

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра «Процесів, машин та обладнання в агроінженерії»

Кваліфікаційна робота

на правах рукопису

БОНДАРЕНКО БОГДАН МИХАЙЛОВИЧ

УДК 632.4/.937: 635.21

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ТРАВМУВАННЯ БУЛЬБ В
ТЕХНОЛОГІЯХ ЗБИРАННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ КАРТОПЛІ**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____Б.М.Бондаренко

Керівник роботи

Грабар І.Г.

Доктор технічних наук, професор

Житомир – 2021

АНОТАЦІЯ

Бондаренко Б.М. Моделювання впливу травмування бульб в технологіях збирання та зберігання картоплі.

Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

Кваліфікаційна робота викладена на 62 сторінках комп'ютерного набору, вона містить 4 таблиці та 9 рисунків. Складається зі вступу, 3 розділів, висновків, рекомендацій виробництву. Список використаних джерел включає 70 найменування.

У роботі показано як впливає травмування бульб на подальше зберігання та реалізацію.

Дослідження впливу травмування картоплі різними видами сепаруючих агрегатів картоплезбиральних комбайнів, які призводять до подальшого утворення гнильних утворень. В цій роботі наведено які є види наслідків після травмування нанесені сепаруючими агрегатами картоплезбираючими комбайна і як в подальшому відбувається зберігання та самозагоєння травм.

Для одержання високого врожаю картоплі потрібно звести до мінімуму травмування бульб та дотримувати певних умов для зберігання.

Після проходження післязбиральної обробки ці бульби попадають до сховища і на протязі певного періоду зберігання вона сама заживляє ці синці, але для кожного сорту картоплі цей період може бути різний, і все залежить від умов зберігання, які встановленні у сховищі. Цей період може тривати від 2 - 3 тижнів до 3 - 4 місяців.

Ключові слова: картопля, структура урожаю, урожайність, травмування, збирання, зберігання, умови зберігання, сховище

SUMMARY

Bondarenko B.M. Modeling the impact of tuber injury in potato harvesting and storage technologies.

Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for a master's degree in 208 "Agricultural Engineering". - Polissya National University, Zhytomyr, 2021.

The qualification work is presented on 62 pages of a computer set, it contains 4 tables and 9 figures. It consists of an introduction, 3 sections, conclusions, recommendations for production. The list of used sources includes 70 names.

The paper shows how injury to tubers affects further storage and sale.

Investigation of the impact of potato injury by different types of separating units of potato harvesters, which lead to the further formation of putrefactive formations.

This paper presents the types of consequences after injury caused by separating units of potato harvesters and how further storage and self-healing of injuries occurs.

To obtain a high yield of potatoes, it is necessary to minimize injury to tubers and adhere to certain storage conditions.

After post-harvest treatment, these tubers enter the storage and during a certain period of storage it heals these bruises, but for each variety of potato this period may be different, and it all depends on the storage conditions set in the storage. This period can last from 2-3 weeks to 3-4 months.

Key words: potato, crop structure, yield, injury, harvesting, storage, storage conditions, storage

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. Аналітичний огляд літератури та обґрунтування теми кваліфікаційної роботи	7
1.1. Значення та виробництво картоплі в Україні та світі	7
1.2. Аналіз способів виділення домішок та конструкцій сепараторів	9
1.3. Аналіз способів та пристроїв для сортування картоплі	15
1.4. Вплив вібрації на інтенсифікацію технологічних процесів	23
РОЗДІЛ 2. Основні параметри травмування бульб картоплі	26
2.1. Потемніння м'якоті картоплі: причини появи і можливості запобігання	26
2.2. Фактори травмування картоплі	29
2.3. Ростові тріщини і вічкування бульб картоплі: можливості контролю	31
2.4. Можливості запобігання брусінгу	33
2.5. Захист і стимулювання насіннєвого матеріалу картоплі при посадці	35
РОЗДІЛ 3. Вплив механічних пошкоджень бульб картоплі	37
3.1. Вплив механічних пошкоджень бульб картоплі	37
3.2. Визначення загальної сухої речовини	39
3.3. Вимірювання чорної плями	40
ВИСНОВКИ	51
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	55

Вступ

Актуальність теми. Виробництво кормових культур є стратегічною галуззю економіки України. Завдяки високій врожайності інтерес до вирощування картоплі зростає. Значна ефективність вирощування потребує і кращої агротехніки, визначне місце в якій займає організація живлення на протязі всього періоду вегетації культури. Тому головним завданням у сучасних умовах є не тільки пошук найбільш оптимальних організаційно-технологічних прийомів ефективного використання наявного природно-ресурсного потенціалу, але і його збереження та відпрацювання стратегії сталого розвитку аграрного виробництва на засадах більш повного та екологічно безпечного використання як природного потенціалу, так і ресурсів промислового походження.

Тому, сучасні тенденції розвитку галузі рослинництва в Україні вимагають застосування новітніх способів збирання, оскільки саме збирання є найсуттєвішим чинником впливу на подальше зберігання продукції сільськогосподарських культур. Одним із інноваційних способів збирання є подкопування, оскільки цей спосіб дає можливість нанести менші пошкодження бульбам картоплі у конкретний період, враховуючи біологічні особливості та частковим усуненням впливу зовнішніх стресів.

Одним із найбільш ефективних засобів впливу на врожайність і якість зібраного матеріалу є вчасне збирання. Це відіграє таку ж важливу роль в одержанні високих врожаїв. При цьому надає можливість зібрати більшу кількість бульб не пошкодженої природними явищами такі як ерозія, холод.

Мета і завдання дослідження. Мета дослідження полягала у моделюванні впливу травмування бульб у технологіях збирання та зберігання картоплі

Об'єктом дослідження було визначення як впливає травмування бульб картоплі на подальше зберігання

Предметом досліджень було показано, що відбувається з бульбою картоплі, яка була травмована, її загоєння і подальша реабілітація підчас зберігання

Методи дослідження: 1) лабораторний метод – для визначення кількісних і якісних характеристик об'єктів дослідження; 2) математико-статистичний – для

оцінки достовірності отриманих результатів досліджень; 3) розрахунково-порівняльний – для економічної та енергетичної оцінки ефективності застосування різних видів робочих органів для картоплезбиральних комбайнів

РОЗДІЛ І

Аналітичний огляд літератури та обґрунтування теми кваліфікаційної роботи

1.1. Значення та виробництва картоплі в Україні та світі

Картопля (*Solanumtuberosum L*) є найважливішою продовольчою культурою у світі після пшениці, рису та кукурудзи. У всьому світі споживає понад мільярд людей, а картопля є частиною раціону півмільярда людей у країнах, що розвиваються. У світі щорічно виробляється близько 310 мільйонів тонн картоплі. Найбільшим виробником картоплі в світі є Китай. Ця країна виробляє майже 60 мільйонів тонн загального світового виробництва, за нею йдуть Росія, Індія та США (FAO, 2009).

Кожна технологічна система збирання врожаю та післяжнивної обробки вимагає використання машин, робочі елементи яких створюють навантаження на рослинний матеріал, що дозволяє продукту бути задовільним як за кількістю, так і за якістю (рис. 1). З одного боку, для того, щоб машина могла функціонувати відповідно до свого призначення, необхідний механічний вплив, але з іншого боку, це часто призводить до небажаних наслідків (втрат). Прагнення збільшити продуктивність машини пов'язане зі все більш агресивним впливом машин на матеріал, що зазвичай призводить до більшої шкоди посівам. Раціональне використання машин для збирання та післяжнивної обробки може здійснюватися шляхом відповідного вибору та керування робочими параметрами, а також шляхом вибору найкращого часу для виконання технологічного процесу двома способами.

Бульби картоплі збирають за допомогою комбайнів тільки для переробки. Збір для споживання до тих пір відбувається вручну. Це не означає, що за цією технологією фрукти не контактують безпосередньо з механічними елементами. Під час збирання використовуються різні типи пристроїв для

полегшення ручного збирання та збільшення виходу (конвєсри, елеватори). Останнім часом використання автономних роботів для збору бульб значно зменшує вплив навантаження, що є причиною пошкодження бульб. Подальший розвиток цих роботів, безсумнівно, допоможе зменшити шкоду, завдану бульбам, особливо якщо вони збираються для безпосереднього споживання.

Ядав С., 2014 р. розглянув, що під час збирання, транспортування та зберігання бульби картоплі піддаються ударним пошкодженням, які варіюються від внутрішнього розчісування чорної плями, що знижує якість і збільшує втрати. Під час різних операцій з обробки картоплі картопля рухається в довільних напрямках і вдаряється об бічні стінки, стрижні транспортера або вдаряється одна картопля об іншу, викликаючи як внутрішні синці, так і зовнішні пошкодження. Щоб мінімізувати механічні пошкодження під час роботи, напругу необхідно підтримувати на певному значенні. Тому необхідно вимірювати резонансну частоту, модуль пружності та коефіцієнт загасання. Це допоможе розробити обладнання для обробки картоплі та завантаження картоплі під час транспортування та зменшить внутрішні та зовнішні пошкодження картоплі.

Механічні пошкодження є основною причиною втрат картоплі після збору врожаю (FAO. 1989), особливо в нерозвинених країнах, і в цьому відношенні необхідні значні дослідження. Механічні пошкодження виникають у системі післязбиральної обробки в основному двома способами: силами удару та зусиллями стискання. Надмірний вплив відбувається під час збирання, сортування, обробки та транспортування (Шафіур Рахман, М., 1999).

Основною причиною втрат картоплі є механічні пошкодження (забиття) внаслідок удару. Цей вплив може бути результатом вібрації або раптового падіння бульб з певної висоти. Протягом багатьох років було проведено кілька досліджень для оцінки механічних властивостей та схильності до пошкоджень картоплі. Чутливість до ударів картоплі була визначена як такі, що мають такі

компоненти, а саме поріг удару та стійкість до удару (*Bajema and Hyde 1998*). Синці на картоплі виникають, коли бульби труться одна об одну, пакувальні контейнери, частини технологічного обладнання та дерево (*Altisent 1991*).

Посиніння бульб є одним із найважливіших факторів, що обмежують механізацію та автоматизацію збирання, сортування та транспортування картоплі. Темні плями, що з'являються біля поверхні бульб, з'являються внаслідок попередніх сильних механічних контактів виробів з іншими тілами. Ступінь синців зазвичай описується в термінах об'єму синців (*Vlahovec et al. 2004*), який тісно пов'язаний з якістю продукту. Синці належать до всієї шкали механічних пошкоджень картоплі, що призводять до втрати врожаю, що виражаються в десятках відсотків (*Varitelle et al. 1999*).

Механічний вплив на бульби картоплі під час збирання врожаю та подальшої обробки спричиняє не тільки зовнішні пошкодження, такі як розтріскування та потертості шкірки (*Hughes, 1980*), але також може призвести до внутрішнього знебарвлення тканин бульб від блакитно-сірого до чорного. Цей так званий синець чорної плями майже не видно зовні, оскільки він розташований приблизно на 2 мм під поверхнею бульби в області судинного кільця. Синці чорної плями зазвичай виникають протягом 1–3 днів після механічного впливу (*Burton, 1989; Molema, 1999*) і вважаються значною перешкодою для використання врожаю бульб у всьому світі, оскільки це сильно впливає на сприйняття споживачами (*Peters, 1996*).

1.2. Аналіз способів виділення домішок та конструкцій сепараторів

Післязбиральне та передпосадкове доопрацювання картоплі передбачає сепарацію ґрунтових і рослинних домішок, виділення дрібних і некондиційних бульб та сортування. Зазначені операції мають важливе технологічне значення для створення сприятливих умов під час зберігання при природній та активній

вентиляції бульб, а також впливають на зниження загальних втрат картоплі в період зберігання, підвищення якості процесу сортування та товарної підготовки бульб [16, 29, 56, 64].

Домішки, у вигляді вільного ґрунту та рослинних залишків, виділяють з за допомогою спеціальних механізмів різних конструкцій. Ефективність процесу сепарації значною мірою визначають види, вологість та фізико-механічні властивості домішок, у тому числі грудок ґрунту та рослинних залишків, що надходять із картоплею. В даний час застосовується кілька основних технологічних прийомів відділення домішок від картоплі, ефективність яких характеризується ступенем ушкодження бульб, продуктивністю пристроїв та повнотою виділення відповідного виду домішок [29, 95, 105].

Реалізація процесів сепарації домішок заснована на відмінності фізико-механічних властивостей компонентів вороху картоплі. Відома класифікація ознак поділу [35, 56], за якими може бути виконана сепарація домішок. Сепаруючі пристрої повинні задовольняти агротехнічні вимоги.

На основі ознак поділу [55, 66] можна класифікувати відокремлювачі бульб від домішок на дві групи:

- а) автоматичні електронні універсальні пристрої;
- б) механічні пристрої;

Відокремлювачі першої групи засновані на контролі кожного тіла, яке знаходиться в воросі за такими ознаками поділу: колір, блиск, флуоресценція ступінь поглинання різного виду випромінювання, електричні, акустичні властивості та ін.

Автоматичні відокремлювачі можуть забезпечити повне відділення бульб від домішок, і навіть виділення каміння. В лабораторних умовах ці відокремлювачі забезпечують стійкий поділ вороху з виділенням домішок у межах 95 – 98 %. Застосування цих пристроїв в умовах більшості господарств, які займаються вирощування картоплі обмежено через складність обладнання, високу вартість,

необхідності попереднього та ретельного очищення від ґрунту та миття бульб, невисокої надійності в роботі та які вимагають висококваліфікованого персоналу.

Механічні відокремлювачі здатні обробляти одержуваний з поля ворох без попереднього підробітку, що дозволяє створювати високопродуктивні сепаратори.

Чутливість пристроїв до відмінностей фізико-механічних властивостей бульб та домішок визначає можливість та якість сепарації. Тому, вивчення можливості поділу зазначеним методом ґрунтується на дослідженні фізико-механічних властивостей бульб та домішок.

Відділення бульб від домішок у механічних сепараторах засноване на наступних фізико-механічних властивостях: коефіцієнти форми, коефіцієнти тертя, коефіцієнти відновлення швидкості, маса, щільність, розмір та міцні властивості [19, 74, 78, 82,]. З усіх цих властивостей найбільшу практичну реалізацію в механічних сепараторах отримали: коефіцієнти тертя кочення та ковзання, а також розмірна ознака.

До відокремлювачів, робота яких заснована на ознаках поділу - коефіцієнти тертя ковзання та кочення належать поздовжні та поперечні пальчасті гірки або комбінації гірок. Подібні відокремлювачі прості за конструкції, здатні обробляти ворох без попереднього підробітку, працюють практично без пошкодження бульб, при цьому вони виділяють 50 - 80% бульб та 50 – 90 % ґрунту [56, 66]. Гірки з пальчастою поверхнею виділяють рослинні залишки та дрібні ґрунтові домішки. Ґрунтові домішки провалюються між пальцями, а рослинні залишки утримуються на їх кінцях, сприяючи кращому їх відділенню.

