

РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД В ОПРЕДЕЛЕНИИ КАЧЕСТВА СЕМЯН КАПУСТНЫХ КУЛЬТУР

Ф.Б. МУСАЕВ, Л.Л. БОНДАРЕВА, М.С. АНТОШКИНА

(ФГБНУ Всероссийский НИИ селекции
и семеноводства овощных культур)

Серьезной проблемой в отечественном овощеводстве является качество высеваемых семян. Неравномерность всходов, неоднородность продукции по величине и качеству в значительной мере определяются разнокачественностью посевного материала. В связи с этим большой практический интерес представляет оценка качества семян перед посевом и закладкой на хранение.

Традиционные методы контроля качества семян в большинстве своем трудоемки, длительны в исполнении и приводят к порче анализируемой пробы. Современный уровень научных исследований требует применения инструментальных автоматизированных методов оценки качества семян, позволяющих получить больше информации и в более короткие сроки.

В совместной работе сотрудников ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур (ВНИИССОК), Агрофизического НИИ (АФИ) и Санкт-Петербургского электротехнического университета (СПбГЭТУ) разработаны «Методические указания по рентгенографическому анализу качества семян овощных культур».

В работе применением метода рентгенографического анализа коллекции сортообразцов семян капусты, редиса и кресс-салата селекции ВНИИССОК и Селекционной станции имени Н.Н. Тимофеева выявлены основные дефекты и недостатки их внутренней структуры, имеющие хозяйственное значение. Согласно установленной классификации недостатками внутренней структуры семян капусты по рентгенографическим признакам являются нерегулярные затемнения, выраженная «рисунчатость» с глубоким разделением частей зародыша, «угловатость семян», приводящие к потере их жизнеспособности. В семенах редиса с помощью метода по особенностям внутреннего строения семян можно отличить популяционные семена от гомогенных (инбредная линия), приводящих к депрессии в поколениях. На семенах кресс-салата южной репродукции обнаружена скрытая форма повреждения насекомыми. Метод рентгенографии оказался практически незаменимым для обнаружения таких внутренних повреждений, внешне неотличимых. Метод выгодно отличается от других информативностью, быстротой применения, целостностью и сохранностью исследуемого материала, что особенно важно при работе малыми партиями семян коллекционного и селекционного материала. Путем регистрации и архивирования результатов анализа можно проследить за изменением качества семян за весь период их хранения.

Ключевые слова: рентгенография, качество семян, дефекты, зародыш, структура, проростки, капуста.

Низкое качество посевного материала порой задерживает развитие отечественного овощеводства. Современные технологии, предусматривающие прямой и точный высеv

семян в грунт, исключая изреженность посевов, а также приемы по прореживанию всходов, требуют однородные семена с высокой полевой всхожестью.

В период генеративного развития растения особенно требовательны к условиям свето-, тепло- и влагообеспеченности [9]. Однако климатические условия большинства регионов нашей страны неблагоприятны для ведения семеноводства, отрицательно сказывается и слабая техническая оснащенность производства и послеуборочной доработки семян.

Особенно острая ситуация в семеноводстве овощных культур. Большое биоморфологическое разнообразие овощных культур, повышенная тепло- и влаго- требовательность большинства видов требуют тщательного подхода к организации семеноводства. Обоснованию выбора зоны семеноводства различных овощных культур должен предшествовать большой объем исследований почвенно-климатических условий и серия сортоиспытаний.

Капустным овощным культурам, в частности капусте белокочанной, отводится ведущая роль в овощеводстве России как традиционно, так и в современных условиях. Более 20 % посевных площадей под овощами занято капустой [8,12]. Капуста составляет четвертую часть овощного рациона населения нашей страны [4]. Потребность в семенах капусты белокочанной по стране достигает более 50 т [17]. За рынок борются как отечественные, так и иностранные компании. Семеноводство ведется по всему миру, где есть оптимальные природные и экономические условия.

В практике семеноводства постоянно приходится сталкиваться с разнокачественностью семян [18]. С одной стороны, разнокачественность, неоднородность или гетерогенность семян – явление биологически полезное, выработанное в процессе эволюции, которое обеспечивает устойчивость и надежность популяции, необходимые для выживания вида [3, 20]. В то же время разнокачественность семян часто нежелательна для практики сельскохозяйственного производства. Неравномерность всходов, разная продуктивность растений и неоднородность продукции по качеству в значительной мере определяются разнокачественностью посевного материала.

Семена капустных культур (сем. *Brassicaceae*) отличаются высоким содержанием жиров (33-40%) и белков (25-36%). Они являются основными питательными веществами семени [11]. Вместе с тем семена обладают тонкой, гидрофильной оболочкой, легко нарушающейся во влажной атмосфере, равно как и при неделикатном подсушивании, что не способствует их «долговечности». Жиры становятся доступными окислению, семя становится открытым для грибной инфекции, его посевные и продуктивные свойства падают. В связи с этим большой практический интерес представляет оценка качества семян перед посевом и закладкой на хранение.

Традиционные методы контроля качества семян в большинстве своем трудоемки, длительны в исполнении и приводят к порче анализируемой пробы. Современный уровень научных исследований требует применения инструментальных автоматизированных методов оценки качества семян, позволяющих получить больше информации и в более короткие сроки.

Метод рентгенографии семян среди других выгодно отличается простотой применения, экспрессностью и неразрушаемым характером, который позволяет дополнительно применять и другие морфометрические методы для комплексного анализа качества семян. Метод стандартизован: ОСТ 56-94-88; ИСО 6639/4 -87; ГОСТ 28666.4-90 [16, 7, 5]. Для семян сельскохозяйственных культур он был разработан непосредственно сотрудниками Агрофизического научно-исследовательского института (АФИ) [1, 2].

