

Литература

1. Багаутдинова З.З. Фитоценотическая организация почвенных водорослей в подзоне южной тайги Западной Сибири // Вестн. НГПУ. – 2014 [Электронный ресурс] // <http://dx.doi.org/10.15293/2226-3365.1402.15>.
2. Благодатнова А.Г. Цианобактериально-водорослевые ценозы как отражение палеоэкологической специфики почв голоцена // Вестн. НГПУ. – 2014 [Электронный ресурс] // <http://dx.doi.org/10.15293/2226-3365.1402.14>.
3. Кабиров Р.Р. О возможности использования водорослей при создании искусственных экосистем и биосфер на других планетах // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использования в мониторинге: мат-лы 1-й Всерос. конф. (Сыктывкар, 5–9 окт. 2009 г.) [Электронный ресурс] // http://ib.komisc.ru/add/conf/algo_2009.
4. Маркова Г.И. Биомасса почвенных водорослей в некоторых типах растительности ущелья реки Варзоб: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Душанбе, 1976. – 23 с.
5. Панкратова Е.М. Азотфиксирующие цианобактерии как основа микробных консорциумов // Автотрофные микроорганизмы: мат-лы Междунар. науч. конф. – М., 2000. – С. 140.
6. Пивоварова Ж.Ф., Факторович Л.В., Благодатнова А.Г. Особенности таксономической структуры почвенных фотоавтотрофов при освоении первичных субстратов // Растительный мир Азиатской России. – 2011. – № 4. – С. 95–102.
7. Стебаев И.В., Пивоварова Ж.Ф. Возникновение и развитие биогеоценозов на скалах // Журнал общей биологии. – 1995. – № 5. – С. 715–729.



УДК 581.5:581.19:633.34

Г.С. Выскварка, Е.А. Семенова,
О.А. Селихова, П.В. Тихончук

ВЛИЯНИЕ СРОКОВ И УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ НА АКТИВНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ОКСИДОРЕДУКТАЗ СЕМЯН СОИ

В статье рассматривается процесс хранения семян сои в условиях типового склада и лаборатории, влияющий на снижение активности пероксидазы и каталазы. По данным авторов, корреляционная зависимость между посевными качествами семян сои, их интенсивностью дыхания и активностью ферментов положительная средней силы.

Ключевые слова: соя, семена, пероксидаза, каталаза, энергия прорастания, лабораторная всхожесть, интенсивность дыхания.

G.S. Vyskvarka, E.A. Semenova,
O.A. Selikhova, P.V. Tikhonchuk

THE INFLUENCE OF THE STORAGE TERMS AND CONDITIONS ON THE ACTIVITY OF SOME SOYBEAN SEED OXIDE-REDUCTASES

The process of the soybean seed storage in the conditions of the standard warehouse and the laboratory, influencing on the decrease in the peroxidase and catalase activity is considered in the article. According to authors, the correlation dependence between the soybean seed sowing qualities, their breath intensity and the enzyme activity is positive and of average force.

Key words: soybean, seeds, peroxidase, catalase, germination energy, laboratory germination, breath intensity.

Введение. Соя относится к группе мезобиотиков, семена которых сохраняют всхожесть от трех до пятнадцати лет. Ранее было установлено, что хозяйственная долговечность исследованных нами сортов сои амурской селекции составляет не более трех лет [2]. Длительное хранение семян сои связано с определенными трудностями, так как они содержат много белка и жира и обладают повышенной гигроскопичностью.

При хранении семена стареют, теряют качество и жизнеспособность. Ухудшение качества семян при хранении может быть обусловлено нарушениями в различных процессах и структурах, но чаще всего связано с комплексом изменений, таких, как снижение активности ферментов, истощение запасов питательных веществ, деградация клеточных структур, накопление токсичных продуктов обмена [1].

Старение семян сопровождается ингибированием энергетических процессов, главным образом, дыхания [8]. Интенсивность дыхания обусловлена деятельностью многих ферментов, среди которых важную роль в совершении аэробного окисления играют пероксидаза и каталаза. Состояние ферментных систем, участвующих в процессе дыхания, является важнейшим показателем жизнеспособности семян растений.

