن فطرى *A.cheralievi* و*A.candidus* عند استخدامهما كغذاء بواسطة أى من *C.minutus* أو *T.castoneum* أو خنفساء الحبوب المسننة *O.surinamensis* .

3 - فطريات ترفضها الحشرات عند التغذية عليها لعدم تقبل طعمها أو لسمية الفطر نفسه أو لتسمم الحبوب النامى عليها والتى تتغذى عليها الحشرة، مثل *A flavus, A. parasiticus, A. fumigatus* , *A. terreus* . وقد يبدو أن بعض الحشرات يحدث بها الموت نتيجة لتطفل الفطريات عليها لإصابتها بجروح، إلا أن موت هذه الحشرات إنما يعزى إلى التوكسين الذى يفزره الفطر والذى ينتشر داخل جسم الحشرة مسببًا موتها.

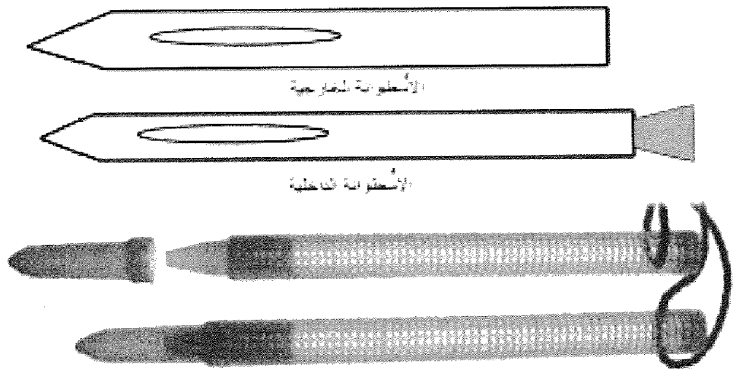
الكشف عن وجود الحشرات فى الحبوب

أخذ العينة

أكثر مكان تظهر فيه الإصابة الحشرية فى الصوامع هو مركزها قرب سطح الحبوب. يرجع ذلك لأن هذا المكان هو الأكثر دفئًا، والأكثر رطوبة نتيجة لتيارات الحمل. وعلى ذلك يكون أفضل مكان لأخذ عينة حبوب هو على عمق متر واحد من السطح عند المركز، إذا كانت الحبوب خزنت لمدة شهر، وإذا كانت حديثة التخزين تؤخذ العينة من عمق متر واحد من السطح من أى مكان. تؤخذ العينات من الأجولة بحيث تمر عصا أخذ العينات بمركزها.

1 - **عصا أخذ العينات Grain trier**: وهى عبارة عن أسطوانتين معدنيتين الخارجية طرفها السفلى مدبب، والداخلية تنزلق بداخل الأولى وفى طرفها العلوى مقبض، كل من الأنبوبتين بها فتحة. تدفع العصا داخل الحبوب وتدار إحدى الأسطوانتين بمقدار نصف دورة فتتقابل الفتحات وتدخل الحبوب داخل العصا، وبدورانها نصف دورة مرة أخرى يتم غلق الفتحة على عينة الحبوب المأخوذة. يتم سحب العصا ودوران إحدى الاسطوانتين بمقدار نصف دورة فتخرج الحبوب.

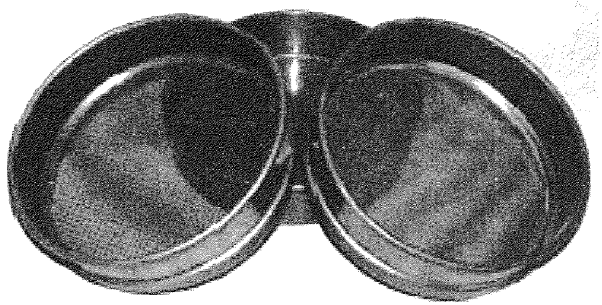
2 - **مسبار صيد الحشرات Probe pitfall trap**: وهو عبارة عن أسطوانة بلاستيكية جوفاء قطرها 2.5 سنتيمتر، مثقبة بثقوب قطرها حوالى 2.8 مليمتر، تسمح بدخول الحشرات فقط، دون الحبوب، ولا تسمح بخروجها، وفى طرفها السفلى أنبوبة يتم تجميع الحشرات بها. يدفع المسبار داخل الحبوب ويترك عدة أيام ثم يسحب ويتم عد الحشرات.



شكل (2- 24)عصا أخذ العينات و مسبار صيد الحشرات

غربلة عينة الحبوب

لتقدير الحشرات فى حالة الحبوب النشوية تغربل العينة فى غربال رقم 10 (سعة ثقوب 2 مليمتر). توضع العينة المأخوذة من عصا أخذ العينات فى الغربال، ثم يقرب الغربال من مصباح كهربى لمدة دقائق لتدفئته فتسقط الحشرات فى طبق سفلى، ويتم عد الحشرات المتحركة. يستخدم لتقدير الحشرات فى البذور الزيتية غربال رقم 20 (سعة الثقوب 0.85 مليمتر) No. 20 sieve (0.85-mm aperture).



شكل (2-25) الغرابيل المستخدمة لفصل الحشرات من عينة.

تصنف عينة الحبوب على أنها مصابة إذا احتوت على عينة حبوب زنتها 1000جرام على 2 حشرة حية من الخنافس، أو حشرة واحدة حية من الخنافس، مع حشرة حية أخرى من السوس أو الفراشات.

الأكاروسات

تنتمى الأكاروسات Mites إلى طائفة العنكبيات Arachinida، وهى أصغر كائنات فى شعبة مفصليات الأرجل phylum Arthropoda. وهى كائنات هشة، صغيرة للغاية، فهى لا ترى بالعين المجردة. خلافا عن الحشرات التى تكون أجسامها مكونة من رأس وصدر وبطن ولها ستة أرجل، فإن الحيوان البالغ فى الأكاروسات له جسم كمثرى أو بيضوى الشكل ذو ثمانية أرجل، واليرقات لها ستة أرجل، إلا فى حالات نادرة. تعتبر الأكاروسات أصغر الآفات المصاحبة للحبوب المخزنة، ونظرا لدقة أحجامها فإنه غالبًا لا يلاحظ وجودها. يكون وجود الأكاروسات شائعًا فى الحبوب المخزنة عند رطوبة نسبية 75-85٪ ويقل نشاطها خارج هذه الحدود ويتوقف نشاطها عند انخفاض الرطوبة النسبية إلى 61٪ أو أقل. تظهر الأكاروسات عادةً فى تجمعات كثيفة، وقد يصل تعدادها إلى حوالى 10000 فرد فى عينة قدرها 200جرام من الحبوب. وقد وجد فى إحدى الدراسات أن جنين حبة واحدة من القمح كان محتويًا على 50 فرد من الأكاروسات.

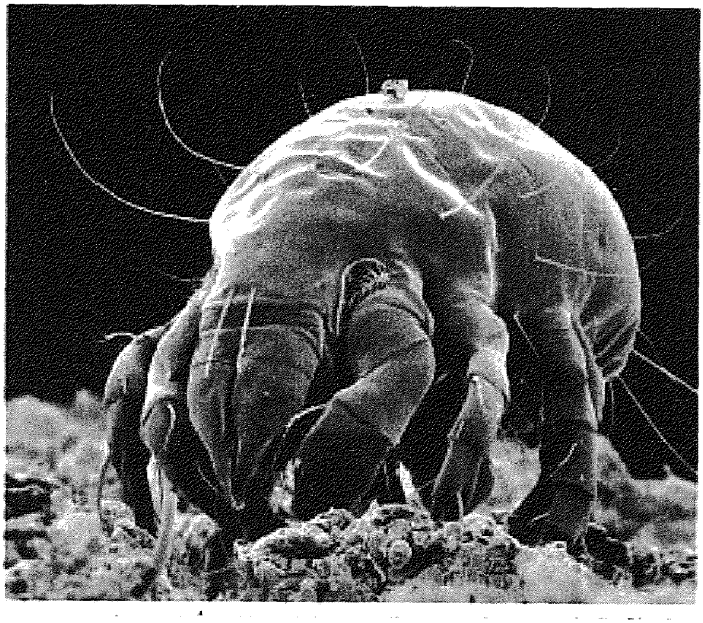
تتحمل الأكاروسات العيش فى الجو البارد. وتكون معظم تغذيتها على على الحبوب المحطمة والشوائب والفطريات، وعلى ذلك فهى مهيئة جيدا للعيش فى الحبوب المخزنة. بعض أنواع الأكاروسات مثل الحلم المفترس cannibal mite توجد بها ظاهرة الافتراس الذاتى، أو افتراس أكاروسات أخرى، وكذلك تتغذى على بيض بعض أنواع الحشرات. تعيش الأكاروسات فى الجيوب الرطبة من الحبوب. يوجد حوالى ثمانية أنواع من الأكاروسات تكون شائعة فى المخازن والصوامع، يعطى بعضها للحبوب المصابة رائحة نفاذة مميزة.

تتضمن دورة حياة الأكاروسات بيضة، ثم يرقة ذات ستة أرجل، وطورين أو ثلاثة أطوار من حوريات ذات ثمانية أرجل، ثم حيوان بالغ ذو ثمانية أرجل. تتم دورة حياة الأكاروسات خلال 9-11 يومًا تحت أنسب الظروف (رطوبة نسبية 87٪ ودرجة حرارة 22,7 °س). يحدث فى بعض الأكاروسات أن تتحول الحورية إلى طور لا يتغذى يطلق عليه الطور الارتحالى hypopus، وعند هذا الطور تصير مقاومة لدرجات الحرارة المنخفضة شتاءً، وللجفاف، ولشح الغذاء، ولمعظم المواد المستخدمة فى تدخين الحبوب مما يصعب استئصال الأكاروسات. والطور الارتحالى قد يتحرك حركة محدودة للغاية معتمدًا على نفسه كما يمكن أن يتحرك لمسافات أكبر متعلقا بالحشرات والقوارض وقد يكون ساكنًا. يبقى هذا الطور لفترة طويلة حتى تتحسن ظروف المعيشة وقد وجد أنه يمكن أن يبقى محتفظًا بحيويته فى الدقيق لمدة سبعة أشهر.

أهم أنواع الحلم المصاحبة للحبوب المخزونة.

1 - أكاروس الحبوب (*Acarus siro*) Grain mite

يهاجم هذا الأكاروس جنين البذرة، أو الحبوب المكسورة، كما أنه يتغذى على الفطريات. تبدو الحبوب المصابة بهذا الأكاروس متسخة، وغير مقبولة المذاق لو قدمت كعلف للحيوان، وفى حالة تغذية الحيوانات عليها يحدث لها اضطرابات معوية وأعراض أخرى. الجسم كمثرى الشكل أبيض اللون إلى بنى مصفر، طوله 0.3-0.6 مليمتر، وتكون الإناث أكبر من الذكور، الأرجل قصيرة، تنتهى بزائدة غشائية تحمل مخلبًا واحدًا. تنتشر على الجسم شعيرات تختلف بين القصير والطويل، بعضها بسيط أملس والبعض مسنن تسنينًا دقيقًا. توجد بقعتان بنيتان على جانبى الجسم هما الغدد الزيتية، وهى تفرز سائلاً زيتيًا يحافظ على رطوبة الجسم.



شكل (2-26)

صورة بالمجهر الإلكترونى الكاسح لذكر أكاروس الحبوب

تضع الأنثى نحو 20 بيضة، يفقس البيض ليعطى يرقات بيضاء طولها 0.15 مليمتر ذات ستة أرجل. تنسلخ اليرقات لتمر خلال أسبوعين بطورين من الحوريات ذات الثمانية أرجل، ثم تتحول إلى طور بالغ. يمكن أن يمر الحيوان بين طورى الحورية بطور ارتحالى طويل. ينتشر هذا الحُلم فى جميع أنحاء العالم، وبالإضافة إلى تغذية الحيوان على الحبوب فإنه يسبب حدوث رائحة غير مقبولة للحبوب ويؤدى وجوده إلى سرعة فساد الحبوب، كما أنه يمكن أن يهاجم الثمار المجففة. يسبب تداول الحبوب المصابة بهذا الأكاروس حدوث حكة جلدية عند الإنسان.

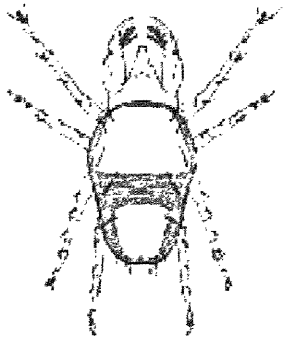
2 - الأكاروس ذو الشعر الطويل Long-haired mite

Lepidoglyphus destructor

شكل (2-27) الأكاروس ذو الشعر الطويل

يوجد هـذا الأكاروس بكثرة فى المـواد المخزنة، يتغذى على الحبوب النشوية والـبذور الزيتية، السليمة أو المكسورة. الجـسم طوله 0.3- 0.5 مليمتـر، مغطى بشعيرات أطول مـن الجسم. الفكوك ملقطية الشكل، ويتمـيز بأن رسغ الأرجل طويل جـدًا، ورفيع ويحـمل وسادة غـشائية مـتصـلاً بها مـخلب صغـير. يقاوم البـرودة بشدة، فيـمكنه العيش على 18° لمدة أسبوع.

3 - الأكاروس المفترس (*Cheyletus eruditus*) Cannibal mite



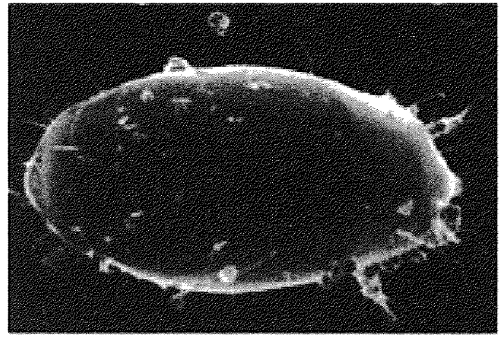
شكل (2-28) الأكاروس المفترس

يتـغذى على أفـراد نوعه وعلى أكـاروس أخرى، وعلى بيض الحشـرات ويرقاتها. يلعب دورًا هامًـا فى خـفـض تعـداد الأكـاروسـات والحشرات التى تتغذى على الحبوب، وذلك فى حالة تواجـده بكثرة. الجسـم سداسى الشكل، أبيض اللون أو أصفـر، ويوجد صفيحـتان على السطح الظهـرى. الأرجل عـادية، وتحـمل كل رجل فى نهـايتهـا زوجًا من المخالـب. يمارس نشـاطه فى جمـيع فصـول السنة ويتكاثر بين درجتى حرارة 12-27° س.

4 - أكاروس الحبوب اللامع Glossy grain mite

(*Tarsonemus granarius*)

يتغذى عـادةً على الفطريات النامية على سطح الحبوب والبـذور الزيتية التى بلغت مـرحلة متقـدمة من التـدهور. الجسم بيـضاوى الشكل، قـشدى اللون، عليه تحززات تقسمه إلى أربعـة مناطق. صغير جداً فى الحجم، طوله يقل عن 0.2 مليمتر. فى الإناث تكون حرقفة الرجل الثالثة مستطيلة، والرجل الرابعة مـضمـحلة وتحمل زوجًـا طويل من الشعـيرات. يتم دورة حـياته من البيضة للحيوان البالغ خلال أسبوع فى درجات حرارة 30 ْس ومحتوى رطوبى 18٪ للحبوب النشوية.



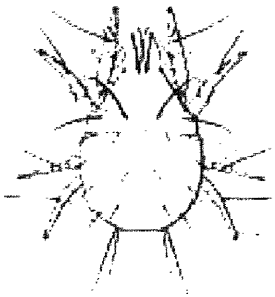
شكل (2-29)

منظر علوى لأنثى أكاروس الحبوب اللامع

5 - أكاروس العفن، أو (أكاروس الجبن)

Mold Mite, *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank)

لونه أبيض قشدى، مائل للشفافية الطول 0.3-0.8 مليمتر، أنسب درجة حرارة لممارسـة نشاطه 32 ْس. يعتـبر أحد أهم الآفـات المدمرة للمنتـجات



شكل (2-30)
أكاروس العفن

المخزنة، يوجد عادة فى المنتجات ذات المحتوى العالى من الدهون مثل الفول السودانى وبذور الكتان، كما يوجد أيضا فى عديد من الحبوب ومنتجاتها، وفى الجبن الرومى المخزن. تعتبر إصابته للحبوب ومنتجاتها فى المنزل أمرًا مزعجًا، حيث إنه يسبب للإنسان الذى يتداول المواد المخزنة مرضًا جلديًا شديدًا يسبب حساسية جلدية تسبب الحكة ويطلق عليها" بحكة البقال grocer's itch " . كما يسبب حساسية صدرية.

العلاقة بين الأكاروسات والفطريات

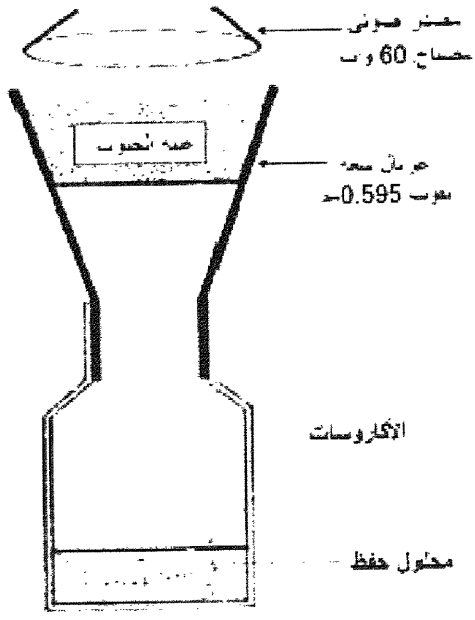
تقوم الأكاروسات بحمل ونقل الفطريات خلال كتلة الحبوب، إلا أن قدرتها على النقل قليلة نظرا لصغر حجم أجسامها، إلا أن هذا النقل يعتبر هامًا فى حالة النقل الانتقائى لبعض أنواع الفطريات. وقد وجد فى إحدى الدراسات أن 94 نوعًا من الفطريات عزلت من على أجسام ومن براز الأكاروسات المصاحبة للحبوب والبذور وهى: *Caloglyphus rhizoglyphoides*، *Lepidoglyphus destructor*، *Acarus siro*، *Tyrophagus putrescentnae*، *Cheyletus malaccensis*. وقد أوضحت الدراسة وجود علاقة ارتباط بين زيادة تكرارية ظهور أنواع من الفطريات وبين نوع الأكاروس، كما أن تكرارية عزلها اختلفت تبعا للعزل من على سطح الجسم أو البراز. وكانت أكثر أنواع الفطريات المعزولة من: 1) سطح أجسام الأكاروسات *Penicillium brevicompactum*، *Alternaria alternate* و*Aspergillus versicolor*. وكانت أكثر الفطريات المعزولة من: 2) على سطح الأكاروسات ومن على سطح الحبوب *Aspergillus niger*، *Penicillium*

crustosum، *Penicillium chrysogenum* و*Aspergillus flavus*، بينما كانت أنواع الفطريات المعزولة من: 3) على سطح الحبوب فقط هى *Cladosporium herbarum*، *Mucor dimorphosporus*، *Botrytis cinerea*، *Penicillium griseofulvum* و*Eurotium repens*.

أجريت دراسة لتتبع مدى تكرار ظهور الفطريات فى حبوب قمح مصابة بثلاثة أنواع من الأكاروسات هى *Acarus siro*، *Glycyphagus destructor* و*Tyrophagus longior*، مقارنة بحبوب خالية من الإصابة، وذلك على مدى 20 أسبوعًا. وقد وجد أن أعداد مستعمرات *Aspergillus glaucus group* لكل جرام حبوب تقل دائما فى القمح المحتوى على الأكاروسات مقارنة بالقمح غير المصاب بالأكاروسات. وكانت أعداد أنواع *Penicillium* تقل فقط فى حالة القمح المصاب بأكاروس الحبوب *A. siro*، ويبدو أنها لا تتأثر بالأكاروسات الأخرى. من ناحية أخرى كان كل من *Aspergillus restrictus*، *Wallemia sebi* أكثر شيوعًا فى وجود الأكاروسات، وكان الأول مرتبطًا بوجود أكاروس *G. destructor*، والأخير مرتبط بوجود كل من *G. destructor* و*A. siro*. ربما كانت هذه الأكاروسات تتغذى على *A. glaucus group* وأنواع *Penicillium* أو تثبيطها.

تقدير الأكاروسات فى الحبوب

لتقدير الأكاروسات فى الحبوب يستخدم قمع بيرليس Berlese funnel (شكل 2-31) لجمع الأكاروسات من العينة. ويتم ذلك بوضع عينة معلومة الوزن من الحبوب فى القمع أعلى غربال رقم 20 أو 30 بسعة ثقوب 0.595 مليمتر. يسلط مصدر ضوئى (مصباح كهربى 60 وات) لرفع درجة الحرارة على سطح الحبوب إلى 70-75°س، فتبتعد الأكاروسات عن مصدر الحرارة وبالتالى فإنها تمر من خلال الغربال. تستقبل الأكاروسات المارة من القمع فى قارورة، تحتوى على محلول حفظ، حيث يتم عدها وتصنيفها.



شكل (2-31)

قمع بيرليس لجمع الأكاروسات

الفصل الرابع

القوارض والطيور

Rodents And Birds

أولا: القوارض:

تشكل القوارض (الفئران والجرذان) بوجه عام أكبر خطر على مخزون الغذاء فى العالم. أكثر القوارض مهاجمة للحبوب المخزنة هى الفأر المنزلى (*Mus musculus*) والجرذ النرويجى (*Rattus norvegicus*) ويطلق عليه أيضا الجرذ البنى أو جرذ المجارى؛ والجرذ الأسود ويطلق عليه أيضا جرذ السفن ويطلق عيه أيضا جرذ السطوح (*R. rattus*) ؛وجرذ النيل (*Arvicanthis niloticus*)، ويطلق عليه أيضًا الجرذ الأفريقى وجرذ العشب غير المخطط. تسبب القوارض ضررا مباشراً فى الحبوب المخزنة يقدر هذا الضرر بفاقد يبلغ حوالى 1٪ على المستوى العالمى وتلتهم القوارض فى بعض الدول النامية ذات التخزين البدائى ما بين خُمس إلى ثُلث المحصول . على سبيل المثال فإن الجرز النُرويجى البالغ يأكل بمعدل 10٪ من وزنه يوميا، أى حوالى 28 جرام فى اليوم الواحد، بما يعنى أن الحبوب المستهلكة بواسطة 25 جرز تكفى لغذاء إنسان. يوضح جدول (2 – 3) كميات الغذاء المستهلك بواسطة القوارض .

إضافة إلى ما سبق فهناك أضرار أخرى تسببها القوارض تفوق ضرر الاستهلاك المباشر، إذ أن جراثيم الفطريات وكذا الحشرات والأكاروسات يمكن أن تُحمل بواسطة أقدام القوراض وفروها وبرازها لتنتشر فى الحبوب.

جدول (2-3) كمية الغذاء التي تستهلك يوميا وسنويا بواسطة بعض القوارض التي تهاجم الغذاء المخزن

القوارض		كمية الغذاء اليومى (جرام)	كمية الغذاء السنوى (كيلوجرام)
Rattus norvegicus	الجرذ النرويجى	20-15	9 - 6
R. rattus	جرذ الأسطح	12 -8	4 -3
Arvicanthis niloticus	جرذ النيل	8 -5	3 -2
Mus musculus	الفأر المنزلى	3 -2	1 -0.7

أجريت دراسة عن أنواع الفطريات التى يمكن أن تنقلها القوارض بواسطة برازها إلى الحبوب المخزنة. وقد أمكن عزل 12جنس من الفطريات من براز القوارض .كانت أكثر الأنواع المعزولة تنتمى للجنس *Penicillium*، يليها الجنس *Aspergillus* وعزل منه خمسة أنواع، وخمسة أنواع أيضًا تنتمى للجنس *Mucor*. أما على مستوى النوع فقد كان عدد الأنواع المعزوله 35 نوعًا وكانت الأنواع الأكثر سيادة هى *Eurotium repem*، *Microascus brevicaulis*، *Aspergillus niger*، *Mucor mucedo*، *Penicillium aurantiogriseum*، *Thamnidium elegans*، يليها *Aspergillus candidus*، *Cladosporium herbarum*، *Penicillium solitum* .

بتصنيف الفطريات إلى ثلاثة مجموعات هى فطريات المخزن storage fungi، وفطريات الحقل field fungi، وفطريات مترممة على البراز coprophagous fungi، كانت أكثر الأنواع المعزولة تنتمى إلى فطريات المخزن يليها فطريات الحقل. كانت الأنواع التابعة لفطريات المخزن تنتمى لأجناس *Penicillium, Aspergillus, Eurotium* ؛ والأنواع التابعة لفطريات المخزن تنتمى لأجناس *Alternaria* و *Arthrinium* و *Cladosporium* و *Epicoccum*. أما عن الأنواع المترممة على براز القوارض فقد تمثلت فى *Penicillium coprobium* و *P. coprophilum*. بناء على ذلك فإن القوارض

تقوم خلال رحلاتها من مصدر الماء إلى أماكن تخزين الحبوب بتلويث الحبوب بمزيد من لقاح الفطريات المسببة للتدهور. إضافة إلى ما سبق فإن بول القوارض يرفع رطوبة الحبوب ويزيد مستوى النيتروجين مما يترتب عليه زيادة نشاط الفطريات وتكوين بؤر لنقاط ساخنة.

كما أنها تلوث الحبوب بشعرها وجثث ما يموت منها. تقوم القوارض أيضًا بإتلاف الحاويات والأسلاك الكهربية والأسلاك الخاصة بأجهزة قياس الحرارة والرطوبة فى الصوامع. تقوم القوارض أيضا بعمل ثقوب فى الأجولة والأغطية البلاستيكية مما يؤدى إلى تبليل الحبوب بماء المطر كما يؤدى إلى عدم فعالية عملية التدخين لمكافحة الحشرات وإلى حدوث فاقد ناتج عن تغذية الطيور على الحبوب، وذلك نتيجة لتمزيق الأجولة وبالتالى تتعرض الحبوب لمهاجمة الطيور.

طبقا لمعايير الجودة الأمريكية فإن الحد المسموح به من التلوث الناتج عن القوارض هو وجود شعرة واحدة/ 50 جرام دقيق. يعتمد تأثير ضرر القوارض فى قطر ما على مدى توفر الغذاء، ففى حالة البلاد التى تعانى من نقص الغذاء فإن الضرر الناتج عن نقص جودة الحبوب يهمل تماما ويكون الضرر الأساسى متمثلاً فى الفقد المباشر للحبوب، ولسوء الحظ فإن تلك الأقطار يكون فيها الضرر المباشر الناتج عن الفقد المباشر للحبوب أعلى كثيرا جدا من الأقطار التى لديها وفرة من الغذاء.

بيئة وسلوك القوارض

* تعتاد الفئران على استخدام طريق ثابت جيئة وذهابا، خاصة أثناء تسلقها للحوائط الرأسية.

* تتجنب القوارض أى غذاء غير معتاد يمكن أن تجده، مما يجعلها لا تقع فى المصايد وتتغذى على الطعوم السامة. ويتطلب وقوعها فى الفخاخ أن يوضع لها طُعم غير مسمم لعدة أيام حتى تعتاد وجوده

وتطمئن إليه ومن ثم تقبل عليه وتتناول كميات كبيرة منه، عندئذ يمكن وضع نفس الغذاء مع وضع السم. تعمل هذه الطريقة على تقليل فرصة تناول الفئران لجرعات أقل من المميتة من سم ما وبذلك تعتل صحتها فقط وتتجنب تناول أى طعوم توضع لها.

* تفضل القوارض عمل جحورها بجوار الحوائط، ويمكن أن يكون الجحر بعمق 2 متر ويكون له عديد من المخارج.

* تمارس أغلب القوارض أقصى نشاط لها خلال النصف الأول من الليل.

* تستطيع القوارض أن تعبر من مبنى لآخر مستخدمة أسلاك الهاتف أو أسلاك نقل التيار الكهربى، ويمكنها أن تقفز لأسفل من مسافة 15 متر دون أن يصيبها ضرر يذكر.

* تستطيع القوارض تسلق الحوائط الخشنة بسهولة، ويمكنها تسلق الحوائط الملساء إذا ما كان قريبا منها ما يحمى ظهورها ويجنبها السقوط، فهى تستطيع أن تتسلق لأعلى داخل أنابيب صرف صحى أو تصريف ماء المطر بقطر 4 - 10 سنتيمتر، ويمكنها تسلقها خارجيا. تستطيع الفئران القفز لأعلى لمسافة حوالى 50 سنتيمتر وأفقيا لمسافة 120 سنتيمتر.

* تستطيع القوارض العوم لمسافة 1 كيلومتر، ويمكنها الغوص فى الماء فى المجارى المائية وداخل أنابيب الصرف الصحى.

* يمكن للفئران الدخول إلى الأماكن المغلقة إذا ما توفرت لها فتحة بقطر يزيد عن 12 مليمتر.

* تنمو قواطع الجرز البالغ بمعدل 0.31 - 0.32 مليمتر / يوم طوال حياته، أى أن أقل معدل لنموها هو 2.2 مليمتر فى الأسبوع، ولكى

تمنع أسنانهـا من أن تطول بدرجة كبـيرة فـإنها تنخـر أى شىء مثل الخشب وأنابيـب الأسبيـستوس والألومـينيوم والرصـاص والسدات الخرسانية.

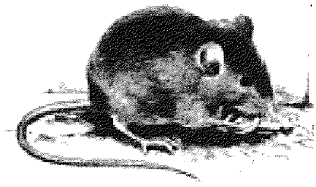
* للقوارض حس دقيق فى اللمس والذوق والشم والسمع، وهى معتادة على رائحة البـشر عادة لأنهـا تعيش معهـا، لذا فهى لا تعبـأ بهذه الرائحـة إذا كانت مـصـاحبـة لفخ أو طعم سـام وهى لا تأكل فى الأحوال العـادية الغذاء المتـعفن. لا تميـز الفئـران الألوان، لذا فإن تلوين السمـوم الخاصة بهـا يكون لتنبيـه البشر، فـلا يعبثـوا بالغذاء المسمم ولا يتناولوه.

* تتطلب القـوارض فى مـعيـشتـها توفـر الماء، إذ يحـتاج الجـرذ إلى 15مليلتر ماء/ 100 جرام من وزن الجسم/ يوم، بينمـا يحتاج الفأر المنزلى10 - 12 مليلتـر ماء/ 100 من وزن الجـسم/ يوم. بناءً على ذلك فإن الماء الموجود فى المحتوى الرطوبى المعتاد فى الحبوب المخزنة لا يكون كافيا لمعيـشتها وتكاثرها، لذا فإنها لا تكون مسـتقرة بصفة دائمة فى مـوضع تخزين الحبـوب وإنما تكون جحورها فى الحـقول المجاورة أو قريبا من مصدر الماء وتكون دائمة التنقل بين مصدر توفر الماء وموضع تخزين الحبوب. يعتمـد تعداد عشيرة الفئران فى أماكن التخزين على قرب توفر مصدر الماء.

* يمكن أن تعيش القوارض فى درجات حـرارة دون الصفر إذا ما توفر الغذاء.

الوصف والمعيشة لأهم أنواع القوارض

الفأر المنزلي:



شكل (2-32) الفأر المنزلي

يبلغ الطول للرأس والجسم معًا 75 - 100 مليمتر، طول الذيل 65 - 90 مليمتر. وزن الجسم 15 - 20 جرام. الظهر لونه بنى داكن إلى رمادى، والبطن لونها رمادى فاتح أو قشدى مائل للبياض. الذيل نادرًا ما يكون عليه شعر. الجسم صغير وأسطوانى، والعينان بارزتان وكذلك الأُذنان. ينتشر فى جميع أنحاء العالم، فى المناطق القطبية والاستوائية والمعتدلة، فى السهول والصحارى، ويمكن أن يتواجد فى أماكن بعيدة عن سكنى البشر. يتغذى على الحبوب فى الحقول والمخازن وكذا على القمامة وغير ذلك.

يحفر جحوره تحت الأرض ويقيم أعشاشه على الأشجار وعلى أسطح المنازل. ولا يتحرك لأكثر من 1 - 3 متر بعيدا عن الجحر أو العُش. يكفيه من الغذاء 2 - 3 جرام من الحبوب، وهو متأنى فى تناوله لغذائه، عادة يقوم بتجربة أنواع الغذاء المختلفة المحيطة أولا، لكنه يفضل الحبوب.

يتكاثر طوال العام، تستغرق فترة الحمل 19 - 20 يوم، يحدث التبويض وتصبح الإناث جاهزة للتلقيح بعد يوم واحد من الولادة، لذا فهى يمكن أن تلد 10 مرات فى السنة، يبلغ متوسط عدد الصغار فى الولادة الواحدة 3 - 12 بمتوسط خمسة، يفطم الصغار بعد 21 يومًا، وتبلغ الصغار جنسيا عند عمر 5 - 7 أسابيع فى كل من الذكور والإناث. متوسط العمر عامان تحت الظروف التجريبية و12 - 18 شهرًا فى الحياة البرية.

جرذ السفن Roof rat

شكل (2-33) جرذ السفن

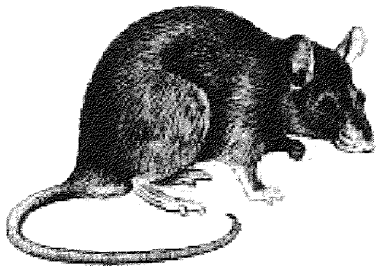
يبلغ الطول للرأس والجسم معًا 140 - 220 مليمتر، طول الذيل 160 - 250 مليمتر. وزن الجسم 120 - 260جرام، تكون الذكور أكبر حجمًا وأكثر وزنًا من الإناث. الظهر لونه أسود غالبًا إلى رمادى داكن، والبطن لونها رمادى فاتح. الذيل عارى من الشعر غالبًا وأطول من الجسم. الجسم اسطوانى مغطى بشعر ناعم، الجمجمة صغيرة والمقدمة الأنفية مستدقة.

ينتشر فى جميع أنحاء العالم، فى المناطق القطبية والاستوائية والمعتدلة، فى السهول والصحارى، ويمكن أن يتواجد فى أماكن بعيدة عن سكنى البشر. يتغذى على الحبوب فى الحقول والمخازن وكذا على القمامة وغير ذلك. يسكن فى الأبنية فى المناطق المعتدلة وتتضمن المنازل والمطاعم والمحلات التجارية ومزارع الدواجن ومخازن الحبوب. ويعيش بالقرب من الإنسان فى المدن والقرى والمزارع فى المناطق الاستوائية. ويعتبر أكثر الجرذان التى توجد فى السفن، ومن ذلك اشتق اسمه جرذ السفينة "ship rat". يعيش فى حقول قصب السكر وبساتين الفاكهة ويسبب لها الخسائر فى أماكن عديدة من العالم، فهو يسبب الخسائر فى بساتين الحمضيات والكاكاو وجوز الهند ونخيل البلح والأفوكادو وغيرها. يعشش فى الأماكن المرتفعة، على الأسطح وفوق الأشجار، ويعيش قرب معيشة الإنسان . يأكل الثمار والبذور والنقل، ويمكن أن يأكل الحشرات والعشب عند نقص الغذاء، يتناول 8 - 10جرام من الحبوب يوميًا.

يعيش معيشة اجتماعية خاصة، فالذكر يكون له مجموعة من الإناث الخاضعة له (اثنان على الأقل)، وتفضل الإناث الذكر الأكثر سيادة، وهى أيضًا

تكـون أكثر سيادة فى المجموعـة. تستمر فترة الحمل 20 - 22 يومًا، تلد الأم 6 - 12 بمتـوسط ثمانيـة من الصـغار ويتم الفطام بعـد 3 - 4 أسابيع، ويتم النضج الجنسى عند عـمر 3 - 5 شهـور فى كل من الذكور والإناث. يزدهر التكاثر فى الربيع والخريف عادةً، ويمكن أن تتكاثر طوال العام فى حالة توافر الغذاء والمأوى والظروف الجوية. تمتد حياته فـى المعيشة البرية إلى أقل من عام وتزيد عن عام تحت الظروف التجريبية.

الجرذ النرويجى Norway rat



شكل (2-34) الجرذ النرويجى

يعتـبر الجـرذ النرويجى هو أكـبر أفراد عائلة الجرذان حـجمًا، ويمكن أن يبلغ طوله مـن الأنف لنهـاية الذيل400 مليمتر، يبلغ الطول للرأس والجسم معًا 180 - 260 مليمـتر، الذيل أقـصر من الجـسم وطوله 150 - 210 مليـمـتـر، الذيل عارى مـن الشعر لونه مـن أسفل أفتح من اعلى. وزن الجسم 250 - 600 جرام تبعًـا للسن. يكون لون الظهر بنيًا داكنًا إلى رمـادى، والبطن لونها رمادى فاتح أو داكن. الأذنان صـغيرتان نادرا ما يكون عليهما شعر. تكون الأذنان قصيرتين مقارنة بالأنواع الأخرى.

يعيش فى جميع أنحاء العالم، خاصـة المناطق المعتدلة، ينحصر وجودة فى المناطق الاستوائية على الموانئ البحـرية، وعلى جوانب الأنهار لعدم تحمله للجو الحار، وهو يستطيع السباحة بمهارة. يهاجم مخازن الحبوب على المناطق الساحلية، ونادرا ما يوجـد فى المناطق الداخلية. يمكن أن يوجد داخل الأبنية وخارجها. يعيش داخل الأبنية فى الأمـاكن بين الأرضيات والحوائط، ويعيش خارج الأبنية تحت أكوام القمامة وقـرب المجارى المائية، والمستنقعات، ويمكن

أن يعيش فـى الأبنية المسكونة أو خـارجها. يتـخذ لنفـسه مأوى فـى العشب الغزير النمـو، و فى جحور أرضـية، وفى جـذوع الأشجار المتـعفنة، أو بين الصخور. ينشط بالليل عادةً، وأحيانًا فى المساء أو الصباح الباكر.

يتكاثر الجرذ النرويجـى طوال العام، إذا كانت الظروف مناسـبة، يمكن أن تلد الأنثى حتى سبع مرات فى العـام، ويتم التبويض بعد الولادة بحـوالى 18 ساعة وتصـبح الأنثى جاهزة للتزاوج مرة أخـرى، لذا فإن الأنثى الواحدة يمكن أن تلد 60 صغـيرا فى العـام، وهذا هو سبب التـزايد الكبيـر فى هذا الجرذ. تبلغ فترة الحمل 22 – 24 يوم، يكون عدد الصغار 7 – 8 ويمكن أن يصـل وزن الواحد منها إلى خمسة جرامات، تفتـح عيونها بعد 14 – 17يوم. يتم الفطام بعد 3 – 4 أسابيع بعدها تغادر الصغار العش. يتم النضج الجنسى للذكور بعـد ثلاثة أشهـر وللإناث بعد أربعة، ومـع ذلك تتزاوج الإناث أولا لأن صغـار الذكور لا يكون لـها القدرة علـى المنافسة عـلى الاستحـواذ على الإناث. يستمـر الفأر النرويجى فى التكاثر حتى عمـر سنتين، وهو يمكن أن يعيش حتى أربعة سنوات وهو أطول عمرًا من أى نوع من الجرذان.

جرذ النيل (الجرذ الأفريقى أو جرذ العشب غير المخطط)

Nile rate (African rate , Unstriped grass rats)

شكل (2- 35) جرذ النيل

يبلغ الطول للرأس والجـسم معًا 106 – 204 مليـمتر بمتـوسط 130مليـمتـر، طول الذيل 100 – 152 مليـمتر. يزن الجـسم 115 – 150جـرام، بمتـوسط 118 جـرام وتكون الذكور أكـبر من الإناث إذ

يكون متـوسط وزن الذكر 120 - 123جرام ويكون مـتوسط وزن الأنثى 92 - 114جرام. الجسم ذو فـروة كثيفة شـعثاء، الظهر محـدب لونه بنى مائل إلى رمادى، والبطن لونها بنى فاتح أو متوسط وبيضاء من قمتها. الرأس مستديرة ذات منطقة أنفيـة غير حادة، والأذنان مسـتديرتان يغطيهما شـعر دقيق. يغطى الذيل بشعـيرات دقـيقة يمكـن رؤيتها. الأنثى لهـا ثلاثة أزواج من الأثدية. يمكن أن تمتد حياته لعامين.

يعيش جرذ العشب غير المخطط فى منطقة الساحل الأفريقى من السنغال إلى أثيوبيـا وفى وادى النيل بالكامل، ومنطقة تحت الصحـراء، وهو لا يوجد فى المنطقة الشمـالية والشمالية الـغربية من القارة. يفضل العـيش فى الحقول المروية عن المعيشة فى مناطق رطبة وذلك نظرا لاحتـياجاته المائية. يتغذى على الحبـوب والبذور وثمـار الخضـر وأوراق وسوق النبـاتات والعشب، كـما أنه يتغذى على الحشرات وقلف بعض الأشجار. يستهلك 5 - 8جرام من الغذاء يوميًـا. يمارس نشـاطه ليلا ونهـارا، لكنه يتحـول إلى ليلى فى حالة الـنهار القائظ. يعيش فى مستوطنات تشترك معًا فى الجحور.

يتكاثر جرذ العشب غيـر المخطط طوال العام، يبلغ التكاثر ذروته عندما تكون الظروف البيئـية جيدة. تستغـرق فترة الحمل 18 - 25 يوم بمتوسط 23 يوم، يكون عدد الصغار 5 - 6 لكنها يمكن أن تصل إلى 12. تفطم الصغار بعد ثلاثة أسابيع وتنضج جنسيا بعد 3 - 4 أشهر.

مكافحة القوارض

المكافحـة البيئـية: يعتمـد عدد القوارض فى منطقة مـا على مدى توفر الغـذاء والماء والمأوى. يعمل قـتل القوارض بالطعـوم السامـة والفخـاخ على خفض تعدادها لفترة قصيـرة، لكنه يعود للزيادة مرة أخرى إلى قرب المستوى السابق. تعتبر الطرق المعتمدة على التـحكم فى ظروف البيئة فعالة فى اختزال حجم عشيرة القوارض . ويتمثل ذلك فيما يلى:

* إزالة مصادر مياه الشرب، ما أمكن ذلك، تتطلب القوارض فى معيشتها توفر الماء، إذ يحتاج الفأر إلى 15 - 30 مليلتر من الماء يوميًا، بينما يحتاج الفأر المنزلى أقل من 1 مليلتر/يوم. بناءً على ذلك فإن الماء الموجود فى المحتوى الرطوبى المعتاد فى الحبوب المخزنة لا يكون كافيا لمعيشتها وتكاثرها، لذا فإنها لا تكون مستقرة بصفة دائمة فى موضع تخزين الحبوب وإنما تكون جحورها فى الحقول المجاورة أو قريبا من مصدر الماء وتكون دائمة التنقل بين مصدر توفر الماء وموضع تخزين الحبوب. يعتمد تعداد عشيرة الفئران فى أماكن التخزين على قرب توفر مصدر الماء.

* تنظيف الأماكن المحيطة وإزالة أى مخلفات يمكن للقوارض أن تختبئ فيها أو تتخذ منها أعشاشًا. كما يجب إحكام غلق أى فتحات يمكن أن تنفذ منها القوارض، فالجرذان يمكن أن تنفذ من فتحة بقطر 12 مليمتر والفئران يمكن أن تنفذ من فتحة بقطر 6 مليمتر.

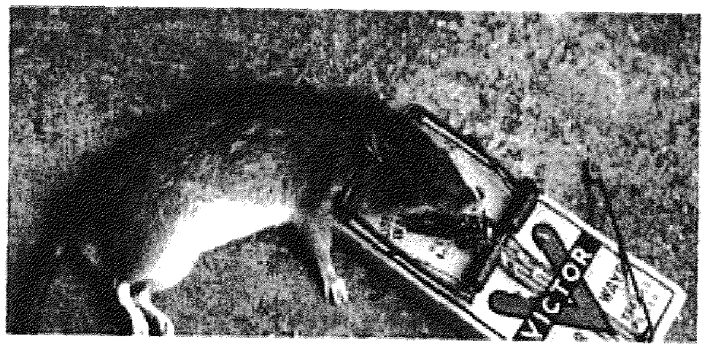
* تعتاد الجرذان على عمل أنفاق تنفذ من خلالها إلى داخل الأبنية أو وحدات تخزين الحبوب، لذا يجب عمل ساتر خرسانى، بسمك 10سنتيمتر، أسفل الجدر الخارجية بعمق لا يقل عن 60 سنتيمير، وترتفع عن سطح التربة بمقدار 30 سنتيمتر . على أن يكون له عند نفس العمق امتداد أفقى بعرض 30 سنتيمير، ذلك لأن الجرذ يحفر خارج المبنى بمسافة حولى 80 سنتيمتر لأسفل وبزاوية فى اتجاه المبنى ثم يحفر أفقيا ثم إلى أعلى بزاوية متجها إلى داخل المبنى، عندئذ يفاجأ بالساتر الخرسانى فيكف عن المحاولة.

* نظرًا لأن الجرذ يبدأ الحفر على مسافة تقل عن متر من المبنى، فإن وضع طبقة من الزلط، بقطر 3 - 5 سنتيمتر، وتكون بعرض متر وسمك 15 سنتيمتر، حول جدران المبنى سيعوق عملية الحفر.

* إحكام إغلاق أى فتحات، مثل عدم ترك مسافات أسفل الأبواب، فالجرزان يمكن أن تنفذ من فتحة بسمك يزيد قليلاً عن 12 مليمتر والفئران تنفذ من فتحة بسمك يزيد عن 6 مليمتر.

