

УДК 633.16:621.317

doi:10.21685/2307-9150-2021-1-3

## Действие водного дефицита на содержание жирных кислот с очень длинной цепью в листьях проростков ячменя

О. М. Соболева<sup>1</sup>, Е. П. Кондратенко<sup>2</sup>, А. С. Сухих<sup>3</sup>,  
М. Г. Курбанова<sup>4</sup>, А. Ю. Просеков<sup>5</sup>

<sup>1,3</sup>Кемеровский государственный медицинский университет  
Минздрава России, Кемерово, Россия

<sup>2</sup>Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, Кемерово, Россия

<sup>4,5</sup>Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

<sup>1,2</sup>meer@yandex.ru, <sup>3</sup>Suhih\_as@list.ru, <sup>4</sup>kurbanova-mg@mail.ru, <sup>5</sup>rector@kemsu.ru

**Аннотация.** *Актуальность и цели.* Получены данные, указывающие на потенциальную роль жирных кислот с очень длинной цепью (ЖКОДЦ) как сигнальных молекул в управлении как биотического, так и абиотического стресса, в том числе – осмотического. Цель исследований – изучить действие электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) и осмотического стресса на изменение профиля ЖКОДЦ в листьях проростков ячменя. *Материалы и методы.* Исследования проведены на месячных проростках ячменя, выращенных в почвенной культуре в смеси торфа и песка в лабораторных условиях. Схема эксперимента включала в себя шесть вариантов: 1) контроль, без СВЧ-обработки, нормальное увлажнение; 2) СВЧ-обработка мощностью 0,42 кВт, частотой 2,45 ГГц, с экспозицией 11 с, нормальное увлажнение; 3) СВЧ-обработка мощностью 0,70 кВт, частотой 2,45 ГГц, с экспозицией 11 с, нормальное увлажнение; 4–6) те же варианты эксперимента, но на растениях, выращиваемых в условиях водного дефицита. Содержание жирных кислот определяли масс-спектрометрически. *Результаты.* Действие электромагнитных полей мощности 0,42 кВт при выращивании проростков ячменя в нормальных условиях водоснабжения по отношению к выращиванию их в условиях дефицита воды проявлялось в увеличении содержания яруковой кислоты в 1,6 раза, а высокой мощности (0,70 кВт) – в 1,9 раза. Отмечается увеличение содержания арахидиновой и бегеновой жирных кислот. Показано, что совместное воздействие ЭМП СВЧ и водного дефицита меняет профиль жирных кислот с очень длинной цепью, что выражается в достоверном увеличении содержания эруковой кислоты во всех вариантах эксперимента. *Выводы.* При действии на растительный организм таких абиотических факторов, как засуха и электромагнитное поле сверхвысокой частоты средней и высокой мощности, отмечается изменение профиля жирных кислот с очень длинной цепью. Изменения профиля ЖКОДЦ в листьях под действием водного стресса и ЭМП связаны с активацией основных адаптационных систем в организме проростков ячменя.

**Ключевые слова:** жирные кислоты с очень длинной цепью, жирнокислотный состав, водный дефицит, проростки, ячмень, электромагнитное поле сверхвысокой частоты, засуха

**Для цитирования:** Соболева О. М., Кондратенко Е. П., Сухих А. С., Курбанова М. Г., Просеков А. Ю. Действие водного дефицита на содержание жирных кислот с очень длинной цепью в листьях проростков ячменя // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2021. № 1. С. 24–32. doi:10.21685/2307-9150-2021-1-3

© Соболева О. М., Кондратенко Е. П., Сухих А. С., Курбанова М. Г., Просеков А. Ю., 2021. Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 License / This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License.

