

ходить индивидуально к выбору пары для скрещивания. Среди изученных гибридов F<sub>1</sub>, полученных с использованием этой короткостебельной формы, следует отметить высокопродуктивные комбинации – Л 646/08 х Девиз и Л 646/08 х Омский 9, которые характеризовались высокой массой азотфиксирующих клубеньков с растения.

**Библиографический список**

1. Сидорова К.К. и др. Селекция кормового гороха (*Pisum sativum* L.) на повышение азотфиксации с использованием симбиотических мутантов // Сельскохозяйственная биология. – 2012. – № 1. – С. 105-109.  
 2. Бузмаков В.В. Производство биологически чистой продукции растениеводства // Аграрная наука. – 1999. – № 12. – С. 6-10.  
 3. Юркин С.Н. и др. Источники азота для растений: обзор // Сельское хозяйство за рубежом. – 1976. – № 3. – С. 2-6.  
 4. Шиян П.И., Черепанова В.П., Якименко В.Н. Изучение размеров симбиотической фиксации азота клевером и горохом // Агрехимия. – 1980. – № 3. – С. 12-17.  
 5. Сидорова К.К., Шумный В.К. Генетика симбиотической азотфиксации и основы селекции самоопыляющихся бобовых культур

// Генетика. – 1999. – Т. 35. – № 11. – С. 1550-1557.

6. Обухова А.В., Омельянюк Л.В., Поплухина Н.А. Комбинационная способность гороха посевного в системе диаллельных скрещиваний по элементам семенной продуктивности // Вестник Алтайского аграрного университета. – 2012. – № 12. – С. 14-17.

7. Озякова Е.Н. Урожайность и особенности формирования симбиотического аппарата у сортообразцов зернобобовых культур в южной лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05. – Тюмень, 2009. – 19 с.

8. Озякова Е.Н. и др. Сравнительное изучение сортов гороха посевного на способность к азотфиксации в условиях Сибирского Прииртышья // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2008. – № 2. – С. 59-64.

9. Посыпанов Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха: справочное пособие. – М.: Агропромиздат, 1991. – 300 с.

10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.



УДК 615.322:577.16:577.152.1

**Ю.В. Рогожин,  
В.В. Рогожин**

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРЕДПОСЕВНОГО УФ-ОБЛУЧЕНИЯ ЗЕРЕН ПШЕНИЦЫ**

**Ключевые слова:** зерна пшеницы, ультрафиолетовое облучение, антиоксиданты, малоновый диальдегид, перекисное окисление липидов, прорастание зерен пшеницы.

**Введение**

В живых организмах существует физиологически нормальный уровень свободнорадикальных процессов и перекисного окисления липидов, необходимый для регулирования липидного состава и проницаемо-

сти мембран и ряда биосинтетических процессов [1]. Контроль за уровнем ПОЛ в семенах осуществляют антиоксиданты (АО), являющиеся ингибиторами процессов свободнорадикального окисления [2].

Набухание и прорастание семян всегда сопровождаются активированием оксидазных процессов, возрастанием дыхательной активности митохондрий. УФ-облучение семян может инициировать возрастание перекисного окисления липидов (ПОЛ), регули-

руемое в живых организмах компонентами антиоксидантной системы. Показателем уровня ПОЛ в биогенных системах служит образование малонового диальдегида (МДА) [3].

При этом известно, что прорастание семян сопровождается высоким потреблением кислорода, активные формы которого участвуют в процессах пролиферации клеток, регенерации тканей, развитии иммунитета растений.

**Целью исследований** было изучить влияние УФ-облучения зерен пшеницы на их рост и развитие и разработать технологию, повышающую всхожесть зерен пшеницы в предпосевной период.

### Экспериментальная часть

Исследования проводили на зерновках пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Приленская 19, которые замачивали в дистиллированной воде в течение 24 ч, а затем проращивали на фильтровальной бумаге в чашках Петри при 23°C на свету в течение 7 сут., смачивая их дистиллированной водой (10 мл на чашку Петри). Количество семян в одной чашке – 100 шт., повторность опыта 4-кратная.