* عند تخزين الحبوب فى أجولة داخل مخزن يجب مراعاة عدم ترك مسافات ضيقة تختبئ فيها القوارض، لذا يجب مراعاة ترك مسافة 2 متر بين الأجولة والحوائط، ومسافة 1متر بين كل صف من صفوف الأجولة لإمكان المراقبة المستمرة.

استخدام المصايد: يعتبر استخدام المصايد والقضاء على الحيوانات التى يتم اصطيادها والتخلص منها عملية مكلفة لاحتياجها إلى عدد كبير من المصايد لتكون فى حالة العشائر الكبيرة، وكذا احتياجها إلى خدمة عمالية للمتابعة، وعلى ذلك فهى غير فعالة خاصة إذا كانت عشيرة القوارض كبيرة، ويوضح شكل (2 - 36) أحد أنواع المصايد التى يمكن استخدامها.



شكل (2- 36) استخدام مصايد الفئران

استخدام المفترسات: يؤدى وجود القطط والكلاب إلى حرص القوارض على أن تكون بعيدة المنال. تستطيع القطط والكلاب أن تحد من دخول الفئران إلى المنازل ،أما فى حالة مخازن الحبوب فإذا كانت عشائر القوارض كبيرة فإنها تتمكن فقط من الإيقاع بالحيوانات الضعيفة والمريضة

منها، ومن ثم لا يكون لها تأثير كبير على تنامى حجم العشيرة، وإذا كانت العشائر صغيرة فإن القطط والكلاب ستبحث لها عن غذاء آخر، إضافة إلى أنها أيضا من ملوثات البيئة فى مكان تواجدها.

استخدام الطعوم السامة: هناك سموم سريعة المفعول مثل فوسفيد الزنك، وهناك سموم أخرى بطيئة المفعول مثل مانعات التجلط وهى تباع تحت مسميات تجارية. ظهرت مانعات التجلط واستخدمت على نطاق واسع منذ منتصف القرن العشرين. وكان المركب المعروف تجاريا باسم Warfarin هو أول مبيد مانع للتجلط يستخدم لمكافحة القوارض، وكانت الجرعة الفعالة ضد 50٪ تبلغ 186ملجم/ كجم فى الجرز النرويجى. تطورت المبيدات المانعة للتجلط وظهر الجيل الثانى منها فى قرب نهاية الخمسينيات من القرن العشرين، وكان ذلك بظهور مركب يباع تجاريا تحت اسم Difenacoum، وقد كانت الجرعة الفعالة ضد 50٪ منه تبلغ 1.8 ملجم/ كجم . تضاف مانعات التجلط مع الماء أو فى الطعوم السامة مع الحبوب أو جريش الحبوب. وتعتبر إضافتها إلى الماء أنسب فى جو المخازن الجاف الذى ربما يخلو من ماء الشرب، بالإضافة إلى شدة احتياج القوارض. وعند استخدام مانعات التجلط فيجب أن يكون ذلك من خلال مصدر متجدد، لتقليل عمليات الخدمة (شكل 2 - 37).

شكل (2-37) استخدام مانعات التجلط مع ماء الشرب

يعتبر استخدام السموم عملية مكلفة اقتصاديا، إضافة إلى أنها فيها مخاطرة فى حالة تناول حيوانات غير مستهدفة للطعم السام أو تناولها لجثث القوارض الميتة. ومن المعروف أن القوارض وخاصة الفئران تكون حريصة إذا وضع أمامها غذاء غير معتاد، مما يتطلب وضع نفس نوعية الغذاء ولكن غير مسمم لفترة من الوقت حتى تقبل عليه وتطمئن إليه ثم يوضع بعد ذلك الطعم السام، وهذا يتطلب تكلفة عمالة، كما أن ما لا يقع فى الفخ فى المرة الأولى سيكون أشد حذرًا بعد ذلك.

وسائل أخرى: لم تعط الطاردات الكيماوية والكهربية والموجات فوق الصوتية نجاحا فى مكافحة القوارض فى مخزن الحبوب، كذلك لم تعط الوسائل المعتمدة على خفض الكفاءة الجنسية، فهى قد تؤثر على بعض أفراد العشيرة فقط.

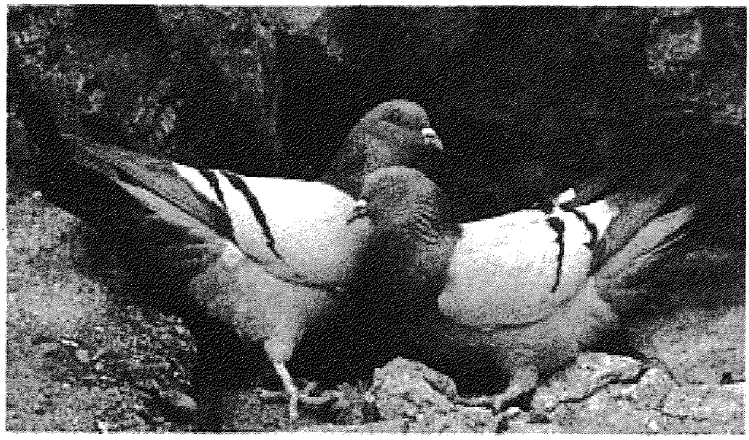
ثانيا: الطيور Birds

يعتبر العصفور المنزلى *Passer domesticus (L)* والحمام *Columba livia (Gmelin)* أهم أنواع الطيور مهاجمة للحبوب، ويحدث الحد الأقصى من التغذية على الحبوب خلال فترات الحصاد والتذرية. تواجد هذه الطيور مألوف فى القرى والحدائق وينتشر تقريبا فى كافة أرجاء العالم ولكن بنسب متفاوتة حيث يستطيع العيش فى المناطق المأهولة بالسكان بسهولة.

1 - الحمام (*Columba livia*) Rock Dove (Pigeon)

يعرف بالحمام البرى أو حمام الصخور أو حمام الشوراع، وينتشر فى جميع أنحاء العالم، يبنى أعشاشه بين الصخور فى المناطق الجبلية أو أعلى البنايات فى المدن. وينتمى الحمام المنزلى لنفس النوع، وقد دجنه قدماء المصريين منذ خمسة آلاف سنة. ومن المدجن ما يهرب مرة أخرى إلى الحياة البرية. يتميز بلونه الرمادى، مع وجود أشرطة سوداء على الريش الثانى

للجناح، وفى الذيل، الأقدام حمراء، ويمكن أن يختلف لون الجسم إلى الأبيض أو الأسود. ينتج كل زوج من الحمام 10 صغار فى السنة تقريبا ويكون الربيع هو أكثر فترات السنة إنتاجًا للصغار. تصبح الأفراخ جاهزة للتزاوج عند عمر 6 شهور، وتضع الأنثى بيضة أو بيضتين بعد 8 - 11 يوم من التزاوج، ويفقس البيض بعد 18 يوم. ويعتبر الحمام من حاملات وناقلات الأمراض فهو يحمل وينقل السالمونيلا، وفيروس غرب النيل، والالتهاب السحائى وغيرها من الأمراض. كما أن الحمام يكون مأوى لأنواع من القمل والحُلم الذى يمكن أن تصيب الإنسان ويمكن أن تنقل لها الأمراض، وبعض الحشرات التى تسكن عش الحمام يمكن أن تعمل كحاملات وناقلات للأمراض.



شكل (2 - 38) الحمام

Rock Dove (Pigeon)

Columba livia

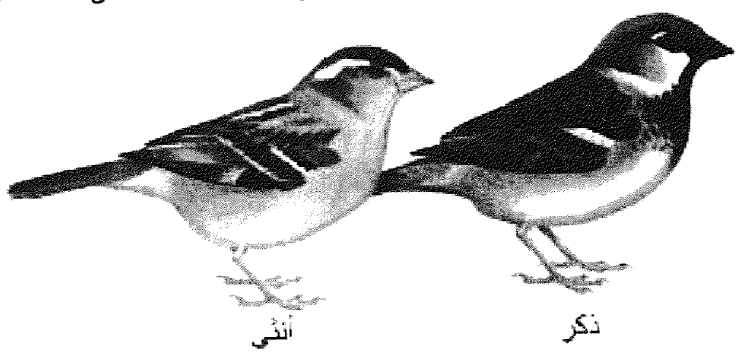
يتغذى الحمام على الحبوب والبذور التى تتبعثر أثناء التخزين أو التفريغ فى الصوامع، أو الحبوب التى تخزن بطريقة بدائية. يعيش الحمام فى جماعات ويطير إلى مصادر الغذاء فى جماعات. تستهلك الحمامة البالغة نحو

35 جرام من الحبوب يوميًا، وبذلك فإن ما تستهلكه 80 حمامة فى العام الواحد يزيد عن طن من الحبوب، ومن ثم فإن ما تستهلكه 20 حمامة فى العام يكفى لمعيشة إنسان.

2 - العصفور المنزلى (*Passer domesticus*) House sparrow

تكون العصافير أعشاشها على الأشجار وأسطح المنازل. ينتج زوج العصافير عشرين من الصغار سنويا، ويمكن أن يزيد ما ينتجه زوج واحد عن 1250 فى 5 سنوات. كلا الجنسين يعمل بسرعة لبناء العش. تضع الأنثى 3 – 7 بيضات، يفقس منها 4 – 5 عادة، تحتضن الأنثى البيض الذى يفقس بعد مرور فترة حضانة 10 – 14 يومًا. يظهر الريش على الأفراخ خلال 15 – 17 يوم وتصبح الصغار مستقلة بعد مرور 7 إلى 10 أيام من مغادرة العش. لا يكون هناك نمط لهجرة العصافير، لكن أسراب من الأفراخ وصغار البالغين قد تطير لمسافة 1 – 5 أميال لتصل إلى مناطق تغذية جديدة، أو ربما تطير ميلاً أو أكثر فى أواخر الصيف وأوائل الخريف.

تعتبر التدخلات البشرية عاملاً رئيسيا فى تشتيت أسراب العصافير، حتى لا تتعرض للأخطار المرتبطة بالهجرة، مما يؤدى إلى زيادة معدل القدرة على البقاء. يعيش العصفور المنزلى لمدة ثلاث سنوات فى المتوسط ويمكن أن يصل العمر حتى 6 سنوات، وأمكن أن يعيش لمدة 23 سنة داخل الأقفاص.

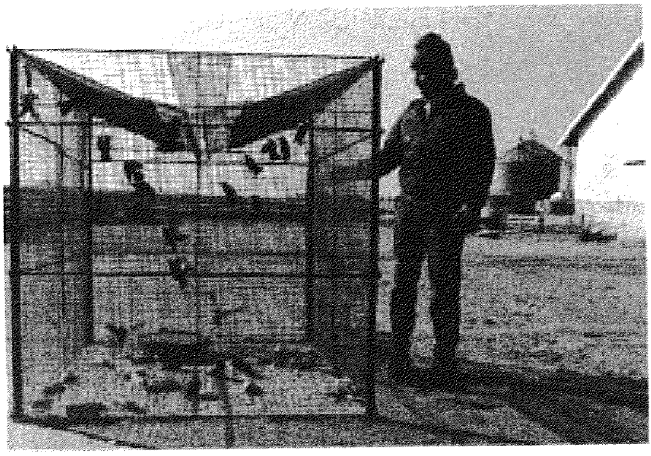


شكل (2-39) العصفور المنزلى

أثبتت دراسة أجريت فى الولايات المتحدة على محتوى معدة عصافير بالغة أن 55٪ من محتواها كان من حشرات ضارة للإنسان، وأن 25٪ فقط من الغذاء كان من الحبوب أو مواد هامة للإنسان. بينما يكون 59٪ من غذاء الأفراخ من مواد نباتية. وعلى ذلك فإن استهلاك العصفور من الحبوب ليس كبيرا خاصة فى موسم التزاوج، إلا أن الأسراب الكبيرة تسبب خسائر كبيرة إذا ما اتجهت نحو مصدر غذائى معين. وعندما تهاجم أجولة القمح فإنها تتسبب فى تكوين ثقوب وإهدار الحبوب، وكذلك فإنها تنشر الأكاروسات وتلوث الحبوب بزرقها، مما يخفض سعرها، وتعمل العصافير كحاملات وناقلات لعديد من الأمراض للإنسان، وكذلك فهى مأوى للقمل والحُلم، التى تكون بدورها أيضا ناقلات للأمراض.

مكافحة الطيور

يجب توخى الحذر عند مكافحة الطيور باعتبارها آفة حتى لا نقتل الأنواع غير المستهدفة والمرغوبة بيئيًا. تعتبر أفضل الطرق للمكافحة هى منع الطيور من الوصول للحبوب، وذلك بالعمل على منع الطيور من دخول المنازل، ومنع هدر الحبوب أثناء التداول فتكون تلك هى البداية فى حدوث هجمات عشائر الطيور. تعتبر مفزعات الطيور قصيرة المفعول، مثل ما يطلق عليه "خيال المآتة" غير مجدية إذ بمرور الوقت تتعود الطيور عليها وتفقد مفعولها. يمكن استخدام أنواع من المصايد. كما يمكن استخدام الأجهزة الكهربائية التى تطلق أصواتًا مسجلة تطرد العصافير.



شكل (2- 40) مصيدة العصافير

References

- Anon.,2007. Rat Behaviour and Biology. Retrieved 05 May, 2007 from : http://www.ratbehavior.org/rats.html

- Avalos, L., C. Callahan. 2001. "Classification and Characteristics of Mammals" (On-line). Retrieved 05 May, 2007 from:

http://www.humboldt.edu/~cmc43/mammalcharacters.htm.

- Armitage DM, George CL.1986. The effect of three species of mites upon fungal growth on wheat Exp Appl Acarol. ;2:111-24.

- Athanassiou C.G., N.G. Kavallieratos , N,E, Palyvos , A. Sciarretta , P. Trematerra, 2005. Spatiotemporal distribution of insects and mites in horizontally stored wheat. J Econ. Entomol. ;98 ,1058 - 69

- Bhattacharya K. and S. Raha, 2002. Deteriorative changes of maize, groundnut and soybean seeds by fungi in storage. Mycopathologia 155 : 135 – 141.

- Caneppele,M. A. B., C. Caneppele, F.A. Lázzari , S. M. N. Lazzari, 2003 . Correlation between the infestation level of Sitophilus zeamais Motschulsky, 1855 (Coleoptera, Curculionidae) and the quality factors of stored corn, Zea mays L. (Poaceae). Retrieved 12 May, 2007, from:

http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S008556262003000400015&script=sci_abstract

- Christensen, C. M.: Deterioration of stored grain by fungi. Bot. Rev. 23, 108-134, 1957.

- Christensen, C.M. and H.H. Kaufmann. 1969. Grain storage: the role of fungi in quality loss . Minneapolis, MN: University of Minnesota Press. 153 pp.

- Cofie-Agblor, R., W.E. Muir, R.N. Sinha, and P.G. Fields. 1996a. Heat production by adult Cryptolestes ferrugineus (Stephens) of different ages and densities. Postharvest Biol. Technol. 7:371-380.

- Dunkel F.V., 1988, The relationship of insects to the deterioration of stored grain by fungi. Int. J. Food Microbiol. ;7:227-44 .

- El-Kady I.A, S.I. Abdel-Hafez , and S.S. El-Maraghy ., 1982. Contribution to the fungal flora of cereal grains in Egypt. Mycopathologia. ;77:103-9 .

- EI-Zayat M.M., IS Elewa, M.M. Aly. F.H. EI-Bahnasawy and M.M. Diab, (1981). Fungi associated with soybean seeds in A.R.E. and their capabilities to cause deterioration in fungus-free seeds. Ann. Agric. Sci. Ain Shams Univ., 26: 181-197.

- Jillian R. M. Swan, Brian Crook. 1998. Airborne Microorganisms Associated With Grain Handling. Ann. Agric. Environ. Med., 5, 7–15 .

- Kapoor A.C . , Jood S., 1994. Vitamin contents of cereal grains as affected by storage and insect infestation. : Plant Foods Hum Nutr. ;46:237-43.Retrieved 12 May, 2007, from:

http://www.springerlink.com/content/r220uv4087n45g2q/

- Hubert J, V. Stejskal , Z. Munzbergova , A. Kubatova , M. Vanova , E. Zd'arkova ,2004. Mites and fungi in heavily infested stores in the Czech Republic. J. Econ. Entomol. 97:2144-53.

http://www.springerlink.com/content/r220uv4087n45g2q/

- Magan N, Jenkins and N.E, Howarth J., 1993. Lipolytic activity and degradation of rapeseed oil and rapeseed by spoilage fungi. Int J Food Microbiol.;19:217-27 .

- Milton RF, Pawsey RK.,1988. Spoilage relating to the storage and transport of cereals and oil seeds. Int. J. Food Microbiol. ;7:211-7 .

- Muir, W. E and N. D. G. White , (2005) Title? Retrieved 12, February 2005 from:

- Naewbanij, M., Seib, P.A., Burroughs, R., Seitz, LJ4. and Chung, D.S. 1984. Determination of ergosterol using thin layer chromatography and UV-spectroscopy. Cerial. Chem.61,385

- Nayak, M. ,2010. Psocids (booklice) in stored grain . The State of Queensland (Department of Employment, Economic Development and Innovation) . Retrieved October 16, 2011 from: http://www.dpi.qld. gov.au/26_6239.htm

- Petersson, S. and J. Schnürer, 1995. Biocontrol of Mold Growth in High-Moisture Wheat Stored under Airtight Conditions by Pichia anomala, Pichia guilliermondii, and Saccharomyces cerevisiae. Applied and Environmental Microbiology, 61, 1027-1032 . Retrieved 03 May, 2005 from: http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract? from Page = online&aid=42507#

- Petersson, S. , M. W. Hansen, K. Axberg , K. Hult, and J. Schnürer, 1998. Ochratoxin A accumulation in cultures of Penicillium verrucosum with the antagonistic yeast Pichia anomala and Saccharomyces cerevisiae . Mycological Research , 102 : 1003 – 1008 . Retrieved 03 May, 2005 from:

- Retrieved 03 May, 2005 from: http://www.aaem.pl/pdf/9851_7.pdf

Seitz, L.M., Mohr, H.E., Burroughs, R. and Sauer. D.B. (1977) Cereal Chem. 54(6): 1207-1217.

- Sirry AR. MFH Hegazi and MM Aly (1979). Wheat storage studies in ARE. Fungi associated with stored grains and their metabolites affecting germination. Proc. of 7th International Conf. for Statistics, Computer Science, Social and Demographic Research, Cairo, 1979.

- Stephen, A. K., L. J. Mason, D.E. Maier and C. P. Woloshuk, 2001. Efficacy and fumigation characteristics of ozone in stored maize. Journal of Stored Products Research , 37 :4371 - 382 .

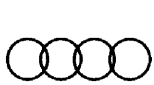
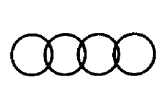
- Retrieved May 31 from: http://www.sciencedirect.com/science/?_ob =GatewayURL&_origin=SFX&_method=citationSearch&_volkey=0022 474X~2337~234371~231&_version=1&md5=b074b38ff5d5bcb8a89bb0 cf35cd74c5

- Stejskal, V., J. Hubert, A.Kubatova, and M. Vaoava,2005. Fungi associated with rodent feces in stored grain environment in the Czech Republic. Journa! of Plant Diseases and Protection,112, 98-102, 2005,

- Sweets, Laura, 2005, Stored Grain Fungi. Retrieved 12, February 2005 fromhttp://agebb.missouri.edu/storage/disease/sgfungi.htm

http://res2.agr.ca/winnipeg/storage/pubs/presbios/chap04rf.pdf

- White, N.D.G., R.N. Sinha and W.E. Muir. 1982. Intergranular carbon dioxide as an indicator of biological activity associated with the spoilage of stored wheat. Can. Agric. Eng. 24(1):35 - 42.

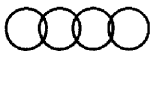
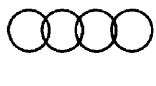



الباب الثالث
عناصر التدهور فى الحبوب المخزنة

الفصل الأول: تغيرات فيزيائية وحيوية

الفصل الثانى: تغيرات فى المكونات الكيماوية

الفصل الثالث: إنتاج السموم الفطرية

الفصل الأول
التغيرات الفيزيائية والحيوية
الناتجة عن حدوث التدهور

تلون الحبوب Discolored of grains

يعتبر اللون عنصـرًا هامًا من عناصر تقييم السلع الزراعيـة، ويستقر فى ذهن العمـيل أن السلعة النظيـفة، ذات اللون البراق هى أعـلى جودة من تلك التى يبدو مظهرها كالحًا. ينطبـق الأمر أيضًا على الحبوب، وعلى ذلك يدخل لون الحبـوب كأحد مقـاييس الجودة مثل الكـثافة النوعيـة ومحتـوى البروتين وغيـرها. تعزى معظـم حالات التلون التى تحدث للحـبوب المخـزنة إلى تأثير الفطريات. قد يصبح لون الحبوب المخزنة كالحًا، بدلا من المظهر البراق، وقد يصل الحال إلى حد التلون بلون داكن. يحـدث التغير فى لون الحبوب نـتيجة لإصابتها بالفـطريات. وقد تكتسب ألوانًا معينة تبعًـا لهذه الفطريات، فالتلون باللون الوردى يكون مـصـاحبًـا لإصـابة الحبـوب بأنواع *Fusarium*، والتلون باللون الداكن يـكون مـصاحـبًـا لإصـابتـهـا بالفطـريات الداكنة مـثل أنواع *Alternaria , Cladosporium* و*Drechslera*. (ملحق الصور، صورة 12، 13)

يوجد تدريج وصفى للتغير فى لون الحبوب، وهو على النحو التالى.

* لا تغير يمكن ملاحظته.
* تغيـير طفـيف بمقدار (≤ 5٪) عن اللون الطبـيعى، مـصفـر أو مائل للبنى.

* تغير متوسط بمقدار(> 5 - 30٪) عن الطبيعى، من الأصفر للبنى.

* تغير كبير بمقدار(> 30 - 50٪) عن الطبيعى، من الأصفر إلى البنى الداكن.

* تغير مؤثر بدرجة كبيرة (> 50٪)، يجعل الحبوب غير مقبولة للاستهلاك الآدمى.

فحص تلون الحبوب بالتصوير الضوئى وتحليل الصور:

يستخدم فحص تلون الحبوب بالتصوير الضوئى وتحليل الصور Colour Instruments and Image Analysis . وهو يعتمد على آلة تصوير لونى خاصة مزودة بمصدر ضوئى(مثل Minolta CR-310 Colorimeter). يتم تصوير عينة الحبوب ثم توصل آلة التصوير بجهاز الحاسب الآلى ونقل الصورة، ومن خلال برنامج لتحليل الصور يتم تحويل التغيرات اللونية إلى وحدات. (Hunter and Harold 1987)

فحص تلون الحبوب باستخدام الأشعة القريبة من تحت الحمراء المنعكسة:

تعتمد طريقة فحص تلون الحبوب باستخدام الأشعة القريبة من تحت الحمراء المنعكسة Near Infrared Reflectance على تقدير طول موجى من المنطقة القريبة من تحت الحمراء 750 - 1200 نانوميتر، تبعًا لنوع وصنف الحبوب، يتم إيجاد علاقة رقمية بين لوغاريتم 1/ شدة الضوء المنعكس وتلون الحبوب.

الفحص اللونى للمستخلص المائى للحبوب:

يؤخذ 2 جرام من الحبوب وتنقع فى 25 مليلتر لمدة 48 ساعة، يتم الترشيح ثم يقاس التغير اللونى فورا باستخدام جهاز القياس الطيفى

spectrophotometer أو يحلل الراشح بواسطة التحليل الكروماتوجرافى السائل تحت ضغط High Pressure Liquid Chromatography (HPLC).

أجرى Rainer (2007) دراسة على حبوب الشعير، خزنت فيها الحبوب على درجات 25، 35، 45س لمدة 104 يوم، وقد قدر تلون الحبوب بطريقة الفحص اللونى للمستخلص المائى لعينات الحبوب، وكذا بفحص المستخلص المائى HPLC لتقدير مادة Hydroxy methyl furaldehyde (HMF) المسببة للتلون. وقد أوضحت النتائج أن التلون يزداد بارتفاع درجة الحرارة وأن معدلات الزيادة مع الزمن تكون لوغاريتمية خاصة فى درجات الحرارة الأعلى.

التغير فى رائحة الحبوب Change in grain odour

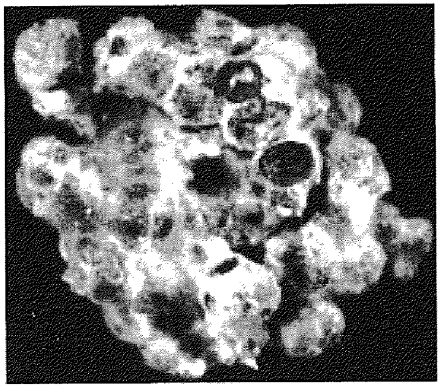
ينبعث عن الحبوب المخزنة بمحتوى رطوبى مرتفع نسبيا انطلاق روائح غير مرغوبة وقد تكون كريهة وتصل إلى حد أن تكون منفرة. تظهر تلك الروائح لأسباب مختلفة منها نشاط الحشرات والقوارض والفطريات. يؤدى وجود هذه الروائح فى الحبوب إلى خفض درجة الجودة، وبالتالى خفض السعر وقد يصل الأمر إلى رفض الحبوب وعدم الإقبال على شرائها. تسهم الفطريات بالقدر الأكبر فى ظهور تلك الروائح، ويرجع ذلك إلى جراثيم الفطريات وهى تتكون بكثافة عالية وتنتشر مع أية تيارات هوائية، وكذلك نواتج عمليات التحليل لمكونات الحبوب والتى تتضمن أحماضًا عضوية وكحولات وبعض التوكسينات المتطايرة وغيرها. وتقيم الحبوب من حيث ظهور الروائح بطريقة وصفية على النحو التالى:

* حبوب لا رائحة لها.
* حبوب لها رائحة منفرة قليلا.
* حبوب لها رائحة منفرة بدرجة متوسطة.

* حبوب لها رائحة منفرة بدرجة كبيرة.

* حبوب لها رائحة منفرة بدرجة كبيرة جدا ولا تصلح للاستهلاك الآدمى.

تكتل الحبوب Grain Clumping



شكل (3- 1) بذور متكتلة ، نتيجة لتماسكها بواسطة هيفات الفطريات، ونواتج تحليل البذور

يحدث تكتل الحبوب نتيجة لنمو هيفات الفطريات على الحبوب الرطبة، مثل تلك التى توجد عند مركز الصومعة، أسفل السطح مباشرة، نتيجة لعمليه هجرة الرطوبة، والتى قد تصل إلى 25٪ فى الحبوب.

يمكن أن يشاهد تكتل الحبوب عند تفريغ الصومعة، فنرى بعض الكتل السريعة التفكك، ولكن يمكن أن تتكون بعض الكتل السميكة التى يصل سمكها لعدة بوصات، والتى لا تتفكك بفعل عمليات التداول وإنما تبقى متماسكة ومغلفة بطبقة كثيفة من هيفات الفطريات. تحتوى التكتلات بداخلها على حبوب بلغت حد التعفن الكامل. يصاحب تكتل الحبوب أيضا حدوث التلون وانبعاث الروائح المنفرة.

ويمكن أن يحدث تكتل بذور لفت الزيت بعد 11يوم من التخزين على 25ْس وبمحتوى رطوبى للبذور 10.5٪، وتظهر هيفات الفطر على التكتل بعد 21 يوم. ويوضح جدول(3 - 1) عدد الأيام التى تمضى دون حدوث تكتل لبذور لفت الزيت على درجات حرارة مختلفة وبمحتويات رطوبية مختلفة.

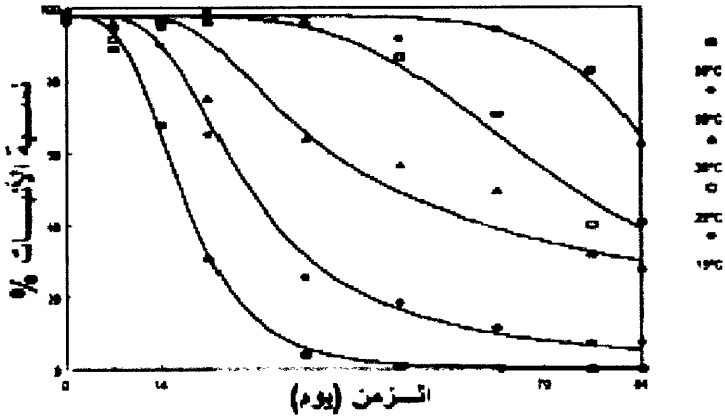
جدول (3-1) عدد الأيام التي تمضي دون حدوث تكتل في بذور كانولا تبعاً لاختلاف المحتوى الرطوبي الابتدائي ودرجة الحرارة.

المحتوى الرطوبي الابتدائي %	عدد الأيام التي تمضي دون حدوث تكتل				
	درجات الحرارة (° س)				
	5	10	15	20	25
17.0	20	11	6	4	4
15.6	28	11	6	6	4
13.7	46	20	11	6	4
12.3	109	25	18	6	8
10.6	238	42	42	18	11
8.9	300	279	116	48	23
7.6	300	300	300	180	69

انخفاض نسبة الإنبات Decrease in seed germination

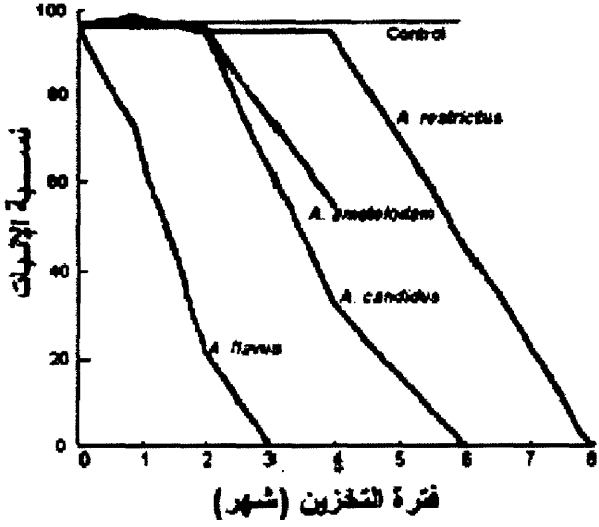
هناك العديد من العوامل تسبب انخفاض نسبة إنبات البذور خلال التخزين. وتعتبر الفطريات هى المسئولة عن فقد حيوية البذرة عند غياب كل من الحشرات والأكاروسات وعندما يكون المحتوى الرطوبى عند 13.5- 14.5٪ أو أعلى من ذلك . وقد وجد أن حبوب القمح وغيرها من الحبوب النشوية الخالية من الفطريات يمكن تخزينها بمحتوى رطوبى 16 - 18٪ وعلى درجات حرارة 16 - 27س لمدة 8 شهور دون حدوث انخفاض فى نسبة الإنبات. عندما يكون المحتوى الرطوبى للحبوب ملائما لنشاط الفطريات يكون الانخفاض فى نسبة الإنبات سريعًا بدرجة كبيرة فى الحبوب المخزنة على

درجات حرارة مـرتفعة (25 – 40 ْس) بينما يكون بطيئـا فى الحبوب المخزنة على درجات حـرارة منخفضـة حوالى 5 – 10ْس. يوضح شكل(3 – 2) أن الانخفاض فى نسبة الإنبات يكون حادا فى درجات الحرارة المرتفعة بينما يكون بطيئا فى درجات الحرارة المنخفضة نسبيًا.



شكل (3-2) تدهور نسبة الإنبات فى حبوب ذرة خزنت على درجات حرارة مختلفة

وقد وجد من دراسة أجريت على بذور بسلة خـالية نسبيا من الفطريات وحـقنت بالفـطريات *A.flavus , A.candidus Aspergillus ruber,*، وتركت إحدى المعـاملات بدون حقن كـمقـارنة ثم خزنت لمدة 6 شهـور على درجة حرارة 30ْم وفى رطوبة نسبـية 85٪، أن البذور المحـقونة بالفطريات فـقدت حيويتها تمامًا بنهـاية فترة التخزين بينما كانت نسبة الإنبـات فى الغير محقونة 95٪. وفى دراسـات أخرى أجـريت على القـمح والذرة والسـورجم والأرز، وجد أن الحـبوب المحـقونة بأنواع مـختلفـة من Aspergillus فطريات تفـقد حيويتهـا خلال فترة تراوحت بين 3 – 8أشهر، بيـنما غير المحقـونة والمخزنة تحـت نفس الظروف احتفظت بحـيويتها طوال فتـرة التخزين، ويوضح شكل (3 – 4) نتائج إحدى هذه الدراسات.



شكل (3-3) تباين انخفاض نسبة إنبات الحبوب تبعاً لنوع الفطر تحت ظروف تجريبية، أجريت فيها عدوى صناعية بكل نوع منفرداً.

أجريت دراسات عن مدى مسئولية فطريات المخزن عن فقد الحيوية فى البذور. تعتبر توكسينات الفطريات أحد أسباب موت الأجنة، فقد وجد Harman and hash (1972) أن الفطر *A .ruber* ينتج توكسينات سامة للاجنة حيث سببت موت الأجنة المفصولة وحدوث موت وتحلل للخلايا وتشوه للبادرات الناتجة كذلك أمكن عزل توكسينات من *A.candidus A.terreus,* وكان لهذه التوكسينات أثرها الواضح فى منع إنبات حبوب القمح الخالية من الفطريات Fungus free grains، وكذا تؤدى هذه التوكسينات إلى تشوه البادرات الناتجة من أجنة مفصولة وتأخرها فى الإنبات، وموتها عند المعاملة بتركيزات مرتفعة من التوكسين . قد يكون موت الأجنة راجعًا لغزو الفطريات لأجنة الحبوب والبذور وانتشار الهيفات فى أنسجة الجنين وإنتاج إنزيمات تحلل مكونات الجنين ثم استهلاكها. كما أجريت دراسة على راشح النمو، المعقم

بالأوتوكلاف، للفطريات *Aspergillus chevalieri*، *A. ochraceus*، *A. repens*، *Penicillium frequentans* على إنبات حبوب ذرة فيشار، ووجد أن المعاملة أدت إلى نقص واضح فى طول محور الجنين.

درست التغيرات التشريحية الدقيقة التى تحدث فى جنين القمح *Triticum aestivum* نتيجة للإصابة بالفطر *Aspergillus glaucus* . كان أكثر التغيرات وضوحا هو تجمع الأجسام الدهنية spherosomes لتكون كتلة كبيرة غير منتظمة الشكل، إضافة إلى ذلك فإن البروتوبلاست غالبًا ما يتراجع بعيدا عن جدار الخلية مع حدوث ضرر فى البلازموليما. ظهرت على بعض الحبوب المصابة، عند منطقة الجنين الحوامل الكونيدية للفطر *A. glaucus* وذلك بعد حفظها لمدة 26 أسبوع على 25ْس، وبمحتوى رطوبى 75٪.

تعتبر حيوية الجنين هامة جدًا فى العمليات التكنولوجية للحبوب، إذ يلزم تحول قدر من النشا إلى سكريات كما فى صناعة مشروبات الشعير المتخمرة. فعند تشرب الحبوب ذات الأجنة الحية للماء ينشط حمض الجبريليك الموجود فى الجنين وينتقل منه إلى الإندوسبرم حيث يستحث تكون إنزيم الأميليز فى خلايا الأليرون، يتجه الأميليز إلى الجزء الداخلى من الإندوسبرم حيث يحلل النشا إلى مالتوز Maltose، لذا يطلق على هذه العملية Malting. يمكن للخميرة بعد ذلك أن تقوم بتحليل المالتوز بواسطة إنزيم Maltase لإنتاج وحدات من الجلوكوز تقوم بتخميرها إلى كحول إيثيلى وثانى أوكسيد الكربون. بناءً على ذلك فإنه يجب ألا تقل نسبة الإنبات فى الشعير المستخدم فى صناعة مشروبه الكحولى عن 95٪.

تقدر نسبة إنبات الحبوب باختبار إنبات 200 حبة فى أطباق بترى بكل منها زوج من أوراق الترشيح المشبعة بالماء، ويتم التحضين لمدة أسبوع على درجة حرارة 25ْس. بانتهاء فترة التحضين يتم عد الحبوب التى أنتجت بادرات طبيعية (ذات ريشة وجذور جنينية، وليس بها تشوه)، وتحسب نسبة الإنبات.

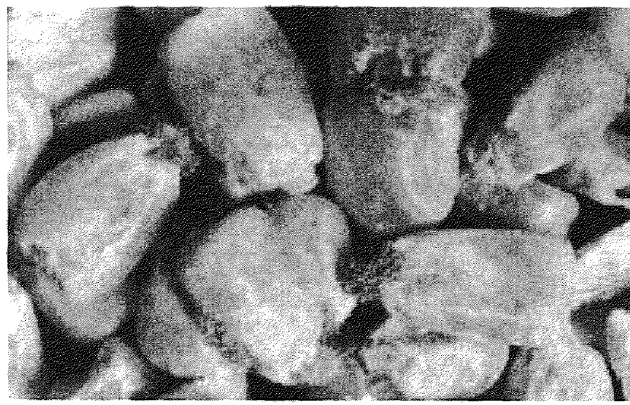
ويمكن تقدير نسبة الحيوية فى الجنين باختبار سريع يعرف باسم(Tz) Tetrazolium Test . لإجراء هذا الاختبار تنقع الحبوب فى محلول مائى لمادة 2,3,5 triphenyl tetrazolium chloride (TTC). تنشط إنزيمات الديهيدروجينيز فى البذور الحية منتجة هيدروجين يعمل على تحويل TTC إلى فورمازان Formazan وهو مادة حمراء غير ذائبة فى الماء تعمل على صبغ أجنة الحبوب الحية. يستغرق الاختبار عدة ساعات إلى يوم أو يومين، وذلك تبعًا لنوع البذور وعوامل أخرى. ولا يعتبر هذا الاختبار من الاختبارات المعتمدة فى فحص البذور.

تلون الأجنة Discoloured Embryos

يحدث التلون فى أجنة الحبوب والبذور نتيجة لمهاجمتها بواسطة بعض فطريات الحقل أو فطريات المخزن. وتلون حبوب النجيليات يجعلها مصابة (Sick) ويكون تلون الأجنة مصاحبًا لفقد الحيوية. وحبوب القمح ذات الأجنة الملونة غير مرغوبة تجاريًا. وذلك بسبب رداءة الدقيق الناتج عن الطحن. ذلك لأن الأجنة الملونة تكون هشة سهلة الكسر وبدلا من أن تتفضل عن الإندوسبرم النشوى خلال عملية الطحن فإنها تتفتت وتختلط بالدقيق مسببة تلونه . وقد وجد أن وجود أجنة ملونة بالقمح بنسبة 20٪ يؤدى إلى خفض رتبة الحبوب، وينتج عنها دقيق ردىء من حيث الخواص التكنولوجية، وخبز أرغفته أصغر حجما بالإضافة إلى أن نكهته تكون رديئة.

يحدث غزو الفطريات لأجنة القمح إذا ما خزنت الحبوب بمحتوى رطوبى 14.5 - 15٪ ودرجة حرارة 25م لمدة ستة شهور أو أكثر إلا أن تلون هذه الأجنة قد يستغرق وقتًا أطول من ذلك وقد تكون أجنة هذه الحبوب وصلت إلى حد أنها أصبحت هشة سهلة التكسير بحيث تختلط بالدقيق إلا أنه فى هذه الحالة يصعب ملاحظة التلون فيها بالعين المجردة. وقد تكون التوكسينات المنتجة بواسطة الكثير من الفطريات هى السبب الأساسى فى تلون

الأجنة فتتحول للون القرمزى الداكن أو المائل للسواد وتصبح هشة. ويمكن ملاحظ ظهور الفطريات بالعين المجردة نامية ومتجرثمة من جهة الجنين فى حالة الحبوب التى بلغت درجة كبيرة من التدهور (شكل3 -4 وملحق الصور، صورة 9، 10، 11). كما يمكن أيضًا ملاحظة تلون الأجنة بوضوح من خلال غلاف الحبة فى منطقة الجنين، وبإزالة غلاف الحبة عند منطقة الجنين يكون التلون أكثر وضوحا. أجريت دراسة على شحنة ذرة فيشار كان بها نسبة عالية من تلون الأجنة، وقد وجد أن نسبة إصابة الحبوب بالفطريات 81٪. وقد كان الفطر *Aspergillus chevalieri* الأكثر مصاحبة لتلون الأجنة تلاه *A. ochraceus*، *A. repens* و *Penicillium frequentans* وأخيرا *A. melleus*.



شكل (3 - 4) حبوب مصابة بأنواع *Aspergillus* ويظهر تجرثمها خاصة عند منطقة الجنين

زيادة التنفس والسخونة Increase in Respiration and Heating

يزداد معدل التنفس فى الحبوب المخزنة تحت الظروف العادية، كما أن معدل تنفسها يزداد بزيادة المحتوى الرطوبى وبارتفاع درجة حرارة التخزين وكذا بزيادة مدة التخزين، وكلها عوامل تزيد من نشاط فطريات التدهور . لإثبات أن الفطريات هى المسئولة عن المعدل العالى للتنفس فى الحبوب المخزنة

قام Christensen & Kaufmann 1969 بتعريض حبوب الذرة لدرجة حرارة 45م لعدة أيام وبذلك تم القضاء على الأجنة دون التأثير على فطريات المخزن القوية والنشطة. وبذلك أمكن تقدير التنفس الراجع إلى نشاط هذه الفطريات.

تعبر المعادلات التالية عن عملية التنفس فى الحبوب النشوية كالقمح وبذور زيتية مثل لفت الزيت:

Carohydrated (D-Glucose):

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 = 6\,CO_2 + 6\,H_2O + \quad 2870\ kJ$$

Lipids (Tripalmitin):

$$C_{15}H_{31}COOH\,C_3H_5 + 725O_2 = 51CO_2 + 49H_2O + 31890kJ$$

من ذلك يتضح أنه فى حالة الحبوب النشوية ينتج عن استهلاك مول من الجلوكوز فى التنفس إطلاق طاقة قدرها 2870 كيلوجول، أى بمعدل 14.7 كيلوجول / جرام من الحبوب. وبتقدير ثانى أوكسيد الكربون المنطلق فإن انطلاق 14.7 جرام من ثانى أوكسيد الكربون من تنفس كيلوجرام من الحبوب يدل على أن 1جرام من المادة الجافة قد استهلك فى التنفس . وهذا يعنى استنزاف مستمر للمادة الجافة وبالتالى نقص الوزن المباع من السلعة، وعلى سبيل المثال فإن فقدان 0.5٪ من المادة الجافة للذرة (يقدر على أساس الكثافة النوعية) يؤدى إلى خفض درجة جودة وبالتالى ينخفض السعر .

يصعب تقدير الفاقد فى المادة الجافة فى البذور الزيتية، فبينما تكون الكربوهيدرات هى مصدر الطاقة فى الحبوب النشوية، يكون مصدر الطاقة فى البذور الزيتية هو الكربوهيدرات أو الليبيدات، وبالتالى يكون من الصعب تحديد أى من المادتين تم استهلاكه فى عملية التنفس، وبالتالى أى من معادلتى التنفس يمكن تطبيقها.

تتضمن العملية أيضا انطلاق بخار الماء وبتكيفه على الحبوب أو البذور يحدث ارتفاع مستمر للرطوبة النسبية بما يعنى مزيداً من نشاط فطريات التدهور. وقد يتركز التكثيف فى مناطق محددة أقل فى درجة حرارتها مما يترتب عليه تكون النقاط الساخنة التى قد تصل درجة الحرارة إلى حوالى 70° س.

هناك تأثير آخر يحدث أثناء التنفس وهو انطلاق الطاقة الحرارية التى تعمل على رفع درجة حرارة الحبوب المخزنة، والتى تؤدى بدورها إلى مزيد من نشاط فطريات التدهور. وقد عرفت مشكلة سخونة الحبوب والبذور أثناء التخزين منذ أن عرفت عملية التخزين نفسها. إلا أن دور الكائنات الدقيقة فى هذه العملية لم يعرف إلا حديثًا وتحدث السخونة الذاتية Heating لأى مادة عضوية مخزنة مثل التبن ومواد العلف الحيوانى وبالات القطن والصوف والسماد البلدى. وقد أصبح معروفًا أن تنفس الكائنات الدقيقة هو المسئول عن هذه السخونة التى قد تصل فيها درجة الحرارة إلى 70 - 75٪ وتكون الفطريات هى المسئولة فى المواد ذات المحتويات الرطوبية المنخفضة ثم تنشط البكتريا والأكتينوميستات والخمائر فى المحتويات الرطوبية المرتفعة حيث يتواجد الماء الحر اللازم لنشاطها.

ربما يصادفنا فى تحليل ظاهرة السخونة فى الحبوب مشكلة الفصل بين تنفس الكائنات المصاحبة لهذه الحبوب أو البذور وتنفس الأجنة ذاتها. لإثبات أن ارتفاع الحرارة يرجع إلى نشاط الفطريات قام Larmour et al (1935) بإجراء دراسة على القمح ثبت منها أنه إذا ثبطت الفطريات المصاحبة للحبوب ذات المحتوى الرطوبى 18 - 20٪ ثم خزنت هذه الحبوب فلا تحدث لها سخونة ولا يزداد معدل تنفسها عن تلك المخزنة بمحتوى رطوبى 12٪.

