

АГРОНОМИЯ

AGRONOMY

Научная статья

УДК 635.64:631.873.3

EDN KMOLWQ

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-1-5-14>**Влияние экстрактов морских водорослей на развитие рассады томата *Solanum lycopersicum* в условиях засухи****Ирина Арнольдовна Кадникова¹, Наталья Михайловна Аминина²**^{1,2}Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, Приморский край, Владивосток, Россия¹irina.kadnikova@tinro.vniro.ru, ²natalya.aminina@tinro.vniro.ru

Аннотация. Целью опыта являлось изучение влияния биологически активных экстрактов из морских водорослей (красной водоросли *Ahnfeltia tobuchiensis* и бурой водоросли *Saccharina japonica*) на развитие рассады томата в условиях засухи. Проведен анализ экстрактов, полученных из морских водорослей при разных значениях pH раствора (5,5–7,5). Экстракты из анфельции характеризуются высоким содержанием азота, легкогидролизуемых углеводов, полифенолов. Экстракты из сахарины отличаются максимальной концентрацией йода. Для изучения эффективности экстрактов морских водорослей использована рассада томата (*Solanum lycopersicum*) сорта «Конфеты Вирджинии». Всего в опыте заложено 8 вариантов: варианты с 1 по 6 – опрыскивание растений экстрактами из анфельции и сахарины в условиях стресса (засухи); вариант 7 (контроль) – опрыскивание растений водой в условиях стресса; вариант 8 – контроль без стресса. Установлено, что экстракты морских водорослей увеличивают скорость роста растений в период засухи и восстановления после засухи. Показано, что экстракты способствуют поддержке растений в периоды засухи, восстановления и наращивания зеленой биомассы до показателей, сравнимых с показателями в растениях без нагрузки обезвоживанием. Увеличение биомассы связано с ростом относительного содержания воды в листьях томата; накоплением минеральных, азотистых веществ, йода, легкогидролизуемых углеводов, выполняющих функции осмопротекторов. Обработка водными экстрактами анфельции и щелочными экстрактами сахарины наиболее эффективна для роста и устойчивости рассады томата в период засухи и восстановления ее после засухи.

Ключевые слова: морские водоросли, экстракт, томат, засуха, рост, биомасса, химический состав

Для цитирования: Кадникова И. А., Аминина Н. М. Влияние экстрактов морских водорослей на рост и устойчивость рассады томата *Solanum lycopersicum* в условиях засухи // Дальневосточный аграрный вестник. 2026. Том 20. № 1. С. 5–14. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-1-5-14>.

Original article

Effect of seaweed extracts on growth and resistance of tomato seedlings *Solanum lycopersicum* under drought conditions**Irina A. Kadnikova¹, Natalya M. Aminina²**^{1,2} Pacific branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography Primorsky krai, Vladivostok, Russian Federation

¹ irina.kadnikova@tinro.vniro.ru, ² natalya.aminina@tinro.vniro.ru

Abstract. The article presents the results of studying the effect of biologically active extracts from seaweed (*Ahnfeltia tobuchiensis* and *Saccharina japonica*) on the development of tomato seedlings in drought conditions. The analysis of extracts obtained from seaweed was performed at solution pH values ranging from 5.5 to 7.5. Extracts from *Ahnfeltia tobuchiensis* are characterized by a high content of nitrogen, easily hydrolyzable carbohydrates, and polyphenols; extracts from *Saccharina japonica* have a maximum concentration of iodine. Tomato seedlings (*Solanum lycopersicum*) were used to study the effectiveness of seaweed extracts. The experiment included 8 options: options 1 to 6 – spraying plants with extracts from the corresponding seaweed under stress (drought); option 7 (control) – spraying plants with water under stress; option 8 – stress-free control. It is proved that seaweed extracts increase the rate of plant growth during the drought period and their recovery after the drought. It has also been proven that extracts help support plants during periods of drought, restore and increase green biomass to levels similar to those in plants without dehydration stress. The growing in biomass is associated with an increase in the relative water content in tomato leaves; accumulation of minerals, nitrogenous substances, iodine, and easily hydrolyzable carbohydrates. Treatment with aqueous extracts of *Ahnfeltia tobuchiensis* and alkaline extracts of *Saccharina japonica* is most effective for the growth and stability of tomato seedlings during drought and their recovery after drought.

Keywords: seaweeds, extract, tomato, drought, growth, biomass, chemical composition

For citation: Kadnikova I. A., Aminina N. M. Effect of seaweed extracts on growth and resistance of tomato seedlings *Solanum lycopersicum* under drought conditions. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2026;20;1:5–14 (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-1-5-14>.

