

Тема: Характеристика зернових мас як об'єктів зберігання**План:**

1. Склад зернової маси.
2. Фізичні і фізіологічні властивості зернових мас.

ДЗ: Подпрятюв Г.І. ст. 21-52 Маньківський А.Я., с. 6-8.

1. Склад зернової маси

Зернова маса — це сукупність взаємозв'язаних компонентів зерна основної культури, домішок, мікроорганізмів, комах та повітря міжзернових проміжків, це штучно створена людиною екологічна система, в якій тісно взаємодіють живі організми й навколишнє середовище. Найбільший вміст у зернової масі зерна основної культури — від 60 до 95 %. Зернову Масу слід розглядати насамперед як комплекс живих організмів. Кожна група цих організмів або її окремі представники за певних умов так чи інакше виявляють свою життєдіяльність і тим самим впливають на стан та якість зернової маси, що зберігається. Зерно і насіння, маючи невеликі розміри та малу масу 1000 зерен, навіть у малій за масою партії містяться у великій кількості. Наприклад, в 1 т зернової маси пшениці міститься 30 — 40, а в 1 т проса — 150-190 млн. шт. зерен.

Основою будь-якої зернової маси є зерно (насіння) певного ботанічного роду. За прийнятою класифікацією ці зерна (за умови їх доброякісності) належать до категорії основного зерна або до зерен головної культури. Переважна більшість зернової маси, як правило, неоднорідна за своїм станом — зерна різняться за розмірами, виповненістю, масою 1000 зерен, щільністю, вологістю та ін.

Характеристика компонентів зернової маси

У зернової масі, крім зерна основної культури, є домішки насіння інших культурних рослин і бур'янів, органічні та мінеральні домішки, зерна, пошкоджені шкідниками хлібних запасів тощо. Кількість цих домішок та їх якісний склад залежать від рівня агротехніки, способів і організації збирання врожаю. Наявність домішок не тільки знижує цінність зерна, а й посилює неоднорідність зернової маси, збільшує її об'єм. Це вимагає додаткових витрат, зокрема, на затарювання й перевезення зернових мас. Крім того, наявність домішок у свіжозібраних зернових масах різко впливає на їх збереженість. Це зумовлено тим, що насіння бурянів, як правило, має підвищену вологість, що, в свою чергу, підвищує вологість зерна. При цьому посилюються процеси дихання насіння, створюється сприятливе середовище для розвитку мікроорганізмів.

Негативна дія мікроорганізмів є головним чинником зниження якості зерна і його псування. Вони з'являються на зерні в період вегетації рослин, у процесі збирання й обробки при контакті насіння з пиловидними часточками ґрунту кількість і видовий склад їх на зерні різко збільшуються. В 1 г зернової маси містяться десятки або сотні тисяч, інколи мільйони мікроорганізмів.

Величезні втрати зернових продуктів під час їх зберігання пов'язані з розмноженням, різних комах: довгоносиків, чорнушок, хрущаків, зерноїдів, молі, вогнівок, частково кліщів та ін. Ці шкідники заражають зерно на токах, у сховищах, під час перевезення, при застосуванні зерноочисних машин, обладнання і тари. При своєчасному знезаражуванні токів, знищенні минулорічних органічних решток, дезінфекції зерносховищ, тари, мішків і транспортних засобів перед збиранням нового врожаю значно зменшується можливість зараження свіжозібраного зерна.

Неоднорідність зерен та домішок за формою і розмірами зумовлює наявність у зернової масі міжзернових проміжків, так званих *шпарин*. Повітря, яке заповнює ці проміжки, істотно впливає на компоненти зернової маси, одночасно змінюючись за своїм складом, температурою і навіть тиском.

Мікроорганізми та їх роль при зберіганні зерна і насіння. На поверхні зерна і насіння будь-якої культури, незалежно від віку та якісного стану, знаходяться мікроорганізми, оскільки ріст і розвиток рослин та формування плодів відбуваються в умовах, де є значна їх кількість. Факторів, які впливають на стан і розвиток сапрофітних мікроорганізмів у зернової масі, дуже багато. Вирішальне значення серед них мають: середня вологість зернової маси і вологість окремих її компонентів, температура і ступінь аерації, цілісність і стан покривних тканин та життєві функції зернини, кількість і видовий склад домішок.

Мікрофлора зерна складається з мікроорганізмів, що заселяють рослини. Вони поділяються на: епіфітні, властиві кожному роду і виду рослин; рослинні паразити та паразити, які випадково потрапили на рослини; мікроорганізми, які потрапили в зернову масу під час збирання врожаю та неправильного зберігання і перевезення.

За способом, **життя** і впливом, на зерно розрізняють три групи мікрофлори зернової маси: сапрофітну, фітопатогенну і патогенну. Сапрофітні мікроорганізми — бактерії, дріжджі, плісеньові гриби й авггиномицети.

Бактерії більше поширені у свіжозібраному зерні та в партіях доброякісного зерна. Основні представники бактерій належать до родів *Ervinea* і *Pseudomonas*.

E. herbicola aureum — рухлива дрібна бактерія, яка не утворює спор, має форму палички завдовжки 1-3 мкм. На твердих живильних середовищах вона утворює колонії золотистого кольору. Другий вид бактерій цього роду *E. herbicola aureum* на щільних середовищах утворює колонії червоного кольору, R партіях свіжозібраного зерна *E. Herbicola* становить 92 - 95 % усієї кількості бактерій, що свідчить про добру якість зерна та його свіжість, оскільки ці бактерії зерно не псують.