В последние годы в совместной работе сотрудников ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур (ВНИИССОК), Агрофизического НИИ (АФИ) и Санкт-Петербургского электротехнического университета (СПбГЭТУ) на основе широкомасштабного эксперимента на семенах 25 видов овощных культур, принадлежащих к десяти ботаническим семействам [13, 14], разработаны «Методические указания по рентгенографическому анализу качества семян овощных культур» [15].

Методика исследований

Для рентгенографического анализа была использована коллекция семян селекции ВНИИССОК и Селекционной станции им. Н.Н. Тимофеева РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (табл. 1).

Таблица 1

Коллекция семян для рентгенографического анализа

№	Культура	Сортообразец	Оригинатор	Репродукция	Год
1	Капуста белокочанная	Амагер 611	ВНИИССОК	Дербент	2009
2	Капуста белокочанная	Белорусская 455	ВНИИССОК	Московская область	2007
3	Капуста белокочанная	Московская поздняя 15	ВНИИССОК	Московская область	2008
4	Капуста белокочанная	Подарок 2500	ВНИИССОК	Дербент	2009
5	Капуста белокочанная	F1 Малахит	РГАУ-МСХА	Италия	2012
6	Капуста белокочанная	F1 Трансфер	РГАУ-МСХА	Италия	2012
7	Капуста белокочанная	F1 Валентина	РГАУ-МСХА	Италия	2010
8	Капуста белокочанная	F1 Валентина	РГАУ-МСХА	Австралия	2012
9	Редис	Ария	ВНИИССОК	Московская область	2009
10	Редис	Розово-красный с белым кончиком	ВНИИССОК	Московская область	2011
11	Редис	Нигер, попул. I ₃	ВНИИССОК	Московская область	2013
12	Редис	Инбред. линия I ₄	ВНИИССОК	Московская область	2012
13	Кресс-салат	Престиж	ВНИИССОК	Московская область	2012
14	Кресс-салат	Флагман	ВНИИССОК	Московская область	2009
15	Кресс-салат	Мечта Дербента	РГАУ-МСХА	Дербент	2011

Анализ внутренней структуры семян капустных овощных культур проведен согласно «Методике рентгенографии в земледелии и растениеводстве» [1] и «Методическим указаниям по рентгенографическому анализу качества семян овощных культур» [15] на кафедре электронных приборов и устройств СПбГЭТУ. Рентгенографические съемки семян проведены на передвижной рентгенодиагностической установке ПРДУ-2 и рентгеновском микроскопе РМ-1. Выборка семян: 50 шт. (пять рядов по десять шт.) (рис. 1).



Рис. 1. Подготовка семян для рентгенографических съемок:
а – капуста белокочанная; б – редис

Режим съемки задается в зависимости от размера семян: напряжение 16-20 кВ, сила тока 98-105 мкА, экспозиция 3-5 с. Микрофокусная съемка, в отличие от контактной, позволяет получить резкие, контрастные рентгеновские изображения с большим увеличением, без потери качества. Полученный скрытый образ на пластине переводится в цифровой вид в специальном сканере «DIGORA», откуда образ передается на экран компьютера для редактирования, анализа и архивирования (рис. 2).

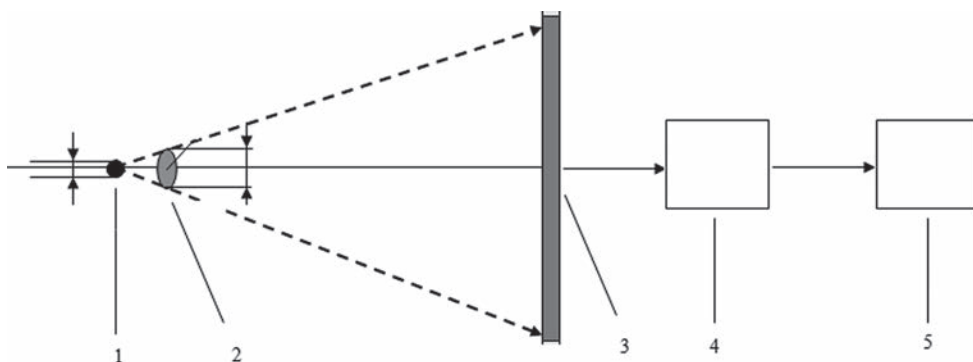


Рис. 2. Функциональная схема получения и обработки рентгеновских изображений:
1 – источник излучения (рентгеновская трубка); 2 – объект облучения (семя);
3 – приемник (ПЗС-матрица); 4 – блок обработки сигнала (специальный сканер);
5 – персональный компьютер

Затем были проведены индивидуальное проращивание семян на фильтровальной бумаге на стеклянных пластинках в термостате, а также оценка всхожести партии семян по ГОСТ 12038-84 [6].

Фотографирование семян, проростков и растений выполнялось профессиональным фотоаппаратом CANON-5D с макрообъективом CANON-100 разрешением 12-24 мегапиксель в фотолаборатории ВНИИССОК.

Результаты и их обсуждение

Результаты рентгенографического анализа семян восьми образцов капусты белокочанной различного происхождения и репродукции выявили большую пестроту их внутренней структуры (рис. 3). Даже общий взгляд на рентгенограмму способен определить неоднородность семян. Детали внутренней структуры семян по-разному уложены и выдают различные прорисовки на изображении.