До недоліків подібних відокремлювачів можна віднести обмежену продуктивність, пов'язану з необхідністю подачі бульб в один шар і залежність від вологості оброблюваного матеріалу. За наявності великої кількості (до 40 %) сильно вологого ґрунту (до 30 %) поверхня гірки може залипати і полотно з пальчастого перетворюється майже на гладке, а рослинні домішки рухаються разом із бульбами, що знижує якість сепарації [100].

На виділення домішок за розмірною ознакою засновані пристрої просіючого типу: конвеєрні, гуркітні, вальцьові, пайлерні, пружинні (спіральні), роторно-пальцеві та кулачкові [7, 43].

Основне їх призначення, залежно від вологості ґрунту, це виділення дрібних ґрунтових і рослинних домішок, часткове руйнування грудок і частичне очищення бульб від налиплого ґрунту [7, 29, 44].

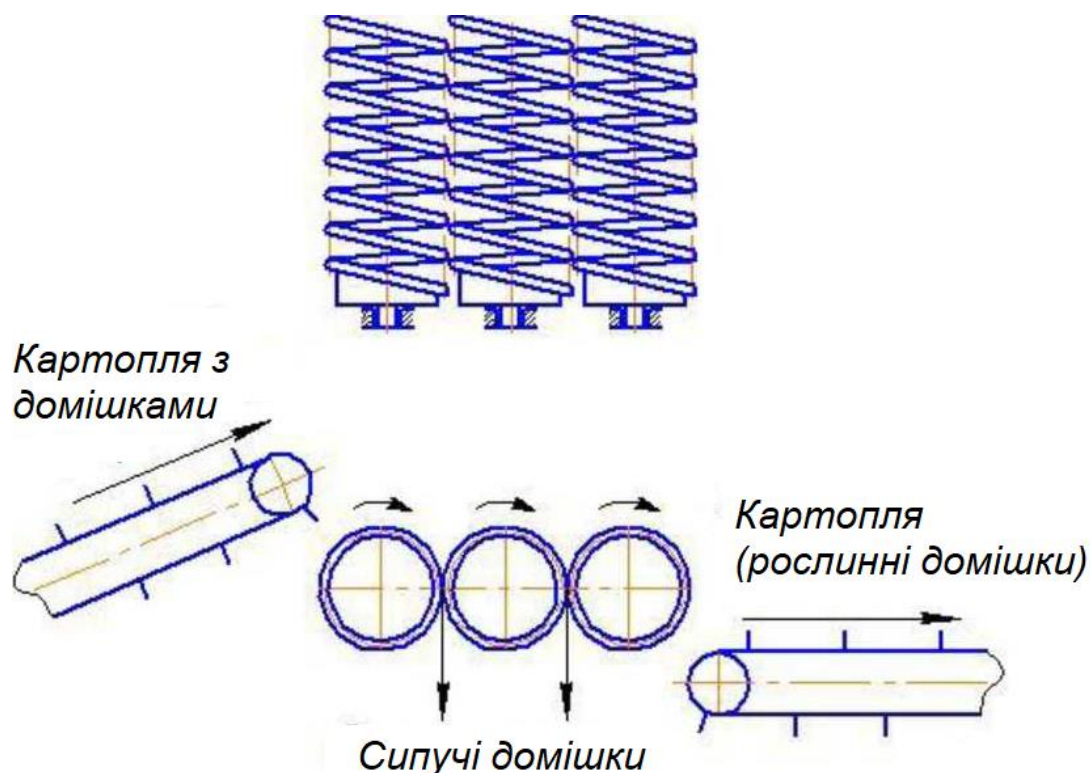
Форма робочих органів ротаційних сепараторів багато в чому визначає інтенсивність їх взаємодії з бульбами, здатність транспорту і якість обробки вороху, а також доцільність їх застосування з урахуванням ґрунтово-кліматичних та господарських умов. Ротаційні сепаратори можуть оснащуватися наступними робочими органами: дискові, пружинні, роторно-пальцеві, пайлерні та кулачкові.

Розглянемо найбільш поширені в господарських умовах ротаційні сепаруючі пристрої. До першої групи можна віднести широко відомий сепаратор картоплесортувального пункту КСП - 15 В, КСП - Б і КСП - 25, утворений дисковими робочими органами. До основних параметрів такого сепаратора відносяться: D – діаметр дисків; C – зазор між ними; n – частота обертання; L – довжина і B – ширина сепаратора. Велике значення на просування бульб по дисках сепаратора надають величини: зазор між дисками - C та діаметр дисків - D . Їх значення визначають виходячи з двох умов: перше - взаємодія одиночного тіла з дисками та друге - взаємодія двох тіл з дисками [29].

Дисковий сепаратор утворений набором валів із дисками. Якість його роботи значною мірою визначається видом ґрунтових домішок та їх вологістю. Сепаратор придатний для виділення в основному дрібних ґрунтових домішок, що просіюються. Експлуатація дискових сепараторів у господарських умовах показала, що за наявності у купі рослинних залишків та бадилля, спостерігається їх намотування на вали. У процесі роботи гумові обичайки стираються, зіскакують зі маточок і дуже недовговічні. При вологості ґрунтових домішок до 28% вони налипають на диски і сепарація різко погіршується. Крім того, дискові сепаратори

працюють в інтенсивному режимі з числом оборотів до $12,6 \text{ c}^{-1}$, для часткового запобігання налипанню ґрунту та сталого переміщення бульб. Інтенсивний режим значно підвищує швидкість зіткнення між бульбами і робочими органами, у результаті збільшується пошкодженість картоплі до 30% за масою [7, 99].

До групи сепараторів з пружинними робочими органами відносяться сепаратори, що використовуються в устаткуванні для післязбирального картоплі та коренеплодів зарубіжних фірм Miedema, Grimme та інших. Подібні сепаратори виконані за однією схемою з незначними відмінностями, наприклад матеріал робочих органів, способи очищення і т.п. Як типовий пружинний сепаратор розглянемо сепаратор голландської фірми Miedema BV. Його робоча поверхня утворена з блоку спіральних металевих пружин, розташованих послідовно один за одним і що обертаються в одному напрямку (малюнок 1.1).



Малюнок 1.1 – Схема пружинного сепаратора

На роботу пружинного сепаратора надають істотний вплив такі основні фактори: частота обертання валів з пружинами, відстань між сусідніми пружинами, природна вібрація пружини, кількість і вологість домішок у складі картопляного

вороху; подача картопляного вороху. При обробці вороху підвищеної вологості (до 30%) з великим вмістом ґрунтових і рослинних домішок (до 40%) ґрунт налипає на пружини і намотуються рослинні залишки. В результаті може відбуватися надлом пружин у місці кріплення до валу у крайньому положенні, що призводить до збільшення відстані між сусідніми пружинами. І тут ділянки сепарації з домішками виділяються бульби, збільшуються ушкодження внаслідок затискання і видавлювання бульб. Якість сепарації домішок знижується і з картоплею при завантаженні в насип йде значна кількість ґрунту з утворенням ґрунтових стовпів (малюнок 1.2).



Малюнок 1.2 - Якість роботи пружинного сепаратора

Робоча частота обертання пружин за даними [64, 82] становить $4,8 \dots 19,7 \text{ с}^{-1}$, що можна зарахувати до інтенсивного режиму. В результаті підвищує швидкість зіткнення між бульбами і робочими органами, що збільшує ймовірність пошкодження бульб.

Аналіз ротаційних сепараторів показує, що якість сепарації домішок і пошкодження бульб залежить від форми робочих органів та кінематичних параметрів сепараторів. Отже, при подальшій розробці робочих органів ротаційних сепараторів слід враховувати конструктивні особливості та кінематичні режими

найбільш перспективних робочих органів. Частота обертання робочих органів дискового сепаратора - $12,6 \text{ с}^{-1}$, пружинних робочих органів - $4,8 \dots 15,7 \text{ с}^{-1}$, пойлерних та кулачкових - $9,4 \dots 12,6 \text{ с}^{-1}$, роторно-пальцевих робочих органів до $6, 5 \dots 8,4 \text{ с}^{-1}$. За даними [5, 7] сепаратори на основі роторно-пальцевих робочих органів показали високу ефективність (до 95 %) та надійність функціонування при обробці вологого (до 35 %) та значно засміченого (до 40 %) вороху картоплі та рекомендовані

1.3. Аналіз способів та пристроїв для сортування картоплі

Кагати картоплі, що надходять на сортуючі пристрої, є сумішшю бульб різних фракцій. Завдання сортування полягає в розділенні бульб за розмірно-масовими характеристиками на фракції відповідно до вимог до оброблюваної продукції.

При завантаженні на зберігання в осінній період повний поділ на фракції зазвичай не передбачають, знижуючи цим пошкодження свіжоприбраних бульб. Наприклад, при закладці продовольчої картоплі на зберігання восени з усієї маси картоплі виділяють домішки та дрібні нетоварні бульби масою до 25 г. Така підробка вороху забезпечує шпаруватість насипу та гарну вентиляцію у процесі зберігання. У період зберігання або після сортування бульб на фракції [62, 90]. Для якісної підготовки посадкового матеріалу необхідно забезпечити максимально точне виділення насінневої фракції. Це дозволяє підвищити якість роботи посадкових машин, забезпечити рівномірність сходів та дозрівання бульб, а також забезпечити кращі умови для подальших технологічних процесів [88, 90].

Процес сортування картоплі різними механічними пристроями характеризується такими основними показниками: точність поділу бульб на фракції, питома продуктивність та ступінь пошкодження оброблюваного матеріалу [19, 29].

На ефективність процесу сортування картоплі у значній мірі впливають розмірно-масові характеристики бульб, умови роботи та особливості конструкції робочих органів та сортуючих пристроїв у цілому [15]. На відомих вітчизняних та зарубіжних сортуваннях поділ бульб на фракції проводиться за розмірною ознакою на робочих органах з різними формами отворів, що калібрують.

Підвищенню продуктивності може сприяти також інтенсивне розосередження бульб і зменшення часу перебування бульби над отвором, що калібрує, тобто час, протягом якого відбудеться порівняння розмірів калібруючого отвору з розміром бульби, по якому відбувається сортування. Для забезпечення цієї умови необхідно, щоб бульба була орієнтована відповідним розміром (ширина, товщина, Я - розмір) над отвором, що калібрує. Орієнтування бульби може бути реалізовано за двома основними варіантами. Перший характеризується інтенсивним переміщенням бульб з відривом від робочої поверхні та носить імовірнісний характер. Другий – шляхом спрямованого орієнтування бульб робочими органами або спеціальними механізмами при мінімальному відносному переміщенні бульб [81]. Це дозволяє збільшити продуктивність сортуючих пристроїв і зменшити пошкодження картоплі при сортуванні за рахунок скорочення часу взаємодії бульб з робочими органами до проходження їх в отвори, що калібрують.

Отже, чим більше бульб отримають спрямоване орієнтування за більш короткий проміжок часу і пройдуть в отвори, що калібрують, або перейдуть на наступну ділянку, тим вище буде продуктивність сортуючої поверхні. Тому, застосування в сортуючих пристроях механізмів для спрямованого орієнтування бульб, а також робочих органів, конструкція яких сприяє орієнтуванню бульб, може підвищити продуктивність і є перспективним напрямом розвитку конструкцій сортуючих пристроїв.

Особливу увагу при сортуванні картоплі звертають на зниження рівня механічних пошкоджень бульб, особливо свіжозібраних. Виникнення пошкоджень

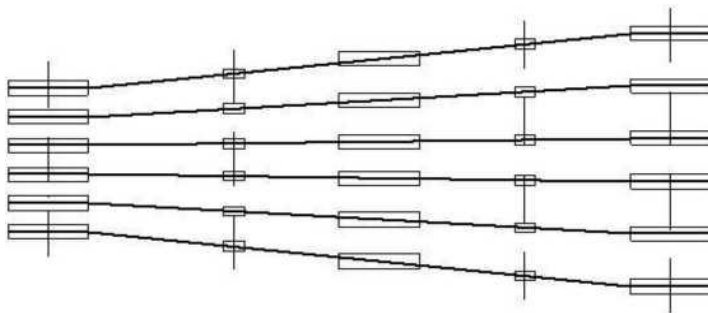
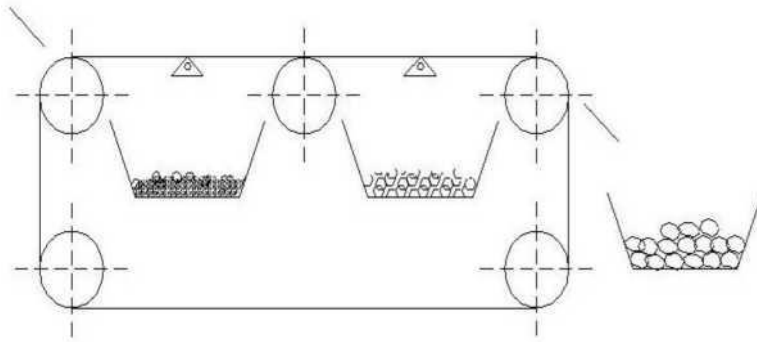
тісно пов'язане з кількістю механізмів, задіяних у циклі післязбиральної доробки картоплі, технологічних переходів та рівня перепадів між механізмами. Збільшенню пошкоджень бульб сприяють також значні відносні швидкості та зіткнення бульб та елементів сортуючої поверхні зумовлених режимом функціонування.

Для зниження контактних пошкоджень бульб при взаємодії з робочими органами сортувань і між собою сприяє зменшення кількості механізмів і перепадів між ними, збільшення радіусу кривизни робочих органів, застосування захисних покриттів з полімерних матеріалів, гуми спеціальних марок, а також розробка робочих органів нових форм [29, 30, 45]. З цієї позиції комбінування сепаруючих і сортуючих робочих поверхонь в одному пристрої виключає додаткові механізми та забезпечує безпосередній перехід бульб з ділянки на ділянку, а також розробка нових форм робочих органів є перспективним напрямком.

Розглянемо з зазначених вище позицій основні робочі органи та пристрої, що застосовуються для сортування картоплі.

Сортування бульб за товщиною реалізовано в конструкції сортуючого пристрою з ремінною робочою поверхнею з калібруючими отворами щілинної довгастої форми (малюнок 1.3) [29, 35].