Бактерії, що утворюють спори, в зерновій масі представлені переважно картопляною (*B. mesentericm*) і сінною (*B. subtilis*) паличками. Будучи типовими сапрофітами з дуже стійкими спорами, вони можуть зберігатися у зерновій масі досить тривалий час. Спори їх високотермостійкі, не гинуть при випіканні хліба, тому його м'якуш втрачає пружність, стає липким, легко розтягується, тобто такий хліб непридатний для вживання. У зернових масах трапляються також одиничні збудники гнильних процесів *Fycoides*, *Droteus*, а також бактерії, що зумовлюють кислотне бродіння (молочнокисле, маслянокисле), та кокові форми бактерій, які інтенсивно розвиваються при самозігріванні зерна.

Дріжджі — це одноклітинні організми різної форми, крупніші за бактерії. На якість зерна під час зберігання вони істотно не впливають, однак за певних умов можуть надавати йому комірнього запаху.

Плісеньові гриби - друга за чисельністю група мікроорганізмів у зерновій масі (1 — 2 % від загальної кількості мікроорганізмів). Вони невибагливі до умов середовища і здатні розмножуватися в широкому діапазоні вологості й температури. Розвиваються за рахунок органічних речовин зерна, що призводить до втрати його маси, погіршення якості або повного псування, зміни кольору, появи неприємних запаху і смаку. Понад 80 % втрат зерна від діяльності мікрофлори припадає на рахунок плісеньових грибів.

Актиномицети — це променеві гриби, які потрапляють у зернову масу з грудочками ґрунту під час збирання врожаю. Чисельність їх у масі свіжозібраного зерна невелика, проте за сприятливих умов вони швидко розвиваються, спричинюючи самозігрівання зерна. Мікробіологічні процеси в зерні протікають з великою швидкістю. Свіжозібране зерно вже через кілька днів може втратити схожість, у ньому утворюються токсини, виникає стійкий затхлий запах. Основний спосіб боротьби з мікрофлорою зерна — якнайшвидше післязбиральне очищення його від домішок та просушування до сухого стану. Зниження температури також пригнічує активність мікроорганізмів у зерновій масі, проте при температурі 5 - 10 °С плісеньові гриби здатні повільно розвиватися на зерні з підвищеною вологістю. Тому сире, охолоджене зерно, особливо насінневого призначення, можна задовільно зберігати недовго, оскільки добре зберігання його можливе тільки в сухому стані.

Шкідники хлібних запасів. До основних шкідників хлібних запасів належать комахи (жуки, метелики, кліщі), птахи і мишовидні гризуни. У процесі своєї життєдіяльності комірні шкідники знищують зерно, погіршуючи його якість та спричинюючи самозігрівання, виділяють тепло і вологу, підвищуючи температуру та вологість зернової маси. В цих умовах активізується життєдіяльність; мікрофлори, яка викликає подальше підвищення температури і вологості зерна, що зберігається. Підвищення температури і вологості зерна відбуваються досить інтенсивно, внаслідок чого воно самозігрівається. Крім того, екскременти шкідників засмічують зерно і можуть потрапити в борошно під час його переробки, різко знижують якість борошна та випеченого хліба. Інколи таке зерно стає непридатним для використання на продовольчі цілі. Серед шкідників хлібних запасів є види, які спочатку живуть у полі, а потім — у сховищі, наприклад, деякі види борошноїдів, метеликів, горохова зернівка. Із зерном з поля комахи (рисовий довгоносик, зерновий точильник, зернова міль, комірний довгоносик) потрапляють у зерносховища. На відміну від мікроорганізмів, комахи можуть активно розвиватися в сухому зерні. При цьому сушіння і доведення зерна до сухого стану не забезпечують захисту його від шкідників. Тільки вологість зерна нижче 9-10 %, що на практиці буває дуже рідко, пригнічує їх розвиток. Відповідно до державних стандартів навіть при наявності в зерні одного живого представника комах-шкідників воно вважається зараженим.

Найважливішим фактором, що впливає на інтенсивність розвитку комах і кліщів у зернових продуктах та зерносховищах, є температура. Оптимальні умови для розвитку шкідливих комах створюються при температурі 20-28 °С. Наприклад, потомство комірнього довгоносика при температурі 25 - 26 °С з'являється приблизно через 30, а при 12 °С — через 209 днів. Більшість комах погано переносять температуру 10 - 11 °С: при 0 °С вони залякають, а при більш низькій — гинуть. Так, при

температурі мінус 15 °С шкідники гинуть протягом доби. Підвищена температура (понад 35 °С) також несприятливо позначається на життєдіяльності шкідників: у них припиняється відкладання яєць. При 38 - 40 °С відбувається їх теплове залякання, а вище 48 — 55 °С вони гинуть. Кліщі менш вибагливі до високої температури і тривалий час витримують мінусову температуру, однак вони можуть забезпечити себе поживою тільки при підвищеній вологості зернової маси. Сушіння зерна до сухого стану (12 - 13 %) практично виключає *зараження* його кліщами. Останні менш небезпечні, ніж інші оікідники зерна, тому» згідно з державними стандартами, допускається приймання зерна, зараженого кліщами. Крім температури, на розвиток кліщів істотно впливає вологість зернової маси. Тіло комах — догідників зернових продуктів на 48 - 67% складається з води. Тому тільки при вмісті у зернових продуктах певної кількості вологи комахи і кліщі можуть існувати і розмножуватися, оскільки поповнення вода в їхньому організмі необхідне внаслідок втрати її при диханні, виділенні з екскрементами тощо. В умовах без доступу кисню (вміст його не більше 1 — 2%) комахи й кліщі гинуть. Якщо його в окремих шарах зернового насипу не вистачає, комахи й кліщі переміщуються в ділянки, багатші на кисень. Вміст у зерновій масі різних компонентів зумовлює її специфічні властивості, які треба враховувати під час зберігання та обробки. Розрізняють фізичні та фізіологічні властивості зернової маси.