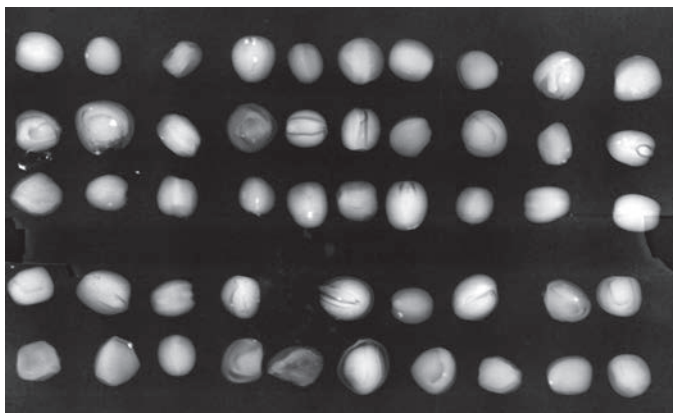


Рис. 3. Рентгенографический снимок семян капусты белокочанной

Анализ табл. 2 позволяет обозначить общую тенденцию связи между рентген признаками и жизнеспособностью семян. Она заключается в следующем: хорошо всходят семена, которые на снимках выглядят равномерно светлыми или с незначительной прорисовкой деталей. В основном совпадает число нормальных с точки зрения рентгенографического анализа семян с числом полученных проростков с перевесом в сторону проростков. Еще проросла часть семян из группы «разделённость частей зародыша» с мягким их разделением (табл. 2).

Таблица 2

Сопоставление результатов рентгенографического анализа и лабораторного проращивания семян капусты белокочанной, 2014 г.

Сорто-образцы	Рентгенографический анализ, %						Проращивание, %		
	нормальных	невыполненных	разделенных частей зародыша	«рисунчатых»	угловатых	нерегулярные затемнения	проросли	наклюнулись	не проросли
Амагер	45	0	11	17	13	14	54	16	30
Белорусская	41	0	8	16	23	12	52	14	34
Московская поздняя	42	14	8	5	22	9	48	11	39
Подарок	56	0	9	22	10	3	62	18	20

Путем визуального анализа многочисленных рентгенограмм различных сортов образцов семян капусты и их сопоставления с результатами лабораторного проращивания выявлены характерные рентгенографические признаки, влияющие на их качественные показатели.

Далее приведена подборка рентгенографических снимков семян и фотографий проростков, где сопоставляются рентгеновский образ конкретного семени и его поведение в условиях, благоприятных для прорастания.

Явная разделённость частей зародыша и нерегулярные тени на проекции семени № 1 отразились в замедленном его прорастании и в аномальности проростка (рис. 4).

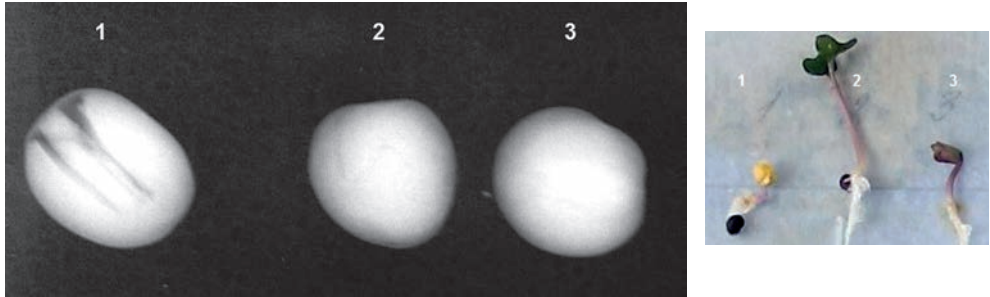


Рис. 4. Рентгенография семян и проростки капусты белокочанной с признаком «разделённость частей зародыша»

Более мягкое разделение частей зародыша семян № 8, 9 без дополнительных теней, напротив, не ведёт к ухудшению качества проростка (рис. 5).

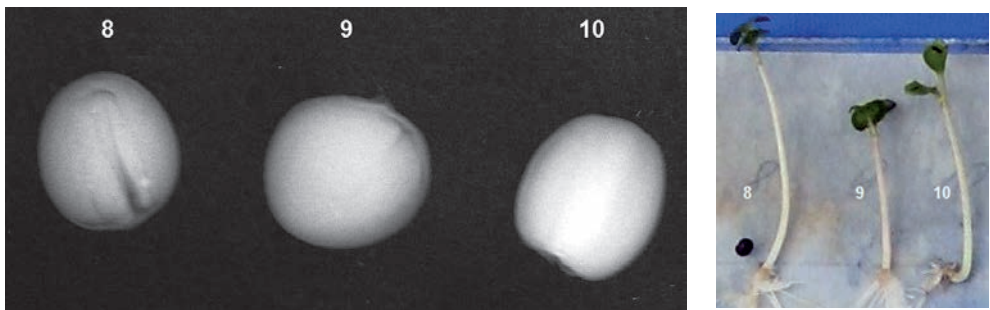


Рис. 5. Рентгенография семян и проростки капусты белокочанной с признаком «мягкое разделение элементов зародыша»

Выраженная «рисунчатость» с глубоким разделением частей зародыша семян № 38, 40 свидетельствует об их нежизнеспособности (рис. 6).

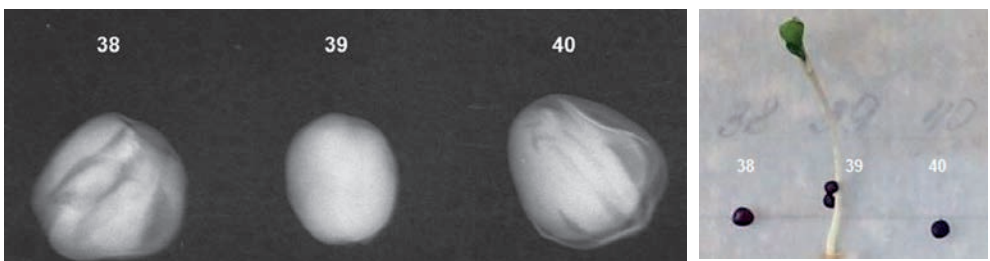


Рис. 6. Рентгенография семян и проростков капусты белокочанной с признаком «рисунчатость внутренней структуры»

Нерегулярные затемнения на проекции семени № 46 также свидетельство его нежизнеспособности (рис. 7).

