

# ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ

---

УДК 591.13:636.92+577.11

DOI 10.21685/2307-9150-2018-3-1

С. С. Тарасов, А. П. Веселов

## ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН ГОРОХА (*PISUM SATIVUM* L.)

### Аннотация.

*Актуальность и цели.* Разработка новых экологически чистых методов обработки семян является важной стратегической задачей современной агротехники. Ультразвук – один из наиболее перспективных факторов, который может быть использован для обработки семян. Цель работы – изучение влияния действия ультразвуком на морфометрические и физиологические показатели прорастания семян гороха посевного (*Pisum sativum* L.).

*Материалы и методы.* В качестве объекта исследования использовали семена гороха сорта «Альбумен» 2017 г. сбора. Семена помещали в водную среду ультразвуковой мойки «УНИТРА–УНИМА» УМ–4. Обработку проводили в течение 5, 10 и 20 мин. Контролем в эксперименте служили семена, замоченные, но не обработанные ультразвуком. По окончании эксперимента в семенах определяли активность каталазы газометрическим методом, пероксидазы – колориметрическим методом (по Бояркину), интенсивность дыхания по уровню поглощенного  $\text{CO}_2\text{Ba}(\text{OH})_2$  в закрытом сосуде (по Бойсен – Иенсену), скорость прорастания, а также длину корней и побегов, их массу в соответствии с ГОСТ 12038–84.

*Результаты.* Эксперименты показали зависимость активности ферментов, интенсивности дыхания, скорости прорастания, длины корней и побега от времени действия ультразвуком на семена. Так, при обработке семян ультразвуком в период раннего прорастания, в момент набухания (замоченные перед обработкой), интенсивность дыхания статистически значимо усиливалась относительно контроля, а в период формирования проростка, в момент проклевывания корня, т.е. замоченные в течение 24 ч, а после обработанные ультразвуком, наблюдается уменьшение интенсивности дыхания. Активность пероксидазы в семенах, обработанных в момент набухания, усиливается, а в момент проклевывания корня снижается, активность каталазы увеличивается при 10- и 20-минутном воздействии и снижается – при 5-минутном. У семян, обработанных в момент набухания, усиливается при 20-минутном, ингибируется при 5 и 10 мин, в момент проклевывания корня снижается в зависимости от времени обработки. Исследования морфометрии проростков показали увеличение скорости прорастания, увеличение длины корней и побегов у семян, об-

---

© 2018 Тарасов С. С., Веселов А. П. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

работанных ультразвуком в течение 10 мин в момент набухания и 5 мин в момент проклевывания корня.

**Выводы.** Установлено стимулирующее действие ультразвуковой обработки в течение 10 мин у семян в момент набухания и в течение 5 мин в момент проклевывания корня. Долговременное действие усиливает процессы катаболизма в момент набухания и их ингибирование в момент проклевывания корня.

**Ключевые слова:** семена гороха, прорастание семян, ультразвук, интенсивность дыхания, каталаза, пероксидаза.

*S. S. Tarasov, A. P. Veselov*

## **ULTRASOUND EFFECTS ON THE MORPHOPHYSIOLOGICAL INDICATORS OF PEA SEEDS (*PISUM SATIVUM* L.) GERMINATION**

### **Abstract.**

**Background.** The development of new environmentally friendly methods of seed treatment is an important strategic area of modern agricultural technology. Ultrasound is one of the promising factors that can be used to treat seeds. The aim of the work was to study the effect of different duration of ultrasound on the morphometric and physiological parameters of seed germination of pea seed (*Pisum sativum* L.).

**Materials and methods.** As the object of the study used the seeds of peas varieties "Albumen" 2017 collection. Seeds were placed in glass flasks, poured with water and lowered into an UNITRA–UNIMA ultrasonic washer PA–4. Processing was carried out for 5, 10 and 20 minutes, the seeds were soaked but not treated with ultrasound. Upon termination in the seeds, the catalase activity was determined by the gasometric method, colorimetric peroxidase (according to Boyarsky), respiration intensity by the level of absorbed  $\text{CO}_2/\text{Ba}(\text{OH})_2$  in a closed vessel (Boysen – Jensen), germination rate, length of roots, shoots, their mass in accordance with GOST 12038–84.