Ультрафиолетовое облучение зерен пшеницы проводили полным светом ртутно-кварцевой лампы БНПО2-30-001У3,5 (Россия), с интенсивностью энергетического облучения 30 Вт/м<sup>2</sup>, расположенной на расстоянии 25 см от облучаемого объекта.

Для анализа продуктов тиобарбитуровой кислоты (ТБК) и антиоксидантов 1 г сырой массы проростков гомогенизировали в фарфоровой ступке с 3 мл 50%-ного этанола, гомогенат центрифугировали 10 мин. при 7000 г. Супернатант для исследования активности пероксидазы получали аналогично, используя 0,1 М Na-фосфатный буфер, pH 7,0.

Содержание малонового диальдегида (МДА) исследовали по реакции с тиобарбитуровой кислотой при 532 нм ( $\epsilon = 155 \text{ мМ}^{-1}\text{см}^{-1}$  [1]) с нашими модификациями [3]. К 0,5 мл супернатанта последовательно добавляли 0,5 мл 1%-ного раствора тритона X-100, 0,2 мл 0,6 М HCl и 0,8 мл 0,06 М ТБК. Смесь нагревали на кипящей водяной бане 10 мин. Охлаждение проводили при температуре 15°C 30 мин. Для стабилизации окраски добавляли 0,2 мл 5 мМ трилона Б и 5-10 мл 96%-ного этанола. Контролем служила пробирка, в которую добавляли те же растворы, кроме ТБК. Содержание МДА в проростках выражали в нмоль/г сухой массы.

Анализ антиоксидантов проводили по методике [4]. К 0,2 мл супернатанта последовательно добавляли 0,2 мл 0,5%-ного

о-фенантролина в 96%-ном этаноле и 0,2 мл 0,2%-ного FeCl<sub>3</sub> в 96%-ном этаноле. Затем объем доводили до 3 мл 96%-ным этанола и выдерживали 10 мин. в темноте. Определение антиоксидантов проводили по калибровочному графику, построенному для дигидрохверцетина. Количество антиоксидантов, содержащихся в проростках, рассчитывали в мкг/г сырой массы [5].

Спектрофотометрические исследования осуществляли на двухлучевом спектрофотометре DMS 100 S (Varian, США). В работе использовали этанол, очищенный перегонкой, о-дианизидин марки «ч.», очищенный возгонкой в вакууме, перекись водорода (30%-ный водный раствор) и дигидрохверцетин марки «о.ч.». Статистическую обработку данных проводили по Лакину [6].

### Результаты и их обсуждение

Ультрафиолетовое излучение активирует перекисное окисление липидов в клетках живых организмов. Облучение зерен пшеницы УФ светом повышает в них уровень ПОЛ и содержание антиоксидантов. Особенно это проявляется в течение первых 30 мин. (табл. 1). Возрастание уровня ПОЛ отмечено в зародыше семян в 5,49 раза, эндосперме – в 4,88, щитке – в 2,53 раза. При этом содержание антиоксидантов повышалась в эндосперме в 1,49 раза, а в зародыше и щитке – на 3,4-7,5% (табл. 1).

Продолжительное действие УФ-излучения, по-видимому, за счет активизации компенсаторных механизмов, проявляющихся в повышении содержания антиоксидантов, способствует понижению уровня ПОЛ. Таким образом, во время замачивания, после предварительного УФ-облучения семян пшеницы, наибольшая реактивность антиоксидантной системы проявляется после 24 ч в эндосперме, что связано с ускорением в эндосперме гидролитических процессов, способствующих высвобождению резервированных функционально активных веществ, среди которых могут быть и соединения, обладающие антиоксидантными свойствами. В этот период в зародыше и щитке не наблюдается дополнительного повышения активности антиоксидантной системы, что, по-видимому, вызвано использованием компонентов АО в энергетических процессах, для роста и развития зародыша семян пшеницы. Окисление антиоксидантов осуществляется пероксидазой, активность которой резко возрастает при прорастании семян пшеницы [7].