Нескінченні круглі ремені сортуючого пристрою утворюють віялоподібну поверхню з наростаючим розміром щілинного зазору. З метою зміни меж поділу картоплі та інших коренеплодів одночасно на кілька фракцій передбачено безступінчасту зміну калібруючого зазору в широких межах між розмінними ременями круглого перерізу. Завдяки цьому можливе універсальне застосування пристрою для сортування бульб і коренеплодів різних форм та розмірів



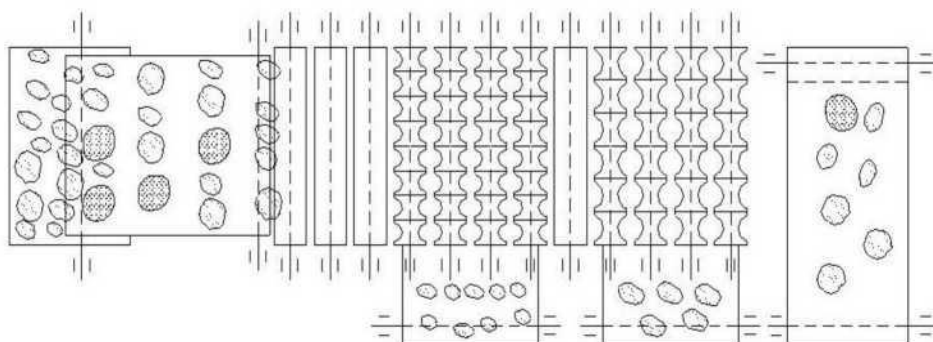
Малюнок 1.3 - Сортирующий пристрій з ремінною робочою поверхнею

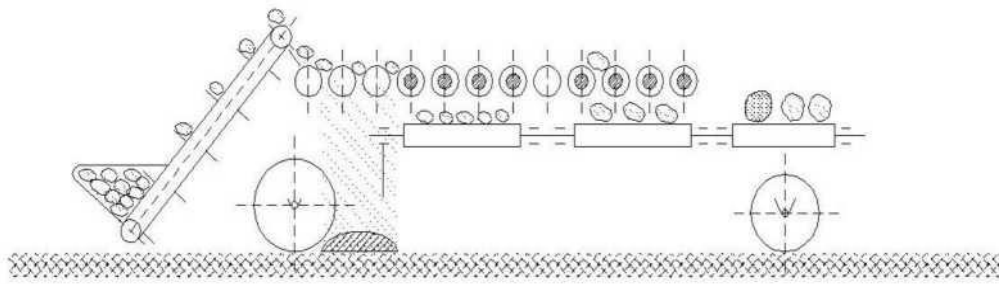
Дослідження, проведені Колчіним Н.М. та Поповим А.А., показали, що при сортуванні бульб у щілинні отвори на ремінному сортуванні можна отримати високі показники точності поділу на фракції до 90 % [35]. Для інтенсифікації процесу сортування ремені здійснюють періодичні коливання у вертикальній площині за допомогою механічних струшувачів спеціальної конструкції. В результаті коливальних рухів ременів бульби набувають великої рухливості, що збільшує кількість випадків порівняння розміру калібруючого отвору і розміру бульби, по якому відбувається сортування і як наслідок ймовірність проходження бульби в отвір, що калібрує.

Ремінна поверхня має високу технологічність і практично не пошкоджує оброблюваний матеріал, так як переносна швидкість сортованої маси і робочої поверхні однакова, і силова дія останньої на бульби ослаблена. Конструкція ремінної поверхні забезпечує також безпосередній перехід бульб з однієї ділянки сортування на іншій. У результаті експериментальних досліджень [34] було

встановлено, що точність поділу картоплі на ремінному сортуванні значною мірою залежить від збереження встановленого розміру щілинних отворів. У процесі роботи пристрою при взаємодії бульб з ремінною поверхнею, що сортує, може відбуватися зміна розміру калібруючої щілини між ременями, що негативно позначається на точності сортування. Спільне переміщення бульб та ременів виключає можливість додаткового очищення бульб від ґрунту.

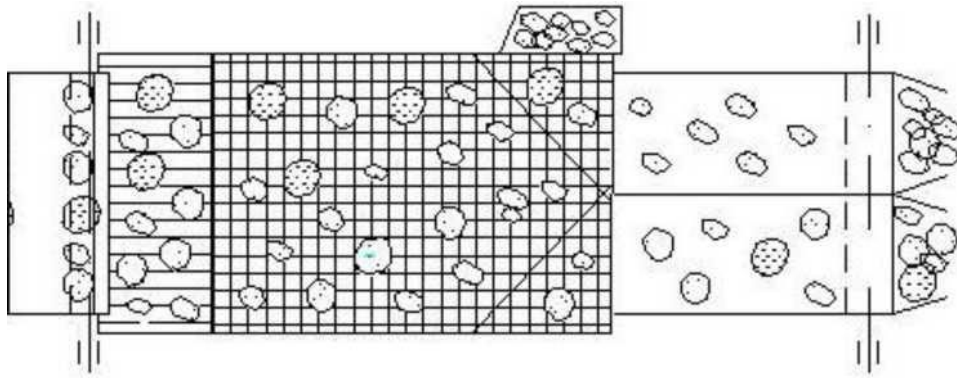
Продуктивність ремінної поверхні безпосередньо пов'язана з точністю сортування. Для забезпечення точності сортування бульби повинні розташовуватися на ременях в один шар, так як відносне переміщення бульб зведено до мінімуму і забезпечується переважно струшувачами. Це обмежує можливість підвищення продуктивності сортуючої поверхні. Для сортування бульб за шириною застосовують роликові робочі органи (малюнок 1.4), що утворюють калібруючі отвори переважно округлої форми [29, 41]. Роликові сортування складаються із батареї роликів валів. До їх основних параметрів відносяться: діаметр роликів - D ; зазор між ними - c ; частота обертання - n ; довжина сортуючої ділянки - l ; ширина ділянки, що сортує, - B . Роликові робочі органи отримали реалізацію як у вітчизняному обладнанні, наприклад КСП - 15 Б, КСП - 15 В, КСП - 25 так і в обладнанні зарубіжних фірм голландської - Miedema BV, німецької - Grimme та ін.





Малюнок 1.4 - Сортуючий пристрій з роликів робочою поверхнею

У цьому обладнанні використовується принцип комбінування сепаруючих і сортуючих поверхонь. Використовувані в комбінованих поверхнях дискові, пружинні та ін. Робочі органи забезпечують інтенсивне розосередження вороху, виділення домішок та рівномірне подання бульб на сортуючу поверхню без додаткових механізмів. Регулювання калібруючих отворів роликів сортуючих здійснюється шляхом збільшення відстані між сусідніми роликівими валами. При цьому може змінюватися форма отвору, що калібрує, від округлої до овальної, що негативно позначається на точності сортування, особливо бульб подовженої форми, і призводить до їх пошкоджень до 15%. До недоліків роликів сортуючої поверхні можна віднести: значні пошкодження бульб пов'язані з інтенсивним режимом обертання роликів до 21с^{-1} і защемлення бульб. При обробці картопляного вороху підвищеної вологості і значним вмістом домішок відбувається залипання ґрунтом поверхні роликів, зміна розмірів отворів, що калібрують, що знижує точність сортування [29, 98]. Для сортування за S - розміром використовуються сітчасті робочі органи. Вони утворені нескінченним сітчастим полотном з квадратними отворами, що мають фіксований розмір калібруючих осередків (малюнок 1.5).



Малюнок 1.5 – Сортування з сітчастою робочою поверхнею

Інший варіант надання бульб спрямованого орієнтування був реалізований у конструкції ремінної сортуючої поверхні, де поділ відбувається за ознакою - товщина. Для цього ремінна поверхня додатково обладнана орієнтуючими дисками, встановленими між ременями. У результаті чого забезпечується спрямоване орієнтування бульб і коренеплодів в щілинні калібрувальні отвори. Орієнтуючі диски сприяють розвороту бульб довгою віссю вздовж щілин, утворених ременями.

При сортуванні коренеплодів та бульб подовжених форм забезпеченню кращої орієнтації сприяють різні швидкості сусідніх ременів сортуючої поверхні (відмінність 0,1.0,2 м/с). При цьому відбувається їх поворот і орієнтація вздовж щілинних отворів, що калібрують.

Як видно з наведеного огляду механічні сортувальні пристрої, засновані на ознаки поділу - товщина мають більший потенціал у реалізації принципу активного орієнтування продукції, що сортується, порівняно з сортуваннями, заснованими на інших ознаках поділу.

Результатом спрямованого орієнтування та прискорення взаємодії бульб з калібруючими отворами є зменшення часу порівняння розміру бульби та калібруючого отвору.

Отже, за один і той же час можна збільшити кількість бульб взаємодіючих з даними отворами, що калібрують, що сприятиме підвищенню продуктивності сортуючого пристрою в цілому. Дослідженнями Алакїна В.М., Верменка Я.І.,

Сафразбеяна О.А., Шабурова Н.В. та інших вчених встановлено, що ротаційні робочі органи мають високу транспортуючу здатність при щадному режимі взаємодії з бульбами з можливістю сортування.

За даними [5, 7] сортування з ротаційними робочими органами на основі роторно-пальцевих здатні здійснювати процес сепарації домішок та сортування бульб на одній робочій поверхні універсальними робочими органами. Поділ бульб відбувається по товщині в калібрують отвори щілинної форми. Для реалізації цього процесу була запропонована експериментальна конструкція робочих органів з утворенням отворів, що калібрують, щілинної форми

При сортуванні коренеплодів та бульб подовжених форм забезпеченню кращої орієнтації сприяють різні швидкості сусідніх ременів сортуючої поверхні (відмінність 0,1 - 0,2 м/с). При цьому відбувається їх поворот і орієнтація вздовж щілинних отворів, що калібрують. Як видно з наведеного огляду механічні сортувальні пристрої, засновані на ознаки поділу - товщина мають більший потенціал у реалізації принципу активного орієнтування продукції, що сортується, порівняно з сортуваннями, заснованими на інших ознаках поділу. Результатом спрямованого орієнтування та прискорення взаємодії бульб з калібруючими отворами є зменшення часу порівняння розміру бульби та калібруючого отвору. Отже, за один і той же час можна збільшити кількість бульб взаємодіючих з даними отворами, що калібрують, що сприятиме підвищенню продуктивності сортуючого пристрою в цілому. Дослідженнями Алакїна В.М., Верменка Я.І., Сафразбеяна О.А., Шабурова Н.В. та інших вчених встановлено, що ротаційні робочі органи мають високу транспортуючу здатність при щадному режимі взаємодії з бульбами з можливістю сортування. За даними [5, 7] сортування з ротаційними робочими органами на основі роторно-пальцевих здатні здійснювати процес сепарації домішок та сортування бульб на одній робочій поверхні універсальними робочими органами. Поділ бульб відбувається по товщині в отвори щілинної форми, що калібрують.

Для реалізації цього процесу була запропонована експериментальна конструкція робочих органів з утворенням отворів, що калібрують, щілинної форми.

1.3 Вплив вібрації на інтенсифікацію технологічних процесів

У техніці, особливо у машинобудуванні, широко застосовується вібрація. Наявність вібраційного впливу призводить у багатьох випадках до того що різні технологічні процеси з механічним дією відбуваються інакше, ніж у звичайних умовах. У [17] розглянуто основні. До них можна віднести:

- переміщення тіл або сипучого середовища по вібруючих поверхнях, широко використовується у вібраційних транспортуючих та транспортно-технологічних машинах та пристроях;

- зниження під впливом вібрацій ефективних елементів технологічних процесів (здаються), котрий іноді поліпшення істинних (фізичних) явищ з прикладу зниження коефіцієнта сухого тертя між взаємодіючими тілами. Внаслідок чого різко зменшується опір тіл щодо зміщення, що викликається постійними або повільно мінливими силами взаємодії;

- розшарування частинок сипких матеріалів за питомою вагою та крупністю під дією вібрації. Це зумовлено дією сили тяжкості за умов зниження ефективних коефіцієнтів тертя при вібрації;

- поділ частинок сипкого матеріалу на вібруючих поверхнях за щільністю при зниженні коефіцієнта внутрішнього тертя, формі та деяких інших параметрів (вібросепарація).

У ряді випадків технологічні процеси можуть бути реалізовані тільки завдяки використанню вібрації, в інших варіантах - застосування вібрації призводить до значної інтенсифікації процесів та підвищення якісних показників [17, 72,].

При цьому багаторазові переміщення бульб по поверхні решета внаслідок коливального руху підвищують ймовірність просіювання дрібної фракції. Якщо форма частинок подовжена, то ефективнішими можуть бути прямолінійні коливання, що забезпечують певну орієнтацію частинок щодо отвору.

Прямолінійні гармонічні коливання без підкидання з двостороннім рухом і миттєвими зупинками, які застосовуються зазвичай для розділення сумішей по ширині або товщині частинок. Безперервний контакт з поверхнею та відсутність інтервалів відносного спокою збільшує ймовірність просіювання частинок з нижнього шару та зменшує динамічні навантаження. При роботі коренеклубнезбиральних машин на важких і кам'янистих ґрунтах використовуються робочі органи, що підкопують, вібраційного типу. Вібруючий леміш підкопує рядки картоплі і передає далі на робочі органи, що сепарують. Вібраційні лемехи забезпечують хорошу передачу пласта, менше забиваються ґрунтом та рослинними залишками, мають менший тяговий опір.

У розглянутих пристроях вібраційна дія робочого органу на оброблюваний матеріал сприяє:

- рівномірному розподілу його за робочою поверхнею;
- транспортування його вздовж робочого каналу для безперервності технологічного;
- самосортування - занурення в нижні шари (до поверхні решета) частинок менших розмірів та більшої щільності та спливання у верхні шари, частинок більших розмірів та меншої щільності; - просіювання - проходження через отвори, що калібрують, тіл з розмірами меншими, ніж розміри отвори.
- роздільного виведення фракцій із робочого простору;
- руйнування ґрунтових грудок та зниження коефіцієнта внутрішнього тертя за рахунок зменшення зв'язності ґрунту та сил зчеплення,
- інтенсифікації та підвищення якісних показників процесу калібрування шляхом спрямованого орієнтування тіл, щодо калібруючих отворів.

Висновки: В результаті проведеного аналізу конструкцій та процесів сортувальних та сепаруючих пристроїв встановлено наступне:

- комбінування сепаруючих і сортуючих поверхонь забезпечує безпосередній міжопераційний перехід оброблюваної продукції та сприяє зниженню рівня механічних пошкоджень та кількості одиниць технологічного обладнання;

- сортуючі пристрої ротаційного типу здатні здійснювати сепарацію домішок і забезпечити високу продуктивність при інтенсивному режимі робочих органів у межах 9...15,7с₁, що збільшує ймовірність пошкодження бульб, за винятком роторно-пальцевих;

- вдосконалення конструкції робочих органів активної дії на основі роторно-пальцевих сприяє забезпеченню щадного режиму обробки бульб високої технологічної надійності та зниження пошкоджень бульб, у тому числі свіжозібраних;

- Забезпечення спрямованого орієнтування бульб сприяє підвищенню точності сортування і продуктивності пристроїв і реалізується в пристроях з поздовжніми або щілинними калібруючими отворами;

- підвищити продуктивність і точність сортування бульб робочими органами на основі роторно-пальцевих можна за рахунок орієнтування бульб щодо щілинних калібруючих отворів шляхом поєднання обертальної та вібраційної дії робочих органів (вібророторів);

- в результаті аналітичного огляду сортуючих пристроїв запропоновано гіпотезу про створення віброротаційної сортуючої поверхні, з універсальними робочими органами для сепарації домішок та сортування бульб. Робочою гіпотезою є припущення про можливість поєднання обертального та вібраційного впливу вібророторів у процесі сортування картоплі з метою підвищення продуктивності та точності сортування.