Введение. Известно, что экстракты морских водорослей снижают уровень абиотического стресса у растений и регулируют их ответные реакции на действие абиотических факторов [1]. Засуха, засоление, экстремальные температуры являются основными абиотическими факторами, отрицательно влияющими на урожайность сельскохозяйственных культур.

Изменения внешних факторов окружающей среды приводят к изменениям в растениях на биохимическом и физиологическом уровнях. В растениях резко меняется работа гормональной системы; при этом снижается обмен веществ, тормозятся ростовые процессы [2, 3]. Особо примечателен тот факт, что в условиях стресса в клетках растений происходит активация синтеза так называемых стрессовых белков с одновременным ослаблением синтеза белков, образующихся в нормальных условиях [4].

Применение экстрактов морских водорослей показало смягчение абиотического стресса в растениях в результате поглощения ими активных форм кислорода (АФК), запуска нескольких защитных механизмов, включающих стимуляцию антиоксидантов и ингибирование перекисного окисления липидов [5–7]. По-ви-

димому, основную роль в этих биохимических процессах играют полифенолы морских водорослей, обладающие высокой антиоксидантной активностью [8].

Значительный дефицит воды в воздухе и почве снижает урожай сельскохозяйственных культур за счет торможения роста и развития растений [9, 10]. Устойчивость растения к стрессовому воздействию факторов внешней среды зависит от фазы его развития. Растения в молодом возрасте в период появления молодых всходов являются наименее устойчивыми к засухе. Однако по мере роста и развития их устойчивость постепенно растет. Из физиологических процессов наиболее чувствительным к недостатку влаги является процесс роста растений. При этом темпы роста снижаются раньше по сравнению с фотосинтезом и дыханием при нарастающем недостатке влаги [11, 12]. Проблемы повышения засухоустойчивости растений являются общебиологическими и важность их решения продиктована потребностью получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур в неблагоприятных условиях засухи.

Цель исследований – оценить эффективность использования биологически активных экстрактов из морских рас-

тений на устойчивость рассады томата в условиях засухи. Для достижения цели поставлены и решены следующие задачи:

- 1) изучить влияние биологически активных экстрактов из морских водорослей на рост рассады томата в условиях засухи;
- 2) изучить влияние экстрактов из морских водорослей на изменения химического состава рассады томата в условиях засухи.

Материалы и методы исследований. Для получения экстрактов использовали бурую водоросль сахарину японскую (*Saccharina japonica*) и красную водоросль анфельцию тобучинскую (*Ahnfeltia tobuchiensis*).

Воздушно-сухие водоросли измельчали, фракционировали и получали образцы с размером частиц 1–2 см. Экстракцию проводили раствором ортофосфорной кислоты, водой, раствором едкого калия при температуре 20–25 °С, гидромодуле 1:15 с настаиванием продолжительностью 16 час и периодическим перемешиванием. Смесь фильтровали через капроновое сито и центрифугировали в течение 20 мин при частоте вращения 7 000 об/мин для отделения экстракта от водорослевого остатка. Полученные экстракты (со значением рН от 5,5 до 7,5) использовали для биологических испытаний.

Для проведения опытов по изучению эффективности биологически активных экстрактов из морских водорослей использовали пикированную рассаду томата сорта «Конфеты Вирджинии» одной стадии развития.

Рассаду томатов выращивали в помещении при температуре 24–25 °С (день/ночь; 16/8 час) и относительной влажности 50–60 %. До стресса (засухи) растения поливали по 125 мл воды через день, чтобы создавать равные условия влажности почвы (80 %) во всех горшках.

Опыт был проведен в лабораторных условиях по схеме, представленной в таблице 1.

Морфологические изменения в растениях наблюдали путем измерения длины побегов 2 раза: первый раз – на следующий день после завершения условий засухи (стресса); второй раз – на следующий день после завершения стадии восстановления. Измерения относительного содержания воды в листьях томата проводили по методике, описанной в работе [13].

Эффективность использования биологически активных экстрактов из разных видов водорослей на развитие рассады томата оценивали по относительному приросту и биомассе рассады томата. *Биомасса надземной части томатов в свежем*

