

УДК 621.386.8:631.531.011

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА СЕМЯН ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР МЕТОДОМ РЕНТГЕНОГРАФИИ

Ф.Б. МУСАЕВ¹, М.В. АРХИПОВ², Н.Н. ПОТРАХОВ³

(¹ ГНУ Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур,

² ГНУ Агрофизический научно-исследовательский институт,

³ Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет)

Показаны формы проявления разнокачественности семян овощных растений на уровне их анатомической структуры, выявляемой с помощью микрофокусной мягколучевой рентгенографии. Приводится преимущество метода перед классическими, позволяющее, не разрушая семени, в быстром режиме визуализировать детали его внутренней структуры, их аномалии и дефекты: состояние зародыша, степень выполненности семени, повреждения механического и биологического (грибы, насекомые) характера и др. Отмечается, что метод имеет широкие возможности развития и полученные данные могут быть материализованы для компьютерного анализа и скоростной сепарации семян.

Ключевые слова: рентгенография, качество семян, зародыши, проростки, всхожесть, жизнеспособность, дефекты, невыполненность.

Качество производимых семян сегодня является главной проблемой в семеноводстве овощных культур. Учитывая большой коэффициент размножения большинства видов, обеспечить нужный вал семян по основным культурам удастся. Сложнее обстоит дело с их качеством, даже при высоких сортовых свойствах семян зачастую не можем обеспечить их удовлетворительных посевных качеств. Напротив, иностранные производители обращают больше внимания на посевные качества семян, это и требует современные точные технологии возделывания овощных культур. В конкурентной борьбе за внутренний рынок многие отечественные семенные компании постепенно вытесняются.

Научная база по семеноведению овощных культур пополняется медленно. Часто публикуемые научные работы по семеноводству направлены на повышение продуктивности семенных посевов, не содержат анализ качества производимых семян. Много было сделано в прошлые годы по семеноведению, изучению качества семян овощных культур учеными Тимирязевской академии И.А. Прохоровым [14, 15], В.Д. Мухиным [11-13], ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур — П.Ф. Кононовым [6], В.А. Лудиловым [7, 8]. К современным немногочисленным работам можно отнести труды сотрудников ВНИИ овощеводства А.Ф. Бухарова [2, 3], В.И. Леунова [19], Д.Н. Балеева [2, 3].

Необходимо расширение исследований в данном направлении на современном уровне. Нужны новые более информативные методы определения качества семян.

Заключение о посевных качествах семян лишь по их всхожести в лабораторных условиях не может дать полноту понимания рассматриваемого параметра. Без познания жизнеспособности и силы роста семян в нерегулируемых условиях невозможно их полноценно характеризовать. Путем определения энергии прорастания и всхожести в лаборатории можно дать заключение об их качестве непосредственно перед посевом семян, которое также не будет являться ручательством их полевой всхожести и силы роста, ибо проросшие семена еще должны сформироваться в ростки и всходы в нерегулируемых условиях [8, 18]. Если семена закладываются на хранение, то без исследований их внутреннего состояния нельзя обойтись. Снижение посевных качеств семян часто обуславливается разного рода дефектами их внутренней структуры: недоразвитость зародыша, невыполненность эндосперма, скрытая травмированность, скрытое прорастание, скрытая зараженность патогенами, заселенность и поврежденность вредителями и др. Семена такого рода недостатками невозможно отсепарировать на обычных очистительных и сортировальных машинах, но их можно регистрировать и распознать рентгенографическим методом, и перспектива создания рентгеновского сепаратора недалека [20].

Методика и материал исследований

Существует международный стандарт ИСО 1162-75 и отечественный ГОСТ 28666.4-90 для анализа скрытой зараженности и поврежденности зерна вредителями методом рентгенографии. Сотрудниками Агрофизического НИИ РАСХН доработан и усовершенствован метод мягколучевой рентгенографии с прямым рентгеновским увеличением [1]. Он хорошо апробирован и адаптирован для исследований внутренней структуры зерновки злаковых культур, семян технических и масличных культур.

