

ПРИМЕНЕНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ХРАНЕНИИ КАРТОФЕЛЯ

Лой Н.Н., канд. биол. наук, Санжарова Н.И., д-р биол. наук,
Губарева О.С., канд. биол. наук, Чиж Т.В., Гулина С.Н.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»
(Обнинск, Московская область)

Реферат. Показано, что облучение клубней картофеля среднераннего сорта ВР-808 и среднепозднего сорта Гермес перед закладкой на хранение в дозах 50, 100 и 150 Гр (при мощности дозы 100 Гр/ч) влияет на сохранность картофеля и не снижает его качество по основным показателям. Эффект облучения зависит от величины дозы, сортовых особенностей и условий хранения. Выявлено, что облучение снижает потерю массы клубней при всех изученных дозах при хранении картофеля при температуре +4-6 °С. Облучение клубней в дозах 100 и 150 Гр и последующее хранение картофеля при температуре +20-25 °С снижает потерю массы клубней в 3-4 раза по сравнению с контролем. Гамма-облучение ингибирует прорастание клубней сорта Гермес при всех изученных дозах и режимах хранения, сорта ВР-808 – при облучении дозами 100 и 150 Гр. Следовательно, применение радиационных технологий при хранении картофеля является эффективным технологическим приемом.

Ключевые слова: радиационные технологии, хранение, картофель, потери массы клубней, прорастаемость картофеля, аскорбиновая кислота, нитраты, крахмал, сухая масса

Summary. It was shown that irradiation of tubers of potato VR-808 (medium early) and Hermes (medium late) varieties before their storage for 50, 100 and 150 Gy doses (at a dose rate of 100 Gy/h) increases the potato storage period and does not reduce its quality. The effect of radiation depends on the dose, the characteristics of variety and conditions of storage. It was found that irradiation reduces the weight loss of tubers at all selected doses during subsequent storage of potatoes at a temperature of +4-6 °C. Irradiation of tubers with doses of 100 and 150 Gy and subsequent storage of them at a temperature of + 20-25 °C reduces the loss of tuber weight by 3-4 times in comparison with the control. Gamma irradiation inhibits germination of tubers of the Hermes variety at all selected doses and storage regimes, VR-808 variety – when it was irradiated with doses of 100 and 150 Gy. Hence, the use of ionizing radiation in the storage of potatoes is an effective technology.

Key words: radiation technologies, storage, potatoes, tuber mass loss, potato germination, ascorbic acid, nitrates, starch, dry mass

Введение. Картофель - одна из главных сельскохозяйственных культур, составляющих значительную часть рациона питания людей вследствие его высокой питательной ценности [1].

При решении продовольственной проблемы в РФ важным является не только получить высокий урожай, но и сохранить его без потерь и снижения качества. Это позволит обеспечить увеличение объемов производства качественной отечественной продукции и снизить потребность в импорте. Значительные потери овощей при хранении связаны в первую очередь с естественными процессами метаболизма, поэтому важно найти фактор, воздействие которого вызовет ингибирование образования проростков и задержку созревания.

В настоящее время в нашей стране, как и во многих странах мира, ведутся исследования о возможности применения радиации для увеличения сроков хранения продуктов питания [2-4].

Цель наших исследований – изучить влияние гамма-облучения на сохранность и качество клубней картофеля при разных температурных режимах хранения.

Объекты и методы исследований. Эксперимент проводили на картофеле сортов ВР-808 (среднеранний) и Гермес (среднепоздний). Через месяц после уборки урожая клубни облучили на гамма-установке ГУР-120 (ВНИИРАЭ). Установка ГУР-120 состоит из восьми блоков-облучателей, четыре напротив четырёх, заряженных источниками ГИК-7-4, общей активностью ^{60}Co $13,8 \times 10^{14}$. Тип – стационарная, исследовательская с сухим способом защиты.

Клубни облучали в дозах 50, 100 и 150 Гр, мощность дозы – 100 Гр/ч. Для измерения поглощённых доз в воздухе и материале объектов использован современный клинический дозиметр ДКС-101. Облученные и необлученные (контроль) клубни хранили при разных температурных режимах: в холодильной камере с температурой $+4-6^{\circ}\text{C}$ (режим 1) и в помещении с температурой воздуха $+20-25^{\circ}\text{C}$ (режим 2). Повторность в опыте 4-кратная.