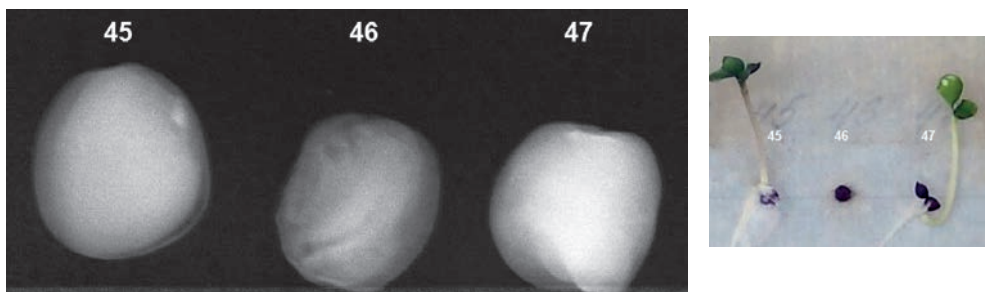


Рис. 7. Рентгенография семян и проростки капусты белокочанной с признаком «нерегулярные затемнения»

Угловатая форма семени в большинстве случаев указывает на его нежизнеспособность (рис. 8). Причем, «угловатые» на рентгеновской проекции семена внешне выглядят вполне округлыми.

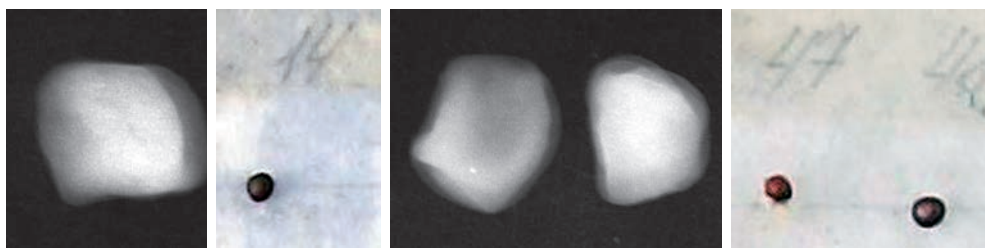


Рис. 8. Рентгенография семян и проростки капусты белокочанной с признаком «угловатость семян»

Поверхностная микота семян на рентгенограммах четко выделяется за счет плотной консистенции (рис. 9). Хотя на всхожесть семян они особо не влияют, однако в дальнейшем развитии растения их отрицательное влияние может проявиться.

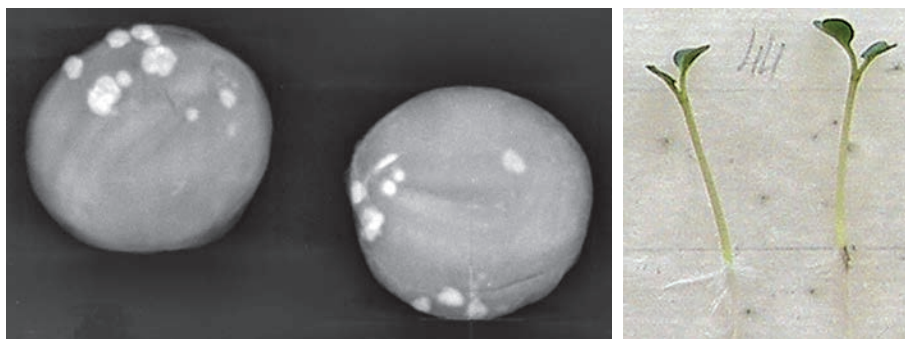


Рис. 9. Рентгенография зараженных семян и фотография проростков капусты белокочанной

Таким образом, выявлены основные рентгенпризнаки семян капусты, по которым можно судит об их посевных качествах. Чёткая разделённость деталей зародыша свидетельствует о пониженной жизнеспособности семени (см. рис. 4). Нерегулярные затемнения (см. рис. 7) на снимках указывают также на низкое качество семян. Выявленная «рисунчатость» с глубоким разделением частей зародыша семян (см. рис. 6) как показатель потери или сокращения питательной ткани соответственно приводит к гибели семян. На снимках часто обнаруживаются угловатые семена (см. рис. 8). Такими они выглядят только на рентгеновских снимках в основном из-за некоторого усыхания семядолей, а внешне они имеют почти правильную округлую форму. На практике около 75% таких семян – не прорастают. Выявленные закономерности являются вероятностными. Для выяснения причин такой связи требуются дальнейшие исследования.

Высокая информативность метода рентгенографии семян дает возможность для разнопланового анализа. Рентгенография семян как «неразрушающий» метод особенно удобен в селекционной практике, при работе с небольшими партиями селекционного материала.

Проанализированы популяционные и гомогенные семена редиса при полном их сохранении для дальнейшей работы. Как правило, семян инбредный поколений высокого порядка получают штучно и не позволительно их тратить на анализ. Семена сорта Ария (I_0) на рентгеновском снимке (рис. 10 а) имеют невысокую, но достаточно равномерную оптическую плотность проекции и при проращивании дали полноценные корнеплоды. Напротив, внутренняя структура семян инбредного поколения I_3 выглядит более «рисунчатой» с явно выраженными затемнениями, обнаруживающими пустоты и потерю плотности тела зародыша (рис. 10 б). При проращивании такие семена оказались неспособными сформировать полноценные корнеплоды, сказалась инбредная депрессия, выраженная репродуктивной дисфункцией.