Фізичні і фізіологічні властивості зернових мас

Чорнова маса має певні фізичні властивості — сипкість, самосортунання, шпаруватість, здатність до сорбції та десорбції різних парів і газів (сорбційна ємність), тепло-, температуро- і термовологопровідність, теплоємність. Знання і врахування фізичних властивостей зернових мас набувають особливого значення у зв'язку з механізацією й автоматизацією процесів обробки зерна в потоці, впровадженням нових способів сушіння, застосуванням пневматичного транспорту та зберіганням значних партій його у великих сховищах (силосах сучасних елеваторів, металевих бункерах, на складах).

Сипкість — це здатність зерна і зернової маси переміщуватися по поверхні, розміщеній під певним кутом до горизонту. Правильно використовуючи цю властивість і застосовуючи відповідні пристрої та механізми, можна повністю уникнути затрат ручної праці при переміщенні зернових мас норіями, конвеєрами і пневмотранспортними установками, самопливом, завантажуванні в різні за розмірами і формою транспортні засоби (автомашини, вагони, судна) та сховища (засіки, склади, траншеї, силоси елеваторів).

Сипкість зернової маси характеризується кутом тертя, або кутом природного схилу,

Кут тертя — найменший кут між основою і схилом насипу, за якого зернова маса починає ковзати по поверхні. При ковзанні зерна по зерну його називають кутом природного схилу, або кутом скочування (табл. 1).

Найбільшу сипкість і найменший кут схилу мають маси насіння кулястої форми (гороху, проса, люпину). Чим більше форма зерен відрізняється від кулястої і чим шорсткуватіша їх поверхня, тим менша сипкість зернової маси. Зерна продовгуваті, тонкі, з квітковими плівками (рису-сирцю, окремих сортів вівса, ячменю та ін.) також менш сипкі.

Таблиця 1. **Кути природного схилу для зерна різних культур** (за Л. О. Трисвятським)

Культура	Кут схилу, градусів	Культура	Кут схилу, градусів
Пшениця	23-28	Горох	24-31
Жито	23-28	Соя	25-32
Ячмінь	28-45	Вика	28-33
Кукурудза	35-40	Кормові боби	29-35
Соняшник	31-45	Сочевиця	25-52
Рис	27-48	Льон	27-34
Овес	31-54	Рицина	34-46

На сипкість зернової маси впливає багато факторів: гранулометрична будова та гранулометрична характеристика (форма, розміри, характер і стан поверхні зерен), вологість, кількість домішок та їх видовий склад, матеріал, форма і стан поверхні, по якій самопливом переміщується зернова маса. Наявність домішок, особливо легких і дрібних з шорсткуватою поверхнею, також знижує сипкість зернової маси. Аналогічно впливає на сипкість підвищення вологості зернової маси, за винятком тієї, що складається з кулястих зерен з гладкою поверхнею. Сипкість зернової маси знижується при зберіганні внаслідок ущільнення, що є побічним показником стану зерна.

Самосортунання — це властивість зернової маси втрачати свою однорідність під час переміщення і вільного падіння. Вона зумовлюється сипкістю зернової маси і неоднорідністю твердих часточок, що входять до її складу. Як позитивне явище, самосортунання використовується в практиці

очистки та сортуванні зернових мас. Відбувається при її переміщенні й струшуванні, завантажуванні та розвантажуванні сховищ і силосів елеваторів. Наприклад, під час перевезення зерна в автомашинах або вагонах, пересуванні по стрічкових конвеєрах внаслідок поштовхів і струшувань компоненти зернової маси з малою масовою часткою (легкі домішки, насіння в квіткових плівках, щуплі зерна тощо) розміщуються ближче до поверхні насипу, а з більшою та абсолютною масою — ближче до його нижньої частини. Самосортуванню при вільному падінні твердих часточок зернової маси (наприклад, під час: завантажування силосів, сховищ) сприяє парусність, тобто опір повітря переміщенню кожної окремої часточки. Великі, важкі зерна і домішки з великою масовою часткою і меншою парусністю опускаються прямовисне і швидко досягають основи сховища або поверхні насипу. Щуплі, дрібні зерна й домішки з невеликою абсолютною і масовою часткою та більшою парусністю опускаються повільніше, відкидаються вихровими потоками повітря ці) стін сховища або скочуються по поверхні конуса зернової маси. Ця властивість зерна використовується при його очищенні. Самосортування зернової маси під час його зберігання — явище негативне. Порушення однорідності партії зерна у сховищі заважає правильному його оцінюванню як у силосі, так і під час розвантажування з нього, спричинює розвиток негативних фізіологічних і Мікробіологічних процесів у місцях насипу, де зосереджені компоненти: з підвищеною життєдіяльністю. Все це призводить до самозгрівання зернових мас.