Розділ II

Основні параметри травмування бульб картоплі

2.1.Потемніння м'якоті картоплі: причини появи і можливості запобігання

Потемніння м'якоті (синці, забиті місця м'якоті, знебарвлення, брусінг) - обумовлене фізіологічними причинами і механічними діями локальна зміна природного кольору бульб. Брусінг є серйозною економічною проблемою сучасного картоплярства. Збиток від нього складається зі збільшення втрат ваги, хвороб і зниження привабливості і ціни пошкодженого картоплі. Потемніння м'якоті виникає, коли удар бульби картоплі про предмет пошкоджує клітини в тканини безпосередньо під шкірою, фактично не руйнуючи шкірку. Протягом 24-48 годин пошкоджена тканина набуває темно-сірий, синюватий або темний колір, але це з'ясується лише після очищення картоплі (*фото 1*).



Фото 1. Удари м'якоті бульб картоплі

Реакції зміни кольору є результатом складної взаємодії генетичних і фізико-біохімічних процесів. В результаті ударів клітинні стінки м'якоті пошкоджуються, що робить їх проникними для кисню. Наявність кисню активізує фермент поліфенолоксидазу, який окисляє фенольні сполуки, амінокислоту, тирозин, кавову кислоту, хлорогенову кислоту, флавоноїди і антоціани з подальшою неферментативною полімеризацією і утворенням різноманітних пофарбованих меланінових пігментів. Інтенсивність потемніння м'якоті залежить від сортових особливостей, змісту і активності перерахованих вище активних сполук, перш за все, амінокислоти, тирозин.

Синці в м'якоті також утворюються, коли удари викликають розтріскування (розколювання) бульб або шкірки. Тріщини можуть поширюватися на нижні тканини. Такі гнилизни, як фузаріозна суха, ранова водяниста і бактеріальна м'яка легко проникають в бульби, які мають ушкодження. При зберіганні часто спостерігаються і удари віддавленими шару продукту (пролежні), що викликають приплюсненням або вдавленостю форми бульб. Синяк тиску типово з'являється в нижній частини насипу і часто супроводжується внутрішнім дефектом сірого або чорного кольору. У гіршому випадку здавлювання бульб спостерігається навіть в контейнерах при шарі продукту не більше 150 см. Картопля з пролежнями неприйнятна для преміум-сегмента ринку (фото 2).



Фото 2. Удари бульб від здавлювання

Моніторинг частоти появи синців в процесі збирання, зберігання та передреалізаційної підготовки продукту дозволяє виявити проблемні ділянки і приймати ефективні коригуючі заходи. Відбір проб бульб в різних точках протягом всього процесу збору врожаю та обробки (ручна копка, комбайн, транспорт, конвеєри, будь-які точки падіння або повороти, сортування, дозування, упаковка і тд). І утримання їх при теплій температурі дозволяє оцінити бульби на предмет пошкодження чорними плямами протягом декількох днів. Чим вище температура, тим швидше відбувається утворення пігменту й тим швидше проявляється брусінг. Спеціальні термостати (Хот-бокси) дозволяють виявити наслідки ударів протягом 12 годин. Замочування в розчині йоду і використання спеціальних датчиків - це теж дієві способи визначення (фото 3).

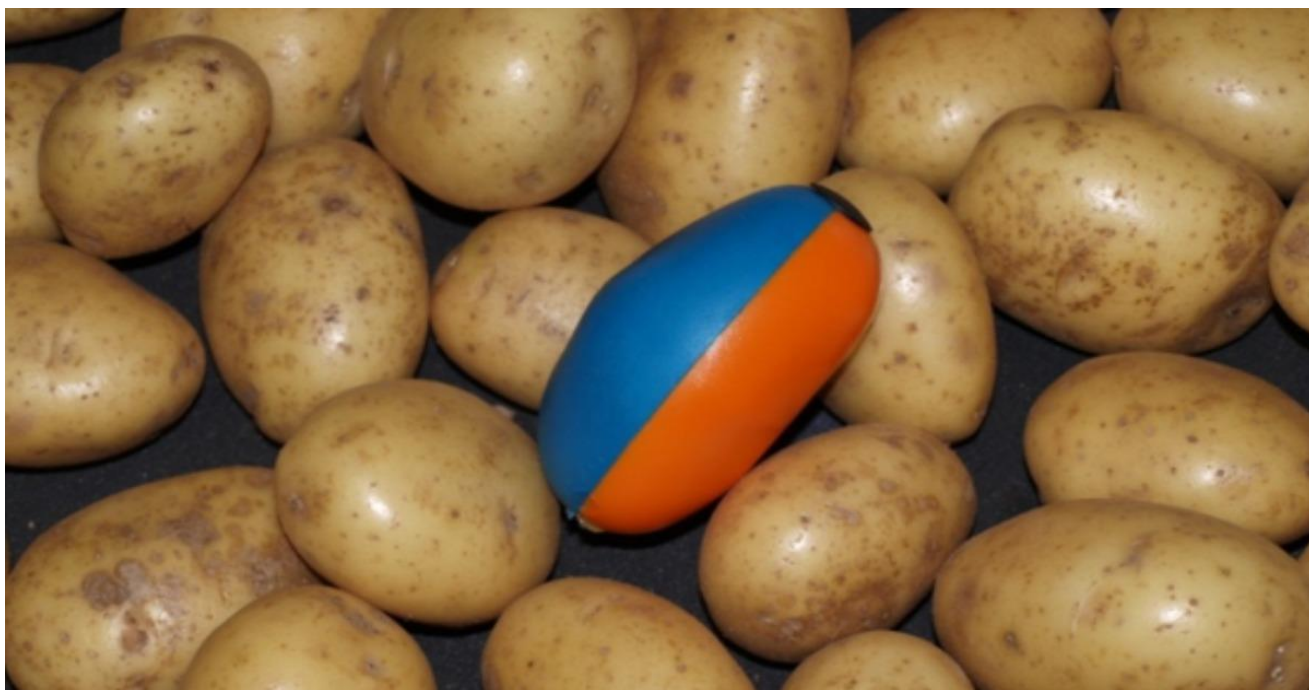


Фото 3. Датчик для визначення ступеня травмування бульб

причини

Найбільш істотно впливають на ризик потемніння м'якоті наступні фактори:

- сортова схильність;
- вміст сухої речовини;
- температура;

- рівня гідратації (хрусткість);
- зрілість і фізичні параметри бульб.

2.2 Фактори травмування картоплі

1. Сорти картоплі істотно розрізняються по стійкості до потемніння м'якоті. До чутливих сортів, які становлять особливу цінність для виробництва картоплі, доводиться пристосовуватися і поводитися дуже дбайливо. У столовому секторі немає аргументів, які можуть виправдати необхідність вирощування проблемних сортів, вони не мають ніякої перспективи. Схильність сорту ударів м'якоті проявляється тільки в виробничих умовах, на етапі первинного впровадження сортів цей показник точно визначити вдається. Тому часто саме брусінг призводить до швидкого і несподіваного завершення кар'єри багатьох нових сортів.

2. Чим нижче температура м'якоті, тим більш сприйнятливі бульби як до розтріскування, так і до утворення чорних плям в м'якоті. Температура м'якоті нижче 5 ° С вкрай небажана при роботі з бульбами, оскільки виникають значні руйнування та забої.

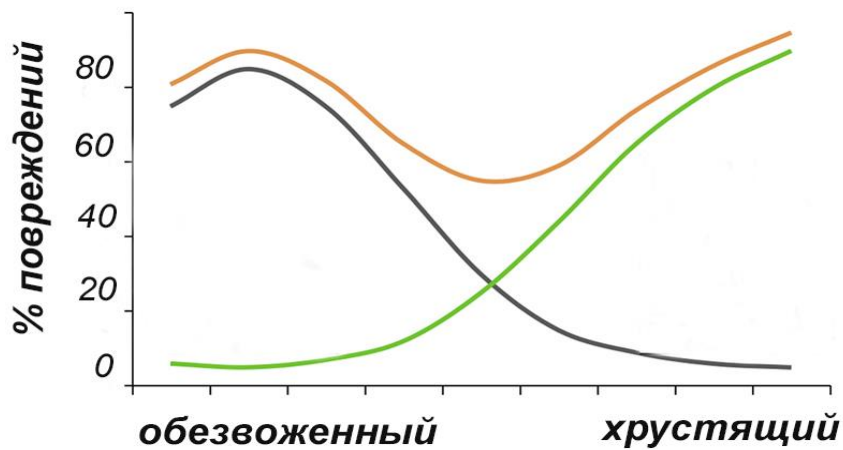
3. Зволожений (водянистий, хрусткий) картопля характеризується високою ймовірністю появи синців від розколювання.

4. Зневоднена картопля сприйнятлива до потемніння м'якоті, точно так само, як і добре визріли або довго залишається в сухому ґрунті після десикації бадилля.

5. Дозрівання картоплі виражається у формуванні міцної шкірки і завершення процесів крохмалоутворення. Така картопля відрізняється найвищою стійкістю до брусінгу.

6. Розмір і форма бульб мають значення. Великі бульби подовженої форми більш схильні до пошкоджень.

Поєднання, накладення різних чинників значно ускладнює закономірності прояву ударів м'якоті. Розглянемо кілька реальних ситуацій. На рис. 1 показаний відсоток бульб з синцями при різних температурах обробки в залежності від ступеня тургору. При температурі 5,5 ° C (42 ° F, помаранчева лінія) до 60% бульб отримують удари як на тлі максимального зневоднення, так і на тлі максимального тургору. Зменшити пошкодження до 40% можна тільки при проміжній ступеня тургору. З підвищенням температури обробки до 13,5 ° C (56 ° F, зелена лінія) відсоток брусінга зменшується, залежність від тургору бульб змінюється на функціональну - мінімально для зневодненої картоплі, максимально - у хрусткої. При високій температурі обробки 21 ° C, 70 ° F (сіра лінія) залежність зворотна; частка забитих бульб мінімальна при максимальному тургорі.



Мал. 1. Залежність брусінга від температури і гідратації бульб

Зневоднені бульби більш сприйнятливі до брусінгу (мал. 1). Щільність бульб залежить від гідратації бульб. Тургорний тиск пов'язаний з водою, що міститься в вакуолі всередині клітин, і визначає механічні властивості бульб. Зниження відносного тургору може знизити жорсткість тканини, може зробити бульба більш «самопоглинаюча» за рахунок розподілення заданої сили на велику площу вигнутій поверхні бульби. Стан гідратації бульб визначає вид синяка і ступінь сприйнятливості до ударами м'якоті.

Діапазон зміни умов навколишнього середовища під час збирання врожаю може бути великим в залежності від погоди і часу доби. Ідеальні умови збору

складаються при температурі 10-15 °С. Низькі температури збільшують розтріскування і забиті місця м'якоті, що провокує розвиток фузаріозної сухої гнилі та інших патогенів. Розтріскування м'якоті також набагато важче залікувати при низькій температурі, що призводить до дуже великої втрати води через рани. Це може бути первинною причиною втрати тургору і ударів від здавлювання.

Щороку спостерігається варіювання зрілості бульб до кінця вегетаційного періоду. Деякі поля дуже зелені і незрілі, в той час як інші засихають задовго до збирання. Обидві крайності достовірно впливають на сприйнятливості бульб до пошкодження синцями. Коли рослини повністю природно дозрівають, бульби стають більш сприйнятливими до синяків м'якоті. Бульби, які тривалий час знаходяться в сухому ґрунті після висихання стебел, можуть стати дуже сприйнятливими до брусінгу. Причому тут істотні сортові нюанси. У США для всіх основних сортів ці закономірності ретельно вивчені і видані рекомендації, на якій стадії дозрівання потрібно проводити десикацію, щоб мінімалізувати синці.

2.3 Ростові тріщини і вічкування бульб картоплі: можливості контролю

Є дві причини підвищення сприйнятливості бульб до ударів м'якоті під висохлим бадиллям. Перша причина пов'язана з хімічним складом бульб. Бульби після висихання надземної маси піддаються більш широким коливань температури ґрунту, ніж при наявності зеленої, здорового бадилля, що забезпечує затінення і охолодження ґрунту. Вплив змінюється температурою ґрунту в кінці сезону, що призводить до старіння бульб і збільшенню вільних тирозин-з'єднань, що викликає потемніння після забиття або порізу бульбової тканини.

Друга причина пов'язана з гідратацією бульб. Перед збиранням важливо скоротити застосування зрошення, щоб запобігти перезволоженню і пов'язане з цим збільшення таких захворювань, як фітофтороз, м'яка гниль і збільшення вічок. Однак, дозволяючи вмісту вологи в ґрунті впасти нижче 50% до або після знищення бадилля, може фактично підв'ялити бульби, роблячи їх набагато більш

сприйнятливими до ударам м'якоті. На суглинковому ґрунті необхідно застосовувати зрошення за тиждень до збору врожаю, щоб звести до мінімуму пошкодження чорними плямами. Швидкі зміни в гідратації бульб можуть статися, коли зрошення припиняється до проведення десикації. Це особливо вірно, коли рослини ще зелені і ростуть, але відзначається навіть в разі, коли стебла висохли. Загроза зневоднення бульб найбільш висока, коли теплі умови призводять до високих втрат випаровуванню з поверхні ґрунту.

Поля з більш низькою доступною вологістю ґрунту (менше 50%) при збиранні врожаю мають більшу кількість плям брусінгау в бульбах, ніж більш вологі поля. Для гідратації бульб, які стали чутливі до синців із-за зневоднення в сухому ґрунті, потрібно приблизно 4-8 днів після зрошення. Зрозуміло, що зазначена рекомендація реалізується тільки при наявності зрошення. В умовах природного зволоження можна лише констатувати наслідки, які склалися за умов зволоження.

Імовірність потемніння м'якоті вища на бульбах з високим вмістом сухої речовини (питомої ваги). Бульби з більш високою питомою вагою містять більші гранули крохмалю, які можуть пошкодити клітинні мембрани при механічному впливі. Однак різні сорти з однаковим сухою речовиною можуть відрізнитися по сприйнятливості, що визначається двома якістьми бульб. По-перше, це поділ субстрату і ферменту всередині клітин. По-друге, це біохімічний потенціал для синтезу пігментів чорних плям, який залежить від рівня ферменту поліфенолоксидазу і його субстрату (тирозину). Висловлюється гіпотеза, що інтенсивність темного кольору пропорційна кількості пошкоджених клітин і меншому розміру клітин.

Під час зберігання потемніння м'якоті викликають наступні причини:

- закладка теплої картоплі в насип великого об'єму і залишення його без активної вентиляції. Внаслідок самозігрівання температура підвищується, що призводить до активізації дихання і нестачі кисню. Кисень не доходить

до внутрішніх тканин бульб, ферментативні процеси порушуються, м'якоть темніє;

- сортування і перевалка бульб в стані спокою викликають гідроліз крохмалю і білка, і накопичення продуктів розпаду (цукрів, органічних кислот, амінокислот) в зоні судинного кільця. Самоокислення цих речовин призводить до утворення темного пігменту меланіну, який спочатку має темно-синій, а потім чорний колір;
- різка зміна температур в процесі сортування, пакування, транспортування і перевалки картоплі, особливо після тривалого зберігання при температурі 3-5 ° C і високій відносній вологості повітря;
- падіння вмісту кисню в повітрі до 14-15% викликає особливу форму потемніння м'якоті - чорна серцевина.

