

Применение цифровой микрофокусной рентгенографии для исследования прелости семян подсолнечника

Я. О. Гуттовский

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

yanpheonix426@yandex.ru

Аннотация. В Российской Федерации подсолнечник является основной масличной культурой, используемой непосредственно в пищевых целях. В этой связи необходимо обеспечение высокого качества перерабатываемых семян. При хранении семян в неоптимальных условиях может произойти их порча, и исследование такого процесса является актуальной задачей. Перспективным методом для оценки параметров семян является цифровая микрофокусная рентгенография: с ее помощью была установлена связь между дефектностью и прелостью семян подсолнечника, а также дана оценка применимости этого метода в целом.

Ключевые слова: микрофокусная рентгенография; семена подсолнечника; биохимия

I. ВВЕДЕНИЕ

В связи с необходимостью отбора наиболее качественных семян различных сельскохозяйственных культур, а также семян с определенными признаками возрастает интерес к методу цифровой микрофокусной рентгенографии. Данный метод, по сравнению с ручной обработкой, позволяет более эффективно осуществлять оперативный контроль путем получения качественных и информативных рентгеновских изображений с прямым геометрическим увеличением [1].

В Российской Федерации подсолнечник является основной масличной культурой, имеющей важное значение для народного хозяйства: получаемое растительное масло используется в пищевых целях, а продукты переработки семян – в кормовых [2]. По этой причине проблемам селекции и выращивания подсолнечника, хранения и контроля качества семян уделяется повышенное внимание.

В среднем показатель содержания липидов (масел) в семенах подсолнечника находится на уровне 40–50 %. Под липидами понимают ацилглицеролы – простые липиды, представляющие собой сложные эфиры, т. е. соединения глицерина и высокомолекулярных жирных кислот [3]. При хранении семян подсолнечника в условиях повышенной температуры и влажности, при непосредственном контакте с кислородом происходят процессы порчи семян (прелость), а именно гидролиз ацилглицеролов и окисление жирных кислот (рис. 1).

Сейчас для оценки качества семян подсолнечника, как и других сельскохозяйственных культур, применяется химический метод: количество свободных жирных кислот и продуктов окисления отражаются кислотным, перекисным и анизидиновым числами.

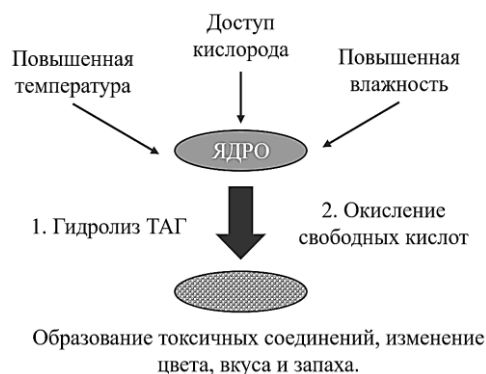


Рис. 1. Общая схема процесса порчи семян подсолнечника

Как отмечается в [4], во время нормального хранения процессы порчи протекают медленно, но заметно активизируются при повышении температуры. Происходящие с семенами изменения можно оценить по органолептическим показателям, то есть визуально: так, на рис. 2 показаны испорченные семена подсолнечника, имеющие различные оттенки желтого и коричневого, вплоть до черного, цвета.



Рис. 2. Внешний вид испорченных (прелых) семян подсолнечника

Рентгенографический метод может позволить оценить степень порчи семян без необходимости их производственного обрушивания или ручной очистки, а также выявить дефекты и заражение вредителями.

II. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Применяемый метод микрофокусной рентгенографии подразумевает использование источника рентгеновского излучения с соответствующим размером фокусного пятна (100 мкм и менее). Благодаря этому становится возможным перейти от контактной съемки к режиму с прямым геометрическим увеличением (рис. 3).

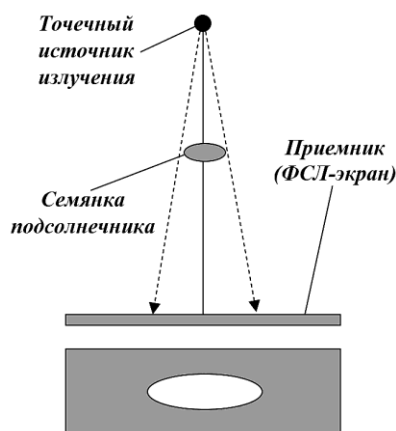


Рис. 3. Схема получения рентгеновского снимка

Для получения рентгеновских снимков использовалась многофункциональная передвижная рентгеновская диагностическая установка ПРДУ (обеспечивает $I_a = 5-50$ кВ, $U_a = 20-200$ мкА) и экран с фотостимулируемым люминофором (ФСЛ-экран). Преобразование изображения в цифровой вид проводилось путем лазерного сканирования на сканере Digora PCT. Режим съемки семян: $U_a = 20$ кВ, $I_a = 73$ мкА, $t_{\text{эксп}} = 5$ с.