## Effect of the water deficit on very long chain fatty acids in barley seedlings leaves

O.M. Soboleva<sup>1</sup>, E.P. Kondratenko<sup>2</sup>, A.S. Sukhikh<sup>3</sup>,  
M.G. Kurbanova<sup>4</sup>, A.Yu. Prosekov<sup>5</sup>

<sup>1,3</sup>Kemerovo State Medical University, Kemerovo, Russia

<sup>2</sup>Kuzbass State Agricultural Academy, Kemerovo, Russia

<sup>4,5</sup>Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

<sup>1,2</sup>meer@yandex.ru, <sup>3</sup>Suhih\_as@list.ru, <sup>4</sup>kurbanova-mg@mail.ru, <sup>5</sup>rector@kemsu.ru

**Abstract.** *Background.* The obtained data indicate the potential role of fatty acids with very long chain (VLCFA) as signaling molecules in the management of both biotic and abiotic stress, including osmotic stress. The purpose of the research is to study the effect of the electromagnetic microwave field (EMF) and osmotic stress on the change of the RFC profile in the leaves of barley seedlings. *Materials and methods.* The research was carried out on monthly barley seedlings grown in soil culture in a mixture of peat and sand under laboratory conditions. The scheme of the experiment included six options: 1) control, without microwave treatment, normal humidification; 2) microwave treatment with a power of 0,42 kW, frequency of 2,45 GHz, with an exposure of 11 seconds, normal humidification; 3) microwave treatment with a power of 0,70 kW, frequency of 2,45 GHz, with an exposure of 11 seconds, normal humidification; 4–6) the same options, but grown in conditions of water scarcity. The content of fatty acids was determined by mass spectrometry. *Results.* The effect of electromagnetic fields with a power of 0,42 kW when growing barley seedlings under normal water supply conditions in relation to growing them in conditions of water scarcity was manifested in an increase in the content of erucic acid by 1,6 times, and high power (0,70 kW) – by 1,9 times. The increase in the content of arachidic and begenic fatty acids. It is shown that the combined effect of microwave EMF and water deficiency changes the profile of fatty acids with a very long chain, which is expressed in a significant increase in erucic acid in all experimental variants. *Conclusions.* When the plant body is affected by such abiotic factors as drought and an ultra-high frequency electromagnetic field of medium and high power, a change in the profile of fatty acids with a very long chain is observed. Changes in the profile of the VLCFA in leaves under the influence of water stress and EMF are associated with the activation of the main adaptive systems in the body of barley seedlings.

**Keywords:** very long chain fatty acids, fatty acid composition, water deficit, seedlings, barley, electromagnetic microwave field, drought

**For citation:** Soboleva O.M., Kondratenko E.P., Sukhikh A.S., Kurbanova M.G., Prosekov A.Yu. Effect of the water deficit on very long chain fatty acids in barley seedlings leaves. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennyye nauki = University proceedings. Volga region. Natural sciences.* 2021;1:24–32. (In Russ.). doi:10.21685/2307-9150-2021-1-3

### Введение

Согласно проведенным исследованиям, жирные кислоты с очень длинной цепью (ЖКОДЦ) – это структурно разнообразные молекулы, имеющие от 20 до 28 и более углеродных атомов [1]. В растительных клетках встречаются как насыщенные ЖКОДЦ, так и ненасыщенные. Эти вещества важны для протекания многих жизнеобеспечивающих процессов, которые не могут быть реализованы за счет обычных более коротких (до 18 углеродных атомов) алифатических цепей химических веществ.

В большинстве работ говорится о низкой распространенности этих молекул в растительных организмах. Несмотря на то, что они встречаются в незначительных количествах в растительных клетках, очень длинноцепочечные жирные кислоты выполняют важнейшие функции в процессах развития. Когда их синтез нарушается на генетическом уровне, отмечаются заметные фенотипические последствия, которые варьируются от тяжелой задержки роста до эмбриональной летальности [2].

В последнее время накопилось достаточно данных, указывающих на потенциальную роль ЖКОДЦ в качестве сигнальных молекул в управлении биотического и абиотического стресса, как на внутриклеточном, так и на внеклеточном уровнях [2]. К абиотическим стрессам можно отнести повышенную или сниженную освещенность, засуху, засоленность, жару, холод, переувлажнение, дефицит питательных веществ и другие абиотические условия окружающей среды, которые являются основными лимитирующими факторами, влияющими на рост и развитие растений и приводящими к снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

Помимо сигнальной, ЖКОДЦ выполняют структурную функцию в организме растения. Эти вещества являются компонентами и предшественниками эпикутикулярного воска. Данный факт подтверждает, что ЖКОДЦ имеют большое значение в формировании засухоустойчивости растений. Под действием водного стресса с участием ЖКОДЦ в растениях происходит образование гидрофобного слоя кутикулярного воска, который играет важную роль в формировании устойчивости растений к абиотическим и биотическим стрессам [3, 4].