وفى مجال ارتباط معدل التنفس مع السخونة الذاتية وجد Milner & Geddes (1965) أن السخونة الذاتية فى فول الصويا المخزن بمحتويات رطوبية

ملائمة لنشاط الفطريات ترتبط ارتباطًا مباشرًا وموجبًا مع الزيادة فى معدل التنفس وارتبطت هذه الزيادة أيضًا بنمو كل من *A.flavus , A.glaucus* .

تحدث السخونة فى الحبوب الرطبة Moist grains كما هو الحال فى الحبوب الحديثة الحصاد فى المناطق الرطبة والتى تبقى لفترة حتى يتم تجفيفها، فيزداد معدل التنفس وبالتالى ترتفع الحرارة خلال عدة ساعات أو عدة أيام، وقد وجد أن حبوب الشوفان ذات المحتوى الرطوبى 29٪، والمخزنة فى كومة وصلت فيها درجة الحرارة على عمق 20 سم من سطح الكومة إلى 40ْس فى خلال 54 ساعة بينما انخفض مستوى الأكسجين إلى 1 . 0٪ وارتفع ثانى أكسيد الكربون إلى 30٪، وقد أعقب هذه السخونة ظهور فطريات مثل *A. fumigotur, Rhizopus spp* .

يحدث نشاط أنواع الفطريات المسببة للتدهور على الحبوب المخزنة بالتتابع، حيث تكون الفطريات البطيئة النمو مثل *Aspergills restrictus*، *A. glaucus* هى أول من يمارس نشاطه عند محتوى رطوبى يتجاوز 13.5٪، ويؤدى نشاط هذين الفطرين إلى زيادة ضعيفة فى معدل التنفس، وقد تكون السخونة الناتجة عن نشاطيهما أقل مما يمكن تقديره بأجهزة قياس الحرارة بالمزدوج الحرارى thermocouples . ينتج عن نشاط الفطرين السابقين زيادة المحتوى الرطوبى، مما يجعل الظروف ملائمة لنشاط أنواع أخرى متوسطة الاحتياجات الرطوبية من أهمها *A. candidus* و*A. ochraceus*، *A. parasiticus*، يتبعها نشاط فطريات ذات احتياجات رطوبية عالية من أهمها *A. flavus*، *A.fumigatus*، وأنواع *Penicillium*. وتكون الفطريات التى تتطلب محتويات رطوبية متوسطة أو عالية هى المسئولة عن حدوث سخونة الحبوب(Christensen and Kaufman, 1974) . وعند بلوغ درجات الحرارة إلى حوالى 50ْس تنشط البكتيريا المحبة للحرارة والخمائر والأكتينوميستات. تواصل الحرارة ارتفاعها حتى تصبح غير ملائمة لأى نشاط بيولوجى ولا يحدث بعد ذلك سوى الأكسدة الكيميائية.

وقد تحدث السخونة فى منطقة معينة من الكومة، وحيث إن الحبوب تعتبر عازلاً جيداً للحرارة فإن السخونة تستمر فى تلك المنطقة من الكومة إلى أن تفسد الحبوب تمامًا، بينما لا تتأثر باقى مناطق الكومة، ويجب الإشارة إلى أنه فى الحالات المتقدمة من السخونة تسود الظروف اللاهوائية وتنشط البكتريا وينتج عن التنفس فى هذه الحالة إطلاق ثانى أكسيد الكربون وكحول الإيثايل، أما عن ثانى أكسيد الكربون فإنه قد يتراكم بدرجة كبيرة، ما لم يكن هناك تجديد مستمر للهواء، وترتب على ذلك انطلاق مواد طيارة ذات روائح غير مرغوبة وتتكون مواد رديئة الطعم ويتحول لون الحبوب إلى اللون الداكن. وهكذا يتواصل النشاط الميكروبى بمعدلات عالية لتصل درجة الحرارة إلى حوالى 75°س . يعقب ذلك أن تصل درجات الحرارة فى الجيوب الساخنة أحيانًا إلى حد حدوث الاشتعال الذاتى للحبوب.

***

الفصل الثانى
التغيرات فى المكونات الكيميائية والقيمة الغذائية

يحدث خلال فترة تخزين الحبوب تغيرات فى مكوناتها الكيماوية، ومن ثم فى قيمتها الغذائية. ويعتمد حجم هذه التغيرات على حالة الحبوب عند التخزين وعلى الظروف البيئية المحيطة خلال فترة التخزين، وكذا على طول فترة التخزين ذاتها.

أ - التغيرات فى الكربوهيدرات Changes in carbohydrates

يهاجم نشا الحبوب بواسطة إنزيمات ألفا وبيتا أميليز محللة إياه إلى دكسترينات ومالتوز وقد لوحظ أن نشاط الإنزيمات يكون عاليا فى الحبوب الحديثة الحصاد، أى فى بداية فترة التخزين ثم يقل تدريجيًا. وجد من إحدى الدراسات أن الأميلوز القابل للذوبان فى الماء قد ازداد بنسب 20 - 28٪ عند التخزين لمدة ستة أشهر فى درجات حرارة تراوحت بين 25 - 45 ْس وكان ذلك متمشيًا مع حدوث نقص فى الأميلوز غير القابل للذوبان بنسب تراوحت بين 6.6 - 17٪، وقد لوحظ أن نشاط إنزيم الأميليز يتناقص كلما امتدت فترة التخزين . وجد فى دراسة أجراها Zia-Ur-Rehman,(2006) أن السكريات الذائبة الكلية لحبوب القمح المخزن لمدة 6 شهور قد ازدادت بمقدار 9٪ عندما كانت درجة حرارة التخزين 10ْس و12٪ عندما كانت درجة حرارة التخزين 25ْس، بينما تناقصت بنسبة 37٪ عند التخزين على درجة حرارة 45ْس.

تتباين الفطريات فى قدرتها على إنتاج إنزيم الأميليز ويعتبر الفطرين *A. oryzae*، *Aspergillus flavus* من أكثر الفطريات المصاحبة للحبوب المخزنة إنتاجًا للإنزيم . تتباين فطريات المخزن فى مدى تأثير درجات الحرارة والحموضة على إنتاج إنزيم الأميليز، ووقد وجد من دراسة أجراها Adisa (1994) أن الفطرين *Aspergillus nidulans*، *A. clavatus* لهما قدرة عالية على إنتاج إنزيم الأميليز، ويحقق *A. nidulans* أعلى نشاط فى إنتاج الإنزيم عند درجة حرارة 30س ورقم حموضة 6 (pH 6.0)، بينما يحقق *A. clavatus* أعلى نشاط فى إنتاج الإنزيم عند درجات حرارة 25 - 30 وحموضة 7 - 8 (pH 7-8).

وقد أجريت عديد من الدراسات حول دور الفطريات فى التغيرات التى تحدث للكربوهيدرات أثناء التخزين ووجد أن محتوى الحبوب من السكريات المختزلة Reducing sugars يزداد بطول فترة التخزين، وكذا بزيادة المحتوى الرطوبى للحبوب، وتؤدى زيادته بالتالى إلى زيادة نشاط الفطريات المصاحبة، ويستتبع ذلك مزيداً من التحليل، وهكذا. كما وجد أن إنزيم الأميليز الفطرى يقوم بدور أساسى فى تحليل النشا إلى سكريات مختزلة ونظراً لأن درجة الحرارة الملائمة لنشاط الإنزيم تلائم أيضًا زيادة معدل التنفس فإن السكريات الناتجة يُستهلك بعضها فى التنفس. من ناحية أخرى يحدث تناقص مستمر للسكريات غير المختزلة (السكروز) تحت ظروف التخزين السيئة إلى حد أنها يمكن أن تتلاشى نهائيًا. ويعزى تناقص السكريات غير المختزلة إلى تحليلها إلى مكوناتها بواسطة إنزيم Invertase المنتج بواسطة الفطر ويعتبر تناقص محتوى الحبوب من السكريات غير المختزلة مقياسًا جيداً لمدى التدهور الحادث بواسطة الفطريات.

ب - التغيرات فى البروتينات Changes in Proteins

يبقى المحتوى الكلى للنيتروجين فى الحبوب عادة دون تغير، إلا أنه قد أمكن تقدير زيادة نسبته فى بعض حالات التخزين الطويل ويرجع ذلك إلى استهلاك الكربوهيدرات فى التنفس وبالتالى تزداد النسبة المئوية للنيتروجين. وقد وجد فى عينة من الشعير المخزن لمدة 3000 - 5000 سنة فى مقابر قدماء المصريين أن نسبة النيتروجين 2.3٪ أى ما يعادل 20٪ بروتين (منسوبًا للوزن الجاف) بينما تكون نسبة البروتين فى الشعير الحديث الحصاد 12٪ فقط . أهم ما يلاحظ فى فترات التخزين العادية هو تناقص النسبة المئوية للنيتروجين البروتينى وزيادة النسبة المئوية للنيتروجين غير البروتينى ويتم ذلك بفعل الأنزيمات المحللة للبروتين والمنتجة بواسطة الفطريات وبواسطة البذور نفسها والتى تقوم بتحليل البروتين إلى ببتيدات وأحماض أمينية. وقد أوضحت دراسات أخرى حدوث اختلال فى محتوى الأحماض الأمينية كمًا ونوعًا وأن ذلك يتوقف على أنواع الفطريات. وقد وجد من دراسة أجريت على حبوب قمح وذرة وأرز خزنت لمدة ستة أشهر على درجات حرارة 10، و25، و45س أن محتوى الحبوب من الحمض الأمينى ليسين قد انخفض عند التخزين على 25 و45 س بنسب 6.5 - 18.5٪ فى حبوب القمح، 14.3 - 20.7 ٪ فى حبوب الذرة و23.7 - 34.2٪ فى حبوب الأرز، بينما لم يحدث تغير معنوى فى حالة الحبوب المخزنة على 10س (Zia-Ur-Rehman,2006) . وقد وجد من بعض الدراسات أن استهلاك الحيوان من الذرة المخزنة يقل كثيرا عن استهلاكه من الذرة الحديثة الحصاد، وقد كان ذلك راجعا إلى أن حدوث تغيرات فى البروتين تجعل طعمه غير مستساغ. وقد وجد من دراسات معملية أن بروتين الحبوب المخزنة يكون أقل قابلية للهضم من بروتين الحبوب حديثة الحصاد. ويعتمد حجم التدهور الحادث فى البروتين على فترة التخزين ودرجة الحرارة وطبيعة مادة حاويات التخزين.

درس تأثير التخزين لمدة امتدت حتى 1020 يوم على القيمة الغذائية لبروتين فول الصويا والقمح والذرة، بعيداً عن نشاط الفطريات وتأثيرها، إذ تم تخزين القمح والذرة عند محتوى رطوبى لا يسمح بنشاط الحشرات أو الفطريات (12.5٪ فى القمح والذرة وأقل من 10٪ فى فول الصويا). وقد خزن فول الصويا كبذور كاملة مقارنة بطحين فول صويا منزوع الدهون ومعقم. وقد وجد من النتائج أن بروتين فول الصويا المخزنة لمدة 1020يوم كان أقل قابلية للهضم بمقدار 10٪، وبلغ فيه متوسط الانخفاض فى القيمة البيولوجية 13٪، وقد عزى هذا التأثير ربما إلى النشاط الإنزيمى العالى الراجع إلى تنفس الجنين الذى يشكل 92٪ من حجم البذرة. ومن ناحية أخرى فقد وجد أن بروتين الحبوب النشوية (القمح والذرة) التى خزنت بمحتوى رطوبى لا يسمح بنشاط الفطريات والحشرات (12.5٪) لم يحدث فيها تغير معنوى فى القيمة البيولوجية للبروتين، مما يدل على أن تنفس الجنين لم يكن له تأثير يذكر. ويستتبع ذلك على وجه العموم التفريق بين تأثير الجنين فى نوعين مختلفين من البذور وهما بذور يشغل فيها الجنين حيزاً ضئيلاً كما فى حبوب الغلال، وأخرى يسود فيها الجنين على باقى المكونات كما فى البذور نباتات العائلة الفولية. وقد وجد أن التخزين يؤثر بشكل خاص على الأحماض الأمينية الكبريتية، مثيونين وسيستين، وأن إضافتها من مصدر خارجى يؤدى إلى تحسين القيمة البيولوجية للتغذية على فول الصويا المخزن (Hitchmall and Beadles 1949).

أجريت دراسة على الشعير خزن خلالها على مدى ثلاثة مواسم متتالية مقارنة بالمحصول حديث الحصاد للموسم الرابع. وجد منها أن النسبة المئوية لمحتوى الحبوب من البروتين (محسوبا على أساس ن× 6.25) قد انخفض من 12.1٪ فى الحبوب حديثة الحصاد إلى 9.95 و8.99 و8.42 ٪ الحبوب التى خزنت لعام وعامين وثلاثة أعوام على الترتيب. ومن ناحية أخرى فإن

الدراسات على حيوانات التجارب لم تظهر فروقا معنوية فى القيمة البيولوجية للحبوب التى خزنت للفترات السابقة الذكر.

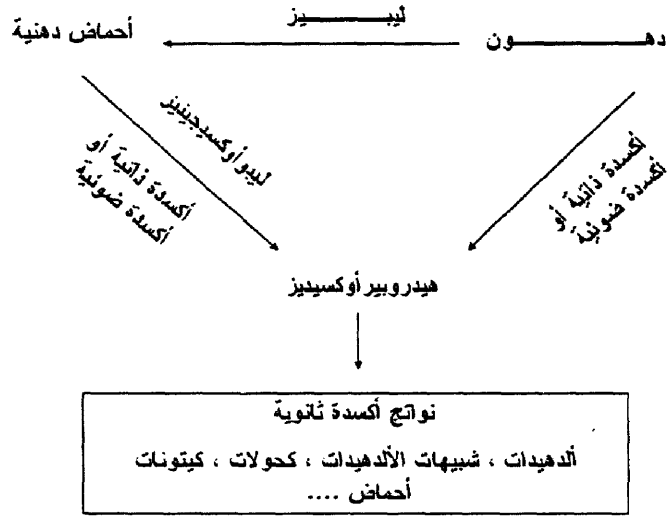
جـ - التغيرات فى الدهون Changes in Lipids

التغيرات التى تحدث فى دهون وزيوت الحبوب والبذور المخزنة إما تكون تحليلاً مائيًا حيث تنتج أحماضًا دهنية حرة، أو أكسدة فتتكون الدهيدات وكيتونات، وهى ضارة بصحة المستهلك. تحتوى الحبوب السليمة غير المكسورة على مضادات أكسدة بالإضافة إلى أنها يتوفر لها عامل الحماية من التعرض لأكسجين الجو . لذا فإن الأكسدة تكون مشكلة فى حالة منتجات الحبوب، خاصة الناتج الكلى لطحن الحبوب، وعلى سبيل المثال لا يمكن تخزين الدقيق إلا لفترة قصيرة خشية حدوث التزنخ. تؤدى عملية تحلل الدهون أثناء التخزين بفعل إنزيم ليبتز Lipase الفطر إلى أحماض دهنية وجلسرين إلى ارتفاع الحموضة فى الحبوب أو البذور وتتخذ الزيادة فى الحموضة كمؤشر لمدى حدوث التدهور بواسطة الفطريات.

يقدر رقم الحموضة الدهنية بالمليجرامات من هيدروكسيد البوتاسيوم اللازم لمعادلة الأحماض الدهنية المنفردة فى 100 جرام من الحبوب (محسوبة على أساس الوزن الجاف).

وجد من دراسة على فول صويا أجريت له عدوى بالفطر *Aspergillus ruber* وخزن بدرجات مختلفة من المحتويات الرطوبية (11.3 - 17.7٪) وعلى درجة حرارة 25°س أن جميع البذور تم غزوها بواسطة الفطر فى خلال 20 يومًا عند جميع المستويات الرطوبية. وقد وجد أن رقم الحموضة الدهنية ازداد بزيادة زمن التخزين، لكن معدل الزيادة كان بطيئا عند المحتويات الرطوبية 11.3، 13.1٪ وكان سريعًا فى المحتويات الرطوبية الأعلى، وقد كان معدل الزيادة فى رقم الحموضة الدهنية متمشيًا مع الزيادة فى محتوى الحبوب من الإرجوستيرول، الذى يعتبر بدوره مؤشراً على زيادة كتلة النمو الفطرى.

يحـدث تحلل الدهون فى الحـبوب المخـزنة بواسطة إنزيم اللـيبـز المنتج بواسطة فطـريات المخـزن . وقـد وجـد أن أنواع *Aspergillus*، *Eurotium*، *Penicillium* تسـتطيع إنتـاج إنزيم الليبـيـز على بيئـة أجـار الترای بيـوترين tributyrin agar فى مدى واسع من مـستويات النشاط المائى ودرجـات حرارة تتراوح بين 15 - 25ْس، ولا يرتبط إنتـاج الإنزيم بمعدل نمو الفطر. كـانت أكـثر الفطريات المـنتجـة لإنزيم الليـبيـز هى *A. candidus*، *A. versicolor*، *P.expansum, P. hordei* . (Magan et al.1993)



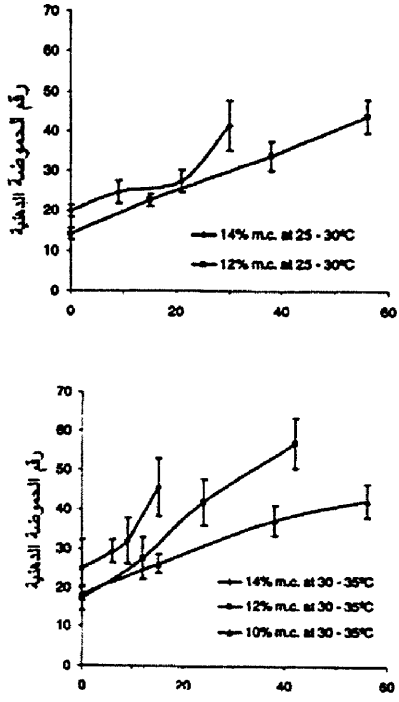
شكل (3-5) عمليات التحليل والأكسدة فى الليبيدات

تعتبـر المكونات الدهنية من أهم عناصر الجودة فى الشوفـان ومنتجاته، ويرجع ذلك إلى احـتواء الشوفـان على قدر عـالٍ نسبـيًا من الدهون مـقارنة بالقمح والشعير، وأن نسبة كبيرة منها ذات أحماض دهنية غير مشبعة. ويكون نشاط الليبيز فى الشوفان عاليًا نسبيًا مقارنة بالقمح والشعير، ويحتوى الشوفان على مضادات أكسدة وتكون دهونه ثابتة فى الحبوب تامة النضج، غير المضارة

وكذا فى منتجاته التى تتعرض للحرارة بدرجة مناسبة. رغم ذلك فإنه عند تخزين الشوفان فى ظروف سيئة فإن دهونه يحدث فيها تحلل لتنطلق أحماض دهنية ربما تتأكسد وتسبب التزنخ. ونظرا لأن نسبة كبيرة من الأحماض الدهنية للشوفان غير مشبعة فإنها تكون أكثر قابلية للأكسدة، وربما يترتب على ذلك تكوين مكونات ذات رائحة وطعم غير مقبولين. بناءً على ذلك فإن تقدير محتوى الشوفان من الأحماض الدهنية المنفردة فى عينة من الحبوب يعتبر مؤشراً لمدى قابليته للتخزين. وقد اقترح بألا يتجاوز الحد الأقصى لنسبة الأحماض الدهنية فى المستخلص الإيثيرى 5٪ ليكون الشوفان مناسبا للتصنيع. تزداد عملية تحلل دهون الشوفان أثناء التخزين بزيادة المحتوى الرطوبى للحبوب، ويقع الحد الحرج للمحتوى الرطوبى لتخزين حبوب الشوفان عند 14.5 - 15٪. ويؤدى ارتفاع المحتوى الرطوبى عن الحد السابق ذكره إلى نشاط عالٍ لإنزيم الليبيز، وارتفاع حاد فى الأحماض الدهنية الحرة.

أجريت دراسة على بذور فول صويا، لدراسة درجة تأثير المحتوى الرطوبى (11.2، 12.8، 14.8٪) ودرجة حرارة التخزين (20، 30، 40 °س) وفترة التخزين التى امتدت حتى 180 يوم على خصائص الزيت. وقد أخذت قراءات رقم الحموضة الدهنية، بالإضافة للرقم اليودى ومؤشر فوق الأكاسيد Peroxide كل 45 يوم. وقد وجد أنه لم يحدث تغير يذكر فى الرقم اليودى للزيت المستخلص، بينما حدث تغير معنوى فى كل من رقم الحموضة الدهنية وفوق الأكاسيد. وقد وجد أن التخزين كان آمنا وكانت صفات الزيت المستخلص جيدة فى حالة البذور التى خزنت على درجة حرارة 20 °س، وكان ذلك عند جميع المحتويات الرطوبة المختبرة. ومن ناحية أخرى فقد وجد أن رقم الحموضة الدهنية للزيت المستخلص قد تجاوز الحد المسموح به فى حالة البذور التى خزنت بمحتوى رطوبى 14.8٪ ودرجة حرارة 30 أو 40 °س، وتلك التى خزنت بمحتوى رطوبى 12.8 ٪ ودرجة حرارة 40 °س.

وفى دراسة مشابهة أجريت على بذور الكانولا وجد أن عامل المحتوى الرطوبى للبذور كان الأكثر تأثيرا على ارتفاع رقم الحموضة الدهنية عن عامل درجة حرارة التخزين. فعند التخزين على حرارة 25 - 30 °س بلغ رقم الحموضة الدهنية فى البذور المخزنة بمحتوى رطوبى 12٪ بعد 60 يوم من التخزين مماثلا لذلك المسجل بعد 30 يوم من التخزين فى البذور ذات المحتوى الرطوبى 14٪ (شكل 3-6).



شكل (3-6) رقم الحموضة الدهنية لبذور كانولا خزنت بمحتويات رطوبية مختلفة، وعلى درجات حرارة مختلفة.

وعند التخزين على درجة حرارة 30 - 35 °س، فإن خفض المحتوى الرطوبى للبذور إلى 10٪ أدى إلى اختزال تأثير رفع درجة حرارة التخزن، بينما كانت الزيادة فى رقم الحموضة الدهنية كبيرة بدرجة واضحة فى الحبوب المخزنة بمحتويات رطوبية أعلى (12٪ و14٪).

د - التغيرات فى الفيتامينات Changes in Vitamins

تعتبر الحبوب ومنتجاتها مصدراً هامًا لمختلف الفيتامينات فى غذاء كل من الإنسان والحيوان لذا فإن فقد أى كمية من هذه الفيتامينات أثناء التخزين يعتبر أمراً بالغ الأهمية. والحبوب مصدر جيد للثيامين والنياسين والبيرودوكسين والإينوزيتول والبيوتين وفيتامين "ى" كما أنها تحتوى على

كميات ضئيلة من حامض البنتاثيونيك، ويوجد فيتامين "أ" فى الذرة الصفراء. يحدث تناقص فى محتوى الحبوب من الفيتامينات إذا ما تعرضت للتخزين تحت ظروف سيئة، فقد وجد أن القمح الذى يحتوى 17٪ رطوبة يفقد حوالى 30٪ من محتواه من الفيتامينات خلال خمسة شهور من التخزين بينما المخزن بمحتوى رطوبى 12٪ يفقد 12٪ من محتواه من الفيتامينات إذا خزن لنفس الفترة. وتحتوى الذرة على 5.3 - 5 وحدة دولية من فتيامين أ، ويرجع ارتفاع محتوى الذرة من هذا الفيتامين إلى ارتفاع محتواه من الكاروتينات B. caroten، Cryptoxanthin، Neocryptoxanthin وبدرجة أقل من (a - caroten) وهى المواد التى تعتبر فيتامينات أولية تتحول داخل جسم الإنسان أو الحيوان إلى فيتامين أ. وقد سجل حدوث نقص كبير فى فيتامين أ فى الذرة الصفراء أثناء التخزين، فقد وجد أن 34٪ من كاروتينات الذرة يفقد خلال الأسبوع الأول من التخزين على 35ْس ويصل الفاقد إلى 70٪ بعد عام من التخزين، وفى دراسة أخرى أجريت فى جامعة إلينوى وجد أن حبوب الذرة التى خزنت فى صوامع معدنية لمدة 4 سنوات فقدت 50٪ من محتواها من الكاروتينات. ويعتبر فيتامين أ الموجود فى الذرة الصفراء ذا أهمية كبيرة فى تغذية الحيوان، ويمكن أن يكون له دور معنوى فى تغذية الإنسان فى المجتمعات التى تعتمد على الذرة الصفراء فى غذائها. وقد وجد أن نقص فيتامين أ يسبب حدوث مرض الاستسقاء العام فى الماشية Anasarca (extreme generalized edema) الذى يمكن أن يتسبب عن نقص فيتامين أ أو لأسباب أخرى. يمكن تمييز أعراض المرض بالعين إذ يلاحظ امتلاء خلايا الجلد بالماء ومن ثم تورم الجسم كما يسبب نقص الفيتامين فقد الشهية والعرج وضعف الإبصار خاصة بالليل. يسبب المرض خسائر كبيرة. تلعب الحرارة دورا كبيرا ويفوق دور الرطوبة فى تدمير فيتامين أ فى الذرة المخزنة. ويمكن أن تؤدى عملية تجفيف الحبوب الرطبة بالهواء الساخن إلى اختزال محتواها من فيتامين أ.

يزداد فقد الحبـوب لمحتواها من الفيتامينات بارتفـاع محتواها الرطوبى، فقد وجـد أن حبوب الأرز الكاملة التى خزنت على محـتويات رطوبية أعلى من 10٪ فقدت قدرا معنويا من محتـواها من الثيامين، إلا أن ذلك الفاقد لم يكن موازيًا لفقد الحيـوية. كما يعتمد مقدار فاقد الحبـوب من الفيتامين على زمن التخزين ودرجة الحرارة. وقد وجـد من دراسة أجريت على حبوب قمح وذرة وأرز خزنت لمدة ستة أشـهر على درجات حرارة 10، و25، و45°س أن محتوى الحبوب من الثيـامين قد انخفض عند التخزين على 25 و45°س بنسب 21.4 - 29.5 فى حـبوب القـمح، 17.2 - 24.1 فى حـبـوب الذرة و17.7 - 29.2 فى حبوب الأرز، بيـنما لم يحدث تغير مـعنوى فى الفيتامـين فى حالة الحبوب المخزنة على 10°س (Zia-Ur-Rehman,2006) .

***

الفصل الثالث

تكون السموم الفطرية

Formation of Mycotoxins

السمـــوم الفطرية Mycotoxins هى نواتج تمثيل ثانوية تـنتج بواسطة الفطريات الممـرضة للنبات فى عـديد من الأغذية، وهى شـديدة الضرر على صحة الإنسان والحيوان. يزيد عـدد ما يمكن أن تنتجه الفطريات فى المنتجات الزراعية عن 200 توكسين. بعض هذه السموم يتكون أو يبدأ تكونه فى الحقل خلال مـرحلة نضج المحـصول والبعـض الآخر يتكون بعـد الحصـاد. تعرف الأضـرار التى يتـعـرض لها الإنـسان أو الحـيـوان عند تناول تلك السـمـوم بالتسممات الفطرية Mycotoxicosis.

1 - الأفلاتوكسينات Aflatoxins

بدأت قصة هذا التوكسين عندما استوردت بريطانيا فى عام 1960 شحنة من الفـول السودانى من البـرازيل ولوحظ أنهـا ذات طعم ردىء وملوثة بفطر ذى لون أخضـر مصفر. اسـتخدمت الشـحنة كعليقـه للإنتاج الداجنى. عند تغذية الطيور على هذه العليـقة لوحظ أنها تصاب بفقدان الشـهية ونقص فى النمو ثم كسـاح وأخيرا موت الطائر . وكان نتيـجة ذلك موت 100 ألف من صغار الدجاج التركى و20 ألف من طيور أخرى. وعند تشريح الطيور لوحظ حـدوث تليف الكبـد وتحلل خلاياه كـمـا لوحظ أيضـا وجود تورمـات فى أنسجته. وقد عـرفت الحالة بأنها المرض " س" فى الدجاج التركى Turky X disease وكانت الدلائل تـشير إلى أن الحـالة ترجع إلى تسمم الغـذاء. وقد

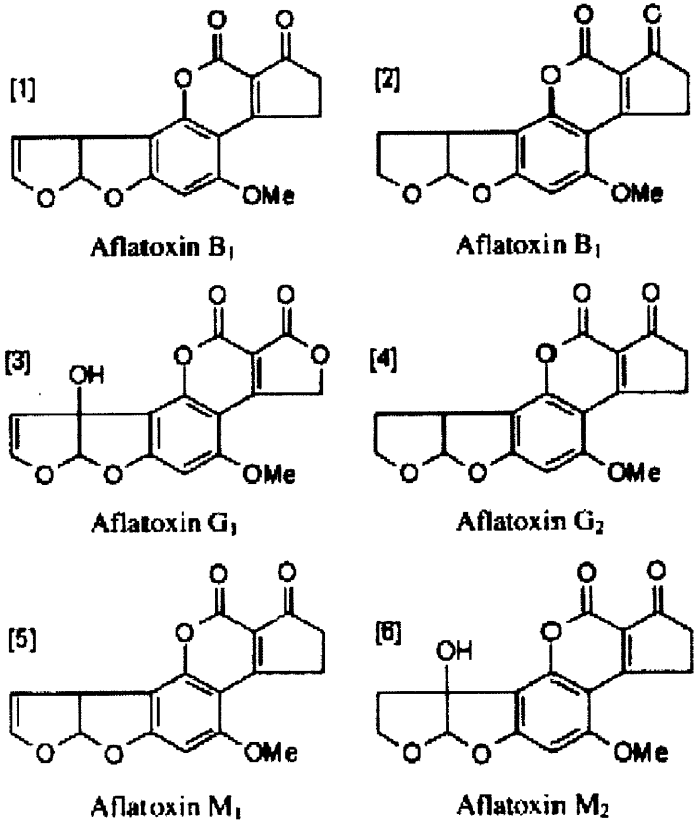
عرف أن ما حدث كان نتيجة لتوكسينات ينتجها الفطر *Aspergillus flavus* وأطلق عليها اسم يشتق من اسم الفطر المنتج لها وهو أفلاتوكسينات Aflatoxins .

1 - الفطريات المنتجة

كان الفطر المصاحب لإنتاج التوكسين لأول مرة هو *Aspergillus flavus*، ثم وجد أنه ينتج بواسطة نوع آخر من نفس الجنس هو *A. parasiticus* وحديثا سجل نوع ثالث من الفطريات المنتجة لها وهو *A .nominus*. وجد أن سلالات *Aspergillus flavus* يمكن تقسيمها إلى مجموعتين محددتين تعرف الأولى بأنها نمط موفولوجى س (morphotype S)، وتعرف المجموعة الثانية بأنها نمط موفولوجى ل (morphotype L). ويتكون كل نمط موفولوجى من مجموعة عزلات تنحدر من تكيب جينى محدد وتعرف باسم مجموعة متوافقة خضريا (Vegetative Compatibility Group)، وتتميز كل مجموعة بسهولة انسياب الجينات بين أفرادها دون أفراد المجموعة الأخرى. تختلف المجموعتان التوافقيتان الخضريتان فيما بينهما فى عديد من الخصائص، وكان من بين الخصائص التى درست، القدرة على إنتاج الأفلاتوكسينات. تتميز سلالات "المجموعة س" بوجه عام بقدرتها على إنتاج الأفلاتوكسينات بتركيزات عالية عما هو الحال فى سلالات "المجموعة ل". تتباين سلالات المجموعة (ل) فى إنتاجها للأفلاتوكسينات فقد تنتج بعض السلالات قدراً كبيراً، بينما ينتج البعض الآخر قدراً ضئيلاً، والبعض لا ينتج ويطلق عليه "Atoxigeinic". تتكون عشائر الفطر *Aspergillus flavus* فى أى حقل أو منطقة من عديد من سلالات التى تنتمى لمجموعتى التوافق الخضرى. بناء على ما سبق يعتمد تكون التوكسين فى حبوب محصول ما على مدى سيادة السلالات ذات القدرات العالية على الإنتاج، إضافة إلى ذلك فقد تتباين السلالات فى تفضيلها لمحصول على آخر فيكون إنتاجها للتوكسين عليه أعلى من سواه.

2 - صور الأفلاتوكسين

للأفلاتوكسينات أربعة مشتقات هى Aflatoxin B1,B2,C1,C2، أفلاتوكسين ب1، ب2، ج1، ج2، تنتجها عزلات معينة من الفطريات السابق ذكرها عند نموهما على العديد من الأغذية كالحبوب النجيلية والبذور الزيتية وغيرها. رغم أن هذه الفطريات تنمو بدرجة واحدة تقريبا على هذه الأغذية إلا أن قدرتها على إنتاج التوكسينات تختلف كثيرا تبعا لنوع الغذاء النامية عليه. وتعتبر ثمار الفول السودانى وبعض أنواع النقل وبذور القطن وجوز الهند المجفف من أنسب المواد التى يتكون عليها التوكسين يليها الذرة وفول الصويا بينما تقع حبوب القمح والشعير فى المرتبة الثالثة . تتكون هذه التوكسينات فى الجو الرطب الحار ويتحقق أعلى إنتاج عندما تكون الرطوبة النسبية 80 - 85٪ ودرجة الحرارة 26 - 30° سيليزية، وعلى ذلك فان هذه التوكسينات ينحصر تكونها وتشكل خطورة كبيرة فى المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية. كما أنها تتكون بتركيزات عالية أيضا فى الأغذية التى تخزن أو يتم شحنها فى ظروف سيئة من الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة المرتفعة . وعلى الرغم من أن ظروف التخزين قد تكون جيدة فإن التوكسينات يمكن أن تتواجد بتركيزات معنوية فى عينات من الفول السودانى أو الذرة نتيجة لتكونها قبل الحصاد.



شكل (3-7) مشتقات مختلفة للأفلاتوكسينات

3 - الظروف المؤثرة على إنتاج التوكسين

تعتبر ثمار الفول السودانى وبعض أنواع النقل وبذور القطن وجوز الهند المجفف من أنسب المواد التى يتكون عليها التوكسين يليها الذرة وفول الصويا. تتكون هذه التوكسينات فى الجو الرطب الحار ويتحقق أعلى إنتاج عندما تكون الرطوبة النسبية 80 - 85٪ ودرجة الحرارة 26 - 30 سيليزية، وعلى ذلك فإن هذه التوكسينات ينحصر تكونها وتشكل خطورة كبيرة فى المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية. كما أنها تتكون بتركيزات عالية أيضا فى الأغذية

التى تخزن أو يتم شحنها فى ظروف سيئـة من الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة المرتفعة. وعلى الرغم من أن ظروف التخزين قد تكون جـيدة فإن التوكسينات يمكن أن تتواجـد بتركيـزات معنوية فى عينات من الفـول السودانى أو الذرة نتيجة لتكونها قبل الحصاد .

4 - تأثيرات التوكسين على البشر

التسمم الأفلاتوكسينى الحاد Acute aflatoxicosis

يتمـثل التأثيـر السمى الحاد الذى يحـدث بعد فـترة وجيـزة من ابتلاع التوكسين فى حدوث قىء وآلام ونزيف فى البطن، وأضرار فى الرئة، وضرر حاد فى الكبـد، وتشنجات والدخـول فى غيبـوبة، وضرر فى خـلايا الدماغ وينتهى الأمر بالموت.

التسمم الأفلاتوكسينى المزمن Chronic aflatoxicosis

وهو الذى يحدث نتيجة لابتلاع كميات قليلة أو متوسطة على مدى فترة طويلة من الزمن. وربما يصعب تشخيص الحالة حـينئذ، لأن الضرر يتمثل فى ضعف تمثـيل الغذاء وضعف معمـل النمو، دون ظهور متـلازمة أعراض تدل على تسمم الأفلاتوكسينى كمـا فى التسمم الحاد، إلا أن التسمم المزمن يؤدى فى النهاية إلى تليف الكبد Cirrhosis of the liver أو سرطان الكبد.

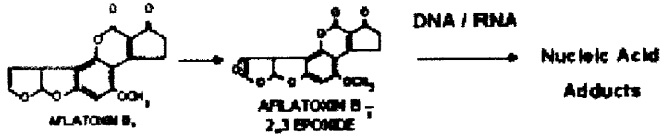
وجدت الأفلاتوكسينات فى جراثيم الفطر والتى يمكن أن تتكون بغزارة على سطح حبوب الذرة وغـيره من محاصيل الحبـوب وعند الحصاد أو النقل إلى الصوامع تنتـشر الجراثيم فى الجو بكثـافة عالية. وفى دراسـة أجريت فى ولاية جورجيا بالولايات المـتحدة وجد أن الغبار الذى تم جمـعه أثناء الحصاد الآلى يحـتوى 2000 إلى 40000 جزء فى البلـيون من التوكـسين، ويحـتوى التراب الـذى تم جمعـه من الصوامع التى تسـتقـبل هذا الذرة على 600 إلى 1500 جزء فى البليـون من الأفلاتوكسينات .وفى دراسـة أجريت فى هولندا

على عدد قليل من عمال معاصر الزيوت ممن يتعرضون بانتظام لأتربة محتوية على الأفلاتوكسينات لوحظ زيادة عدد من ماتوا بالسرطان ولكن لم تلاحظ وفيات بسرطان خلايا الكبد .

تنتقل الأفلاتوكسينات من الأمهات إلى الأجنة خلال المشيمة كما أنها تنتقل فى صورتى أفلاتوكسين - م1 وأفلاتوكسين - م2 إلى الرضع خلال عملية الرضاعة. وعلى ذلك فإنه فى البلاد النامية حيث تزداد فرصة وجود الأفلاتوكسينات فى غذاء الحوامل والأمهات وتمتد أيضا فترة الرضاعة الطبيعية إلى عام أو يزيد يزداد احتمال تراكم قدر كبير من الافلاتوكسينات فى أجسام الأطفال مسببا لهم الكثير من المشاكل الصحية. أجريت دراسة على أمهات مرضعة الفئران بتغذيتها على غذاء محتوى على الأفلاتوكسين - ب1، وذلك لتحديد ما إذا كان لبن المرضعات من الفئران يحتوى على نواتج تمثيل يتم ترحيلها إلى النسل بدرجة تستحث حدوث سرطان الكبد. وقد كانت نتائج التجربة إيجابية، مما يوضح المخاطر الصحية على الأطفال نتيجة للرضاعة أو لتناول حليب البقر أو منتجاته كالأجبان واللبن المجفف (Johnston). وبالإضافة إلى التأثير المزمن للتسمم الأفلاتوكسينى فإنه يسبب أيضا:

* ضعف المواليد وزيادة قابليتهم للإصابة بالأمراض.
* يتداخل تأثيره بطريقة ما مع أمراض سوء التغذية فى الأطفال.
* فقدان تأثير التحصينات المعطاة للوقاية من الأمراض.
* زيادة القابلية للإصابة بأمراض الطفولة الخطيرة والمؤدية إلى الوفاة.
* يلعب دورا فى عملية تكشف الإصابات المرضية عند مدمنى الهيروين.

أجريت عديد من الدراسات لتفهم التأثير المسرطن للأفلاتوكسنات، فقد درس تأثير أفلاتوكسين ب1على المادة الوراثية داخل خلية حية فوجد أن التوكسين أدى إلى حدوث طفرات فى الجينات وتشوه فى الكروموسومات فى مزارع خلوية بشرية وحيوانية، كما سبب حدوث طفرات فى جينات حيوانات دنيا وحشرات، وسبب حدوث ضرر فى الحمض النووى الديوكسى ريبوزى وتكون طفرات فى جينات خلايا بكتيرية. وأجريت عديد من الدراسات كذلك على أفلاتوكسينات ب2، ج1، ج2، م1 أثبتت جميعها حدوث ضرر للمادة الوراثية.



شكل (3- 8) تكوين معقد التوكسين- الحمض النووى

لمعرفة كيفية تمثيل أفلاتوكسين فى الجسم، أجريت دراسات باستخدام كبد بشرى أثبتت أن أفلاتوكسين ب1 يمثل إلى مركب ذو نشاط عالى أطلق عليه 2.3 Epoxide . بعد تكون المركب السابق فإنه يرتبط بالبروتين والحمض النووى الديوكسى ريبوزى ومكونات أخرى هامة فى الخلية الحية مكونة معقدات Adducts. يؤدى تكوين تلك المعقدات إلى الإخلال بالعمليات الحيوية للخلية، ويمكن أن يؤدى تكوين معقدات الحمض النووى الديوكسى ريبوزى فى النهاية إلى فقد السيطرة على نمو وانقسام الخلية . يمثل البشر الأفلاتوكسين ب1 فى إلى معقد Aflatoxin B1-N7-guanine بمستوى يقارب ذلك الذى يحدث فى الأنواع الحساسة للتسرطن بواسطة الأفلاتوكسينات

كالجرزان. ومع ذلك فإن كلاً من البشر والحيوانات تمتلك أنظمة إنزيمية قادرة على اختزال الضرر الذى يمكن أن يحدث بواسطة Epoxide 2.3 فى الحمض النووى الديوكسى ريبوزى والمكونات الخلوية الأخرى. وعلى سبيل المثال فإن Glutathione-s-tranferase يتوسط فى تفاعل Epoxide 2.3 مع الجلوتاثيون الموجود فى الخلية ويحرمه من الارتباط بالأحماض النووية، ومن ثم حدوث التسرطن. وبناء على ذلك فقد وجد أن مقاومة بعض الحيوانات كالفئران للتأثير المسرطن للأفلاتوكسين ترجع إلى أن له نشاطًا لإنزيم Glutathione-s-tranferase يصل إلى ثلاثة إلى خمسة أمثال نشاط ذلك الإنزيم فى الحيوانات الحساسة للتأثير المسرطن كالجرزان. ويكون نشاط Glutathione-s-tranferase فى الإنسان أقل منه فى الجرزان أو الفئران وبالتالى فهو أقل قدرة على نزع سمية التوكسين Detoxification .

حالات تفشى التسمم الأفلاتوكسينى

سجل حدوث حالات لتفشى التسمم الأفلاتوكسنى فى البشر فى أوغندا وكينيا والهند، ففى خريف سنة 1974 ظهرت حالة مرضية فى أكثر من 150 من قرى ونجوع ولايتين متجاورتين فى شمال غرب الهند. تمثلت أعراض الحالة فى حمى، وكذا يرقان (اصفرار الجلد والعينين)، واستسقاء (رشح سوائل فى التجويف البطنى) يتقدمان سريعا. وبناء على أحد التقارير فإن 108 ماتوا من بين 397 شخصا سجلت عليهم الحالة. وقد كان مما سجل فى هذه الحالة من التفشى أن نفس الأعراض ظهرت على الكلاب. أجريت دراسات على خزعات كبدية من ثمانية حالات بشرية، وكذا بتشريح أكباد إنسان واحد وكلبان. وقد وجد حدوث انسدادات وريدية كبدية، وركود انتشار العصارة الصفراوية، وتكون خلايا كبدية عملاقة، وتليفات تحيط بالخلايا. أثبت تحليل عينات الغذاء أن الحالة ربما ترجع إلى استهلاك حبوب ذرة كانت مصابة بشدة بالفطر *Aspergillus flavus* . وكان ذلك بسبب سقوط أمطار غير معتادة فى الفترة التى سبقت الحصاد، ومن ثم أدى الجهل بخطورة استهلاك غذاء ملوث

بالفطريات إلى تفشى حالة التسمم الأفلاتوكسينى. أثبت تحليل عينات الغذاء وجود الأفلاتوكسينات بمعدل 2.5 - 15.6 ميكروجرام/ جرام، وبذلك يكون من تأثروا بالتسمم قد تناولوا 2 - 6 مليجرام يوميا لمدة عدة أسابيع. وقد أثبت تحليل عينات من حبوب الذرة فى السنة التالية(1975) أنها تحتوى على مجرد آثار من الأفلاتوكسينات (أقل من 0.1ميكروجرام/ جرام)، ولم تظهر أى حالات تسمم خلال تلك السنة. وقد وجد بمتابعة حالة من بقوا على قيد الحياة لمدة 10سنوات وجد أنهم قد شفوا تماما وليس لديهم أدنى معاناة مما حدث لهم سلفًا.

حدث اجتياح للتسمم الأفلاتوكسينى عدة مرات فى كينيا، ففى سنة 1981 حدث اجتياح للتسمم نتج عنه موت 20 شخص. وخلال الفترة من أبريل إلى سبتمبر 2004 حدث واحد من أكبر اجتياحات التسمم الأفلاتوكسينى فى كينيا. بلغ عدد من حدث لهم التسمم 317 وبلغ عدد الوفيات125، وفى سنة 2005 حدث اجتياح، نتج عنه موت 16 إنسان. وقد وجد أن هذا التسمم نتج عن تناول حبوب ذرة خزنت وهى رطبة. وأثبتت التحليل أن الحبوب احتوت على التوكسين بتركيزات 20 - 100 نانوجرام/ جرام، مما دل أن الموت قد حدث نتيجة لتسمم حاد بالأفلاتوكسين. وقد كان الشيوخ والأطفال هم أكثر المتأثرين بالتسمم فى عامى 2004، 2005.