Малые дозы УФ-излучения (0,5-30 мин.) стимулируют процессы антиоксидантной защиты, увеличивая содержание антиоксидантов, что проявляется на протяжении семи суток проращивания проростков пшеницы (табл. 2).

Таблица 1

Содержание антиоксидантов (мкг/г сырой массы) и малонового диальдегида (нмоль/г сырой массы) в зернах пшеницы сорта Приленская 19 в зависимости от времени УФ-облучения семян

Время УФ-облучения зерен, мин.	Зародыш		Щиток		Эндосперм	
	АО	МДА	АО	МДА	АО	МДА
Контроль	176 (100)	14,8 (100)	99 (100)	16,6 (100)	45 (100)	5,9 (100)
0,5	189 (107,5)	40,5 (243,6)	89 (90,4)	30,0 (186,7)	62 (138,7)	17,7 (288,1)
1,0	182 (103,5)	22,0 (148,6)	102 (103,4)	24,0 (144,6)	67 (149,3)	15,5 (262,7)
5,0	163 (92,7)	31,9 (215,5)	103 (104,1)	39,5 (238,0)	62 (138,7)	28,1 (476,3)
30,0	188 (106,8)	81,3 (549,3)	86 (87,2)	42,1 (253,6)	62 (138,7)	28,8 (488,1)
60,0	171 (97,7)	73,9 (499,3)	88 (88,7)	34,6 (208,4)	57 (128,0)	11,1 (188,1)
240,0	174 (99,0)	50,3 (339,8)	103 (104,3)	30,5 (183,7)	62 (138,7)	9,6 (162,7)

Условия: сухо-воздушные зерна пшеницы облучали ультрафиолетом, а затем замачивали в дистиллированной воде. Исследования проводились после 24 ч замачивания зерен.

Таблица 2

Содержание антиоксидантов (мкг/г сырой массы) и малонового диальдегида (нмоль/г сырой массы) в надземной части и корнях проростков пшеницы сорта Приленская 19 в зависимости от времени УФ-облучения зерен пшеницы

Время УФ-облучения зерен, мин.	Надземная часть		Корни	
	АО	МДА	АО	МДА
Контроль	239,8 (100)	44,0 (100)	118,0 (100)	9,7 (100)
0,5	248,6 (103,7)	40,1 (91,1)	123,8 (104,9)	7,5 (77,3)
10	265,2 (110,6)	44,3 (100,6)	134,5 (113,9)	6,8 (70,1)
30	284,5 (118,6)	48,4 (110,0)	146,8 (124,4)	5,6 (57,7)
60	261,2 (108,9)	50,0 (113,6)	118,0 (100)	7,5 (77,3)
120	226,6 (94,5)	39,5 (89,8)	104,0 (88,1)	7,2 (74,2)
180	205,1 (85,5)	42,9 (97,5)	87,5 (74,2)	5,5 (56,7)
240	211,7 (88,3)	40,1 (91,1)	99,0 (83,9)	7,5 (77,3)
300	163,3 (68,1)	41,2 (93,6)	70,5 (59,7)	5,2 (53,6)
360	221,6 (92,4)	24,2 (55,0)	70,5 (59,7)	8,7 (89,7)
420	183,1 (76,4)	72,6 (165,0)	110,7 (93,8)	8,0 (82,5)
480	166,1 (69,3)	47,3 (107,5)	113,5 (96,2)	6,0 (61,9)
540	177,1 (73,9)	51,7 (117,5)	85,0 (72,0)	7,7 (79,4)
600	181,5 (75,7)	58,8 (133,6)	117,2 (99,3)	8,0 (82,5)

Условия: сухо-воздушные зерна пшеницы облучали ультрафиолетом, а затем проращивали в чашках Петри на дистиллированной воде. Исследования проводились на 7-е сут. проращивания зерен пшеницы.