Засуха, являющаяся одним из основных видов абиотического стресса сельскохозяйственных растений, создает огромные угрозы для глобальной продовольственной безопасности и здоровья наземных экосистем, ограничивая рост растений и их продуктивность. В глобальном масштабе потери урожая от засухи к 2025 г. достигнут 30 %, по сравнению с урожаем предыдущих лет [5].

В отличие от животных растения не могут покинуть неблагоприятное место обитания, поэтому они вынуждены переносить абиотические стрессы. Для выживания в условиях засушливого стресса растения через интегрированные молекулярные и клеточные реакции развивают комплексные механизмы физической адаптации. К таким адаптациям относятся глубокая корневая система, эффективная устьичная структура и морфология листьев, утолщение кутикулярного воска и кутинизация поверхности листа [4].

Кутикулярный воск обеспечивает существенный барьер для защиты растений от водного стресса (засухи). Засушливый стресс существенно влияет на биосинтез и жирнокислотный состав кутикулярного воска. Полевые физиологические исследования показали, что урожайность пшеницы и ячменя положительно связана с кутикулярным воском, особенно в условиях засушливого климата [6].

Жирнокислотный состав меняется и под действием других абиотических факторов, например, в результате действия электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ). В листьях и корнях проростков ячменя, развивающихся из семян после проведенной СВЧ-обработки, преобладающими среди предельных жирных кислот являются пальмитиновая, стеариновая,

бегеновая и лигноцериновая кислоты, в эндосперме и оболочках зерновки – пальмитиновая и стеариновая кислоты. Олеиновая и линолевая кислоты преобладают среди непредельных жирных кислот во всех органах проростка [7].

У растений невозможен дальний транспорт жирных кислот. Однако каждая клетка растительного организма содержит жирные кислоты в составе мембранных липидов. Это означает, что в каждой клетке должны быть ферменты биосинтеза жирных кислот. Синтез жирных кислот *denovo* всегда происходит в пластидах. По последним данным, значительное количество ферментов липидного обмена находится в плазмалемме. Удлинение углеводородной цепи происходит на эндоплазматическом ретикулуме с помощью элонгаз, а внедрение дополнительных двойных связей – десатураз. Этапы биосинтеза жирных кислот происходят с помощью мультиэнзимных комплексов [8].

Цель исследований – изучить изменение профиля ЖКОДЦ в листьях проростков ячменя под действием электромагнитного поля СВЧ и водного дефицита.

### Материалы и методы исследования

Объектом исследований являлись проростки ярового ячменя сорта Никита. Схема эксперимента включала в себя шесть вариантов: 1) контроль, без СВЧ-обработки, нормальное увлажнение; 2) СВЧ-обработка мощностью 0,42 кВт, частотой 2,45 ГГц, с экспозицией 11 с, нормальное увлажнение; 3) СВЧ-обработка мощностью 0,70 кВт, частотой 2,45 ГГц, с экспозицией 11 с, нормальное увлажнение; 4) контроль, без СВЧ-обработки водный дефицит; 5) СВЧ-обработка мощностью 0,42 кВт, частотой 2,45 ГГц, с экспозицией 11 с, водный дефицит; 6) СВЧ-обработка мощностью 0,70 кВт, частотой 2,45 ГГц, с экспозицией 11 с, водный дефицит.

После СВЧ-обработки сухих семян в заданном режиме производили посев в горшки со смесью верхового нейтрализованного торфа (рН 5,5) и песка в соотношении 5:1. В возрасте 1 мес от всходов надземную массу растений экстрагировали смесью хлороформ : *n*-гексан по стандартной методике [9]. Затем аликвоту образца отдували аргоном почти досуха. К остатку добавляли 500 мкл 3 %-го раствора H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в метаноле и 100 мкл толуола. К полученному раствору добавляли внутренний стандарт (5 мкг метилундеcanoата). Затем образец нагревали при 90 °С в течение часа. Далее проводили экстракцию 700 мкл гексана (трия порциями). Объем отобранной гексановой фракции концентрировали отдувкой растворителя до объема около 50 мкл. Полученную пробу, содержащую жирные кислоты в виде метиловых эфиров, использовали для анализа. Анализ проводили на хроматомасс-спектрометре Agilent 7000В (США). Объем пробы составлял 2 мкл, ввод производили без деления потока. Колонка: ZB-WAX, 30 м × 0,25 мм × 0,25 мкм. Условия хроматографирования следующие: OvenProgram при 100 °С от 0 мин, затем нагрев со скоростью 7 °С/мин до 260 °С – 10 мин, скорость потока – 1,2 мл/мин. Идентификацию осуществляли по масс-спектрам (библиотека масс-спектров NIST 02.L) и индексам удерживания. Расчет массового содержания метиловых эфиров жирных кислот производили относительно известного количества метилундеcanoата (внутренний стандарт). Калибровка выполнена с использованием стандартных образцов (Sigma-Aldrich), состоящих