В связи с этим изучение изменений посевных качеств, интенсивности дыхания и установление корреляции этих показателей с активностью ферментов, участвующих в процессах дыхания, имеет большое теоретическое и практическое значение для познания биохимических процессов, протекающих в семенах, выявления причин потери ими жизнеспособности и выборе оптимальных условий хранения.

Цель исследований. Определение активности ферментов (пероксидазы и каталазы) и установление взаимосвязи с посевными качествами и интенсивностью дыхания семян культурной и дикорастущей сои при длительном хранении в условиях типового склада и лаборатории.

Объекты и методы исследований. Исследования проводили на семенах культурной сои (G. max.) сортов Соната, Лидия, Даурия, Гармония и дикорастущей сои (G. soja) форма КА-1344.

Семена хранили в течение четырех лет (2007–2011 гг.) в условиях типового склада (максимальная температура воздуха в летний период составляла +35°C, минимальная в зимний период – 33°C) и лаборатории (температура воздуха 18–22°C, влажность воздуха 60–70 %). Периодичность отбора проб семян – 1 раз в полгода. В ходе исследований оценивали энергию прорастания и лабораторную всхожесть [3], интенсивность дыхания [9], активность пероксидазы определяли по методу Бояркина [7], каталазы – газометрическим способом [7], белок – методом Лоури [12]. Удельную активность ферментов выражали в единицах активности на 1 мг белка. Дисперсионный и корреляционный анализы проводили с применением программы Microsoft Office Excel, 2007 по формулам, представленным Б.А. Доспеховым [5]. Доверительная вероятность исследований составляет 0,95 при уровне значимости 0,05.

Результаты исследований и их обсуждение. Литературные данные о взаимосвязи активности пероксидазы и каталазы с посевными качествами семян противоречивы. Так, в ряде работ установлена хорошо выраженная корреляция между активностью каталазы и показателями всхожести семян. Мак Харг сообщил, что ему удалось выявить корреляцию между активностью пероксидазы и жизнеспособностью семян у 20 видов растений [1]. В то же время исследования Т.Е. Савчука [11] показали, что активность каталазы не коррелирует с уровнем всхожести зерна ячменя.

Результаты наших исследований представлены в табл. 1–2. Как видно из приведенных данных, наибольшей активностью пероксидазы и каталазы обладали семена дикорастущей сои, наименьшей активностью пероксидазы – семена сорта Гармония, самую низкую активность каталазы имели семена сорта Даурия. Энергия прорастания исходных семян составляла 89–95 %, лабораторная всхожесть – 93–98 %.

Таблица 1

Изменение физиолого-биохимических показателей в семенах сои при хранении в складе, 2007–2011 гг.

Срок хранения, мес.	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Интенсив. дыхания, мг CO ₂ /г*ч	Удельная активность	
				пероксидазы, ед/мг белка	каталазы, ед/мг белка*10 ⁻³
1	2	3	4	5	6
Сорт Лидия					
0	93 ± 0,67	98 ± 0,58	2,11 ± 0,02	110 ± 6	51 ± 1
6	94 ± 0,33	100 ± 0,58	3,19 ± 0,01	162 ± 6	28 ± 2
12	91 ± 0,88	97 ± 0,58	0,92 ± 0,01	78 ± 3	53 ± 1
18	96 ± 1,73	96 ± 0,88	1,66 ± 0,02	24 ± 1	35 ± 2
24	94 ± 1,73	95 ± 0,67	0,66 ± 0,01	9 ± 0,2	60 ± 2
30	89 ± 1,15	93 ± 0,88	1,32 ± 0,01	9 ± 0,5	42 ± 1
36	88 ± 0,88	91 ± 0,88	0,54 ± 0,01	4 ± 0,6	21 ± 1
42	81 ± 0,88	88 ± 0,88	1,06 ± 0,03	3 ± 0,04	26 ± 3
48	66 ± 1,45	73 ± 0,58	0,49 ± 0,02	1 ± 0,06	14 ± 1