Шпаруватість зернової маси — це наявність проміжків між її твердими часточками, заповнених повітрям. Характер фізіологічних і мікробіологічних процесів у зернової масі залежить від кількості та складу повітря в міжзернових просторах (табл.2).

Таблиця 2. Маса і шпаруватість зерна різних культур

культура	Маса 1 м ³ , кг	Шпаруватість, %	Культура	Маса 1 м ³ , кг	Шпаруватість %
Пшениця	730-840	35-45	Горох, люпин	750-800	40-45
Жито	680-750	35-45	Рис	440-550	50-65
Ячмінь	580-700	45-55	Соняшник		
Овес	400-550	50-70	олійний	400-550	50-95
Гречка	560-650	50-60	Льон	580-680	35-45
Просо	688-730	30-50	Конюшина		
Кукурудза	680-820	35-35	Червона	780-830	30-30

Шпаруватість зернових мас сприяє передачі теплоти конвекцією, переміщенню вологи через зернову масу у вигляді пари. Через міжзернові проміжки здійснюються сушіння, активне вентилявання і цін зерна.

Внаслідок самосортування шпаруватість у різних місцях зернової маси може бути неоднаковою. Шпаруватість та щільність укладання зерна у сховищі залежать від форми, пружності, розмірів і стану поверхні твердих компонентів, форми і розмірів сховища, а також строку зберігання.

Зернова маса має меншу шпаруватість, укладається щільніше, о у ній є крупні і дрібні зерна. Вирівняні зерна, а також шорсткуваті або із зморщеною поверхнею укладаються менш щільно. Вологе сире зерно займає більший простір у сховищі, ніж сухе за ін-ріпних умов. На складах більшого поперечного перетину зерно розміщується щільніше. При тривалому зберіганні зернова маса ущільнюється, а її шпаруватості, зменшується. Показники шпаруватості та щільності укладання зернової маси можуть змінюватися у досить значних межах. Шпаруватість зерна S визначають за формулою:

$$S = \frac{V_1 - V}{V_1} \times 100$$

де V_1 — загальний об'єм зернової маси, м³;

V — дійсний об'єм твердих часточок зернової маси.

Знаючи об'єм, який займає зернова маса, та показник її шпаруватості, можна визначити об'єм повітря у шпаринах. При застосуванні активного вентилявання цю кількість беруть за один обмін.

Сорбційні властивості зернової маси — це її здатність поглинати (сорбувати) з навколишнього середовища пару, запахи різних речовин і газу, а також виділяти (десорбувати) їх. У зернових масах спостерігаються такі сорбційні явища, як абсорбція, адсорбція, капілярна конденсація і хемосорбція.

Сумарний результат адсорбції, абсорбції, капілярної конденсації, хемосорбції називають *сорбцією*, а ступінь здатності зернової маси поглинати пару і газу за різних умов — *сорбційною ємністю*. Остання визначається капілярно-пористою колоїдною структурою зерна і шпаруватістю зернової маси. Окрема зернина як багатоклітинний організм є пористим тілом з великою поверхнею. Клітини і тканини зернин мають численні макро- і мікрокапіляри, перші — переважно в оболонках, а другі — в ендоспермі. Стінки макро- і мікрокапілярів беруть участь у процесах сорбції молекул парів і газів. По системі капілярів переміщується зріджена пара. Активна поверхня зерна становить 20 - 25 см²/г, що у 20 разів перевищує його справжню поверхню. Тому сорбційні явища відбуваються не лише на поверхні зерна, а й усередині кожного капіляра.

Сорбційні властивості зернової маси мають велике значення при її обробці і зберіганні. Вологість і запах зерна, яке зберігається або обробляється, найчастіше змінюються внаслідок сорбції чи десорбції газів або пари води. Раціональні режими сушіння, активного вентилявання, газациї та дегазациї зерна при знезаражуванні встановлюють з обов'язковим урахуванням його сорбційних властивостей.

Теплофізичні властивості зернової маси мають визначальний вплив на ефективність процесів сушіння та активного вентилявання зерна, а також на його зберігання. Основними параметрами теплових властивостей зернової маси є теплоємність, тепло-, температуро- та термовологопровідність. Теплообмінні процеси у зернової масі відбуваються шляхом прямої передачі теплоти (кондукція, або контактний теплообмін) чи за допомогою повітря, що рухається по міжзернових щілинах (конвекція).

Теплоємність зерна характеризується кількістю теплоти, необхідної для підвищення температури зерна масою 1 кг на 1 °С. Для вологого зерна її визначають як суму теплоємностей абсолютно сухого зерна і води:

$$C_a = \frac{100 - W}{100} C_c + \frac{W}{100} C_b,$$

де $100 - W / 100$ - кількість сухої речовини в зерні; C_c — теплоємність сухої речовини зерна ($C_c = 1550$ Дж/(кг•К)); C_b — теплоємність води ($C_b = 4190$ Дж/(кгК)).

Оскільки теплоємність води майже втричі вища за теплоємність сухої речовини зерна, з підвищенням вологості теплоємність зерна підвищується, що вимагає значного збільшення затрат енергії на нагрівання. Цю властивість враховують при тепловому сушінні зерна, оскільки витрати палива з розрахунку на 1 кг випаровуваної вологи залежать від початкової вологості зерна.

Теплопровідність зернової маси полягає у її здатності переносити теплоту від ділянок з високою до ділянок з нижчою температурою.