Ранее были проведены единичные работы по применению данной методики на семенах овощных культур [4, 5, 16, 22]. В то же время огромное морфологическое и ботаническое разнообразие семян овощных культур, их принадлежность к десяткам семейств, сотням родов и видов требует системного подхода к организации исследований.

Во ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур РАСХН совместно с сотрудниками Агрофизического НИИ РАСХН и Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета в 2006 г. начаты работы по исследованию качеств семян овощных культур методом мягколучевой рентгенографии. Результаты работ уже частично опубликованы [9, 10, 21]. Методика постепенно адаптируется для работы с семенами овощных культур, разнообразие которых требует постоянной настройки и смены режимов съемок.

За прошедший период проведены исследования на семенах различных видов овощных культур (таблица). Видовое разнообразие обеспечено как в ботаническом, так и хозяйственном отношении.

Результаты и их обсуждение

Изучены и раскрыты возможности метода в отношении семян овощных культур. Установлены характерные дефекты и аномалии внутренней структуры семян, ухудшающие их качество, выявленные нами на изучаемых культурах.

Коллекция семян овощных культур для рентгенографического исследования

№	Семейство	Вид	Культура
1	Астровые — <i>Asteraceae</i>	<i>Latuca sativa</i> L.	Салат
2	Сельдерейные — <i>Apiaceae</i>	<i>Daucus carota</i> L.	Морковь столовая
3		<i>Anethum graveolens</i> L.	Укроп
4		<i>Apium graveolens</i> L.	Сельдерей
5	Капустные — <i>Brassicaceae</i>	<i>Brassica oleracea</i> L., var. <i>capitata</i> L.	Капуста белокочанная
6		<i>Brassica oleracea</i> L., var. <i>botrytis</i> L.	Капуста цветная
7		<i>Raphanus sativus</i> L.	Редис
8	Бобовые — <i>Fabaceae</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Фасоль овощная
9		<i>Pisum sativum</i> L.	Горох овощной
10	Пасленовые — <i>Solanaceae</i>	<i>Lycopersicon esculentum</i> L.	Томат
11		<i>Capsicum annuum</i> L.	Перец
12		<i>Solanum melongena</i> L.	Баклажан
13	Маревые — <i>Chenopodiaceae</i>	<i>Beta vulgaris</i> L.	Свекла столовая
14	Тыквенные — <i>Cucurbitaceae</i>	<i>Cucumis sativus</i> L.	Огурец
15	Лилейные — <i>Liliaceae</i>	<i>Allium cepa</i> L.	Лук репчатый

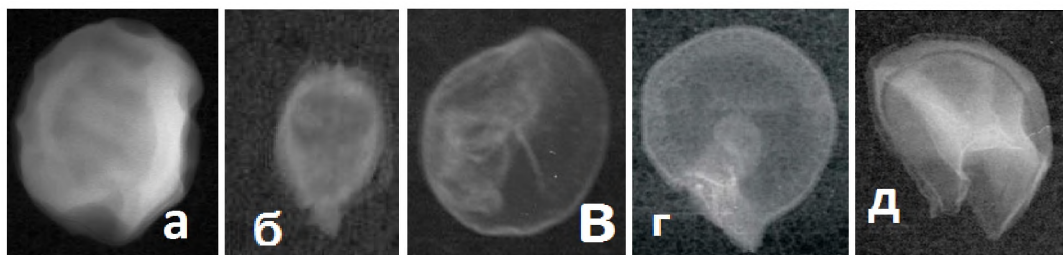


Рис. 1. Невыполненность или невыполненность эндосперма или зародыша семян: а — горох; б — сельдерей; в — капуста; г — перец; д — лук