из цепей различной длины и насыщенности (8:0, 16:0, 8:1, 20:4, 22:6). Все измерения проведены в трехкратной биологической и трехкратной аналитической повторностях (на графиках приведены средние значения). Полученные результаты обработаны статистически. Достоверность различий по сравнению с контролем выявляли по  $F$ -критерию при уровне значимости 0,05 (достоверные различия обозначены знаком \*).

### Результаты и обсуждение

В результате проведенных научных экспериментов по действию электромагнитных полей сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) и водного дефицита на процессы количественного изменения содержания ЖКОДЦ в клетках листьев проростков ячменя установлено, что под действием электромагнитных полей и засухи происходят значительные изменения в жирнокислотном составе хлороформного экстракта листьев проростков ячменя (рис. 1).

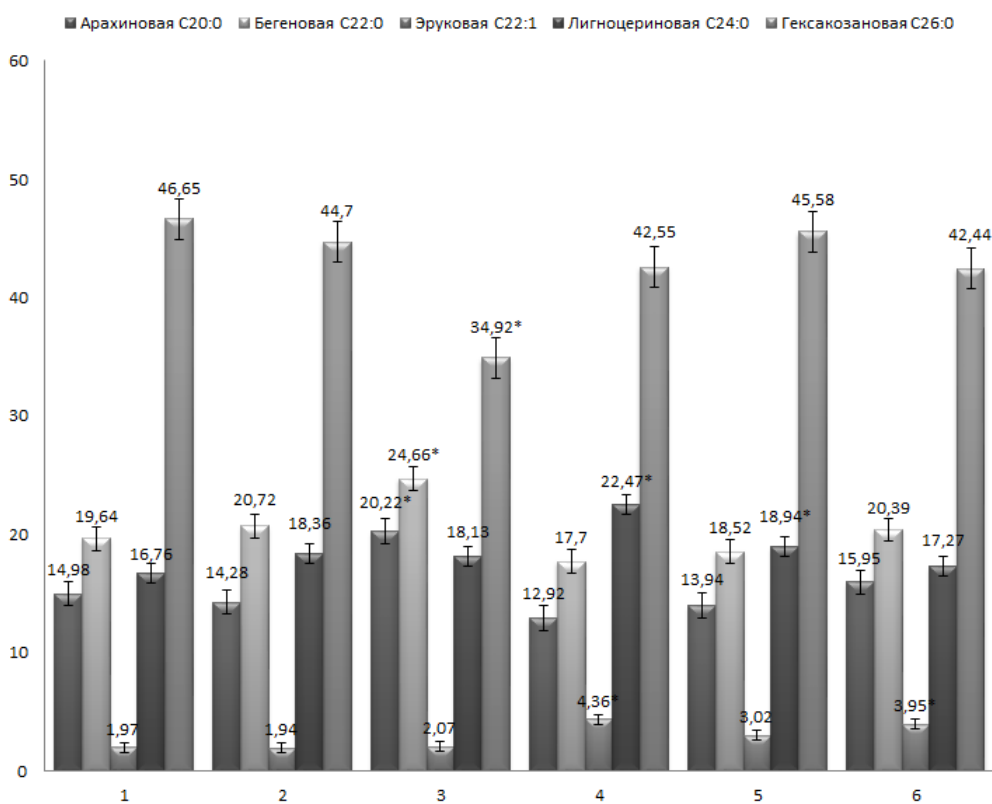


Рис. 1. Содержание ЖКОДЦ в листьях проростков ячменя под действием СВЧ и засухи, % хлороформного экстракта:

- 1) контроль, без СВЧ-обработки, нормальное увлажнение;
- 2) СВЧ-обработка мощностью 0,42 кВт, частотой 2,45 ГГц, с экспозицией 11 с, нормальное увлажнение;
- 3) СВЧ-обработка мощностью 0,70 кВт, частотой 2,45 ГГц, с экспозицией 11 с, нормальное увлажнение;
- 4) контроль, без СВЧ-обработки, засуха;
- 5) СВЧ-обработка мощностью 0,42 кВт, частотой 2,45 ГГц, с экспозицией 11 с, засуха;
- 6) СВЧ-обработка мощностью 0,70 кВт, частотой 2,45 ГГц, с экспозицией 11 с, засуха

При изучении совместного влияния водного дефицита и СВЧ средней и высокой мощности на профиль ЖКОДЦ установлено, что их воздействие приводит к достоверному уменьшению эруковой кислоты соответственно в 1,4 и 1,1 раза, по сравнению с контрольным вариантом (засуха), лигноцериновой в 1,2 и 1,3 раза. Массовая доля гексакозановой кислоты увеличивалась при действии ЭМП средней мощности и водного дефицита на 2,95 % и оставалась на том же уровне, что и контрольный вариант при увеличении мощности ЭМП.

При увеличении мощности ЭМП и водном дефиците, такое совместное действие этих абиотических факторов приводит к увеличению арахидиновой и бегеновой жирных кислот в листьях проростков ячменя.

Анализ полученных результатов позволил установить, что в листьях проростков ячменя синтезируется пять ЖКОДЦ, из них четыре предельные: арахидиновая C20:0, бегеновая C22:0, лигноцериновая C24:0, гексакозановая C26:0 и одна непредельная эруковая C22:1. Все они имеют от 20 до 26 углеродных атомов.

При сравнительном анализе двух вариантов развития растений – в условиях достаточного увлажнения и при водном дефиците – выявлено, что под влиянием недостатка воды сильно увеличивается массовая доля непредельной эруковой и предельной лигноцериновой кислот. Разница по содержанию этих жирных кислот у растений опыта и контроля в условиях нормального увлажнения составляет 1,22 раза (для эруковой кислоты) и 34,07 % (для лигноцериновой кислоты) соответственно. Таким образом, такой абиотический стресс, вызванный засухой, у ячменя в период роста и развития проростков приводит к выраженному увеличению массовой доли жирных кислот с очень длинной цепью.

Полученные экспериментальные данные позволяют предположить, что механизмы действия ЭМП и водного дефицита с данными характеристиками реализуют себя через активацию абиотического стресса, развитие которого связано с повышением продукции ЖКОДЦ. Наши исследования не противоречат полученным данным в других экспериментах. Так, содержание эруковой кислоты в составе масла семян рапса увеличивается при засухе [10].

При дефиците воды в период роста и развития проростков ячменя выявлено снижение в листьях массовой доли ЖКОДЦ с четным числом углеродных атомов C20:0, C22:0, C26:0 и увеличение C22:1 и C24:0.

Действия ЭМП средней мощности также оказывают влияние на процесс накопления ЖКОДЦ в клетках листьев проростков ячменя. Установлено увеличение C22:1 в 1,6 раза и снижение массовой доли C20:0 и C22:0, по сравнению с контрольным вариантом, – на 2,38 и 10,62 % соответственно.

В результате эксперимента было выявлено, что под влиянием магнитных волн после СВЧ высокой мощности без дефицита воды содержание арахидиновой и бегеновой кислот достоверно увеличивается в 1,3 раза, а гексакозановая уменьшается в 1,3 раза по сравнению с контрольным вариантом (без обработки). Содержание эруковой и лигноцериновой увеличивается на 0,1 и на 1,4 % соответственно.

В экспериментах нами было установлено, что водный дефицит приводит к повышению выработки эруковой кислоты (C22:1) в листьях проростков

ячменя в 1,6 раза, а действие ЭМП средней мощности – в 1,9 раза, по сравнению с контрольным вариантом.