Зернова маса через наявність у ній повітряних проміжків має низьку теплопровідність, яка коливається у межах 0,2 - 0,3 Вт/(м•К) (для порівняння теплопровідність міді становить 300 - 390, сталі — 68 Вт/(м•К), із збільшенням вологості зернової маси її теплопровідність зростає — коефіцієнт теплопровідності води — 0,5 Вт/(м•К).

Температуропровідність — швидкість зміни температури в зерні та його теплова *ітрія*. Коефіцієнт температуропровідності зернової маси коливається в межах $1,7 \cdot 10^{-7}$ — $1,9 \cdot 10^{-7}$ м²/с і залежить від коефіцієнта теплопровідності (I), питомої теплоємності (C) та щільності (d) зерна:

$$\alpha = \lambda / Cd.$$

Фізіологічні властивості зернових мас. Зернова маса є складною біологічною системою — сукупністю живих організмів з приблизно однаковими вимогами до умов життя. Процеси, які відбуваються в зернової масі в результаті життєдіяльності її компонентів (зерна, насіння культурних рослин та насіння бур'янів, мікроорганізмів, комах, кліщів), називають *фізіологічними*. Життєдіяльність зернової маси під час зберігання виявляється у вигляді дихання, післязбирального дозрівання, проростання. Ці процеси мають велике практичне значення, оскільки вміння регулювати їх дає змогу зберегти зерно і скоротити втрати ним сухої речовини.

Період, протягом якого зерно й насіння зберігають свої споживчі якості (посівні, технологічні, продовольчі), називають **довговічністю**. Розрізняють довговічність біологічну, господарську і технологічну.

Біологічна довговічність зерна і насіння означає проміжок часу, протягом якого в партії або зразку їх зберігаються здатні до проростання хоча б одиничні насінини. Особливе значення для практики має *господарська довговічність* зерна і насіння, тобто період зберігання, протягом якого їх схожість залишається кондиційною і відповідає вимогам державного нормування.

Технологічна довговічність — це строк зберігання товарних партій зерна, протягом якого вони не втрачають своїх якостей для використання на харчові, фуражні й технічні потреби. Технологічні властивості зерна зберігаються довше, ніж насінні.

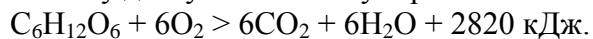
За біологічною довговічністю насіння всі рослини поділяють на *мікро-*, *мезо-* і *такробиотики*. Перші зберігають схожість від кільці їх днів до 3 років, другі — від 3 до 15 років, треті — від 15 до 100 років. Насіння більшості сільськогосподарських рослин належить до мезобіотиків і зберігає схожість за сприятливих умов протягом 5-10 років. Найдовговічнішим є насіння бобових (квасолі, бобових кормі тих трав та ін.), вівса, сорго, пшениці, менш довговічним — ячменю, кукурудзи, найменш довговічним — жита, проса, тимофіївки.

Найпоширеніша причина зниження життєздатності насіння при тривалому зберіганні — поступова дегенерація хроматину в клітинному ядрі, внаслідок чого порушуються процеси поділу клітин. Дослідження природи загибелі насіння Під час зберігання та причин їх різної довговічності тривають і нині.

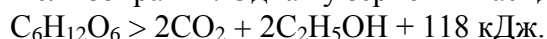
Збереженість борошномельних і хлібопекарських властивостей зерна при тривалому зберіганні залежить від його початкових характеристик і ознак. Різкі температурні та механічні впливи на зерно під час зберігання спричинюють значні зміни його якості. Борошномельні та хлібопекарські властивості зерна жита і пшениці через 7-10 років зберігання залишаються переважно без істотних змін.

З подовженням строку зберігання зерна круп'яних культур ядро його стає крихкішим, внаслідок чого зменшується вихід доброякісної крупи. В насінні олійних культур відбуваються розкладання й Окислення жирів. Вихід олії з такого насіння не знижується, але Ріши малоприсадна для харчових та деяких технічних цілей. Чим Нижчий рівень біологічної активності зернової маси, тим менші Втрати нею сухих речовин і тим краща кількісна та якісна збереженість зерна. При зберіганні зерна пшениці, жита, ячменю за оптимальних умов втрати сухих речовин протягом року не перевищують 0,1 %.

Дихання — *важливий фізіологічний процес, який є основою обміну речовин у живих організмах.* Під час дихання відбувається процес дисиміляції запасних органічних речовин, переважно цукрів, внаслідок якого виділяється енергія, необхідна для підтримання життєвих реакцій організму. Тільки невелика частина енергії дихання зерна використовується для його потреб; більшість її (90 -95%) виділяється у вигляді теплоти, зумовлюючи підвищення температури зернової маси, погіршення її збереженості. Розрізняють аеробне й анаеробне дихання зернової маси. **Аеробне дихання** відбувається при вільному доступі кисню. Сумарно його можна виразити таким рівнянням:



Поглинання зерном кисню та виділення вуглекислого газу і воді змінюють газовий склад повітря міжзернових нових щілин, що може погіршити збереженість зерна насінного призначення, У зерна підвищеної вологості весь об'єм кисню міжзернових щілин може бути витрачений протягом першої доби після збирання. Однак у зерновій масі дихання триває і після повного використання кисню;



У цьому разі відбувається неповний гідроліз запасних речовин утворюється значна кількість етилового спирту, що призводить до самоотруєння і загибелі зародка зернівки.