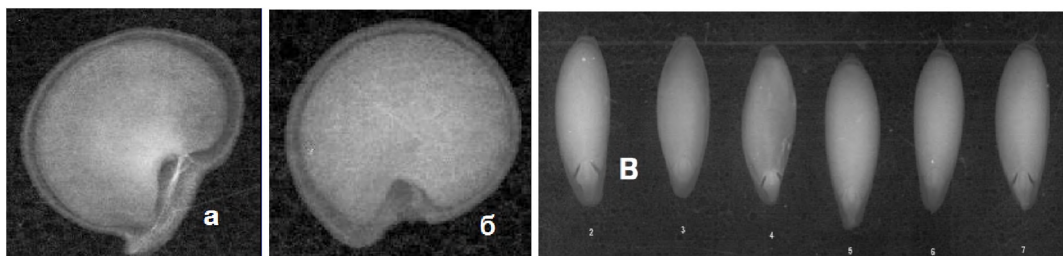


Рис. 2. Отслоение оболочки семян: а — перец; б — баклажан; в — отделенность семядолей семян огурца: 3, 5, 6 — нормальные; 2, 4, 7 — дефектные семена

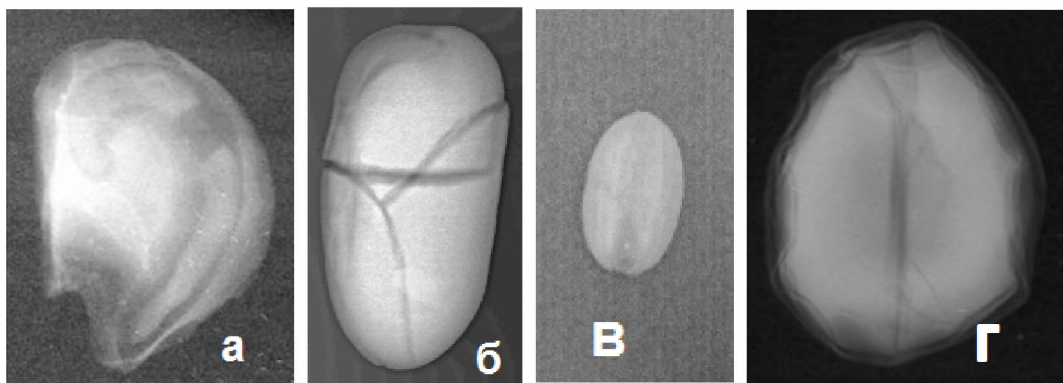


Рис. 3. Травмированность семян: а) лук — обломлен зародыш; б) фасоль — растреснуты семядоли; в) морковь — выбит корешок зародыша; г) горох — трещиноватость семядолей

Для полного анализа качества семян выявление и регистрация возможных аномалий и дефектов внутренней структуры семян недостаточны, важно определение степени их влияния на жизнеспособность путем индивидуального их проращивания, проведения линейных измерений и др.

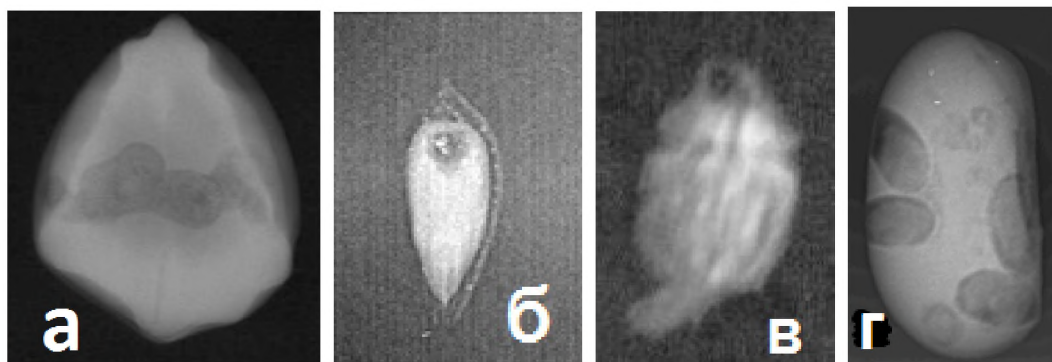


Рис. 4. Скрытая заселенность семян вредителями: а — горох; б — салат; в — сельдерей; г — фасоль