**Results.** The experiment showed the relationship between the parameters studied and the action of ultrasound. So, when treating seeds with ultrasound at the swelling stage (soaked before processing), the respiration rate was statistically significantly increased relative to the control, and at the germination stage, i.e. soaked for 24 hours, and after treated with ultrasound, a decrease in the intensity of respiration is observed. The activity of peroxidases in seeds treated at the stage of swelling increases, at the stage of germination decreases, the activity of catalase increases with 10 and 20 minutes of exposure and decreases with 5 minutes of action. In seeds treated at the swelling stage, it increases at 20 minutes, is inhibited at 5 and 10 minutes, at the germination stage it decreases steadily, depending on the processing time. Studies of seedling morphometry showed an increase in the rate of germination, an increase in the length of the roots and shoots of seeds treated with ultrasound for 10 minutes at the stage of swelling and 5 minutes at the stage of germination.

**Conclusions.** The stimulating effect of ultrasonic treatment for 10 minutes on seeds at the stage of swelling and for 5 minutes at the stage of germination has been established; the tendency of the studied parameters to control values is fixed. The long-term effect shows an increase in catabolism at the stage of swelling and their inhibition at the stage of germination.

**Key words:** pea seeds, seed germination, ultrasound, respiration rate, catalase, peroxidase.

### Введение

Горох – важное сельскохозяйственное растение семейства Бобовые (Fabaceae). Он используется как овощная, зерновая, кормовая и сидеративная культура [1, 2]. Его возделывание представляется важным не только для получения продовольственной и кормовой продукции, но и при организации севооборота, так как горох является прекрасным предшественником для любой сельскохозяйственной культуры [3].

Биологические особенности гороха способствуют его повышенной устойчивости к неблагоприятным воздействиям – засухе, гипертермии, бедности почвы и др. [4]. Однако обладая достаточно крупным семенем, горох нуждается в повышенном увлажнении для быстрых и дружных всходов как предпосылки получения высокого урожая. Таким образом, изучение морфофизиологических параметров всхожести семян гороха является важной и актуальной практической задачей.

Одним из ключевых направлений развития растениеводства является разработка экологически чистых методов предпосевной обработки семян. Одним из таких способов является воздействие ультразвуком. Ультразвуковая волна обладает высокой энергией и, вероятно, способна повлиять на семя гороха, вызывая усиление как активирующих, так и ингибирующих процессов.

Важными параметрами анаболизма можно считать всхожесть семян, а также массу и длину побега и корня проростка [5], интенсивность дыхания, активность ферментов (например, пероксидазы и каталазы), которая косвенно может свидетельствовать о антиоксидантном статусе растения [6–8]. Изучение таких параметров особенно актуально при применении фактора, который в определенном диапазоне своего действия может оказывать стрессирующее воздействие на биологический объект.

### Материалы и методы

В качестве объекта исследования использовали семена гороха посевного (*Pisum sativum*), сорта «Альбумен». Семена обрабатывали ультразвуком в двух физиологических состояниях: в момент набухания, т.е. через 30 мин после замачивания и в момент проклевывания корня, через 24 ч после замачивания. Исследуемые семена помещали в водную среду ультразвуковой мойки «УНИТРА – УНИМА» УМ – 4. Обработку проводили в течение 5, 10 и 20 мин. Контролем служили замоченные в то же время, но не обработанные семена. По окончании обработки семена растирали в фарфоровой ступке. Для определения активности каталазы семена растирали в фосфатном буфере (рН 7,2), для определения активности пероксидазы в ацетатном буфере (рН 5,4). Полученные суспензии использовали для изучения активности ферментов. Каталазу определяли газометрическим методом [9], пероксидазу – колориметрическим (по Бояркину) [10]. Интенсивность дыхания определяли по количеству выделенного углекислого газа в закрытом сосуде (по Бойсен – Иенсену) [11]. В течение всего периода проращивания определяли всхожесть семян, а по завершении проращивания измеряли длину побегов и корней. Все экспериментальные процедуры проводили в трех повторностях. Полученные результаты экспериментов обрабатывали статистически, рассчитывали среднее арифметическое ( $M$ ) и стандартные отклонения ( $\sigma$ ) с использованием программы Microsoft Excel 2010 [12].