Таблица 1 – Схема исследований

Table 1 – Research scheme

Варианты	Условия проведения исследований		
	до засухи	засуха	восстановление после засухи
Вариант 1 – в стрессе, опрыскивание (водный экстракт анфельции)	полив водой через день по 125 мл в течение 7 дней	перед засухой растения томата опрыскивают экстрактом по 10 мл на растение дважды в день (утром и вечером); через 24 ч после обработки прекращают полив на 14 дней	в первый день производят полив; во второй – опрыскивание экстрактом по 10 мл на растение дважды в день (утром и вечером); с третьего дня выполняют полив через день по 125 мл в течение 14 дней
Вариант 2 – в стрессе, опрыскивание (щелочной экстракт анфельции)			
Вариант 3 – в стрессе, опрыскивание (кислотный экстракт анфельции)			
Вариант 4 – в стрессе, опрыскивание (водный экстракт сахарины)			
Вариант 5 – в стрессе, опрыскивание (щелочной экстракт сахарины)			
Вариант 6 – в стрессе, опрыскивание (кислотный экстракт сахарины)			
Вариант 7 – контрольная группа в стрессе, опрыскивание (вода)			
Вариант 8 – контрольная группа без стресса	полив водой по 125 мл через день в течение эксперимента		

виде (стебель и листья) в опытных и контрольных группах определяли весовым методом после стадии восстановления от стресса.

Относительный прирост показывает скорость роста растения в периоды засухи и восстановления и рассчитывается как отношение разности между длиной побегов томата в конце и в начале соответствующего периода к длине побегов в начале периода, выраженное в процентах.

По окончании испытаний образцы ткани надземной части томатов (стебель и листья) экспериментальных и контрольных групп высушивали при температуре 75 °С в течение 48 час и измельчали. Порошок хранили в закрытой емкости при комнатной температуре.

В экстрактах водорослей и надземной части растений томата определяли массовые доли воды, йода и минеральных веществ [14]; содержание азота – по методу Кьельдаля на приборе РАУРА (Испания); содержание легкогидролизуемых углеводов (ЛГУ) – с антроновым реактивом [15]; общее содержание полифенолов в экстракте – в соответствии со стандартной методикой Фолина-Чекольте [16], используя флороглюцинол в качестве стандарта (Phloroglucinol, 99 %, HPLC, Sigma-Aldrich).

Результаты исследований и их обсуждение. Состав биологически активных экстрактов определяется сырьем, используемым в технологическом процессе, природой экстрагента и условиями проведения экстракции [17, 18].

В таблице 2 дана характеристика экстрактов из морских водорослей, которые использовали в испытаниях по влиянию на рост и устойчивость растений томата в условиях стресса от засухи. Видно, что кислотные экстракты (рН = 5,5) содержат больше всего минеральных веществ, а щелочные (рН = 7,5) – йода, азота, ЛГУ и полифенолов, чем водные и кислотные.

Сравнительный анализ показывает, что экстракты анфельции превосходят экстракты сахарины по количеству азота в 3,4–5,8 раз, ЛГУ – в 1,4–2,1 раза, полифенолов – в 2,4–3,1 раза (в пересчете на сухое вещество). Основным отличием экстрактов сахарины является высокое содержание йода. Концентрация йода в них в 4,7–12,6 раз больше, чем в экстрактах анфельции.

Результаты исследований подтверждают, что экстракты водорослей стимулируют рост рассады томата в период засухи (рис. 1). Максимальный эффект на растения оказывают водный и щелочной экстракты из анфельции. В меньшей степени увеличивается рост рассады томата в период стресса при опрыскивании щелочным и водным экстрактами из сахарины. Но в любом случае в период засухи все экстракты (за исключением кислотного из сахарины) стимулируют рост растений томата по сравнению с контрольным образцом в условиях стресса (вариант 7).

Исследование восстановления рассады после стресса от засухи показало существенные различия в росте томатов в зависимости от используемого экстракта, что демонстрирует рисунок 2.

Таблица 2 – Характеристика состава экстрактов из морских водорослей

Table 2 – Characteristics of the composition of seaweed extracts

Варианты	рН	Содержание, % сухого вещества				
		минеральные вещества	йод	азот	ЛГУ	полифенолы
<i>Ahnfeltia tobuchiensis</i>						
1	6,5	39,0	0,06	2,00	17,00	0,41
2	7,5	42,0	0,08	3,00	21,00	0,42
3	5,5	44,0	0,03	3,00	12,00	0,37
<i>Saccharina japonica</i>						
4	6,5	40,2	0,30	0,55	7,70	0,13
5	7,5	44,1	0,38	0,88	9,70	0,15
6	5,5	51,6	0,38	0,51	8,38	0,15