Є кілька додаткових факторів, які роблять картоплю більш сприйнятливою до втрати тургору і ударів від здавлювання. Мляві, травмовані, незрілі бульби, прибрані при високій температурі більш схильні до втрати ваги і, отже, до синців під тиском. В цілому, недозріла картопля має в 10-60 разів більше шансів втратити тургор в порівнянні з нормально зрілими. Пошкоджена картопля втрачає в 100-1000 разів більше води, ніж з цілою шкіркою до тих пір, поки пошкодження не залікуються і не сформується на рані перидерма. Картопля з низьким вмістом сухих речовин більш схильна до синців від тиску. Тривалий дефіцит тиску водяної пари між бульбою і навколишнім повітрям в поєднанні з великою висотою насипу призводить до розвитку пролежнів. Втрата ваги бульб максимальна в перший місяць зберігання. Досліди показали, що якщо починається здавлювання бульб, то протягом декількох днів швидкість втрати води через це збільшується в три рази. Тому дуже важливе раннє лікування забитих місць від тиску.

2.4. Можливості запобігання брусінгу

Можливості запобігання брусінгу полягають в оптимізації стану бульб і мінімізації негативних впливів на бульби. Розуміння закономірностей

сприйнятливості сортів картоплі до ударів дозволяє керувати рівнем гідратації і біохімічним станом бульб в процесі вирощування, збирання та зберігання. Агротехнологічний менеджмент заснований на таких можливостях:

1. Людський фактор - більшість операцій з виробництва картоплі виконується механізовано, але завжди люди керують обладнанням і повинні робити це таким чином, щоб звести до мінімуму удари. Періодичне навчання і контроль працівників щодо дотримання всіх заходів запобігання брусінгу повинні бути стандартною частиною виробничого процесу.

2. Облік сортових особливостей. Знайте, який сорт ви вирощуєте і схильний він в більшій чи меншій мірі зняття шкірки, розтріскування або появи синців. Стратегії запобігання синців будуть відрізнятися в залежності від їхньої відносної схильності до ударів м'якоті.

3. Управління родючістю. Пізніше та надмірне внесення азоту уповільнює дозрівання, формування шкірки і підвищує сприйнятливість бульб до утворення синців. Є критерій оптимального рівня нітратного азоту в черешках листя на середину серпня, перевищення його призводить до суттєвого прояву брусінгу. Важливо збалансувати застосування азоту з достатньою кількістю фосфору, але високий рівень фосфору не може запобігти всім негативним наслідкам надмірної кількості азоту. Недостатній рівень калію підвищує сприйнятливість до потемніння м'якоті. Однак внесення калію вище оптимального рівня не призводить до подальшого зниження ударів, але може привести до зниження сухої речовини бульб через підвищене водопоглинання. Підвищення концентрації кальцію в бульбах до 250 мг / кг може знизити частоту появи синців до мінімуму.

4. Правильний підбір полів за механічним складом ґрунту, якісна підготовка ґрунту, запобігання грудкоутворення, видалення каменів. Особливо важливі для сортів з високою чутливістю до ударів м'якоті.

5. Своєчасне і якісне проведення посадки, використання високоякісного матеріалу забезпечують повне використання агрокліматичних ресурсів на формування врожаю і дозрівання бульб.

2.5.Захист і стимулювання насіннєвого матеріалу картоплі при посадці

1. Кваліфіковане завершення процесу формування врожаю . Десикація або механічне видалення бадилля як мінімум за два-три тижні до збору врожаю з урахуванням погодних умов, так як шкірка утворюється повільніше в прохолодних або вологих ґрунтових умовах. Підтримка вологості ґрунту понад 60% з моменту видалення бадилля до збирання. Полив за тиждень до збирання, якщо ґрунт сухий і бульби зневоднені.

2. Бережна збирання врожаю . Прибирати бульби, коли вони дозріють і мають хорошу шкірку. Найкраще збирати бульби при температурі від 10 до 15 °С. Проміжний рівень гідратації бульб може бути кращим, тому що зневоднені бульби сприйнятливі до утворення чорних плям, а надмірно гідратовані бульби схильні до розколювання. Щоденне налаштування збиральної техніки на мінімальне пошкодження картоплі. Підтримувати потік ґрунту на другому приймальному транспортері. Регулювання швидкості транспортерів і конвеєрів, щоб вони були заповнені до межі (це знижує відкат). Недопущення тих падінь з висоти більше 15 см. Видаляти не більше 60-70% бадилля на комбайні, так як видалення більшої кількості може призвести до надмірного пошкодження картоплі

3. Зменшення синяків при транспортуванні і завантаженні сховища включає в себе мінімізацію падінь, погодження швидкості конвеєра з об'ємом бульб і укладку насипу ступінчастим способом, щоб звести до мінімуму скочування бульб по поверхні насипу. Періодичний, кілька разів на день, контроль зони вантажно-розвантажувальних робіт, щоб звести до мінімуму травмування бульб. Близько 30% всіх ударів м'якоті відбуваються в сховище (*фото 4*).



Фото 4. Контроль ударів м'якоті в процесі передреалізаційної підготовки картоплі

4. Неухильне дотримання оптимальних умов тривалого зберігання. Почати вентилявання не пізніше двох годин після завантаження картоплі в сховищі. Повністю висушити картоплю не більше ніж за дві доби. Залікувати пошкодження шкірки протягом двох-трьох тижнів. Витримувати правильний темп охолодження, оптимальні параметри температури і вологості повітря на етапі основного періоду зберігання. Виключити найменшу можливість утворення конденсату.

5. Дотримання оптимальної температури і вологості повітря, мінімальної висоти і амортизації падіння, повного завантаження транспортерів і обладнання під час пакувальних, відвантажувальних та прийомних операцій.

Таким чином, для запобігання або зведення до мінімуму ударів м'якоті картоплі слід шукати раціональний компроміс між бажанням одержати максимальний урожай і високий вміст сухої речовини з необхідністю оптимізації біохімічного складу, зрілості, гідратації, формування шкірки бульб. Регламенти вирощування, збору врожаю, зберігання та передреалізаційної підготовки необхідно використовувати і коригувати для зменшення потемніння м'якоті. Висока кваліфікація, періодичне навчання і постійний контроль персоналу - найважливіший компонент ефективного менеджменту брусінгу

РОЗДІЛ III

ВПЛИВ МЕХАНІЧНИХ ПОШКОДЖЕНЬ БУЛЬБ КАРТОПЛІ

3.1. Вплив механічних пошкоджень бульб картоплі

Визначення впливу механічних пошкоджень бульб в процесах збирання та зберігання картоплі на вміст сухої речовини та хлорогенової кислоти, так і на ступінь чорної плямистості п'яти сортів картоплі різних груп раннього віку. Дослідження проводили відразу після збору врожаю, а також після двох, чотирьох і шести місяців зберігання в постійних умовах (температура повітря +4 °C і відносна вологість 95%). Механічні пошкодження ведуть до більшого накопичення хлорогенової кислоти.

Однією з головних проблем у виробництві картоплі є механічні пошкодження, які посилюють тенденцію до почорніння бульб і погіршують якість сировини. Процес почорніння м'якоті сирової бульби відбувається внаслідок ферментативного окислення фенолів (головним чином тирозину та фенольних кислот: хлорогенової та кавової) у присутності ферменту під назвою фенолаза, який окислює ці сполуки до темних продуктів, а саме меланінів. Механічні пошкодження (синці та потертості) впливають на структуру клітини і призводять до збільшення вмісту поліфенольних сполук, насамперед вмісту хлорогенової кислоти, що становить приблизно 90% усіх поліфенольних сполук картоплі. Пошкодження також призводить до підвищення активності поліфенолоксидів і, як наслідок, до інтенсифікації реакції ферментативного окислення поліфенолів.

Вміст хлорогенової кислоти та схильність бульб до пошкоджень і почорніння значною мірою визначаються сортом. Висока сприйнятливість до темної плямистості після попадання також характерна для сортів крохмалю з більшим вмістом сухих речовин і грубих кормів. Під час зберігання посилюється схильність до темних плям, що пов'язано з інтенсивністю життєвих процесів.

Підвищена схильність до почорніння м'яса спостерігається на нижній температурі. Багато авторів спостерігали більш інтенсивне почорніння м'якоті бульб при зберіганні при температурі 2-4 °C, порівняно з бульбами, які зберігалися

при температурі 8 °С. У свою чергу, знижена відносна вологість повітря та тривалість зберігання картоплі збільшують її сприйнятливність до чорної плямистості.

Було проведено дослідження з метою вивчення зв'язку між ступенем пошкодження бульб і схильністю до почорніння бульб, що визначається вмістом загальної сухої речовини та хлорогенової кислоти різних сортів картоплі та термінами зберігання. Матеріали і методи Матеріали Сировиною, використаною для дослідження, були п'ять сортів картоплі («Денар» – дуже ранній сорт, «Біла» та «Розалінд» – ранні сорти, «Сатина» – середньоранній сорт та «Тайфун» – середньоранній сорт). Різні сорти досліджували щороку протягом трьох років. «Денар», «Біла» та «Тайфун» — польські сорти, а «Розалінд» і «Сатина» — німецькі.

Усі вони характеризуються дуже великими округло-овальними бульбами з неглибокими вічками і світло-жовтою м'якоттю. «Розалінд» має характерну червону шкірку. «Денар» — столовий і салатний сорт, який також можна використовувати для консервованих та заморожених продуктів. «Біла» та «Сатина» є столовими сортами загального користування, а «Тайфун» — столовим сортом.

Найвищим вмістом крохмалю характеризується «Тайфун» (16,9%), за ним йдуть «Розалінд» (13,5%), «Біла» (12,8%), «Сатина» (12,3%) і «Денар» (11,6%).

Усі сорти характеризуються низьким потенціалом знебарвлення, визначеним на рівні 8-8,5 балів у протилежній датській шкалі 9 (9, не темніє; 1, чорний).

Зібрані бульби зберігалися у вигляді зразків по 10 кг у камері зберігання протягом 6 місяців за постійних умов (температура +4 °С і відносна вологість повітря 95%). Ця експериментальна камера для зберігання мала висоту 2 м, ширину 2 м і глибину 3,8 м з молочно-білою напівпрозорою поліпропіленовою плитою як матеріалом корпусу резервуара, який був вогнестійким, теплоізоляційним, вологостійким і світлостійким.

Крім того, для моделювання температурного середовища та зменшення тепловтрат експериментальна камера зберігання була покрита піноізоляційним

матеріалом товщиною 20 мм. Вміст загальної сухої речовини (TDM) і хлорогенової кислоти (CA), а також схильність до почорніння бульб (BS) визначали як у пошкоджених, так і в непошкоджених бульбах відразу після збирання, а також через 2, 4 і 6 місяців зберігання.

Для визначення схильності картоплі до механічних пошкоджень використовували ротаційний симулятор пошкодження бульб; Пристрій включав барабан з металевими стрижнями, розміщеними всередині (модифікований бетон міксер, що працює зі швидкістю 30 обертів за хвилину).

Під час випробувань зразки картоплі піддавали пошкодженню в барабані протягом 1 хвилини. Бульбам за 24 години до якісної оцінки були нанесені механічні пошкодження. Хімічні речовини сечовина, оцтова кислота, нітрат натрію, гідроксид натрію та фосфатний буфер були придбані у Merck KGaA, Дармштадт, Німеччина, та CA у Sigma-Aldrich Co., LLC, США.

3.2. Визначення загальної сухої речовини

Вміст TDM в бульбах картоплі визначали за методикою AO AC 950.01 (AOAC, 1990). П'ять бульб промивають, обсушують і нарізають кубиками. Кубики гомогенізували в лабораторному змішувачі (BOSCH, модель MSM67170, BSH GmbH Німеччина) до отримання однорідної маси. Близько 10 г целюлози виливали в чашку Петрі, а потім нагрівали при 60 °C протягом 15 год. Дослідження в сушарці проводили на сушарці WAMED, модель SUP-100 (Польща). Після цього температуру духовки підвищили до 105 °C. Через три години при 105 °C чашку Петрі з сухою картоплею охолоджували до кімнатної температури в ексікаторах і зважували.

Потім розраховували загальний вміст TDM в бульбах картоплі. Вимірювання хлорогенової кислоти Вміст CA визначали колориметрично за методом GRIFFITHS (1992). Коротко, розведений екстракт перемішували з 2 мл сечовини (0,17 M) та оцтової кислоти (0,10 M). До цього додавали 1 мл нітриту натрію (0,14 M), а потім 1

мл гідроксиду натрію (0,5 M) після інкубації при кімнатній температурі протягом 2 хв.

Потім суспензію центрифугували (Hettina Zentrifugen, Rotina 420 R, Німеччина) при 2250 обертах протягом 10 хв. Відбирали аликвоту супернатанту і визначали поглинання утвореного вишнево-червоного комплексу при 510 нм (УФ-1800, УФ-спектрофотометрична система, Японія). Стандартну криву готували з використанням різних концентрацій СА, а результати виражали як мг СА/1 кг свіжих бульб картоплі.

3.3. Вимірювання чорної плями

Аналіз потенціалу зміни кольору проводили колориметричним методом. Для методу гомогенізації рівні порції по 25 г кожного з апікальних і базальних кінців шести бульб гомогенізували в лабораторному змішувачі (BOSCH, модель MSM67170, BSH GmbH Німеччина) протягом 30 с у 25 мл 0,02 M фосфатного буфера, як описано. DELGADO et al. (2001a, 2001b). Гомогенат залишали окислюватися на 24 години. Поглинання вимірювали при 475 нм за допомогою системи спектрального фотометра SHIMADZU UV-1800, UV-Vis (Японія).

Перед фотометричними вимірюваннями зразки розбавляли у співвідношенні 1:3. Результати є середнім значенням трьох вимірювань і представлені як одиниці поглинання (AU₄₇₅) при 475 нм. Статистичний аналіз Кожен аналізований варіант експериментальних факторів повторювали чотири рази незалежно з різними сортами картоплі в трьох лабораторних повтореннях. Достовірність впливу перевірених факторів на аналізовані характеристики визначали за допомогою двофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) з програмним забезпеченням Statistica 12.5. Для перевірки відмінностей між середніми значеннями на рівні значущості $P < 0,05$ був використаний тест ЛСД Фішера.

Крім того, розраховано коефіцієнти лінійної кореляції між перевіреними якісними характеристиками картоплі. Результати і обговорення Результати визначення вмісту TCM у бульбах п'яти сортів непошкодженої та пошкодженої картоплі, проведеного безпосередньо після збирання та після зберігання, наведені в табл. 1. Результати показали, що вміст TCM у столовій картоплі було генетично обумовленим і коливалося від 190 до 227 гкг-1 (табл. 1).