Периодически (через 1-2 месяца) после закладки опыта проводили взвешивание клубней с целью выявления потери их массы (г), учитывали количество (шт.) и длину (мм) ростков, определяли содержание аскорбиновой кислоты, крахмала, нитратов и сухого вещества.

Содержание аскорбиновой кислоты (мг), редуцирующей активности определяли методом Петта в модификации Прокошева [5]. Это количественный метод определения аскорбиновой кислоты, основанный на способности витамина С восстанавливать 2,6-дихлор-фенолиндофенол, который в кислой среде имеет красную окраску, в щелочной – синюю, а при восстановлении обесцвечивается. Для предохранения витамина С от разрушения исследуемый раствор титруют в кислой среде щелочным раствором 2,6-дихлорфенолиндофенола до появления розового окрашивания [5].

Определение содержания крахмала (%) по плотности проводили с помощью весовых устройств типа весов Парова. Сущность метода заключается в определении крахмала в чистых, отмытых от земли клубнях картофеля с помощью весовых устройств типа весов Парова путем взвешивания пробы в воздухе и воде. Определение проводили в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора [6].

Количество нитратов (мг/кг) измеряли нитрат-тестером Soeks, предназначенным для экспресс-анализа содержания нитратов в свежих овощах и фруктах. Принцип его работы основан на измерении проводимости переменного высокочастотного тока в измеряемом продукте [7]. Нитрат-тестер Soeks откалиброван по содержанию нитрат-ионов, концентрация которых в плодах и овощах определена независимым методом анализа (потенциометрическое определение нитрат-ионов по [7]).

Содержание сухого вещества (%) определяли методом высушивания при температуре 105°C . Метод распространяется на силос, сенаж, зеленые корма, корнеплоды и клубнеплоды, жидкие и пастообразные корма. Сущность метода заключается в последовательном определении в испытуемой пробе сначала содержания воздушно-сухого вещества путем высушивания пробы при температуре $(60 \pm 2)^{\circ}\text{C}$. Высушенную пробу доводят до воздушно-сухого состояния в течение 1 ч на лабораторном столе и взвешивают. Затем определяют содержание гигроскопической влаги в воздушно-сухой пробе путем ее высушивания при температуре $(105 \pm 2)^{\circ}\text{C}$. Массовую долю сухого вещества в испытуемой пробе определяют расчетным путем, исходя из массовой доли воздушно-сухого вещества и гигроскопической влаги [8].

Обсуждение результатов. Наблюдения за облученным картофелем позволили установить, что в процессе хранения происходит потеря массы клубней. Величина потерь зависит от условий хранения, дозы облучения и сортовых особенностей (рис. 1 и 2).

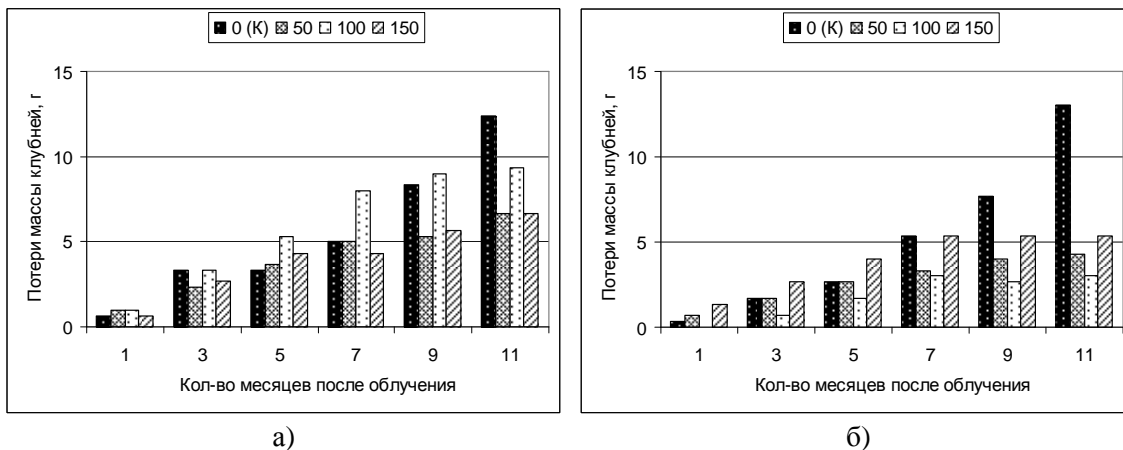


Рис. 1. Потери массы клубней сортов Гермес (а) и ВР-808 (б) при 1 способе хранения