1	2	3	4	5	6
Сорт Соната					
0	90 ± 1,45	97 ± 0,88	1,81 ± 0,02	106 ± 5	64 ± 3
6	94 ± 1,45	99 ± 0,33	2,25 ± 0,02	92 ± 2	46 ± 2
12	90 ± 1,33	96 ± 0,88	0,84 ± 0,03	80 ± 2	47 ± 1
18	92 ± 0,67	97 ± 0,88	2,11 ± 0,02	16 ± 0,3	31 ± 3
24	91 ± 0,33	95 ± 1,15	0,72 ± 0,02	11 ± 0,3	37 ± 1
30	89 ± 0,33	94 ± 0,58	1,66 ± 0,02	9 ± 0,2	37 ± 2
36	86 ± 0,58	90 ± 0,88	0,58 ± 0,05	8 ± 0,2	22 ± 3
42	80 ± 0,58	81 ± 0,33	1,29 ± 0,05	3 ± 0,05	31 ± 1
48	55 ± 0,88	69 ± 1,45	0,12 ± 0,01	1 ± 0,03	11 ± 1
Сорт Даурия					
0	92 ± 0,58	96 ± 0,88	2,14 ± 0,03	115 ± 4	34 ± 2
6	96 ± 0,33	98 ± 0,33	2,37 ± 0,01	78 ± 4	28 ± 2
12	94 ± 0,58	95 ± 0,58	0,98 ± 0,03	115 ± 3	46 ± 2
18	96 ± 0,33	97 ± 0,58	2,15 ± 0,02	23 ± 0,7	38 ± 1
24	95 ± 0,58	96 ± 0,67	0,87 ± 0,03	16 ± 0,2	31 ± 2
30	88 ± 0,58	92 ± 0,58	1,95 ± 0,02	11 ± 0,3	37 ± 2
36	80 ± 0,58	89 ± 0,88	0,91 ± 0,03	10 ± 0,3	27 ± 1
42	73 ± 0,58	90 ± 0,67	1,38 ± 0,06	7 ± 0,04	34 ± 3
48	69 ± 1,45	75 ± 0,58	0,43 ± 0,02	3 ± 0,02	16 ± 1
Сорт Гармония					
0	89 ± 0,33	93 ± 0,58	2,00 ± 0,02	84 ± 3	56 ± 3
6	90 ± 0,33	95 ± 0,33	2,45 ± 0,02	63 ± 3	41 ± 2
12	73 ± 0,58	89 ± 0,58	1,08 ± 0,02	50 ± 1	51 ± 4
18	85 ± 1,45	90 ± 0,67	2,31 ± 0,01	15 ± 0,5	28 ± 2
24	81 ± 1,2	87 ± 0,88	1,01 ± 0,01	8 ± 0,2	26 ± 1
30	76 ± 0,88	81 ± 0,88	1,83 ± 0,02	7 ± 0,2	39 ± 2
36	68 ± 1,45	80 ± 0,88	0,58 ± 0,08	6 ± 0,2	20 ± 1
42	54 ± 1	78 ± 0,88	1,47 ± 0,05	2 ± 0,03	37 ± 3
48	31 ± 1,15	65 ± 1,2	0,13 ± 0,01	1 ± 0,06	8 ± 1
Форма КА-1344					
0	95 ± 0,33	98 ± 0,67	2,10 ± 0,01	268 ± 17	113 ± 10
6	97 ± 0,33	100 ± 0,33	2,38 ± 0,01	299 ± 9	73 ± 5
12	95 ± 0,67	98 ± 0,58	0,93 ± 0,01	287 ± 6	116 ± 10
18	97 ± 0,33	98 ± 0,58	2,24 ± 0,06	117 ± 6	68 ± 3
24	97 ± 0,58	94 ± 1,45	0,57 ± 0,01	116 ± 4	70 ± 4
30	93 ± 1	98 ± 0,88	1,31 ± 0,01	123 ± 6	54 ± 1
36	95 ± 0,58	95 ± 1,15	0,57 ± 0,01	109 ± 5	56 ± 2
42	91 ± 0,33	96 ± 0,58	1,15 ± 0,02	103 ± 2	48 ± 1
48	90 ± 0,88	93 ± 1,2	0,41 ± 0,03	76 ± 2	29 ± 1

Период хранения продолжительностью 36 мес. отличался стабильностью в изменении посевных качеств, семена сои сохраняли высокую энергию прорастания и всхожесть, но активность пероксидазы уже к концу второго года хранения значительно снизилась, у сортов культурной сои в среднем в 13 (лаборатория) и 10 раз (склад).