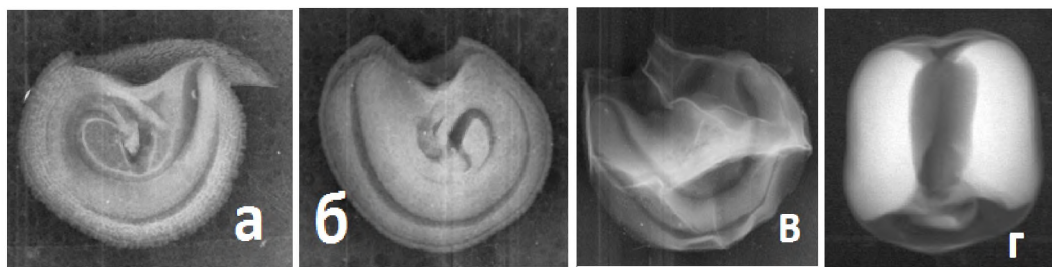


Рис. 5. Скрытое (внутреннее) прорастание семян: а — перец; б — баклажан; в — лук; г — горох

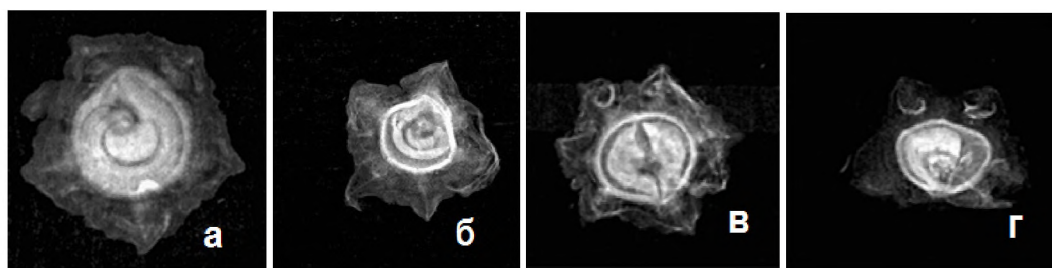


Рис. 6. Генетические изменения семян инбредных линий свеклы столовой: односемяпочковые плоды: а — нормальный зародыш, б — дегенерированный зародыш; двусемяпочковые плоды: в — нормальный зародыш, г — одно из семян дегенерировано [17, 21]

Например, на рисунке 7 на рентгенографическом снимке семян капусты белокочанной четко просматривается выраженная «рисунчатость» внутренней структуры с глубоким разделением частей зародыша семян № 38, 40. В результате проращивания эти семена оказались нежизнеспособными.

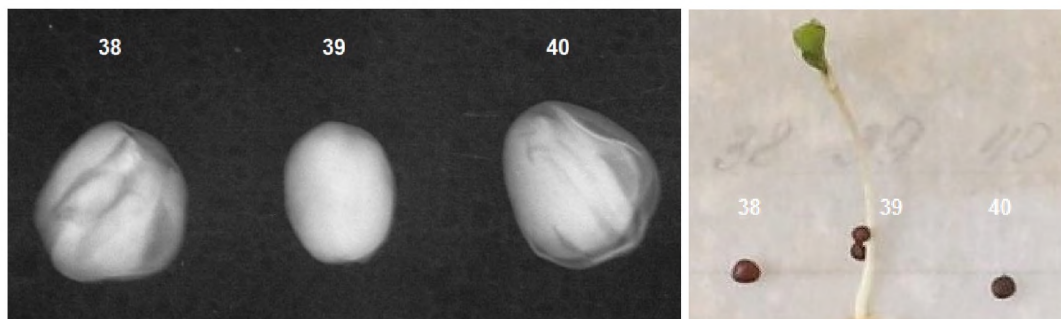


Рис. 7. «Рисунчатость» семян капусты белокочанной и их жизнеспособность

На рисунке 8 непроросшие семена (№ 32 и 33) на рентгенснимке имеют недостатки как по форме (угловатость), так и оптической плотности (нерегулярные затемнения), не способствующие их жизнеспособности.