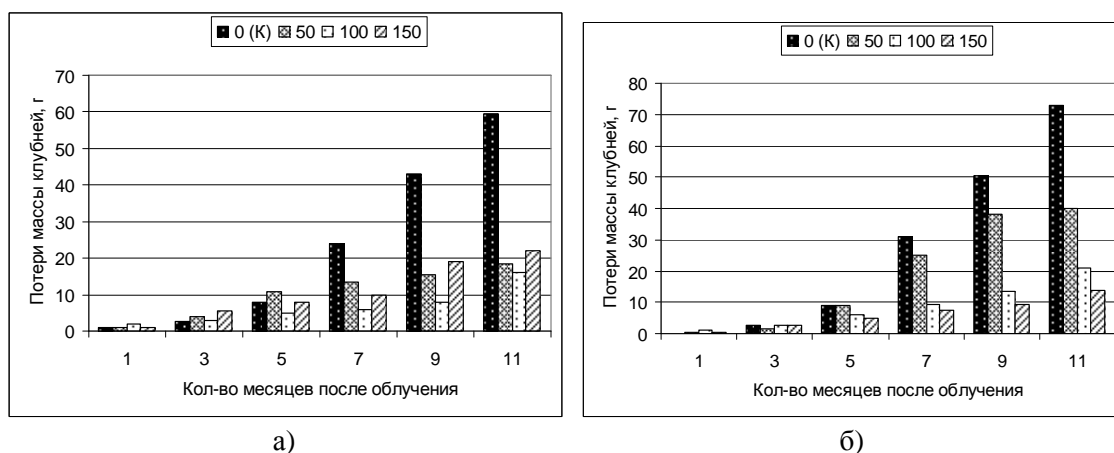


Рис. 2. Потери массы сортов Гермес (а) и ВР-808 (б) при 2 способе хранения

На рис. 1 показано, что при хранении картофеля в оптимальных температурных условиях (режим 1) облучение снижает потерю массы клубней при всех изученных дозах. Наибольший эффект на сорте ВР-808 отмечен при всех дозах через 7-11 месяцев после облучения, на сорте Гермес – через 9-11 месяцев после облучения дозами 50 и 150 Гр.

Хранение картофеля при высокой температуре воздуха (режим 2) позволило выявить, что потери массы клубней увеличиваются по сравнению с 1 режимом как в вариантах с облучением, так и в контроле (рис. 2). Однако если на сорте Гермес в вариантах с облучением абсолютные потери выросли до 2-х раз по сравнению с 1 режимом, то в контроле – более 4 раз. На сорте ВР-808 при 2 режиме хранения наиболее эффективными были варианты с облучением дозами 100 и 150 Гр, где потери массы были в 3-4 раза ниже, чем в контроле. При дозе 50 Гр отмечено снижение массы в 1,2-1,7 раза по сравнению с контролем (рис. 2).

Данные учетов количества ростков в динамике на разных сортах картофеля и при разных условиях хранения представлены на рис. 3 и 4.

Установлено, что при 1 режиме хранения появление ростков отмечено через 5 месяцев после облучения: на сорте Гермес только в контроле, на сорте ВР-808 во всех вариантах, но облучение снижало количество ростков, при этом эффект возрастал с увеличением дозы облучения (рис. 3).

Повышенная температура при хранении (режим 2) способствовала появлению ростков на сорте Гермес в контроле через 3 месяца, при дозах 50 и 100 Гр – через 5 месяцев после облучения, но их количество было в 2 раза ниже, чем в контроле и вследствие их малой длины они усохли к моменту следующего учета – через 7 месяцев (рис. 4а).