В течение последующих месяцев хранения наблюдалось дальнейшее снижение активности фермента и при этом происходило резкое ухудшение посевных качеств семян G. max, особенно при хранении в лаборатории. В среднем активность пероксидазы за четыре года хранения уменьшилась в 92 раза при хранении в складе и в 128 раз в условиях лаборатории по сравнению с исходными семенами при потере всхожести на 25 и 47 % соответственно. Как следует из полученных данных, сравниваемые сорта культурной сои и дикорастущей формы различаются по снижению активности пероксидазы при потере семенами посевных ка-

честв. Наибольшее снижение в 200 раз установлено у сорта Гармония в условиях лаборатории при максимальной потере всхожести на 62 %. Наименьшее снижение активности пероксидазы в 3,5–2,8 раза отмечено в семенах дикорастущей сои, которая даже через 48 мес. хранения в лаборатории и складе имела высокую лабораторную всхожесть (90–93 %).

Таблица 2

Изменение физиолого-биохимических показателей в семенах сои при хранении в лаборатории, 2007–2011 гг.

Срок хранения, мес.	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Интенсив. дыхания, мг CO ₂ /г*ч	Удельная активность	
				пероксидазы, ед/мг белка	каталазы, ед/мг белка*10 ⁻³
1	2	3	4	5	6
Сорт Лидия					
0	93 ± 0,67	98 ± 0,58	2,11 ± 0,02	110 ± 6	51 ± 1
6	93 ± 0,33	99 ± 0,33	2,44 ± 0,02	52 ± 2	34 ± 2
12	89 ± 0,88	97 ± 0,33	0,86 ± 0,03	33 ± 0,5	70 ± 2
18	93 ± 0,58	97 ± 0,33	1,70 ± 0,08	19 ± 0,5	73 ± 3
24	89 ± 0,88	96 ± 0,58	0,80 ± 0,32	7 ± 0,2	56 ± 3
30	84 ± 0,88	92 ± 0,88	1,07 ± 0,03	9 ± 0,5	33 ± 1
36	84 ± 0,88	86 ± 0,88	0,66 ± 0,02	3 ± 0,03	30 ± 1
42	80 ± 0,33	85 ± 0,67	0,90 ± 0,04	2 ± 0,04	27 ± 2
48	49 ± 0,58	55 ± 0,58	0,36 ± 0,04	1 ± 0,02	29 ± 1
Сорт Соната					
0	90 ± 1,45	97 ± 0,88	1,81 ± 0,03	106 ± 5	64 ± 3
6	92 ± 1,2	98 ± 0,33	2,25 ± 0,02	91 ± 6	35 ± 1
12	90 ± 0,67	95 ± 0,88	0,72 ± 0,02	27 ± 2	60 ± 2
18	93 ± 0,33	96 ± 0,58	1,30 ± 0,03	25 ± 0,7	44 ± 3
24	87 ± 0,33	93 ± 0,88	0,59 ± 0,02	8 ± 0,1	54 ± 2
30	85 ± 0,33	90 ± 0,88	0,87 ± 0,03	5 ± 0,2	32 ± 1
36	78 ± 0,88	81 ± 0,88	0,36 ± 0,04	2 ± 0,05	30 ± 1
42	67 ± 0,88	80 ± 0,33	0,80 ± 0,32	2 ± 0,05	20 ± 1
48	30 ± 0,58	44 ± 0,58	0,18 ± 0,04	1 ± 0,02	28 ± 1
Сорт Даурия					
0	92 ± 0,58	96 ± 0,88	2,14 ± 0,03	115 ± 4	34 ± 2
6	94 ± 0,67	97 ± 0,88	2,37 ± 0,01	91 ± 4	33 ± 1
12	93 ± 0,88	98 ± 0,33	0,84 ± 0,03	41 ± 1	52 ± 3
18	93 ± 0,58	96 ± 0,5	1,70 ± 0,08	25 ± 1	59 ± 1
24	90 ± 0,58	97 ± 0,58	0,73 ± 0,04	16 ± 0,4	36 ± 2
30	78 ± 0,67	88 ± 0,33	1,55 ± 0,02	10 ± 0,2	33 ± 1
36	74 ± 1,2	86 ± 0,58	0,70 ± 0,02	4 ± 0,2	24 ± 2
42	67 ± 1,2	86 ± 0,88	0,91 ± 0,03	2 ± 0,1	31 ± 1
48	55 ± 0,58	60 ± 0,58	0,27 ± 0,02	1 ± 0,03	26 ± 1
Сорт Гармония					
0	89 ± 0,33	93 ± 0,58	2,00 ± 0,02	84 ± 3	56 ± 3
6	90 ± 0,58	93 ± 0,33	2,06 ± 0,02	65 ± 2	38 ± 1
12	71 ± 0,33	83 ± 1,2	0,70 ± 0,02	16 ± 1	55 ± 2
18	83 ± 1,76	87 ± 0,33	1,60 ± 0,05	11 ± 0,3	59 ± 2
24	76 ± 1,85	80 ± 0,33	0,60 ± 0,02	5 ± 0,2	55 ± 3
30	71 ± 1,53	78 ± 0,33	1,19 ± 0,02	5 ± 0,2	34 ± 2
36	61 ± 1,53	78 ± 0,33	0,16 ± 0,08	3 ± 0,2	24 ± 2
42	52 ± 1,2	67 ± 0,33	0,58 ± 0,05	1 ± 0,04	21 ± 1
48	18 ± 0,58	31 ± 0,58	0,10 ± 0,03	0,4 ± 0,06	24 ± 1