### Заключение

При действии на растительный организм таких абиотических факторов, как засуха и электромагнитное поле сверхвысокой частоты средней и высокой мощности, отмечается изменение профиля жирных кислот с очень длинной цепью. Выявлено достоверное увеличение содержания эруковой кислоты во всех вариантах опыта. При этом действие электромагнитных полей средней мощности при выращивании проростков ячменя без дефицита воды по отношению к выращиванию их в условиях дефицита воды приводило к увеличению количества эруковой кислоты в 1,6 раза.

При определении содержания эруковой кислоты при выращивании проростков ячменя с достаточным количеством воды и при водном дефиците установлено также достоверное увеличение продукции в листьях проростков ячменя этой кислоты в 2,2 раза. Также отмечается увеличение содержания арахидоновой и бегеновой жирных кислот.

Таким образом, изменения профиля ЖКОДЦ в листьях под действием водного стресса и ЭМП связаны с активацией основных адаптационных систем в организме проростков ячменя. При воздействии на семена злаков ЭМП СВЧ и водного дефицита они отвечают на эти абиотические факторы активной приспособительной реакцией, проявляющейся в колебаниях тех или иных жирных кислот с очень длинной цепью.

### Список литературы

1. Bettaieb I., Zakhama N., Wannan W. A. [et al.]. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition // *Sci. Hortic.* 2009. № 120. P. 271–275. doi:10.1016/j.scienta.2008.10.016
2. De Bigault Du Granrut A., Cacas J. L. How very-long-chain fatty acids could signal stressful conditions in plants? // *Frontiers in plant science.* 2016. Т. 7. P. 1490. doi:10.3389/fpls.2016.01490
3. Zhu X., Xiong L. Putative megaenzyme DWA1 plays essential roles in drought resistance by regulating stress-induced wax deposition in rice // *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2013. № 110. P. 17 790–17 795. doi:10.1073/pnas.1316412110
4. Xue D. [et al.]. Molecular and evolutionary mechanisms of cuticular wax for plant drought tolerance // *Frontiers in plant science.* 2017. Т. 8, № 621. P. 1–12. doi:10.3389/fpls.2017.00621
5. Zhang J. China's success in increasing per capita food production // *J. Exp. Bot.* 2011. Vol. 62. P. 3707–3711. doi:10.1093/jxb/err132
6. González A., Ayerbe L. Effect of terminal water stress on leaf epicuticular wax load, residual transpiration and grain yield in barley // *Euphytica.* 2010. Vol. 172. P. 341–349. doi:10.1007/s10681-009-0027-0
7. Соболева О. М., Кондратенко Е. П., Сухих А. С. Профиль высших жирных кислот проростков ячменя после обработки электромагнитными волнами сверхвысоко-частотного диапазона // *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки.* 2019. № 4. С. 5–15. doi:10.21685/2307-9150-2019-4-1
8. Brown A. P., Slabas A. R., Rafferty J. B. Fatty acid biosynthesis in plants-metabolic pathways, structure and organization // *Lipids in photosynthesis.* Dordrecht : Springer, 2009. P. 11–34.

9. Захарова Ю. В. Влияние фосфолипаз грибов *Candidaalbicans* на клеточную стенку и биологические свойства бифидобактерий // Успехи медицинской микологии. 2018. Т. 18. С. 77–81.
10. Moradbeigi L. [et al.]. Effect of Drought Stress and Delay Cultivation on Grain Yield, Oil Yield and Fatty Acids Composition in Canola // Journal of agricultural science (University of Tabriz). 2019. Vol. 29, № 2. P. 135–151.