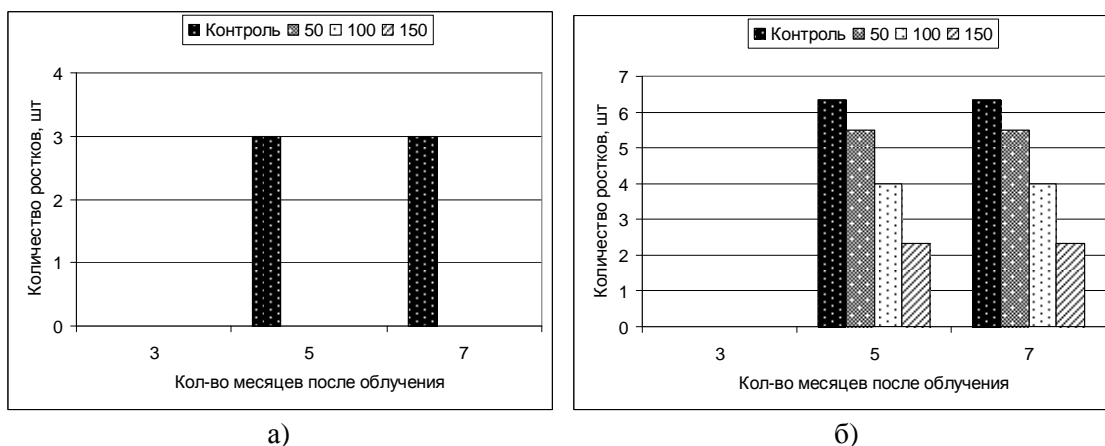


Рис. 3. Количество ростков на сортах Гермес (а) и ВР-808 (б) при 1 способе хранения

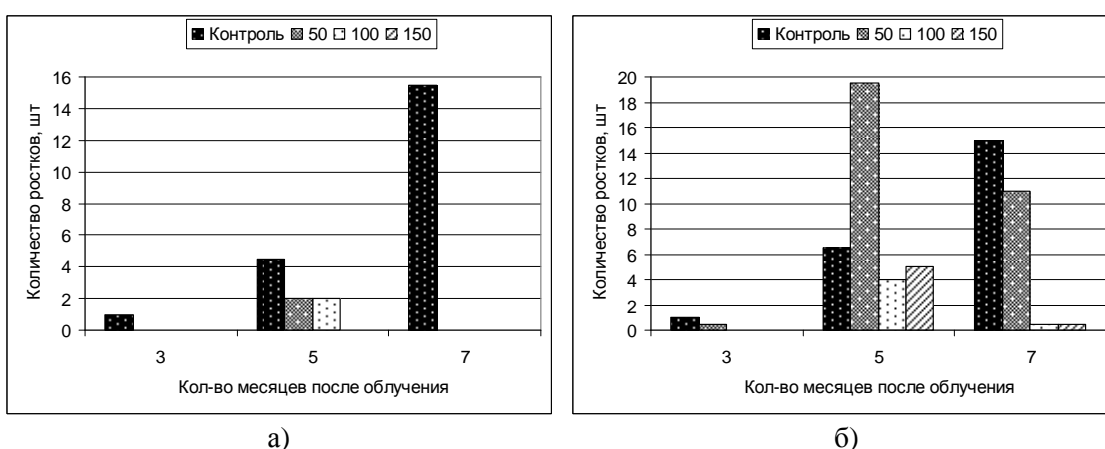


Рис. 4. Количество ростков на сортах Гермес (а) и ВР-808 (б) при 2 способе хранения

На сорте ВР-808 при 2 способе хранения ростки появились в контроле и в варианте с облучением дозой 50 Гр через 3 месяца (рис. 4б). Через 5 месяцев после облучения отмечено появление ростков во всех вариантах, но если при дозах 100 и 150 Гр их количество было ниже контроля в 1,5 раза, то при дозе 50 Гр количество ростков в 3 раза превышало контрольное значение, т.е. наблюдалось стимулирующее действие облучения. В тоже время при учете через 5 месяцев выявлено, что средняя длина ростков при дозе 50 Гр была в 3 раза меньше, чем в контроле (рис. 5).