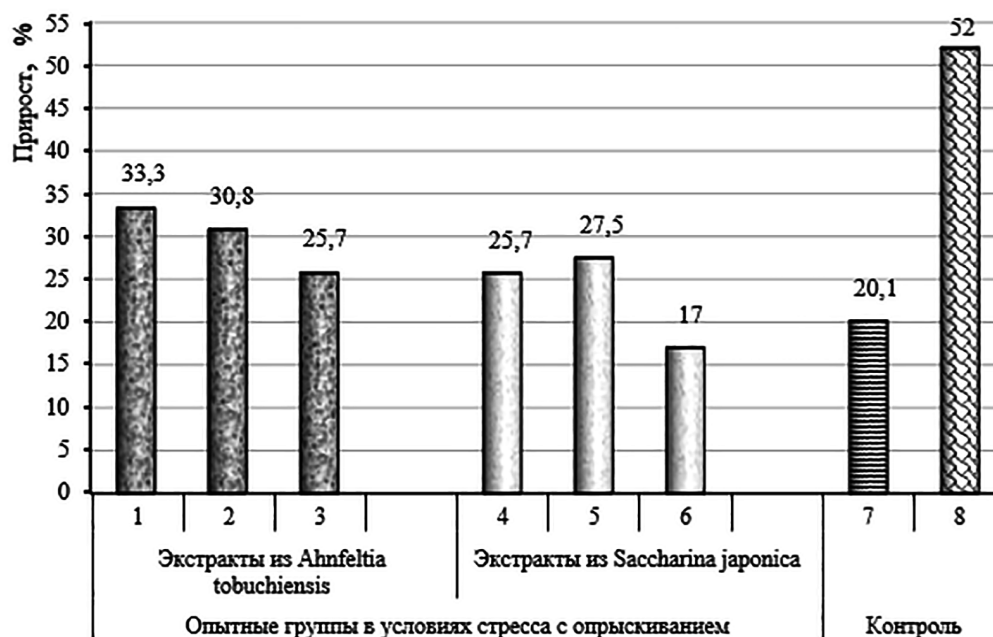


Рисунок 1 – Биологическая оценка влияния экстрактов из морских водорослей на рассаду томатов в условиях стресса от засухи

Figure 1 – Biological evaluation of the effect of seaweed extracts on tomato seedlings under drought stress conditions

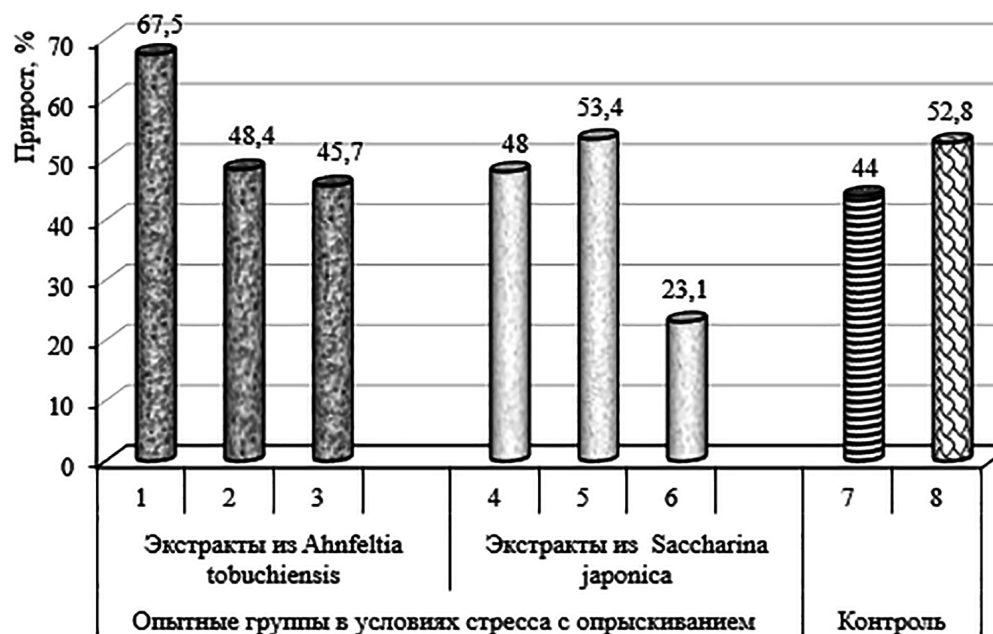


Рисунок 2 – Биологическая оценка влияния экстрактов из морских водорослей на рассаду томатов после восстановления от засухи

Figure 2 – Biological evaluation of the effect of seaweed extracts on tomato seedlings after drought recovery

В период восстановления после засухи наиболее интенсивный рост наблюдается у рассады томата при опрыскивании водным экстрактом анфельции (прирост стебля составил 27,0 см). При этом растения выросли за период восстановления

на 67,5 %, а в контроле (даже без стресса) лишь на 52,8 %. Опрыскивание растений другими видами экстрактов анфельции также способствует выздоровлению и ускорению роста томатов до контрольных значений. При использовании сахарины

активнее влияет на рост ее щелочной экстракт (побеги томата выросли на 53,4 %). Рост рассады усиливается также после опрыскивания водным экстрактом из сахарины (на 48,0 %).