Процес дихання зерна можна оцінити за допомогою **дихального коефіцієнта** — відношення об'єму вуглекислого газу, що виділився, до кількості кисню, витраченого безпосередньо у процесі дихання. Цей коефіцієнт дорівнює одиниці, якщо процес відбувається точно за рівнянням аеробного дихання. Якщо на дихання витрачаються речовини, багатші на кисень, ніж цукор (щавлева або винна кислота), то коефіцієнт дихання більший за одиницю. І навпаки, якщо процес дихання відбувається за рахунок речовин з невеликим вмістом кисню (жирних кислот) і при цьому жир перетворюється на цукор (у насінні олійних культур), то об'єм кисню, що використовується, перевищуватиме об'єм виділеного вуглекислого газу і коефіцієнт дихання буде меншим за одиницю. Аналіз наведених вище рівнянь свідчить, що дихання зернової маси супроводжується втратою маси зерна внаслідок витрати гексози, підвищенням вологості зерна і відносної вологості повітря між-зернового простору та зміною його складу, утворенням тепла в зерновій масі, яка зберігається. При інтенсивному диханні зернової маси за сприятливих умов втрати сухих речовин можуть бути значними.

Втрати маси сухого зерна при його зберіганні називають природними.

Інтенсивне дихання зернової маси супроводжується її зволоженням, оскільки вода, що виділяється в результаті окислення гексози, сортується зернами. Це призводить до збільшення відносної вологості повітря міжзернового простору та подальшого посилення інтенсивності дихання зернової маси.

При диханні зернової маси витрачається кисень і виділяється вуглекислий газ, внаслідок чого в насипі збільшується вміст вуглекислого газу і зменшується вміст кисню, тобто змінюються умови

зберігання. В партіях зерна створюються анаеробні умови, що супроводжуються виділенням етилового спирту, який пригнічує його життєдіяльність та призводить до втрат схожості.

Анаеробне дихання зерна іноді поряд із спиртовим бродінням частково супроводжується молочнокислим, за якого з глюкози утворюється молочна кислота та виділяється енергія:



Для того, щоб запобігти цим небажаним явищам, зерно насінневого призначення треба зберігати в умовах з достатнім доступом повітря.

У процесі дихання зернової маси (зерна, насіння, мікроорганізмів, шкідників) виділяється значна кількість теплоти. Частина її використовується для внутрішніх перетворень у зерні, а решта — вивільняється і надходить у навколишній простір. Тому найкращу збереженість зерна можна забезпечити тоді, коли воно в період зберігання перебуває у стані анабіозу, тобто в стані пониженої життєдіяльності (понижена інтенсивність дихання). Інтенсивність дихання визначають за кількісними втратами маги сухої речовини зерна, виділеної теплоти, використаного кисню та виділеного вуглекислого газу зерновою масою при певних значеннях вологості, температури і доступу повітря. Інтенсивність процесу дихання виражають у міліграмах або в кубічних сантиметрах вуглекислого газу, що виділився з 1000 г сухої речовини зерна за добу.

Післязбиральне дозрівання і проростання зерна. Якість свіжозібраного зерна залежить переважно від умов дозрівання, стиглості та вмісту вологи в період збирання і подальшого зберігання. Свіжозібрана зернова маса неоднорідна за вологістю і стиглістю окремих зерен, має високу фізіолого-біохімічну і мікробіологічну активність, понижені енергію проростання та схожість, по пінні технологічні властивості, нестійка під час зберігання.

При правильному зберіганні зерна через кілька тижнів воно набуває якостей нормального повноцінного. Процеси, які відбуваються її зерні й насінні під час зберігання та приводять до поліпшення його посівних і технологічних якостей, **називають післязбиральним дозріванням**. Характеризується воно двома показниками: підвищенням схожості та зниженням інтенсивності дихання.

Дослідження показали, що в результаті складних біохімічних процесів змінюються хімічний склад і властивості зерна, зменшується активність ферментів, відбувається перетворення низькомолекулярних сполук на більш складні, знижуються вміст цукрів, небілкових азотистих речовин, кислотне число жиру і титрована кислотність. Разом з тим збільшується вміст білків, крохмалю, жиру та поліпшуються технологічні і посівні властивості зерна. Тривалість періоду післязбирального дозрівання зерна залежить, крім сортових особливостей, від умов його наливання і дозрівання в полі та умов подальшого зберігання. Основними показниками є температура і вологість середовища. Якщо в період наливання і дозрівання зерна була дощова й прохолодна погода, то тривалість періоду його післязбирального дозрівання збільшується. Воно значно прискорюється, якщо зерно після збирання висушене до вмісту зв'язаної вологи і зберігається при підвищеній температурі (20 - 22°C) та доброму доступі кисню. Для прискорення післязбирального дозрівання зерно сушать на установках активного вентилявання або зберігають після збирання в сухому стані при температурі 20 - 22°C протягом двох-трьох тижнів, з наступним охолодженням активним вентиляванням. Доведемо, що післязбиральне дозрівання відбувається тільки тоді, коли процеси синтезу в зерні й насінні переважають над процесами гідролізу, а вологість їх нижча за критичну або в межах критичної. У зерні з підвищеною вологістю процеси гідролізу переважають над процесами синтезу і якість зерна не поліпшується, а погіршується. Сухе зерно, добрий доступ повітря та підвищена температура — основні фактори післязбирального дозрівання. Так, за сприятливих умов вберігання процеси післязбирального дозрівання зерна пшениці закінчуються протягом 1-1,5 міс, жита 10-15 діб вівса 20 діб, ячменю 6-8 міс. Насіння олійних культур також має певний період післязбирального дозрівання. Насіння кукурудзи після сушіння (видалення надлишкової вологи) зразу стає фізіологічно повноцінним.