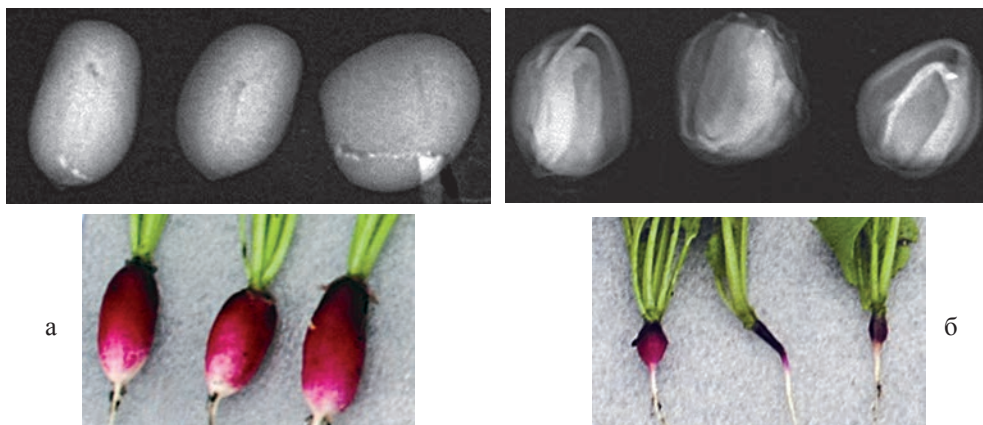


Рис. 10. Репродуктивная дисфункция растений редиса, обусловленная дефектами внутренней структуры семян: а – популяционные семена (I_0) и полноценный их продукт; б – семена инбредной линии (I_3) и несформированный продукт («недогоны»)

Проявление дефектов, аномалий и недостатков на рентгеновской проекции семян может быть самым разнообразным. Некоторые проявления даже видоспецифичны.

Пример одного из них приведен далее. Для рентгенографического анализа были взяты семена кресс-салата сортов Престиж, Флагман селекции ВНИИССОК и Мечта Дербента полученные на Селекционной станции им. Н.Н. Тимофеева. Семена сортов Престиж и Флагман были размножены на опытном поле ВНИИССОК (Московской области), а Мечта Дербента – в Дербентском районе Республики Дагестан.

Визуальный анализ рентгенограмм семян кресс-салата показал следующее: семена сортов Престиж и Флагман, размноженные в условиях умеренной зоны (Московская область), на рентгеновских проекциях выглядят в основном светлыми, что свидетельствует об их выполненности и полноценности (рис. 11). Регулярные продольные тени связаны с анатомическим строением семени. При лабораторном проращивании они показали высокую степень всхожести.

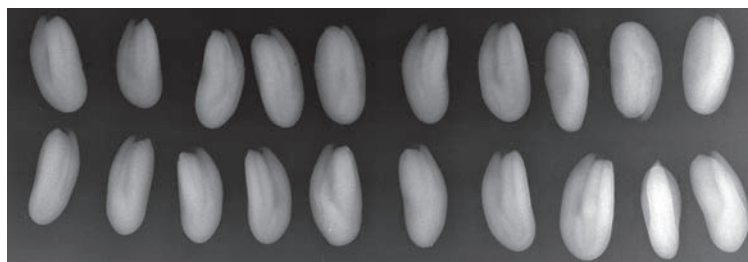


Рис. 11. Фрагмент рентгенограммы семян кресс-салата сорта Престиж

Анализ рентгенограмм семян сорта Мечта Дербента выявил необычную, непроявленную на семенах других культур, «рисунчатость» снимков. На представленной рентгенограмме таких семян выявлено 10 из 50 анализируемых (рис. 12-14). В результате лабораторного проращивания 12 семян не проросли. Все семена, имеющие «рисунчатые проекции» (№ 9, 14, 16, 18, 19, 22, 27, 42, 43, 45), оказались невсхожими. Еще не проросли две семени (№ 11 и 34) с нормальной плотной проекцией, но сравнительно малыми размерами. Примечательно, что такие значительные внутренние повреждения не отражены на внешнем облике семян, следовательно, носят скрытый характер.