Под действием экстрактов возрастает интенсивность фотосинтеза рассады томата, о чем свидетельствует увеличение биомассы растений (рис. 3).

Опрыскивание водным экстрактом из анфельдии и щелочным из сахарины оказало значительное влияние на увеличение биомассы растений даже по сравнению с контрольной группой без стресса. Так, биомасса достигала 30,5 г/растение при опрыскивании водным экстрактом анфельдии; 27,6 г/растение – при опрыскивании щелочным экстрактом сахарины и 22,4 г/растение – в контроле без засухи.

В эксперименте установлено, что экстракты водорослей позволяют сохранить больше влаги в листьях томата. При засухе содержание воды в листьях томата из контрольной группы, получавшей воду вместо экстрактов, было минимальным (91,7 %). Внекорневая обработка экстрактами морских водорослей снижает проницаемость клеточных стенок, уменьшает диаметр устьиц и сохраняет воду в расте-

нии. При этом максимальное удержание воды (96,6 %) в листьях наблюдалось у рассады, опрыскиваемой щелочным экстрактом сахарины.

Дефицит влаги ограничивает впитывание из почвы питательных веществ. Применение экстрактов водорослей положительно влияет на физиологические процессы растений в период засухи и обеспечивает усвоение питательных компонентов через лист. Растения томата после опрыскивания экстрактами характеризовались более высоким накоплением минеральных веществ, азота и йода, положительно влияющих на фотосинтетическую активность и устойчивость к стрессу (рис. 4).

Содержание этих веществ (за исключением лишь варианта с водным экстрактом анфельдии) превышало их количество в контрольном образце после засухи без обработки экстрактами. При этом содержание йода в экспериментальных образцах рассады томата повышалось на порядок у тех растений, которые обрабатывали экстрактами сахарины. Йод усиливает иммунитет растений, участвует в выработке хлорофилла, стимулирует деление клеток, ускоряя тем самым рост рассады и устойчивость к болезням.

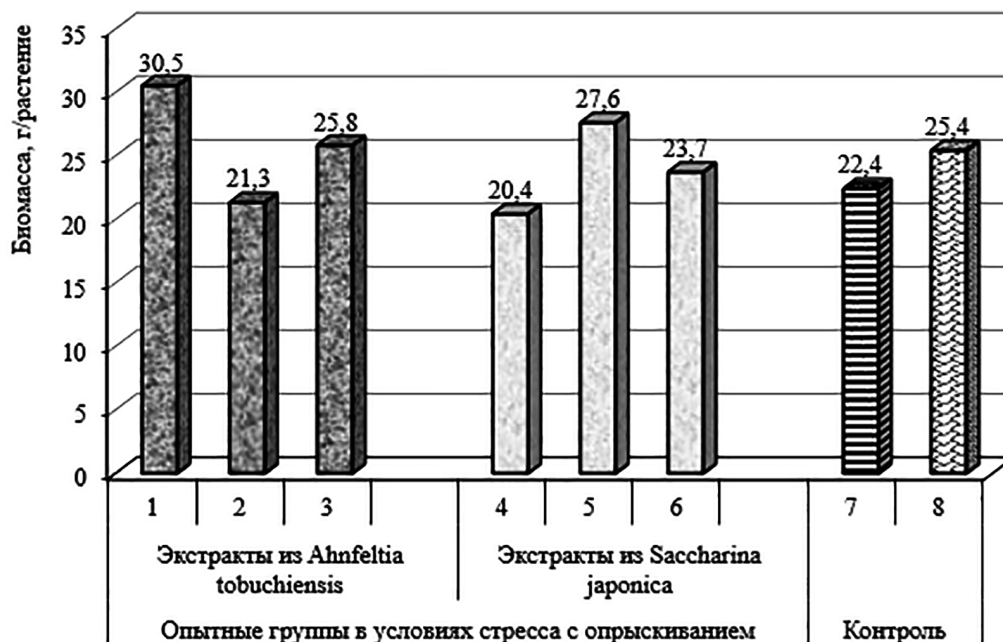


Рисунок 3 – Влияние экстрактов морских водорослей на биомассу рассады томатов после стадии восстановления

Figure 3 – Effect of seaweed extracts on tomato seedling biomass after the recovery stage

