

# РЕНТГЕНО- ГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА СЕМЯН ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

**Мусаев Ф.Б.**<sup>1</sup> – кандидат с.-х. наук, зав. сектором адаптивного семеноводства  
**Прозорова О.А.**<sup>1</sup> – м.н.с. лаб. экологических методов селекции  
**Архипов М.В.**<sup>2</sup> – доктор биологических наук, зав. лаб. биофизики семян  
**Великанов Л.П.**<sup>2</sup> – кандидат биологических наук, в. н.с. лаб. биофизики семян  
**Потрахов Е.Н.**<sup>3</sup> – аспирант кафедры электронных приборов и устройств  
**Бессонов В.Б.**<sup>3</sup> – аспирант кафедры электронных приборов и устройств

<sup>1</sup> ГНУ Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур Россельхозакадемии  
143080, Московская обл., Одинцовский р-н, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, 14  
Тел.: +7 (495) 599-24-42, факс: +7 (495) 599-22-77, e-mail: vniissok@mail.ru

<sup>2</sup> ГНУ Агрофизический НИИ Россельхозакадемии  
195220, Санкт-Петербург, Гражданский просп., д. 14,  
Телефон: +7 (812) 534-13-24; факс +7 (812) 534-19-00, e-mail: office@agrophys.ru

<sup>3</sup> Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ"  
197376, Россия, Санкт-Петербург, улица Профессора Попова, дом 5, post@eltech-med.ru

**Показаны возможность применения метода рентгенографии в семеноводстве и семеноведении овощных культур, и его достоинства, заключающиеся в его экспрессности, неразрушаемом характере и многоцелевом применении.**

**Ключевые слова:** рентгенография семян, семеноведение, зародыш, дефекты семени, выполненность семени.

**В**опросы качества семян в растениеводстве не теряют своей актуальности с самого начала научного земледелия. Благодаря высокому коэффициенту репродукции семян овощных культур в себестоимости продукции их доля занимает незначительную часть, что позволяет увеличить затраты на качественные семена.

Семена овощных культур нуждаются в тщательных семеноведческих исследованиях ввиду их большого видового разнообразия. Часто встречается разнокачественность семян, обусловленная зональным ведением семеноводства либо особенностью строения семенного растения и другими причинами.

Традиционные методы определения качества семян трудоемки и длительны в исполнении. Рентгенографический

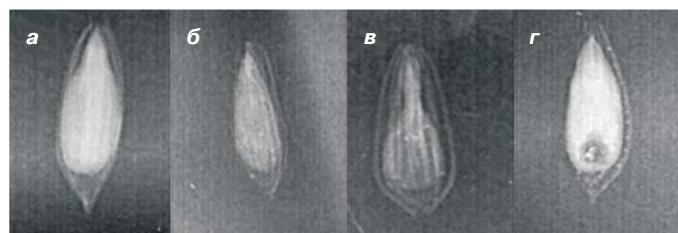
анализ внутренней структуры семян как неразрушающий экспресс-метод контроля качества позволяет получить принципиально новую информацию об их внутренних свойствах. В совокупности с другими методами (морфофизиологическим, биохимическим, люминесцентным и др.) микрофокусная рентгенография семян дает высокий уровень оценки качества семян [3].

Метод разработан сотрудниками Агрофизического института РАСХН [1] и в дальнейшем усовершенствован совместно с сотрудниками Санкт-Петербургского электротехнического университета [2]. Современная цифровая микрофокусная рентгенография с прямым рентгеновским увеличением заметно превосходит классический (контактный) способ качеством изображения.

## СЕМЕНОВЕДЕНИЕ И СЕМЕНОВОДСТВО ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Метод хорошо отработан на зерновых культурах. Семена овощных культур такому детальному рентгенографическому анализу ранее не подвергали. Опубликованы лишь единичные работы по данной теме [10,4,5,6,7,8,9]. Во ВНИИ селекции и совместно с Агрофизическим НИИ и Санкт-Петербургским государственным электротехническим университетом начаты работы в данном направлении. Рентгенографическому анализу подвергнуты семена ряда овощных культур.