**Результаты и их обсуждение**

Анализ показателей всхожести семян гороха в контрольном эксперименте и в эксперименте под влиянием ультразвука выявил зависимость этого показателя от силы действия этого фактора. Установлено как стимулирующее, так и угнетающее влияние ультразвука на показатели всхожести семян. Так, 10-минутная обработка оказала стимулирующий эффект, а 20-минутное воздействие привело к снижению показателя всхожести (табл. 1).

Таблица 1  
Показатели всхожести семян гороха в экспериментах с ультразвуком в момент набухания (А) и в момент проклевывания корня (Б)

А	Вариант*	4-е сутки	5-е сутки	Б	Вариант	4-е сутки	5-е сутки
		Всхожесть, %	Всхожесть, %			Всхожесть, %	Всхожесть, %
А	К	85,00 ± 2,74	92,0 ± 1,65	Б	К	85,00 ± 2,74	92,0 ± 1,65
	О5	88,00 ± 2,38	95,0 ± 1,67		О5	87,00 ± 2,37	92,0 ± 1,85
	О10	93,00 ± 2,34	98,00 ± 2,81		О10	84,00 ± 2,45	92,00 ± 2,82
	О20	83,00 ± 2,12	91,0 ± 1,69		О20	69,00 ± 2,21	74,0 ± 1,91

**Примечание.** \*К – контроль, О5, О10 и О20 время воздействия ультразвуком в минутах на опытные образцы.

Исследования морфометрических параметров проросших семян показали их зависимость от силы действия ультразвука (табл. 2). Выявлено увеличение длины корня и побега у семян, обработанных ультразвуком в течение 5–10 мин на стадии набухания. В остальных экспериментальных экспозициях ультразвука отмечается угнетающий эффект его действия на прорастающие семена.

Таблица 2  
Морфометрические показатели прорастающих семян гороха после обработки их ультразвуком в момент набухания (А) и в момент проклевывания корня (Б)

Вариант	Среднее время прорастания (скрытый период роста), сут	Средняя масса одного проростка, мг	Средняя длина корня одного проростка Lк, мм	Средняя длина побега одного проростка Lп, мм
1	2	3	4	5
А				
К	3,547 ± 0,023	553,11 ± 13,62	56,71 ± 2,66	52,03 ± 1,80
О5	3,343 ± 0,018	565,45 ± 23,34	66,80 ± 2,69	55,10 ± 1,73
О10	3,170 ± 0,013	576,89 ± 17,45	67,05 ± 2,62	57,15 ± 1,63
О20	3,758 ± 0,018	509,21 ± 36,24	51,77 ± 2,53	48,55 ± 1,48

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
Б				
К	3,456 ± 0,023	553,11 ± 13,62	56,71 ± 2,66	52,03 ± 1,80
O5	3,453 ± 0,018	534,45 ± 23,34	56,80 ± 2,69	52,10 ± 1,73
O10	3,476 ± 0,013	545,89 ± 17,45	57,05 ± 2,62	53,15 ± 1,63
O20	3,223 ± 0,018	523,21 ± 36,24	52,77 ± 2,53	49,55 ± 1,48

При исследовании влияния ультразвука на активность каталазы в прорастающих семенах установлено, что активность фермента снижается у семян подверженных ультразвуковому воздействию в течение 5 и 10 мин в момент набухания. В семенах, обработанных ультразвуком, в момент прорастания активность каталазы падает относительно контроля. Чем дольше время действия, тем ниже активность фермента (рис. 1).