### References

1. Bettaieb I., Zakhama N., Wannan W.A. [et al.]. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. *Sci. Hort.* 2009;120:271–275. doi:10.1016/j.scienta.2008.10.016
2. De Bigault Du Granrut A., Cacas J.L. How very-long-chain fatty acids could signal stressful conditions in plants? *Frontiers in plant science*. 2016;7:1490. doi:10.3389/fpls.2016.01490
3. Zhu X., Xiong L. Putative megaenzyme DWA1 plays essential roles in drought resistance by regulating stress-induced wax deposition in rice. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2013;110:17 790–17 795. doi:10.1073/pnas.1316412110
4. Xue D. [et al.]. Molecular and evolutionary mechanisms of cuticular wax for plant drought toleranc. *Frontiers in plant science*. 2017;8(621):1–12. doi:10.3389/fpls.2017.00621
5. Zhang J. China's success in increasing per capita food production. *J. Exp. Bot.* 2011; 62:3707–3711. doi:10.1093/jxb/err132
6. González A., Ayerbe L. Effect of terminal water stress on leaf epicuticular wax load, residual transpiration and grain yield in barley. *Euphytica*. 2010;172:341–349. doi:10.1007/s10681-009-0027-0
7. Soboleva O.M., Kondratenko E.P., Sukhikh A.S. Profile of higher fatty acids of barley seeds after processing by electromagnetic waves of the microwave range. *Izvestiya vyzhshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki = University proceedings. Volga region. Natural sciences*. 2019;4:5–15. doi:10.21685/2307-9150-2019-4-1. (In Russ.)
8. Brown A.P., Slabas A.R., Rafferty J.B. Fatty acid biosynthesis in plants-metabolic pathways, structure and organization. *Lipids in photosynthesis*. Dordrecht: Springer, 2009:11–34.
9. Zakharova Yu.V. Effect of phospholipases of *Candidaalbicans* fungi on the cell wall and biological properties of bifidobacteria. *Uspekhi meditsinskoy mikologii = Advances in medical mycology*. 2018;18:77–81. (In Russ.)
10. Moradbeigi L. [et al.]. Effect of Drought Stress and Delay Cultivation on Grain Yield, Oil Yield and Fatty Acids Composition in Canola. *Journal of agricultural science (University of Tabriz)*. 2019;29(2):135–151.

### Информация об авторах / Information about the authors

#### **Ольга Михайловна Соболева**

кандидат биологических наук, доцент,  
доцент кафедры микробиологии,  
иммунологии и вирусологии,  
Кемеровский государственный  
медицинский университет Минздрава  
России (Россия, г. Кемерово,  
ул. Ворошилова, 22 А)

E-mail: meer@yandex.ru

#### **Olga M. Soboleva**

Candidate of biological sciences, associate  
professor, associate professor of the  
sub-department of microbiology,  
immunology and virology, Kemerovo  
State Medical University  
(22 A Voroshilova street, Kemerovo,  
Russia)



**Екатерина Петровна Кондратенко**  
доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор, профессор кафедры  
агрономии, селекции и семеноводства,  
Кузбасская государственная  
сельскохозяйственная академия  
(Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5)  
E-mail: meer@yandex.ru

**Андрей Сергеевич Сухих**  
кандидат фармацевтических наук,  
доцент, старший научный сотрудник,  
Центральная научно-исследовательская  
лаборатория, Кемеровский  
государственный медицинский  
университет Минздрава России (Россия,  
г. Кемерово, ул. Ворошилова, 22 А)  
E-mail: Suhih\_as@list.ru

**Марина Геннадьевна Курбанова**  
доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой технологии  
продуктов питания животного  
происхождения, Кемеровский  
государственный университет  
(Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6)  
E-mail: kurbanova-mg@mail.ru

**Александр Юрьевич Просеков**  
доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой  
бионанотехнологий, Кемеровский  
государственный университет  
(Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6)  
E-mail: rector@kemsu.ru

**Ekaterina P. Kondratenko**  
Doctor of agricultural sciences, professor,  
professor of the sub-department  
of agronomy, breeding and seed production,  
Kuzbass State Agricultural Academy  
(5 Markovtseva street, Kemerovo, Russia)

**Andrey S. Sukhikh**  
Candidate of pharmaceutical sciences,  
associate professor, senior researcher,  
Central Research Laboratory, Kemerovo  
State Medical University  
(22 A Voroshilova street, Kemerovo,  
Russia)

**Marina G. Kurbanova**  
Doctor of engineering sciences, professor,  
head of the sub-department of food  
technology of animal origin, Kemerovo  
State University (6 Krasnaya street,  
Kemerovo, Russia)

**Alexander Yu. Prosekov**  
Doctor of engineering sciences, professor,  
head of the sub-department  
of bionanotechnology, Kemerovo State  
University (6 Krasnaya street, Kemerovo,  
Russia)

**Поступила в редакцию / Received 15.12.2020**

**Поступила после рецензирования и доработки / Revised 21.01.2021**

**Принята к публикации / Accepted 25.01.2021**