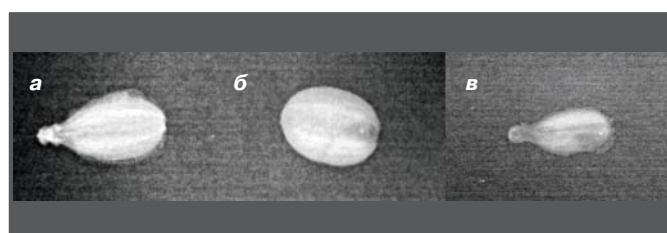
Были проанализированы семена салата различных образцов и репродукций и дана визуальная оценка рентгенограмм семян.



**Рис. 1.**  
Рентгенографические изображения семян салата:  
а – с выполненным зародышем;  
б, в – с невыполненным зародышем;  
в – с неправильной формой зародыша;  
г – поврежденное насекомым-вредителем

1). Многие из этих повреждений могут привести к потере всхожести. Проведен сравнительный анализ методов в определении жизнеспособности семян, где просматривается связь между целостностью и жизнеспособностью семян (табл.1).

Рентгенографический анализ семян моркови и укропа показывает следующее: зародыш неповрежденного (жизнеспособного) семени на рентгенограмме выглядит светлым, с рисунком, в котором просматриваются семядоли и основные эфирноносные каналы в оболочке (рис. 2 а, 3 а). Семена неполноценные имеют нерегулярные темные пятна (рис. 2 б, в; 3 в), светлые вкрапления – поверхностный мусор (рис. 3 б).



**Рис. 2.** Рентгенографические изображения семян моркови столовой:  
а – с выполненным зародышем;  
б – с поврежденным корешком;  
в – с невыполненным зародышем

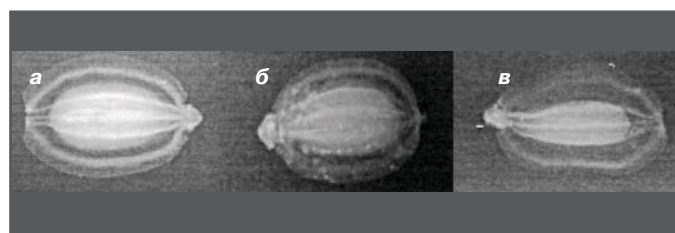
### 1. Сравнительные показатели оценки качества семян салата традиционным и рентгенографическим методом (по Курбакову Е.Л., 2009 [5])

Образец	Год урожая; варианты обработки	Проращивание (всхожесть), %		Рентгенография, (доля семян), %		
		лабораторная	полевая	без повреждений	с дефектами	
					оболочки	зародыша
Кучерявец Одесский	2003	71	52	59	16	25
	2004	64	29	62	4	34
Селекционный образец 20	Контроль, без обработки	87	-	69	7	24
	Обработка регулятором роста Амир, 0,001 %	89	-	66	5	29
	Обработка в ИНЭП*, 20 мин.	97	-	81	9	10

\* Инерционное низкочастотное электрическое поле

Здоровое, неповрежденное семя салата на рентгенографическом снимке имеет ненарушенную оболочку, равномерно окрашенный зародыш, занимающий большую часть семени (рис. 1а). Недоразвитый зародыш имеет серую окраску, часто характеризуется неправильной формой (рис. 1б, в). Семена, поврежденные вредителями, также имеют характерные отличия (рис. 1г).

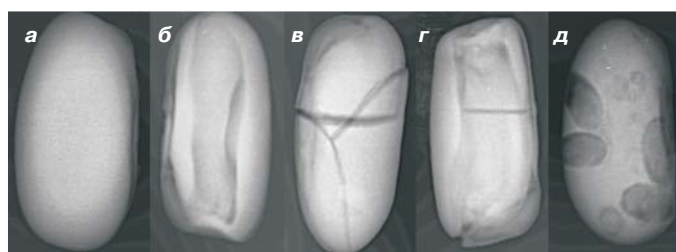
При визуальном анализе рентгенограмм семян выявлено, что зародыш в большей степени подвержен различным дефектам (недоразвитость, повреждения вредителями, механические повреждения при уборке и обмолоте) (табл.