Из данных таблицы 2 следует, что изменение концентрации малонового диальдегида в зеленых проростках пшеницы всегда

находится в обратной зависимости от содержания в них антиоксидантов ( $r = -35$ ), тогда как в корнях отмечается синхронность

в их изменении ( $r = 33$ ). Причем уровень ПОЛ, определяемый в различных частях растения (надземной части и корнях зеленых проростков), различна. Наиболее высокий уровень ПОЛ и антиоксидантов наблюдается в надземной части 24,2-72,6 нмоль/г сырой массы и 166,1-261 мкг/г сырой массы соответственно и меньше всего – в корнях зеленых проростков 5,2-9,7 нмоль/г сырой массы и 70,5-123,8 мкг/г сырой массы соответственно.

Известно, что ультрафиолетовое излучение является инициатором активации процессов ПОЛ в растительных и животных тканях [1-3]. Эффект действия УФ-излучения связан с нарушением целостности мембран клеток вследствие повреждения липидов и в частности ненасыщенных жирных кислот. Любой живой организм реагирует на УФ-излучение, причем степень выраженности ответной реакции определяется заложенными в нем адаптационными возможностями.

Реакция организма на воздействие может подразделяться в зависимости от силы и длительности действия раздражителя на два этапа – срочной и долговременной адаптации [8]. Срочный этап адаптации возникает непосредственно после начала действия раздражителя, реализуется на базе готовых, ранее сформировавшихся механизмов. Долговременный этап адаптации инициируется продолжительным воздействием стрессорирующего фактора и на основе многократной реализации срочной адаптации.

При действии УФ-излучения важное значение для организма имеет мобилизация компенсаторных механизмов, среди которых важное значение имеют регуляторные механизмы антиоксидантной защиты, целенаправленное действие которых позволяет выживать организмам даже в самых экс-

тремальных условиях. Одним из компонентов таких механизмов является перекисное окисление липидов, реализуемое в организме за счет активации свободнорадикальных процессов, интенсивность которых определяется по количеству образовавшегося малонового диальдегида, хотя малоновый диальдегид не единственный ТБК-активный продукт. Развитию спонтанного перекисного окисления липидов в тканях препятствуют содержащиеся в них антиоксиданты.

Однако длительное воздействие стрессорирующего фактора может переводить организм из состояния компенсаторно приспособленного в стадию неустойчивого состояния, с наблюдаемыми резкими перепадами в показателях как перекисного окисления, так и системы антиокислительной защиты, что грозит нарушением регуляторных механизмов и резкому снижению резистентности растительного организма, а при чрезмерно высокой дозе и длительности УФ-излучения – к его гибели.

За счет высокоактивной системы антиоксидантной защиты подавляются свободнорадикальные процессы, понижается уровень ПОЛ. Однако этот период продолжается только при УФ-облучении зерен пшеницы в течение первых 30 мин. (табл. 3).

При этом малые дозы УФ-облучения способны инициировать синтез соединений, обладающих антиоксидантными свойствами среди которых, по-видимому, могут содержаться вещества, способные активировать процессы деления клеток, стимулируя в зернах процессы деления и роста клеток зародыша, что проявляется в повышении всхожести и вегетативной массы зеленых проростков на 5,3-15,8 и 11,3-25,6% соответственно. При этом отмечается возрастание средней массы и длины одного проростка на 2,3-19,0 и 3,8-10,0% соответственно (табл. 3).