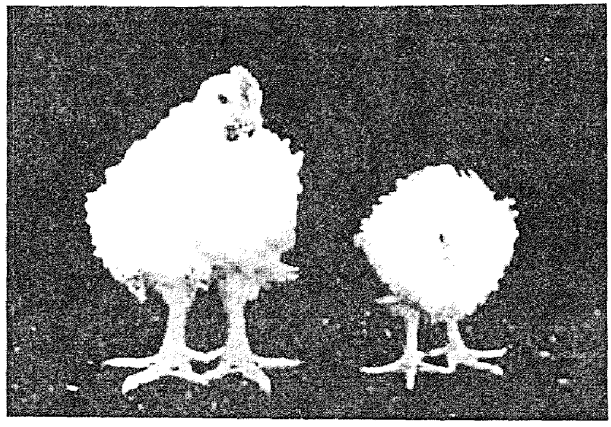
4 - تأثير التوكسين على الإنتاج الداجنى والحيوانى

تؤدى تغذية حيوانات المزرعة على غذاء محتوى على أفلاتوكسين بتركيز حوالى 100 إلى 1000 جزء فى البليون (ميكروجرام / كيلوجرام) بانتظام ولفترة من الزمن إلى نقص فى معدل استهلاك الغذاء وتقزم ونقص فى تكون اللحم. ويصاحب نقص الإنتاجية حدوث ضرر للكبد ونزيف داخلى فى العضلات وتجويف الجسم وفقدان للمناعة الطبيعية للأمراض والطفيليات وطالما أن هذه الأضرار قد حدثت فلا يشفى الحيوان حتى لو أعطى عليقة خالية من

التـوكسـين. يحتـوى لبن تلك الماشيـة المتـغذية على عليـقة مـحتـوية على الأفلاتوكسين ولكن بعد تمثيله فى صورة أخرى فيتحول أفلاتوكسين (ب1 إلى م1 Aflatoxin M1) ويتـحـول (ب2 إلى م2 Aflatoxin M2). تخـتلف نسبـة التحول من ب - توكسـين إلى م - توكسين تبعا لنوع الحـيوان ويحتوى اللبن فى المتوسط على أفـلاتوكسين م1 أو م2 بنسبة حوالى 1٪ من محتـوى عليقة الأمهات من أفلاتوكسين ب1 أو ب2. تنتقل الأفلاتوكسينات من الأمهات إلى الأجنة خلال المشيـمة كما أنها تـنتقل فى صورتى م1 وم2 إلى الرضع خلال عملية الرضاعة .

تسبب الأفلاتوكسيـنات أضرارا للكلى ومشاكل فى الأرجل والعظام فى الطيور الداجنة، كـما أنها تؤدى إلى تثبيط المناعـة الطبيعيـة للأمراض وكذلك فشل عمـيلة التطعيم ضد الأمراض فـتنتشر أمراض الإسـهال والأمراض التى تسببها الفيروسات. وتقل قدرة الدم على التجلط مما يترتب عليه حدوث نزف شديد نتيجـة لأى جروح يتعرض لها الطائر. ينتج الدجاج بيضـا أقل حجما وذا قشرة رقيـقة ويكون معدل تكوين البيض منخفـضًا ويصبح لون المح باهتًا ويقل معدل الفـقس. ويؤدى وجود التوكسـين بتركيزات مرتفـعة إلى حدوث نسبة عالية من الموت، فـقد أدى وجوده بتركيز 100 جزء فى المليون فى علف دجاج الأمهـات إلى موت 50 ٪ من العشيـرة خلال 48 ساعـة بينما يؤدى وجود التـوكسين بتركسيز 4 جزء فى المليون فى عـلف دجاج اللحم أو دجاج الأمهات إلى حدوث موت بنسبة 5 ٪ خلال 3 أسابيع من التغذية.

تؤدى تغذية حيوانات المزرعة على غذاء محتوى على أفلاتوكسين بتركيز حوالى 100 إلى 1000 جـزء فى البليون (مـيكروجـرام / كيلوجـرام) بانتظام ولفترة من الزمن إلى نقص فى معدل اسـتهلاك الغذاء وتقزم ونقص فى تكون اللحم. ويصـاحب نقص الإنتاجـية حـدوث ضرر للكبـد ونزيف داخلى فى العضلات وتجويف الجسم وفقدان للمناعة الطبيعية للأمراض والطفيليات وطالما



شكل (3-9) نموذج لدجاجة كانت تغذيتها على علف ملوث بالأفلاتوكسين
(إلى اليمين) ، مقارنة بأخرى تغذت على علف خالى من التوكسين (إلى اليسار)

أن هذه الأضرار قد حدثت فلا يشفى الحيـوان حتى لو أعطى عليقة خالية من التوكسين . يحتوى لبن تلك الماشيـة على التوكسين ولكن فى صور أخرى إذ تتحول الصورة أفـلاتوكسين - ب1 إلى أفلاتوكسين - م1 وتتحول الصورة أفـلاتوكسـين - ب2 إلى أفـلاتوكسـين - م2 تخـتلف نسـبة التـحـول من أفلاتوكسين - ب1 توكسين إلى أفلاتوكسين - م1 توكسين تبعا لنوع الحيوان. ويحتوى اللبن فى المتوسـط على أفلاتوكسين م1 أو م2 بنسبة حوالى 1٪ من محتوى العليقة من أفلاتوكسين ب1 أو ب2 فى غذاء الأمهات .

رغم أن الأفلاتوكسين واسع الانتشـار عالميا لتعدد السلع التى يمكن أن ينمو عليها، فـإن المعاناة فى الدول المتقدمة عادة ما تكون راجعـة إلى استيراد أغذية وأعلاف من دول نامية .لذا فقد وضـعت الدول المتقدمة حدودا قصوى لمحتوى الأغذية والأعلاف من التوكسينات وتمتلك هذة الدول الوسائل الدقيقة لتقدير التوكسينات. أما الدول النامية فـإنها تفتقد التقنيات التى تمكنها أن تمنع أو تقلل من تكوين التوكـسينات فى سلعها والتى تشكل مـصدرا هاما للدخل

القومى نظرا لـتصديرها للدول المتـقدمة وغـالبا ليس لديهـا الوسائل الدقيـقة لتقدير التوكسينات. يتـرتب على ذلك رفض الدول المتقدمة للسلع القادمة من الدول النامية وغير المطابقة للمواصفـات. بذلك تتعرض الدول النامية للمعاناة مرتين، الأولى بسـبب التاثيرات الـضارة للتوكـسينات على الإنتاج الحـيوانى وعلى المستهلكين، والثانية فى انخفاض حجم صادراتها مما يؤثر بالسلب على اقتصادياتها .

وضع الأفـلاتوكسـين منذ فتـرة من الزمن ضمن أقـوى المواد المعـروفة بتأثيـرها المطفر والمسرطن للحيـوان. لكن المسألة ظلت لسنوات حول فـاعلية الأفلاتوكسيـن فى كونه مسرطنًا للكبد البشـرى. وقد ظهرت فى بعض أنواع الحيوان حالات تمثيل غذائى يترتب عليها إزالة سـمية الأفلاتوكسين كما ذكرنا سلفًا، إلا أن ذلك لا يحدث فى البـشر. ويعتبر سرطان الكبـد مرضًا خطيراً جدا فى جـميع أنحاء العـالم، وهو سريع التقـدم وقاتل. كان متـوسط عدد الحالات التى تسـجل سنويا فى بداية الألفية الثالثـة نحو 473 ألف، نصفـها تقريبا يحدث فى الصين، و25٪ منها فى غرب أفريقيـا. ويعتبر الأثر المشترك لتكاليف علاج المريض بالإضافة إلى سنوات فقدان الإنتاجية كبيرة جداً.

العوامل المؤثرة على تكون الأفلاتوكسينات

أجريت دراسات موسعة على مختلف الظروف التى يمكن أن تؤثر على الأفلاتوكسينات بسـبب احتمال تطبيق مثل هذه التفـاعلات لإزالة السموم من المواد الملوثة.

- **الحرارة:**

وجد أن الأفلاتوكسـين فى الحالة الجافة يكون متحـملا للحرارة لدرجة تصل إلى نقطة الانصهار، إلا أنه فى وجود الرطوبة ودرجـات الحرارة المرتفعة يحدث تدمير للأفلاتوكسين على مدى فترة من الزمن . يمكن أن يحدث هذا

التدمير فى كُسب البذور الزيتية وفى الفول السودانى والفسدق المحمص. على الرغم من أن تأثير الحرارة لم يدرس بالتفصيل، لكن يبدو من المرجح أن درجات الحرارة المرتفعة تؤدى إلى فتح حلقة اللاكتون، مع إمكانية حدوث نزع لمجاميع الكربوكسيل. بناء على ذلك فإن درجة حرارة طهى الأطعمة لا تكون كافية للقضاء على التوكسين، إن وجد فى الغذاء، بينما يؤدى تحميص الفول السودانى وبعض ثمار النقل إلى التخلص من التوكسين بدرجة كبيرة، فقد وجد أن تحميص بذور الفول السودانى على درجة حرارة 140 م لمدة 40 دقيقة أدى إلى اختزال محتواها من أفلاتوكسين ب - 1 وج - 1 بنسب 58.8 و64.5 على الترتيب، ويؤدى التحميص على 150م لمدة 25 دقيقة إلى حدوث اختزال بمقدار 58.5، 73.3 لكل من أفلاتوكسين ب1، وج1 على الترتيب. إضافة إلى ما سبق فإن عملية التحميص تؤدى إلى القضاء على الفطر، فلا يتكون توكسين مرة أخرى.

• القلويات:

يعمل الوسط المائى القلوى على تحليل مجموعة اللاكتون، ويبدو أن هذا التحلل يكون عكسيًا، لأنه ثبت أنه يمكن أن يعود الارتباط مرة أخرى عندما يصبح الوسط المحتوى على التوكسين حامضيًا. عند ارتفاع درجة الحرارة فى وسط قلوى إلى نحو 100م تنفتح الحلقة العطرية، وربما يحدث فقد لمجموعة الميثوكسى، ويحدث نفس التأثير عند المعاملة بالأمونيا وبعض الأمينات. وبناء على ذلك فإن المعاملة بالأمونيا تعتبر من المعاملات المفيدة، على المستوى التطبيقى، لنزع سمية التوكسين. تجرى المعاملة بالأمونيا سواء على صورة غازية أو على صورة هيدروكسيد الأمونيوم السائل، ويمكن تطبيقها عند مستويات مختلفة من الضغط الجوى ودرجات الحرارة والرطوبة النسبية وزمن المعاملة. إذ يمكن خفض أو تجريد المادة الغذائية أو عليقة الحيوان من الأفلاتوكسينات خلال ساعات بإجراء المعاملة بالأمونيا تحت ضغط جوى مرتفع ودرجة حرارة

مرتفعة أو خلال أيام من المعاملة تحت ضغط جوى عادى ودرجة حرارة الجو، ويمكن أن تصل كفاءة المعاملة بالأمونيا إلى 99٪.

• الأحماض:

يحدث فى وجود الأحماض المعدنية تحول لأفلاتوكسين ب1 وج1 إلى أفلاتوكسين ب2أ وج2أ (Aflatoxin B1a&G1a) بسبب تحليل الأحماض للرابطة المزوجية فى حلقة الفيوران. وتحدث تفاعلات فى وجود حمض الخليك اللامائى وحمض الهيدروكلوريك لتتكون مشتقات الأسيتوكسى. وتتكون مشتقات لكل من أفلاتوكسين ب2 وج1، أيضا فى وجود بعض الأحماض العضوية. وقد أثبتت عديد من الدراسات أن حمض اللكتيك الموجود فى اللبن الزبادى له القدرة على تحويل أفلاتوكسين - ب1 إلى مركب آخر ينتمى لتركيب الأفلاتوكسينات وهو أفلاتوكسين - ب2أ، وهو مركب فاقد للتأثير السمى. وقد أثبتت تجارب التحليل الكيماوى أن حموضة اللبن الزبادى الراجعة بدرجة أساسية لحمض اللكتيك أدت إلى تحول تام لأفلاتوكسين - ب1 إلى أفلاتوكسين -ب2أ عندما يكون تركيزه 800 جزء/بليون، وإلى حدوث تحول جزئى عندما يكون الأفلاتوكسين ب - 1 بتركيز 1000جزء/بليون. وقد أكدت تجارب تغذية الدجاج حدوث نزع لسمية التوكسين (Megalla & Hafez 1982). وأثبتت دراسة أخرى أن حمض اللكتيك والأحماض العضوية الأخرى التى تنتج عند إعداد السيلاج يكون لها القدرة أيضًا على إحداث نفس التأثير السابق (Hafez& Megalla 1982). ثم أوضحت دراسات أخرى أجريت بعد ذلك أن نزع سمية الأفلاتوكسين إنما يرجع إلى وجود بكتيريا حمض اللكتيك ذاتها. قد فسر ذلك بحدوث ادمصاص للتوكسين على سطح جدار الخلية البكتيرية، كانت أفضل أنواع البكتيريا التى تقوم بهذا الدور *Lactobacillus rhamnosus* و*Lactobacillus brevis* وأن العزلات المختلفة من هذه الأنواع تتباين فى قدرتها على إحداث

تأثير نزع السمية (Pierides et.al;. 2000). وأخيراً فقد أوضحت دراسات أخرى أن ما يحدث من نزع للسمية بواسطة بكتيريا حمض اللكتيك ليست عملية ادمصاص، وإنما هى عملية حيوية إنزيمية تستغرق مرور فترة زمنية مناسبة على درجة حرارة 25 درجة مئوية (Zinedine, 2005) .

• عوامل الأكسدة:

عوامل المؤكسدة كثيرة، مثل هيبوكلوريت الصوديوم، برمنجنات البوتاسيوم والكلور وفوق أكسيد الهيدروجين، والأوزون فوق بورات الصوديوم، وهى تتفاعل مع الأفلاتوكسين ويؤدى ذلك إلى تغيير الجزىء على نحو يفقده خاصيته فى إحداث الوميض المميز عند التعرض للأشعة فوق البنفسجية. ولا تعرف آليات هذا التأثير، كما أن نواتج التفاعل مازالت مجهولة الهوية فى معظم الحالات.

• عوامل الاختزال:

تؤدى هدرجة الأفلاتوكسين ب1 وج1 إلى تكون أفلاتوكسين ب2 وج2 فى الغلال على التوالى. ويؤدى استمرار الاختزال عن ذلك الحد فإن الافلاتوكسين ب1 يختزل بواسطة 3 مول من الهيدروجين ليكون تتراهيدروكسى أفلاتوكسين tetrahydroxy aflatoxin. ويؤدى اختزال الأفلاتوكسين ب1 وب2 بواسطة بوروهيدرايد الصوديوم sodium borohydride لينتج الأفلاتوكسين رب1 ورب2 aflatoxin RB1 & RB2 على التوالى. ويحدث ذلك نتيجة لانفتاح حلقة اللاكتون، يتبعه اختزال المجموعة الحامضية ومجموعة الكيتو فى حلقة البنتان.

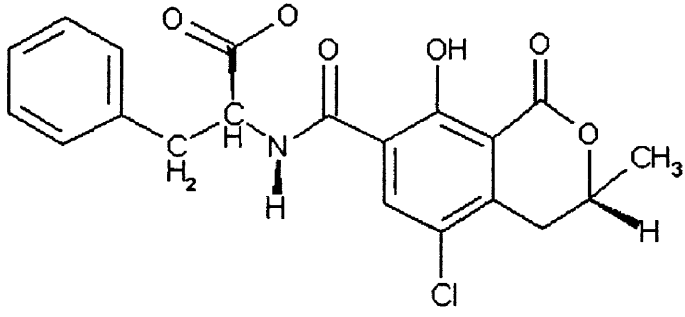
الأوكراتوكسينات Ochratoxins

تعود بداية التعرف على هذا التسمم إلى الدينمارك عام 1928 عندما حدثت مشاكل كبيرة لمربى الخنازير نتيجة لتغذيتها على عليقة ملوثة بفطريات العفن. تمثلت أعراض هذا التسمم فى نقص معدل النمو وزيادة استهلاك الحيوان للماء وزيادة التبول وحدوث ضرر مزمن فى أنسجة الكلى والتى تصبح متضخمة وذات لون باهت وسطح غير منتظم كما يحدث تليف فى القشرة وتصبح فى النهاية صلبة كالخشب، كان الفطر السائد وجوده فى العليقة ينتمى لجنس *Penicillium* وقد عرف فيما بعد أن التسمم نتج عن توكسنات عرفت باسم Ochratoxins ينتجان الفطر *Aspergillus ochraceous* وأنواع من الفطر بينيسيليوم *Penicillium* وخاصة *P. viridicatum* . ونظرا لأن هذه التوكسينات يتركز تأثيرها على الكلى فإنها تعرف بأنها توكسينات كلوية، ويعتبر " أوكراتوكسين أ " أخطر وأهم هذه التوكسينات . أثبتت الدراسة أن جميع الحيوانات المعملية أظهرت حساسية للتأثير الضار لهذه التوكسينات عند تغذيتها على أعلاف ملوثة.

الخواص الطبيعية

يعتبر أوكراتوكسين - أ وأوكراتوكسين - ب فقط هما ما تكونهما الفطريات طبيعيًا فى المواد النباتية، وتتناول معظم المعلومات المتاحة خصائص أوكراتوكسين - أ. يمكن تخزين أوكراتوكسين - أ فى الإيثانول فى الثلاجة لمدة أكثر من سنة من دون أن يفقد خواصه، وحتى فى هذه الحالة فإنه يجب حمايته من الضوء، حيث إنه يفقد خواصه إذا تعرض لضوء الفلورسنت لعدة أيام. الأوكراتوكسين - أ مركب متبلور عديم البلورية، يتم الحصول على البلورات بعد الإذابة فى البنزين، تبلغ نقطة انصهاره نحو 90 س، ويكون محتويًا على ما يقرب من مول واحد من البنزين وتكون نقطة انصهاره فى حدود 168 - 173 س بعد مرور ساعة واحدة من التجفيف. يكون

أوكراتوكسين - أ قابلاً للذوبان فى المذيبات العضوية القطبية، وقابلاً الذوبان فى الماء، وكذا الذوبان فى محلول مائى للبيكربونات.



شكل (3-10) أوكراتوكسين أ - Ochratoxin A

التأثير على الإنتاج الحيوانى والداجنى

ليس للأوكراتوكسين على وجه العموم تأثير على الحيوانات المجترة، إذ إنه يتحلل فى الحيوانات مشقوقة الظلف بفعل إنزيمات البكتيريا والكائنات الحيوانية وحديدة الخلية التى تعيش فى الكرش، فيتحول إلى مواد غير سامة. وقد وجد ناتج التحلل، وهو أوكراتوكسين ألفا فى الكليتين عند مستويات أقل من 10 ميكروجرام / كيلوجرام، وفى دم عجول غذيت على عليقة تحتوى على الأوكراتوكسين - أ بمعدل 300 - 500 ميكروجرام/ كيلوجرام. ربما يعكس ذلك أن العجول الصغيرة لم تعمل بعد كمجترات. وعند تغذية أبقار حلوب على عليقة تحتوى على 317 - 1125 ميكروجرام من الأوكراتوكسين / كيلوجرام، لمدة 11 أسبوع، وجدت متبقيات من الأوكراتوكسين فى الكلى فقط وبلغت 5 ميكروجرام/ كيلوجرام.

يعتبر التسمم الأوكراتوكسينى هامًا فى إنتاج الخنازير والدواجن وذلك لعدم قدرة الحيوانات غير المجترة على تحليل الأوكراتوكسين سريعا إذا ما

قورنت بالحيوانات المجترة. وتكون الخنازير حساسة بدرجة كبيرة ويعزى ذلك إلى طول فترة نصف الحياة للتوكسين فى السيرم والتى تبلغ 72 - 120 ساعة. تؤدى التغذية المنتظمة على عليقة تحتوى 100 ميكروجرام/ كيلوجرام من التوكسين إلى تناقص معدل النمو وإلى نقص المناعة الطبيعية للحيوان .

الحيوانات التى تعانى من التسمم الأوكراتوكسينى تكون أكثر عرضة للإصابة بالأمراض المتسببة عن البكتيريا والفيروسات. فى حصر أجرى على وجود الأوكراتوكسينات فى سلع وأعلاف من مختلف دول أوربا وأميركا وجدت هذه التوكسينات فى عينات من القمح والشعير والذرة والشوفان والشيلم الممثلة لمعظم هذه الدول. وتفيد تقارير بأنه شائع فى الدنمارك وغيرها من الدول الاسكندنافية، بلغت نسبة إصابة الخنازير فى الدانمارك فى عام 1969 حوالى 6 - 7 ٪ وتسببت فى خسارة قدرها 12 مليون دولار. وتنتج الأوكراتوكسينات فى هذه المنطقة بواسطة *P. viridicatum* بينما ينتج فى البلاد الدافئة بواسطة *A. ochraceous*.

متبقيات أوكراتوكسين فى الأغذية ذات الأصل الحيوانى

أمكن تقدير متبقيات أوكراتوكسين - أ فى عدد من الأنسجة فى الحيوانات ذات المعدة الواحدة كالخنازير. وقد أجريت تجربة لتقدير انتقال أوكراتوكسى - أ من العليقة إلى أنسجة فى مجموعة من الحيوانات، غذيت الخنازير لمدة 3 - 4 أشهرعلى عليقة تحتوى على 100 أو 200 أو 400 ميكروجرام أوكراتوكسين - أ/ كيلوجرام. عند ذبح الحيوانات وتقدير أوكراتوكسى - أ، وجد أن أعلى تركيز كان فى الكلى، وقد بلغ 50 ميكروجرام/ كيلوجرام فى المعاملة 400 مليجرام/ كيلوجرام، وتقل مستوياته فى المعاملات الأدنى، كما وجد أن الارتباط إيجابى ومعنوى بين مستوى التوكسين فى العليقة ومستوى متبقياته فى أنسجة الكلى. كما ينتج عن تغذية الخنازير على عليقة ملوثة انتقاله إلى اللحم، فقد سجل وجود

الأوكراتوكسينات فى لحم الخنزير وفى المقانـق المصنعة من لحم الخنزير. ويعتبر الجبن من المواد المناسبة لإنتاج هذه التوكسينات، فقد سجل فى بريطانيا وجوده على عـينات من الجبن التى أصابهـا العفن بالفطريـات المنتجـة. أما بالنسـبة للدواجن فإن التغذية على أعلاف ملـوثة تؤدى بالأوكراتوكسينات إلى وصوله إلى البيض والأعضاء المختلفة والأنسجة العضلية والدهن وسوائل الجسم.

التأثير على الإنسان

يمكن أن يتـعرض الإنسـان لأضرار الأوكراتوكسـينات اذا تنـاول أغذية ملوثة، وقد أمكن التحقق من ذلك بتقـدير الاوكراتوكسين أ فى الدم البشرى ولبن الأمهات. وتقتـرح بعض الدراسات الوصفية وجود عـلاقة بين التعرض لأوكراتوكسين أ ومرض الكلى المتوطن فى بلغاريا ودول يوغسلافيا سابقا وقد أثبـتت دراسة وجـود علاقـة إيجابيـة بين التوزيع الجـغرافى لأمـراض الكلى المتوطنة فى دول البلقان وبين الوفيات الناتجة عن أورام المجارى البولية . ولقد اعتبر مرض الكلى المتوطن مرضًا مزمنًا يصيب المرأة فى الغالب، ويتقدم ببطء حتى الموت. تحـدث أعلى معـدلات الإصابة فوق سن الأربعـين، يتمـيز هذا المرض بوقوعه فى مناطق جغرافية محـددة، فقد سبق أن وجد أوكراتوكسين أ فى دم بشرى فى كل من ألمانيا وبولندا وجمهورية التـشيك وحديثا وجد أيضا فى دم بشرى فى كندا واليابان وإيطاليا، مع وجـود اتجاه لتعدد الحالات داخل العائلـة الواحدة . ومع ذلك تحدث حـالات متـفرقة خـارج المناطق الموبوءة. وجد فى دراسة أجريت أن مـعدل الإصابة فى الفئة العمرية الأكـثر من عشرة سـنوات كـان 555/ 100 ألف من الإناث و322/ 100 ألف من الذكـور. وقد وجد فى العديد من المناطق الموبـوءة فى يوغوسلافيا أن نسب انتشـاره تتفاوت من 3 ٪ إلى 8 ٪. وجـد عند تشريح الجـثة فى حـالات الوفيـات أن الكلى تكون صغـيرة الحـجم، مع حدوث قـرح وتليف فى الأنسجة وتـدهور حالة الأنابيب. وأظهرت دراسة وجود اختلاف معنوى بين محتوى الأوكراتوكسين أ

فى دم المرضى بأى من مرض الكلى المتوطن أو أورام المجارى البولية وبين من لا يعانون من أى من المرضين.

التراىكوثيسينات Trichothethens

هى مجموعة من السموم ينتجها عدد من أنواع الفطريات التابعة للجنس فيوزاريوم *Fusarium* على الحبوب النجيلية، كما تنتج فطريات تابعة لأجناس *Stachybotrys, Trichothecium, Myrothecium,* سمومًا فطرية تنتمى للتراىكوثيسينات. تختلف تلك التوكسينات عن سواها فى أنها يمكن أن تتكون فى درجات حرارة أعلى من الصفر بقليل. تعود قصة التعرف على هذه التوكسينات إلى روسيا عام 1913 وأثناء الحرب العالمية الأولى، فقد أعاقت ظروف الحرب المزارعين الروس من حصاد محاصيلهم من الدخن وجاء عليها الشتاء فغطاها الجليد وعندما حل الربيع وذاب الجليد كانوا فى أمس الحاجة إليها فقاموا بحصادها. أدت تغذية الروس على تلك الحبوب أن أصيب الآلاف بمرض رهيب يتسبب عنه حدوث قرح بالفم والحلق وحدوث نزيف من الأنسجة الطلائية والجلد يستتبعه نقص حاد فى عدد كرات الدم الحمراء كما يسبب استهلاك نخاع العظام وحمى وقد ينتهى بموت المريض. أطلق على هذا المرض اسم Almentary Toxic Aleuki (ATA) كما سمى أيضا الذبحة اللوزية العفنة. أصاب التسمم آلاف الروس ومات آلاف ممن أصيبوا. ويعتبر ت - 2 توكسين T-2 toxin و ديوكسى فالينول Deoxynivalenol أهم التوكسينات التابعة للتراىكوثيسينات.

ت - 2 توكسين T-2 Toxin

التأثير على الإنتاج الداجنى والحيوانى

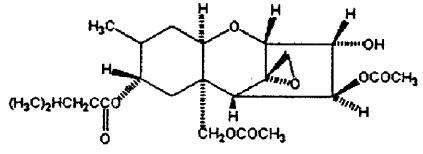
جميع الحيوانات الداجنة حساسة لضرر ت - 2 توكسين وأكثرها حساسية الدجاج. ويؤدى وجود التوكسين فى بتركيز 1 - 3 جزء/ مليون فى

علف الدجاج إلى ظهور بقع على حواف المنقار ولا يتكون الريش بانتظام فى الكتاكيت. ويؤدى التسمم بالتوكسين إلى حدوث نقص حاد فى معدل الزيادة فى الوزن فى دجاج اللحم وإلى نزيف داخلى وبطىء فى تجلط الدم وقد يؤثر على الجهاز العصبى المركزى مسببا حدوث شلل. تكون ذبائح دجاج اللحم المصابة بالتسمم شاحبة بشدة ويرجع ذلك إلى حدوث خلل فى تمثيل الدهون مما يؤثر على مستوى الكاروتينويدات وفيتامين "ى" فى البلازما. يؤدى وجود التوكسين فى العلف إلى انخفاض حاد فى إنتاج البيض للقطيع وتكون قشرة البيضة رقيقة، وتحدث زيادة فى نسبة الموت. ويؤدى التسمم فى الدجاج التركى إلى نقص فى معدل زيادة الوزن وإلى ظهور بقع على المنقار ونقص فى المناعة الطبيعية للإصابة بالأمراض. تؤدى تغذية الخنازير على علف محتوى على 1 - 2 جزء / مليون إلى نقص الخصوبة وحدوث تقرحات فى الرحم والمبيضين. أما فى الأغنام فيرتفع معدل استهلاك الغذاء مع تناقص فى معدل النمو ويحدث انخفاض فى إنتاج اللبن كما يؤدى أيضا إلى العقم. يؤدى التسمم الشديد إلى حدوث نزيف فى الأمعاء وإلى الموت فى كل من الأغنام. تختفى جميع المشاكل التى تحدث مع الحيوانات الداجنة وتختفى الأعراض بحصولها على أعلاف خالية من التوكسين.

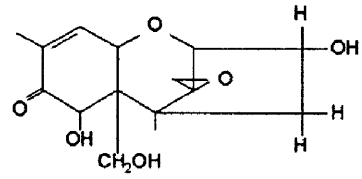
ديوكسى نيفالينول Deoxynivalenol

قبيل موسم حصاد الذرة والنجيليات الصغيرة فى عام 1981 ساد ولاية إلينوى الأمريكية جو بارد رطب وفى نهاية نفس العام والعام التالى وردت تقارير عن حالات من رفض الأعلاف وأعراض مرضية أخرى فى الخنازير. وقد وجد أن ديوكسى نيفالينول موجود بتركيزات تتراوح بين 1 - 41 جزء/ مليون فى 80 ٪ من حوالى 400 عينة من الحبوب تم اختبارها. وقد وجد زيارالينون فى 12٪ من العينات بتركيزات تتراوح بين 1 - 8 جزء / مليون . وقد احتوت بعض العينات على كلا التوكسينين . ينتج ت - 2 توكسين

بواسطة أنواع من الجنس فيوزاريوم ومن أهمها *Fusarium graminearum* و*F. roseum* وهى تصيب كيزان الذرة وسنابل الحبوب النجيلية قبل الحصاد . كما أنها تنتج أيضا الزيارالينون إلى جانب ت - 2 توكسين. كانت الأعراض التى ظهرت على الخنازير بالإضافة إلى رفض الطعام هى بعض حالات التقيؤ ونقص فى الوزن ونقص فى الكفاءة التحويلية ونقص فى القدرة الجنسية.



T2-Toxin



Deoxynivalenol

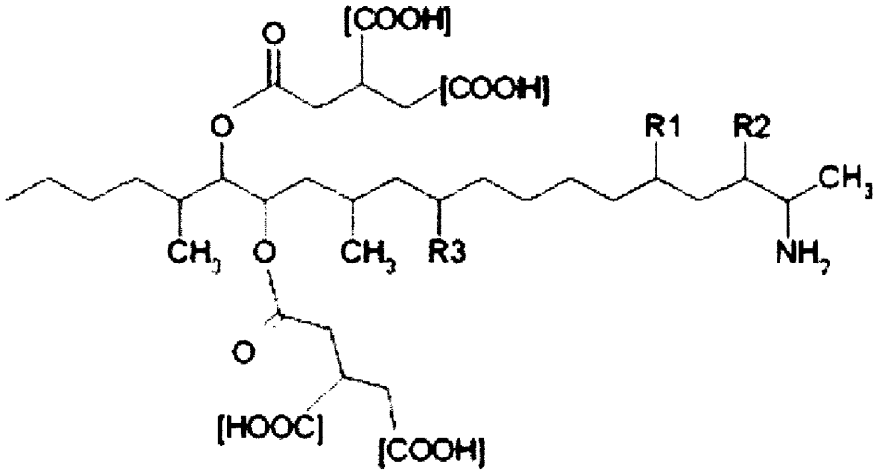
شكل (3-11)أهم التوكسينات التابعة من للتريكوثيثينات

يؤدى وجود 1 جزء/مليون من التوكسين فى العلف إلى نقص كبير فى استهلاك الخنازير للغذاء والنقص فى معدل زيادة الوزن، أما التقيؤ فهو لا يحدث كثيرا فى الظروف الحقلية نظرا لأن الحيوان لا يأكل كمية كبيرة من العليقة المحتوية على التوكسين. وفى صغار الخنازير يحدث التهاب حاد فى الأمعاء وإسهال ونسب عالية من الموت. وقد أظهر تشريح صغار الخنازير حدوث نزيف دموى فى التجويف البطنى مع شحوب وتليف الكبد. وفى جميع الحالات التى أجرى البحث عليها كان الضرر يختزل أو ينتهى عند تغذية الخنازير على عليقة خالية من التوكسين. يتعرض مربو الخنازير إلى خسائر كبيرة نتيجة لوجود هذا التوكسين فى الأعلاف، والذى غالبا ما يصاحبه زيارالينون فيؤثران على الحيوان تأثيراً جماعيًا. وغالبًا ما يلجأ مربو الخنازير إلى اضافة المولاس أو ما شابه ذلك لجعلها مقبولة من الحيوان. أما أبقار اللبن والدواجن فهى غير حساسة نسبيا، ولم يظهر عليها تأثير واضح عند تعرضها لتركيزات التوكسين الموجودة فى العلف فى الظروف العادية.

عزَت دراسة أجريت فى كندا حالات من السمية المزمنة فى الإنسان إلى تناول خبز مصنوع من دقيق محتوى على ديوكسى نيفالينول وتريكوثيسينات أخرى. وقد اعتمد تقدير الضرر على بيانات السمية والتى تضمنت تثبيط بناء البروتين، وتثبيط بناء الحمض النووى الديوكسى ريبوزى، كما أثر على كل من التكاثر والأجنة و tetrogenic. وقد قدرت الجرعة التى يمكن أن يحتويها الغذاء دون أن تحدث تأثيرات حادة بحوالى 0.6 مليجرام / كيلوجرام من وزن الجسم .

الفيومونيسينات Fumonisins

تفشت فى بدايات القرن العشرين أمراض عديدة فى حيوانات المزرعة فى الولايات المتحدة الأميركية، وكان ذلك مصاحبا لتناول الحيوانات لعلائق من الذرة المصاب بفطريات. تمثلت أعراض تلك الأمراض فى الماشية والخيول فى انسلاخ أظلافها، أما الخنازير فتفقد شعرها، وتفقد الطيور ريشها. كانت بعض الحيوانات تصاب بنوبات تشنجية تنتهى بها إلى الموت. دلت معظم عمليات العزل على وجود الفطر *Fusarium moniliforme* المسبب لمرض عفن كيزان الذرة فى عينات الأعلاف وبالتالى ربما يكون مسؤولا عن حدوث هذه الأمراض. وجد أن الفطر *F. moniliforme* كان مصاحبا للحبوب المسببة لحالات التسمم وتم عزله من أماكن مختلفة ووجد أن الغالبية العظمى من العزلات لها القدرة على إنتاج مجموعة من التوكسينات تعرف بالفيومونيسينات Fumonisins وأهم أفراد هذه المجموعة فيومونيسينات ب1، ب2، ب3 وهى التى تتكون وتتواجد طبيعيا فى معظم عينات الذرة الملوثة بالفطر، بالإضافة إلى فيومونيسن ب4 الذى يتواجد بقلة فى بعض العينات . وهناك أيضا فيومونيسينات (Fumonising C) وهى غير شائعة التواجد فى العينات الملوثة وفى حالة تواجدها فإنها تكون بتركيزات منخفضة .



شكل (3-12) الهيكل العام لتركيب الفيوموتوسينات Fumonisins

بالإضافة للفيومونيسينات ينتج *Fusarium moniliforme* توكسين مونيليفورمين Moniliformin ومجموعة توكسينات فيوزارين Fusarins. وفى حصر أجرى على عدد كبير من عزلات *F. moniliforme* تمثل عدة دول أفريقية لدراسة مدى قدرتها على إنتاج هذه التوكسينات وجد حوالى 22 ٪ من العزلات لها القدرة على إنتاج مونيليفورمين بكميات قليلة. أما الفيوزارينات فقد أنتجتها معظم العزلات. وأهم أفراد الفيوزارينات الستة (أ - ف) هو فيوزارين سى وذلك لثبوت تداخله فى إحداث السرطان . ينتج الفطر *F. moniliforme* توكسيناته فى كيزان الذرة الشامية قرب نهاية موسم النمو وهو يحدث الإصابة فى الكيزان من خلال الحريرة أو عن طريق الجروح التى تحدثها الإصابة الحشرية أو مهاجمة الطيور للكيزان. ويلائم حدوث الإصابة درجات الحرارة المرتفعة والرطوبة المرتفعة. ويستمر الفطر فى إنتاج التوكسينات فى الحبوب أثناء التخزين إذا ما كان محتواها الرطوبى مرتفعا ودرجة حرارة التخزين مرتفعة. فى حالات الإصابة الشديدة بمرض عفن الكيزان يكون نمو الفطر واضحا على الحبوب وبالتالى فإن احتوائها على التوكسين أمر شبه

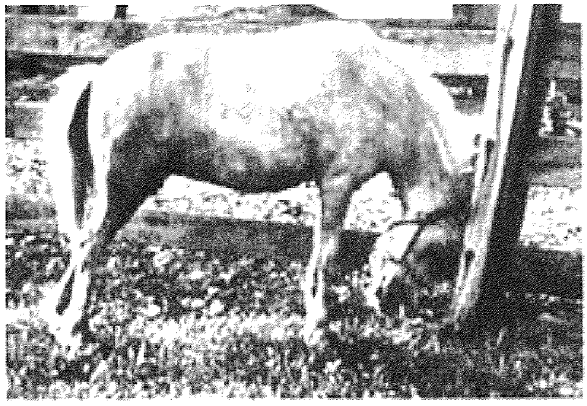
مؤكد، إلا أن التوكسينات يمكن أن تتواجد فى حبوب سليمة المظهر وعلى درجة من الجودة. وعلى وجه العموم فإن الحبوب المكسورة أو المهشمة تكون وسطا مناسبا لنمو الفطر بدرجة كبيرة عن الحبوب السليمة وعلى ذلك فإن نواتج الغربلة عادة ما يصاحبها حالات تسمم شديدة لوجود محتوى عالى من التوكسين بها .

الفيومونيسينات توكسينات ثابتة حراريا ولا تؤدى طرق الطهى العادية أو استخدام الحرارة فى عمليات التصنيع إلى اختزال مستوى التوكسينات. ومع ذلك فهناك خطوات تصنيع معينة قد تؤدى إلى خفض مستوى التوكسينات. فقد وجد أن عملية الطحن المبتل خلال تصنيع النشا تعمل على إنتاج نشا خالى من الفيومونيسين أو محتوى على قدر قليل منه، بينما يكون معظم التوكسين موجودا فى ماء النقع والجلوتين والأجنة والألياف، وذلك نظرا لأن الفيومونيسين يذوب فى الماء.

التأثير على الحيوان

وقد وجد أن تغذية حيوانات التجارب على أعلاف من الذرة التى سبق أن نمى عليها الفطر *F. moniliforme* تسبب أعراضا مرضية شديدة ومتباينة، فهى تسبب تليفا وتكون عقدًا متضخمة فى كبد الفئران، كما تسبب لها أيضا حدوث جلطات فى الأوردة القلبية. وتسبب الفيومينسينات اضطرابات كلوية وكبدية فى الأغنام وفشل قلبى حاد فى قرود البابون.

يعتبر مرض Leukoencephalomalacia والذى يطلق عليه أيضا مرض الترنح الأعمى Blind staggers فى الخيل والبغال والحمير من أهم أمراض الحيوان الناتجة عن التسمم بالفيومونيسين.



شكل (3-13) النزيف الأعمى لحصان تغذى على علف ملوث بالفيومونيسين

يحدث هذا المرض عند تغذية تلك الحيوانات على مخلفات نجيلية لمحصول سبق إصابته بالفطرأو إمدادها بعلائق من الحبوب النجيلية السابق إصابتها بنفس الفطر. ينتشر هذا المرض فى معظم أنحاء العالم، تظهر أعراض المرض على نحو مفاجئ وهى تبدأ بفتور الحيوان ويبدو عليه مظهر النعاس مع بروز اللسان خارج الفم. يرفض الحيوان التقهقر إلى الخلف وتكون حركته بطريقة مترنحة ولاإرادية. وتكون علامات الخلل العصبى أوضح بمرور الوقت إذ يتحرك الحيوان نحو الأشياء دون تفهم وليس لفقد القدرة على الرؤية. ثم يصبح الحيوان مستثارا وشديد الاهتياج، وخلال مرحلة الاهتياج قد يجرى الحيوان لمسافة بعيدة بلا هدف وربما يصطدم بأشياء كالأسوار. وأخيرا يموت الحيوان وربما يسبق موته أن يستلقى ويحرك أطرافه حركة ترددية وتكون الفترة بين ظهور الأعراض وموت الحيوان قصيرة جدا فهى قد لا تتجاوز 7 ساعات فى حالة الخيل وقد تمتد إلى سبعة أيام .

صنفت عزلات الفطر *Fusarium moniliforme* فى الولايات المتحدة وكندا من حيث إنتاجها للفيومونيسينات إلى عزلات قليلة الإنتاج وتلك يقل

إنتاجها عن 50 ميكروجرام/ جرام حبوب وعزلات متوسطة الإنتاج (50 - 500 ميكروجرام/ جرام) وعزلات عالية الإنتاج وهى تنتج أكثر من 500 ميكروجرام/ جرام. وقد وجد أن معظم العزلات المصاحبة لحالات مرض الترنح الأعمى تنتمى إلى العزلات عالية الإنتاج.

هناك مرض آخر شائع الحدوث فى الحيوان وهو الاستسقاء الرئوى الخنزيرى Porcine Pulmonary Edema . يحدث هذا المرض للخنازير عند تغذيتها بصفة مستمرة على أعلاف ملوثة بالفطر *Fusarium moniliforme*. لوحظ حدوث هذا المرض فى مزرعتين فى آن واحد فى ولاية جورجيا الأمريكية فى عام 1990 وأدى حدوثه إلى موت 34 من الخنازير الناضجة. تتمثل أعراض المرض فى حدوث رشح رئوى حاد واستسقاء واضح فى منطقة الحلق ويمتلئ التجويف الصدرى بسائل ذهبى مصفر. فشل التشخيص فى البداية فى الربط بين الفطر*F. moniliforme* وتوكسيناته وبين المرض . لقد كانت الأعلاف المقدمة للحيوان فى كلا المزرعتين هى ناتج غربلة حبوب الذرة لموسم 1989. تكررت حالات التسمم فى وسط الولايات المتحدة وبنفس الأعراض وكانت الأعلاف المقدمة للحيوان فيها جميعا من الذرة أو ناتج غربلة الذرة. بأخذ عينات من الأعلاف المصاحبة لحالات مر الاستسقاء الرئوى وجد أنها جميعا إيجابية لعزل الفطر *F. moniliforme* وأن جميع هذه العزلات منتجة للفيومونيسين ب1 بتركيزات تتراوح بين 900 و2350 ميكروجرام / جرام حبوب وفيومونسين ب2 بتركيزات تتراوح بين 120 و350 ميكروجرام / جرام حبوب.

التأثير على الإنسان

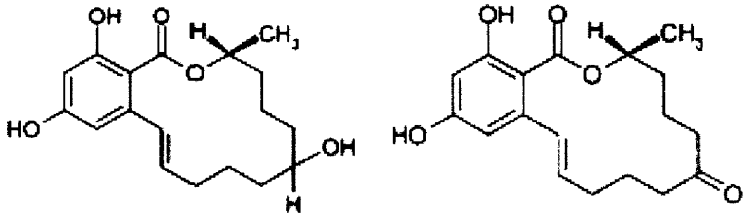
أما عن تأثير هذه التوكسينات على الإنسان فقد لوحظ فى جنوب أفريقيا وجود ارتباط بين سرطان المرىء واستهلاك أغذية ملوثة بالفطر *Fusarium moniliforme*، ففى دراسة أجريت عام 1981 لوحظ أن أعلى إصابات بسرطان المرىء تحدث فى مقاطعات جنوب غرب ترانسكى Transkei حيث

يكون الذرة هو مصدر الغذاء الرئيسى. وقد وجدت هذه العلاقة أيضا فى كل من الصين وجنوب إيطاليا ويحتمل أيضـا فى إيران. وقد تمكنت مجموعة من علماء جنوب أفريقـيا بعد عشر سنوات من البحث عن سـبب ارتفاع حالات سـرطان المرىء فى منطقة ترانسكـى بجنوب أفريقـيا من إثبـات العلاقـة بين الفيومونيسينات وسرطان المرىء فى الإنسان.

زيارالينون Zearalenone

ينتج هذا التوكسين بواسطة عديد من أنواع من الفطريات التابعة للجنس *Fusarium* التى تصيـب كـيـزان الذرة فى الحـقل أو أثناء التخزين وأهـمـها *F. sporotrichioides , F. verticillioides F. culmorum, F. graminearum, F.moniliforme F.roseum*. كما أنه ينتج أيضا نتيجة لإصابة سنابل النجيليات الصغيرة بنفس الفطريات. ويساعد على تكوينه الجو بارد الرطب قبيل الحصاد وأثناء التخزين. وفى عام 1986 أمكن تقديره فى بذور فول صـويا بتركيزات وصلت إلى 5 ميكروجـرام / كيلوجـرام وقد كان ذلك نتـيجـة لتأخر حـصاد المحصول مما عرضها للإصابة بالفطريات المنتجة .

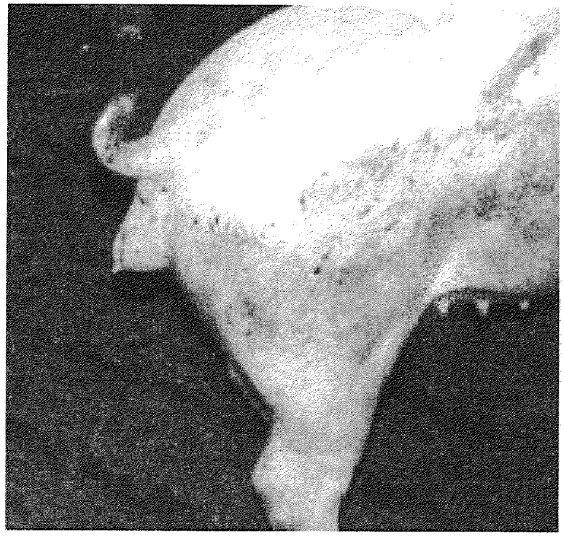
التـــركـــيب الكـيـــمـــاوى للـزيارالـينون [2.4-dihyroxy-6-(10-hydroxy-6-oxo-1-undecenyl)-benzoic acid mu-lactone] . المادة النقـية عبارة عن بلورات بيضـاء صلبة، تعطى عند تعرضها الأشعة فوق البـنفسجية عند طول موجى 360 نانوميتر وميضًا أزرق مائلاً للاخضرار، ويكون الوميض أخضر عند التـعرض لطول موجى 260 نانوميتر. يذوب فى المـيثانول ليعطى أعلى امتـصاص للأشعة فـوق البنفسجـية عند 236، 284، و316 نانوميـتر. القابلية للـذوبان فى الماء لا تتعدى 2 جرام/ 100 مليلتر مـاء. شحيح الذوبان فى الهكسان ويزداد الذوبان تدريجـيًا فى فى البنزين، الأسيتونـيتريل وكلوريد الميـثيلين والميـثانول والإيثـانول والأسيـتون. كـما أنه قـابل للذوبان فى الماء القلوى.