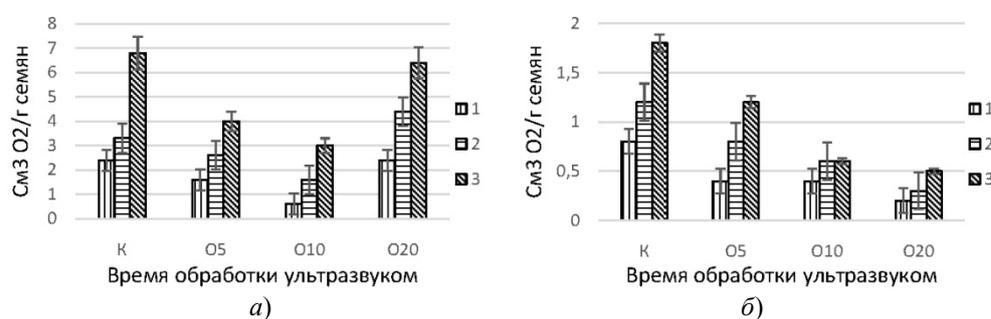


Рис. 1. Влияние ультразвуковой обработки на активность каталазы в семенах гороха на стадии набухания (а) и прорастания (б):

К – контроль; O5, O10, O20 – время обработки ультразвуком;

1, 2, 3 – время, через которое фиксировали количество выделенного  $\text{O}_2$

Ультразвуковая обработка семян гороха оказала значимый эффект на активность пероксидазы, как у семян в момент набухания, так и в момент прорастания (рис. 2). Однако действие ультразвука на активность пероксидазы не однозначно, так, у семян в момент набухания наблюдается статистически значимое ( $P \leq 0,05$ ) увеличение активности фермента при 5 и 20 мин действия ультразвуком, при 10-минутной обработке активность пероксидазы близка к контрольному значению. У семян, обработанных в момент прорастания, наблюдалось снижение активности фермента во всех вариантах обработки. При этом стоит отметить, что в опытных образцах активность пероксидазы в семенах, обработанных ультразвуком в течение 10 мин, близка к контрольным значениям, а в семенах, обработанных ультразвуком 20 мин, зафиксирована наименьшая активность фермента.

Исследования интенсивности дыхания выявили стимулирующий характер действия ультразвука на семена гороха, обработанные в момент набухания. Наибольшая интенсивность дыхания зафиксирована в образцах, обработанных в течение 5 мин (рис. 3,а). У растений, обработанных ультразвуком в момент прорастания, выявлено его угнетающее действие (рис. 3,б).

Стоит отметить снижение интенсивности дыхания в первые 10 мин действия фактором с последующим его восстановлением до значений, полученных в контрольном эксперименте.

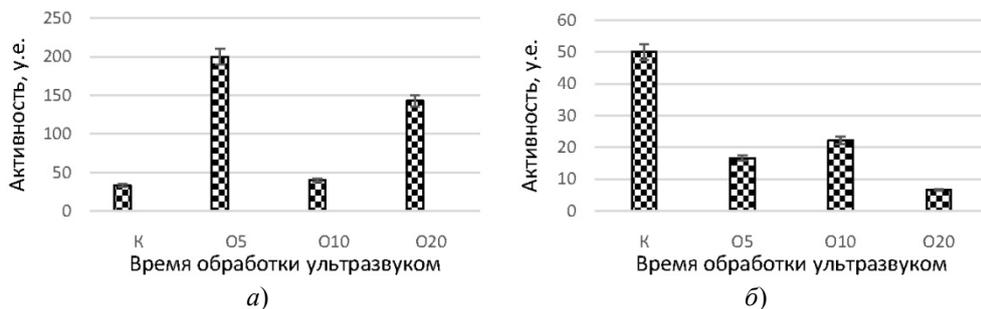


Рис. 2. Влияние ультразвуковой обработки на активность пероксидазы в семенах гороха на стадии набухания (а) и прорастания (б): К – контроль; O5, O10, O20 – время обработки ультразвуком