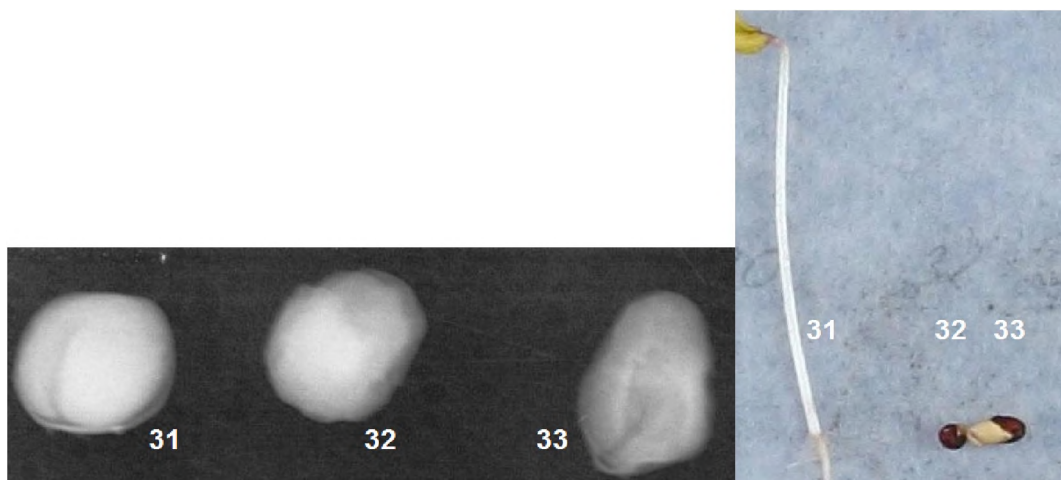


Рис. 8. Угловатость семян капусты цветной и их жизнеспособность

Анализ жизнеспособности семян редиса посевного показал: несмотря на то что семена 18 и 20 более крупные, имеют большую оптическую плотность, т.е. более рыхлую ткань, и имеют дополнительно или нерегулярные (18), или регулярные (20), но четко выраженные тени, впоследствии они не проросли (рис. 9).

На рисунке 10 приведен пример влияния выполненности семени на степень их жизнеспособности: по мере уплотнения внутренней структуры семян (от 38-го к 40-му семени) улучшаются показатели их жизнеспособности, судя по длине ростков.