Для исследования из переданной в распоряжение СПбГЭТУ «ЛЭТИ» партии случайным образом было отобрано 400 семян подсолнечника. Оценка степени порчи проводилась по ГОСТ 27988-88 «Семена масличные. Методы определения цвета и запаха», а получение рентгеновских снимков – по ГОСТ Р 59603-2021 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы цифровой рентгенографии».

III. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 4 показаны карточки с анализируемыми семенами, а на рис. 5 – рентгеновский снимок семян, представленных ранее на рис. 2.



Рис. 4. Исследуемые семена подсолнечника

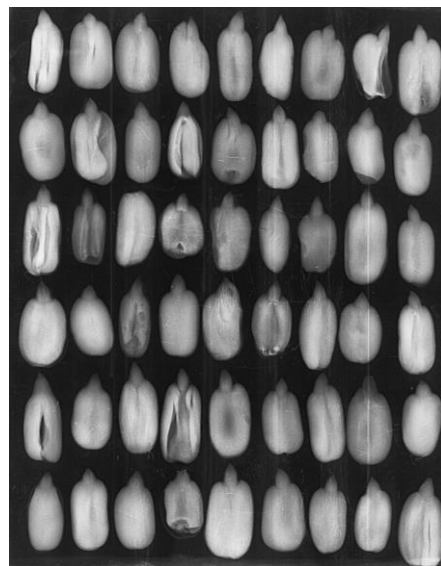


Рис. 5. Рентгеновский снимок прелых семян подсолнечника (3x)

Как видно по рис. 5, многие прелые семена обладают различными дефектами, при этом форма семян достаточно неодинакова: так, более светлыми выглядят семена с большей толщиной, а более темными – с меньшей. Таким образом, можно полагать, что препятствием для оценки прелости семян напрямую является их неоднородность по форме. Чтобы оценить изменение плотности образцов при порче были сделаны рентгеновские снимки поперечных срезов семян одинаковой толщины (табл. 1).

ТАБЛИЦА I.

№	1	2	3	4	5	6	7
L , о.е.	155	167	174	176	189	190	176
№	8	9	10	11	12	13	-
L , о.е.	184	190	191	193	198	208	-

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод, что семена без признаков порчи 1–6 на рентгеновских снимках в среднем обладают меньшей яркостью внешнего слоя, чем сильно прелые семена 7–13. При этом по данному показателю нельзя однозначно дифференцировать семена подсолнечника. По данным [5], в процессе порчи плотность содержимого семян изменяется незначительно. На рис. 6 – рис. 9 показана часть рентгеновских снимков исследуемой партии семян.