Zearalenol **Zearalenone**

شكل (3- 14) زيارالينون و زيارالينول

ينتج عن تناول الحيوان لعليقة محتوية على أى من هذين التوكسينين أعراض هورمون الأنوثة Estrogenic syndrome. وتعتبر الخنازير أكثر الحيوانات حساسية للتوكسين، فعند تغذية الخنازير على عليقة تحتوى على 1، - 5 جزء / مليون من زيارالينون فإنها تؤدى إلى انتفاخ واتساع الفتحة التناسلية للإناث وكبر حجم أثديتها، ويؤدى إلى هبوط الرحم فى صغار الإناث. أما فى صغار الذكور فإنه يؤدى إلى اضمحلال الخصيتين. يسبب التوكسين فى الأبقار انتفاخا فى الفتحة التناسلية وطول دورة النزوة الجنسية ونقص الخصوبة. يترتب على ذلك حدوث خسائر مالية كبيرة للمربين نتيجة لتناقص القدرة التكاثرية. يسود المرض الاستروجينى شتاءً ومع بداية الربيع إذ أن الفطر يحتاج إلى التعرض لدرجات الحرارة المنخفضة لفترة من الوقت، بعد تلوث العلائق بالفطر حتى يتكون فيها التوكسين بكميات معنوية. وكقاعدة عامة يجب عدم تغذية الخنازير على علائق يصل فيها تركيز الزيارالينون إلى أكثر من 0.5 جزء فى المليون. على الرغم من أن الماشية ليست حساسة للزيارلينون مثل الخنازير، فإن العدد القليل من التجارب التى أجريت عليها، والتى استخدم فيها جرعات عالية نسبيًا من التوكسين، أثبتت أنه أدى إلى انخفاض إنتاج الحليب، وإلى حدوث تأثير فرط الهورمون الأنثوى فى الأبقار.



شكل (3-15) فرط التأثير الاستروجيني نتيجة لتناول علف ملوث بالزيرالينون

وقد تسبب تغذية أبقـار على قش يحتوى على 14 جزء فى المليون من زيرالينون فى حدوث عقم فى الماشية. وأدى استهلاك علائق تحتوى 25 حتى 200 جزء فى المليون من من زيرالينون لمدة 42 يوم متتاليـة إلى حدوث انتفاخ فى الأعـضاء التناسليـة الأنثوية الخـارجيـة (شكل 3-15)، لكن طول دورات الشبق كان عاديًا. وحـدث فى أبقار تغذت على حبوب ذرة متعـفنة ومحتوية على زيرالينون، زيادة فى حجم الأثدية مع زيادة فى الـنشاط الإفرازى، لكن لم يسجل وجـود زيرالينون فى أى من الحليب أو البول أو مصل الدم. كـما وجد أيضا أن تغذية أبقار على حـبوب ذرة محتوية على 500 جزء فى المليون من الزيرالينون لم يكن له تأثير على إنتاج الحليب أو دهونه. من ناحية أخرى فقد وجـد أنه بتغذية عذارى أبقـار اللبن لمدة ثلاثة دورات شبقية عـلى عليقة يومية مـحتوية على 250 جزء فى البليون من الزيرارلينون أن مـتوسط معدل الحمل كان 62٪، مقارنة مع 78٪ فى تلك التى تغذت على عليقـة خالية من

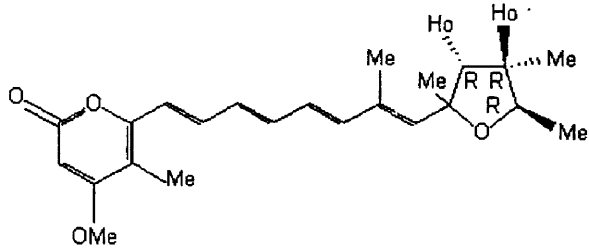
التوكسين. وبتغذية أبقار غير حوامل لمدة دورتين شبقيتين على عليقة محتوية على 500 مليجرام من الزيارارلينون يوميا وجد أن تركيز الهورمون الأنثوى فى مصل الدم كان عاديًا وكذا كان حجم الأعضاء الجنسية الأنثوية وسلوك التزاوج. وقد أثبتت الدراسات أن حدوث تمثيل غذائى للزيارارلينون فى الإنسان وبعض الحيوانات إذ يتم تحويله إلى مركب جليكوسيدى ذائب فى الماء (glucuronsides)، ولم يظهر الزيارارلينون فى حليب حيوانات إلا تحت ظروف تجريبية خاصة، وعلى ذلك فإن استهلاك أبقار الحليب لأعلاف ملوثة لن يؤدى إلى مخاطر صحية على البشر.

يكون تأثير الزيارالينون على الدجاج الصغير ودجاج الأمهات قليلا حتى لو غذيت على عليقة تحتوى على جرعة كبيرة من التوكسين تصل إلى 800 جزء / مليون. أما فى الدجاج التركى فإن التغذية على عليقة تحتوى على 300 جزء/ مليون من التوكسين تؤدى إلى تضخم حجم الشرج لكنها لا تؤدى إلى أضرار جسيمة أخرى.

تنتج أنواع *Fusarium* المكونة الزيارالينون zearalenone مشتقات أخرى أهمها المشابه ألفا زيارالينول a-Zearalenol، [2.4-dihydroxy-6-(6.10-dihydroxy-1-undecenyl)-benzoic acid mu-lactone]، الذى يبلغ تأثيره الاستروجينى 5 - 10 أمثال التأثير الاستروجينى للزيارالينون إلا أنه ينتج بدرجة أقل كثيراً عن الزيارالينون، كما تختلف المشتقات المنتجة تبعًا لنوع الفطر *Fusarium*. وقد أشارت دراسة إلى وجود علاقة بين الهورمونات الجنسية وسرطان الثدى، ووجد من دراسة أجريت على مزارع الخلايا أن a-Zearalenol الفازيرالينول يمكن أن يستحث سرطان الثدى.

ستريوفيريدين Citreoviridin

تفشت بين اليابانيين فى أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين أعراض لمرض قلبى حاد، كانت الأعراض تشبه تلك الناتجة عن نقص فيتامين ب1 وكانت الحالة أكثر انتشارا بين سكان الحضر . لذا فقد عزى المرض فى بادئ الأمر إلى نقص فيتامين ب1 نتيجة للتغذية على أرز مبيض . خلال الفترة من 1890 إلى 1925 اجريت دراسات فى اليابان أثبتت أن المرض القلبى راجع إلى نوع من التسمم أطلق عليه Shoshin kakka. وقد ثبت أن التسمم راجع إلى إصابة الأرز بالفطر Penicillium citrio-viride اذ ينتج هذا الفطر توكسينا أطلق عليه ستريوفيريدين كما وجد أن التوكسين ينتج أيضا بواسطة أنواع أخرى من نفس الجنس . أصدرت الحكومة اليابانية فى عام 1909 تعليمات مشددة بضرورة فحص الأرز قبل طرحه للمستهلكين وترتب على ذلك انخفاض حالات الموت نتيجة للتسمم من 1.1 ٪ إلى 0.2 ٪ وبحلول عام 1929 أمكن السيطرة على المشكلة تماما. أجرى حصر فى عام 1958 شمل عينات من الأرز جمعت من إيطاليا وإسبانيا وبورما ودول أخرى وجد الفطر *P. citrio-viride* فى 7.4٪ من هذه العينات .



شكل (3-16) توكسين ستريوفيريدين

Citreoviridin

تبدأ أعراض التسمم بشعور المريض بآلام فى القلب وسرعة فى التنفس ثم يحدث غثيان وقيء. يحدث للمريض فى مرحلة متقدمة نوبات تشنجية حادة ويتقلب يمينا ويسارا ثم يحدث انخفاض فى ضغط الدم وتزداد عدد ضربات قلب المريض ويشعر بصعوبة التنفس وتسرى فى أوصاله برودة ويزرق لونه ثم يحدث شلل فى عضلات التنفس وخلل فى الدورة الدموية مما يزيد العبء على البطين الأيمن للقلب مسببا فى النهاية فشلا قلبيا .

على النطاق التجريبى فإن الأعراض التى تظهر على الفئران هى حدوث شلل فى الأطراف وتقيؤ وتشنجات وضرر للأوعية الدموية للقلب وعدم القدرة على التنفس. وتحدث نفس الأعراض تقريبا فى الكلاب. ويبدو أن التوكسين يصيب أعصاب الحركة والروابط العصبية البينية فى الحبل الشوكى والنخاع المستطيل والجهاز العصبى المركزى. وقد أثبتت دراسة قياس وتسجيل الحركة حدوث تضخم فى الجانب الأيمن من القلب وشلل فى الحجاب الحاجز.

سترنين Citrinin

توكسين فطرى ينتج فى الحبوب المخزنة بواسطة *Penicillium citrinum* و*P. Verrucosum* و*P. camemberti* الذى يستخدم فى صناعة نوع من الجبن، وكذا *Aspergillus terreus* *A. niveus* و*A. oryzae* الذى يستخدم فى صناعة شراب الساكى فى اليابان وأنواع أخرى. وقد سجل وجود التوكسين فى حبوب الشيلم والشوفان والشعير والأرز، كما سجل وجوده فى بعض الخضروات.

يعتبر السترنين من التوكسينات الكلوية التى تسبب أضراراً كبيرة فى الماشية، كما ثبت أن له دوراً فى الأمراض الكلوية للبشر فى منطقة البلقان. عرف هذا التوكسين وعزل فى صورة نقية للمرة الأولى سنة 1931.

لوحظ سنة 1951 أن شحنة من حبوب الأرز التى استوردتها اليابان من تايوان كانت ذات لون مائل للاصفرار وكان السبب فى ذلك هو تلوثها بالفطر *P. citrinin* وبالتالى بالسترنين . الفطريات المنتجة ينتج بعضها أيضا الأوكراتوكسين فى الحبوب مما يؤدى إلى تداخل التأثير، إلا أن السترنين كان يسجل بدرجة أقل. يسبب التوكسين أضرارا للكلية، وبعض الضرر للكبد وارتخاء العضلات الملساء لجدر الأوعية الدموية مما يؤدى لانخفاض ضغط الدم، كما يسبب انقباض القصيبات الهوائية . تبلغ الجرعة المميتة نصفيا من السترنين فى الفئران 35 – 58 مليجرام / كيلوجرام من وزن الجسم وتبلغ 19 مليجرام / كيلوجرام من وزن الجسم فى الأرانب. هناك القليل من المعلومات حول مدى ثبات السترنين أثناء عمليات التصنيع، لكنه يتحطم فى الوسط القوى وبالتعرض لحرارة 175 °س تحت ظروف جفاف أو 140 °س تحت ظروف نصف رطبة. رغم تحطم السترنين بالحرارة إلا أن مركبًا سامًا آخر ينتج عن ذلك وهو عبارة عن حلقة من جزيئين من السترنين أطلق عليه citrinin H1 . وجد أن 90 ٪من التوكسين يتم تدميره خلال عملية تنبيت الشعير لصناعة البيرة، وأن عملية التخمر تؤدى إلى تدمير التوكسين تقريبا. أدى استخدام حمض بروبيونك كمادة حافظة أثناء تخزين الشعير إلى عدم تكون التوكسين.

باتيولين Patulin

توكسين فطرى تركيبه هو polyketide lactone، ينتج بواسطة أنواع من *Penicillium* و *Aspergillus* منها *A.clavatus , P.expansum, P. patulum,* والتى تسبب الأعفان فى ثمار التفاح والكمثرى والعنب وغيرها، كما أنه يتكون فى الحبوب ومنتجاتها ومواد غذائية أخرى. ويعتبر *P.expansum* من الفطريات الهامة المسببة لعفن ثمار التفاح ويمكن لهذا الفطر أن ينتج التوكسين فى ثمار التفاح الطازجة وعصير التفاح الطازج. اكتشف هذا التوكسين للمرة الأولى فى أربعينيات القرن العشرين. لم يثبت أن التوكسين يستحث تكوين

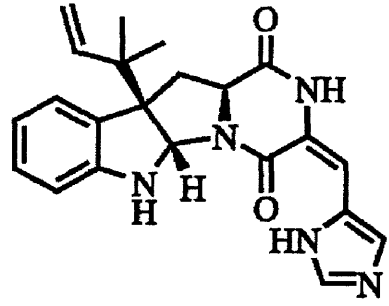
الأورام carcinogenicity فى الإنسان لكن بعض الدراسات تشير إلى أنه يستحث تكوين أورام فى حيوانات تجارب. ترجع سميته إلى تحطيم DNA وتثبيط إنزيم aminoacyl-tRNA synthetase، كما أنه يؤثر على التمثيل الغذائى للكربوهيدرات والتوازن الأيونى للخلية بتأثيره على غشاء الخلية. لا تفيد عملية بسترة عصير التفاح فى القضاء على التوكسين الموجود بالعصير، بينما تعتبر عملية تخمير عصير التفاح لإنتاج مشروبات كحولية أو لإنتاج خل التفاح مدمرة للتوكسين. الحد الأقصى المسموح به من الباتيولين فى السلع طبقا لتوصيات منظمة الصحة العالمية هو 50 جزء فى البليون.

وجد أن الباتيولين له خصائص مضادات الحيوية، ويحدث تأثير الباتيولين على مدى طيفى واسع من الكائنات الدقيقة، وجرى اختباره لتقييم قدرته على علاج نزلات البرد. رغم ذلك فإن فعاليته لم تثبت، وذلك بالإضافة إلى أن سميته يمكن أن تكون مصدر إزعاج للمتعاطى إذ يسبب حدوث غثيان وآلام فى المعدة، ومن ثم فقد حال ذلك، دون استخدامه طبيًا. تشمل أعراض التسمم الباتيولينى حدوث نزيف فى الجهاز الهضمى فى الماشية. وفى عام 1954 كان الباتيولين سببًا فى موت 100 بقرة فى اليابان كانت قد أكلت علفًا ملوثًا بالتوكسين. تبلغ الجرعة المميتة لنسبة 50٪ فى الفئران نحو 15 مليجرام/ كيلوجرام من وزن الجسم إذا أخذت عن طريق الفم، و25 مليجرام/ كيلوجرام عند الحقن تحت الجلد. ويحدث الموت بسبب حدوث ارتشاح فى الرئة. وقد وجد فى دراسات طويلة الأمد أجريت باستخدام جرعات أقل أن الباتيولين يسبب ضررًا للحمض النووى أو الكروموسومات، كما أنه يسبب ضررا للنظام المناعى والجهاز العصبى.

الروكفورتينات Roquefortines

هى أربعة توكسينات Roquefortines A,B,C & D، وأكثرها تكونا هو Roquefortine C . تنتج هذا التوكسينات بواسطة أنواع عديدة من الجنس

بينيسيليوم *Penicillium* أهمها *Penicillium roquefortii*، *P. hordei*، *P. albocoremium*، *P. allii* ووجد بعضها مصاحبا لحدوث التدهور فى الحبوب المخزنة خاصة فى درجات الحرارة المنخفضة، وفى حاله نقص الأوكسجين. اكتشف الروكفورتين سى عقب حدوث حادثة تسمم لأغنام فى مزرعة بالسويد وجد أنها تغذت على علف تضمن حبوب شعير، وقد وجد أن هذه الحبوب قد وصلت إلى مرحلة متقدمة من التدهور بواسطة فطريات لدرجة وضوح ظهور النمو الفطرى عليها سطحيا. وقد وجد أن هذه العليقة تحتوى على 25 جزء/ مليون من الروكفورتين سى وقد ظهر على تلك الأغنام شلل عام لم يستجب للعلاج، إلا أن الأعراض تختفى إذا ما تناولت الحيوانات علفا خاليا من التوكسين.



شكل (3 – 17) روكفورتين سى

يقدر التوكسين حيويا تحت الظروف المعملية بإعطاء جرعة محددة منه باستخدام نقاطه إلى كتاكيت عمرها يوم واحد فتفقد توازنها وتبقى جالسة ومتكئة فى جلستها ثم تموت وهى متخذة وضعا مميزا وهو أن تكون الرأس والعنق مطاحين إلى الخلف وتكون الأرجل والأقدام ممتدة على جانبى الجسم. تتعرض الكلاب كثيراً لضرر هذا التوكسين وقد وجد التوكسين ضمن محتويات معدة كلاب ظهر عليها تسمم يشبه تسمم الاستركنين. ويعزى ذلك إلى أن الكلاب تقتات من بقايا الغذاء المتعفن الموجودة فى القمامة. فى حصر

أجرى على 16 عينة من جبن الروكفورت جمعت من الدينمارك وفنلندا وفرنسا وألمانيا وإيطاليا وبريطانيا وكندا وجد أنها جميعا احتوت على التوكسين بتركيز يصل الى 6.5 مليجرام / كيلوجرام.

المعايير الدولية لمحتوى الغذاء من التوكسينات الفطرية

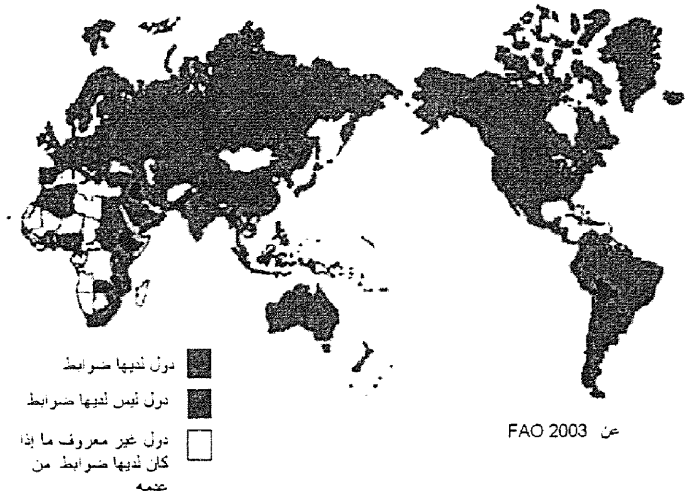
تخضع مبيدات الآفات ومخلفات العقاقير البيطرية، والسموم التى تتكون فى الأغذية بفعل الممرضات والملوثات التى تصل إلى السلع خلال التجارة العالمية لمعايير هيئة الدستور الغذائى Codex Alimentarius Commission التى تختص بوضع ضوابط الإضافات الغذائية ومدى تلوث الأغذية بالسموم الفطرية. يبلغ عدد الدول المشاركة فى هيئة الدستور الغذائى 168 دولة. تتألف لجنة دستور الغذاء من أعضاء ممثلين لكل من منظمة الأغذية والزراعة ومنظمة الصحة العالمية. وقد وضعت هذه اللجنة معايير تنظيمية فيما يتعلق بحدود قصوى لتلوث الأغذية والأعلاف بالتوكسينات الفطرية وذلك بغرض لتسهيل حركة التجارة الدولية.

كانت لجنة الخبراء المشتركة من منظمة الأغذية والزراعة Food and Agriculture Organization ومنظمة الصحة العالمية World Health Organization قد أوصت الهيئة الاستشارية العلمية لهيئة الدستور الغذائى، بإبقاء الأفلاتوكسين فى الأغذية عند "مستويات دنيا". ومع ظهور مخاطر صحية عند هذه المستويات، فقد تطلب الأمر ضرورة خفض هذه المستويات لتقليل المخاطر، إلا أن ذلك كان من شأنه خلق حواجز أمام التجارة العالمية، فضلا عن إضاعة مصادر غذائية ذات قيمة. قامت هيئة الدستور الغذائى الغذائى والهيئة الاستشارية المكونة من لجنة الخبراء المشتركة فى عام 1997 ومرة أخرى فى عام 2001 بإعادة تقييم المخاطر لاثنين من الأفلاتوكسينات فى الفول السودانى والحليب ومنتجات الحليب. وكان ذلك فى ضوء مخاطر الإصابة بسرطان الكبد فى الإنسان نتيجة للتعرض للأفلاتوكسين مقارنة بعوامل خطر

أخرى تعـرض الإنسان لسرطان الكبـد. وقد أوصت لجنة دستـور الغذاء سنة 2003 بمنع تلوث أو اختـزال مدى تلوث حـبـوب الغلال بالسـمـوم الفطرية متضمنة أوكراتوكسين، وزيارالينون، والفيومونيسينات، وترايكوسيثينات.

ضوابط محتوى الأغذية والأعلاف من التوكسينات الفطرية فى العالم

طبقا لمنظمة الأغذية والزراعة فإن دول العالم التى صار لديها ضوابط أو تنظيمات لمحتوى الأغذية والأعـلاف من التوكسينات حتى سنة 2003 كان قد بلغ 98 دولة (شكل 3 - 18).



شكل (3-18) وجود أو عدم وجود ضوابط لمحتوى الغذاء من التوكسينات الفطرية فى دول العالم

العـوامل المؤثرة على وجـود ضـوابط لمدى تلوث المواد الغـذائيـة بالتوكسينات

يعتمد وجود ضوابط لمدى تلوث المواد الغذائية بالتوكسينات فى دولة ما على الآتى:

1 - مدى وجود معلومات عن تلوث السلع الغذائية بالتوكسينات.

2 - مدى توافر إمكانيات تحليل التوكسينات.

3 - مدى وجود تشريعات خاصـة بتلوث المواد الغذائية بالتوكسينات فى الدول التى تربطها بها علاقات تجارية.

4 - مدى الحاجة للإمداد بالمواد الغذائية من مصادر خارجية.

بناء على ذلك نجد هناك تباينًا بين مناطق العـالم ودول كل منطقة أحيانًا فى وضع ضوابط لمحتـوى الأغذية والأعلاف من التوكسينات الفطريـة، فيما يلى الوضع بالنسبـة لقارات العالم طبقـا لبيانات منظمة الأغـذية والزراعة فى سنة 2003:

أفريقيا

توجد ضوابط محددة لمحتوى الأغذية من بعض التوكسينات فى 14دولة أفريقـية يشكل سكـانها 54٪ من سكان القـارة. وبالتالى فإن مـعظم الدول الأفريقية لا يوجد بها ضوابط رغم إدراكها بأن التوكسينات تسبب لها مشكلة، وأنه لابد من وجود ضوابط. وقد لا يؤدى وجود ضوابط إلى تأثيـر كبير فيما يتعلق بصحـة الأفراد حيث إن معظم الإنتاج فى هذه الـدول يستهلك بواسطة المنتج. وكانت أفضل الضوابط تفصيلا هى ما أصدرته المغرب سنة 2002.

آسيا وأوقيانيا

تغطى آسيا وأوقـيانيا Asia and Oceania جزءًا كبيـرًا جدا من العالم، ومعظم البلدان تقع فى المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية، لذلك فمن المتوقع أن تكون من أكثر المشاكل التى تعانى منهـا التوكسينات الفطرية. وقد وضعت 25 دولة من هذه المنطقة ضوابط محددة لمستوى التوكسينات فى الغذاء. تغطى هذه الدول نحو 89٪ من السكان. كـانت أكثـر الضـوابط هى تلك الخاصـة بمستوى الأفـلاتوكسينات فى الغذاء، والخـاصة بمستوى أفـلاتوكسين ب 1فى أعلاف الحـيوان. وضـعت أستراليـا ونيوزيلندا ضـوابط متـوافقة، تـضمنت توكسينات يمكن أن تأتى من خارج البلاد وهى agaric acid وphomopsins . وكانت أفضل الضوابط تفصيلا هى ما وضعته الصين وإيران.

أمريكا اللاتينية

المحاصيل الزراعية الرئيسية فى أمريكا اللاتينية هى الذرة والقمح والقهوة والقطن، فـول الصويـا والشعـير وعـبـاد الشمس والفـول السـودانى والنقل والكاكاو ومنتجات الألبـان، وجميعها عرضة للتلوث بالتـوكسينات . ويعرف أن 19 دولة من أمريكا اللاتينية، يشغلها 92٪ من سكان القارة، لديها ضوابط لمستـوى التوكسـينات الفطرية فى الأغذية والأعـلاف منذ سنة 2002. توجد ضوابط مـوحدة فيمـا يختص بمستـوى الأفلاتوكسـينات فى الغذاء فى الدول الأعضاء فى السـوق المشتركة، وهناك دول أخرى تتـبع نفس الضوابط. وترد ضوابط الأفلاتوكسين فى الأغذية فى كثيـر من الأحيان لمجموع الأفلاتوكسين B1 وB2 وG1 وG2. وتعتبر ضوابط أورجواى هى الأكثـر تفصيلا، وتتضمن ضوابط مستوى الإرجوت فى الأعـلاف، والتى هى فريدة من نوعها إلى حد ما فى الضوابط الخاصة بالسموم الفطرية فى العالم.

أمريكا الشمالية

تتكون أمريكا الشمالية من دولتين فقط هما الولايات المتحدة وكندا. كلاهما لديهما ضوابط خاصة بالتوكسينات منذ سنوات عديدة، ولديها التقنيات المتقدمة لأخذ العينات وإجراء التحاليل. كلتا الدولتين وضعت حدوداً لمستوى الأفلاتوكسينات، وكذلك التوكسينات الفيوزارمية Fusarium toxins . ووضعت كندا حدودا لنسبة حبوب القمح المضارة جراء الإصابة بالفطر *Fusarium* . ويوجد فى كندا أيضا حدود لنسبة وجود الإرجوت فى الغلال المختلفة التى تستهلك كأعلاف حيوانية. وتوجد فى الولايات المتحدة حدود لمستوى الفيومونيسينات ب1، ب2، ب3 فى المنتجات المختلفة للذرة.

أوروبا

بلغ عدد دول أوروبا التى لديها ضوابط محددة لمحتوى الأغذية من التوكسينات الفطرية 38 دولة حتى عام 2002. يشكل سكان هذه الدول تغطية ما يقرب من 99 ٪ من سكان القارة. بالمقارنة مع المناطق الأخرى، فإن أوروبا لديها ضوابط مفصلة لمحتوى الأغذية المختلفة من السموم الفطرية. يوجد تنسيق بين دول الاتحاد الأوروبى فى مدى تلوث الغذاء بالأفلاتوكسينات فى المواد الغذائية المختلفة والأوكراتوكسين فى الحبوب. وكذا توجد ضوابط لمحتوى الحبوب من السموم الفطرية الفيوزاريومية، التريكوثيسينات نيفالينول، توكسين ت2 وزيارالينول والفومومينسينات .

ضوابط محتوى الأغذية من التوكسينات الفطرية فى الدول العربية

تتباين الدول العربية فى وجود ضوابط من عدمه وكذا فى مدى دقة توصيف هذه الضوابط . وتعتبر المغرب هى الأكثر توصيفا ودقة لضوابط تلوث الغذاء بالتوكسينات، وتوجد فى السعودية والكويت فيما يختص بأغذية الأطفال فقط إذ يجب ألا يزيد فيها التلوث بالأفلاتوكسين ب1 عن 0.5

ميكروجرام/ جرام من الغذاء. بينما لا توجد ضوابط ثابتة فى العراق والإمارات العربية وقطر واليمن وليبيا وتونس والسودان. وتوجد ضوابط فى كل من الأردن والجزائر وسوريا ومصر فيما يختص بأفلاتوكسين ب1، ومجمل الأفلاتوكسينات (جدول3 - 4)

جدول (3-4) ضوابط محتوى الأغذية والأعلاف من التوكسينات الفطرية فى بعض الدول العربية والأفريقية مقارنة بالولايات المتحدة والاتحاد الأوربى.

الدولة	الحد الأقصى من التوكسينات (ميكروجرام/ جرام)			
	أفلاتوكسن ب1		إفلاتوكسينات ب1، ب2، ج1، ج2	
	أغذية	أعلاف	أغذية	أعلاف
الولايات المتحدة			20	300
الاتحاد الأوربى	8-2	--	10-4	20-5
الأردن	15	30	15	30
الجزائر	10	20	--	20
المغرب	10-1	50- 20	--	--
سوريا	5	--	20	--
مصر	10 - 5	20 - 10	10	20
ساحل العاج		--	--	100-10
نيجيريا	20	--	20	--
جنوب أفريقيا	--	10 - 5	--	10 -5

الخسائر الاقتصادية المتسببة عن تلوث الحبوب بالسموم الفطرية

يعتبر مجال الخسائر الناجمة عن تلوث الغذاء بالسموم الفطرية ومجال تكلفة إنتاج غذاء خالٍ من السموم الفطرية مجالين متداخلين بدرجة تثير القلق. وعلى ذلك فهناك نوعان من الخسائر تترتب على وجود السموم الفطرية فى الغذاء وأعلاف الحيوان. فهناك خسائر مباشرة ترجع إلى تلوث

السلعة الزراعية بالسموم الفطرية، وهناك خسائر غير مباشرة وهى أوجه الإنفاق للحصول على سلعة زراعية خالية من السموم الفطرية.

الخسائر المباشرة:

* وجود المادة السامة فى السلع المتأثرة، يؤدى إلى انخفاض سعر تلك السلع فى السوق.
* خفض الإنتاج الحيوانى وحدوث سمية للإنسان، تعزى إلى وجود المادة السامة فى المنتجات الحيوانية.
* الآثار الثانوية على الزراعة والإنتاج الزراعى وتسويق المنتجات الزراعية، ومثال ذلك ما تعانيه الكثير من الدول الأفريقية نتيجة لرفض الكثير من شحناتها من الفول السودانى إلى أوروبا لتجاوز محتواه من الأفلاتوكسين للحدود المسموح بها.

الخسائر غير المباشرة (متطلبات إنتاج غذاء خال من السموم):

* إجراء البحوث اللازمة لمحاولة الحد من تكون السموم فى الأغذية والأعلاف.
* الإجراءات الاحترازية التى تتخذ خلال مراحل الإنتاج للحصول على غذاء خالٍ من السموم.
* الإجراءات الاحترازية التى تتخذ بعد الحصاد، أثناء النقل أو التخزين، للحفاظ على المنتج والحيلولة دون تكون السموم.

هناك قصور بوجه عام فى وجود إحصاءات، أو تقديرات دقيقة عن الخسائر المباشرة وعير المباشرة لتلوث الغذاء بالسموم الفطرية، وذلك فى معظم دول العالم، إلا أنه يمكننا الاسترشاد بتلك البيانات التى قام بجمعها Jane Robens بقسم الخدمات الزراعية بوزارة الزراعة الأميريكية، تعبر الدراسة عن

متوسطات أخذت عبر سنوات الحقبة الأخيرة من القرن العشرين وحتى سنة 2001. وقد نشرت على موقع جمعية أمراض النبات الأمريكية. ويجب أن نأخذ فى الاعتبار أن الولايات المتحدة، التى تأتى على رأس الدول المتقدمة، غالبا ما تكون نفقاتها أعلى فى مجالات إجراء البحوث والتدريب والإرشاد والحماية من تلوث الغذاء بالتوكسين، وتكون خسائرها الناتجة عن تلوث السلع بالسموم الفطرية هى الأقل عن سواها من الدول، بل إنها أقل بمراحل كبيرة مقارنة بدول العالم الثالث، لو كانت هناك بيانات. ونورد فيما يلى تفاصيل تلك التقديرات:

* تنفق الولايات المتحدة الأمريكية فى برامج أبحاث السموم الفطرية 17.7 مليون دولار سنويًا، وفى مجالات التعليم والإرشاد نحو 4.7 مليون دولار سنويا، يضاف إليها ما يقدمه ملاك الأراضى وبعض المؤسسات ويبلغ 5.1 مليون دولار سنويًا، وما تقدمه الاتحادات الفيدراليه ويبلغ 2.1 مليون دولار سنويا. وتقوم إدارة الأغذية والعقاقير أيضا بإجراء أبحاث فى مركز سلامة الأغذية والتغذية التطبيقية على وضع منهجية معالجة آثار السموم الفطرية ويتكلف ذلك نحو 5.1 مليون دولار سنويا.

* فى مجال الوقاية من تلوث السلع الغذائية والأعلاف بالسموم الفطرية فى الولايات المتحدة الأمريكية تجرى اختبارات دورية للكشف عن الأفلاتوكسين فى الأسواق وتتكلف حوالى 10 مليون دولار سنويا. وهناك اختبارات تقوم بها الهيئات الرسمية والخدمات التعاونية للكشف عن الأفلاتوكسين، وتقوم بإجراء التحليل على حوالى 30.000 فى السنة يتكلف تحليل العينة الواحدة 10 - 20 دولار، وبإضافة تكاليف جمع العينات يكون المبلغ الإجمالى 290 ألف دولار سنويًا. ويجرى اختبار 6000 عينة لتوكسين ديوكسى نيفالينول

ويتكلف نحو 100 ألف دولار سنويًا، بالإضافة إلى 18 ألف عينة تتحمل تكلفتها الوكالات الرسمية وتتكلف 360 ألف دولار سنويًا.

* بالإضافة إلى ما تسببه التوكسينات الفطرية من أضرار لصحة المستهلك، فإنها أيضا تؤدى إلى رداءة الخصائص التكنولوجية وجودة الخبيز لدقيق القمح. إذ توثر هذه المواد على الكبريت الموجود فى الوحدات المنخفضة الوزن الجزيئى المكونة للجلوتينين. لم يكن للتوكسنات المنتجة بواسطة فطريات الحقل التابعة للجنس *Fusarium* ومنها deoxynivalenol تأثير يذكر على خصائص العجين والخبيز، بينما كانت التوكسينات المنتجة بواسطة *Aspergillus* و*Penicillium* لها تأثير مباشر. فقد دلت التحاليل على حدوث أكسدة عالية فى كبريت تحت وحدات الجلوتينين إلى حالة السلفوأوكسيد والسلفونات، وبذلك لا يكون متاحا لتفاعل تبادل ثيول/ ثنائى الكبريتيد thiol/disulfide exchange reactions فى شبكة الجلوتين، ويؤدى ذلك مباشرة إلى صغر حجم المخبوز. وتعتبر روابط الكبريت تحت وحدات الجلوتينين هى المسئولة عن خاصية المطاطية فى العجين.

* أما عن حدوث الخسائر فى السلع فقد قدرت الخسائر فى محصول الفول السودانى بنحو 25 مليون دولار سنويا. وفى بذرة القطن التى تعتبر ناتجًا ثانويًا لألياف القطن وتعصر للحصول على الزيت ويستخدم ناتج العصير كعلف حيوانى، فإن احتواءها على الأفلاتوكسين يقلل رتبتها ويخفض ثمنها. ويؤدى وجود الأفلاتوكسين عند أعلى مستوى مسموح به وهو تركيز20 جزء فى البليون إلى انخفاض ثمن الطن بمقدار 50 دولار. فإذا علمنا أن

متوسط الإنتاج السنوى فى ولاية تكساس يبلغ 397 ألف طن من البذور تبلغ قيمتها 42.2 مليون دولار، وبفرض أن الطن ينخفض سعره بنحو 30 – 35 دولار فى المتوسط، فإن الخسارة السنوية تبلغ نحو 4.3 مليون دولار أى أنه يقارب 10٪ من إجمالى الدخل. وفى محصول الجوز وجد فى سنة 2000 أن 4٪ من الثمار كانت محتوية على الأفلاتوكسين، وقد بلغ المحصول الكلى 336 ألف طن قيمتها 18.88مليون دولار، وكذلك بلغت الخسارة فى الجوز بسبب احتوائه على الأفلاتوكسين نحو 38.7 ألف دولار. ويتراوح محصول ثمار اللوز بين 336 و830 مليون رطل، ويقدر الفاقد السنوى نتيجة لتلوث اللوز بالأفلاتوكسين، ومن ثم عدم صلاحيتها للأكل، بنحو 3٪، وعلى ذلك تتراوح الخسائر السنوية فى محصول اللوز بين 23 و47 مليون دولار. وفى محصول القمح تحدث خسائر كبيرة نتيجة للإصابة بمرض لفحة السنابل بواسطة أنواع *Fusarium* والمعروف أيضًا بمرض جرب السنابل، تشمل تلك الخسائر كلا من انخفاض محصول الحبوب، ونقص جودة الحبوب بسبب احتوائها على توكسين ديوكسى فالينول. بلغت الخسائر فى عام 1993 فى وادى النهر الأحمر فى نورث داكوتا وساوث داكوتا ومينيسوتا 200 مليون دولار الى 400 مليون دولار، ناتجة عن نقص المحصول والتلوث بالتوكسينات. ارتفعت الخسارة إلى 300 مليون دولار سنة 1996 لزراع القمح اللين وحده، وبلغت التكلفة الكلية الناتجة عن إصابة القمح بالجرب وتكون توكسين الديوكسى فالينول مليار دولار. أما عن الحبوب الأخرى فإن متوسط الخسائر الإجمالية فى الذرة 17مليون دولار، منها 15 مليون دولار سنويا معظمها فى ولاية تكساس، وفى الشعير 80 مليون دولار سنويا، فى ولايات مينسوتا وداكوتا الشمالية وداكوتا الجنوبية.

وسائل السيطرة على محتوى الغذاء من السموم

أولا الحماية من تكون التوكسين:

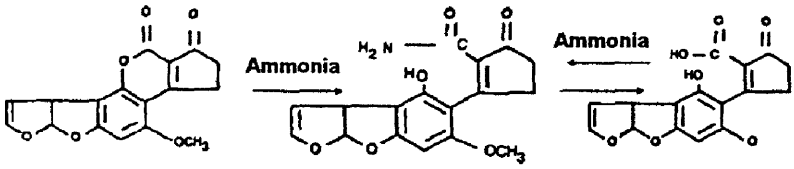
يكون ذلك بحماية المحاصيل من التلوث بالفطريات المنتجة للسموم باتباع إجراءات ما قبل الحصاد وما بعد الحصاد، وهذا ما سنتناوله لاحقًا فى وسائل الحماية من حدوث التدهور بوجه عام.

ثانيا طرق إزالة أو اختزال تركيز التوكسينات:

هناك اتجاهات مختلفة لاختزال تركيز التوكسينات فى السلع الغذائية إلى مستوى منخفض، على ألا ينتج عنه ناتجات ثانوية سامة أو أى تأثير سلبى على القيمة الغذائية أو المذاق للسلعة المعاملة:

1 - استخدام الأمونيا Ammoniation

حتى الآن تعتبر المعاملة بالأمونيا هى الطريقة المعقولة والقابلة للتطبيق العملى لنزع سمية الأفلاتوكسينات. تجرى المعاملة بالأمونيا سواء على صورة غازية أو على صورة هيدروكسيد الأمونيوم السائل، ويمكن تطبيقها عند مستويات مختلفة من الضغط الجوى ودرجات الحرارة والرطوبة النسبية وزمن المعاملة. ويمكن خفض أو تجريد المادة الغذائية أو عليقة الحيوان من الأفلاتوكسينات خلال ساعات بإجراء المعاملة بالأمونيا تحت ضغط جوى مرتفع ودرجة حرارة مرتفعة أو خلال أيام من المعاملة تحت ضغط جوى عادى ودرجة حرارة الجو، ويمكن أن تصل كفاءة المعاملة بالأمونيا إلى اختزال التوكسين بنسة 99 ٪. تهاجم الأمونيا حلقة اللكتون فى الأفلاتوكسين مسببة تفككها، يعقب ذلك نزع لمجاميع الكربوكسيل ليصبح المركب الناتج غير نشط كيميائيًا.



شكل (3 - 19) تفاعل الأمونيا مع الأفلاتوكسين ب1

كما أجريت دراسة عن تأثير كسب القطن المعامل بالأمونيا لنزع سمية الأفلاتوكسين، مقارنة بغير المعامل واستخدم فى ذلك بكتيريا Salmonella tester strain TAIO0. لاختبار الحث على التطفر وتكوين الأورام. وقد وجد من المواد المتكونة جراء المعاملة أن تركيز الأفلاتوكسين قد انخفض انخفاضا معنويا، وأن نواتج المعاملة ذات قدرة ضئيلة أو معدومة على الحث على تكون الأورام. صرحت وكالة الغذاء والدواء الأميريكية فى أواخر الستينيات من القرن العشرين باستخدام الأمونيا لنزع سمية الأفلاتوكسنات من الكسب الناتج من عصر بذور القطن، والذى يستخدم كعلف حيوانى. كما أنها صرحت فى سنة 1976 باستخدام الأمونيا كإضافة غذائية لعلائق المجترات. وفى دراسة أجريت على صغار دجاج، أجريت معاملة بالأمونيا السائلة (1٪حجم/ وزن) لعلف ملوث بالأفلاتوكسين أو غير ملوث مقارنة بعلف ملوث بالتوكسين دون معاملة بالأمونيا. وقد تمت التغذية لمدة ستة أسابيع مقارنة بغير المعامل. وقد وجد أن معاملة العلف الملوث بالتوكسين بالأمونيا أدت إلى نقص معنوى فى نسبة الموت، وأدى إلى تحسن قياسات الإنتاج متمثلة فى كمية العليقة المستهلكة، ومعدل التحويل ومعدل الزيادة فى وزن الطائر، ولم يكن لمعاملة الأمونيا منفردة أى تأثير سلبى على التغذية والنمو.

2 - الادمصاص على مواد نشطة Adsorption on active materials

عديد من المواد أهمها الفحم المنشط وبعض معادن الطين الطبيعية (الزيوليت Zeolite , والبنتونيت Bentonite، والكاولين Kaoline

والمونتموريلونيت Montmorillonite) يمكن أن يدمص عليها الأفلاتوكسينات وكذا توكسينات أخرى مثل ت - 2 توكسين، والأوكراتوكسينات، ودايوكسى نيفالينول، وزيارالينون، والفيومونوسينات. ويترتب على ادمصاص التوكسينات على تلك المواد عدم وصولها إلى الدم وتوزيعها فى أعضاء الجسم المختلفة. ومن ناحية أخرى فإن هذه المواد قد تقلل من زمن مرور الغذاء خلال الجهاز الهضمى للحيوان مما يقلل أيضا فرصة امتصاص التوكسينات .

وقد طبقت تلك المواد وأثبتت كفاءة على المستوى التجريبى، وتمت الموافقة على استخدام بعضها وسجل فى الولايات المتحدة الأمريكية سنة 1983 واستخدم تطبيقيا فى أنحاء مختلفة من العالم. ومن هذه المواد صوديوم كالسيوم مونتموريلونيت Hydrate Sodium Calcium montmorillonite clays الذى يطرح تجاريا تحت أسماء تجارية NovaSil, NovaSil plus, وZar-Min T-Bind, . وقد وجد أن تلك المواد تدمص الأفلاتوكسينات بنسب تتعدى 90٪، كما أن لها قدرات عالية على ادمصاص الأوكراتوكسينات Ochratoxins والفيومينوتوكسينات Fumonisins وزيارالينون Zearalenone وفوميتوكسين Vomitoxin، بينما لم يكن لها تأثير فى الحماية من ت2 - توكسين T2-Toxin.

وقد أثبتت البحوث فعاليتها، فقد وجد أنه عند إضافة نوفاسيل بنسبة 0.5٪ إلى علف دواجن محتوى على 4000 جزء/ بليون من الأفلاتوكسين أدى ذلك إلى نقص معنوى فى ضرر التوكسين تمثل فى مستوى التوكسين فى سيرم الدم، وفى الفحص التشريحى للكبد وأعضاء أخرى، وكذا فى زيادة معدل الكفاءة التحويلية ومعدل زيادة الوزن ونقص نسبة الموت. كما وجد أيضا أن تغذية الخنازير على علف من الذرة ملوث بالتوكسين ومضاف إليها 5 - 10 رطل / طن من نوفاسيل أدى إلى زيادة الكفاءة التحويلية ومعدل الزيادة اليومية فى الوزن مقارنة بتلك التى أعطيت نفس العلف دون إضافة نوفاسيل. كما

وجد أيضا أن إضافة نوفاسيل إلى علف أبقار الحليب أو الأغنام، المحتوى على أفلاتوكسين ب1، أدى إلى اختزال معنوى فى محتوى الحليب من أفلاتوكسين م1. ومما يشجع على استخدام تلك المواد أن تكلفة إضافتها إلى الأعلاف بصفة منتظمة منخفضة للغاية، فهى لا تتجاوز 3 - 4 دولار لكل طن من العلف . هناك مادة أخرى من أحد معادن الطين بنتونيت Bentonite تحمل فولكلاى Volclay حققت تقريبا نفس النجاح عند إضافتها للأعلاف بمعدل 10 رطل/ طن. ولا يتكلف سوى دولار واحد لكل طن من الأعلاف.