Такий результат підтвердили й інші автори, які виявили, що вміст TDM є сортовою ознакою, а для столових сортів він коливається в межах 201-230 г-кг-1 (HAASE, 2003; MURNICE et al., 2011). Щодо непошкоджених бульб, то ранній сорт «Біла» характеризувався найнижчим вмістом TCM (201 гкг-1), а найвищим TCM (227 г-кг-1) — середньоранній сорт «Тайфун». Подібні результати отримали KRZYSZTOFIK та SKONIECZNY (2010), які відзначили, що ранні сорти характеризуються нижчим вмістом TDM порівняно з середньоранніми сортами. Однак інші автори припускають, що вміст TDM не залежить від раннього сорту, за умови, що збирання проводиться в повній обробній зрілості.

Що стосується пошкоджених бульб, то вміст TDM визначається були схожі. «Біла» та «Розалінд» характеризуються найнижчим вмістом TDM, а «Тайфун» — найвищим вмістом TDM. Найбільші зміни вмісту TDM відмічено для пошкоджених бульб після 2-місячного терміну зберігання «Тайфун» (4,7%) та після 4-місячного терміну зберігання «Біла» (3,2%) (табл. 1).

Табл. 1:

Загальна суха речовина (гкг-1) бульб картоплі під впливом механічних пошкоджень та тривалості зберігання

Сорт	Дата дослідження							
	Відразу після збору врожаю		Під час зберігання					
			2 місяці		4 місяці		6 місяців	
	UD	D	UD	D	UD	D	UD	D
Денар	207	213	206	210	202	204	198	200
Біла	201	208	196	201	192	195	190	194
Розалінд	206	207	202	203	197	203	195	199
Сатіна	215	218	212	213	207	211	202	203
Тайфун	227	228	215	217	210	215	209	213

UD - непошкоджений, D - пошкоджений

Середні, що мають однакову літеру в стовпці, істотно не відрізняються один від одного (тест значущої відмінності Фішера, $P < 0,05$). Дані є середніми ($n = 12$).

Зберігання бульб картоплі протягом півроку призвело до значного ($P < 0,05$) найбільшого зниження вмісту ТДМ.

Втрати становили від 4,2% для бульб «Біла» до 8,1% для бульб «Тайфун», найбільше зниження вмісту ТДМ (5,6%) відзначено вже через 2 місяці зберігання. Подальше зберігання призвело до невеликих, статистично незначні зміни вмісту ТДМ для відповідного сорту. З іншого боку, для «Біла» найбільше падіння вмісту ТДМ відмічено через 4 місяці і становило 6,6%; подовження терміну до 6 місяців не мало суттєвого ефекту.

Для «Сатіна» та «Денар» відмічено значне зниження вмісту ТДМ після більшої тривалості зберігання, а саме через 4 та 6 місяців (табл. 1). Подібні співвідношення для столової картоплі, яка зберігалася 3 та 6 місяців, була отримана у дослідженні, в якому втрати ТДМ були на середньому рівні 7,1%. За даними, зберігання при вищих температурах 8-10 °С призводить до збільшення вмісту ТДМ, що є помилковим і пов'язане з втратою води.

Це є результатом більш інтенсивних життєвих процесів (тобто транспірації та дихання) при вищих температурах. У своєму дослідженні автори отримали збільшення вмісту ТДМ з 10,5% до 18,5% при зберіганні бульб різних сортів при 8 °С. Група пошкоджень і ранньостиглості картоплі також має значення для вмісту ТСМ бульб після зберігання (рис. 2).

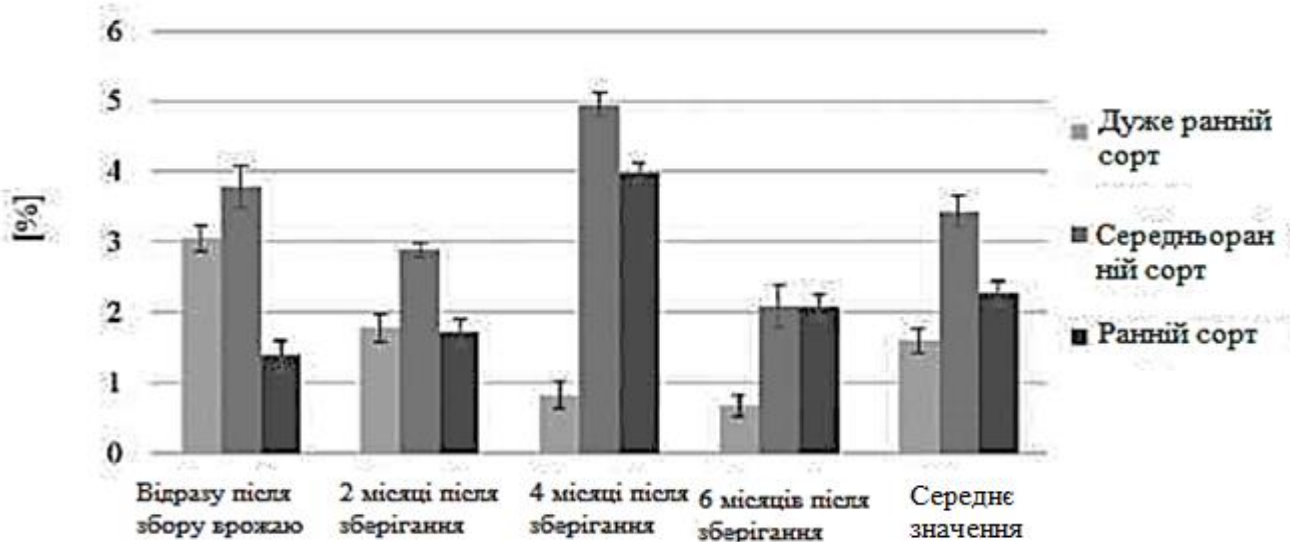


Рис.2: Вплив пошкодження на загальний вміст сухої речовини в ранніх бульбах картоплі. Вертикальні смуги показують \pm SE середніх (n = 12). Взаємодія між тривалістю зберігання та пошкодженням значно відрізнялася при $P < 0,05$.

Незалежно від часу дослідження найбільше збільшення вмісту ТДМ відзначали пошкоджені бульби середньоранньої групи. Це пов'язано зі збільшенням швидкості транспірації внаслідок життєвих процесів і проростання бульб під час зберігання. Під час дослідження найменше збільшення вмісту ТДМ відзначено для пошкодженої картоплі ранніх сортів відразу після збирання та двох місяців зберігання. З іншого боку, після чотирьох та шести місяців зберігання найменше збільшення вмісту ТДМ відмічено для дуже ранніх сортів картоплі. Отримання такого результату може бути пов'язано з більш швидким завершенням періоду природного спокою під час зберігання бульб, що є результатом генетичної схильності по відношенню до інших груп раннього віку. Що стосується пошкоджених бульб, то для всіх сортів, крім «Тайфун» (табл. 1), при зберіганні

відзначено більші втрати вмісту ТДМ, ніж для непошкоджених бульб, які зберігалися в тих самих умовах. Середній вміст ТДМ у пошкоджених бульбах, проаналізованих через 6 місяців зберігання, значно знизився, що було підтверджено дисперсійним аналізом, і становив від 19,4% для «Біла» до 21,3% для «Тайфун». Зміна концентрації ТДМ водночас пов'язана зі зміною вмісту крохмалю. Крім того, механічні пошкодження призвели до збільшення втрат крохмалю на рівні 2%-3%, що в той же час призводить до зниження вмісту ТДМ при зберіганні. За даними WANG et al. (2015) та OLSEN et al. (2003), загоєння ран під час зберігання є енергоємним процесом. Інтенсивність дихання збільшується в три-чотири рази протягом перших трьох діб після пошкодження бульб. Однак через ще кілька днів вона зменшується, але залишається в 1,5-2 рази вищою за інтенсивність дихання для непошкоджених бульб. Як повідомляють PAGAN et al. (2010), структурні вуглеводи, що містяться в непошкоджених бульбах, відповідають за неушкоджену структуру та жорсткість шкірки бульб картоплі. Незважаючи на те, що процентний вміст структурних вуглеводів (целюлози, геміцелюлози) в шкірі нижчий за вміст крохмалю, пошкодження призводить до посиленої активації ферментів (целюлази, ксиланази), що призводить до послаблення або розриву зв'язків комплексу цих полімерних одиниць. Отже, через посилення активності ферментів (наприклад, амілази) відбуваються процеси екзо- та ендокорозії крохмальних гранул, що призводить до втрат, але збільшився вміст фруктози, сахарози та загального цукру. Вміст СА в непошкоджених бульбах відразу після збирання становив від 174 мг/кг-1 г.в. для середньораннього сорту «Сатіна» до 232 мг-кг-1 р.в. для дуже раннього сорту «Денар» (табл. 2).

Табл. 2:

Хлорогенована кислота (г/кг-1) бульб картоплі під впливом механічних пошкоджень та тривалості зберігання

Сорт	Дата розслідування							
	Відразу після збирання		Під час зберігання					
			2 місяці		4 місяця		6 місяців	
	UD*	D*	UD	D	UD	D	UD	D
Денар	232	294	243	329	282	390	353	399
Біла	187	271	248	282	251	362	285	367
Розалінд	224	311	319	316	352	360	376	430
Сатіна	174	216	212	238	234	313	251	324
Тайфун	204	235	268	250	278	277	285	282

***UD - непошкоджений, D - пошкоджений**

Середні, що мають однакову літеру в стовпці, істотно не відрізняються один від одного (тест значущої відмінності Фішера, $P < 0,05$). Дані є середніми ($n = 12$).

Як повідомляють FINOTTI et al. (2011), ANDRE та ін. (2007), NAVARRE та ін. (2010), SHAKYA і NAVARRE (2006), вміст СА в бульбах картоплі коливається в широких межах від 600 до 2920; від 1000 до 2220; від 174,0 до 12746 мг/кг-1 д.м. і від 33 до 6370 мг/кг-1 м.в. відповідно. У власному дослідженні авторів зберігання призвело до значного збільшення вмісту СА в непошкоджених бульбах, а найвищі значення відзначені для бульб, які зберігалися протягом 6 місяців. Приріст вмісту по відношенню до бульб після збирання становив від 39,5% за «Тайфун» до 67,7% для «Розалінд». По відношенню до вмісту після збору врожаю кожен із періодів зберігання призвів до значного ($P < 0,05$) збільшення вмісту КА у всіх досліджуваних сортів.

Лише для бульб «Денар» істотного збільшення не було отримано після двох місяців зберігання. Для «Розалінду» та «Тайфуну» продовження терміну зберігання з двох до чотирьох і шести місяців істотно не вплинуло на вміст досліджуваної сполуки (табл. 2). Це узгоджується з результатами, отриманими STUSHNOFF et al. (2008). З іншого боку, GRUDZINSKA та ZGORSKA (2011) продемонстрували, що

тривалість зберігання не мала істотного впливу на зміну вмісту поліфенольних сполук, основним компонентом яких є ЦА. У свою чергу, KEUTGEN et al. (2014) відзначили зниження загального вмісту поліфенольних сполук після 6-місячного терміну зберігання бульб різних сортів на цілих 81%. Проте як показник антиоксидантної активності визначали загальний вміст поліфенолів у промислово зневодненій картоплі (ліофілізований матеріал) замість свіжої сировини. Як і очікувалося, загальний вміст поліфенолів змінювався залежно від складу овочів; найнижчий вміст фенолів виявлено в картоплі (GAMBOA-SANTOS et al., 2012).

У бульбах, які зазнали механічних пошкоджень, вміст СА був значно вищим, ніж у непошкоджених бульбах, і становив від 216 мг/кг-1 м.в. для «Satina» до 311 мг кг-1 ф.в. для «Розалінди» (табл. 2). Підвищення вмісту СА внаслідок механічних пошкоджень також було виявлено в дослідженнях. Як показали WANG et al. (2015) та FALLER і FIALHO (2009), це пов'язано з фізіологічною реакцією бульб картоплі на пошкодження, оскільки в умовах стресу для рослини відбувається посилення атаки збудників, що призводить до посилення синтезу поліфенольних сполук. Для пошкоджених бульб тривалість зберігання була меншою. Збільшення вмісту КА за рахунок збільшення тривалості зберігання було меншим. Слід зазначити, що, як і в непошкоджених бульбах, найвищий вміст кислоти зафіксовано для пошкоджених бульб, які зберігалися протягом 6 місяців.

Збільшення вмісту цієї сполуки також може бути результатом вивільнення поліфенолів з пошкоджених клітин м'якоті картоплі, як це продемонстрували TORRES-CONTRERAS et al. (2014) у дослідженні, в якому вміст СА збільшувався зі збільшенням ступеня механічного пошкодження. Як і в ТДМ, у пошкоджених бульб середньоранньої групи найбільше збільшення вмісту КА (рис. 4).

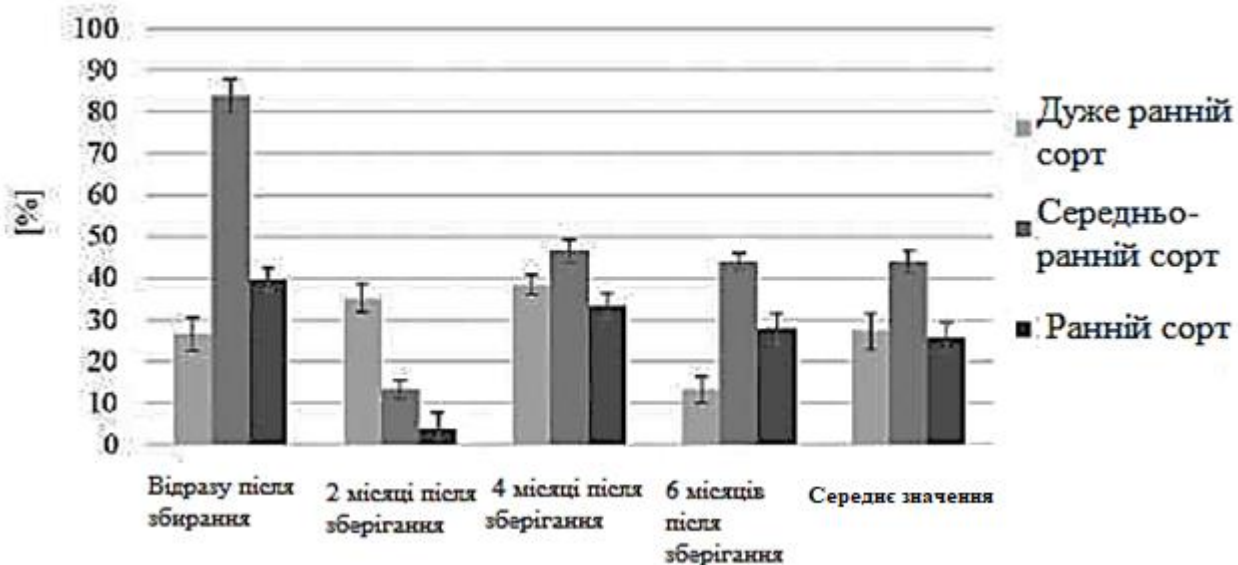


Рис. 4: Вплив пошкодження на вміст хлорогенової кислоти в ранніх бульбах картоплі. Вертикальні смуги показують \pm SE середніх ($n = 12$). Взаємодія між тривалістю зберігання та пошкодженням значно відрізнялася при $P < 0,05$.