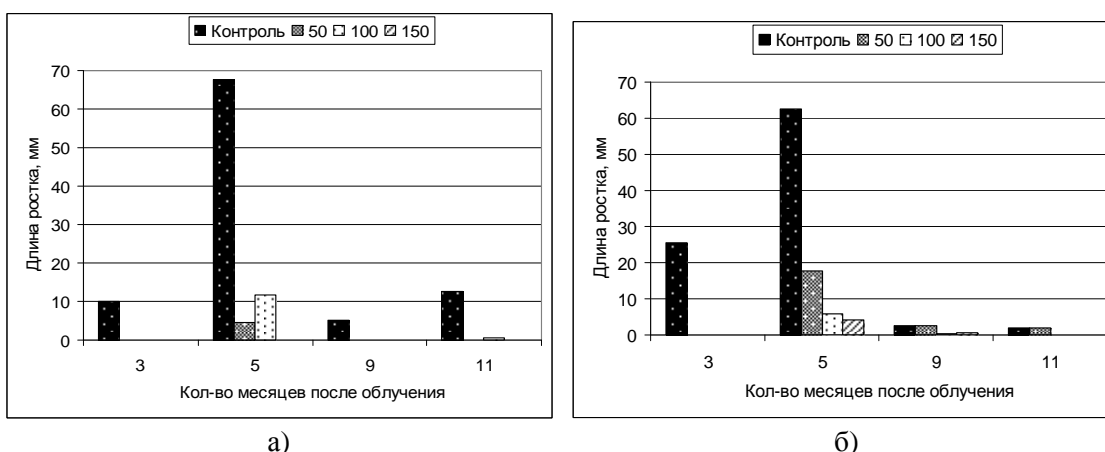


Рис. 5. Средняя длина ростков сортов Гермес (а) и ВР-808 (б) при 2 способе хранения

Через 7 месяцев наблюдали ингибирование количества ростков в результате облучения при всех дозах, но наибольший эффект установлен при дозах 100 и 150 Гр.

Снижение длины ростков через 9 и 11 месяцев произошло вследствие того, что это вторичные ростки, появившиеся после удаления ростков при учете через 7 месяцев после облучения.

Данные учета массы ростков через 7 месяцев после облучения показали, что при первом режиме хранения облучение при всех дозах полностью ингибировало процесс прорастания клубней, ростки были только в контрольных вариантах обоих сортов (табл. 1).

Таблица 1 – Масса ростков через 7 месяцев после облучения (% от массы клубня)

Доза облучения, Гр	Гермес		ВР-808	
	1 режим	2 режим	1 режим	2 режим
0 (к)	1,43	14,96	1,38	22,73
50	0	0	0	13,57
100	0	0	0	0,61
150	0	0	0	0,31

При 2 режиме у сорта Гермес в опытных вариантах ростки отсутствовали, масса ростков в контроле составила 14,96 % от массы клубней, что на порядок выше, чем при 1 режиме. У сорта ВР-808 при 2 режиме ростки отмечены во всех вариантах, но их масса при дозах 100 и 150 Гр составила лишь 0,61 и 0,31 % от массы клубня, при облучении дозой 50 Гр – 13,57 %, что в 1,7 раза ниже, чем в контроле (табл. 1).

Определение показателей качества картофеля в динамике показало, что облучение клубней и хранение при 1 режиме не оказало значительного влияния на содержание аскорбиновой кислоты, крахмала и сухого вещества (табл. 2).

Таблица 2 – Динамика изменения качества картофеля при 1 режиме хранения

Доза облучения, Гр	Изменение показателей качества в динамике								
	аскорбиновая кислота, мг			крахмал, %			сухое вещество, %		
	3 мес.	5 мес.	7 мес.	3 мес.	5 мес.	7 мес.	3 мес.	5 мес.	7 мес.
	Гермес								
0 (к)	23,76	31,47	25,07	15,45	17,65	17,10	26,80	27,90	25,70
50	19,96	24,92	27,19	17,25	18,60	17,95	25,0	25,90	22,60
100	21,12	27,05	17,03	10,00	10,95	9,85	26,00	24,60	27,30
150	21,86	31,34	25,07	11,65	12,50	13,50	23,90	22,50	29,20
	ВР-808								
0 (к)	18,30	36,07	38,57	14,25	15,35	17,50	27,90	28,90	34,50
50	21,78	35,85	24,86	15,10	13,65	15,75	22,30	26,90	28,10
100	23,76	34,43	32,78	13,60	13,35	15,60	25,20	27,90	22,40
150	25,51	41,80	38,65	14,30	14,00	16,35	21,10	24,80	28,60

Анализ показателей качества картофеля при 2 режиме хранения выявил, что по содержанию крахмала и сухого вещества значимых различий между опытными вариантами и контролем не установлено, за исключением аскорбиновой кислоты, содержание которой увеличивалось у сорта Гермес через 7 месяцев при облучении дозой 100 Гр в 1,2 раза, у сорта ВР-808 - через 5 и 7 месяцев при дозах 100 и 150 Гр в 2,8 и 2,1 раза соответственно (табл. 3).