أجريت عديد من الدراسات على تأثير إضافة مجروش الفحم المُنشط إلى أعلاف الحيوان لادمصاص السموم الفطرية. وقد عرف أن الفحم المنشط ذو نشاط ادمصاصى عالٍ ومسطح كبير للادمصاص، وكان ينصح باستخدامه كترياق لادمصاص السموم بوجه عام منذ القرن التاسع عشر. وتقوم عديد من شركات كيماويات الزراعة والبيطرة العالمية بإنتاج الفحم المنشط. وقد اختلفت النتائج المتحصل عليها عند تجريب استخدام الكربون المنشط كإضافة فى أعلاف الحيوان بجرعة عالية، وربما تلعب طريقة تنشيط الكربون، بالإضافة إلى طبيعة المادة التوكسينية تأثيرا على ذلك. كانت بداية تجريب استخدام الكربون المنشط كإضافة لعلف حيوانى ذى محتوى عالٍ من الأفلاتوكسينات قدِّم لأغنام، وكانت النتيجة حدوث اختزال معنوى فى التسمم الأفلاتوكسينى لتلك الأغنام. كان ذلك يرجع إلى أن إضافته لعلف أبقار الحليب أدت إلى نقص معنوى فى محتوى الحليب من أفلاتوكسين - م1، إلا أن تأثيره لم يجاوز تأثير صوديوم كالسيوم مونتموريلونيت. ووجد فى دراسة أخرى على أبقار الحليب أن إعطاء الحيوان جرعة منخفضة من الفحم المنشط (25 جرام/ بقرة يوميا) لم تعطى خفضا معنويا فى تلوث الحليب بالأفلاتوكسين، بينما أدت إضافة استر الجلوكان Esterifyed Glucan بمعدل 10جرام/ بقرة يوميا

أو أنماط مدمصات معادن الطين بمعدل 25 جرام/ بقرة يوميا إلى حدوث نقص معنوى فى تلوث الحليب بالأفلاتوكسين. وقد وجد من دراسات أجريت على الدجاج والدجاج التركى أن الفحم المنشط ليس فى درجة كفاءة ادمصاص معادن الطين. من ناحية أخرى فقد أفادت عدة دراسات إلى أن الكربون المنشط يكون فعالا بدرجة عالية فى ادمصاص زيارالينون Zearalenone، وديوكسى نيفالينول Deoxynivalenol، ونيفاليول Nivalenol.

وقد جُرب استخدم المركب Otipraz (C6H8N2S3)، الذى ينشط عملية aflatoxin B1-glutathione conjugation مما يقلل من فرصة تكون معقد الحمض النووى الديوكسى ريبوزى مع أفلاتوكسين - ب1 ومن ثم تقليل فرصة حدوث التأثير المسرطن للأفلاتوكسين ب1. إلا أن أفلاتوكسين ب1 غير الممثل قد يتخذ مساراً جهازيًا آخر، غير معروف نتيجته، مما أعاق استخدام هذه المادة على المستوى التطبيقى.

3 - المعاملة بالأوزون Ozonation

أجريت عديد من الدراسات عن تأثير المعاملة على التوكسينات الفطرية فى الزجاجيات in vitro . فقد اختبر فى إحداها تأثير محاليل محتوية على أفلاتوكسينات ب1 وب2 وج1 وج2 وحمض سيكلوبيازونيك وفيومونيسين ب1 وباتيولين وأوكراتوكسين - أ وزيارالينون بالأوزون بتركيزات 2 و10 و20٪ حجميًا، لمدة 5 دقائق، ثم الكشف عن التوكسين بالتحليل الكروماتوجرافى السائل تحت ضغط عال (HPLC). وقد وجد أن أفلاتوكسين ب1 وأفلاتوكسين ج1 حدث لها تحطم سريع عند تركيز 2جزء/ مليون، بينما كان أفلاتوكسين ب2 وأفلاتوكسن ج2 أكثر مقاومة وتطلب تحطمهما الوصول لتركيز 20٪. من ناحية أخرى فإن حمض سيكلوبيازونيك وباتيولين وأوكراتوكسين - أ وزيارالينون تحطمت بعد 15 ثانية من المعاملة بتركيز 2٪ بلا متبقيات قابلة للتقدير باستخدام التحليل الكروماتوجرافى السائل تحت ضغط

عال (HPLC). وفى دراسة استخدم فيها التقدير الحيوى وجد أن أفلاتوكسين ب1 يدمر خلال 15 ثانية مع تكوين ناتجات ثانوية، يبدو أن أحدها كان المشتق 3 - كيتو أفلاتوكسين ب1 3-ketoaflatoxin B1. وبناء على ذلك فإن تحطم أفلاتوكسين ب1 لم يكن مرتبطا بنزع السمية كما أثبتت اختبارات التقييم الحيوى. وفى دراسة على تأثير المعاملة بالأوزون المائى على تحطم عشرة من التوكسينات الفطرية التابعة للترايكوثيسين، واستخدم فى تقديرها الأشعة فوق البنفسجية ومطياف الكتلة، وجد أن المحلول المركز المحتوى على 25 جزء/ مليون لم يتبق منه أكثر من 0.25 جزء / مليون عقب إجراء المعاملة.

أجريت عديد من الدراسات على نزع سمية بعض التوكسينات الفطرية الموجودة فى الحبوب باستخدام الأوزون الغازى. فى إحدى هذه الدراسات عوملت حبوب ذرة تحتوى على نحو 1220جزء/ بليون من الأفلاتوكسين ب1 بالأوزون لمدة 92 ساعة بتركيز 200 مليجرام/ دقيقة لكمية مقدارها 30 كيلوجرام. وقد أدت المعاملة إلى اختزال سمية أفلاتوكسين ب1 من حبوب الذرة بنسبة تزيد عن 95٪. وبتغذية صغار الدجاج التركى، عمر يوم واحد، لمدة ثلاثة أسابيع على حبوب ذرة غير محتوية على التوكسين كمقارنة وأخرى محتوية على التوكسين معاملة أو غير معاملة بالأوزون . وقد وجد أن صغار الدجاج التركى المتغذية على حبوب محتوية على التوكسين كانت أقل وزنًا وكان وزن كبدها أقل نسبيًا، بينما لم يكن هناك فرق معنوى بين المتغذية على حبوب محتوية على التوكسين ومعاملة بالأوزون والتى غذيت بحبوب خالية تماما من التوكسين.

4 - نزع السمية حيويا Biodetoxification

أجريت دراسات عديده، جرب فيها نحو 1000 نوع من كائنات تتبع الخمائر والبكتيريا والفطريات والطحالب من حيث قدرتها على إزالة سمية التوكسينات. أظهرت بعض الفطريات كفاءة فى نزع سمية الأفلاتوكسينات

ومنها *Aspergillus niger* وأنواع من *Rhizopus* وأنواع من *Fusarium*. كما أثبت عديد من أنواع البكتيريا، نتناولها فيما يلى، أيضا كفاءة فى نزع سمية بعض التوكسينات. وقد وجد أن نزع السمية بواسطة الكائنات الحية الدقيقة يحدث إما بادمصاصها على الجدر الخلوية أو بتحويلها إنزيميا إلى صورة غير سامة.

وقد عرفت قدرة البكتيريا *Flavobacterium aurantiacum* NRRL B-184, على نزع إزالة سمية الأفلاتوكسين من محلول منذ نحو خمسين عاما. وكانت للخلايا النشطة والساكنة قدرة على تمثيل الأفلاتوكسين بطريقة غير رجعية. وفى إحدى الدراسات وجد أن معلق خلايا البكتيريا بتركيز عشرة آلاف خلية / ملليتر أدى إلى نزع السمية تماما من سائل محتوى على 5 ميكروجرام/ ملليتر من أفلاتوكسين ب1، دون إمكان استرجاعه فى وسط مائى، وأن معلق الخلايا المعقم بالحرارة أو تحضيرات الجدار الخلوى أزالت التوكسين جزئيا، إلا أن التوكسين يمكن استرجاعه فى وسط مائى. وقد وجد أن ذلك النوع قادر على نزع سمية الأفلاتوكسين بدرجات مختلفة من الحليب والزيوت وزبدة الفول السودانى والفول السودانى والذرة. وفى دراسة حيوية أجريت على صغار البط وجد أن البكتيريا أزالت تماما الأفلاتوكسين من سائل دون أن تتكون أى ناتجات ثانوية سامة. وقد نجح استخدام *F. aurantiacum* NRRL B-184 فى أعطاء نتيجة إيجابية عندما اختبر فى نزع سمية الأفلاتوكسين من علف صغار دجاج. كما وجد أيضا أن بكتيريا حمض اللكتيك أثبتت كفاءة فى الارتباط بأفلاتوكسن ب1، م1 من وسط يحتوى على التوكسين بتركيز عال. وهناك نوع آخر من البكتيريا أثبت كفاءة فى نزع سمية الأفلاتوكسين وهو *Nocardia corynebacteroides*، وقد جرب استخدامه أيضا فى نزع سمية التوكسين من علف صغار دواجن، ووجد أنه أعطى فرقا معنويا فى مقاييس السمية ومقاييس عناصر الإنتاج فى الدجاج، وأن إضافة الميكروب منفردا إلى العلف لم يكن له أى تأثير سلبى على الدجاج.

أشار عـدد كبيـر من البحـوث إلى أن التأثير المضـاد للتسـرطن والمضاد لتكوين الطفرات للبكتيريا المتعايشة *Probiotic bacteria* يرجع إلى قدرتها على الارتباط بالكيماويات السامة مثـل الأفلاتوكسينات فى القولون. وقد وجد أن الخـلايا الحـيـة وغـيـر الحـيـة من *Lacobacillus rhamnosus* أزالت بكفـاءة أفلاتوكـسين ب1 من سائل. أجـريت دراسات عن قدرة ارتباط أفلاتـوكسين ب1 لسلالات عديدة من *Bifidobacteria bacteria* وكذلك البكتيريا المتعايشة مثل البكتـيريا المتعايشـة التى تنتمى إلى *Streptococcus aureus , Escherichia coli* وأثبتت هذا الدراسات أن الفروق كبيـرة بين السلالات سواء كخلايا حية أو مقتولة بالحـرارة، فى القدرة على الارتباط بالتوكسـين. وقد وجد أيضا أن البكتيريا المتـعايشة *Lacobacillus rhamnosus* لها قـدرة كبيـرة على الارتباط بتوكسينيات *Zearalenone* و *Zearalenol*، وقد حدث نفس التأثير مع كل من الخلايا الحية والمقتولة بالحـرارة، مما يدل على أن التأثير حدث بالارتباط وليس بالتمثيل.

أثبتت الخـلايا الحيـة للخمـيرة *Saccharomyces cerevisiae* قدرة على اختزال سمية الأفلاتوكسـين عند إضافتها إلى علف دجاج ملوث، وقد ثبتت نفس النتـائج عند التجـريب على الجرذان. وقـد وجد أن قـتل الخلايا الحـية للخميرة بالحرارة إلى فقدان قدرتها على اخـتزال السمية. وقد ثبت أن ليبفات الجدار الخلوى للخـميرة Fibrous لها قـدرة كبيـرة على ادمصـاص عديد من التوكـسينات الـفطرية. كمـا ثبت أن استـر معقـد الجلوكومـانان Esterified glucomannan polymer المستخلص من الجدار الخلوى للخميرة له القدرة على الارتباط بالأفلاتوكسـين والأوكراتوكسين وت2 - توكسين وزيارالينون. وقد أدت إضافة الجلوكـان إلى أعلاف خنازير وصغار دجاج، وأمـهات دجاج إلى تقليل الأضرار التـى تحدثها توكـسينات متـعددة، دون استـعادة معـدل النمو الطبيعى. أثبـتت دراسة أجريت على صغـار دواجن أن إضافة 0.5٪ من استر الجلوكـومانان إلى علف يحـتوى على أفـلاتوكسـين وأوكراتوكـسين وت2 - توكسين وزيارالينون أدت إلى اختزال ضعف النمو.

Referenc:

- Abramso D. N., J T Mills, R R Marquardt, and A A Frohlich,1997.

Mycotoxins in fungal contaminated samples of animal feed from western Canada, 1982-1994. Can. J. Vet. Res. January; 61(1): 49-52. January 25,2007 from: http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1189369

- Anderson de Souza Sant_Ana ,2008. The mycotoxin patulin: a concern for apple juice processing and products. Retrieved March 28,2010 from: http://www.foodsciencecentral.com/fsc/ixid15202

- Anon. 1990 . Selected mycotoxins: ochratoxins, trichothecenes, ergot. Environmental health criteria 105, World Health Organization, Geneva.Retrieved March31,2010 from: http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc105.htm#PartNumber:1

- Adisa A.,1994. Mycoflora of post-harvest maize and wheat grains and the implication of their contamination by molds. Nahrung. 1994;38)3 : (318 – 26.

- Cardwell,K. , F. ,A. Desjardins, S. H. Henry, G. Munkvold, J. Robens. Mycotoxins: The Cost of Achieving Food Security and Food Quality.Retrieved Marc 28,2010 from: http://www.apsnet.org/online/feature/mycotoxin /

- Charmley, L.L. and H.L. Trenholm,2006 . Fact Sheet -Mycotoxins. January 15,2007 from :

http://www.inspection.gc.ca/english/anima/feebet/pol/mycoe.shtml

- Christensen, C. M., and H. H. Kaufmann. 1969. Grain storage: The role of fungi in quality loss. Minneapolis, Minnesota: The University of Minnesota Press.

- Dhingra, O. D.,G. Jham and I. T. Napoleao ,1998 .

Ergosterol accumulation and oil quality changes in stored soybean invaded by Aspergillus ruber) A. glaucus group). Mycopathologia. 143,

http://www.springerlink.com/content/w551875653546276/

- De Alencar, E.R., , L.R.D'A. Faroni1, L.A. Peternelli, M.T.C. da Silva, S.I. Moreira .(n. d.) Soybean oil quality from grains stored under different conditions. 9th International Working Conference on Stored Product Protection. Retrieved October 04, 2011 from: http://bru.gmprc.ksu.edu/proj/iwcspp/pdf2/9/6208.pdf

- Ellin Doyle, M. ,1997. Fusarium Mycotoxins Retrieved July 2000 from: http://www.wisc.edu/fri/briefs/fusarium.htm

Felix J. P.and D'Mello (Eds) 1997 . Handbook of Plant and Fungal Toxicants .CRC Press ,Boca Raton , New York .

- Hafez, A. H. and S. E. Megalla, 1982. The potential value of silage in detoxifying aflatoxin B1. Mycopathologia,79:31-34. Retrieved April 2,2010 from: http://www.springerlink.com/content/um52604414444775/

- Haggblom, P., 1990. Isolation of Roquefortine C from Feed Grain. Applied and Environmental Microbiology, 56 :2924-2926

- Halfon-Meiri, A. and R. Barkai-Golan, 1998 . Mycoflora involved in seed germ discoloration of popcorn, and its effect on seed quality. Mycopathologia ,134, 85 – 91 . Retrieved May19 ,2007 from: http://www.springerlink.com/content/w87552221h510381 /

- Hocking, Ailsa D. , 1989. Common mycotoxigenic species of fusarium. (C.F. Semple et al). January 05,2007 from : http://www.fao.org/docrep/x5036e/x5036E07.htm#Common%20mycotoxigenic%20species%20of%20fusarium

- Jacobsen, B.J. , , K.L. Bowen , R.A. Shelby, U.L. Diener, B.W. Kemppainen, J.Floyd, Mycotoxins and Mycotoxicosis . Retrieved April 2, 2010 from: http://www.aces.edu/department/grain/ANR767.htm

- James D. Anderson, James E. Baker, and E. Kathryn Worthington, 1970. Ultrastructural changes of embryos in wheat infected with storage fungi. Plant Physiol. (1970) 46, 857-859.

- Johnston W.,1989. Exposure of Rat Off springs to Aflatoxin Risks Through Suckling Mothers Dosed with aflatoxin B1. Retrieved April 2, 2010 , From: http://informahealthcare.com/doi/abs/ 10.3109/ 15569548909059757

- Mello, J. P. F. and J. K. Porter, 1997. Fusarium Mycotoxins . (c.f. Felix J. P. and D'Mello)

- Koch, B. A. and J. H. meyer, 1956.Effects of storage upon the nutritive value of barley grains in USA. J. Nutrition, 56: 343-355. Retrieved May19 ,2011

http://jn.nutrition.org/content/61/3/343.full.pdf

- Henry,S. H. P. M. Bolger, and T. C. Troxell,2001. The Costs of Mycotoxin Management to the World: Regulatory Standards, Risk, and Appropriate Public Health Strategies. . Retrieved March 28,2010 from: http://www.apsnet.org/online/feature/mycotoxin/

- Hitchmall ,H. H., AND J. B. Beadles 1949 The effect of storage on the nutritional qualities of the proteins of wheat, corn, and soybeans. J. Nutrition, 39: 463-48

- Magan N, Jenkins and N.E, Howarth J., 1993. Lipolytic activity and degradation of rapeseed oil and rapeseed by spoilage fungi . Int J Food Microbiol.;19:217-27 .

- Megalla, S.E. and A.H. Hafez, 1982. Detoxification of Aflatoxin B1 in acidogenous yogurt. Mycopathologia., 77 : 89 – 91. Ahokas ,2000. Ability of dairy strains of lactic acid bacteria to bind aflatoxin M1 in a food model. Retrieved April 2, 2010 from http://www.ncbi.nlm. nih.gov/pubmed/6803165

- Mitchell,H. H., ANDJ. B. Beadles 1949 The effect of storage on the nutritional qualities of the proteins of wheat, corn, and soybeans. J.

- Nutrition, 39: 463-484. Retrieved April 30, 2010: http://jn.nutrition. org/content/39/4/463.full.pdf

- Nelsn P. E. , 1993 .Fumoninosis mycotoxins produced by Fusarium species : Biology ,chemistryand significance .Annu. Rev. Phytopathol. 31 ,233-52 .

- Pitt ,J.l., 1989 . Toxigenic Aspergillus and Penicillium species. (C.F. Semple et al).January 15,2007 from : http://www.fao.org/docrep/x5036e/ x5036E08.htm#Toxigenic'/.20aspergillus'/.20and'/.20penicillium'/.20speci es

- Peltonen, J, K. , H. El-Nezami,, C. Haskard,,, Ahokas,,S. Salminen, 2001. ,Aflatoxin B1 Binding by Dairy Strains of Lactic Acid Bacteria and Bifidobacteria. Retrieved April 2,2010 from: http://jds.fass.org/ cgi/reprint/84/10/2152.pdf

- Pierides M , El-Nezami H. Peltonen K, Salminen S, Ahokas ,2000. Ability of dairy strains of lactic acid bacteria to bind aflatoxin M1 in a food model. Retrieved April 2,2010 from: http://www.ncbi.nlm.nih. gov/pubmed/10826723

- Reddy, S.V. and Waliyar, F. , 2000. Properties Of Aflatoxin And It

Producing Fungi. January 15,2007 from : http://www.aflatoxin. info/aflatoxin.asp

- Rehman, Z-U. W.H. Shah, 1999. Biochemical changes in wheat during storage at three temperatures . Plant Foods for Human Nutrition, 54,109-117.Retrieved July 16,2007 from: http://www.ingentaconne ct.com/content/klu/qual/1999/00000054/00000002/00233914?crawler=tr ue

- Ritchie, J. C. , Aflatoxin . Retrieved December,2010 from: http://www.worldscibooks.com/etextbook/p108/p108_chap1.pdf

- Robens,, J ., The Costs of Mycotoxin Management to the USA: Management of Aflatoxins in the United States. Retrieved Marc29,2010 from: http://www.apsnet.org/online/feature/mycotoxin/

- Schumann G. L. 1991. Plant Diseases : The biology and social impact .APS Press ,St Paul , USA. Retrieved March 28,2010 from: http://vassun.vassar.edu/~sttaylor/FAMINE/

- Semple, R.L., A.S. Frio, P.A. Hicks and J.V. Lozare Ed. , 1989. Mycotoxin prevention and control in foodgrains. A collaborative publication of the UNDP/FAO Regional Network Inter-Country Cooperation on Preharvest Technology and Quality Control of Foodgrains (REGNET) and the ASEAN Grain Postharvest Programme. January 15,2007 from : http://www.fao.org/docrep/x5036e/ x5036E00.htm#Contents

- Subhkij Angsubhakorn, 1989 Mycotoxins and human health risks an overview. In Mycotoxin prevention and control in food grains. (C.F. Semple et al . (January 15,2007 from : http://www.fao.

org/docrep/x5036e/x5036E05.htm#Mycotoxins%20and%20human%20health%20risks%20an%20overview

- Timothy E. Lawlor, Steve R. Haworth, Errol Zeiger, Douglas L. Park and Louise S. Lee, 1985 . Mutagenic potential of ammonia-related aflatoxin reaction products in cottonseed meal . Journal of the American Oil Chemists' Society, 62 : 1136 – 1138 . December from : http://www.springerlink.com/content/t6571555x605355j/

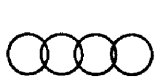
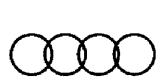
- Wareing, P.W., 1997. Incidence and detection of thermotolerant and thermophilic fungi from maize with particular reference to Thermoascus species. Int J Food Microbiol. ;35 : 137 – 45.

- Whitlow, Lon W. , Evaluation of mycotoxin binders. December, 2010, 7 from : http://www.uwex.edu/ces/dairynutrition/documents/Myco- Maryland-Binders.pdf

- Zia-Ur-Rehman,2006. Storage effects on nutritional quality of commonly consumed cereals. Food Chemistry, 95 : 53 – 57 .

doi:10.1016/j.foodchem.2004.12.017

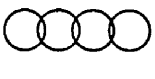
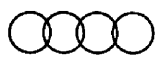
- Zinedine, Abdellah, Mohamed Faid and Mohamed Benlemlih ,2005. In Vitro Reduction of Aflatoxin B1 by Strains of Lactic Acid Bacteria Isolated from Moroccan Sourdough Bread. http://www.fspublishers.org/ijab/pastissues/IJABVOL_7_NO_1/14.pdf

الباب الرابع
العوامل المؤثرة على التدهور
ووسائل السيطرة عليه

الفصل الأول: العوامل المؤثرة على التدهور

الفصل الثانى: وسائل السيطرة على التدهور

الفصل الأول
العوامل المؤثرة على حدوث التدهور

1 - نضج الحبوب Ripening of Grains

عند حصاد الحبوب فإنها تكون قد وصلت إلى مرحلة معينة من النضج ويستكمل نضج هذه الحبوب بعد حصادها، وهو ما يعرف بنضج ما بعد الحصاد Postharvest ripening (Physiological ripening). تحدث خلال هذه العملية تغيرات بيوكيماوية معقدة فى الحبوب وذلك خلال الأيام أو الأسابيع التى تلى عملية الحصاد ويعتقد أن هذه العمليات إذا لم تتم خلال 60 يومًا من الحصاد فإن ذلك يؤثر تأثيرًا بالغًا على ثبات هذه الحبوب أثناء التخزين ممثلا فى الحيوية وتخليق الدهون والصفات التكنولوجية. فلكى تتم عملية التخليق الحيوى التى على النبات لا بد أن يتبعها عملية نضج ما بعد الحصاد، وتتم الأخيرة إذا ما خزنت الحبوب بأقل قدر ممكن من الأضرار الميكانيكية وفى نطاق حرج من المحتوى الرطوبى (أقل من 14٪) ودرجة حرارة تتراوح بين 15 - 45 م°. وخلال هذه العملية يخلق النشا من السكريات والبروتين من الأحماض الأمينية والدهون من الأحماض والدهنية والجسلرين. وبالرغم من أهمية نضج الحبوب والذى يعرف تحت اصطلاح سكون البذرة فلم تعرف أهميته على النبات أثناء التخزين وعلى الخواص التكنولوجية ولم يعرف التوقيت الدقيق والظروف المناخية لهذه العملية إلا حديثًا. فقد وجد أن القمح المحتوى على 16.1٪ محتوى رطوبى عند الحصاد ارتفعت فيه نسبة الإنبات من 19.5٪ إلى 99٪ وتناقص النيتروجين غير البروتينى من 10٪ إلى 5.7٪، وقد وجد أن الهواء الجوى وأشعة الشمس يشجع عملية نضج ما بعد الحصاد بالإضافة إلى عامل المحتوى الرطوبى ودرجة الحرارة.

وعند تجفيف حبوب القمح صناعيًا بواسطة تيار من الهواء الساخن Ventulation ذى رطوبة نسبية 30٪ وحرارة 45 °س فإن ذلك يؤدى إلى تقصير فترة نضج ما بعد الحصاد إلى 15 - 20 يومًا وعلى ذلك فإن الفترة التى تعقب التخزين مباشرة تعتبر أكثر الفترات تعقيداً من ناحية النشاط الحيوى والكيميائى وبتنظيم عملية نضج ما بعد الحصاد فإننا نستطيع أن نحسن كثيراً فى الثبات أثناء التخزين وفى خواص الحفظ للحبوب.

2 - إنبات ما قبل الحصاد Preharverst Germination

يؤدى تعرض المحصول قبل الحصاد إلى سقوط المطر أو إلى رطوبة عالية إلى بدء حدوث الإنبات قبل الحصاد. يحدث ذلك ببدء تكشف منشئ الريشة ومنشئ الجذير، رغم أنهما قد لا يشاهدان خارج غلاف الحبة أحيانًا، وفى أحيان أخرى قد يحدث تمزق لغلاف الحبة وبروزهما. يؤدى حدوث الإنبات قبل الحصاد إلى خفض رتبة الحبوب مما يترتب عليه خسائر كبيرة للمنتج، فهو يجعل الحبة لينة وذلك نتيجة لنشاط إنزيم ألفا الأميليز وهضم جزء من الإندوسبرم. يترتب على ذلك أن تكون هذه الحبوب مهيئة للغزو بواسطة الفطريات وخاصة أنواع *Fusarium* و*Curvularia*. ويمكن أن يحدث إنبات ما قبل الحصاد مبكراً أحيانًا وذلك بعد التلقيح بخمسة عشر يومًا أى قبل مرحلة النضج العجينى.

ظاهرة إنبات ما قبل الحصاد صفة وراثية، يؤثر على ظهورها درجة الحرارة التى يتم فيها نضج المحصول، ففى القمح تحدث ظاهرة إنبات ما قبل الحصاد إذا ما صاحب نضج الحبوب درجات حرارة مرتفعة ولا تحدث إذا تم النضج فى درجات الحرارة المنخفضة. من الناحية الفسيولوجية فإن تنظيم عملية السكون يخضع إلى هورمون حمض الأبسيسك، ولا يوجد فارق فى محتوى هذا الهورمون فى أصناف القمح التى يوجد بها سكون للجنين والأخرى التى تحدث بها ظاهرة إنبات ما قبل الحصاد. وقد وجد أن الفارق

يكون فى أن استجابة الأجنة المفصولة للأصناف التى يحدث بها سكون للهورمون يكون أكبر من استجابة الأجنة المفصولة من الأصناف التى يحدث بها إنبات ما قبل الحصاد. لا تحدث ظاهرة إنبات ما قبل الحصاد فى المحصول بالكامل عند توفر الظروف المؤدية لحدوثها وإنما قد تحدث فى بعض حبوب السنبلة الواحد وفى بعض السنابل داخل نفس المحصول. وللتغلب على هذه المشكلة يجب مراعاة أن تكون الأصناف التى تنتج من برامج التربية ذات فترة سكون لا تقل عن شهر.

تؤثر ظاهرة إنبات ما قبل الحصاد على جودة المنتج النهائى، وعلى سبيل المثال فإن الدقيق المتحصل عليه من حبوب حدث بها إنبات ما قبل الحصاد يفقد قوة التماسك نتيجة لتحلل النشا، ويصبح العجين لزجًا، وتصبح المخبوزات الناتجة منه أصغر حجما ومنضغطة وسهلة التفتت.

3 - المحتوى الرطوبى Moisture Content

تؤثر رطوبة الحبوب على مدى حدوث الغزو بواسطة الفطريات ومدى حدوث التدهور وعلى درجة جودة هذه الحبوب ومدى قابليتها للتخزين. وعلى ذلك فإن المحتوى الرطوبى للحبوب يدخل ضمن مواصفات الجودة الخاصة بتدريج الحبوب المقررة بواسطة مقاييس الحبوب الدولية. وكلما انخفض المحتوى الرطوبى للحبوب داخل نطاق رتبة معينة من الحبوب كلما كان ذلك مغريًا على الشراء. ويحرص كل مشترى للحبوب على ألا يزيد محتواها الرطوبى إلى الحد الذى يسمح بنشاط الفطريات حتى لا يحدث تدهور أثناء الشحن والتخزين. فمثلا عند المحتوى الرطوبى 14 و15.5٪ فإن وجود فارق 0.2٪ فى المحتوى الرطوبى يكون له تأثير معنوى كبير فى معدل الغزو بواسطة الفطريات ومدى حدوث التدهور وذلك بالنسبة للقمح وغالبية الحبوب.

تنمو الفطريات على الحبوب أو البذور إذا تجاوز محتواها الرطوبى حدًا معينًا يعرف بالحد الحرج. وتختلف فطريات المخزن من حيث الحد الأدنى

للمحتوى الرطوبى المناسب لغـزو الحبوب ومن ثم إحداث التدهور. يبلغ هذا الحد الحرج حوالى 13.5 ٪ فى حالة الحبوب النجيليـة كالقمح والشعير والذرة والأرز، لكنه يكون نحـو 9 - 10 ٪ فى البـذور الزيتـيـة كالفـول السـودانى والكانولا والسمسم وحوالى 12 ٪ فى فول الصويا، ومن ناحيـة أخرى تتباين فطريات المخـزن فى الرطوبة النسـبيـة التى يمكن عندهـا أن تبدأ فى ممارسـة نشـاطهـا. فـمثـلا يبـدأ نشـاط كل من *Aspergillus glaucus* و*A. restrictus* عندما يكون المحتـوى الرطـوبى لحـبوب القمح 13.5٪ بينما يبدأ نشاط عند محتوى رطوبى 15 ٪ ويبدأ نشاط أنواع *Penicillium* عند 16 ٪ ويبدأ نشاط *A. flavus* عند 17 ٪ . ويؤدى التنافس بين مجمـوعة من الفطريات إلى رفع الحد الأدنـى للمحـتوى الرطوبى المناسب لكـل من هذه الفطريات. بناءً على ذلك فإنه يمكن التنبؤ بأنواع الفطريات السائدة المصـاحبة لعينة من الحبوب بناءً على مـحـتـواها الرطوبى. وتتكون الأجـسـام الثـمـرية لكل من *A.ruber*, *A.repens, A.smstelodami, A.chevilecri* على سطح الحـبـوب عند مـحـتـوى رطوبى يتراوح بين 15 - 17٪ وبالتالى فعند تواجدهـا نستنتج أن هذه الحبوب تعرضت لمحـتوى رطوبى 15 - 17٪ لعدة أسـابيع على الأقل. ومن ناحـية أخرى فإنه يمكن بعزل الفطريات المصاحبة للحـبوب الاستدلال على محتواها الرطوبى أو المحتوى الرطوبى الذى تكون قد تعرضت له فـترة ما، وذلك تبعًا لأنواع الفطريات المعزولة.

خاصية الاسترطاب فى الحبوب Hygroscopicity of grains

تمتلك الحبوب خاصية الاسترطاب Hygroscopicity، أى أنها تتفاعل مع الرطوبة النسبـية فى الوسط المحيط بامتـصاص بخار الماء Adsorption أو تحرر بخار الماء منها Desorption، لتكون المحصلة هى المحتوى الرطوبى للحبوب. وتعرف قدرة مادة مسترطبة على امتصاص بخار الماء أو تحرره منها وصولا إلى نقطة التوازن بسلوك الامتزاز Sorption behavior. ويعرف المنحنى الذى يعبر

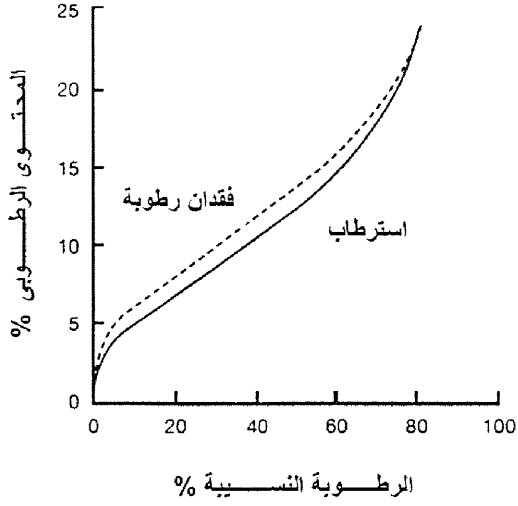
عن امتصاص بخار الماء أو تحرزه من مادة عند درجة حرارة معينة بأنها "التوازن الحرارى للامتزاز" Sorption isotherm. تختلف المواد فى نمط منحنى التوازن الحرارى للامتزاز، وتقسم المواد تبعًا لمنحنى التوازن الحرارى إلى ثلاثة أنماط على النحو التالى:

* النمط الأول يكون فيه الاسترطاب تدريجيًا، وذلك كما فى الفواكه المجففة .

* النمط الثانى ويكون منحناه بشكل حرف S بطىء فى مراحله الأولى وسريع فى مراحله المتأخرة، والجزء المستقر منه هو الجزء الأوسط، فى هذا الجزء لا تحدث تغيرات شديد للمنتج (شكل 4-1)، وتنتمى الحبوب والبذور وأغذية أخرى والورق لهذا النمط. وقد وجد أن منحنيات التوازن الحرارى للامتزاز لكل من القمح والشعير والشيلم والشوفان والذرة عند درجات حرارة 25، 30، 35، 50، 70 °س قد أظهرت نفس النمط (شكل 4 - 1).

* النمط الثالث يحدث فيه الاسترطاب بشكل سريع وحاد، فالمواد التابعة له تكون محفوظة عادة فى صورة لامائية، وبمجرد ملامستها لبخار الماء تمتصه سريعا لتصبح فى صورة مائية، ولا نفقده مرة أخرى وذلك كما فى المواد الموجودة فى صورة بلورات مثل كلوريد الصوديوم والسكر وهيدروكسيد البوتاسيوم.

وبناء على ذلك فإنه فى الصوامع المغلقة يحدث انتقال بخار الماء مع تيارات الحمل من المناطق ذات الحرارة المرتفعة إلى المناطق ذات الحرارة المنخفضة وعند انتقال تيارات الحمل من المناطق ذات الحرارة المرتفعة إلى المناطق ذات الحرارة المنخفضة من الصومعة فإنها تعطى كلاً من الحرارة والرطوبة إلى الحبوب الباردة.



شكل (4-1) الاسترطاب وفقد الرطوبة عند مستويات مختلفة من الرطوبة النسبية فى حبوب نشوية

النشاط المائى Water activity

النشاط المائى هو المقياس الذى يعتمد عليه فى تحديد رطوبة منتج ومدى إمكانية تعـرضه لمهاجمـة الفطريات وهو يعبر عن المحتـوى الرطوبى. النشاط المائى هى مقيـاس يعبر عن الشق الحر من الماء الموجـود فى مادة ونقول "الماء الحر "لأن الماء الموجـود فى المادة ينقسم إلى شقـين هما " الماء المرتبط " وهو الذى يكون مرتبطا فـيزيائيا أو كيـميائيـا بالمادة وبالتالى لا يكون متاحـا لنمو الكائنات الدقيقة، والباقى يكون فى صـورة حرة " الماء الحر" وهو متاح لنمو الفطريات. يعـرف النشاط المائى بأنـه الرطوبة النسبـية الناتجـة عن وضع وزن محـدد من المنتج فى حجم معيـن منسوبة إلى الرطوبة النسبـية التى تنتج عن وضع وزن مماثل من الماء فى نفس هذا الحيز وعند نفس درجة الحرارة . تقاس الرطوبة النسبية بواسطة جهاز كهربى لتقدير الرطوبة Electronic hygrometer.

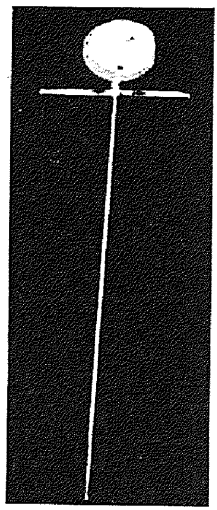
Water activity (aw) = equilibrium relative humidity (ERH) / 100

(aw = ERH/100)

يكون الحد الأقصى للنشاط المائى 1، وهو النشاط المائى للماء ويتدرج حتى نصل للصفر إذا كانت المادة لا تحتوى على الماء على الإطلاق. إلا أن رقم النشاط المائى الذى يبدأ عنده حدوث التدهور بواسطة فطر ما يكون رقمًا ثابتًا سواء كانت حبوب نشوية أو بذور زيتية أو بروتينية، يقع الحد الأدنى للنشاط المائى اللازم لنمو فطريات المخزن عند 0.65 . وللبكتيريا 0.95 - 1 .

تقدير المحتوى الرطوبى للحبوب

تتطلب متابعة جودة التخزين إمكان الحصول على معلومات عن رطوبة الحبوب المخزنة وذلك عن طريق مسبار يعتمد على الطريقة الشعرية Hair Hygrometer، يمكنه الوصول إلى أعماق مختلفة ومناطق مختلفة من كومة الحبوب أو الأجولة أو الصومعة، وذلك لتقدير المحتوى الرطوبى للحبوب. يتم دفع المسبار وانتظار فترة من الوقت حتى تثبت قراءة المقياس.



شكل (4-2) هيجروميتر شعرى لتقدير المحتوى الرطوبى للحبوب

كما تستخدم لتقدير الرطوبة الأجهزة النقالة التى تعتمد على درجة التوصيل الكهربى Electroconductivity، ويجب أن يكون الجهاز المستخدم من الأنواع الجيدة، مرتفعة الثمن، ويجب ملاحظة أن الحبوب الدافئة نتيجة لأنها حديثة التجفيف وكذلك

الحبـوب الباردة بدرجـة كبيـرة تعطى قراءات غـير دقـيقة. يراعى أيـضًا عند استـخدام هذه الأجهـزة أن تعاد معـايرتها من حين إلى حـين بواسطة الطرق المعملية، ويوضح شكل (4 - 3) أحد أنواع تلك الأجهـزة التى تقوم بطحن عينة الحبوب وتقدير محتواها الرطوبى.

شكل (4 - 3) أحد أنواع الأجهزة النقالة لتقدير المحتوى الرطوبى فى الحبوب، ويتم طحن العينة بواسطته لإتمام التقدير

يجب أن يؤخذ عـديد من عينات الحـبوب عند تقـدير الرطوبة النسبـية باستخدام أجهـزة التقدير الكهربية، ويعبر متـوسط هذه القراءات عن المحتوى الرطوبى لشحنة الحبـوب، رغم ذلك فإن هذه القيمة قـد يشوبها بعض الخطأ وذلك للأسباب التالية:

1 - أن العينة المأخوذة لا تعـبر تعبيـرًا دقيقًا عن المحتـوى الرطوبى فقد يحدث تباين بمقدار ±1 - 2٪ فى الأجزاء المختلفة لـشاحنة الحبوب أو الصومعة الصغيرة.

2 - أن أجهـزة القياس الكهـربى قد تتأثر حسـاسيتـها بمرور الوقت مما يتطلب إعادة مـعايرتها من وقت لآخـر بتقدير عينات من الحـبوب باستخدام أفـران التجفيف، وفى الأحوال العادية يتـباين الاختلاف

بين الأجهـزة الكهربية وطريقـة التجفـيف فى الأفران، ويجب ألا يتـجاوز الفـارق فى المحتـوى الرطوبى بين هذه الأجـهزة وطريقـة الأفران أكثر من ± 0.4٪.

3 - قد يتباين المحـتوى الرطوبى للحبوب داخل صومعة بدرجـة كبيرة تبعًا لتباين درجات الحرارة بداخلهـا، فقد تعمل تيارات الحمل على نقل الرطوبة من الأماكن المرتفعة الحرارة إلى المناطق الباردة.

4 - المناطق التى يحدث فيها نشاط للآفات الحشرية يمكن أن ترتفع فيها الرطوبة النسبية عن الأجزاء المحيطة بحوالى 1٪.

تجرى معايرة أجـهزة تقدير الرطوبة كهربيًا بتـقدر المحتوى الرطوبى للحـبوب والبذور مـعمليًـا بالتجـفيف فى أفـران الهواء السـاخن (بتجفيف عينة من الحبوب المطحونة على درجة حرارة 135ْ س لمدة 30 دقيقة).

كما يكمن تقدير المحتوى الرطوبى للحبوب بطريقة دقيقة وسريعة وذلك باستـخدام تقنيـات التقـدير الطيفى للإشـعة القـريبة من تحت الحـمراء NIR spectrophotometric techniques كما سبق أن ذكرنا من قبل.

4 - درجة حرارة Temperature

يمكن القـول بوجه عـام إن درجة الحـرارة المثلى لنمو مـعظم فطريات المخزن تقع بين 25 - 30 ْس وتتراوح درجة الحرارة الصـغرى بين الصـفرْ س و5ْس، بينمـا تكـون العظمى 50 - 55 ْس. وبينمـا يـسـتطيع *Aspergillus glaucus* أن ينمو بطـيـئا عند 5ْس، و*A. restrictus* أن ينمو فى نطـاق واسع بيـن 15 - 25ْ س، فإننـا نجـد *A.flavus* يلائمه 35 ْس و*A.candidus* وكذا *A. fumigatus* يلائمهـما 35 - 40 مْ. ويؤثر وسط النمو والمحـتوى الرطوبى للحبوب على درجة الحرارة المؤثرة على نشاط الفطريات، فبينما لا يستطيع أى

من *A. ruber*, *A. amestelodami* النمو على بيئة الأجار فى درجات حرارة حول 35 °س، فإنهما يمكنهما إحداث الغزو فى حبوب قمح بمحتوى رطوبى 15 - 16٪ عند درجات حرارة 40 - 44 °س. يؤدى خفض الحرارة إلى عدم حدوث غزو للحبوب والبذور بفطريات المخزن إلا أنه لا يوقف نشاط الفطريات فى الحبوب أو البذور التى أصيبت بالفعل بفطريات المخزن. إذ أن هذه الفطريات تمارس دورها فى إحداث التدهور فى درجات الحرارة المنخفضة ولكن معدلات بطيئة . وحتى بالقرب من درجات التجمد فإن أنواع *Penicillium* يمكن أن تمارس دروها فى إحداث التدهور مادام المحتوى الرطوبى ملائمًا.

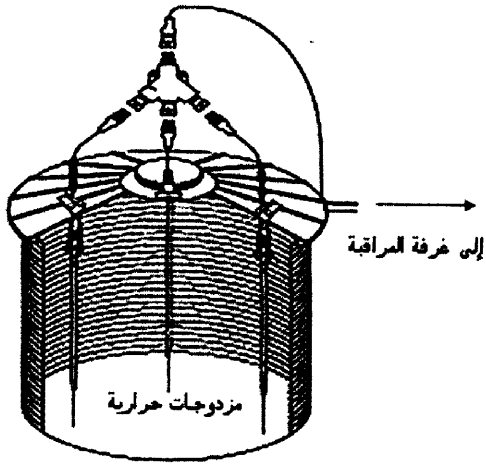
بناء على ما سبق فإن التعرض لدرجات الحرارة المرتفعة أثناء التخزين يؤدى إلى حدوث التدهور بمعدلات عالية. من ناحية أخرى فإن التخزين على درجة حرارة بين 5 - 8 °س يؤدى إلى جعل التدهور أقل ما يمكن، حيث إن درجات الحرارة المنخفضة تعمل على معادلة التأثير الضار لارتفاع المحتوى الرطوبى عن الحد الحرج.

اختلاف درجات الحرارة داخل كتلة الحبوب وتكوين النقاط الساخنة

تسبب التغيرات الموسمية فى درجات حرارة الجو نظامًا دوريًا لاختلاف درجة الحرارة خلال الحبوب داخل الصومعة . فخلال الشتاء فإن تيارات الحمل تحمل الرطوبة من الحبوب الدافئة فى مركز الصومعة وتنقلها إلى الحبوب الباردة الموجودة قرب سطح الصومعة. ويحدث العكس صيفا إذ تكون أبرد مناطق الصومعة هى تلك الموجودة فى منتصف القاع. وتكون هجرة الرطوبة بطيئة فى الصوامع الصغيرة عنها فى الصوامع الكبيرة ويرجع ذلك إلى سرعة تجانس درجات الحرارة فى الصوامع الصغيرة عن الصوامع الكبيرة.

ويعمل التخزين فى درجات الحرارة المنخفضة على عدم حدوث هجرة للرطوبة وما يستتبعه من حدوث النقاط الساخنة. لدراسة تأثير درجة الحرارة على تخزين الحبوب، أجريت دراسة على المستوى التجارى فى مينسوتا على 100 ألف بوشل من الذرة الصفراء خُزنّت لمدة 4 سنوات فى صوامع معدنية مسطحة القاعدة، كانت الحبوب عند تخزينها مرتفعة فى نسبة إنباتها ومنخفضة فى نسبة الغزو بواسطة الفطريات وكان محتواها الرطوبى حوالى 14٪. كانت عمليات التهوية تجرى دوريًا للحفاظ على درجة الحرارة بين 5 و10س فى معظم كتلة الحبوب. وقد أخذت عينات دورية من الحبوب من أعماق 3، 9، 12 قدم، من مواقع مختلفة واختبرت العينات للمحتوى الرطوبى ونسبة الإنبات ونسبة الغزو بواسطة الفطريات. وقد وجد أن المحتوى الرطوبى للحبوب يبقى ثابتًا عند عمق 3 أقدام ويزداد قليلا عند عمق 9، 12 قدم، وقد ازدادت نسبة الحبوب المصابة بالفطريات بوضوح عند عمق 3 أقدام، وازدات زيادة ضعيفة عن عمق 9، 12قدم، وصاحب ذلك نقص نسبة الإنبات. وفيما عدا ذلك فقد بقيت خصائص الحبوب دون تغير يذكر طوال السنوات الأربع(Welty etal.1963).