Найменше збільшення вмісту СА відзначено при. бульб ранніх сортів через два місяці і бульб дуже ранніх сортів. через шість місяців. Слід зазначити, що механічні пошкодження призвели до збільшення вмісту СА в бульбах середньоранньої групи аж на 84 %. Це підтверджує, що механічні пошкодження мають більший вплив на синтез фенольних сполук перевищує тривалість зберігання. Дослідження показало, що сорти істотно відрізняються за схильністю до почорніння м'якоті як непошкоджених, так і механічно пошкоджених бульб (табл. 3).

Табл. 3:

Можливість зміни кольору (AU475*1000) бульб картоплі під впливом механічних пошкоджень та тривалості зберігання

Сорт	Дата дослідження							
	Відразу після збирання		Під час зберігання					
			2 місяці		4 місяці		6 місяців	
	UD	D	UD	D	UD	D	UD	D
<i>Денар</i>	229	231	280	332	324	337	378	419
<i>Біла</i>	173	196	190	220	213	238	240	309
<i>Розалінд</i>	268	310	346	396	388	415	429	434
<i>Сатіна</i>	180	197	227	224	232	232	262	288
<i>Тайфун</i>	152	179	178	211	19	216	224	236

UD - непошкоджений, D - пошкоджений

Середні, що мають однакову літеру в стовпці, істотно не відрізняються один від одного (тест значущої відмінності Фішера, $P < 0,05$). Дані є середніми ($n = 12$).

Щодо перевірених сортів, то найбільшою тенденцією до BS характеризувався «Розалінд», за яким йшли «Денар», «Сатіна», «Біла», «Тайфун». Сприйнятливість бульб картоплі до процесів БС є сортовою ознакою, що також доведено результатами досліджень інших авторів (KEUTGEN et al., 2014; ZGORSKA, GRUDZINSKA, 2012; PRAEGER et al., 2012). М'якоть непошкоджених та механічно пошкоджених бульб досліджуваних сортів виявляла значну ($P < 0,05$) тенденцію до посилення БС після кожного періоду зберігання та досягала найвищих значень поглинання (AU475) через 6 місяців

DEAN та ін. (1993) та LAERKE (2002) мають іншу думку, оскільки вони отримали зміни в схильності до почорніння м'якоті бульб під час зберігання. Ці зміни відбувалися не послідовно протягом усього періоду. Протягом перших місяців зберігання відзначали посилення тенденції до почорніння і зниження в кінці терміну зберігання. За даними WSZELACZYNSKA (2004), підвищення сприйнятливості до BS м'якоті сирого бульб після зберігання не пов'язане з тривалістю періоду зберігання, а пов'язане зі зміною її хімічного складу. Ці зміни

стосуються насамперед зниження концентрації як аскорбінової, так і лимонної кислоти та збільшення вмісту СА. БС м'якоті у механічно пошкоджених бульб відразу після збирання був більшим, ніж у м'якоті непошкоджених бульб у середньому на 10% (табл. 3).

Це пов'язано з ураженням клітин рослин, що призводить до підвищення активності ферментів. Цей процес призводить до збільшення вмісту фенольних сполук, які є субстратами для окислювальних ферментів, відповідальних за утворення сполук меланіну. Пігменти меланіну є реакційноздатними хіноновими сполуками, які призводять до утворення коричневих, чорних і червоних пігментів у рослинних продуктах. З цієї причини зовнішній вигляд продуктів стає менш привабливим для споживача, а деякі харчові якості втрачаються (CANTOS et al., 2002; GONZALEZ-SANTOYO and CORDOBA-AGUILAR, 2012).

Найменше середнє збільшення тенденції до почорніння після механічного пошкодження відзначено для бульб сортів дуже ранньої групи, а найбільше середнє збільшення – для бульб сортів середньоранньої групи (рис. 6), пов'язаних з найвищою групою. середній вміст СА (табл. 3).

Результати дослідження свідчать про високу позитивну кореляцію між ступенем БС та вмістом КА ($P < 0,01$) та високу негативну кореляцію між ступенем БС та вмістом ТДМ ($P < 0,01$) як у непошкоджених, так і механічно пошкоджених бульбах. (табл. 4).

Табл. 4:

Коефіцієнти кореляції (r) між досліджуваними ознаками картоплі бульби незалежно від дати дослідження

Особливості	Вміст хлорогенової кислоти		Чорна пляма	
	UD	D	UD	D
Вміст сухої речовини	-0.478	-0.756	-0.515	-0.627
Вміст хлорогенової кислоти			0.644	0.782
Чорна пляма				

UD - непошкоджений, D - пошкоджений $r > 0,333$ - вказує на те, що кореляція значуща з ймовірністю 0,01 рівень

Більш значущі зв'язки між цими параметрами відзначені для пошкоджених бульб. Це свідчить про значну участь цих сполук у ході реакції BS та великий вплив механічних пошкоджень на відповідні відносини.

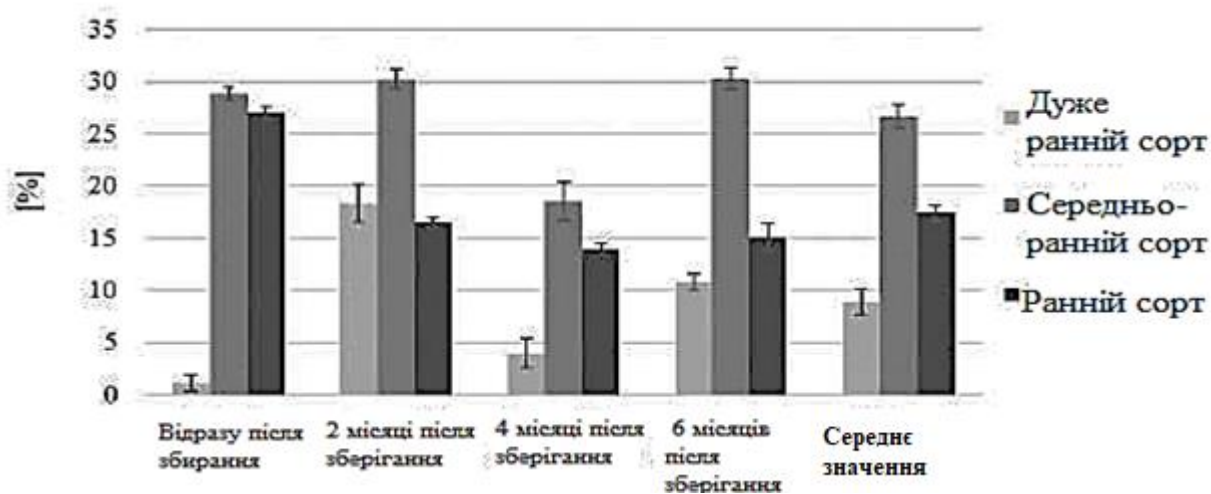


Рис. 6: Вплив пошкодження на потенціал зміни кольору ранніх бульб картоплі.

Вертикальні смуги показують $\pm SE$ середніх ($n = 12$). Взаємодія між тривалістю зберігання та пошкодженням значно відрізнялася при $P < 0,05$.

Висновки

Отримані дані показали, що вплив висоти і поверхні удару на ступінь механічного пошкодження бульб є суттєвим для стійкої стратегії захоплення збиральних та післязбиральних процесів. Практика кидати пакет свіжих бульб картоплі з дуже високої точки не є здоровою для цієї продукції, оскільки це може завдати більшої шкоди. Відповідно, це дослідження було проведено, щоб продемонструвати той факт, що збільшення енергії впливу зменшує термін придатності. Підвищення енергії удару, що прикладається до продукту, як причина руйнуючого ефекту та механічного пошкодження клітинних стінок, призводить до втрати якості через пом'якшення текстури, що супроводжується зниженням твердості текстури картоплі.

Метод оцінки стійкості бульб картоплі до механічного навантаження був перевірений двома вимірами. У першому порівнювали чотири різних різновиди при однаковому ступені механічного навантаження, а в другому ідентичний сорт картоплі порівнювали при різних ступенях механічного навантаження при встановленому постійному температурному зберіганні вологи. У першому вимірі зразки були завантажені вібраціями заданої частоти на заданому підйомі на випробувальному стенді. Це дозволило порівняти ступінь внутрішньої травми, тобто зміни кольору картоплі (потемніння, чорніння м'якоті, посивіння) на бульбі, нарізаному після зберігання цих різних зразків картоплі протягом 48 годин при однаковій температурі і вологості. Необхідно науково перевірити, чи можна оцінити зміни кольору бульби навіть за іншими програмами для аналізу зображення. Загальна поверхня різання бульби та її частина з появою змін кольору (м'якоть сивіла, темна начинка) були оцінені комп'ютером. Були виявлені значні відмінності в стійкості сортів до різних ступенів механічного навантаження як ранньою, так і пізньою картоплею.

Перевірений метод, описаний вище, може бути відновлений для різних науково-дослідних установ, що тестують рослини, а також для сільськогосподарських і переробних підприємств. Завдяки об'єктивній оцінці

стійкості картоплі та інших культур до різних ступенів механічного навантаження можна було б вказати межі та критерії, щоб уникнути зниження якості картоплі та втрат виробництва.

1. В результаті аналізу процесів та пристроїв для сепарації домішок та сортування бульб та узагальнення результатів наукових досліджень визначено актуальний напрямок перспективних сортувань ротаційного типу на основі нового віброкінематичного принципу функціонування робочих органів.

2. В результаті досліджень пристроїв і процесів післязбиральної обробки картоплі запропоновані конструктивні параметри та технологічна схема нового робочого органу та універсального віброротаційного сортування для сепарації домішок та сортування бульб.

3. В результаті теоретичних досліджень визначено параметри кутової швидкості обертання вібророторів, що дозволяють поєднати кінематичну та вібраційну дію робочих органів та реалізувати інтенсивне орієнтування бульб у калібруючі отвори для підвищення ефективності сортування.

4. Виготовлено експериментальний зразок універсального віброротаційного сортування на основі результатів теоретичних досліджень та матеріалів викладених у патенті, що забезпечує реалізацію гіпотези про віброкінематичний принцип процесу сортування бульб.

5. Виробничі дослідження підтвердили універсальність сортування в процесі повноопераційної та малоопераційної обробки вороху з показниками: повнота сепарації домішок $P = 95...98 \%$ та точність сортування $K = 90...92 \%$ з продуктивністю $13,7...18$ т/год у разі пошкодження бульб трохи більше $1,5 \%$. Для малоопераційної схеми рекомендовані значення: $\omega = 5,5 \text{ с}^{-1}$ і $q = 5 \text{ кг/с}$ (18 т/год). Для повноопераційної $\omega = 4,9 \text{ с}^{-1}$ і $q = 3,8 \text{ кг/с}$ ($13,7$ т/год). Межі регулювання калібруючих зазорів від 20 до 60 мм. Застосування вібрації підвищило

якість виконання технологічних процесів на 17.24% порівняно з використанням даного сортування без вібрації.

8. Річний економічний ефект від розробленого технічного рішення становить близько 130 тис. руб. (у цінах 2013 р.) при використанні одного віброротаційного сортування. Розроблена конструкція віброротаційного сортування порівняно з сортувальною машиною СБРК 15 забезпечує зниження наведених витрат на 23%, питомої металомісткості на 38%, та енергоємності на 14%.

Результати аналізу трьох сортів картоплі показали, що загартовування через шість днів позитивно вплинуло на основний сорт. Умови затвердіння та належне управління зберіганням послужили виробникам, запобігаючи псуванню бульб картоплі, що робить їх доступними в міжсезоння в місцях їх збирання. Ефект затвердіння позитивно вплинув на зберігання бульб картоплі щодо рівня зберігання свіжої картоплі, щоб продовжити термін зберігання картоплі з 14 днів до 10 та 14 тижнів, із загальною втратою від 18 до 24% в кінці терміну зберігання. Результат втрати був нижчим, ніж випробування, в яких бульби картоплі обробляли протягом двох тижнів методом наземного затвердіння у ямах, і показали лише 40% втрачених бульб після 3 місяців зберігання. Внутрішній діапазон температур зберігання спостерігався як 12-16°C з внутрішньою відносною вологістю 77-85%, коли зовнішня температура та відносна вологість були зафіксовані як 25-30°C і 40-50% відповідно. З результатів експерименту було виявлено, що втрата вологи та проростання мали велике значення для вирішення терміну зберігання картоплі, що зберігається. Тому до зберігання проводилося затвердіння, щоб мінімізувати втрати, що сталися через втрату вологи, шляхом збереження вологи, а належне управління зберіганням мінімізувало втрати у разі проростання, підтримуючи атмосферу зберігання, щоб продовжити термін зберігання бульб, що зберігаються.

Рекомендація

Витримка бульб картоплі продовжувала термін зберігання картоплі, тим самим забезпечуючи стабільну доступність картоплі на ринку та заробляючи додаткові гроші для фермерів. Загалом, конструкція сховища вимагає важливого догляду під час будівництва, тому сонячне світло повинно бути максимально заблоковано від потрапляння в сховище, а час вентиляції слід серйозно застосувати, якщо це не може спричинити великих втрат або завдати повної шкоди картоплі бульби. Було б також корисно вибрати довший період зберігання та більше сорту картоплі, щоб перевірити картоплю, щоб зрозуміти хімічні та фізичні зміни, що відбуваються при тривалому зберіганні.

Список використаної літератури

1. Кожушко Н.С., Кравченко І.В. Вплив травмування бульб на врожай картоплі // Картопля та овочі. - 1976. - №10.
2. Дослідження травмування бульб на робочих органах картоплезбирального комбайна ККУ-2 «Дружба»/ О.О. Герасимів, А.Є. Перм'якова, К.А. Пшеченків, В.Ф. Синяков// Технологія виробництва картоплі. Науч.праці НДІКГ, вип. 15. М. - 1973. - С.77-85.
3. Заводнов С.В. Дослідження взаємодії бульб картоплі з робочими органами сільськогосподарських машин: Дисс ... канд. техн. наук. - Москва. - 2002. - 145 с.
4. Верещагін Н.І. Динамічні характеристики стійкості бульб картоплі до механічних пошкоджень // Картоплярство результати досліджень, інновації, практичний досвід. - Том 2. - Москва. - 2008. - С.243-253.
5. Гордєєв О.В., Гордєєв В.І. Прогнозування відсотка бульб із внутрішніми механічними пошкодженнями при падінні під час збиральних робіт // Селекція, насінництво та технологія плодово-ягідних культур та картоплі: Зб. наук. тр. ДНУ ЮНДІПОК, т.11. Челябінськ. – 2009. – с. 162-168.
6. Гордєєв О.В. Модель утворення картопляного насипу та пошкодження бульб картоплі // Трактори та сільгоспмашини. - 2007. - №10. - С.28-29.
7. Вентцель О.С. Теорія імовірності. - М: Наука. - 1969. - С.576.
8. Байбулат Т.С., Маазов Ш.М. Аналіз різних технологій обробітку картоплі //Молоді вчені – внесок у реалізацію національного проекту «Розвиток АПК»: зб. матеріалів регіональної науково- практичної конференції студентів, аспірантів та молодих учених ПФО. - Махачкала, 2007.
9. Костенко М.Ю. Ушкодження бульби картоплі // Сучасні енерго- та ресурсозберігаючі, екологічно стійкі технології та системи сільськогосподарського виробництва: зб. наук. тр. - Рязань: Інформаційні технології, 1999. - Ч.1. - 146 с.