Содержание нитратов в клубнях обоих сортов изначально не превышало предельно допустимый уровень (ПДК) для картофеля (250 мг/кг) и в процессе хранения, независимо от температуры, только снижалось как в опытных, так и в контрольных вариантах.

Таблица 3 – Динамика изменения качества картофеля при 2 режиме хранения

Доза облучения, Гр	Изменение показателей качества в динамике								
	аскорбиновая кислота, мг			крахмал, %			сухое вещество, %		
	3 мес.	5 мес.	7 мес.	3 мес.	5 мес.	7 мес.	3 мес.	5 мес.	7 мес.
Гермес									
0 (к)	25,13	31,33	43,49	15,10	20,70	17,70	28,00	25,70	27,70
50	24,24	25,20	38,19	13,85	18,75	15,05	29,50	24,90	24,50
100	26,03	19,88	52,38	16,05	19,85	12,85	23,60	25,90	25,60
150	31,10	31,25	41,10	16,35	19,30	11,65	22,40	27,50	28,90
ВР-808									
0 (к)	25,27	30,24	29,43	18,15	27,45	-	25,90	34,20	33,20
50	29,57	22,46	43,00	17,20	21,45	18,90	37,30	35,50	34,60
100	26,03	64,57	82,12	18,55	19,20	17,55	31,70	27,00	31,40
150	24,39	54,72	60,48	16,35	18,35	15,80	25,50	27,10	33,10

Выводы. Таким образом, показано, что облучение клубней картофеля разных сортов перед закладкой на хранение в дозах 50, 100 и 150 Гр (при мощности дозы 100 Гр/ч) влияет на сохранность картофеля и не снижает его качество по основным показателям. Эффект облучения зависит от величины дозы, сортовых особенностей и условий хранения.

Установлено, что:

- при хранении картофеля в оптимальных температурных условиях (+4-6⁰С) облучение снижает потерю массы клубней при всех изученных дозах;
- облучение клубней в дозах 100 и 150 Гр и последующее хранение картофеля при температуре +20-25⁰С снижает потерю массы клубней в 3-4 раза;
- облучение клубней среднепозднего сорта Гермес ингибирует прорастание клубней при всех изученных дозах и режимах хранения, у среднераннего сорта ВР-808 прорастаемость достоверно снижается при облучении дозами 100 и 150 Гр;
- определение содержания аскорбиновой кислоты, крахмала, сухого вещества и нитратов в клубнях картофеля сортов Гермес и Вр-808 в динамике показало, что облучение в диапазоне 50-150 Гр и хранение при разных температурных режимах не оказало отрицательного влияния на показатели качества картофеля.

Следовательно, применение радиационных технологий при хранении картофеля является эффективным технологическим приемом.

Литература

1. Организация хранения картофеля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.comodity.ru/potato/storing/1.html>
2. Лой, Н.Н. Радиационная дезинсекция / Н.Н. Лой // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности / под общей ред. Г.В. Козьмина [и др.]. – Обнинск: ВНИИРАЭ, 2015. – С. 153-171.
3. Влияние ионизирующего излучения на жизнеспособность насекомых-вредителей и качество зерна и зернопродуктов / Н.Н. Лой [и др.] // Вестник Российской с/х науки. – 2016. – №6. – С. 53-55.
4. Перспектива применения радиационных технологий для увеличения сроков хранения овощей / Н.Н. Лой [и др.] // Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйственной и пищевой продукции: материалы II Междунар. научн.-практ. конф. (г. Краснодар, 25-26 июня 2017 г.). – Краснодар, 2017. – С. 54-58.
5. Практикум по физиологии растений / Н.Н. Третьяков [и др.]; под ред. проф. Н.Н. Третьякова. - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с.
6. ГОСТ 7194-81. Картофель свежий. Правила приемки и методы определения качества (с Изменениями № 1, 2, 3). – Введ.1982-06-01. – М.: Госстандарт России: Из-во стандартов, 2010 – 12 с.
7. ГОСТ 29270-95 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения нитратов. – Введ.1997-01-01. – М.: Госстандарт России: Из-во стандартов, 2010 – 11 с.
8. ГОСТ 31640-2012 Корма. Методы определения содержания сухого вещества.– Введ.2013-07-01. – М.: Госстандарт России: Из-во стандартов, 2012 – 8 с.