Проростання зерна. При різкому порушенні режиму обробки і зберігання зерна в насипу можуть проростати як окремі зерна так і цілі шари зернової маси. Однак для проростання зерна необхідні певні умови - достатня вологість, тепло і доступ повітря.

Зерно починає проростати тільки при поглинанні крапельно-рідкої вологи та зволоженні до 40 % і вище, наприклад, при сильному зволоженні зернової маси опадами або ґрунтовою вологою чи в результаті конденсації води за різких перепадів температури.

Якщо для індивідуального розвитку рослини (онтогенезу) проростання зерна — звичайний етап життєвого циклу, то для зберігання і промислової переробки цей процес небажаний оскільки призводить до зниження його якості та псування. Проросле зерно має зародковий корінець і брунечку, коричневе

забарвлення зародка, збільшений об'єм, понижені сипкість та в'язкість водно - борошністої суспензії, підвищений вміст розчинних у воді речовин. Вміст сухої, речовини в такому зерні значно зменшується, оскільки на проростання й підвищення інтенсивності його дихання витрачається велика кількість органічних речовин.

Якість клейковини пророслого зерна м'якої пшениці змінюється більше, твердої - менше. Борошно з пророслого зерна солодке на смак, що знижує його хлібопекарські властивості. Крім того при переробці на борошно змінюються режими підготовки його до розмелювання та самого розмелювання. Найефективнішим заходом підвищення якості хліба з такого борошна на хлібозаводі є збільшення кислотності тіста на 1 - 2°, чого досягають застосуванням рідких дріжджів. При цьому активність α -амілази знижується і стан м'якушки випеченого хліба значно поліпшується для підвищення якості житнього борошна з пророслого зерна його сушать при підвищеній температурі (65 - 70 °С) або застосовують гідротермічну обробку, зволожуючи перед розмелюванням до 23 - 25% і прогріваючи близько 2 хв. при 75-78 °С. Тривалість зберігання житнього борошна з мало пророслого зерна -2-3 тижні. Ретельний контроль за вологістю зерна в різних шарах і ділянках насипу, запобігання утворенню краплинно-рідкої волога в зерновій масі - основні заходи запобігання проростанню зерна під час його зберігання.

Самозігрівання зернових мас — це підвищення її температури внаслідок фізіологічних процесів, які відбуваються в ній, та низької теплопровідності. Можливе при зберіганні зерна на токах, у зерносховищах, при транспортуванні у вагонах або суднах. У процесі аеробного дихання сирого й особливо свіжозібраного зерна виділяється теплота, яка підвищує температуру зернової маси навіть при відносно невисоку (0,7— 1 м) його насипу. Це пояснюється тим, що теплопровідність зерна дуже низька і майже вся утворювана при цьому теплота витрачається на його нагрівання. Крім того, підвищенням температури зернової маси посилюється інтенсивність її дихання, внаслідок чого теплота виділяється в значній кількості й акумулюється в зерновій масі. Отже, фізіологічною основою самозігрівання є дихання всіх живих компонентів зернової маси, яке призводить до значного виділення тепла, а фізичною - її погана теплопровідність. Як наслідок, утворення тепла в тій чи іншій ділянці зернового насипу перевищує віддачу його в навколишнє середовище, тобто викликає самозігрівання.

Самозігрівання, що почалося в зерновій масі, не припиняється мимовільно до повного його закінчення. Цей процес закінчується тільки тоді, коли температура підвищується до меж, яких не витримують живі компоненти зернової маси і гинуть. Тому якщо вжити Термінових заходів щодо припинення самозігрівання зернової маси, то воно може повністю втратити посівні, продовольчі, фуражні й технічні якості. Гранична температура зерна при самозігріванні 55-65°C, Самозігрівання свіжозібраного зерна відбувається досить інтенсивно — граничної температури воно набуває вже через 2-4 доби.

Утворенню і нагромадженню теплоти в зерновій масі сприяють Інтенсивне дихання зерна основної культури та зерен і насінин, які входять до складу домішок; активний розвиток мікроорганізмів; інтенсивна життєдіяльність комах і кліщів. Насіння бур'янів, маючи вищу інтенсивність дихання порівняно з інтенсивність дихання порівняно зерна, сприяє більшому нагромадженню в ньому теплоти. Особливо багато її виділяється в неочищеному зерні з підвищеною вологістю і вмістом зелених часточок рослин та насіння бур'янів.

У процесі життєдіяльності комах та кліщів також виділяється певна кількість теплоти. При великих зараженості зерна і скупченнях шкідників в окремих ділянках насипу виділяється значна кількість теплоти, що також призводить до його самозігрівання. Самозігрівання сухого зерна, яке зберігається при температурі 20-30 °С, може виникнути внаслідок розвитку в ньому комірного довгоносика або трипалого зберігання.

Самозігрівання — явище комплексне, тобто це результат інтенсивного дихання самого зерна і мікроорганізмів, що містяться у зерновій масі. Однак не будь-яке підвищення температури у зерновій масі треба розглядати як початок розвитку процесу самозігрівання, оскільки температура в ній може підвищуватися, наприклад, через поступове прогрівання у весняний і літній періоди. Інтенсивність, якою виникає і розвивається процес самозігрівання, залежить від стану зернової маси, стану конструкції зерносховищ, умов зберігання зерна в сховищах і догляду за ним. При зберіганні зерна ділянка насипу, у якій спостерігається підвищена фізіологічна активність, може стати осередком самозігрівання. Залежно від стану зернової маси та умов зберігання самозігрівання може виникнути в різних частинах насипу, У практиці зберігання зерна розрізняють самозігрівання гніздове, шарове й суцільне.