**Рис. 3.** Рентгенографические изображения семян укропа пахучего:  
а – с выполненным зародышем;  
б – с грибным повреждением;  
в – с невыполненным зародышем

**2. Сравнительные показатели оценки качества семян моркови и укропа традиционным и рентгенографическим методом (по Курбаковой О.В., 2010 [6])**

Культура, сорт	Проращивание (всхожесть), %	Рентгенография (доля семян), %			
		без повреждений	с дефектами		
			всего	невыполненный зародыш	поврежденный корешок
Морковь Нантская 4	64	62	38	13	10
Морковь Марс F <sub>1</sub>	41	44	56	31	23
Морковь Супернант	50	43	67	60	6
Морковь Марлинка	27	25	75	71	6
Укроп Зонтик	61	62	38	15	25
Укроп Лесногородский	40	31	69	19	52
Укроп Грибовский	26	28	72	52	10



**Рис. 4. Рентгенографические изображения семян фасоли овощной: а – нормальное, выполненное, б – семядоли высушенные, морщинистые, в, г – механические травмы, трещины, д – заселенность вредителями**

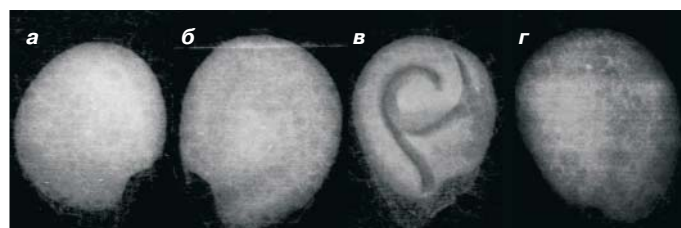
При анализе рентгенограмм семян моркови столовой и укропа пахучего нами было выявлено, что в основном снижение всхожести семян обусловлено незрелостью, невыполненностью зародыша (рис. 2в, 3в; табл. 2), а также развитием патогенной микрофлоры (рис. 3б). Также для семян моркови в качестве основного фактора снижения всхожести добавляется механическое повреждение выроста узкого конца семянки (место прикрепления к плодоножке), внутри которого располагается корешок зародыша. В семенах моркови и укропа взаимосвязь между показателями обеих методов проявляется еще сильнее, что в целом позволяет делать предварительные выводы о применимости метода для прогноза жизнеспособности семян данных культур.

Рентгенографический анализ внутренней структуры семян фасоли овощной оказался более информативным. При визуальном анализе рентгенограмм семян фасоли различных мест репродукции наблюдаются заметные различия по степени их выполненности (рис. 4), что объясняется различной влагообеспеченностью данных регионов: Москва, Ставрополь, Могилев, Термез. Чем южнее репродукция,

тем семена более морщинистые, семядоли мельче и асимметричны (Термез, рис. 4 б). Внутренняя травмированность семян может иметь механический характер, а также может приобретаться в процессе формирования семян, когда в результате различных колебаний погодных условий в эндосперме или в семядолях появляются трещины (трещиноватость) (рис. 4 в, г). На снимках также отчетливо видна заселенность семян вредителями, в частности, фасолевой зерновкой и степень вредоносности (рис. 4 д), что имеет большое практическое значение.

При исследовании внутренней структуры семян четырех сортов томата пяти зон репродукции были выделены признаки для оценки качества семян томата. Им, по нашему мнению, является признак слитности – раздельности деталей зародыша. Абсолютно плотная укладка деталей зародыша может быть свидетельством незрелости семян, а наличие больших щелей между деталями зародыша может свидетельствовать о пересыхании, старении семян. Определены основные дефекты, ухудшающие качество семян (рис. 5).

Применение метода рентгенографии для исследования внутренней структуры семян может быть раз-



**Рис. 5. Рентгенографические снимки семян томата: а – нормальное, б – невыполненность, в – усыхание и старение, г – частичная или полная утрата деталей зародыша.**

## 3. Результаты рентгенологического исследования семян самоопыленных линий свеклы столовой (по Соколовой Д.В., 2011 [9])

Поколение инбридинга	Процент плодов и семян:					
	нормальный зародыш		пустотелые		дегенерированный зародыш	
	X	X max + X min	X	X max + X min	X	X max + X min
I <sub>0</sub>	56	0-87	12	0-40	32	13-100
I <sub>1</sub>	50	17-90	7	0-63	43	7-67
I <sub>2</sub>	31	10-80	1	0-6	68	20-84

ноплановым. Было проведено исследование для выяснения причин различий посевных качеств у визуально однородных семян свеклы столовой у самоопыленных линий трёх поколений инбридинга (рис.6).