يتم تقدير الحرارة فى الصوامع، حتى الضخمة منها (سعة 25000 بوشل) باستخدام حساس المزدوج الحرارى Thermocouples sensor (شكل 4 - 4). يتصل حساس المزدوج الحرارى بأجهزة القراءة أو بالحاسب الآلى الموجودة فى غرف التحكم كما يمكن متابعة القراءة عن طريق جهاز رقمى محمول يتم توصيله بموصلات حساس المزدوج الحرارى. يمكن بواسطة حساس المزدوج الحرارى متابعة أى مشكلة عند بدايتها، كما يمكن متابعة نتائج عمليات التهوية والتبريد.



(شكل 4 – 4) مزدوج حرارى، وينقل
درجات حرارة صومعة إلى غرفة المراقبة.

5 - طول فترة التخزين

تؤثر طول فترة التـخزين على مدى حدوث تدهور فى حبـوب، مخزنة ويعتمـد التأثير على المحتوى الرطـوبة ودرجة حرارة التخزين، فكلمـا امتدت فترة التخـزين عند محتوى رطوبى ودرجة حرارة تسـمح بحدوث تدهور كلما زاد الضرر. من ناحية أخرى يمكن القول بأن الفـترة التى يمكن أن يمتد إليها تخزين سلـعة معـينة يعتمـد على عاملى المحـتوى الرطوبى ودرجـة الحرارة. ويعتبر عامل المحتوى الرطوبى هو الأكثر أهمية ويوضح جدول (4 – 1) الحد المناسب من المحتوى الرطوبى لبعض الحبوب والبـذور الزيتية للتخزين لفترات مختلفة دون حدوث تدهور.

جدول (4-1) الحد الأقصى للمحتوى الرطوبى لبعض الحبوب النشوية والبذور الزيتية الذى يناسب فترات تخزين مختلفة.

فترة التخزين	الذرة	فول الصويا	القمح والشعير	عباد الشمس
قصير (أقل من سنة)	15,5	13	14	11
سنة واحدة	14	12	13	10
طويل (أكثر من سنة)	13	11	13	9

أجريت دراسة لدراسة تأثير طول فترة التخزين ودرجة الحراة على حدوث التدهور فى قمحى Manitoba، وCappelle بمحتوى رطوبى 11.9٪ للأول و12.6 للثانى. كانت الكميات المخزنة لكل معاملة 1طن وتم التخزين فى صوامع مصغرة. ودرس تأثير درجة الحرارة المنخفضة (4.5 - + 0.5) وذلك مقارنة بدرجة حرارة الجو، وتم التخزين عند مستوى منخفض من الأوكسجين (أقل من 2٪)، وامتدت فترة التخزين حتى 16 سنة. وقد وجد من النتائج أن المحتوى الرطوبى لم يطرأ عليه أى تغيير طوال فترة التخزين، وبقيت حيوية الجنين فى كلا القمحين أعلى من 96٪ عندما كان التخزين على درجة الحرارة المنخفضة، مقارنة بالانخفاض إلى 39٪ فى حالة قمح مانيتوبا و14٪ فى قمح كابل عند التخزين على درجة حرارة الجو. ارتفع رقم الحموضة الدهنية فى كلا الصنفين تدريجا خلال فترة التخزين، إلا أن قيمته فى حالة القمح المخزن على درجة الحرارة العادية كانت ضعف قيمته فى القمح المخزن تحت ظروف التبريد. كلا القمحين أنتج خبزا جيدا على مدى فترة التخزين، إلا أن الأمر تطلب إضافة 20 جزء / مليون من برومات البوتاسيوم و224 جزء/ مليون من الأميليز الفطرى لتعويض النقص فى ألفا

أميليـز الحبـة وذلك بعد 8 سنوات من التـخزين. باستـثناء *Aspergillus* فإن احتفاظ الفطريات والبكتيريا بحيويتها كان أفضل فى حالة التخزين على درجة الحرارة المنخفضة. ومن ناحيـة أخرى تتغير أعداد *Aspergillus* على مدى فترة التخزين فى القمح المخزن على درجة حرارة الجو. وبناء على ذلك فإن خفض المحتـوى الرطوبى للحبـوب إلى ما دون الحد الحـرج وخفض درجـة الحرارة يؤديان إلى إطالة فترة التخزين.

وجد من دراسة أجريت فى الولايات المتحدة الأميريكية عن أقصى فترة للتخـزين الآمن (دون حدوث تدهور بدرجة مـؤثرة) للذرة ذات الأغلفة، أن التخزين يمـكن أن يمتد إلى 150 شهـر عندما يكون المحـتوى الرطوبى 13٪ (أدنى من الحد الحـرج) ودرجة الحرارة 4.4 ْس. كان التناقص حـادا فى فترة التخـزين الآمن كلما ارتفع المحتـوى الرطوبى بمقدار 1٪ عند جمـيع درجات الحرارة. وكان أقل حـدة بارتفاع درجـات الحرارة بفروق مـقدارها نحو 5 ْس حتى تصل إلى 26.6 ْس. لنصل فى النهـاية إلى أن التـخزين عند مـحتـوى رطوبى 18٪ ودرجة حرارة 26.6 ْس لا يكون آمنا إذا امتد لأكثر من 0.9 شهر (جدول 4-2).

أجريت دراسة خزن فيها قمح المكرونة على درجات حرارة تراوحت بين 10 - 40 ْس ومحتـويات رطوبية 15 - 20 ٪ وامتد التـخزين لمدة 12 شهر. وقدرت درجـة التدهور مقـاسة بظهـور الفطريات وحيوية أجـنة القمح ورقم الحموضة الدهنيـة، وقد كان التدهور حاداً خلال فترة قـصيرة من الزمن كلما ازداد المحتوى الرطوبى وارتفعت درجة حرارة التخزين.

جدول (4-2) أقصى لتخزين الذرة ذات الأغلفة، مقدرة بالأشهر.

درجة الحرارة ° س	محتوى الرطوبى للذرة %					
	13	14	15	16	17	18
4.4	150	61	29.0	15.0	4·9	1·6
10.0	84	34	16.0	8.9	3·5	4·3
15.5	47	19	2·9	5.0	3.0	1.9
21.1	26	11	2·5	2.8	1.7	1·1
26.6	15	6	2.9	1.6	0.9	0.9

6 - نسبة الأكسجين/ ثانى أكسيد الكربون فى جو المخزن

وجد من نتائج تجارب أجريت على القمح المخزن بمحتوى رطوبى 18٪ وتحت تركيزات مختلفة من ثانى أكسيد الكربون والأكسجين، أن نشاط الفطريات، ورقم الحموضة الدهنية، ومعدل التنفس يقل كلما انخفض تركيز الأكسجين. كما وجد أن بعض الفطريات يمكنها النمو عند تركيز 0.2 ٪ أكسجين، دون أن يؤثر ذلك على حيوية أجنة حبوب القمح. فى وجود 21٪ من الأكسجين، وزيادة مستويات ثانى أكسيد الكربون لم يكن هناك تأثير على معدل التنفس وحتى بلوغ نسبة ثانى أكسيد الكربون 13.8 - 18.6٪ عندئذ حدث تثبيط حاد جدا وملحوظ فى نمو الفطريات، ومعدل تنفس الحبوب ورقم الحموضة الدهنية. عند التركيزات العالية من ثانى أكسيد الكربون (50 و79٪) بقى القمح عالى الجودة، وكان نشاط الفطريات قليلاً أو معدومًا.

7 - وجود شوائب مصاحبة للحبوب

تتضمن الشوائب أجزاء نباتية من بقايا العصافات والقنابع وغيرها، وأتربة، وبذور بعض الحشائش. يؤدى وجود الشوائب فى كتلة الحبوب إلى الآتى:

* تعتبر مصدراً لتلوث الحبوب بالكائنات الحية الدقيقة، وقد وجد فى دراسة أجريت على كميات حبوب مخزنة، تضمنت القمح والشوفان والتريتيكال أن تركيز الإرجوستيرول (وهو مؤشر لمدى كتلة النمو الفطرى) كان فى الشوائب أضعاف تركيزه فى عينات الحبوب، مما يدل على احتواء الشوائب على قدر كبير من الفطريات (Regner, et al. 1994).
* قد تكون تلك الشوائب أكثر قدرة على امتصاص الرطوبة، وبالتالى يرتفع المحتوى الرطوبى لكتلة الحبوب.
* تعوق حركة الهواء أثناء عمليات التهوية والتجفيف مما يؤدى إلى مشاكل زيادة الرطوبة والحرارة وإلى مزيد من نشاط فطريات التدهور، كما أنها تؤدى إلى عدم كفاءة عمليات التدخين التى قد تجرى لمكافحة الآفات الحشرية.

8 - الأضرار الميكانيكية Mechanical Injury

تتعرض الحبوب التى يتم حصادها وتذريتها آليًا إلى حدوث ضرر ميكانيكى، يزداد هذا الضرر إذا كانت الحبوب قد وصلت إلى مرحلة متقدمة من الجفاف، أو تعرضت لتقلبات الظروف الجوية فى الفترة التى تقع بين تمام النضج وحتى الحصاد. وجد فى إحدى الدراسات أن حبوب القمح التى حصدت آليًا حدث بها ضرر ميكانيكى بنسبة تزيد 20 - 25٪ عن تلك التى تم حصادها يدويا. كما أن تلك الحبوب التى حصدت آليًا تقل فيها نسبة

الإنبات بمقدار 20٪ عن الحبوب التى حصدت يدويًا، وتقل نسبة الإنبات بمعدل أكبر بتأخير الحصاد، وربما يرجع ذلك إلى تعرض الحبوب للتقلبات الجوية . يؤثر المحتوى الرطوبى للحبوب على مدى حدوث الضرر الميكانيكى، فقد وجد أن أنسب محتوى رطوبى لحصاد الذرة يكون عند حوالى 22٪، يؤدى الحصاد عند محتويات رطوبية أقل إلى حدوث تشقق وتكسر فى الحبوب، ومن ناحية أخرى فإن الحصاد عند المحتويات الأعلى يؤدى إلى صعوبة انفصال الحبوب على القولحة. وقد وجد أن الضرر الميكانيكى يزداد فى بذور فول الصويا التى يتم حصادها عند محتوى رطوبى يقل عن 12٪، إضافة إلى ذلك فإن الحصاد فى هذه الحالة أدى إلى فقد أربعة بذور فى كل قدم مربع من سطح التربة، بما يعنى فقد 67 كيلوجرام / هكتار (Weber and Kauffman 1990) . وجد Krishnan et al. (1987) أن نسبة إنبات بذور فول الصويا التى حصدت آليا وكانت سرعة دوران اسطوانة آلة الحصاد 437 دورة / دقيقة كانت 62٪، بينما كانت نسبة الإنبات فى البذور التى حصدت يدويًا 97٪. وقد وجد أن الذرة المحصود آليا يوجد به شقوق وكسور ويحدث فيه التدهور بمعدل 2 - 3.5 مرة قدر الذرة الذى يجمع ويدرس يدويًا. وهناك محاولات لتحسين الحصاد الميكانيكى المجمع وذلك باستخدام أجزاء مطاطية لفصل الحبوب عن الكيزان.

تقدير الضرر الميكانيكى فى الحبوب.

يقدر الضرر الميكانيكى فى الحبوب باستخدام الغرابيل وبالصبغ بصبغة الأخضر السريع Fast Green، لإجراء اختبار الغربلة، يؤخذ 100 جرام من الحبوب وتغربل لمدة 30 ثانية باستعمال غربال ذى سعة ثقوب معينة (6.35 مليمتر فى حالة الذرة)، الحبوب التى تبقى فى الغربال تصنف على أنها حبوب سليمة ويتم وزنها . يتم غربلة الحبوب التى مرت من الغربال مرة أخرى فى غربال (بسعة ثقوب 4.76 مليمتر فى حالة الذرة)، ويصنف ما تبقى

فى الغربال بأنه حبوب ضـامرة ومواد غريبة، كما يتم تقـدير ما مر من ثقوب الغربال وهو الحـبوب المكسـورة ونواتج كسر الحـبوب، ومن ثم يتم حـساب نسب المكونات الثلاثة .

يجرى الصـبغ بالأخضر السـريع فى عينة من 100 جرام من المتـحصل عليها من الغـربال (4.76 مليمتر). تنقع الحبوب فى محلول مائى (0.1٪) من صبـغة الأخضـر السريع Fast green لمدة أربعة دقـائق. تغسل الحبوب بتـيار جارى من الماء لإزالة الصـبغة الزائدة . تجفف الحـبوب المصبوغـة بين ورقتى ترشيح، وتترك 24 ساعة. تفحص الحبوب بصريًا وتصنف لخمسة فئات .

ض1: حبوب مكسورة مرت من خلال الغربال.

ض2: حبوب مضارة بشدة بحيث فقدت ثلثها .

ض3: حبـوب حدث بـها ضرر كـبيـر فى غـلاف الحبة وبـها شـقوق مفتوحة.

ض4: حبوب بها ضرر قليل وشقوق شعرية فى غلاف الحبة .

ض5: حبوب غير مضارة تمامًا .

ويتم حساب معامل الضرر على النحو التالى:

$$\text{معامل الضرر} = \frac{\text{ض1 \%} \times 10 + \text{ض2 \%} \times 10 + \text{ض3\%} \times 6 + \text{ض4\%} \times 2 + \text{ض5\%} \times 1}{10}$$

الفصل الثانى

السيطرة على التدهور الحيوى فى الحبوب

Management of Biodegradation

أولا: تحسين الصفات الوراثية Genetic improvement

يمكن تحسين صفات قدرة الحبوب على التخزين دون حدوث تدهور فى صفات الجـودة، أو الحد من ذلك، عن طريق تحسين صفـاتها الوراثية وذلك بتربية وزراعة الأصناف المقاومـة لكل من غزو الفطريات سواء فطريات الحقل أو المخزن، ومقاومـة غزو الحشرات سواء فى الحقل أو المخـزن، وكذا قدرتها تحمل عمليات التداول بدون حدوث أضرار ميكانيكية.

1 - تربية أصناف مقاومة لغزو الفطريات

لاحظ McMullen and Stack , (1999) وجـود اختـلافات نسـبيـة فى مقاومـة بعض أصناف القمح الصلب الأحمر الربيعى أو درجـة تحملها لمرض لفحـة السنابل الفيوزارمى، فـقد أظهرت بعض الأصناف مـقاومة مناسـبة مما جعل هذه الخاصـية تدخل ضمن برنامج تربيـة القمح الربيعى لجامـعة داكوتا الشمالية وغيرها، هناك أصناف فى سبيلها للظهور. لوحظ أيضا وجود درجات من المقاومـة فى القمح الصلب والشعيـر لمرض لفحة السنابل، ولكنهـا كانت بدرجة أقل.

حظى السورجم بعديد من الدراسات عن آليـة المقاومة لغزو الفطريات، وتوريث صفة المقاومة لغزو الفطريات. فقد ربط (Esele et al. 1993) بين لون غلاف الحبة بلون داكن ومقاومتهـا لغزو الفطريات، واعتبر أن وجود التانينات

فى غلاف الحبة الملون عامل رئيسى فى مـقاومة الفطريات. كما أنه وجد أيضا أن الحبـوب ذات غلاف الحـبة الأحمـر تكون أيضا مـقاومة لغـزو الفطريات وعُزيت مقـاومتها إلى احتواء غـلاف الحبة على flavan-4-ols . لكن مقاومة الأنماط الحمراء كانت بدرجة أقل من الحـبوب الداكنة الغلاف، ولا تكون صفة المقاومـة لغزو الفطريات موجـودة فى كل الأنماط ذات غلاف الحبة الأحـمر. ويؤدى تلون غـلاف الحبة بالـلون الداكن واللون الأحمـر معًا إلى مـزيد من المقاومة لغزو الفطريات .

قام Rodríguez-Herrera(1999) بدراسة لتـقدير أربعة بروتينات مـضادة للفطريات فى ثمـانيـة أصناف مقـاومـة من السورجم وثمـانيـة أخرى قـابلة للإصابة، وتم التقدير بعد 40 – 45 يوم من التلقيح. كانت هذ الأصناف قد نتجت من نفس التـهجينات، وقـد وجد أن مسـتويات sormatin, chitinases, وribosomal inactivating proteins كانت أعلى فى الأصناف المقـاومة عنها فى الأصناف القابلة للإصابة. عند إنماء النباتـات فى بيئة تخلو من فطريات العفن ازداد مسـتوى ribosoma inactivating proteins فى الحبـوب القابلة لـلإصابة بالعفن وقل فيهـا مستوى B-1,3-glucanase، بينما كانت مستويات chitinase و,sormatin وribosomal inactivating proteins أعلى فى الأصنـاف المقـاومـة لفطريات العفن عند الإنماء فى بـيئة يوجد بهـا فطريات العفن عنها فى البـيئة الخاليـة من فطريات العـفن، مما يدل على أن وجود فطريات العـفن فى وسط النمـو يكون له تأثيـر على حث زيادة بروتينات مـعينة . يتـضح من ذلك أن تقدير هذه البروتينات يكون بمثابة اختـبار لمدى مقاومة أصناف الذرة لفطريات العفن بصرف النظر عن تلون القصرة .

أجرى Audilakshmi وآخرون سنة 2005 دراسة وراثية على صفة مقاومة حبـوب السورجم البيضـاء للغزو بواسطة فطريات العفن. أجـرى خلال هذه الدراسة تهجـينات بين عدة مصادر وراثية مـختلفة، قابلة للغزو أو مـقاومة،

وجد من هـذه الدراسة أن مقـاومة الحـبوب البـيضاء لفـطريات العفن صـفة محكومة بعديد من الجينات Polygenic.

أجريت دراسة بواسطة Menkir وآخرون (1996) لدراسة خصائص الحبة المصاحبة لصـفة المقاومة لفطريات العفن لتكون وسيلة لتقـييم المصادر الوراثية germplasms. استخدم فى هذه الدراسة مجموعـة كبيرة متنوعة من السورجم *Sorghum bicolor (L.)* وسلالاته جمعت من مصادر مخـتلفة ومناطق جغرافية مختلفـة. اختبرت الصفات الفـيزيائية والكيميائيـة للحبوب، وكذا مقـاومتها للغزو بواسطة فطريات العفن فى الحقل. وقد وجد أن المقاومة لفطريات العفن ترتبط بقوة بوجـود محتوى عـالٍ من الفينولات (apigeninidin, flavan-4-ols, and tannin)، وبصلابة الحبـة وغلاف الحبة. جمـيع هذه الخصائص أدت إلى مقاومـة لغزو فطريات العفن فى أى من مـصادر السورجم ذات غلاف الحـبة الأبيض، أو الأحمر، أو البنى. وقد قـاموا بوضع دليل رقمى يجمع بين هذه الخصـائص التى تؤدى إلى مـقاومـة فطريات العفن، ويسـتخـدم هذا الدليل الرقمى بكـفاءة فى تقيـيم الأنماط الوراثية للسـورجم لقابليـها أو مقـاومتـها لفطريات العفن.

أفادت عـديد من الدراسات أن كلاً مـن صلابة غلاف البـذرة فى فول الصـويا وقدرته على مـقاومـة التحطم ترجع إلى خـصائص تتـضمن نفـاذية الغـلاف الثمـرى. وحجم البـذرة ودرجة نفـاذية غلاف البـذرة كمـا أن هذه الخصائص تكون أيضا مرتبطة بالقدرة على مقاومة الغزو بواسطة الفطريات.

2 - تربية أصناف مقاومة للإصابة بالحشرات

تفيد تربية الأصناف المقاومة فى تقليل الضرر الناتج عن إصابة الحبوب، تعمل بـعض الأصناف على الحد من تعـداد الحشرات باخـتزال خـصوبتـها، ويكون ذلك بنقص قدرة الحشرة على وضـع البيض، أو إطالة فترة التكشف، كـما أنه بالإضـافة لما سـبق قـد تحدث نسـبة عـاليـة من الموت فى الحشـرة

(McFarlane, 1989). وقد لوحظ وجود تباين فى قابلية إصابة حبوب الذرة للإصابة بسوسة الذرة *Sitophilus zeamaiz*. وقد أظهرت الدراسات حدوث نسبة عالية من الموت فى الحشرة واختلاف معنوى فى متوسط فترة التطور على بعض الأنماط الوراثية المختلفة من الذرة ويقترح أن ذلك راجع إلى وجود مواد لها تأثير تضادى على حيوية الحشرة. وفى دراسة لاختبار الاختيار الحر للحشرة لأنماط وراثية مختلفة من الذرة وجد أنها تفضل التغذية على بعض الهجن، وقد أوضح هذا أهمية عدم تفضيل الغذاء على حبوب نمط وراثى معين كآلية للمقاومة .

أجريت دراسات على حبوب القمح اختبرت فيها قابلية أصناف من القمح لمهاجمتها بواسطة تسعة أنواع من الخنافس التى تصيب النواتج الرئيسية للحبوب المخزونة. وقد وجد بوجه العموم أن الحبوب السليمة أقل قابلية للغزو بواسطة الحشرات عن الحبوب المكسورة، واختلفت الحبوب السليمة فى مدى قابليتها للغزو تبعا لصلابة الحبة، بينما لم يلاحظ هناك فارق فى خصوبة الحشرات باختلاف صنف القمح (Sinha et al.1988). وفى دراسة أخرى أجراها Chunni and Singh (1996) لوحظ وجود تباين كبير بين 64 صنف من القمح فى مدى مقاومتها للغزو بواسطة *Sitophlus oryzae*، كما وجد أن القابلية للإصابة ترتبط ارتباطًا موجبا مع حجم الحبوب وترتبط ارتباطًا سلبيًا مع كل من الصلابة ومحتوى الألياف، وكذا محتوى البروتين، بينما لم يظهر محتوى الزيت أى علاقة.

3 - تربية أصناف مقاومة للضرر الميكانيكى.

لتكون زراعة فول الصويا ناجحة فى المناطق الاستوائية فإنه يجب توفر أصناف ذات بذور أقل عرضة لحدوث الضرر الميكانيكى التى تحدث عند الحصاد. تكون تلك البذور أيضا أقل عرضة للضرر الذى يحدث عند زراعتها تحت ظروف يمكن أن تتعرض خلالها لنقص الماء فى التربة نتيجة لارتفاع

درجة الحرارة، كما أن ذلك يؤدى أيضا إلى تقليل فرصة مهاجمتها بواسطة الفطريات المسببة لعفن البذور أثناء الإنبات. وجد (Toledo et al., 1994) فى هذا الشأن أن الأصناف ذات البذور الصغيرة تكون أفضل من الأصناف ذات البذور الكبيرة . أجريت دراسات أخرى زرع فيها عديد من أصناف فول الصويا واختبرت البذور بما يعرف بطريقة البندول (تعتمد هذه الطريقة على تعريض البذور بدفعة من بندول بقوة محددة). صنفت الأصناف من حيث مقاومة البذور للأضرار الميكانيكية إلى مقاومة ومتوسطة المقاومة، وقابلة لحدوث الضرر. وقد وجد أن مقاومة البذور لحدوث الضرر الميكانيكى يرتبط ارتباطا مباشراً بمحتوى القصرة من اللجنين (Alvarez et al. 1997). بناء على ذلك فقد اعتبر أن محتوى القصرة من اللجنين معيار مناسب لاختبار مقاومة البذور للضرر الميكانيكى ومعبراً عن هذه الصفة الوراثية، وقد وجدت بالفعل مصادر وراثية عديدة تفيد فى تربية الأصناف المقاومة للضرر الميكانيكى، وينبغى إجراء اختبارات الأصناف للضرر الميكانيكى بالزراعة فى المناطق الاستوائية.

ثانيا - العمليات الزراعية Cultural practices

وهى عمليات فى غاية الأهمية، فظروف نمو المحصول لها تأثير كبير على قابلية الحبوب والبذور للتخزين والمثال على ذلك الفطر *Aspergillus flavus* الذى يمكن أن يحدث الإصابة فى الذرة والفول السودانى قبل وبعد الحصاد ووجود إصابات عالية قبل الحصاد معناه زيادة كبيرة فى نشاط الفطر بعد الحصاد وزيادة كبيرة فى إنتاج الأفلاتوكسين. وعلى ذلك يجب مراعاة العمليات الزراعية التى تحد من حدوث الإصابات الحقلية ومن أهمها الرى والتسميد. كما يجب مراعاة الظروف البيئية التى تؤثر على النبات فى مرحلة تكشف البذور ونضجها وخاصة المراحل الأخيرة والتى يكون لها تأثير كبير جداً على جودة البذور وقابليتها للتخزين ومثال ذلك إيقاف الرى قبل الحصاد

بوقت مناسب. مراعاة الحد من حدوث الإصابة بفطريات الحقل قبل الحصاد؛ إذ أن ذلك يؤدى إلى زيادة معدل التدهور بعد التخزين، فبرغم أن هذه الفطريات ليس لها دور كبير فى التدهور إلا أن حدوث الإصابة بها يسهل حدوث الإصابة بفطريات المخزن بدرجة كبيرة جدًا. يجب أن يتم الحصاد بعد تمام نضج المحصول وتراعى علامات نضج المحصول أو يتم تقدير الرطوبة فى الحبوب قبل الحصاد والتأكد أنها قد بلغت الحد المناسب. وأخيرًا فإنه ينبغى تجنب إحداث أضرار ميكانيكية أثناء الحصاد وذلك بضبط آلات الحصاد بحيث لا تحدث أضرارًا ميكانيكية، وكذا مراعاة عدم إحداث إضرار ميكانيكية أثناء النقل والتداول.

ثالثا - اتخاذ الإجراءات الصحية

يهدف اتباع الإجراءات الصحية إلى حماية الحبوب المخزنة من حدوث الإصابات الحشرية الأولية ومن التلوث بالفطريات، وكذا مما يجذب القوارض والطيور نحو منطقة التخزين، يجب اتباع الآتى:

* تنظيف المنطقة المحيطة بالمخازن من الحبوب المنسكبة، حيث إنها تكون البداية لجذب القوارض والطيور.
* تنظيف أرضيات الصوامع وجدرانها وفتحات التهوية وأجهزة دفع الهواء وأنابيب نقل الهواء عقب كل فترة تخزينية إذ تبدأ الإصابة بالحشرات، غالبًا من تلك الموجودة فى بقايا الحبوب فى المخازن والصوامع والمجففات.
* إجراء معاملة كيماوية لآت الحصاد الآلى والتذرية بإحدى المواد المنصوح بها للتخلص من أى متبقيات بها إصابة حشرية.
* يجب فحص الحبوب مرة واحدة أسبوعيا على الأقل لاتخاذ اللازم نحو ظهور أى إصابة حشرية أو دلائل على نشاط الفطريات لذا

يجب عدم ملء الصوامع حتى نهايتـها بل يجب ترك مسافة 6 أقدام على الأقل دون سطح حائط الصومعة، حتى يمكن إجراء الفحص، الذى يتضـمن فحص وجـود حشـرات حية أو تـكتلات عنكبـوتية للحبوب أو وجود رائحة تدل على نشاط الفطريات.

رابعا - تجفيف وتهوية الحبوب

الرطوبة هى الـعـامل الرئيـسى المؤثر علـى حـدوث التـدهور، ولو تم التخزين عند حـد الرطوبة الآمن بالنسبة للسلعة فإن ذلك يطيل فـترة التخزين بدرجة كـبيرة. لذا فإن تجـفيف الحبوب والبـذور قبل تخزينهـا هو أهم عامل يضـمن عدم حـدوث التدهور، ويوضح جـدول (4 - 3) المحتـوى الرطوبى اللازم لتخزيـن آمن لبعض الحبوب والبـذور الرئيسية . و فيـما يلى أهم طرق تجفيف الحبوب والبذور .

جدول (4 - 3) الحد الرطوبى الأقصى المسموح به للتخزين القصير والطويل لبعض الحبوب والبذور الرئيسية

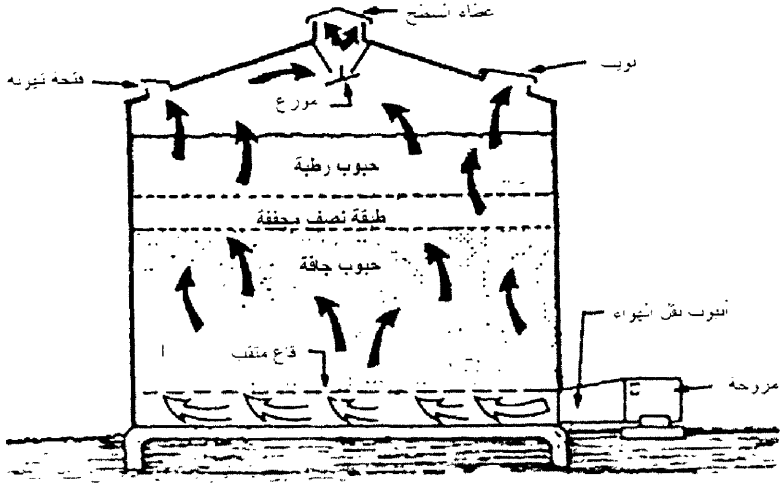
الحبوب و البذور	الحد الأقصى للمحتوى الرطوبى %	
	تخزين قصير سنةواحدة	تخزين طويل 5 سنوات
القمح	14-13	12 - 11
الذرة	13	11
الشعير	13	11
الأرز	14	-
فول الصويا	11	10

الطرق المختلفة لتجفيف الحبوب

1 - التهوية (التجفيف بالهواء الجوى)

يحدث فى الصوامع المغلقة انتقال بخار الماء مع تيارات الحمل من المناطق ذات الحرارة المرتفعة إلى المناطق ذات الحرارة المنخفضة. ويترتب على ذلك انتقال كل من الحرارة والرطوبة معًا من المناطق ذات الحرارة المرتفعة من الصومعة فيحدث تكثيف لبخار الماء على حبوب المنطقة منخفضة الحرارة، هو ما يعرف بهجرة الرطوبة . وقد وجد عند تخزين عينة من فول الصويا بمحتوى رطوبى 12 - 13٪ فى صومعة سعة 70 م3 وجد أنه بعد 3 أشهر فقط من التخزين ارتفع المحتوى الرطوبى فى مركز الصومعة قرب السطح إلى 16 - 17٪ ووصل فى نهاية الشتاء التالى إلى 24٪. لذا ينبغى إجراء التهوية فى الصوامع لإعادة توزيع الرطوبة داخل الصومعة وخاصة فى فترات تبديل الفصول (الربيع والخريف). ويتم ذلك بدفع تيار من الهواء العادى ويكون عادة بمعدل 0.1 - 0.5 قدم مكعب/ دقيقة/ بوشل من الحبوب. وبإجراء المعاملة يقل نشاط الفطريات والحشرات ولا تحدث هجرة للرطوبة. ويستعمل الهواء العادى فى نفس خلية التخزين بدلاً من نقل الحبوب من خلية إلى أخرى مما يعرضها للضرر أثناء ذلك كما أنه يوفر الوقت والمال. ويستخدم التجفيف بالهواء العادى كمرحلة أولى قبل التجفيف بالهواء الساخن فى حالة الذرة المرتفعة الرطوبة إلا أنه قد يستعمل بمعدلات أعلى (1/2 - 4 قدم مكعب / دقيقة / بوشل) ويظهر التعفن الفطرى فى الذرة إذا كانت رطوبتها مرتفعة جداً وإذا لم يتم إيقافها بتيار قوى كاف من الهواء.

وتكون هناك مشاكل عند إجراء معاملة التهوية إذا كان الجو حاراً رطبًا، وكذلك إذا كانت نسبة الشوائب مرتفعة فى الحبوب مما يقلل كفاءة المعاملة. لذا يجب معرفة تسجيلات درجة الحرارة والرطوبة قبل إجراء المعاملة إلا أن التغيرات التى تحدث فى الطقس قد تشكل خطراً خاصة وأن المعاملة تستمر



شكل (4 - 5) تجفيف الحبوب بدفع هواء على درجة حرارة الجو.

وقتًا طويلاً. ويؤدى إمرار تيار الهواء من أسفل الخلية فى جو بارد إلى حدوث تكثيف على الحبوب الموجودة فى قمة الخلية مما يشجع نمو الفطريات فى تلك المنطقة. وبناءً على ذلك يفضل أحيانًا إجراء العملية بسحب الهواء من أعلى إلى أسفل خلال الحبوب. ويفيد فتح فتحات التهوية العلوية للصومعة فى تقليل حدوث التكثيف فى حالة دفع التيار الهوائى من أسفل. يتميز التجفيف بالهواء الجوى العادى بأنه لا يحتاج إلى مصدر طاقة كبير كما أنه يحافظ على جودة الحبوب إذ لا تحدث تشققات بغلاف الحبة أو القصرة . يعتبر التجفيف بالهواء العادى عمليًا جدًا إذا كانت رطوبة الحبوب لا تتعدى محتوى رطوبى 20 - 21٪.

وقد يتبع نظام التجفيف فى طبقات Layer Drying وهو نوع من التجفيف باستخدام الهواء على درجة حرارة الجو، يتبع إذا ما كان المحتوى الرطوبى للحبوب مرتفعًا. وفى هذه الحالة يتم وضع طبقة من الحبوب بسمك 4 - 5 قدم ويتم تجفيفها أولا، ثم تضاف طبقات أخرى بنفس السمك دوريا،

مجرد نحفاض الرطوبة فى الطبقة التى تسبقها إلى حد ملائم. يؤدى ذلك إلى كفاءة عمل المرواح وسهولة انسياب الهواء داخل كتلة الحبوب ومن ثم قدرته على حمل بخار الماء.

2 - التهوية بالهواء المختلط بالأوزون

استخدم تيار من الهواء المختلط بالأوزون بتركيز 700 جزء/ بليون فى تجفيف حبوب قمح، مقارنة بالهواء الجوى العادى. وقد كان المحتوى الرطوبى 23.2٪، وكانت التهوية تتم لمدة 8 ساعات يوميا حتى يصل المحتوى الرطوبى إلى 14٪. وقد وجد أن معاملة التهوية بالهواء المختلط بالأوزون أدت إلى اختزال الفترة اللازمة التجفيف بمقدار 20٪. كما أدت المعاملة إلى انخفاض مستوى تلوث سطح الحبوب بعد المعاملة بنحو 70٪. إضافة إلى ما سبق فإن المعاملة بالأوزون أدت إلى تغير فى أنواع الفطريات السائدة على سطح الحبوب فقد أدت العاملة إلى تثبيط أنواع *Myrothecium Geotrichum, Fusarium,* وفطريات أخرى، بينما استمر نشاط أنواع *Penicillium and Aspergillus* مثل *Penicillium verrucosum, P. cyclopium, A. clavatus, Aspergillus niger* وثبطت المعاملة أنواع *Alternaria alternata* و*Mucor* بدرجة معنوية، وعلى العكس فقد أدت العاملة إلى ازدياد نشاط *Cladosporium cladosporioides* زيادة معنوية.

يؤدى اتباع طريقة تهوية الحبوب بالهواء المختلط بالأوزون إلى تجفيف الحبوب وتوفير الطاقة التى يمكن أن تستخدم فى حالة إجراء التجفيف بالهواء الساخن. يرجع ذلك إلى قدرة الهواء المختلط بالأوزون على حمل بخار الماء بكفاءة تزيد بمقدار 10٪ عن الهواء الجوى العادى، إضافة إلى أن استخدام الهواء المختلط بالأوزون فى تجفيف الحبوب يعمل على تثبيط فطريات المخزن، ويعمل على نزع سمية بعض التوكسينات، وإزالة الروائح التى تنتج بواسطة الفطريات والحشرات وذلك لأكسدتها.

يمكن توليد الأوزون بسهولة بالتفريغ الكهربى، وتبلغ فترة نصف الحياة لجزىء الأوزون 20 – 50 دقيقة. يتفوق استخدام الأوزون فى حفظ الحبوب على كافة الوسائل الكيماوية الأخرى التى تستخدم لنفس الغرض، فالأوزون ليس له تأثير ضار على القائمين بالعمل، ولا يترك أى متبقيات ضارة بصحة المستهلك، كما أنه ليس له مخلفات ضارة بالبيئة، إذ أنه يتحلل لينتج جزىء أوكسين. وقد وافقت وكالة حماية البيئة الأميريكية على استخدام الأوزون فى معاملة الحبوب وتعرفه بأنه "هواء نقى" وتعتبر أن وجوده فى مكان العمل بتركيز 0.1 جزء/مليون مسموح به، وكذا إذا بلغ التركيز 0.3 جزىء/مليون لفترة قصيرة.

3 - التجفيف بالحرارة الهينة Low Heat Drying

تعتبر عملية التجفيف بالحرارة ضرورية لتبخير الرطوبة الزائدة من الحبوب ويلزم لذلك تدفق الهواء لحمل الرطوبة المتبخرة. تتضمن عملية التجفيف آليتين أساسيتين، هما هجرة الرطوبة من داخل الحبة إلى السطح ثم حمل بخار الماء من على السطح إلى الجو المحيط. يتحدد معدل التجفيف بالمحتوى الرطوبى للحبوب والرطوبة النسبية ودرجة الحرارة للهواء المستخدم فى التجفيف وسرعته.

يتضمن التجفيف بالحرارة الهينة تحسينًا لنظام التجفيف بالهواء العادى حيث يجرى التجفيف فى هذه الطريقة عند درجات حرارة تزيد بمعدل 5.1 – 5.5م عن درجة حرارة الهواء الجوى، ومن ثم يكون أكثر قدرة على حمل بخار الماء. وبذلك يمكن إجراء العملية بسرعة. ويفيد استخدامه فى المناطق التى ترتفع فيها الرطوبة الجوية. أما المناطق الجافة فلا يعطى فيها التجفيف بالحرارة الهينة أية ميزة. وكما هو الحال فى الطريقة السابقة تتوقف كفاءة عملية التجفيف على سمك طبقة الحبوب وعلى قوة وكفاءة المروحة فى إعطاء التيار الهوائى وجودة توزيعه ويفيد استخدام هذه الطريقة إذا كانت رطوبة

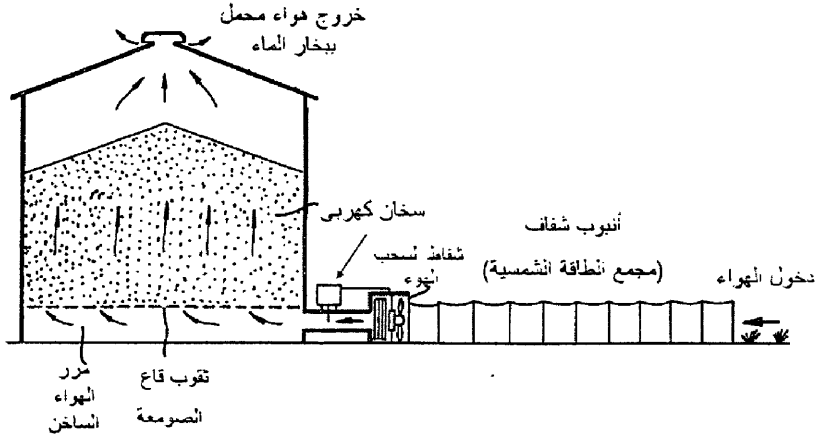
الحبوب 23 - 24٪. وإذا وضعت الحبوب فى الخلية بطريقة الطبقات المتتالية فإنه يمكن اتباع هذه الطريقة لتجفيف حبوب أعلى قليلاً من 24٪، وتتبع طريقة الإضافات المتتالية لتقليل معدل حدوث التدهور فى الطبقات العليا حيث تظل رطوبتها مرتفعة فترة أطول كما أنها تكون أدفأ من باقى الخلية. وقد وجد أن الفطريات التى مارست نشاطًا خلال إتمام العملية هى الفطريات التى تتطلب حرارة منخفضة نسبيًا ورطوبة عالية *Penicillium spp.* (و*Alternaria spp.* و*Gibberella zeae* كما سجل وجود كل من توكسينات Ochratoxin و Zearalenone.

4 - التجفيف الشمسى Solar Drying

كان التجفيف الشمسى متبعا منذ سنين طويلة للتخلص من الرطوبة الزائدة فى الحبوب، وربما مازال يستخدم فى بعض الدول الاستوائية. وقد كان ذلك يتم بتشميس كيزان الذرة أو سنابل الحبوب الأخرى فى الحقل لفترة قبل استخراج الحبوب منها، أو ترك الحبوب ذاتها لفترة قبل إيداعها المخازن. وكانت تلك الطريقة تعرض الحبوب لحدوث خسائر نتيجة لمهاجمة الطيور والقوارض وغير ذلك. لذا كان لابد من إيجاد أساليب حديثة تجعلنا نستفيد من الطاقة الشمسية فى عملية تجفيف الحبوب، دون حدوث فاقد، فضلاً عن توفير نفقات استخدام الوقود وما يسببه من تلوث للبيئة.

يتضمن ما يشع من الشمس إلى سطح الأرض موجات قصيرة، وإشعاع شمسى، وطاقة شمسية. تلك الإشعاعات الكلية، منها ما يمر ليصل لسطح الأرض، ومنها ما يتبعثر فى محيط الأرض، ومنها ما ينعكس من على الأسطح المحيطة. للحصول على أكبر قدر من الطاقة الشمسية لاستخدامها فى تجفيف الحبوب خلال فترة زمنية مناسبة فقد ابتكرت نظم لتجميع الطاقة الشمسية. تعتمد هذه النظم فى مجملها على استقبال الإشعاع الشمسى من خلال سطح شفاف يحتجز تلك الأشعة فيعمل على تسخين مجمع الطاقة

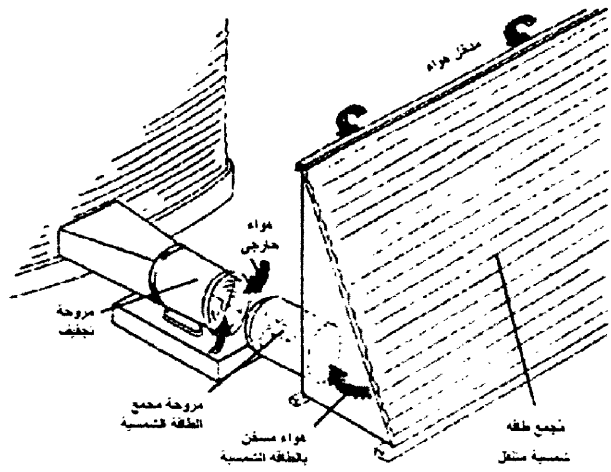
الشمسية، وقد يكون مجمع الطاقة الشمسية عبارة عن قناة شفافة مصنوعة من الصوف الزجـاجى، وبداخلها أنبوب مـدهون باللون الأسود يمـر من خلاله الهواء. عقب ذلك يمر الهواء المسخن بالطاقة الشمسية إلى كتلة الحبوب شكل (4 - 6).



شكل (4 - 6) التجفيف باستخدام الطاقة الشمسية

وقد يكون مجمع الطاقة الشمـسية من النوع النقال، ويتركب هذا النوع من مسطح خارجـى مصنوع من الصوف الزجاجى الشـفاف، ثم فراغ داخلى يتبعه مـسطح داخلى مدهون باللون الأسود لامتصاص الطاقة الشـمسية. يتم سحـب الهواء المسـخن من خلال مـروحة الشـفط الخاصة بـالصومعـة المراد معاملتها. ويتميز هذا النوع بخفض النفقات، حيث إن مجمع الطاقة الشمسية يخدم العديد من الصوب (شكل 4-7).

وقد تكون الصومـعة نفسها مـزودة بمجمع للطاقة الشمـسية فى النصف المتجـه للجنوب منهـا. ويتركب هذا النوع من مـسطح خارجى مـصنوع من الصوف الزجاجى الشفاف، ثم فراغ داخلى يتـبعة جدار الصومعة الذى يكون

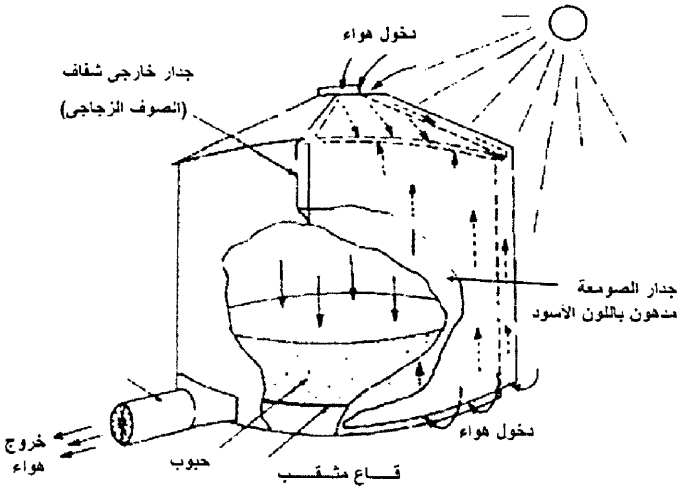


شكل(4 – 7) مُجمع طاقة شمسية مسطح نقال

مدهونًا باللون الأسود لامتصاص الطاقة الشمسية. يتم سحب الهواء المسخن من خلال مروحة الشفط الموجودة فى الجزء السفلى من الصومعة، فيحل محله هواء المسخن الموجود فى منطقة تجميع الطاقة الشمسية، ومن ثم يتم سحب هواء من الخارج على منطقة تجميع الطاقة الشمسية. يعاب على هذا النوع أنه مكلف، إلا أنه يستخدم فى مناطق الشمال مثل كندا، حيث يكون الاحتياج إليه لفترات طويلة (شكل 4-8).