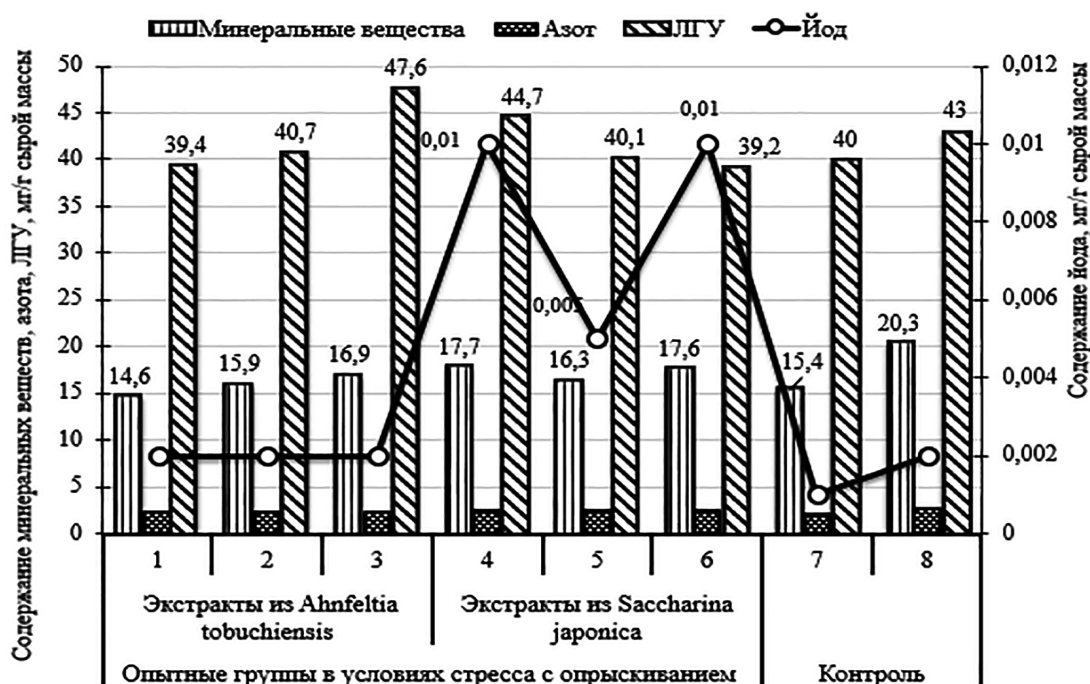


Рисунок 4 – Химический состав надземной части рассады томатов после восстановления от засухи
Figure 4 – Chemical composition of the above-ground part of tomato seedlings after recovery from drought

Количество растворимых сахаров в томате из экспериментальных групп варьирует в зависимости от типа экстракта. При опрыскивании водным раствором сахарины и кислотным экстрактом анфельции их содержание выше даже по сравнению с контрольной группой без стресса. Вероятно, эти виды экстрактов содержат больше биологически активных веществ, положительно влияющих на углеводный обмен растений томата.

Заключение. Исследование влияния экстрактов из морских водорослей на развитие рассады томата в условиях засухи показало достаточную результативность.

Применение экстрактов из анфельции и сахарины смягчает негативное влияние ограничения почвенной воды на рост растений томата. Опрыскивание экстрак-

тами морских водорослей интенсифицирует процесс фотосинтеза в растениях, повышает тургор растительных тканей и способность к поглощению питательных веществ. Установлено, что биологически активные вещества водорослей положительно влияют на метаболизм растений томата. Растения, которые получали опрыскивание экстрактами, характеризовались более высоким накоплением углеводов, минеральных веществ, азота и йода.

Стрессоустойчивость рассады томата в значительной степени зависит от источника (вида водоросли) и способа получения экстракта. Водные экстракты анфельции и щелочные экстракты сахарины обладают наибольшей эффективностью, положительно влияя на скорость роста и накопление биомассы растений в период засухи и восстановления их после засухи.

Список источников

1. Ali O., Ramsubhag A., Jayaraj J. Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: implications towards sustainable crop production // Plants. 2021. Vol. 10. No. 3. P. 531. doi: 10.3390/plants10030531.
2. Boukhari M. E. M. E., Barakate M., Bouhia Y., Lyamlouli K. Trends in seaweed extract based biostimulants: manufacturing process and beneficial effect on soil-plant systems // Plants. 2020. Vol. 9. No. 3. P. 359. doi: 10.3390/plants9030359.