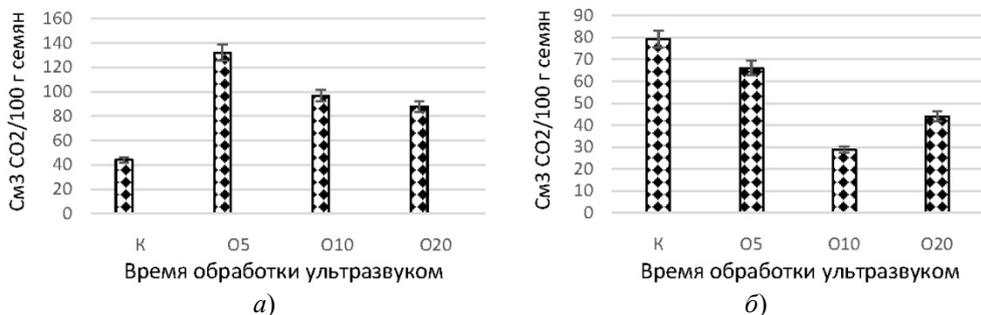


Рис. 3. Влияние ультразвуковой обработки на интенсивность дыхания семян гороха в момент набухания (а) и прорастания (б) (обозначения см. рис. 2)

Ингибирующее действие ультразвука (5, 10 мин) на активность каталазы, вероятно, связано со стресс-реакциями, ведущими к переходу семян в стадию покоя [13–15]. Однако интенсивность дыхания в этих образцах оказалась выше, чем у контрольных. По-видимому, это связано с особенностями методики исследования. Образцы для изучения активности каталазы растирали сразу после действия фактором, а интенсивность дыхания определяли при сохранении целостности семян в течение часа. Возможно, спустя час после воздействия ультразвука растения отреагировали усилением катаболизма как системой защиты от «негативного» воздействия этого фактора.

Изменение активности пероксидазы происходило одновременно с изменением интенсивности дыхания, так как пероксидаза участвует в процессе дыхания растений, окисляя и восстанавливая дыхательные субстраты [16, 17]. В семенах, обработанных ультразвуком в момент набухания, отмечается увеличение активности пероксидазы и увеличение интенсивности дыхания. Отмечается общая активация процессов освоения запасных питательных веществ семени и процесса прорастания. Таким образом, только 10-минутная обработка семян ультразвуком оказывает оптимальное влияние на соотношение пластического и энергетического обмена, что видно из табл. 1, 2 и рис. 2, 3.

Действие ультразвука на семена на стадии прорастания оказывает угнетающей эффект как на морфологические, так и на физиолого-биохимические показатели. По-видимому, это связано с нарушением целостности мембранных структур клеток семян, что приводит к деградации клеточных компарментов, изменению рН среды, а также к снижению активности ферментов прорастания и снижает показатели метаболизма.

### Заключение

1. В исследованиях выявлены активирующие физиологические функции действия ультразвука при 10-минутной экспозиции на замоченные семена гороха (момент набухания).

2. Результаты эксперимента показали ингибирующее действие ультразвука на физиологические параметры прорастания семян гороха, обработанных ультразвуком после 24-часового замачивания (момент проклевывания корня).

3. Снижение активности каталазы в семенах гороха наблюдалось после 5- и 10-минутной обработки ультразвуком в момент набухания, а также в семенах, обработанных ультразвуком в течение 5, 10 и 20 мин в момент проклевывания.

4. Активность пероксидазы снижалась в семенах гороха, обработанных ультразвуком в течение 5, 10 и 20 мин в момент проклевывания корня, возрастает в семенах, обработанных ультразвуком в течение 5 и 20 мин в момент набухания.