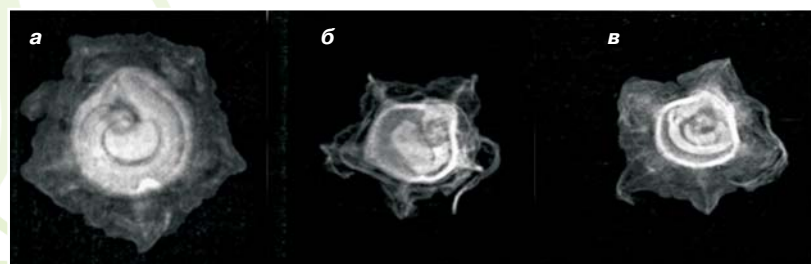
снимки 11 образцов перца, 4 – баклажана, 9 – огурца, 7 – лука. Выявлены характерные дефекты структуры семян.

На семенах перца дефекты семян выражены в виде: отслоения оболочки, невыполненности, разделенности элементов, пустотелых семян (рис.7).

На семенах баклажана кроме вышеперечисленных дефектов видны нерегулярные затемнения (рис.8).

Дефекты семян огурца проявились в виде дефекта зачаточного ростка, дефекта семядолей, отделённости семядолей, пустых семян (рис.9).

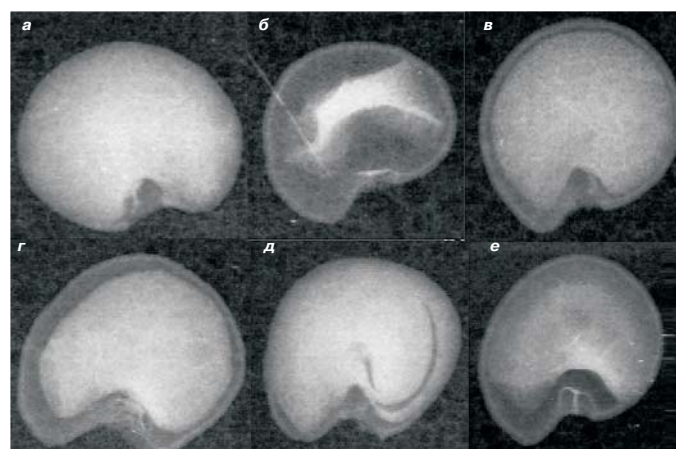
Недостатки семян лука репчатого установлены в



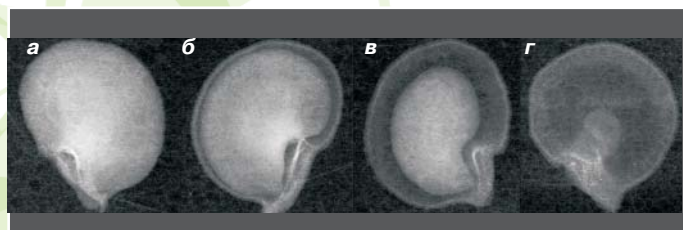
**Рис.6. Монокарпические плоды свеклы столовой, а - нормальный зародыш, б, в - дегенерированный зародыш**

Установлена основная причина, снижающая всхожесть семян, – семена с дегенерированным зародышем, количество которых увеличилось с каждым поколением инбридинга от 32 до 68% (табл. 3).

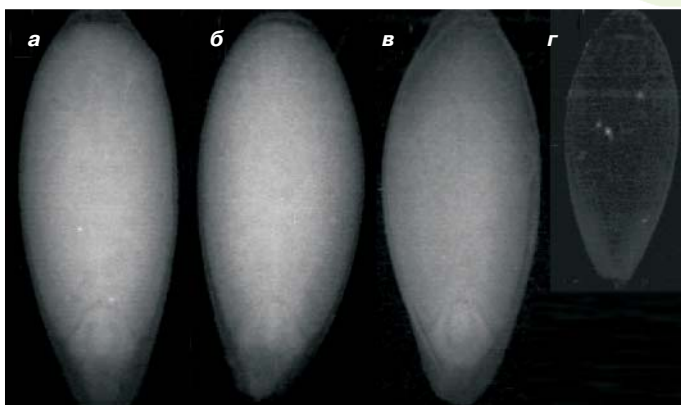
Выполняется также работа на семенах перца, баклажана, огурца и лука. В настоящее время сделаны