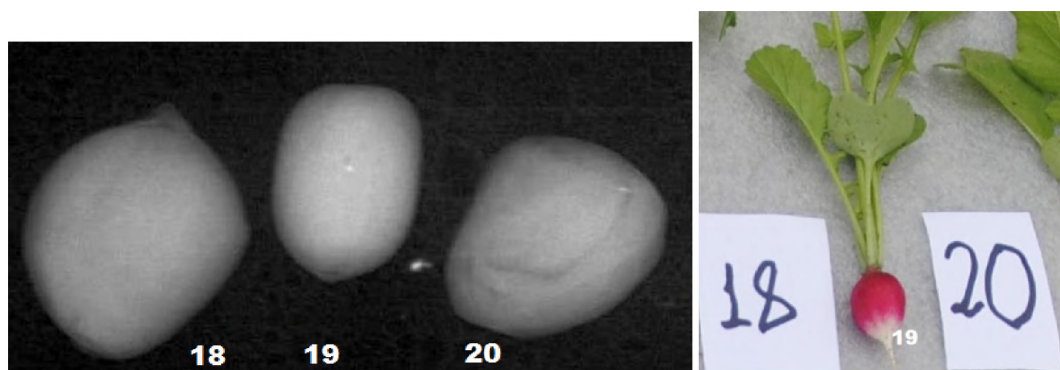


Рис. 9. Плотность семян редиса в связи с их жизнеспособностью

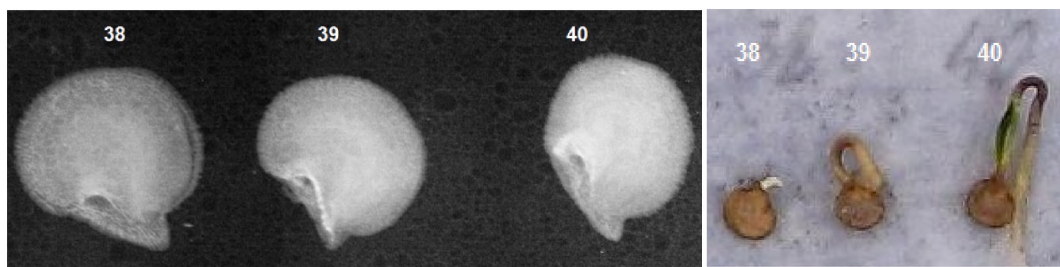


Рис. 10. Выполненность семян перца овощного в разной степени в связи с их жизнеспособностью

Отмечена связь между рентгенпризнаком «отделенность семядолей» огурца и их жизнеспособностью (рис. 11, 12). Признак оказался негативным для семян, его имеющих (№ 2, 4, 7, 10). Они или не проросли (№ 7), или только наклюнулись (№ 4, 10), или дали уродливый росток (№ 2) (рис. 12).

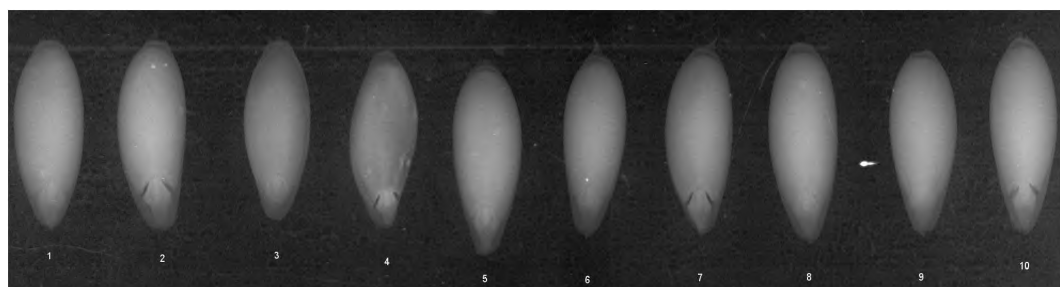


Рис. 11. Рентгенографическое изображение семян огурца (№ 1-10)

У непроросших семян (рис. 12), кроме того, силуэт зачаточного ростка на рентгенограмме может быть или размыт и тусел (№ 6), или нетипичен по форме (№ 9), у проросших нормально, напротив, — светлый (значит — плотный) и имеет правильную форму (№ 5) (рис. 11).

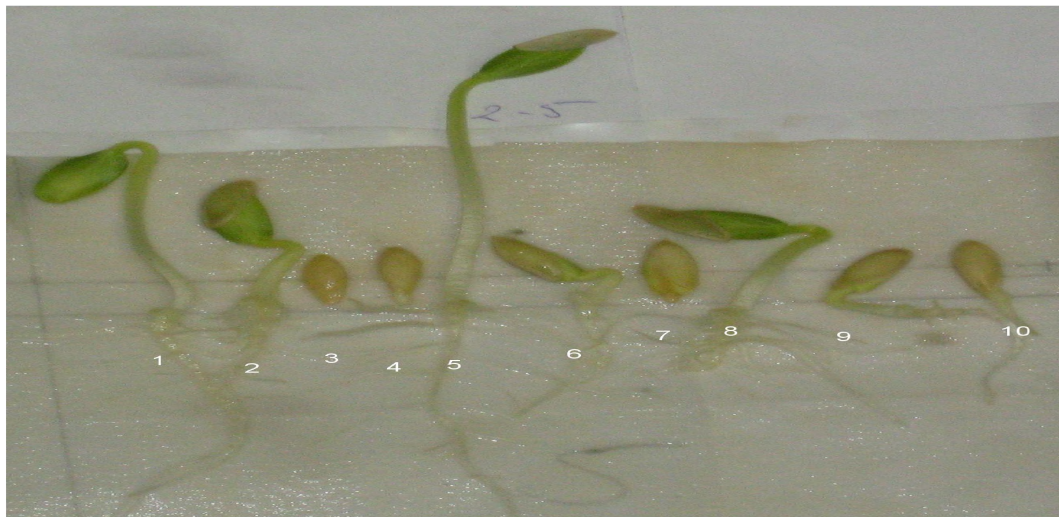


Рис. 12. Результаты индивидуального проращивания семян огурца (№ 1-10)