### Библиографический список

1. **Васин, В. Г.** Приемы возделывания гороха на разных уровнях минерального питания в Среднем Поволжье / В. Г. Васин, Н. Н. Ельчанинова, А. В. Васин, Ю. А. Александров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2008. – № 1 (17). – С. 26–29.
2. **Васин, А. В.** Кормовая продуктивность и агроэнергетическая эффективность возделывания гороха при разных приемах предпосевной обработки семян / А. В. Васин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 4. – С. 15–19.
3. **Михалев, Е. В.** Возделывание гороха / Е. В. Михалев, В. А. Кривенков, В. В. Иванов ; под ред. Е. В. Михалева. – Нижний Новгород : НГСХА, 2017. – 192 с.
4. **Eryashev, A. P.** The influence of pesticides and plant growth promoter albit on performance and cultivation efficiency of pea / A. P. Eryashev, V. E. Kamalikhin, A. A. Moiseev // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2017. – Т. 9, № 5. – С. 722–727.
5. **Кубеев, Е. И.** Повышение эффективности технологического процесса предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур за счет совершенствования методов и технических средств нанесения искусственных оболочек : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.01 / Кубеев Е. И. – СПб., 2015. – 38 с.
6. **Patterson, B. D.** An inhibitor of catalase induced by cold in chilling-sensitive plants / B. D. Patterson, L. A. Paune, Yi-Zhu Chen, P. Graham // Plant Physiology. – 1984. – Vol. 76, № 4. – P. 1014–1018.
7. **Flexas Jaume.** The Effects of Water Stress on Plant Respiration / Flexas Jaume, Jeroni Email, Galmes Miquel Ribas-Carbo Hipólito Medrano // Plant Respiration. – 2005. – P. 85–94.
8. **Cheeseman, J. M.** Hydrogen Peroxide and Plant Stress: A Challenging Relationship Plant Stress / J. M. Cheeseman. – 2007. – № 1 (1). – P. 4–15.

9. **Рубцова, М. С.** Практикум по физиологии растений / М. С. Рубцова. – Нижний Новгород : Изд-во НГСХА, 2003. – 127 с.
10. **Ермаков, А. И.** Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Л. : Колос, 1972. – 456 с.
11. **Воскресенская, О. Л.** Физиология растений : учеб. пособие / О. Л. Воскресенская, Н. П. Грошева, Е. А. Скочилова ; Мар. гос. ун-т. – Йошкар-Ола, 2008. – 148 с.
12. **Гланц, С.** Медико-биологическая статистика / С. Гланц. – М. : Практика, 1999. – 459 с.
13. **Scandalios, J. G.** Catalases in Plants: Gene Structure, Properties, Regulation, and Expression / J. G. Scandalios, L. Guan, A. N. Polidoros // *Oxidative Stress and the Molecular Biology of Antioxidant Defenses*. – New York : Cold Spring : Harbor Laboratory Press, 1996. – P. 343–406.
14. **Arabaci, G.** Partial Purification and Some Properties of Catalase from Dill (*Anethum graveolens* L.) / G. Arabaci // *Journal of Biology & Life Sciences*. – 2011. – № 2 (1). – P. 11–15.
15. **Sharma, P.** Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions / P. Sharma, A. B. Jha, R. S. Dubey, M. Pessarakli // *Journal of Botany*. – 2012. – 26 p. – DOI 10.1155/2012/217037.
16. Differential expression of peroxidase isogenes during the early stages of infection of the tropical forage legume *Stylosanthes humilis* by *Colletotrichum gloeosporioides* / S. J. Harrison, M. D. Curtis, C. L. McIntyre, D. J. Maclean, J. M. Manners // *Mol Plant-Microbe Interact.* – 1995. – № 8. – P. 398–406.
17. A Comprehensive Review on Function and Application of Plant Peroxidases / V. P. Pandey, M. Awasthi, S. Singh, S. Tiwari, U. N. Dwivedi // *Biochem. Anal. Biochem.* – 2017. – Vol. 6. – DOI 10.4172/2161-1009.1000308.