Гніздове самозігрівання виникає у будь-якій частині зернової маси при наявності однієї з таких причин:

- 1) зволоження зернової маси при протіканні дахів або недостатній гідроізоляції стін сховищ;
- 2) засипання в одне сховище або одну засіку зерна різної вологості, внаслідок чого створюються осередки (гнізда) з підвищеною вологістю;
- 3) наявності в зерновій масі ділянок з підвищеним вмістом домішок і пилу;
- 4) скупчення комах і кліщів в одній ділянці насипу.

Отже, гніздове самозігрівання зерна можливе лише при порушенні основних правил його розміщення і догляду за ним.

Шарове самозігрівання зернової маси виникає при зберіганні її в силосах, сховищах, буртах. Називається так тому, що шар зерна в якому відбувається самозігрівання, міститься в насипі, котрий має вигляд горизонтального або вертикального пласта. Самозігрівання може виникати в нижньому (низове самозігрівання) або верхньому (верхове) шарі насипу, біля стін зерносховища (вертикально-пластове).

Основною причиною шарового самозігрівання є така фізична властивість зернової маси, як термовологопровідність — переміщення вологи в зерновій масі в напрямі струменя теплоти, що зумовлюється перепадом температур.

Верхове самозігрівання виникає при зберіганні зернової маси переважно в періоди з найбільшим перепадом температури зерна навколишнього середовища, тобто пізно восени і рано навесні. Горизонтальний пласт зерна, в якому відбувається самозігрівання розміщений на глибині 0,7- 1,5 м від поверхні зернового насипу, при товщині останнього у сховищі 1 — 1,5 м — на глибині 0,15 — 0,25 м від його поверхні. Розвиток верхового самозігрівання умовно можна уявити так. Восени в зерносховища закладають недостатньо охолоджене свіжозібране зерно з підвищеною фізіологічною активністю. Внаслідок інтенсивного дихання зерна та інших процесів повітря в міжзерновому просторі нагрівається і зволожується. Потоки *теплого* й вологого повітря піднімаються вгору, стикаючись на своєму шляху з верхніми шарами насипу, які охолоджені холодним атмосферним повітрям, внаслідок чого відбувається конденсація водяної пари. Температура шару, який зволожується, стає сприятливою для розвитку мікробів та посиленої життєдіяльності зерна. Навесні і на початку літа, коли внутрішня частина зернової маси має низьку температуру, а верхні її шари прогріваються теплим повітрям, також можливі конденсація водяної пари і посилений розпиток фізіологічних процесів у зерні. Весняне верхове самозігрівання характерне для теплої ранньої весни після зими із сильними морозами. При різкому перепаді температур в цей час спостерігається верхове самозігрівання сухого зерна або зерна, яке довго зберігається.

При верховому самозігріванні у зв'язку з тепломасообмінними процесами у зерновій масі температура внутрішніх її ділянок, що розміщені нижче шару, який нагрівається, підвищується, як правило, повільно. Щоб ліквідувати верхове самозігрівання, верхній пласт зерна знімають, охолоджують, сушать і розміщують в іншому сховищі.

Низове самозігрівання розвивається у нижньому шарі насипу зерна на відстані 0,2 - 0,5 м від підлоги або основи силосу елеватора. Зазвичай виникає влітку або восени при завантаженні свіжозібраного неохолодженого зерна у склади з холодною підлогою. Таке самозігрівання часто супроводжується проростанням та злежуванням зерна в нижньому шарі насипу і при недогляді може призвести до суцільного самозігрівання. Ліквідувати його можна лише активним вентиляванням.

Вертикально-пластове самозігрівання характерне для зернових мас які зберігаються в металевих бункерах, силосах елеватора або в сховищах, при зволоженні будь-якої стіни, що контактує із зерною масою. Виникає у вертикальному шарі зерна на відстані 0,5 - 0,6 м від стіни. Йому можна запобігти, якщо стіна засіки буде віддалена на 0,5 - 0,6 м від зовнішньої стіни сховища.

Суцільне самозігрівання можливе в зерновій масі з високою вологістю і великим вмістом незрілих зерен та домішок, а також коли осередки самозігрівання не ліквідовано. Колір зерна при цьому змінюється до темно-коричневого і навіть чорного. На початку самозігрівання (при температурі до 30°C) зерно набуває комірного запаху, незначно темніє, на зародку з'являється плісневий наліт. Після охолодження і сушіння таке зерно використовують на продовольчі цілі та для підсортовування до зерна нормальної якості. Під час самозігрівання (температура до 34 - 38 °C) змінюється якість зерна: знижується сипкість, виникають солодовий запах і плісень, найбільш: вологі зерна темніють. Таке зерно на продовольчі цілі непридатне, оскільки хлібопекарські якості його значно погіршуються. При запущеній формі самозігрівання температура зерна підвищується до 50 °C і більше. Різко знижується сипкість зернової маси (або вона втрачається зовсім), зерно набуває коричнево-чорного або чорного кольору, виникають затхлий та гнильно-затхлий запахи. Щоб запобігти псуванню зерна, треба вжити термінових заходів, оскільки таке зерно непридатне для продовольчих чи фуражних цілей.