1	2	3	4	5	6
Форма КА-1344					
0	95 ± 0,33	98 ± 0,67	2,10 ± 0,01	268 ± 17	113 ± 10
6	96 ± 0,33	98 ± 1,33	2,38 ± 0,01	281 ± 7	71 ± 3
12	94 ± 0,88	97 ± 0,88	0,80 ± 0,32	248 ± 5	111 ± 10
18	97 ± 0,58	98 ± 0,58	2,20 ± 0,02	122 ± 5	101 ± 9
24	98 ± 0,58	96 ± 0,67	1,10 ± 0,01	114 ± 4	84 ± 4
30	90 ± 1,15	94 ± 0,67	2,20 ± 0,02	112 ± 4	76 ± 2
36	88 ± 0,88	94 ± 0,88	0,77 ± 0,03	107 ± 3	46 ± 2
42	86 ± 0,88	90 ± 0,33	1,30 ± 0,03	105 ± 4	65 ± 1
48	84 ± 0,58	90 ± 0,58	0,73 ± 0,04	103 ± 2	65 ± 2

В результате проведенных исследований была установлена положительная средней силы корреляционная связь активности пероксидазы с энергией прорастания ($r=0,48\pm0,17$ – типовой склад; $r=0,49\pm0,16$ – лаборатория) и лабораторной всхожестью ($r=0,56\pm0,15$ – типовой склад; $r=0,45\pm0,17$ – лаборатория).

Каталаза, так же, как и пероксидаза, широко распространена в растительных тканях. Старение семян сопровождается медленным снижением активности каталазы в течение 42 мес., и более быстрое, крутое падение активности наблюдалось к концу четвертого года хранения.

За четыре года хранения удельная активность каталазы в семенах исследованных сортов культурной сои уменьшилась в среднем в 4,6 (склад) и 1,8 раза (лаборатория). Устойчивым к действию времени оказался сорт Даурия, каталазная активность его семян снизилась в 2 раза в условиях склада и в 1,3 раза в условиях лаборатории при потере всхожести на 21 и 36 % соответственно. У сорта Гармония, который в процессе хранения первым потерял свои посевные качества, активность фермента снизилась в 7 (склад) и в 2,1 раза (лаборатория).

Различия в изменении активности каталазы в семенах *G. max* и *G. soja* незначительные, у формы КА-1344 активность фермента уменьшилась в 3,9 раза при хранении в условиях склада и в 1,7 раза в лаборатории.

Коэффициенты корреляции между активностью каталазы в семенах сои и их посевными качествами составили: в условиях типового склада – $r = 0,53\pm0,16$ (энергия прорастания); $r = 0,49\pm0,17$ (лабораторная всхожесть); в условиях лаборатории – $r = 0,43\pm0,17$ (энергия прорастания); $r = 0,54\pm0,16$ (лабораторная всхожесть).