Рис. 12. Семена кресс-салата сорта Мечта Дербента

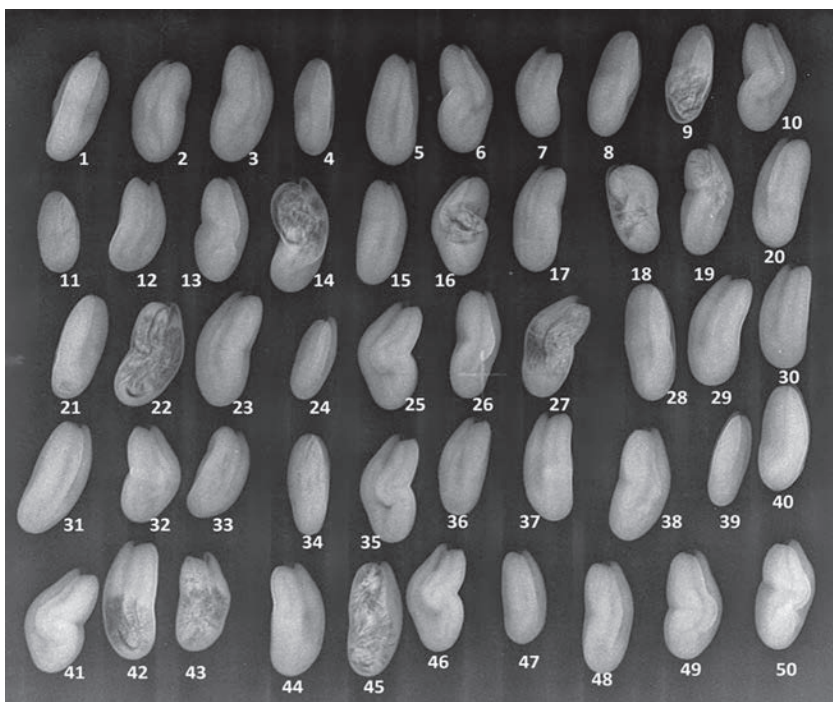


Рис. 13. Рентгенограмма семян кресс-салата сорта Мечта Дербента

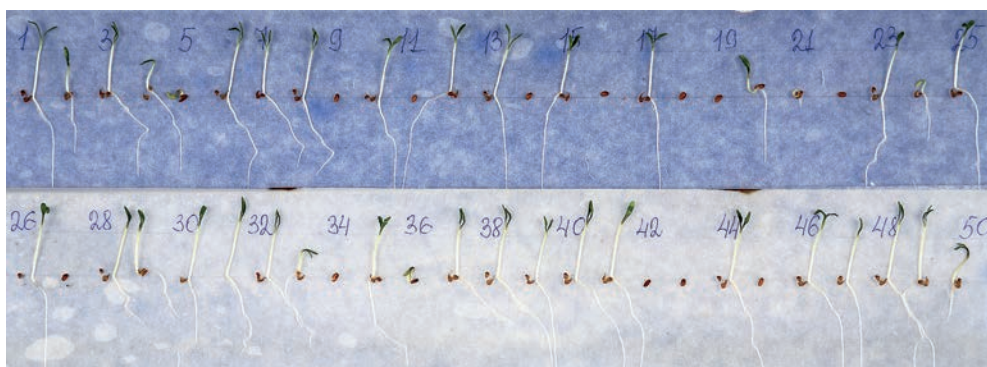


Рис. 14. Проростки кресс-салата сорта Мечта Дербента

Итак, по результатам анализа большого ряда рентгенограмм установлен рентгеновский признак, напрямую связанный с жизнеспособностью семян. Регулярная «рисунчатость» внутренней структуры семян кресс-салата на рентгеновской проекции свидетельствует о его нежизнеспособности. Путем рентгенографического анализа качества семян кресс-салата можно быстро и без потери самих семян дать заключение о жизнеспособности партии поврежденных семян. Согласно табл. 3 результаты рентгенографического анализа почти совпадают с результатами проращивания: 74 и 77% всхожести соответственно. При этом информативность и быстрота исполнения рентгенографического метода очевидны.

Таблица 3

Сравнение методов анализа качества семян кресс-салата

Повторности	Рентгенографический анализ, %			Лабораторное проращивание
	нормальные семена	поврежденные насекомыми	нерегулярные затемнения	всхожесть, %
1	76	14	10	80
2	72	20	8	74
3	64	36	0	72
4	85	12	3	82
Среднее	74	20,5	5	77

Примечательно, что данный рентгенпризнак пока только обнаружен на семенах кресс-салата и только на партии южной репродукции. Это результат работы насекомых-вредителей. На семенниках культурных крестоцветных растений вредит рапсовый цветоед (*Meligethesaeneus*) [10, 19]. В период образования бутонов они заселяют растения и питаются внутренними частями бутонов и цветков, поедая тычинки, пестики, лепестки и пыльцу. Как результат развиваются неполноценные семена, снижается семенная продуктивность.

Возможности рентгенографического анализа семян не ограничиваются вышеприведенными примерами. С помощью метода можно определить степень выполненности семян, их травмированность, наличие внутреннего (скрытого) прорастания, другие дефекты и аномалии внутренней структуры.

Заключение

1. Метод рентгенографии семян позволяет идентифицировать и зафиксировать дефекты и аномалии внутренней структуры семян овощных капустных культур по ряду хозяйственно значимых признаков.

2. Выявленные дефекты и аномалии развития семян хорошо увязываются с их жизнеспособностью, что повышает практичность метода. Высокая информативность метода позволяет не только установить степень жизнеспособности анализируемых семян, но и выявить причины её снижения.

3. Преимущества метода – быстрота его применения, целостность и сохранность исследуемого материала, что особенно важно при работе малыми партиями семян коллекционного и селекционного материала. Путем регистрации и архивирования результатов анализа можно проследить за изменением качества семян за весь период их хранения.

Библиографический список

1. *Архипов М.В., Алексеева Д.И., Батыгин Н.Ф., Великанов Л.П., Гусакова Л.П., Дерунов И.В., Желудков А.Г., Николенко В.Ф., Никитина Л.И., Савин В.Н., Пономоренко Е.Н., Якушев В.П.* Методика рентгенографии в земледелии и растениеводстве: метод. пособ. М.: РАСХН, 2001. 93 с.

2. *Архипов М.В., Потрахов Н.Н.* Микрофокусная рентгенография растений. СПб: Технолит, 2008. 192 с.

3. *Батыгин Н.Ф.* Онтогенез высших растений. М.: Агропромиздат, 1986. 102 с.