3. Sharma S., Chen C., Khatri K., Rathore M. S., Pandey S. P. *Gracilaria dura* extract confers drought tolerance in wheat by modulating abscisic acid homeostasis // *Plant Physiology and Biochemistry*. 2019. Vol. 136. P. 143–154. doi: 10.1016/j.plaphy.2019.01.015.
4. Okolie C. L., Mason B., Critchley A. T. Novel proteins for food, pharmaceuticals and agriculture. Wiley-Blackwell : Hoboken, NJ, USA, 2018. 352 p.
5. Debnath M., Pandey M., Bisen P. S. An omics approach to understand the plant abiotic stress // *Omics Journal of Integrative Biology*. 2011. Vol. 15. P. 739–762. doi: 10.1089/omi.2010.0146.
6. Das K., Roychoudhury A. Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS-scavengers during environmental stress in plants // *Frontiers in Environmental Science*. 2014. Vol. 2. P. 53. doi: 10.3389/fenvs.2014.00053.
7. Zou P., Lu X., Zhao H., Yuan Y., Meng L., Zhang C., Li Y. Polysaccharides derived from the brown algae *Lessonia nigrescens* enhance salt stress tolerance to wheat seedlings by enhancing the antioxidant system and modulating intracellular ion concentration // *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10. P. 48. doi: 10.3389/fpls.2019.00048.
8. Аминина Н. М., Вишневецкая Т. И., Караулова Е. П., Якуш Е. В. Содержание полифенолов и антиоксидантная активность экстрактов из некоторых видов морских водорослей // *Известия ТИНРО*. 2017. Т. 18. С. 184–191. <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2017-189-184-191>.
9. Shukla P. S., Mantin E. G., Adil M., Bajpai S., Critchley A. T., Prithiviraj B. Ascophyllum nodosum-based biostimulants: sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management // *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10. P. 655. doi: 10.3389/fpls.2019.00655.
10. Boukhari M. E. M. E., Barakare M., Drissi B., Bouhia Y. Seaweed extract biostimulants differentially act in mitigating drought stress on Faba Bean (*Vicia faba* L.) // *Journal of Plant Growth Regulation*. 2023. Vol. 42. P. 5642–5652. doi: 10.1007/s00344-023-10945-w.
11. Климентова Е. Г., Сатаров Г. А., Зудова Т. А. Приспособление и устойчивость растений : учебное пособие. Ульяновск : Ульяновский государственный университет, 2006. 53 с.
12. Чудинова Л. А., Орлова Н. В. Физиология устойчивости растений : учебное пособие. Пермь : Пермский государственный университет, 2006. 124 с.
13. Deolu-Ajayi A. O., van der Meer I. M., van der Werf A., Karlova R. The power of seaweeds as plant biostimulants to boost crop production under abiotic stress // *Plant Cell & Environment*. 2022. Vol. 45. P. 2537–2553. doi: 10.1111/pce.14391.
14. ГОСТ 26185–84. Водоросли морские, травы морские и продукты их переработки. Методы анализа // Интернет и Право. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/20946> (дата обращения: 05.11.2025).
15. ГОСТ 26176–2019. Корма, комбикорма. Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов // Интернет и Право. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/71328/> (дата обращения: 05.11.2025).
16. Koivikko R., Loponen J., Honkanen T., Jormalainen V. Contents of soluble, cell-wall-bound and exuded phlorotannins in the brown alga *Fucus vesiculosus*, with implications on their ecological functions // *Journal of Chemical Ecology*. 2005. Vol. 31. No. 1. P. 195–212. doi: 10.1007/s10886-005-0984-2.
17. Michalak I., Chojnacka K. Algae as production systems of bioactive compounds // *Engineering in Life Sciences*. 2015. Vol. 15. P. 160–176. doi: 10.1002/elsc.201400191.
18. Kadam S. U., Tiwari B. K., O'Donnell C. P. Application of novel extraction technologies for bioactives from marine algae // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013. Vol. 61. P. 4667–4675. doi: 10.1021/jf400819p.