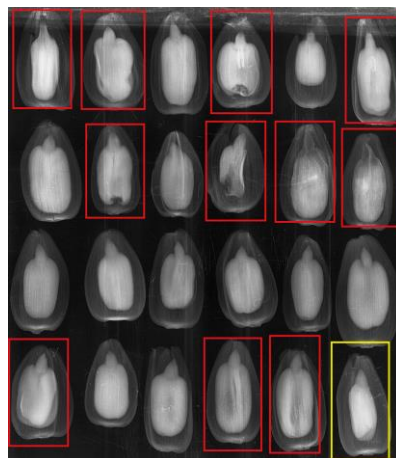


Рис. 6. Карточка с исследуемыми образцами 1

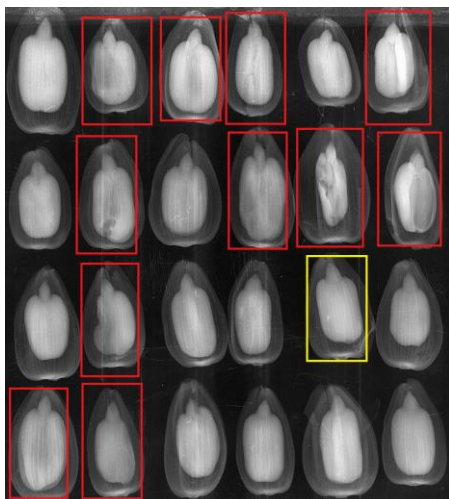


Рис. 7. Карточка с исследуемыми образцами 2

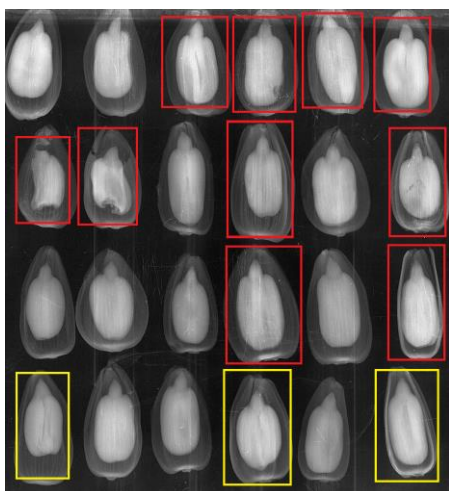


Рис. 8. Карточка с исследуемыми образцами 3

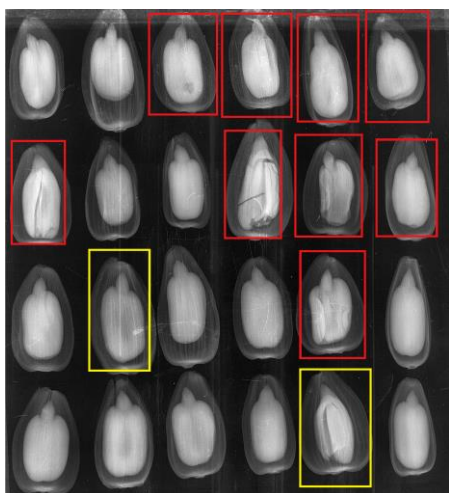


Рис. 9. Карточка с исследуемыми образцами 4

Анализ полученных рентгеновских снимков позволяет сделать вывод, что процесс порчи может начинаться с верхней части семени, что показано далее на рис. 10. При этом некоторые семена обладают повреждениями, полученными, вероятно, в результате действия вредителей, что показано далее на рис. 11.



Рис. 10. Семена с деградировавшей верхней частью

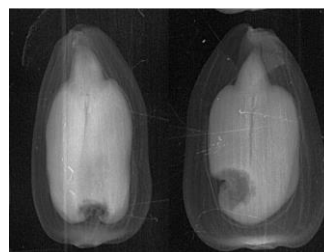


Рис. 11. Семена, поврежденные вредителями

В ходе исследования было установлено, что половина семян подсолнечника из отобранной партии имеет признаки прелости (изменение цвета) – 200 шт., при этом дефектных выявлено 164 шт. Среди испорченных семян дефекты присутствуют у 117 шт., а среди хороших – только у 47 шт. Таким образом, в данном опыте вероятность того, что наличие дефекта указывает на прелость составляет 0,71.

Точность метода оценки прелости по косвенным признакам, т. е. по наличию дефектов или различных аномалий развития, в данном конкретном случае составила порядка 0,59.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, путем исследования 400 семян подсолнечника методом цифровой микрофокусной рентгенографии было установлено следующее:

1. В связи с незначительным изменением плотности содержимого семян при порче, а также большим разнообразием формы и размеров оценка их прелости напрямую рентгенографическим методом затруднительна.
2. В ходе эксперимента обнаружена связь между прелостью семян подсолнечника и их дефектностью. Объяснить данное явление достаточно просто: наличие дефектов сопровождается нарушением целостности семян и плодовых оболочек, это способствует интенсификации воздействия на них различных неблагоприятных факторов окружающей среды.
3. Метод цифровой микрофокусной рентгенографии показал свою эффективность в выявлении различных дефектов семян подсолнечника, и перспективным видится возможность применения программного комплекса по их автоматическому выявлению.
4. Оценка прелости семян по косвенным признакам рентгенографическим методом возможна, но в реальных условиях, вероятно, не будет эффективной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Архипов М.В., Потрахов Н.Н. Микрофокусная рентгенография растений, Санкт-Петербург: Технолит, 2008. 194 с.
- [2] Дзахов, Т.Б. Роль семян подсолнечника в обеспечении продовольственной безопасности // Научные труды студентов Горского государственного аграрного университета «Студенческая наука – агропромышленному комплексу», Владикавказ, 16–17 марта 2020 года. Том 57, ч.2. Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2020. С. 296-298.
- [3] Каменчук А.И., Оленко Е.С. Липиды: строение и функции мембранных липидов // Перспективы развития науки в современном мире: сборник трудов по материалам IX Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ. Уфа: НИЦ Вестник науки, 2022. С. 31–39.
- [4] Овсянникова О.В., Францева Т.П. Влияние условий хранения семян подсолнечника на экологическую безопасность и стойкость масел к окислению: монография. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 108 с.
- [5] Лисицын А.Н. Развитие теоретических основ процесса окисления растительных масел и разработка рекомендаций по повышению их стабильности к окислению: автореферат дис. ... докт. техн. наук: 05.18.06 / Кубанский государственный технолог. ун-т. Краснодар, 2006. 50 с.