4. *Бондарева Л.Л.* Научное обоснование и разработка системы методов селекции и семеноводства капустных культур: автореф. дис... д-ра с.-х. наук. М., 2009. 46 с.
5. *ГОСТ 28666.4-90.* Зерновые и бобовые. Определение скрытой зараженности насекомыми. Ч. 4. Ускоренные методы. М., 1990.
6. *ГОСТ 12038-84.* Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М., 1984.
7. *ISO6639/4-87.* Зерновые и бобовые. Определение скрытого заражения насекомыми. Ч. 4. Ускоренные методы. М., 1987.
8. *Литвинов С.С.* Научные основы современного овощеводства. М.: ВНИИО, 2008. 771 с.
9. *Лудилов В.А., Алексеев Ю.Б.* Практическое семеноводство овощных культур с основами семеноведения. М., 2011. 200 с.
10. *Лычковская И.Ю., Служин А.С.* Распределение насекомых-фитофагов на масличных капустных культурах в условиях засушливого вегетационного периода / Докл. Рос. Акад. с.-х. наук, 2013. № 1. С. 28-30.
11. *Макрушина Е.М., Залевская И.Н.* Биохимические основы прорастания и формирования семян / Наукові праці Південного філіалу НУБіП України «КАТУ», 2008. Вип. 107. С. 174-180.
12. *Монахов Г.Ф.* Капуста белокочанная вчера, сегодня, завтра // Новый землевладелец. 2004. №3. С. 12-13.
13. *Мусаев Ф.Б., Курбакова О.В., Курбаков Е.Л., Архипов М.В., Великанов Л.П., Потрахов Н.Н.* Применение рентгенографического метода в семеноведении овощных культур // Гавриш. 2011. № 1. С. 44-46.
14. *Мусаев Ф.Б., Архипов М.В., Потрахов Н.Н.* Анализ качества семян овощных культур методом рентгенографии // Изв. ТСХА, 2014. № 4. С. 18-27.
15. *Мусаев Ф.Б., Антошкина М.С., Архипов М. Великанов Л.П., Гусакова Л.П., Бессонов В.Б., Грязнов А.Ю., Жамова К.К., Косов В.О., Потрахов Е.Н., Потрахов Н. Н.* Рентгенографический анализ качества семян овощных культур: метод. указания. М., СПб, 2015. 42 с.
16. *ОСТ 56-94-88.* Семена древесных пород. Методы рентгенографического анализа. – М., 1988.
17. *Пивоваров В.Ф., Сирота С.М.* Организация семеноводства овощных культур во Всероссийском НИИ селекции и семеноводства овощных культур // Овощи России. 2012. № 2. С. 4-5.
18. *Строна И.Г.* Семеноведение полевых культур. М.: Колос, 1966. 464 с.
19. *Hokkanen H.M.T.* Biological and agrotechnical control of the rape blossom beetle *Meligethes aeneus* (Coleoptera, Nitidulidae) / Acta entomol. fenn. Helsinki, 1989. P. 25-29.
20. *Probert R.J., Hay F.* Keeping seed alive / Seed Technology and its Biological Basis. Ed. Michael Black and Derek Bewley. - Sheffield, England: Sheffield Academic Press, 2000. P. 184-225.

X-RAY DIFFRACTION METHOD IN DETERMINATION OF CABBAGE CROPS SEEDS QUALITY

F.B. MUSAEV, L.L. BONDAREVA, M.S. ANTOSHKINA

(All-Russian research Institute of Vegetable Breeding and Seeds Production)

Seed quality is a serious problem in vegetable breeding. Uneven germination and quality of final product are determined by the heterogeneity of seeds. Thus, the valuation of seed

quality before seed sowing and during storage is of great practical interest.

Traditional methods of seed quality control are laborious and accompanied by samples decay. Modern level of scientific research demands the application of instrumental automated prompt methods of seed quality testing that allow obtaining more information.

All-Russian Research Institute of Vegetable Breeding and Seed Production (VNISSOK), Agrophysical Scientific Research Institute (AFI) and St. Petersburg Electrotechnical University (SpbGETU) have jointly developed «Technical recommendations on X-ray analysis of seed quality of vegetable crops».

The main defects and internal structure imperfections of cabbage, radish and cress-salad seeds selection have been revealed with X-ray analysis by joint efforts of VNISSOK and Timofeyev Plant-breeding station. According to the established classification, the imperfections of cabbage seed internal structure are the following: irregular blackouts, clearly expressed «ornamented» pattern with deep division of embryo parts, «angularity of seeds» leading to the loss of their viability.

The paper proves the possibility of using the method of the internal seed structure to distinguish the population radish seeds from the homogeneous ones (inbred line) that cause depression in generations. Cress-salad seeds of Southern reproduction have demonstrated the latent form of damage by insects. The X-ray method has proved to be almost irreplaceable for the detection of such internal damages that are visually indistinguishable. This method differs from others favorably in the informational content, fast application, integrity and safety of the studied material that is especially important when working with small sets of collection and selection seeds. Filing and archiving of the analysis results make it possible to trace seed quality changes during the entire period of their storage.

Key words: X-ray diffraction, seed quality, defects, embryo, structure, seedlings, cabbage.

References

1. Arkhipov M.V., Alekseyeva D.I., Batygin N.F., Velikanov L.P., Guskova L.P., Derunov I.V., Zheludkov A.G., Nikolenko V.F., Nikitina L.I., Savin V.N., Ponomorenko Ye.N., Yakushev V.P. Metodika rentgenografii v zemledelii i rasteniyevodstve [Method of radiography in agriculture and plant growing] / Study manual. – M.: RASKHN, 2001. 93 p.
2. Arkhipov M.V., Potrakhov N.N. Mikrofokusnaya rentgenografiya rasteniy [Microfocus radiography of plants] / SPb. Izd-vo «Tekhnolit», 2008. 192 p.
3. Batygin N. F. Ontogenez vysshikh rasteniy [Ontogenesis of higher plants]. M.: Agropromizdat, 1986. 102 p.
4. Bondareva L.L. Nauchnoye obosnovaniye i razrabotka sistemy metodov selektsii i semenovodstva kapustnykh kul'tur [Scientific substantiation and development of a system of methods for the selection and seed production of cabbage crops] / Avtoreferat diss. Na soiskaniye uchenogo zvaniya doktor sel'skokhozyaystvennykh nauk. M., 2009. 46 p.
5. GOST 28666.4-90. Zernovyye i bobovyye. Opredeleniye skrytoy zarazhennosti nasekomymi. Chast' 4. Uskorennyye metody [Cereals and legumes. Definition of latent infection with insects. Part 4. Accelerated methods]. M., 1990.
6. GOST 12038-84. Semena sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Metody opredeleniya vskhozhesti [Seeds of agricultural crops. Methods for determining germination]. M., 1984.
7. ISO6639/4-87. Zernovyye i bobovyye. Opredeleniye skrytogo zarazheniya nasekomymi. Chast' 4. Uskorennyye metody [Cereals and legumes. Definition of latent infection by insects.