يجب مراعاة الآتى عند استخدام نظام التجفيف الشمسى:

* يستخدم هذا النظام لتجفيف الحبوب التى تتراوح محتواها الرطوبى بين 22 – 24 ٪، أما إذا كانت الحبوب ذات محتوى رطوبى أعلى من ذلك فيجب أن يجرى لها تجفيف سريع أولا.
* يفضل أن يكون التجفيف مستمرًا حتى يصل المحتوى الرطوبى فى الصومعة إلى 15٪، وأن يجرى التجفيف على فترات متقطعة من النهار لخفض المحتوى الرطوبى إلى أقل من 15٪.



شكل (4 - 8) مقطع لجانب مزدوج الجدار من صومعة لاصطياد الطاقة الشمسية

* إذا حل شهر ديسمبر وكانت الحبوب رطبة، لكنها كانت دون 18٪ فيجب أن تجرى لها تهوية متقطعة، حتى لا تتكون بؤر ساخنة. ويمكن استئناف التجفيف الشمسى فى الربيع التالى، حيث يكون الإشعاع الشمسى متاحًا.

* مداومة تهوية مُجمع الطاقة الشمسية خلال أشهر الصيف، حتى لا تتجمع الحرارة وتسبب تلف الأغطية الشفافة المصنوعة من الصوف الزجاجى.

* يجب الحرص على معالجة أى تشققات تحدث فى مجمع الطاقة الشمسية أو قنوات التوصيل، بالدفع أو السحب. فإذا كان بنظام السحب فإن الشقوق تؤدى إلى اختزال الحرارة، إذ لا تعمل على سحب كل الطاقة الحرارية المتجمعة، وإذا كان بالدفع فإن أى هواء يتسرب من النظام يعنى فقدان الطاقة، لذا يفضل اتباع نظام سحب الهواء من مجمع الحرارة إلى الصومعة.

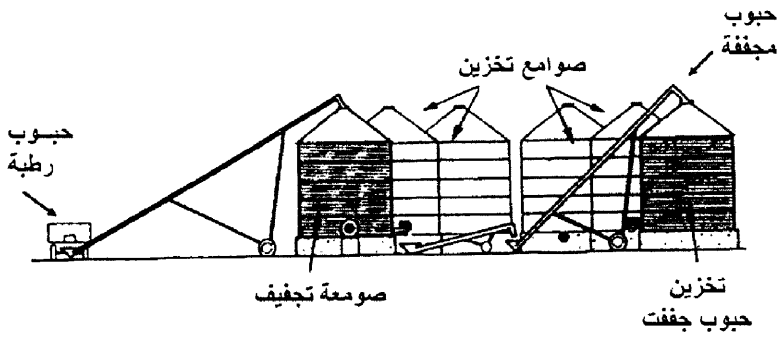
* عزل قنوات توزيع الهواء الساخن، منعا لفقدان الحرارة إلى الهواء أو إلى الأرض، ويتم ذلك باستخدام مادة عازلة بسمك بوصة واحدة.

* تغطية فتحة دخول الهواء بشبكة قوية من الصلب، لمنع دخول الطيور والقوارض.

5 - التجفيف السريع بالحرارة المرتفعة

High-speed, high-temperature drying

هو نوع من التجفيف يستخدم فى حالة الحبوب التى تزيد رطوبتها عن 24٪، وهو يجرى فى صوامع مخصصة لإجراء المعاملة ثم يتم نقل الحبوب إلى صومعة التخزين. وبهذه الطريقة يمكن استخدام صومعة التجفيف السريع بالحرارة المرتفعة لتجفيف حبوب عديد من الصوامع ثم استخدامها للتخزين بعد إنهاء عمليات التجفيف. تجرى عملية التجفيف بوضع الحبوب فى الصومعة بعمق 3 - 4 قدم ويمرر عليها هواء وبمعدل 15 قدم مكعب فى الدقيقة لكل بوشل من الحبوب، ودرجة حرارته 50 - 70° س، يبدأ الجفاف من الحبوب الموجودة فى القاع ويتقدم إلى الحبوب الأعلى. يحدث جفاف زائد فى حبوب القاع بينما تكون حبوب السطح مازالت رطبة. يعقب ذلك نقل الحبوب إلى صومعة التخزين، وفى أثناء النقل تختلط الحبوب التامة الجفاف مع تلك التى مازالت رطبة بعض الشىء. بإمرار تيار من الهواء على درجة الجو يتم تبريد الحبوب مع سحب الرطوبة التى يتم تبخرها من الحبوب بمساعدة الحرارة الكامنة. يعاب على هذا النوع من التجفيف احتمال وجود تباين فى المحتوى الرطوبى للحبوب، كما أن الحبوب المعاملة يمكن أن تتعرض للضرر الميكانيكى.



شكل (4 - 9) التجفيف السريع بالحرارة المرتفعة

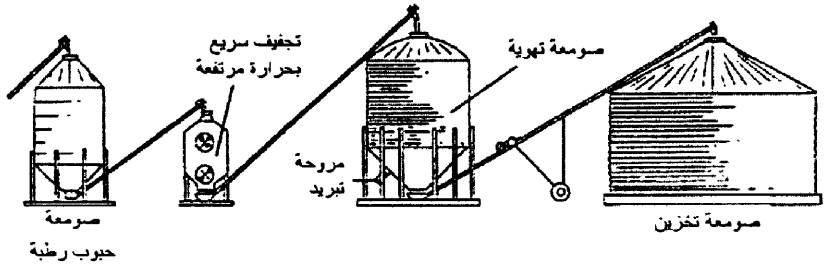
تتبع هذه الطريقة فى الولايات المتحدة بنجاح فى تجفيف الذرة لكفاءتها وسرعتها بحيث يصبح الذرة ملائمًا بسرعة للانتقال إلى القنوات التجارية. وموت الحبوب نتيجة لتعرضها للحرارة العالية يقلل هيجروسكوبيتها وبالتالى فى الاتزان مع الرطوبة النسبية المحيطة عنه فى حالة الحبوب التى تجفف فى درجات حرارة منخفضة .لذا فإنه من المنصوح به تجفيف الذرة القرنية على درجة حرارة 83مْ حيث إنه يمكن تخزينها بمحتوى رطوبى يزيد بمقدار 0.5 - 1٪ عن المجففة بدرجات الحرارة الأقل ويؤدى التجفيف على درجات حرارة مرتفعة إلى زيادة معدل قابلية الحبوب للتكسير ويرجع ذلك إلى زيادة معدل تشققات التوتر. وتتجمع الدقائق الناتجة عن تكسير الحبوب خاصة فى أماكن دخول الهواء الساخن مسببة عدم انتظام الهواء الساخن بالإضافة إلى تقليل معدل سريانه والدقائق الناتجة هيجرسكوبية بدرجة كبيرة وبالتالى تكون وسطًا يلائم بشدة نمو الفطريات. وبذلك فهى تحتوى من جراثيم الفطريات ستة إلى سبعة أصناف ما يوجد مصاحبًا للحبوب نفسها.

وقد أدى تطور المجففات مثل التجفيف المتزامن Concurrent dryness بالإضافة على تقليل درجة الحرارة إلى تحسين الصفات الطبيعية للحبوب، وكذلك إلى تقليل الاحتياجات من الطاقة، ففى Concurrent dryers تكون

درجة حرارة الحبوب أقل وتوزيع الحراة أفضل من التجفيف التقليدى بسحب الهواء Convential cross flow dryer. ويعطى ارتفاع حرارة التجفيف كفاءة أعلى فى أجزاء العملية إلا أنه لا يمكن التضحية بجودة الحبوب فى سبيل ذلك. تكون إزالة الرطوبة من الحبوب أكفأ كلما زاد محتواها الرطوبى ويكون استعمال الحرارة العالية مع حبوب محتواها الرطوبى أقل من 19٪ اقل كفاءة بالإضافة إلى تعرض الحبوب لتشققات التوتر ويؤثر كل من زمن التجفيف ودرجة الحرارة على معدل حدوث تشققات التوتر.

6 - التجفيف والتهوية Dryaeriation

تعتبر هذه الطريقة تطويراً لطريقة التجفيف السريع بالحرارة المرتفعة وقد ابتكرها Foster سنة 1964. تجرى عملية التجفيف بالتهوية ثم ترفع الحبوب من صومعة معاملة بالحرارة المرتفعة، وهى عند محتوى رطوبى يزيد بمقدار 1 - 2٪ عن الحد المرغوب فيه، وتنقل إلى صومعة تهوية. تترك الحبوب فى صومعة التهوية لمدة 6 ساعات دون تشغيل المروحة حتى تهدأ حرارتها ويحدث تجانس فى المحتوى الرطوبى للحبوب. بعدما تهدأ حرارة الحبوب تشغل المروحة، وفى نفس الوقت تضاف طبقة أخرى من الحبوب الساخنة. تتم عملية التجفيف تماما بعد مرور 6 ساعات من إضافة آخر طبقة من الحبوب الساخنة. يعمل تيار الهواء البارد على إزالة 1 - 2٪ من الرطوبة قبل النقل إلى صوامع التخزين المستديم. يعمل هذا النظام على تحسين حالة الحبوب، إذ أن فترة تهدئة الحرارة والتى يعقبها فترة تبريد تعمل على إبطاء عملية التجفيف. تتميز هذه الطريقة بزيادة كفاءة عملية التجفيف وبتوفير الطاقة، ويعاب عليها كثرة تداول الحبوب (شكل 4-10).



شكل (4 – 10) الجفيف والتهوية Dryaeriation

خامسًا - المعاملة بالغازات (التدخين)

عند ظهور إصابة حشرية فى إحدى الصوامع فلا يوجد فى هذه الحالة سوى خيارين: **الخيار الأول** هو نقل الحبوب من صومعة لأخرى ومعاملتها بأحد الكيماويات المسموح بها أثناء عملية النقل، تعتبر هذه الطريقة مكلفة وتتطلب وجود صومعة خالية للتفريغ، وفى حالة عدم كفاءة المعاملة فإن هذه الطريقة تعمل على توزيع الحشرات فى كتلة الحبوب.

الخيار الثانى هو إجراء عملية التدخين فى نفس الصومعة وهى معاملة فعالة وقليلة التكاليف. ويستخدم الفوسفين عادة فى تدخين الحبوب. تتخلل المدخنات الحبوب وتقتل الحشرات الموجودة على وداخل الحبوب. كما أنها تصل إلى الحشرات الموجودة فى الأخاديد والشقوق. يؤخذ على المدخنات أنها سامة جداً للإنسان والحيوان، لذلك لابد من أن يجرى بواسطة أفراد حاصلين على ترخيص بممارسة عملية التدخين ومدربين جيدا. كما أن إجراء التدخين يتطلب توافر الأجهزة اللازمة، ولا تعطى المعاملة أى تأثير وقائى. يجب أن يجرى التدخين فى حالة الوصول إلى حد الضرر فقط. للمعاملة بالفوسفين تستخدم عادة أقراص من مادة تمتص بخار الماء فينطلق منها الغاز. والمادتان المستخدمتان هما:

1 - فوسفيد الألومينيوم Aluminum phosphide ويباع تحت اسم تجارى فوستوكسين Phostoxin، ويوجد منه مستحضران أحدهما فى صورة أقراص مستديرة والآخر مغلفات شبه كروية، تتركب من 56٪ فوسفيد ألومينيوم، 26٪ كربونات أمونيوم، 3٪ بارافين، والباقى (18٪) مادة خاملة. يصل الفوسفين إلى أعلى تركيز بعد 48 - 72ساعة فى حلة الأقراص، وبعد 12 - 48 ساعة فى حالة المغلفات وذلك لكبر مساحة سطحها. يتخلف عن المعاملة بالأقراص والمغلفات 1.5 و1.2٪ من فوسفات الألومينيوم تبقى فى الأتربة.

2 - فوسفيد المغنيسيوم Magnisium phosphide ويباع تجاريا تحت اسم الماجتوكسين Magtoxin، ويوجد منه أيضا مستحضران أحدهما فى صورة أقراص مستديرة والآخر مغلفات شبه كروية، ويشبه فى مكوناته الفوستوكسين مع استبدال فوسفيد الألومينيوم بفوسفيد المغنيسيوم. يتحلل فوسفيد المغنيسيوم بنسبة 99.9٪ ولا يتبقى منه سوى0.1٪ لمخلفات فى التربة.

إجراء المعاملة

تجرى معاملة الحبوب الموجودة فى الصوامع إما بإضافة الأقراص أثناء عملية نقل الحبوب من صومعة لأخرى، أو بإدخال الأقراص داخل كتلة الحبوب فى نفس الصومعة باستخدام أنبوبة معدنية قطرها 3 سنتيمترات وطولها 3 أمتار من أعلى سطح الحبوب. ويتم ذلك بتحديد عدة نقاط موزعة بانتظام على سطح الحبوب لدفع الأنبوبة إليها، ويتم دفع الأنبوبة فى كل منها حتى نهايتها وتوضع الأقراص بالتتابع على أعماق مختلفة أثناء سحب الأنبوبة لأعلى. تجرى المعاملة بمعدل 2 - 5 أقراص أو 4 - 12 من المغلفات لكل طن

من الحبوب وذلك فى الصوامع الخرسانية والمعدنية المحكمة الغلق، وذلك تبعًا لدرجة الحرارة والرطوبة النسبية، يزن القرص أو المغلف 3 جرام.

تجرى معاملة الحبوب المعبأة فى الأجولة والمخزنة داخل مخازن بوضع الجرعة المناسبة من الأقراص بين الأجولة، ثم تغطية صفوف الأجولة جيدا برقائق البلاستيك حتى الأرضية الخرسانية، وتوضع شكاير مملوءة بالرمل على البلاستيك، حول كتلة الأجولة لإحكام غلق الوسط. تجرى المعاملة بجرعة قدرها 2جرام/ متر3 من حجم الأجولة.

يتطلب انطلاق الغاز من هذه الأقراص مرور يومين، وتزيد عن ذلك فى حالة انخفاض درجة الحرارة وجفاف الجو، ثم ينتشر الغاز فى كتلة الحبوب وهو ينتشر خلال يوم فى كتلة من الحبوب زنة 100 طن. يقضى التدخين بالفوسفين فى جو غير محكم الغلق على الحشرات الكاملة فقط، يلزم للقضاء على جميع أطوار الحشرات أن يكون جو المعاملة محكم الغلق بحيث لا يقل تركيز الفوسفين عن 500 جزء/ مليون لمدة 7 أيام إذا كانت درجة الحرارة أكثر من 25 °س، و10أيام إذا كانت درجة الحرارة 15-25 °س.

يجب مرور5 أيام قبل إخراج الحبوب للاستخدام وذلك بتهويتها للتخلص من آثار الفوسفين، ويمكن تهويتها بدفع الهواء خلال الحبوب لمدة 24 ساعة. وقد وضعت كل من منظمة الصحة العالمية ومنظمة الأغذية والزراعة حدا أقصى لوجود متبقيات الغاز فى الحبوب وهى ألا يتعدى 0.1 جزء/ مليون.

يجب مراعاة الآتى عند إجراء المعاملة بالفوسفين:

* أن يحرص على ارتداء القناع الواقى من الغاز على الوجه بالكامل، أثناء إجراء المعاملة وأثناء سحب الحبوب من الصومعة، مع مراعاة أن تكون علبة المرشح من النوع الذى يستخدم فى حالة الفوسفين، مع تغييرها من حين لآخر، ولا يكون القناع الواقى من الغاز فعالا

فى حالة التركيزات العالية وخاصة داخل الأبنية، فإذا بلغ التركيز 2٪ من الهواء فإن المرشح لا يعطى أكسجين.

* أن يكون العمل مع شخص آخر على الأقل.

* أن يحرص على ارتداء قفازين من القطن أو مادة منفذة، وأن يحرص على تهوية القفازات المستعملة قبل ارتدائها مرة أخرى.

* أن يحرص على ارتداء رداء واقٍ يغطى ملابسه وخوذة على رأسه.

* إذا شعر أحد من العاملين بأعراض ضرر الغاز فيجب أن يخرج فورا إلى مكان متجدد الهواء ويستدعى الطبيب، وأعراض التسمم بالغاز هى الشعور بالدوار والقىء، وزغللة البصر والشعور بآلام فى البطن.

* عدم استنشاق الغاز، والحد المسموح به لوجود الغاز فى الوسط المحيط هو 0.3 جزء/ مليون ويجب التأكد من ذلك باستخدام أنابيب تقدير الغاز أو جهاز تقدير الغاز.

* يتم غلق المخزن أو الصومعة التى عوملت وتوضع عليها وعلى المنطقة المحيطة لافتات تحذر من وجود غاز سام.

* أن يكون القائم بالعمل مظاهراً لاتجاه الهواء أثناء إجراء المعاملة.

* يجب عدم إجراء المعاملة فى وقت اشتداد الرياح.

شكل (4 – 11) معاملة الحبوب بأقراص مطلقة للفوسفين

* يلاحظ أن الفوسفين يتفاعل مع بعض المعادن خاصةً النحاس والبرونز ويسبب تآكلها فى درجات الحرارة والرطوبة المرتفعة لذلك يجب إزالة أو حماية الأجهزة التى تحتوى على هذه المواد مثل المحركات الكهربية والكابلات وأنظمة القياس الإلكترونية.

3 - معاملة الحبوب بالأوزون

أتت فكرة معاملة الحبوب بالأوزون للقضاء على الحشرات، بعد أن لاحظت إحدى الشركات التى تقوم بتطهير هواء المستشفيات أن المعاملة أدت إلى عدم ظهور الصراصير، ويعتبر خلو مبنى كبير من الصراصير أمرًا غير عادى، لذا فقد اختبر تأثير الجرعات المختلفة من الأوزون على الآفات الحشرية المصاحبة للذرة. وقد أدت معاملة الذرة بالأوزون بتركيز 50 جزء/مليون إلى موت 92 - 100٪ من الأطوار الكاملة لكل من خنفساء الدقيق الحمراء *Tribolium castaneum*، سوسة الذرة *Sitophilus zeamais*، والأطوار اليرقية لفراشة الجريش الهندية *Plodia interpunctella*، ولم تؤثر المعاملة على الأطوار اليرقية للسوس إذ أنها لا تكون مختبئة داخل الحبوب، ولا يستطيع الأوزون أن يتخلل إلى داخل الحبة للقضاء عليها مثل المدخنات الأخرى.

أجريت دراسة لتقييم فعالية تدخين الذرة المخزن بالأوزون، وقد تم ذلك بمعاملة 9.8 طن بالأوزون بتركيز 50 جزء فى المليون لمدة ثلاثة أيام. أدت المعاملة إلى اختزال مستوى تلوث سطح حبوب الذرة بالفطر *Aspergillus parasiticus* بمقدار 63٪، وموت 29 - 100 من الحشرات الكاملة لخنفساء الدقيق *Tribolium castaneum*وسوسة الذرة *Sitophilus zeamais* وموت يرقات *Plodia interpunctella* بنسبة 63٪. باختبار تأثير الأوزون على كل من الفطرين *Aspergillus flavus*، *Fusarium moniliforme* على بيئة الأجار وجد أنه ثبط النمو الميسيليومى والتجرثم مقارنة بغير المعامل خلال اليومين الأولين. بينما

كان معدل النمو الميسيليومى والتجرثم خلال الأيام الثلاثة التالية، موازيًا لغير المعامل. وقد وجد أيضا أن تعريض مزرعة *Aspergillus flavus* للأوزون أدى إلى اختزال تكوين الأفلاتوكسين بنسبة 97٪. أثبتت دراسات أن تعرض الفطر *Aspergillus flavus* لغاز الأوزون بتركيز 5 جزء/ بليون أدى إلى تثبيط النمو، كما أدى إلى نزع سمية الأفلاتوكسين فى الحبوب.

أجريت دراسة لمكافحة الحشرات والفطريات فى حبوب أرز باستخدام الأوزون بتركيز 100 - 120جزء/ مليون، وتمت الدراسة فى حيز محدد من المخزن. وقد أوضحت النتائج أن المعاملة أدت إلى حدوث موت بنسبة 100٪ لحشرة *Sitophilus zeamais* بعد ثلاثة أيام من بدء المعاملة، وموت بنسبة 100٪ لحشرة *Phizopertha dominica* بعد ستة أيام، ولحشرة *Tribolium ferrugineum* بعد عشرة أيام. أما عن التأثير على الفطريات فقد انخفض العدد الكلى للوحدات المكونة لمستعمرات فطرية/ جرام بعد خمسة أيام من المعاملة من 3000 إلى 45 فقط وانحصرت تلك الفطريات الموجودة فى جنسين فقط هما *Aspergillus* و*Penicillium*. وقد انخفض تعداد *A.flavus* و*A.glaucus* و*A.candidus* و*A.niger* بنسب تتراوح بين 60 - 77٪. وقد انخفض المحتوى الرطوبى للحبوب فى أعلى ووسط وأسفل كتلة الحبوب من 14.6٪ إلى 1.5٪. واختفت الروائح المنبعثة عن التلوث بالفطريات بدرجة معنوية بعد مرور يوم واحد من إجراء المعاملة. ولم تظهر المعاملة أى تأثيرات سلبية فيما يتعلق بصفات الجودة والطهى فى الأرز.

وجد أن الأوزون يمر بمرحلتين متميزتين أثناء تبخير حبوب. يحدث فى المرحلة الأولى تدهور سريع للأوزون، وبطىء الحركة خلال الحبوب، أعقبتها المرحلة الثانية التى يحدث فيها تدفق للأوزون بحرية خلال الحبوب مع قليل من التدهور. وقد اعتمد معدل التشبع على سرعة تيار الأوزون/ الهواء. وكانت أفضل سرعة لحدوث التعمق فى كتلة الحبوب هى 0.03 متر/ ثانية،

وهى السرعة التى يمكن تحقيقها فى مُنشأ تخزين به مرواح مستمرة. عند هذه السرعة فإن 85٪ من الأوزون يتخلل 2.7 متر فى عمود من الحبوب خلال 0.8 يوم فى المرحلة الأولى، مع حدوث تدهور ثابت خلال خمسة أيام بمعدل 1جزء فى المليون/ 0.3 متر. والسرعة المناسبة للمرحلة الثانية هى 0.02 متر/ ثانية، وعند هذه السرعة فإن 90٪ من من الأوزون تخلل 2.7 متر فى أقل من نصف يوم. وقد أوضحت هذه النتائج مدى فائدة الأوزون للسيطرة على الأضرار التى يمكن أن تحدث للذرة وربما حبوب أخرى أثناء التخزين. ويتطلب انسياب الغاز خلال طبقة سميكة من الحبوب الصغيرة إلى زيادة سرعة الدفع من 0.02 إلى 0.04 متر/ ثانية (Stephen et al. 2001).

درس تأثير المعاملة بالأوزون بتركيز 50 جزء/ مليون لمدة 30 يوم على محتوى الحبوب من الأحماض الأمينية الأساسية والأحماض الدهنية الهامة، ووجد أنها لا تؤثر تأثيرا معنويا على أى من المكونات الغذائية للحبوب التى درست. كما أن المعاملة لم يكن لها أى تأثير سلبى على الخصائص التكنولوجية لمنتجات الحبوب، فلم تؤثر على خصائص الطحن فى حبوب القمح والذرة أو جودة الخبز فى دقيق القمح أو حجم التفشير فى ذرة الفيشار أو خصائص الجودة فى بذور فول الصويا. كما أوضحت الدراسات أن إعادة إجراء المعاملة بالأوزون لنفس الحبوب ليس له تأثير سلبى على خصائصها (Mendez et al.2003).

سادسا - الجو الهوائى المعدل

Controlled or Modified Atmospheres

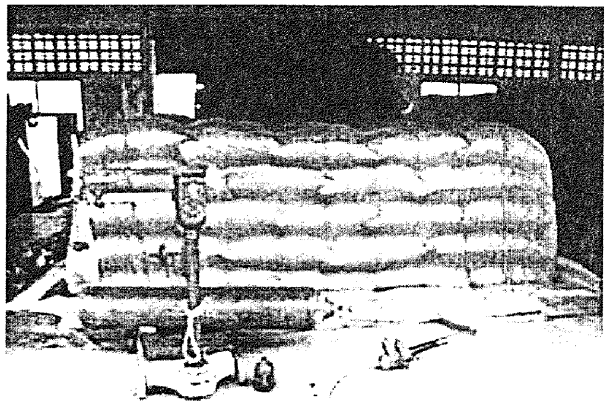
يقصد بالجو الهوائى المعدل إحداث تغيير فى النسب الطبيعية لمحتوى الهواء من الأكسجين وثانى أكسيد الكربون والنيتروجين. يؤدى خفض نسبة الأكسجين وزيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى جو المخزن إلى القضاء على

الأطوار الحشرية، وكذا الحد من نشاط الفطريات. يمكن تحقيق نظام الجو الهوائى المعدل بطريقتين كما يلى:

1 - دفع غاز ثانى أكسيد الكربون إلى حيز التخزين

يستخدم لتطبيق هذه المعاملة غاز ثانى أكسيد الكربون المضغوط فى أسطوانات ويتم رفع نسبة ثانى أكسيد الكربون فى جو التخزين إلى 60٪ بدفع ثانى أكسيد الكربون الغازى من الأسطوانات بمعدل 1كيلوجرام/ طن مترى من الحبوب أو الثلج الجاف بمعدل 2جرام من الثلج الجاف لكل متر مكعب من الحيز على أن يكون وسط المعاملة محكم الغلق للمحافظة على هذه النسبة لمدة 10 أيام أو إلى نسبة 30 - 40٪ لمدة 14 يوم وذلك للقضاء على جميع أطوار الحشرات. يمكن تطبيق نظام الجو الهوائى المعدل فى الصوامع المعدنية على أن يراعى إحكام الغلق. كما يمكن تطبيقه فى نظام التخزين فى حالة الحبوب المخزنة فى أجولة داخل المخازن، وذلك على النحو التالى:

* يتم تغطية الأجولة بأغطية من البولى إيثيلين تغطية تامة حتى الأرضية الخرسانية ويثبت البولى إيثيلين من الأجناب بشكاير محتوية على الرمل.
* يتم سحب الهواء الداخلى المحيط بالأجولة.
* يتم دفع غاز ثانى أوكسيد الكربون بواسطة أنبوب من أسفل البولى إيثيلين بمعدل 1كيلوجرام/ طن مترى من الحبوب (شكل 4 - 12).
* تبقى الأجولة مغطاة لمدة 10 أيام على الأقل.
* عند رفع الغطاء تشاهد الحشرات الميتة على جوانب الأجولة.



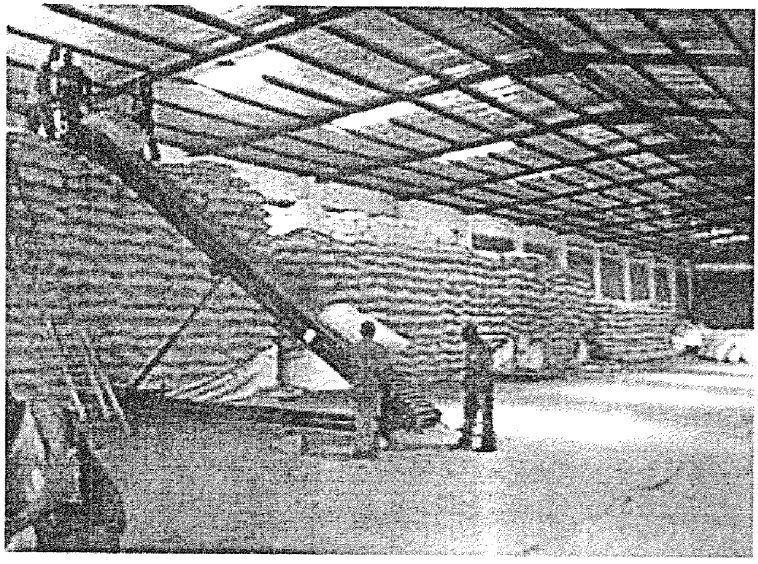
شكل (4 – 12) تطبيق نظام الجو الهوائى المعدل على حبوب مخزنة فى أجولة

2 - التخزين المحكم Hermetic Storage

منذ العصور القديمة كان التخزين تحت الأرضى من الوسائل الآمنة لحماية الحبوب من التدهور ومهاجمة الحشرات. يرجع ذلك إلى أن تلك الطريقة كانت تؤدى إلى استهلاك الأكسجين فى تنفس الحبوب، وتراكم غاز ثانى أكسيد الكربون، مما يوفر الحماية للحبوب لفترات طويلة. وقد ظهرت هذه التقنية حديثا كبديل لطرق التخزين الأخرى ويطلق على هذه التقنية أيضًا التخزين المغلق، وهى شكل من أشكال الجو الهوائى المعدل، وذلك يرجع إلى أن استهلاك الأكسجين وزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون يتم بطريقة حيوية، وذلك نتيجة لتنفس الكائنات الحية داخل النظام المحكم.

وقد ازداد اتباع هذه الطريقة فى حفظ الحبوب وخاصة الأرز والذرة والشعير والقمح، كما أنها تستخدم لتخزين البذور للحفاظ على قوة الإنبات. ويؤدى اتباع هذه التقنية إلى تجنب استخدام المدخنات وغيرها من الوسائل الكيماوية، ومن ثم تقلل من التلوث، وتحقق الأمان لمستهلك الحبوب والقائمين على التخزين. لتحقيق التخزين فى جو محكم تستخدم أكياس قوية

مصنوعة من مادة بولى فنيل كلوريد Polyvinyl chloride بسمك 0.8 مليمتر، شفاف، معالـج ضد الأشعة فوق البنفسجيـة. ويتم غلق الأكياس بإحكام فلا تسمح بالتبادل الغازى.



شكل (4 – 13) تخزين حبوب ذرة بأحد المخازن بنظام التخزين المحكم

وقد أجرى المركز الدولى لبحوث الأرز بحوثًا مكثفة على مدى أكثر من عشر سنوات، ترتب عليهـا التوصية باتباع طريقة التـخزين المحكم فى أكياس بولى فنيل كلوريد بديلا عن الشكاير المصنوعة من الجوت. وقد وجد أن الأرز المخزن بنظام التخزين المحكم حقق نسبة إنبات قدرها 85٪ بعد مرور 9 شهور من التخـزين، بينما المخزن فى شكـاير الجوت بلغت نسبـة إنباته 76٪ بعد 3 شهور، و14٪ بعد 9 شهور من التخزين.

سابعا - المكافحة الكيماوية Chemical Control

1 - معاملة الصوامع وآلات الحصاد والتذرية:

يوجد أربعة مركبات مسجلة للاستخدام فى مثل هذه المعاملات وهى: ميثوكسيكلورmethoxychlor (مسحوق قابل للبلل 50٪ أو مستحلب مركز 25٪)، ملاثيون (مستحلب مركز 50 - 57٪)، ويستخدم فى معاملة الحبوب الصغيرة (القمح والشعير والشوفان) أى من كلوروبيريفوس - ميثيل chlorpyrifos-methyl (ريلدان 43.2 مستحلب مركز)، وميثوبرين methoprene (1أونز/ 3جالون ماء). و يجب اتباع الجرعات المنصوح بها على عبوة المنتج، وكذا مراعاة إجراءات الأمن والسلامة المدونة.

2 - معاملة سطح الحبوب عقب تعبئة الصوامع:

بمجرد امتلاء الصومعة إلى الحد المناسب، يعامل سطح الحبوب بأحد المبيدات الوقائية المسموح بها ومنها pirimiphos-methylpirimiphos-methyl (Actellic) Pyrethrins plus Piperonyl Butoxide)، تعمل هذه المعاملة على حماية الحبوب الموجودة على السطح من مهاجمة الحشرات التى يمكن أن تدخل عن طريق فتحات التهوية الموجودة على سطح الصومعة. يجب أن ندرك أن معاملة السطح لن يكون لها تأثير على الإصابات الموجودة أصلا فى الحبوب، وحتى فى حالة عدم وجود إصابات أولية فى الحبوب فإنها لن تجعل الحبوب خالية تماما من الإصابات الحشرية وإنما تعمل على اختزال تعدادها خلال فترة التخزين. وتتوقف مدى كفاءة معاملة السطح على جودة توزيع المبيد على سطح الحبوب بالكامل. يراعى عند معاملة سطح الحبوب أن الملاثيون قد لا يمنع الإصابة بفراشة الدقيق الهندية لأنها مقاومة لتأثير الملاثيون، بينما يكون كلوروبيروفوس ميثيل فعالا فى مكافحة الحشرات المقاومة للملاثيون، وهو مقبول للاستخدام فى معاملة سطح الحبوب. يجب

ألا تستخدم معاملة سطح الحبوب لأكثر من مرة واحدة لفترة التخزين التى تمتد حتى عام.

يُلجأ إلى استعمال الكيماويات فى حفظ الحبوب عند زيادة رطوبتها مع عدم وجود مصادر طاقة لإجراء تجفيف. والمادة المستعملة يجب أن تكون لها تأثير ضئيل جداً على الثدييات وأن يكون لها تأثير قوى طويل المدى فى تثبيط الميكروبات. والخاصية الأخيرة يمكن التغلب عليها بتكرار إضافة المادة أو إجراء معاملة تجفيف هوائى بطىء.

وهناك نتائج معنوية أمكن الحصول عليها عن استخدام الأحماض العضوية فى حفظ الحبوب وذلك مثل حمض البروبيونيك Propionic acid (PA) فهو واحد من أكفأ المواد وأكثرها استخداماً. وأدى نجاح استخدامه فى حفظ القمح والشعير فى انجلترا فى بداية الثمانينيات من القرن العشرين إلى تأكيد كفاءة المعاملة وبعدها صار استعماله شائعًا على نطاق تجارى فى الولايات المتحدة.

تعتبر أحماض Isobutrate وAmonia butrate من الأحماض العضوية المتطايرة المنصوح باستخدامها. وقد وجد أن أملاح الصوديوم والكالسيوم أقل فعالية من حمض البروبيونيك نفسه فى حفظ حبوب الذرة. وأن حمض البروبيونيك يكون فعالا على صورة محلول إيثانولى وغير فعال على حالته الصلبة.

وهناك ثلاث مشكلات أساسية تعترض استخدام الأحماض العضوية وهى التكاليف وتآكل المعادن ونقص الرتبة تجاريًا. والأخيرة بسبب النكهة غير المرغوبة. فالحبوب المعاملة تكون أقل جذبًا من الناحية التجارية لذا فإن هذا النوع من المعاملات غالبًا ما يستعمل لاستهلاك المزرعة نفسها وذلك لتغذية الحيوان.

وهناك تطوير لاستخدام حمض البروبيونيك فى حفظ الحبوب وذلك بإجراء المعاملة بنسبة 0.3٪ مع إجراء تجفيف هوائى بطىء ولذلك تكون كمية

حمض البروبيونيك غير مؤثرة فى النكهة وتطول فترة تخزين الحبوب مع زيادة كفاءة التجفيف الهوائى أو إمكانية تسويق الحبوب فى القنوات التجارية.

وعن استخدام الأمونيا تجريبيًا على صورة غاز أو سائل بنسبة 1.5 - 2٪ وجد أنها فعالة فى حفظ الحبوب كما أنه يحدث تثبيط للأفلاتوكسين فى الحبوب المعاملة بالأمونيا. ولا يدوم تأثير الأمونيا طويلاً مثل حمض البروبيونيك ولكنها أرخص من حيث الثمن وربما تزيد من القيمة الغذائية للحبوب ويبدو أن الأمونيا أقل فعالية ضد البكتريا عن حمض البروبيونيك وغاز الأمونيا يعتبر معاملة مكملة لاستعمال التجفيف الهوائى أو الحرارة المنخفضة.

ثامنا - خلط الحبوب Blending

يلجأ زراع وتجار الحبوب إلى خلط حبوب ذات رطوبة عالية بأخرى ذات رطوبة منخفضة للحصول على خليط محتوى على رطوبة مناسبة لإجراء عملية التخرين، ولجعل محتواها من التوكسينات فى حدود المسموح، ومن ثم ارتفاع رتبة الحبوب وسعرها. إلا أن هذه العملية غير مأمونة المخاطر، إلا إذا كان الخليط ينتج عنه اتزان سريع فى المحتوى الرطوبى لأقل مما يسمح بنمو الفطريات. وقد وجد من دراسة على الذرة، حيث جففت حبوب محتوية على 29٪ رطوبة إلى مستوى 18٪، وأجرى خلط بين ذرة ذات رطوبة 29٪ مع أخرى ذات رطوبة 10٪ ليصبح المحتوى الرطوبى للخليط 18٪. بمتابعة المحتوى الرطوبى لكلتا المعاملتين على مستوى الحبة الواحدة، وجد أن الانحراف المعيارى يكون كبيراً جدا خلال اليومين الأولين. يتناقص الانحراف المعيارى تدريجيًا بدءًا من اليوم الثالث والأيام التالية. من ناحية أخرى فقد وجد أن نمو الفطريات على الحبوب ذات المحتوى الرطوبى المرتفع من معاملة الخلط يبدأ من اليوم الثانى لعملية الخلط.

تاسعا - وسائل خاصة بمكافحة الحشرات

1 - المكافحة الحيوية للحشرات

يستخدم فى ذلك بكتيريوم *Bacillus thuringiensis* وهو يباع تحت أسماء تجارية مختلفة منها Thuricide, Bactospeine، تعامل به الصوامع الخالية، أو أن تجرى المعاملة به على سطح الحبوب بعد ملء الصومعة، وهى تفيد فى مكافحة حرشفيات الأجنحة مثل فراشة الدقيق الهندية وفراشة المخازن الاستوائية.

2 - التربة الدياتومية والسيليكون

تباع تحت أسماء تجارية مختلفة مثل ((Dryacide(r) or Absorbacide(r))، تعامل بها الصومعة وهى فارغة، خاصة أسفل الأرضية المثقبة، ويمكن استخدامها لمعاملة سطح الحبوب بعد ملء الصومعة بالحبوب. تؤدى المعاملة بهذه المواد إلى قتل الحشرات وذلك بخدش سطح الجسم مما يسبب فقد الماء والجفاف. تعتبر هذه الطريقة مفيدة فى حالة الحبوب المستخدمة لغرض العلف الحيوانى لكنها قد لا تكون مرغوبة من قبل مشترى الحبوب فى حالة استخدامها للغذاء الآدمى وبذلك فإنها تقلل من درجة جودة الحبوب. يعاب على استخدام السيليكا أيضا ارتفاع سعر المعاملة وأنها تسبب حدوث خلل فى اختبار وزن الحبوب، وتسبب سرعة تلف أجهزة نقل الحبوب. وتتميز المعاملة بالسيليكا بعدم وجود متبقيات كيماوية فى الحبوب وعدم حدوث مشاكل تكوين سلالات من الحشرات مقاومة لفعل المبيدات.

3 - استعمال مواد ذات تأثير هورمونى

المادة المستخدمة فى هذا الشأن هى الميثوبرين Methoprene، وهى مادة تحول دون انسلاخ العذارى وبالتالى تحولها إلى حشرات كاملة، وبذلك تتوقف دورة حياة الحشرة. يوجد الميثوبرين فى صورة مستحضرات تجارية وله

استـخدامات أخرى فى مكافـحة البعوض والبـراغيث، وهو آمن صحيـا فلا يوجد ضرر من استـنشاقه أو ابتلاعه، لكنه يسبب قليـلاً من الالتهاب للجلد والعين.

يستخدم الميـثوبرين عادةً لمعاملة جدران الصومعـة الفارغة وكذلك يمكن استخدامه لمعاملة سطح الحبوب بعد ملء الصومعة.

***

Reference:

- Alvarez P. J. C. , F. C. Krzyzanowski, Mandarino J. M. G.,And J. B Franca Neto,1997 . Relationship between soybean seed coat lignin content and resistance to mechanical damage . Seed Sci. Technol . 25, 209-214 .

- Audilakshmi, S. ;J.Stenhouse, ; T. Reddy, 2005.

- Genetic analysis of grain mold resistance in white seed sorghum genotypes .Euphytica, 145, 95 – 101 .

- Cardwell K. F., A. Desjardins, S. H. Henry, G. Munkvold, J. Robens, (2001) Mycotoxins: The Cost of Achieving Food Security and Food Quality

http://www.apsnet.org/online/feature/mycotoxin/ (Accessed , February 2005)

- Christensen, C.M. and H.H. Kaufmann. 1969. Grain storage: the role of fungi in quality loss .Minneapolis, MN: University of Minnesota Press. 153 pp.

- Chunni, R. & Singh, V.S. 1996. Resistance to Sitophilus oryzae in wheat and associated grain characteristics. Ind. J. Entomol., 58(1): 79-90 (c.f.. Payne, 2002).

- Felix J. P.and D'Mello (Eds) 1997 . Handbook of Plant and Fungal Toxicants .CRC Press ,Boca Raton , New York

- Jacobsen B.J., K.L. Bowen, R.A. Shelby, U.L. Diener, B.W. Kemppainen, J. Floyd,. Mycotoxins And Mycotoxicoses

http://www.aces.edu/department/grain/ANR767.htm(Accessed February 2005).

- Krzyzanowski, F. C. 1998.Relationship between seed technology research and federal plant breeding programs. Sci.Agric. v.55 n.especial Piracicaba. Retrieved April 10 ,2010 from:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103901619 98000500015&lng=pt&nrm=iso&tlng=en

- Laura Sweets , Stored Grain Fungi. (2005)

http://agebb.missouri.edu/storage/disease/sgfungi.htm (Accessed , February 2005).

- McFarlane, J.A. 1989. Guidelines for pest management research to reduce stored food losses caused by insects and mites. Overseas Development and Natural Resources Institute Bulletin No. 22. Chatham, Kent, UK(c.f.. Payne, 2002)

- McMullen, M. P. and Stack, R. W., 1999. Fusarium Head Blight (Scab) of Small Grains. Retrieved 20 April ,2010 from:

http://www.ag.ndsu.edu/pubs/plantsci/smgrains/pp804w.htm

- Menkir A. ; Ejeta G. ; Butler L.; Melakeberhan A. 1996 .

- Physical and chemical kernel properties associated with resistance to grain mold in sorghum . Cereal chem 73, 613 – 61 . April, 28 ,2010 from:

http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=3257778

- Muir, W. E and N. D. G. White , (2005)

http://res2.agr.ca/winnipeg/storage/pubs/presbios/chap04rf.pdf (Accessed , February 2005)

- Nelsn P. E. , 1993 .Fumoninosis mycotoxins produced by Fusarium species : Biology ,chemistryand significance .Annu. Rev. Phytopathol. 31 ,233-52 .

- Nithyaa,U., V. Chelladuraia, D.S. Jayasa, , , N.D.G. Whiteb, 2011 Safe storage guidelines for durum wheat. Journal of Stored Products Research. Retrieved October 02, 2011from: http://www.sciencedirect. com/science/article/pii/S0022474X1100066X

- Obuchowski W., K. Strybe, 2001. The Effect of grain Cleaning and

milling in some Polish mills on the level of grain and flour microbial contamination electronic journal of polish agricultural universities. Retrieved April 20 ,2010 from:

http://www.ejpau.media.pl/series/volume4/issue1/food/art-02.html

- Payne, T.S., 2002. Harvest and storage management of wheat. In (Curtis, B.C. ,S. Rajaram and H. Gómez Macpherson) Bread Wheat, Improvement and Production . FAO Plant Production and Protection Series No. 30. Food And Agriculture Organization Of The United Nations Rome, 2002. Retrieved April 20 ,2010 from: http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4011E/y4011e0u.htm

- Pixton, S., W, Sylvia Warburton, S.T. Hill, 1975. Long-term storage of wheat-III: Some changes in the quality of wheat observed during 16 years of storage. Journal of Stored Products Research, 11: 177-185. Retrieved October02, 2011from: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0022474X75900284

- Pushpamma, P. and V. Vimala , Storage and the quality of grain: village-level studies . Retrieved May 15 ,2010 from:

http://www.unu.edu/unupress/unupbooks/80478e/80478E0k.htm#Introduction)Retrieved February 2005 from: .

- Regner,S., J. Schnurer, and A. Jonsson, 1994. Ergosterol Content in Relation to Grain Kernel Weight. Cereal Chem. 71:55-58. Retrieved July 16,2007 from: Retrieved April 20 ,2010 from: http://www.aaccnet.org/cerealchemistry/abstracts/1994/cc1994a11.asp

- Rodríguez-Herrera R., Ralph D. Waniska, *and William L. Rooney, 1999.

- Antifungal Proteins and Grain Mold Resistance in Sorghum with Nonpigmented Testa. J. Agric. Food Chem., 47 , 4802 -4806. April, 20 ,2010 from: Retrieved July 15 ,2010 from:

http://pubs.acs.org/cgibin/abstract.cgi/jafcau/1999/47/i11/abs/jf9903814.html

- Semple R.L., A.S. Frio, P.A. Hicks and J.V. Lozare (Ed.) Mycotoxin prevention and control in foodgrains. Retrieved April 10 ,2010 from:

http://www.fao.org/docrep/x5036e/x5036E00.htm(Accessed February 2005) .

- Sinha, R.N., Demianyk, C.J. & McKenzie, R.I.H. 1988. Vulnerability of common wheat cultivars to major stored-product beetles. Can. J. Plant Sci., 68(2): 337-343(c.f.. Payne, 2002) .

- Toledo, J.F.F.; Almeida, L.A.; Kiihl, R.A.S.; Panizzi, M.C.; Kaster, M.; MIRANDA, L.C.; Menosso, O.G. Genetics And Breeding. In: EMBRAPA-CNPSo. (Ed.). Tropical soybean : improvement and production. Rome: FAO, 1994. p.19-36.

- Welty,R. E. S. A. Qasem, and C. M. Christensen, 1963. Tests of Corn Stored Four Years in a Commercial Bin. Cereal Chem 40:277 - 281.Retrieved July 16,2007 from:

http://www.aaccnet.org/cerealchemistry/abstracts/1963/cc1963a36.asp