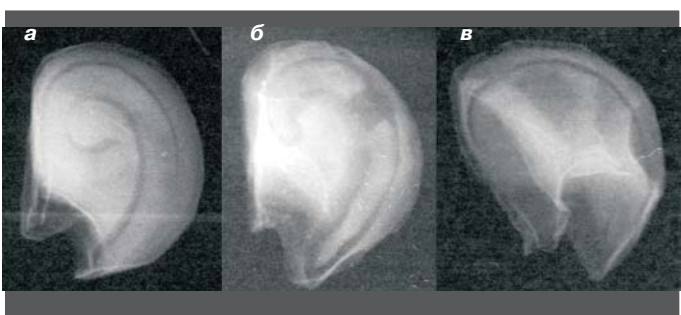
**Рис.8. Рентгенографическое изображение семян баклажана а) нормальное, б) пустотелое, в) отслоение оболочки, г) невыполненное, д) раздельность элементов, е) нерегулярные затемнения**



**Рис.7. Рентгенографическое изображение семян перца а) нормальное, б) отслоение оболочки, в) невыполненное, г) нерегулярные затемнения**



**Рис.9. Рентгенографическое изображение семян огурца**  
**а) нормальное, б) дефект зачаточного роста, в) дефект семядолей, г) пустотелое**



**Рис.10. Рентгенографическое изображение семян лука репчатого**  
**а) нормальное**  
**б) дефект зародыша**  
**в) невыполненное**

виде дефекта зародыша и пустотелых семян (рис.10).

На семенах перца, баклажана, огурца и лука только показаны характерные дефекты и повреждения их внутренней структуры. Проводится поштучное проращивание семян для установления связи между характером повреждения и жизнеспособностью.

В дальнейшем работа будет проводиться и на семенах других овощных культур с целью установления характерных дефектов и аномалий их внутренней структуры, которые можно использовать при прогнозе жизнеспособности семян.

### Заключение

- метод рентгенографии является эффективным для изучения видовых особенностей внутренней структуры семян овощных культур, выявления повреждений и аномалий их развития;
- с помощью метода можно установить причины снижения качества семян, прогнозировать их жизнеспособность;
- путем рентгенанализа внутренней структуры семян возможно определение влияния экологических условий на процесс формирования семян, что является важным для практического семеноводства. важным для практического семеноводства.

### Литература

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., Пономаренко Е.Н., Якушев В.П.. Методика рентгенографии в земледелии и растениеводстве. М.: РАСХН, 2001. - 102 с.
2. Архипов М.В., Потрахов Е.Н. Микрофокусная рентгенография растений. СПб, Технолит, 2008.
3. Архипов М.В., Гусакова Л.П., Потрахов Н.Н. Микрофокусная рентгенография семян и экологические аспекты прецизионного семеноводства. Мат. Междунар. НПК «Проблемы безопасности, экологии и географии: история и современность». -С.П.-б., 2008.
4. Гусакова Л.П. Рентгенографический и цитофотометрический анализ жизнеспособности семян сельскохозяйственных культур / Автореф. дис. канд. биол. наук. – СПб. – 1997. – 20 с.
5. Курбаков Е.Л. Эффективность новых элементов технологии выращивания салата в Нечерноземной зоне России. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата с.-х.наук. М., 2009.
6. Курбакова О.В. Повышение посевных качеств семян моркови столовой и укропа пахучего в условиях Нечерноземной зоны России. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата с.-х.наук. М., 2010.
7. Мусаев Ф.Б., Архипов М.В., Великанов Л.П. Рентгенографический метод в определении качества семян овощных культур. Материалы международной НТК «Генетика и биотехнология на рубеже тысячелетия», Минск. 25-29 октября 2010.
8. 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.
9. Соколова Д.В. Создание и оценка самоплодных линий раздельноплодной столовой свеклы. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. С-Пб., 2011.- 22 с.
10. Van der Burg W. J, Aartse J.W., Van Zwol R.A, Jalink H., Bino R.J. Predicting tomato seedling morphology by x-ray analysis of seeds. Journal of the American Society for Horticultural Science.- 1994.- 119.- P. 258-263.