Таблица 3

Проявление действия УФ-облучения на физиологические показатели прорастания зерен пшеницы сорта Приленская 19

Время УФ-облучения, мин.	Всхожесть, %	Вегетативная масса проростков, г	Средняя масса 1 проростка, мг	Средняя длина 1 проростка, см
Контроль	76±6 (100)	3,79 (100)	44,2 (100)	8,0 (100)
0,5	80±5 (105,3)	4,22 (111,3)	44,3 (100,2)	8,3 (103,8)
1,0	84±6 (110,5)	4,28 (112,9)	45,2 (102,3)	8,5 (106,3)
5,0	88±7 (115,8)	4,76 (125,6)	52,6 (119,0)	8,8 (110,0)
30,0	85±6 (111,8)	4,36 (115,0)	47,8 (108,1)	8,0 (100)
60,0	73±5 (96,1)	3,62 (95,5)	42,4 (95,9)	7,8 (97,5)

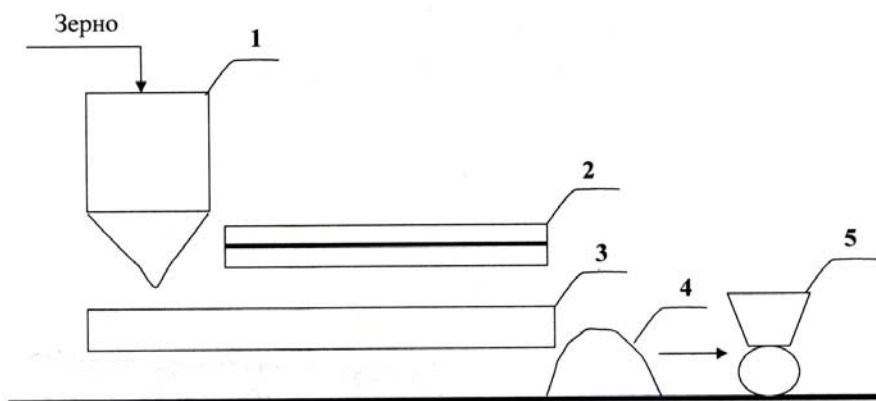


Рис. Технологическая схема предпосевого УФ-облучения зерен пшеницы:  
1 – зерноприемник; 2 – ультрафиолетовая лампа; 3 – ленточный транспортер;  
4 – активированное зерно; 5 – сеялка

На основании проведенных исследований нами разработана технология УФ-облучения зерен пшеницы и за счет этого повышения их всхожести и активизации роста в предпосевной период, которая обладала следующими преимуществами:

- понижает активность патогенной микрофлоры;
- позволяет активизировать процессы перекисного окисления липидов и активность оксидаз в зернах;
- активизирует механизмы устойчивости к факторам внешней среды;
- повышает всхожесть зерен;
- ускоряет рост и развитие проростков пшеницы;
- повышает урожайность зерновых культур;
- низкая себестоимость технологии.

Технологическая схема использования УФ-облучения зерен пшеницы в предпосевной период включает загрузку зерен пшеницы в емкость 1, из которой зерно подается на ленточный транспортер 2 (рис.). Во время перемещения ленты транспортера зерно подвергается УФ-облучению ртутно-кварцевой лампой БНП02-30-001У3,5 (Россия) с интенсивностью энергетического облучения  $30 \text{ Вт/м}^2$ , расположенной на расстоянии 25 см от облучаемого объекта.

При этом должна поддерживаться постоянная производительность ленточного конвейера и равномерность светового потока.

Основными требованиями к работе ленточного транспортера и действию ртутно-кварцевой лампы:

- скорость движения ленты транспортера должна быть равномерной;
- расстояние УФ-лампы от зерен должно варьироваться в пределах 10%;
- необходимо добиваться равномерного распределение светового потока;
- время УФ-облучения зерен должно быть в пределах 1-5 мин.

### Заключение

Малые дозы УФ-излучения, провоцируя свободнорадикальные процессы, могут изменять скорость синтетических процессов в зерне, ускорять биосинтез ферментов в начальный период набухания. Особенно это заметно для мембранных структур, к которым относится щиток. Понижение активности дегидрогеназ и оксидаз в щитке приводит к утрате его функциональной активности, что, возможно, сказывается на его избирательной регуляторной функции и в целом на всхожести зерен пшеницы.