Заключение

Впервые на семенах овощных растений проведен анализ внутренней структуры семян рентгенографическим методом в таком масштабе. По результатам проведенной работы можно заключить, что в целом метод микрофокусной рентгенографии позволяет идентифицировать и классифицировать особенности, аномалии и недостатки внутренней структуры семян, влияющие на их качество. Выявленные с помощью метода недостатки позволяют судить о качестве посевного материала, определять причины снижения качества семян, в том числе свежесобранных, покоящихся. Дальнейшая эволюция метода может от экспресс-оценки привести к скоростной рентген-сепарации семян, для которой предстоит дальнейшее пополнение банка данных по рентгенпризнакам семян овощных культур.

Библиографический список

1. Архипов М.В., Алексеева Д.И., Батыгин Н.Ф., Великанов Л.П., Гусакова Л.П., Дерунов И.В., Желудков А.Г., Нишленко 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. Балеев Д.Н., Бухаров А. Ф. Долговечность семян овощных зонтичных культур и физиология их прорастания // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 11 (109). С. 22-25.

3. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н. Морфология разнокачественности семян овощных зонтичных культур, обусловленная местом формирования на материнском растении // Овощи России. 2012. № 2 (i5). С. 44-47.
4. Гуцин В.Л. Селекционные и технологические приемы повышения качества гибридных семян томата: автореферат дис. ... канд. с.-х. наук. М.: ВНИИО, 2001. 21 с.
5. Дерунов И.В. Рентгенографическое исследование семян различных сельскохозяйственных культур и продуктов их переработки: автореферат дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2004. 23 с.
6. Кононков П.Ф. Семеноводство корнеплодов. М., 1984. 250 с.
7. Лудилов В.А. Семеноводство овощных и бахчевых культур. М.: Агропромиздат, 1987. 224 с.
8. Лудилов В.А. Семеноведение овощных культур. М., 2005. 392 с.
9. Мусаев Ф.Б., Курбакова О.В., Курбаков Е.Л., Архипов М.В., Великанов Л.П., Потрахов П.П. Применение рентгенографического метода в семеноведении овощных культур // Гавриш. 2011. № 1. С. 44-46.
10. Мусаев Ф.Б., Прозорова О.А., Архипов М.В., Великанов Л.П., Потрахов Е.Н., Бессонов В.Б. Рентгенографический анализ качества семян овощных культур // Овощи России. 2012. №4. С. 43-47.
11. Мухин В.Д. Дрожирование семян, сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1971. 95 с.
12. Мухин В.Д. Пути повышения полевой всхожести семян овощных культур // Сб. научных трудов «Биологические основы промышленной технологии овощеводства открытого и закрытого грунта». М., 1982. С. 13-14.
13. Мухин В.Д. Влияние биологически активных веществ некоторых растений на прорастание семян овощных культур // Известия ТСХА. М., 2003. № 2. С. 140-150.
14. Прохоров Н.А. Семеноводство и семеноведение овощных культур. М.: МСХА, 1995. 177 с.
15. Прохоров И.А., Крючков А.В., Комиссаров В.А. Селекция и семеноводство овощных культур. М.: Колос, 1997. 479 с.
16. Савин В.П., Архипов М.В., Гусакова Л.П. Жизнеспособность семян овощных культур в зависимости от внутренней поврежденности // Аграрная наука. 1997. № 10. С. 12-15.
17. Соколова Д.В. Создание и оценка самоплодных линий раздельноплодной столовой свеклы: автореферат дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2011. 22 с.
18. Ткаченко К.Г. Гетеродияспория и сезонные колебания в ритмах прорастания // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2009. №9. Т. 11. С. 44-50.
19. Юрковская М.Е., Леунов В.И. Беззародышевость как одна из причин низкого качества семян моркови столовой // Картофель и овощи. 2013. № 3. С. 34-35.
20. Grundas S., Velikanov I., Arkhipov V. Importance of wheat grain orientation for the detection of internal mechanical damage by the X-ray method // Int. Agrophysics. 1999. № 13. P. 355-361.
21. Musavev F.B., Arkhipov M.V., Velikanov I.P., Sokolova D.V., Bessonov V.B. Non-distractive X-ray diffraction method for stadying seed anatomy in relation to seed heterogeneity // Proceeding of the International conference «Functional plant anatomy». Lomonosov Moscow State University. M., 2013. P. 115-121.
22. Van der Burg W.J., Aartse J.W., Van Zwol R.A., Jalink П., 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.