Part 4. Accelerated methods]. M., 1987.

8. *Litvinov S. S.* Nauchnyye osnovy sovremennogo ovoshchevodstva [Scientific foundations of modern vegetable growing]. M.: VNIIO, 2008. 771 p.

9. *Ludilov V.A., Alekseyev Yu.B.* Prakticheskoye semenovodstvo ovoshchnykh kul'tur s osnovami semenovedeniya [Practical seed production of vegetable crops with the fundamentals of seed breeding]. M., 2011. 200 p.

10. *Lychkovskaya I.Yu., Slukin A.S.* Raspredeleniye nasekomykh-fitofagov na maslichnykh kapustnykh kul'turakh v usloviyakh zasushlivogo vegetatsionnogo perioda [Distribution of phytophagous insects in oil-seeds under conditions of arid vegetation period] / Doklady Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk. 2013. Issue 1. Pp. 28-30.

11. *Makrushina Ye.M., Zalevskaya I.N.* Biokhimicheskiye osnovy prorastaniya i formirovaniya semyan [Biochemical foundations of germination and seed formation] / Naukovipratsi Pivdennoho filialu NUBiP Ukraini "KATU", 2008. Issue 107. Pp. 174-180.

12. *Monakhos G.F.* Kapusta belokochannaya vchera, segodnya, zavtra [White cabbage – yesterday, to-day, tomorrow] / Novyy zemlevladelets. 2004. Issue 3. Pp. 12-13.

13. *Musayev F.B., Kurbakova O.V., Kurbakov Ye.L., Arkhipov M.V., Velikanov L.P., Potrakhov N.N.* Primeneniye rentgenograficheskogo metoda v semenovedenii ovoshchnykh kul'tur [Application of the X-ray method in seed production of vegetable crops] // Gavrich. 2011. Issue 1. Pp. 44-46.

14. *Musayev F.B., Arkhipov M.V., Potrakhov N.N.* Analiz kachestva semyan ovoshchnykh kul'tur metodom rentgenografii [Analysis of the seed quality of vegetable crops by X-ray diffraction] // Izvestiya TSKhA, 2014, Issue 4, Pp. 18-27.

15. *Musayev F.B., Antoshkina M.S., Arkhipov M., Velikanov L.P., Gusakova L.P., Bessonov V.B., Grya-znov A.YU., Zhamova K.K., Kosov V.O., Potrakhov Ye.N., Potrakhov N.N.* Rentgenograficheskiy analiz kachestva semyan ovoshchnykh kul'tur [X-ray analysis of the quality of vegetable seeds] / Metodicheskiye ukazaniya. Moskva-Sankt-Peterburg: 2015. 42 p.

16. OST 56-94-88. Semena drevesnykh porod. Metody rentgenograficheskogo analiza [Seeds of tree species. Methods of radiographic analysis]. M., 1988.

17. *Pivovarov V.F., Sirota S.M.* Organizatsiya semenovodstva ovoshchnykh kul'tur vo Vserossiyskom NII selektsii i semenovodstva ovoshchnykh kul'tur Organization of vegetable crop seed production in the All-Russian Research Institute of Vegetable Crop Breeding and Seed Growing] / Ovoshchi Rossii. 2012, Issue 2. Pp. 4-5.

18. *Strona I.G.* Semenovedeniye polevykh kul'tur [Seed studies of field crops]. M., Kolos, 1966. 464 p.

19. *Hokkanen H.M.T.* Biological and agrotechnical control of the rape blossom beetle *Meligethes aeneus* (Coleoptera, Nitidulidae) / Acta entomol. fenn. Helsinki, 1989. Pp. 25-29.

20. *Probert R.J., Hay F.* Keeping seed alive / Seed Technology and its Biological Basis. Ed. Michael Black and Derek Bewley. - Sheffield, England: Sheffield Academic Press, 2000. Pp. 184-225.

Мусаев Фархад Багадыр оглы – канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. лабораторно-испытательного центра ФГБНУ «Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур» (143080, Московская обл., Одинцовский р-н, пос. ВНИИССОК, ул. Селекционная, 14; тел. (985) 236-20-23; e-mail: musayev@bk.ru).

Бондарева Людмила Леонидовна – д-р с.-х. наук, зав. лабораторией селекции и семеноводства капустных культур ФГБНУ «Всероссийский НИИ селекции и

семеноводства овощных культур» (143080, Московская обл., Одинцовский р-н, пос. ВНИИССОК, ул. Селекционная, 14; тел. (903) 563-10-30; e-mail: lyuda_bondareva@mail.ru).

Антошкина Марина Сергеевна – канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. лабораторно-испытательного центра ФГБНУ «Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур» (143080, Московская обл., Одинцовский р-н, пос. ВНИИССОК, ул. Селекционная, 14; тел. (495) 599-24-42; e-mail: limont_m@mail.ru).

Farkhad Bagadir ogli Musaev – PhD in Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory and test center, All-Russian Research Institute of Vegetable Breeding and Seed Production (143080, the Moscow region, the Odintsovo district, VNISSOK, Seleksionnaya str., 14; phone +7(985)2362023; e-mail: musa-yev@bk.ru).

Lyudmila L. Bondareva – DSc of Agricultural Sciences, Head, the laboratory of cabbage breeding and seed production, All-Russian Research Institute of Vegetable Breeding and Seed Production (143080, the Moscow region, the Odintsovo district, VNISSOK, Seleksionnaya str., 14; phone +7(903)5631030; e-mail: lyuda_bondareva@mail.ru).

Marina S. Antoshkina – PhD in Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory and test center, All-Russian Research Institute of Vegetable Breeding and Seed Production (143080, the Moscow region, the Odintsovo district, VNISSOK, Seleksionnaya str., 14; phone +7 (495) 5992442, e-mail: li-mont_m@mail.ru).