#### **References**

1. Vasin V. G., El'chaninova N. N., Vasin A. V., Aleksandrov Yu. A. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of Orenburg State Agrarian University]. 2008, no. 1 (17), pp. 26–29.
2. Vasin A. V. *Izvestiya Samarskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Proceedings of Samara State Agricultural Academy]. 2014, no. 4, pp. 15–19.
3. Mikhalev E. V., Krivenkov V. A., Ivanov V. V. *Vozdelyvanie gorokha* [Pea cultivation]. Nizhny Novgorod: NGSKhA, 2017, 192 p.
4. Eryashev A. P., Kamalikhin V. E., Moiseev A. A. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2017, vol. 9, no. 5, pp. 722–727.
5. Kubeev E. I. *Povyshenie effektivnosti tekhnologicheskogo protsessa predposevnoy obrabotki semyan sel'skokhozyaystvennykh kul'tur za schet sovershenstvovaniya metodov i tekhnicheskikh sredstv naneseniya iskusstvennykh obolochek: avtoref. dis. d-ra tekhn. nauk: 05.20.01* [Increasing the efficiency of crop seeds technological processing by improving methods and technical means of artificial casing: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the doctor of of engineering sciences]. Saint-Petersburg, 2015, 38 p.
6. Patterson B. D., Paune L. A., Yi-Zhu Chen, Graham P. *Plant Physiology*. 1984, vol. 76, no. 4, pp. 1014–1018.
7. Flexas Jaume, Email Jeroni, Galmes Miquel Ribas-Carbo Hipólito Medrano. *Plant Respiration*. 2005, pp. 85–94.
8. Cheeseman J. M. *Hydrogen Peroxide and Plant Stress: A Challenging Relationship Plant Stress*. 2007, no. 1 (1), pp. 4–15.
9. Rubtsova M. S. *Praktikum po fiziologii rasteniy* [Plant physiology laboratory work]. Nizhny Novgorod: Izd-vo NGSKhA, 2003, 127 p.

10. Ermakov A. I. *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy* [Methods of biochemical study of plants]. 2nd ed., rev. and suppl. Leningrad: Kolos, 1972, 456 p.
11. Voskresenskaya O. L., Grosheva N. P., Skochilova E. A. *Fiziologiya rasteniy: ucheb. posobie* [Plant physiology: teaching aid]. Mari State University. Yoshkar-Ola, 2008, 148 p.
12. Glants S. *Mediko-biologicheskaya statistika* [Biomedical statistics]. Moscow: Praktika, 1999, 459 p.
13. Scandalios J. G., Guan L., Polidoros A. N. *Oxidative Stress and the Molecular Biology of Antioxidant Defenses*. New York: Cold Spring: Harbor Laboratory Press, 1996, pp. 343–406.
14. Arabaci G. *Journal of Biology & Life Sciences*. 2011, no. 2 (1), pp. 11–15.
15. Sharma P., Jha A. B., Dubey R. S., Pessarakli M. *Journal of Botany*. 2012, 26 p. DOI 10.1155/2012/217037.
16. Harrison S. J., Curtis M. D., McIntyre C. L., Maclean D. J., Manners J. M. *Mol Plant-Microbe Interact*. 1995, no. 8, pp. 398–406.
17. Pandey V. P., Awasthi M., Singh S., Tiwari S., Dwivedi U. N. *Biochem. Anal. Biochem*. 2017, vol. 6. DOI 10.4172/2161-1009.1000308.

---

**Тарасов Сергей Сергеевич**

старший преподаватель, кафедра ботаники, физиологии и защиты растений, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия (Россия, г. Нижний Новгород, проспект Гагарина, 97)

E-mail: Tarasov\_ss@mail.ru

**Tarasov Sergey Sergeevich**

Senior lecturer, sub-department of botany, physiology and plant protection, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy (97 Gagarin avenue, Nizhny Novgorod, Russia)

**Веселов Александр Павлович**

доктор биологических наук, профессор, кафедра биохимии и биотехнологии, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н. И. Лобачевского (Россия, г. Нижний Новгород, проспект Гагарина, 23)

E-mail: veselov-ap@yandex.ru

**Veselov Aleksandr Pavlovich**

Doctor of biological sciences, professor, sub-department of biochemistry and biotechnology, Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (23 Gagarin avenue, Nizhny Novgorod, Russia)

---

УДК 591.13:636.92+577.11

**Тарасов, С. С.**

**Влияние ультразвука на морфофизиологические показатели прорастания семян гороха (*Pisum sativum* L.)** / С. С. Тарасов, А. П. Веселов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. – № 3 (23). – С. 3–11. – DOI 10.21685/2307-9150-2018-3-1.