References

1. Ali O., Ramsubhag A., Jayaraj J. Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: implications towards sustainable crop production. *Plants*, 2021;10;3:531. doi: 10.3390/plants10030531.
2. Boukhari M. E. M. E., Barakate M., Bouhia Y., Lyamlouli K. Trends in seaweed extract based biostimulants: manufacturing process and beneficial effect on soil-plant systems. *Plants*, 2020;9;3:359. doi: 10.3390/plants9030359.
3. Sharma S., Chen C., Khatri K., Rathore M. S., Pandey S. P. *Gracilaria dura* extract confers drought tolerance in wheat by modulating abscisic acid homeostasis. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2019;136:143–154. doi: 10.1016/j.plaphy.2019.01.015.
4. Okolie C. L., Mason B., Critchley A. T. Novel proteins for food, pharmaceuticals and agriculture, Wiley-Blackwell, Hoboken, NJ, USA, 2018, 352 p.
5. Debnath M., Pandey M., Bisen P. S. An omics approach to understand the plant abiotic stress. *Omics Journal of Integrative Biology*, 2011;15:739–762. doi: 10.1089/omi.2010.0146.
6. Das K., Roychoudhury A. Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS-scavengers during environmental stress in plants. *Frontiers in Environmental Science*, 2014; 2:53. doi: 10.3389/fenvs.2014.00053.
7. Zou P., Lu X., Zhao H., Yuan Y., Meng L., Zhang C., Li Y. Polysaccharides derived from the brown algae *Lessonia nigrescens* enhance salt stress tolerance to wheat seedlings by enhancing the antioxidant system and modulating intracellular ion concentration. *Frontiers in Plant Science*, 2019;10:48. doi: 10.3389/fpls.2019.00048.
8. Aminina N. M., Vishnevskaya T. I., Karaulova E. P., Yakush E. V. Polyphenol content and antioxidant activity of extracts from some types of seaweed. *Izvestiya TINRO*, 2017;18:184–191 <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2017-189-184-191> (in Russ.).
9. Shukla P. S., Mantin E. G., Adil M., Bajpai S., Critchley A. T., Prithiviraj B. Ascophyllum nodosum-based biostimulants: sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. *Frontiers in Plant Science*, 2019;10:655. doi: 10.3389/fpls.2019.00655.
10. Boukhari M. E. M. E., Barakare M., Drissi B., Bouhia Y. Seaweed extract biostimulants differentially act in mitigating drought stress on Faba Bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Plant Growth Regulation*, 2023;42:5642–5652. doi: 10.1007/s00344-023-10945-w.
11. Klimentova E. G., Satarov G. A., Zudova T. A. *Plant adaptation and resistance: textbook*, Ulyanovsk, Ulyanovskii gosudarstvennyi universitet, 2006, 53 p. (in Russ.).
12. Chudinova L. A., Orlova N. V. *Physiology of plant resistance: textbook*, Perm, Permskii gosudarstvennyi universitet, 2006, 124 p. (in Russ.).
13. Deolu-Ajayi A. O., van der Meer I. M., van der Werf A., Karlova R. The power of seaweeds as plant biostimulants to boost crop production under abiotic stress. *Plant Cell & Environment*, 2022;45:2537–2553. doi: 10.1111/pce.14391.
14. Seaweeds, sea grasses and their processed products. Methods of analysis. (1984) *GOST 26185–84 Internet-law.ru* Retrieved from <https://internet-law.ru/gosts/gost/20946> (Accessed 05 November 2025) (in Russ.).
15. Feed, compound feed. Methods for determination of soluble and easily hydrolysable carbohydrates. (2019) *GOST 26176–2019 Internet-law.ru* Retrieved from <https://internet-law.ru/gosts/gost/71328/> (Accessed 05 November 2025) (in Russ.).
16. Koivikko R., Lopenen J., Honkanen T., Jormalainen V. Contents of soluble, cell-wall-bound and exuded phlorotannins in the brown alga *Fucus vesiculosus*, with implications on their ecological functions. *Journal of Chemical Ecology*, 2005;31;1:195–212. doi: 10.1007/s10886-005-0984-2.
17. Michalak I., Chojnacka K. Algae as production systems of bioactive compounds. *Engineering in Life Sciences*, 2015;15:160–176. doi: 10.1002/elsc.201400191.

18. Kadam S. U., Tiwari B. K., O'Donnell C. P. Application of novel extraction technologies for bioactives from marine algae. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2013;61:4667–4675. doi: 10.1021/jf400819p.

© Кадникова И. А., Аминина Н. М., 2026

Статья поступила в редакцию 29.12.2025; одобрена после рецензирования 16.02.2026; принята к публикации 16.02.2026.

The article was submitted 29.12.2025; approved after reviewing 16.02.2026; accepted for publication 16.02.2026.

Информация об авторах

Кадникова Ирина Арнольдовна, доктор технических наук, старший научный сотрудник, Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, ORCID: 0000-0002-0439-2561, Author ID: 334052, irina.kadnikova@tinro.vniro.ru;

Аминина Наталья Михайловна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, ORCID: 0000-0002-7002-9154, Author ID: 6507395427, natalya.aminina@tinro.vniro.ru

Information about the authors

Irina A. Kadnikova, Doctor of Technical Science, Senior Researcher, Pacific branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, ORCID: 0000-0002-0439-2561, Author ID: 334052, irina.kadnikova@tinro.vniro.ru;

Natalya M. Aminina, Candidate of Biological Science, Senior Researcher, Pacific branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, ORCID: 0000-0002-7002-9154, Author ID: 6507395427, natalya.aminina@tinro.vniro.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.