10. Поліщук С.Ф. Вплив внутрішніх (прихованих) механічних пошкоджень тканин м'якоті лежкості та насінневі якості бульб картоплі: дис. ... канд. техн. наук. - Київ, 1965.

11. Хамхоєв Б.І., Байбулатов Т.С., Хабібов С.Р. Удосконалення технологічного процесу збирання картоплі // Проблеми розвитку АПК регіону. - 2019. - №1 (37). - С. 15-20.

12. Хамхоєв Б.І. Результати досліджень картоплекопача у складних ґрунтово-кліматичних умовах//Проблеми розвитку АПК регіону. - 2019. - №1 (37). - С. 144-149.

13. Алакін В.М. Дослідження роботи роторно-пальцевої комбінованої поверхні для відділення домішок та калібрування картоплі / В.М. Алакін, Н.В. Шабуров // Технології та технічні засоби механізованого виробництва продукції рослинництва та тваринництва у Нечорноземній зоні Росії. Збірник наукових праць. Випуск 65. - СПб.: НІПТІМЕСГ НЗ РФ, 1995. - С. 50 - 57.

14. Алакін В.М. Комплект для доробки картоплі та овочів. / В.М. Алакін, С.А. Плахов, В. І. Єремєєв // Картопля та овочі. – 2012. – № 8. – С. 11 – 13.

15. Алакін В.М. Параметри та режими роботи роторно-пальцевої сепаруюче-калібруючої поверхні, що підвищують ефективність обробки вороху картоплі: дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / Алакін Віктор Михайлович. – СПб – Пушкін., 1996. – 184 с.

16. Болдін А.П. Основи наукових досліджень та УНІРС. Навчальний посібник. / А. П. Болдін, В.А. Максимів. - М: Московський автомобільно-дорожній інститут, 2002. - 276 с.

17. Босий Є. С. Теорія, конструкція та розрахунок сільськогосподарських машин: Підручник для сільськогосподарського машинобудування / О.С. Босий; під. ред. О.С. Босий. - М: Машинобудування, 1977. - 568 с.

18. Волосевич П.М. Удосконалення технологічного процесу та технічних засобів калібрування бульб картоплі: дис. ... лікарі. тих. наук: 05.20.01 / Петро Миколайович Волосевич. – Мічурінськ-наукоград, 2011. – 294 с.

19. Вібрації у техніці: Довідник У 6 - ти т. / За ред. е.е. Лавендел. ред. порада: В.М. Челомей (попер.). - М: Машинобудування. – Т. 4. – 1981. – 509 с.

20. Гандбаріан Д. Обґрунтування параметрів і режимів роботи картоплесортувального барабанного типу: автореф. дис. канд. тих. наук: 05.20.01 / Давуд Гандбаріан. – М., 2006. – 22 с.

21. Діденко М.Д. Машина для збирання овочів/М.Д. Діденко, В.О. Хвостів, В. П. Медведєв. - М: Машинобудування, 1973. - 199 с.

22. Ємельянов П.А. Основи теорії орієнтування тіл сільськогосподарських матеріалів технічними засобами/П.А. Ємельянов. – М.: Інформагротех, 2001. – 67 с.

23. Завалішин Ф.С. Методи досліджень з механізації сільськогосподарського виробництва/Ф.С. Завалішин, М.Г. Мацнів. - М: Колос, 1972. - 231 с.

24. Колчин Н.М. Взаємодія бульб із робочою поверхнею віброротаційного сортування / Н.М. Колчин, В.М. Алакін, С.А. Плахов // Сільськогосподарські машини та технології. – 2014. – №2 – С. 29 – 34.

25. Колчин Н.М. Комплекси машин та обладнання для післязбиральної обробки картоплі та овочів / Н.М. Колчин. - М: Машинобудування, 1982. - 268 с.

26. Колчин Н.М. Механізація робіт у сховищах картоплі та овочів / Н.М. Колчин. - М: Агропромиздат, 1985. - 191 с.

27. Колчин Н.М. Машинне виробництво картоплі та овочів: технології та технічні засоби післяприбирального циклу / Н.М. Колчин, О.М. Козін // Досягнення науки і техніки АПК. – 2004. – № 1. – С. 29 – 34.

28. Колчин Н.М. Обґрунтування основних параметрів віброротаційного сортування картоплі / Н.М. Колчин, В.М. Алакін, С.А. Плахов // Система технологій та машин для інноваційного розвитку АПК Росії: Збірник наукових доповідей Міжнародної науково-технічної конференції, присвяченої 145 - річчю дня

народження основоположника землеробської механіки академіка В.П. Горячкіна. Ч. 1. – М., 2013. – С. 277 – 280.

29. Колчин Н.М. Післяприбиральний цикл виробництва картоплі та овочів / Н.М. Колчин // Сільський механізатор. – 2004. – № 1 – С. 14 – 16.

30. Колчин Н.М. Теоретичні та експериментальні основи створення комплексу машин для потокової післязбиральної обробки картоплі: дис. ... доктора. тих. наук: 05.20.01 / Микола Миколайович Колчин. – М., 1974. – 317 с

31. Колчин Н.М. Універсальний віброротаційний сепаратор для післязбирального доопрацювання картоплі / Н.М. Колчин, В.М. Алакін, С.А. Плахов // Трактори та сільгоспмашини. – 2013. – № 2. С. 9 – 11.

32. Красніков В.В. Підйомно-транспортні машини у сільському господарстві. Вид. 2 - е, перероб. та дод. / В.В. Красніков. - М: Колос, 1973. - 464 с.

33. Лебедев Л.Я. Післяприбиральне відділення ґрунтових домішок із купи картоплі на роторно-пальцевому сепараторі / Л.Я. Лебедев, Н.В. Шабуров // Інтенсифікація технологій та технічних засобів рослинництва Нечорноземної зони РРФСР. Збірник наукових праць НДПТІМЕСГ НЗ РРФСР. Випуск 54. – Л., 1989. – С. 63 – 70.

34. Листопад Г.Є. Сільськогосподарські та меліоративні машини / Г.Є. Листопад, Г.К. Демідова, Б.Д. Зонов - М: Агропромиздат, 1986. - 688 с.

35. Мосін В.М. Дослідження та обґрунтування основних параметрів універсального ремінного робочого органу для післязбиральної обробки коренеклубнеплодів / В.М. Мосін // Трактори та сільгоспмашини. – 1986. – № 8. – С. 47 – 49.

36. Манпіль Л.І. Визначення коефіцієнта миттєвого тертя бульб по робочій поверхні/Л.І. Манпіль // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 1986. – № 12. – С. 28.

37. Мешкунов В.А. Результаты дослідження сепаруючих пристроїв картоплезбиральних машин / В.А. Мешкунов, А.П. Калініна // Праці НДПТІМЕСГ НЗ РРФСР. Випуск 18. – Л., 1975. – С. 125 – 133.

38. Нікітін Н. Н. Курс теоретичної механіки: Навч. для машинобудування. та приладобудує. спец. вузів/Н.М. Нікітін. - М: Вища. шк., 1990. – 607 с.

39. Останін Р.І. Параметри та режими роботи дисково-стрічкового пристрою для підвищення ефективності сортування картоплі на фракції: дис. ... канд. тих. наук. 05.20.01 / Рудольф Іванович Останін. – СПб – Пушкін., 1986. – 222 с.

40. Плахов С.А. Дослідження роботи роторно-пальцевої комбінованої поверхні для відділення домішок та калібрування картоплі / С.О. Плахов, В.М. Алакін // Прогресивні технології, конструкції та системи в приладі-і машинобудуванні: Матеріали Всеросійської науково-технічної конференції 6 - 8 грудня 2005 р., т. 1 - М: Вид-во МДТУ ім. Н. Е. Баумана, 2005. - С. 242

41. Плахов С.А. Дослідження технологічного процесу віброротаційного сортування картоплі/С.А. Плахов, В.М. Алакін // Наукоємні технології в приладі-і машинобудуванні та розвиток інноваційної діяльності у вузі: Матеріали Всеросійської науково-технічної конференції 5 - 7 грудня 2006, т. 1 - М.: Вид - в МДТУ ім. Н. Е. Баумана, 2006. – С. 233 – 236.

42. Плахов С.А. Дослідження процесу орієнтування бульб при вібраційній дії роторів / С.А. Плахов // Наукоємні технології в приладі- та машинобудуванні та розвиток інноваційної діяльності у вузі: Матеріали Всеросійської науково-технічної конференції 7 – 9 грудня 2010 р., т. 1 – М.: Вид-во МДТУ ім. Н. Е. Баумана, 2010. – С. 306 – 308.

43. Петров Г.Д. Картоплезбиральні машини / Г.Д. Петров. - М: Машинобудування, 1972. - 395 с.

44. Петров Г.Д. Картоплезбиральні машини/Г.Д. Петров. - М: Машинобудування, - 1984. - 320 с.

45. Плахов С.А. Обґрунтування форми пальців ротора віброротаційного сортування / С.А. Плахов, В.М. Алакін, Г.С. Нікітін // Наукоємні технології у приладі- та машинобудуванні та розвиток інноваційної діяльності у вузі: Матеріали Всеросійської науково-технічної конференції 4 - 6 грудня 2012 р., т. 2 - М.: Вид - у МДТУ ім. Н. Е. Баумана, 2012. – С. 127 – 133.

46. Писарев Б.А. Виробництво картоплі: вирощування, збирання, післязбиральне доопрацювання, зберігання. Довідник/Б.А.Писарев. - М: Росагропромиздат, 1990. - 223 с.

47. Плахов С.А. Результати розробки та впровадження віброротаційного сортування картоплі / С.А. Плахів – Калуга.: Видавничо КЦДО, 2014. – 12 с.

48. Погуляев А.Д. Теоретичне та експериментальне обґрунтування режимів та деяких параметрів ротаційного сепаратора / О.Д. Погуляев // Праці ЧІМЕСГ. Випуск 93. – Челябінськ, 1974. – С. 91 – 98.

49. Пшеченко К.А. Технології та засоби механізації для збирання та післязбирального доопрацювання картоплі / К.А. Пшеченків, Н.М. Колчин, С.В. Мальцев // Картопля та овочі. – 2012. – № 5 С. 8 – 10.

50. Приймальний бункер Grimme: додаткове оснащення серії RH/[Електронний ресурс] Сайт фірми «Гріме» завод сільськогосподарських машин». - Електрон дано. - Режим доступу: Web <http://www.grimme.com/>.

51. Роздумович І.Р. До питання сепарації ґрунту пайлерними сепараторами / І.Р. Роздумович, Н.І. Чіпурко // Праці ЧІМЕСГ. Випуск 78. – Челябінськ, 1974. – С. 45.

52. Ротаційний сепаратор для коренеклубнеплодів: пат. 2092012 Ріс. Федерація: МПК6 А 01 D 33/08 / Мішин П.В.; заявник та патентовласник Чуваський сільськогосподарський інститут. - №93033352/13; заявл. 28.06.1993; опубл. 10.10.1997.

53. Сорокін А.А. Качення-ковзання бульб по робочих органів картоплезбиральних машин / А.А. Сорокін // Трактори та сільгоспмашини. – 1975. – № 12. – С. 27 – 28.

54. Сафразбемян О.А. Обґрунтування необхідної довжини робочої поверхні сепараторів картоплезбиральних комбайнів / О.О. Сафразбемян // Праці ВІМ. Випуск 93. – М., 1982. – С. 32 – 38.

55. Сорокін А.А. Розрахунок ґрунтосепаруючої поверхні картоплезбирального комбайна / О.О. Сорокін // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 1983. – № 1 – С. 17 – 18.

56. Степанов О.М. Результати дослідження роликово-дискової картоплесортировки / А.А. Степанов, Є.Є. Орешин, Г.А. Логінов // Наукове забезпечення розвитку АПК за умов реформування: Збірник наукових праць СПБГАУ. – СПб – Пушкін, 2009. – С. 297 – 301.

57. Сорокін А.А. Сепарація бульб картоплі від ґрунтових грудок (камені й) за масою та коефіцієнтом відновлення швидкості / А.А. Сорокін // Трактори та сільгоспмашини. – 1978. – № 2. – С. 24 – 26.

58. Фомін І.М. Картоплезбиральний комбайн для перезволожених кам'янистих ґрунтів / І.М. Фомін, В.В. Пузанов, Д.Г. Петров // Техніка в сільському господарстві. – 1989. – № 5. – С. 49 – 50.

59. Фурлетов В.М. Удосконалення робочих органів для відокремлення коренеплодів від домішок / В.М. Фурлетов // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 1983. – № 11. – С. 32 – 34.

60. Хвостов В.А. Машини для збирання коренеплодів та цибулі / В.А. Хвостів, Е.С. Рейнґарт. - М: А.О. "Полімаг", 1995. - 391 с.

61. Шабельник Б.П. Геометрія кулачків транспортера - очисника коренезбиральної машини. / Б.П. Шабельник // Трактори та сільгоспмашини. – 1975. – № 8. – С. 18 – 21.

62. Шабельник Б.П. Рух активною поверхнею очищувача системи компонентів вороху коренеплодів, взаємопов'язаних еластичними елементами / Б.П. Шабельник // Механізація та електрифікація сільськогосподарських процесів у поліводстві. Збірник наукових праць. - Зерноград: ВНПТІМЕСГ, 1989. – С. 80 – 82.

63. Шабуров Н.В. Калібрування бульб картоплі/Н.В. Шабуров // Механізація та електрифікація сільського господарства, 1987. - № 10. - С. 33 - 35.

64. Поліщук С.Ф. Комплекс заходів щодо збереження продовольничих та насінневих якостей картоплі. Зберігання та переробка картоплі, овочів, плодів та винограду.// Тр. ВАСХНІЛ. М. "Колос". 1979. С. 87-92.

65. Пшеченков К.А., Давиденкова О.М. Споживчі якості бульб та зберігання картоплі залежно від сорту, умов вирощування та зберігання У сб.: Питання картопліводства. М. 2003. З 90-99.

66. Поліщук С.Ф. Картопля: якість, зберігання. Київ. 1971. 47с.

67. Метлицький Л.В., Гусев С.А., Тектоніді І.П. Технологія зберігання ня картоплі. М. "Колос" 1972. 205 с.

68. Лавченко З.І. Період спокою бульб різних сортів картоплі та їх лежкість. Зберігання та переробка картоплі, овочів, плодів та винограду. М. "Колос". 1973. С. 46-49.

69. Воловик А.С., Глез В.М., Зейрук В.М., Капустін В.М. Протравлення бульб скорочує втрати при зберіганні // Картопля та овочі. 1996. №4. С. 31.

70 Верещагін Н.В. Зберігання насінневої картоплі. Другий хліб. Челябінськ. 1984. С.49-52.