X-RAY BASED SEED QUALITY ANALYSIS OF VEGETABLE CROPS

F.B. MUSAYEV¹, M.V. ARKHIPOV², N.N. POTRAKHOV³

(¹All-Russian research institute of vegetable breeding and seed production;

² Research institute of agricultural physics,

³ St. Petersburg state electrotechnical university)

The examples of the analysis of seed quality using enhanced x-ray method are presented for some vegetable crops. Application of microfocus emitter, direct x zoom and phase contrast permits to discern the details of internal seed structure, previously not available for observation. Based on size, shape and density of these parts there is a possibility to estimate the degree of seed aberration. This makes possible to determine the viability of a seed and predict germinating ability and productivity. Seeds of 14 vegetable crops belonging to seven families have been analyzed. Various defects and abnormalities of the internal seed structure are defined: embryo underdevelopment, internal mechanical injury, damage by pests and diseases, age and genetic changes that led to deterioration of their quality. X-rays images of seeds were matched with seedlings developed from these seeds. The information obtained can be used further for computer analysis of seed quality of a certain set and seed separation by the special x-ray separators.

Key words: X-ray diffraction, seeds quality, embryo, seedlings, germination, germination ability, defects.

Мусаев Фархад Багадыроглы — к. с.-х. н., зав. сектором адаптивного семеноводства ГНУ Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур РАСХН (143080, Московская обл., Одинцовский р-н, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, 14; тел. (495) 599-24-42, факс (495) 599-22-77; e-mail: musayev@bk.ru).

Архипов Михаил Вадимович — д. б. н., зав. лабораторией биофизики семян Агрофизического НИИ РАСХН (195220, Санкт-Петербург, Гражданский просп., д. 14; тел. (812) 534-13-24, факс (812) 534-19-00; e-mail: sznmc@spb.lanck.net).

Потрахов Николай Николаевич — д. т. н., зав. кафедрой электронных приборов и устройств Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета (197376, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5; тел. (812) 346-44-87; e-mail: kzliamova@gmail.com).

Musaev Farkhad Bagadyrogly — Doctor of Agricultural Sciences, head of the sector of adaptive seed production, All-Russian research institute of vegetable breeding and seed production of Russian Academy of Agrarian Sciences (143080, the Russian Federation, Moscow Region, Odintsovo, VNISSOK, Selektionnaya street, 14; tel. (495) 599-24-42, fax (495) 599-22-77; e-mail: musayev@bk.ru).

Arkhipov Mihail Vadimovich — Doctor of Biological Sciences, head of the laboratory of seed biophysics. Research institute of agricultural physics of Russian Academy of Agrarian Sciences (195220, the Russian Federation, St. Petersburg, Grazhdansky avenue, 14; tel. (812) 534-13-24, fax (812) 534-19-00; e-mail: sznmc@spb.lanck.net).

Potrakhov Nikolay Nikolaevich — Doctor of Engineering Science, head of the department of electronic equipment and devices, St. Petersburg state electrotechnical university (197376, the Russian Federation, St. Petersburg, Professor Popov street, 5; tel. (812) 346-44-87; e-mail: kzliamova@gmail.com).