Однако при продолжительном УФ-облучении в семенах вырабатываются компенсаторные механизмы, противодействующие образованию свободных радикалов в прорастающих семенах пшеницы, использующих кроме антиоксидантов еще, возможно, и другие механизмы подавления ПОЛ, поскольку после 30 мин. УФ-облучения в прорастающих семенах содержание малонового диальдегида может понижаться даже несмотря на то, что антиокислительная активность в них может быть даже ниже контрольного уровня. На основании полученных данных можно высказать предположение, что контроль за уровнем ПОЛ во время набухания и прорастания семян пшеницы осуществляется с помощью низкомолекулярных антиоксидантов, содержание которых связано с уровнем ПОЛ в зернах. После УФ-облучения в семенах возрастает уровень ПОЛ. Понижение свободнорадикальных процессов в семенах возможно за счет синтеза большого количества антиоксидантов, концентрация которых при этом возрастает в несколько раз, особенно в зародыше семян пшеницы, т.е. отмечается активация антиоксидантной системы в ответ на УФ-облучение, проявляемое суперпродукцией антиоксидантов.

Выявленные закономерности, по-видимому, являются проявлением адапцион-

ных компенсаторных механизмов, использование которых позволяет регулировать состояние покоя семян. Уменьшение содержания антиоксидантов обеспечивает быстрый выход семян из состояния покоя, тогда как накопление антиоксидантов способствует углублению гипобиотического состояния семян пшеницы. На основании выявленных закономерностей нами предложена технология УФ-облучения зерен пшеницы в предпосевной период, которая позволит повысить всхожесть и ускорить рост проростков пшеницы в ювенильный период их развития.

#### Библиографический список

1. Владимиров Ю.А., Арчаков А.И. Перекисное окисление липидов в биологических мембранах. – М.: Наука, 1972. – 252 с.
2. Зенков Н.К., Меньщикова Е.Б. Активированные кислородные метаболиты в биологических системах // Успехи современной биологии. – 1993. – Т. 113. – № 3. – С. 286-296.

3. Рогожин В.В., Курилюк Т.Т. Влияние ультрафиолетового облучения семян на процессы перекисного окисления липидов в проростках пшеницы // Биохимия. – 1996. – Т. 61. – № 8. – С. 1432-1439.

4. Методы биохимического исследования растений / под ред. А.И. Ермакова. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.

5. Рогожин В.В. Практикум по биологической химии. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 256 с.

6. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.

7. Рогожина Т.В., Рогожин В.В. Физиолого-биохимические механизмы прорастания зерновок пшеницы // Вестник АГАУ. – 2011. – № 8. – С. 17-21.

8. Рогожин В.В., Романова А.Ю. Влияние высоких положительных температур на резистентность семян пшеницы и караганы древовидной (*Caragana arborescens* Lam.) // Известия ТСХА. – 1997. – № 1. – С. 36-41.



УДК 633.11 «321»: 631.559: 632.51: 631.581 (571.15)

**М.Л. Цветков,  
А.В. Бердышев**

## ЗАСОРЁННОСТЬ ПОСЕВОВ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ, РАЗМЕЩЁННОЙ ПО ЧИСТОМУ ПАРУ В УСЛОВИЯХ ПРИОБЬЯ АЛТАЯ

**Ключевые слова:** зернопаровой севооборот, основная обработка почвы, технология парования почвы, навоз, гербициды, засорённость посевов, урожайность яровой пшеницы по чистому пару.

#### Введение

Значительное увеличение засорённости посевов, особенно злаковыми (мятликовыми) сорняками, является весьма сложной проблемой со времени широкого внедрения безотвальных почвозащитных (особенно плоскорезных) обработок [1-5].

Исключение перемешивания почвы при данных обработках концентрирует семена сорных растений в поверхностном слое почвы, что резко увеличивает засорённость посевов и одновременно снижает агротехнический эффект контроля (севооборот, паровое поле, предпосевная обработка и т.д.). Это вынуждает земледельца, с одной стороны, совершенствовать используемые агротехнические приёмы, а с другой, – разрабатывать новые, в том числе с использованием современных более эффективных гербицидов. По мере интенсификации тех-