Снижение активности пероксидазы и каталазы в семенах при длительном хранении свидетельствует о прекращении каталитической деструкции перекисей в клетке, что способствует накоплению активных форм кислорода, а это в свою очередь приводит к серьезным функциональным нарушениям и потери жизнеспособности.

Изучению дыхательного газообмена семенной массы посвящено большое число работ [4, 6, 10]. Наши наблюдения показали, что в процессе хранения интенсивность дыхания снижается независимо от условий хранения, но происходит это циклически. Так, у всех исследованных сортов *G. max* и формы *G. soja* в апреле-мае каждого года прослеживалось повышение интенсивности дыхания, а к ноябрю-декабрю значительное снижение (табл. 1–2). Происходящие колебания связаны с сезонными ритмами, по-видимому, весной и летом все биохимические процессы протекают в семенах более интенсивно, т.е. они готовы к следующему активному периоду.

К концу четвертого года хранения интенсивность дыхания при хранении в условиях типового склада и лаборатории в среднем у сортов культурной сои снизилась на 89 %, у дикорастущей формы КА-1344 – на 81 (склад) и 65 % (лаборатория).

Как отмечают В.А. Рубин и М.Е. Ладыгина [10], окислительной функции пероксидазы отводится важная роль в процессах биологического окисления у растений. По данным корреляционного анализа выявлена положительная средней силы связь между активностью пероксидазы в семенах сои и интенсивностью их дыхания при хранении в лаборатории ($r = 0,44\pm0,14$) и складе ($r = 0,41\pm0,15$).

Роль каталазы в клетках с аэробным типом обмена веществ заключается в защите биомембран от повреждения перекисью водорода. Существует предположение, что каталаза принимает участие в процессах сопряженного окислительного фосфорилирования, осуществляемого митохондриями [10]. Проанализированная корреляционная зависимость между активностью каталазы и интенсивностью дыхания семян оценивается как положительная средней силы: $r = 0,37 \pm 0,19$ (склад) и $r = 0,35 \pm 0,18$ (лаборатория).

Заключение. При хранении семян сои в условиях типового склада и лаборатории наблюдается снижение активности пероксидазы и каталазы в большей степени у сорта Гармония, в меньшей – у дикорастущей сои. Выявлено, что интенсивность дыхания семян сои в процессе хранения снижается циклически.

Установленные положительные корреляционные зависимости средней силы между посевными качествами семян сои (энергия прорастания, лабораторная всхожесть), их интенсивностью дыхания, активностью пероксидазы и каталазы позволяют использовать активность изучаемых ферментов в диагностических целях для выявления нарушений физиолого-биохимических процессов и подбора условий для хранения семян.

Литература

1. Бартон Л. Хранение семян и их долговечность: пер. с англ. – М.: Колос, 1964. – 240 с.
2. Выскварка Г.С., Селихова О.А., Тихончук В.П. Изменение посевных качеств семян *Glycine max* и *Glycine soja* при длительном хранении в разных условиях // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 7. – С. 61–63.
3. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – М.: Стандартинформ, 2011. – 64 с.
4. Джеймс В. Дыхание растений / под ред. А.А. Ничипоровича. – М.: Изд-во иностр. лит., 1956. – 440 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
6. Биохимические свойства семян сортового и гибридного подсолнечника при различных условиях хранения / В.Г. Лобанов, Т.П. Францева, Н.В. Ильчишина [и др.] // Изв. вузов. – 2008. – № 2/3. – С. 28–31.
7. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош [и др.]. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.
8. Мэгайр Дж.Д. Качество семян и их прорастание // Физиология и биохимия покоя и прорастания семян: пер. с англ. – М.: Колос, 1982. – 495 с.
9. Практикум по физиологии растений / под ред. Н.Н. Третьякова. – М.: Агропромиздат, 1990. – 272 с.
10. Рубин Б.А., Ладыгина М.Е. Физиология и биохимия дыхания растений: учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1977. – 512 с.
11. Савчук Т.Е. Физиолого-биохимические изменения в зерновках пивоваренного ячменя при хранении: дис. ... канд. техн. наук. – Краснодар, 2003. – 111 с.
12. Protein measurement with the Folin phenol reagent / O.H. Lowry [et al.] // J. Biol. Chem. – 1951. – Vol. 193. – № 1. – P. 265–275.

